



JSID

The Journal of Spatial Innovation Development

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1
ม.ค.-เม.ย. 2569

Vol.7 No.1
JAN-APR
2026

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา





วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

The Journal of Spatial Innovation Development (JSID)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน พ.ศ. 2569

Vol.7, No.1, January – April, 2026

ISSN: 2730-1494 (Online)

1. ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติรัตน์ เชี่ยวสุวรรณ

ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาน้อย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ โรจนวสุ

2. คณะทำงานวารสารวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

2.1 บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

มหาวิทยาลัยพะเยา

2.2 รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น

มหาวิทยาลัยพะเยา

2.3 กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.มนัส สุวรรณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคะภากร

มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.มานัส ศรีวณิช

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จี๊ฟู

มหาวิทยาลัยพะเยา

รองศาสตราจารย์ ดร.ภาติยะ พัฒนาคักดิ์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ลิ้มปิยากร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา ภูมิมะกาญจนะ โรแบร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ เพ็ชรประยูร

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติรัตน์ ปันบำรุงกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาท ปิยะธำรงชัย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล มหาวิค	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอื้อต	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูลำโรง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประसार อินทเจริญ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมมสรรพ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิ์สันติ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาพ แพงวังทอง	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาภัทร อนุชาญ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรุฒม์ นาที	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครเศศ ชัยแก้ว	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.รัชพล สัมพุทธานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.ติณณ์ ธิรกุลโตมร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ลีปปกานต์ กัดสวัสดิ์ดี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตรีัง
ดร.สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.จิราพร กุลสุนทรรัตน์	มหาวิทยาลัยพะเยา
อาจารย์ชัชพงศ์ ภาชนะพรรณณ	มหาวิทยาลัยพะเยา

2.4 เลขานุการ

นางสาวประนอม เครือวัลย์

นางนุชรรัตน์ ภาวะดี

เจ้าของ: สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 56000
โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 2314

กำหนดออก: ปีละ 3 ฉบับ

วัตถุประสงค์: 1) เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ ตลอดจนสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์เชิงพื้นที่และการพัฒนาวัตกรรมการเชิงพื้นที่
2) เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิชาการด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนาวัตกรรมการเชิงพื้นที่
3) เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคลากรทางการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนาวัตกรรมการเชิงพื้นที่

เว็บไซต์ : <http://rusid.ict.up.ac.th/index.php/rusidjournal/index>

อีเมลล์ : rusid@up.ac.th

**รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาประเมินบทความ
วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID)
ประจำปี ที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน พ.ศ. 2569
(Vol.7, No.1, January – April, 2026)**

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ภาติยะ พัฒนาศักดิ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณก โภคสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ไสใหญ่)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระเดช มาจันแดง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาภัทร อนุชาญ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตหทัย ปุยะติ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล มหาวิค	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ จันทน์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสาร อินทเจริญ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สุขใจรุ่งวัฒนา	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิพัทธ์ หาญฤทธิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองอ่อน	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาสพงษ์ ภูพานอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มณีรัตน์ รัตนพันธ์	มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สารภี จุลแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไบชา วงศ์ดุษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร. ดิณณ์ ธิรกุลโตมร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ดร.จิราพร กุลสุนทรรัตน์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.ธีรภาพ ปรีดีพจน์	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.ชูศักดิ์ ยาทองไชย	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ดร.ปกรณ์ จันทน์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
ดร.พรสวรรค์ ชัยมีแรง	มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ดร.รวี รัตนาคม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.วารุณี อ้วนโพธิ์กลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ดร.ลีปปกานต์ กลัดสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.สิริวรรณ รวมแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	มหาวิทยาลัย
ดร.เสถียร หันตา	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.สิทธิศักดิ์ หมูคำหล้า	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ ภูมิพัฒน์ อุ๋นบ้าน	มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ได้เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ ด้านนวัตกรรม เทคโนโลยี องค์ความรู้ กระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนา แก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อพื้นที่ องค์กร หน่วยงาน และชุมชนท้องถิ่น ปัจจุบันวารสารผ่านการประเมินจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทยอยู่ในฐานที่ 2 (TCI2) ทุกบทความจะผ่านขั้นตอนกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการ ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่งไม่ทราบชื่อกันและกัน (double-blind review) เพื่อประเมินคุณภาพบทความ แล้วส่งกลับไปยังผู้นิพนธ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ก่อนการตีพิมพ์

ในปีฉบับนี้ก้าวสู่ปีที่ 7 วารสารได้รับบทความตีพิมพ์รวม 12 เรื่อง ประกอบด้วยงานด้านภูมิสารสนเทศระบบงาน R2R เทคโนโลยีสารสนเทศและงานทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นงานพัฒนาองค์ความรู้ทั้งในและนอกมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย 1) พลวัตการฟื้นตัวภายหลังไฟไหม้และความแห้งแล้งของพุ่มน้ำจืดในภาคเหนือของไทย: หลักฐานจากข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีดาวเทียมเซนติเนล 2) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อคุณค่าการบริการของระบบนิเวศลุ่มน้ำลำตะคอง ประเทศไทย (ภาษาอังกฤษ) 3) พลวัตการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสนระหว่างปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2557 4) การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา 5) การพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อจัดจ้างโดยใช้ระบบ UP-DMS คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 6) การพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms 7) ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 8) การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ 9) แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน จังหวัดยะลา โดยการใช้เทคนิคการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT and TOWS Matrix Analysis) และ 10) การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือ 11) ภูมิสารสนเทศอัจฉริยะเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศเชิงกลยุทธ์: การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่วิกฤตในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) 12) การใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025 ตามกรอบมาตรฐาน HSK 3.0หวังว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และนักวิชาการในงานด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ในนามกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้ารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิที่เสียสละเวลาในการพิจารณาตรวจสอบและกลั่นกรองบทความ ตลอดจนคณะกรรมการที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านจนทำให้วารสารฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่มุ่งหมายไว้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

ผลวัดการฟื้นตัวภายหลังไฟไหม้และความแห้งแล้งของพรุน้ำจืดในภาคเหนือของไทย: หลักฐานจากข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีดาวเทียมเซนติเนล 2 <i>ธนัตชนก ชุ่มมงคล, วิภาพ พงษ์วังทอง, จิราพร กุลสุนทรรัตน์, จิระเดช ปาระมี, อลงกรณ์ สันใจ, อนุกุล ตันสุพล และ ค่าง เสียมไหม</i>	1
The Impacts of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values at Lam Takhong Watershed, Thailand <i>Jantararat Teebklang and Suwit Ongsomwang</i>	21
ผลวัดการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสนระหว่างปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2557 <i>เพชญ์โชค จินตเศรษฐ์ และ จิระเดช มาจันแดง</i>	47
การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา <i>เพชร พงษ์เฉย และ นรินธร นนทมาลย์</i>	61
การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ <i>จุฑามณี รุ่งแก้ว, ชีรพงศ์ สงพัฒน์ และ ภรณ์ เหล่าพิลัย</i>	91
การพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อจัดจ้างโดยใช้ระบบ UP-DMS คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา <i>ณัฐพงษ์ ขวัญจริง</i>	106
ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง <i>พีระยุทธ แก้วนวลเข้า, รัฐเขต ลาภขุนทด, เพชรภรณ์ ชาวสวน, ศศิกันต์ ไพลกลาง และ วิรัตน์ บุตรทวี</i>	119
การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือ <i>วาริท ชูสกุล และ ลัทธพล กัลยาณมิตร</i>	139

สารบัญ

บทความวิจัย

- การพัฒนากระบวนการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms 148
อนุชิต สุริยะวงค์
- แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอราษีไศล จังหวัดยะลา 162
โดยการใช้เทคนิคการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT and TOWS Matrix Analysis)
*อนุกุล ตันสุพล, อภิรดี สรวินุตตร, ดำรง เสียมไหม,
สุพรรณณี ทักษิณสัมพันธ์ และ วุฒิพงษ์ แสงมณี*
- ภูมิสารสนเทศอัจฉริยะเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศเชิงกลยุทธ์: 182
การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่วิกฤตในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ)
โดยการใช้เทคนิคการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT and TOWS Matrix Analysis)
ปิยะพงษ์ ครไชย, สารภี จุลแก้ว และ นิตติ เอี่ยมชื่น
- การใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง 198
ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025 ตามกรอบมาตรฐาน HSK 3.0
ภัทรพงศ์ พันธ์งาม และ นครเรศ ชัยแก้ว
- คำแนะนำสำหรับผู้นิพนธ์ 211

Table of Contents

Research Article

Post-Fire Recovery and Drought Dynamics of a Freshwater Swamp in Northern Thailand: Evidence from Sentinel-2 Index Time-Series Data <i>Thanatchanok Chommongkol, Wipop Paengwangthong, Jiraporn Kulsontornrat, Jiradet Paramee, Alongkorn Sanjai, Anukul Tansupol and Damrong Siammai</i>	1
The Impacts of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values at Lam Takhong Watershed, Thailand <i>Jantararat Teebklang and Suwit Ongsomwang</i>	21
Sediment Grain-Size Distribution Dynamics at Bangsaen Beach Between 2005 and 2014 <i>Pachoenchoke Jintasaerane and Jiradech Majandang</i>	47
Development on Online Learning Analysis System of University of Phayao <i>Phet Phongshei and Narin Nonthamand</i>	61
A Development of Application for Religious Tourisms of New Activity Context of Sisaket Province <i>Jutamane Rungkaew, Teerapong Songputh and Paporn Laopilai</i>	91
Development of the Budget Proposal Process for Procurement Using the UP-DMS System at the School of Allied Health Sciences, University of Phayao <i>Natthaphong Khuanjing</i>	106
Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things <i>Peerayut Kaewnuanhao, Rattakhet Lapkhuntod, Patcharaporn Chaosuan, Sasikarn Plaiklang and Wirat Butwaphee</i>	119
A Study on Greenhouse Gas Emissions from the Production of Fresh Monthong Durian in Northern Thailand <i>Warit chusakul and Lattapon Kunlayanamit</i>	139

Table of Contents

Research Article

The Development of a System for Reporting Equipment Repairs in the School of Allied Health Sciences Building at the University of Phayao using Google Forms <i>Anuchit Suriyawong</i>	148
Guidelines for Promoting Natural Tourism in Raman District Yala Province by using Environmental Assessment Techniques (SWOT and TOWS Matrix Analysis) <i>Anukul Tansupol, Apiradee Saravisutra, Damrong Siammai, Supanee Taksinsampan and Wutthipong Seangmanee</i>	162
Geospatial AI for Strategic Ecosystem Restoration: Prioritizing Critical Hotspots in Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park (under gazetting) <i>Piyapong Sornchai, Sarapee Chunkaew and Niti lamchuen</i>	182
An Analysis of Linguistic Patterns in Beijing’s Natural Disaster Notifications (2025) Relative to the HSK 3.0 Framework <i>Pattarapong Purnngam and Nakharet Chaikaew</i>	198
Instruction for Author	182

พลวัตการฟื้นตัวภายหลังไฟไหม้และความแห้งแล้งของพรุน้ำจืดในภาคเหนือของไทย:

หลักฐานจากข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีดาวเทียมเซนติเนล 2

ธนัตชนก ชุ่มมงคล¹, วิภพ แพงวังทอง^{2*}, จิราพร กุลสุนทรรัตน์², จิรเดช ปาระมี², อลงกรณ์ ลั่นใจ²,
อนุกุล ต้นสุพล³ และ ดำรง เสียมไหม³

Post-Fire Recovery and Drought Dynamics of a Freshwater Swamp in Northern Thailand: Evidence from Sentinel-2 Index Time-Series Data

Thanatchanok Chommongkol¹, Wipop Paengwangthong^{2*}, Jiraporn Kulsontornrat², Jiradet Paramee²,
Alongkorn Sanjai², Anukul Tansupol³ and Damrong Siammai³

¹ Protected Areas Regional Office 15, Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai, 57000

² Program of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani, 94000

* Corresponding author: wipop.pa@up.ac.th

Received: 22 May 2025; Revised: 24 June 2025; Accepted: 27 June 2025

บทคัดย่อ

การรบกวนจากไฟถือเป็นภัยคุกคามสำคัญต่อระบบนิเวศป่าพรุน้ำจืดซึ่งมีความเปราะบางสูง นำไปสู่ความจำเป็นในการติดตามและประเมินผลกระทบเพื่อการฟื้นฟูอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนจากดาวเทียมเซนติเนล 2 เพื่อวิเคราะห์พลวัตการฟื้นตัวหลังการเกิดไฟและความแห้งแล้งของป่าพรุน้ำจืดในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองเล็งทราย จังหวัดพะเยา โดยใช้ 3 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีความแตกต่างความชื้นแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Moisture Index: NDMI) และดัชนีความแตกต่างแห้งแล้งแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Drought Index: NDDI) การวิเคราะห์ครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงธันวาคม พ.ศ.2567 ผ่านแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน ผลการศึกษาพบว่าการฟื้นตัวช้าหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งแรก (11-12 ธันวาคม พ.ศ. 2562) โดยมีความผันผวนตามฤดูกาลปรากฏในดัชนีทั้งหมดด้วย ในขณะที่เหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งที่สอง (18-27 เมษายน พ.ศ. 2566) ได้ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงและทำให้แนวโน้มการฟื้นตัวหยุดชะงัก ซึ่งเน้นย้ำถึงความเปราะบางของป่าพรุต่อการรบกวนซ้ำ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของข้อมูลหลายช่วงเวลาจากภาพดาวเทียมเซนติเนล 2 ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ และให้ข้อมูลพื้นฐานเชิงพรรณนาที่สำคัญสำหรับวางแผนกลยุทธ์การฟื้นฟูและเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยเชิงปริมาณในอนาคต

คำสำคัญ: ดัชนีดาวเทียม, การฟื้นตัวหลังไฟไหม้, ป่าพรุน้ำจืด, กูเกิลเอิร์ธเอนจิน

¹ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 15 อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57000

² สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000

Abstract

Fire disturbances pose a significant threat to highly vulnerable freshwater swamp forest ecosystems, necessitating effective monitoring and impact assessment for efficient restoration. This study applies monthly time-series data from the Sentinel-2 satellite to analyze post-fire recovery and drought dynamics of the freshwater swamp forest in Nong Leng Sai Non-Hunting Area, Phayao Province, Thailand. The analysis, conducted on the Google Earth Engine platform from January 2018 to December 2024, utilized three indices: the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Normalized Difference Moisture Index (NDMI), and the Normalized Difference Drought Index (NDDI). The results indicated a slow recovery after the first fire event (December 11–12, 2019), with seasonal fluctuations observed across all indices. However, a second fire event (April 18–27, 2023) caused an abrupt change and disrupted the recovery trend, underscoring the swamp forest's vulnerability to repeated disturbances. This research demonstrates the effectiveness of multitemporal Sentinel-2 imagery in monitoring ecosystem changes, providing a crucial descriptive baseline to inform restoration strategies and guide future quantitative research.

Keywords: Satellite indices, Post-fire recovery, Freshwater swamp forest, Google earth engine

Introduction

เหตุการณ์ไฟไหม้ในพื้นที่ป่าพรุน้ำจืดสร้างความเสียหายรุนแรงและเป็นภัยคุกคามต่อระบบนิเวศ ลักษณะเฉพาะของป่าพรุ เช่น ชั้นดินอินทรีย์วัตถุหนา ทำให้ไฟลุกลามรุนแรง ควบคุมได้ยาก มักลุกลามใต้ดิน และดับไฟได้ยาก ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศอย่างรุนแรง พื้นฟูยาก และปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก (Page et al., 2002; Ballhorn et al., 2009) ดังนั้นความเสียหายและการฟื้นฟูหลังการเกิดไฟจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การติดตามการเปลี่ยนแปลงจึงจำเป็นสำหรับการบริหารจัดการพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ (Hoscilo et al., 2011; Davies et al., 2013)

การติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่าพรุภายหลังการเผาไหม้โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล เช่น การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการจัดการพื้นที่หลังเกิดไฟป่า (Lentile et al., 2006; van Leeuwen, 2008) ดาวเทียมเซนติเนล 2 พร้อมเซ็นเซอร์ Multispectral Instrument (MSI) มีความละเอียดเชิงพื้นที่และสเปกตรัมสูง เหมาะสำหรับการศึกษาการฟื้นตัวจากไฟและความแห้งแล้งที่เกิดขึ้น (Drusch et al., 2012; Immitzer et al., 2016; Clerici et al., 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ภาพดาวเทียมกับเทคนิคอัตราส่วนช่วงคลื่น (Band Ratio) หรือการสร้างดัชนีดาวเทียม (Satellite Index) อาทิเช่น การใช้ดัชนีอัตราส่วนการเผาไหม้แบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Burn Ratio: NBR) เพื่อระบุขอบเขตและความรุนแรงการเผาไหม้ (Key & Benson, 2006; Jin & Sader, 2005; Gitas et al., 2012)

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ 3 ดัชนีดาวเทียมที่ทำงานเสริมกัน เพื่อให้ได้มุมมองที่ครอบคลุมการประเมินการฟื้นตัวและสภาวะความแห้งแล้งภายหลังการเผาไหม้ โดยเริ่มจากการใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพืชพรรณโดยตรง ควบคู่ไปกับการใช้ดัชนีความแตกต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Moisture Index: NDMI) เพื่อประเมินระดับความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงสภาวะความเครียดของพืชและเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการฟื้นตัว และท้ายที่สุด การใช้ดัชนีความแตกต่างแห้งแล้งแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Drought Index: NDDI) ซึ่งเป็นการสังเคราะห์ข้อมูลจากสองดัชนีแรกที่จะช่วยให้สามารถประเมินสภาวะความแห้งแล้งได้อย่างจำเพาะเจาะจงยิ่งขึ้น การวิเคราะห์ดัชนีทั้งสามร่วมกันจึงไม่เพียงแต่แสดงให้เห็น

การฟื้นตัวของมวลชีวภาพ แต่ยังคงให้ข้อมูลเชิงลึกถึงพลวัตของความชื้นและความแห้งแล้ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความเร็วและความสำเร็จของการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าพรุ

NDVI เป็นดัชนีที่นิยมใช้วัดความหนาแน่นและสุขภาพของพืชพรรณ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง $+1$ (Tucker, 1979; Datt et al., 1999; Pettorelli et al., 2005; Huete et al., 2002) โดยค่าที่สูง (เข้าใกล้ $+1$) หมายถึงพืชพรรณที่สมบูรณ์หนาแน่น ในขณะที่ค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0 หรือติดลบ) หมายถึงบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณหรือพืชพรรณได้รับความเสียหาย (Lentile et al., 2006; Avetisyan et al., 2022)

NDMI เป็นดัชนีที่ใช้วัดปริมาณความชื้นในพืชพรรณ มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง $+1$ เช่นกัน โดยค่าที่สูงจะบ่งชี้ถึงปริมาณความชื้นในพืชที่สูง ค่า NDMI ที่ลดลงจึงสะท้อนถึงภาวะแห้งแล้งหรือการที่พืชถูกทำลายจากไฟ (Gao, 1996; Hardisky et al., 1983; Wilson & Sader, 2002)

NDDI เป็นดัชนีที่คำนวณจาก NDVI และ NDMI เพื่อประเมินสถานะความแห้งแล้งในพื้นที่ เมื่อพืชเข้าสู่ภาวะแห้งแล้ง ค่า NDMI จะลดลงก่อน NDVI และส่งผลให้ค่า NDDI เพิ่มขึ้น โดยค่า NDDI ที่เพิ่มสูงขึ้นจะบ่งชี้ถึงสถานะความแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้น (Gu et al., 2007; Gu et al., 2008; Stankova, 2023)

การเลือกเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองเล็งทรายเป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะทางนิเวศวิทยาที่เป็นเอกลักษณ์ของป่าพรุน้ำจืดในภาคเหนือของประเทศไทย (Figure 1) และมีความอ่อนไหวต่อภัยคุกคามจากเหตุการณ์ไฟไหม้ (Nong Leng Sai Non-Hunting Area, 2023; Seub Nakhasathien Foundation, n.d.; Peat Swamp Story, n.d.) พื้นที่แห่งนี้มีประวัติการเกิดไฟป่าซ้ำซ้อนหลายครั้ง (Phayao Provincial Office, 2019; Phayao Provincial Office, 2023a; Phayao Provincial Office, 2023b) อีกทั้งยังเป็นแหล่งอาศัยที่สำคัญของพันธุ์พืชและสัตว์เฉพาะถิ่นหลายชนิด การศึกษาพลวัตการฟื้นตัวในพื้นที่นี้จึงสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการจัดการและฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่เปราะบางลักษณะเดียวกันได้ (Chazdon, 2008)

อนึ่ง การศึกษานี้จัดเป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) โดยมีเป้าประสงค์หลักเพื่อติดตามและนำเสนอพลวัตการฟื้นตัวภายหลังการเผาไหม้ในรูปแบบอนุกรมเวลา (Time-series) อย่างเป็นระบบและเป็นครั้งแรกในพื้นที่ศึกษานี้ ดังนั้นการวิเคราะห์จะมุ่งเน้นไปที่การระบุรูปแบบ (Pattern) และแนวโน้ม (Trend) ที่ปรากฏในข้อมูล เพื่อสร้างความเข้าใจในภาพรวมและเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตั้งสมมติฐานในงานวิจัยเชิงปริมาณในอนาคต มากกว่าการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติซึ่งถูกเสนอแนะให้เป็นขั้นตอนการวิจัยในลำดับถัดไป

Objectives

1. เพื่อประยุกต์ใช้ดัชนีดาวเทียม (NDVI NDMI และ NDDI) ของเซนติเนล 2 ในการติดตามพื้นที่ป่าพรุน้ำจืดที่ถูกเผาไหม้
2. เพื่อวิเคราะห์และนำเสนอแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของค่าดัชนีดาวเทียม ด้วยกราฟอนุกรมเวลารายเดือนในพื้นที่ป่าพรุน้ำจืดที่ถูกเผาไหม้

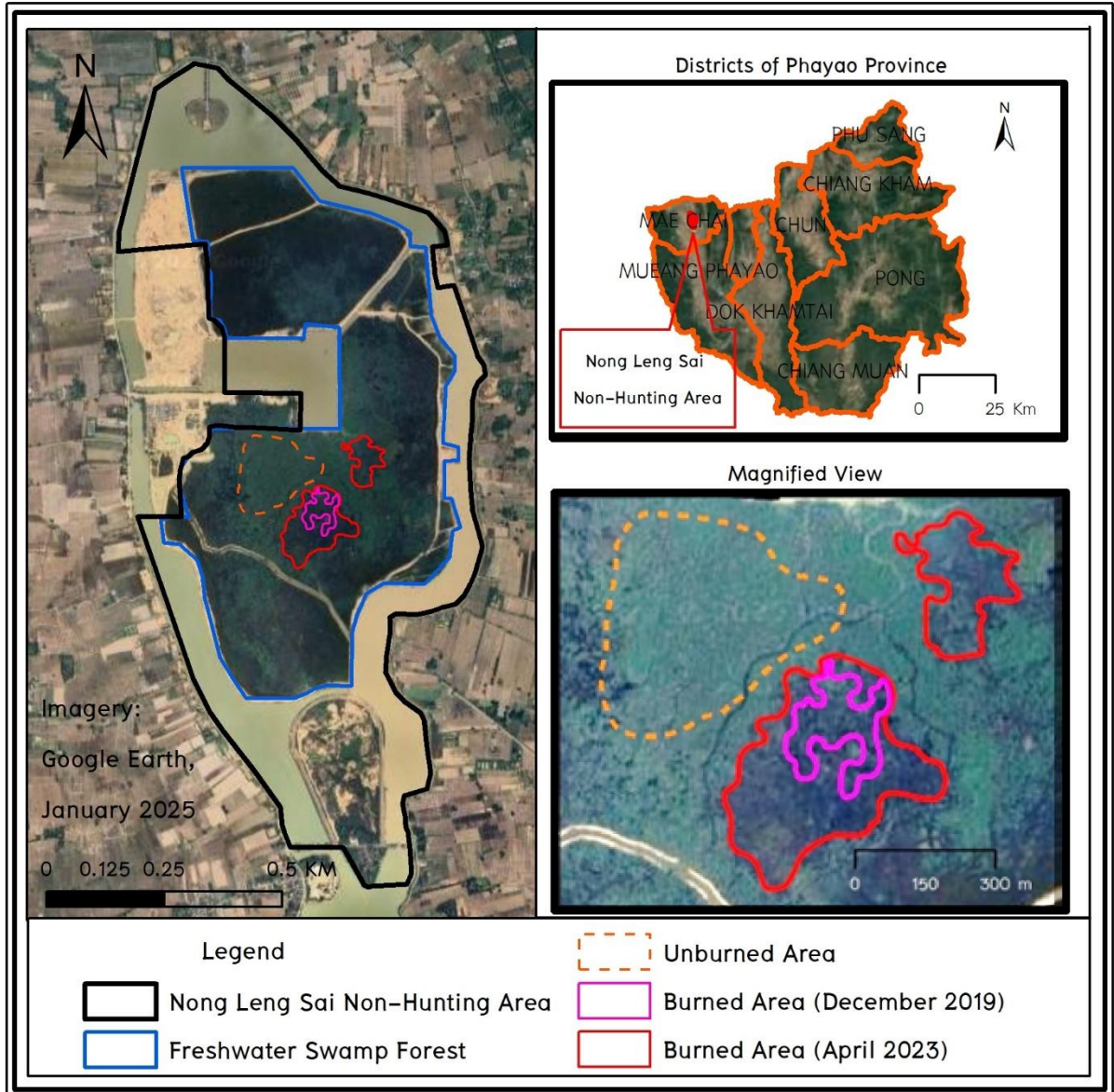


Figure 1 The study area in the Nong Leng Sai Non-Hunting Area, with an inset map showing its location in Phayao Province. The magnified view details the specific polygons for the areas burned in the two fire events and the unburned control area. Background imagery source: Google Earth, January 2025.

Methodology

กระบวนการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสร้างดัชนีดาวเทียมตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 และการสร้างกราฟอนุกรมเวลารายเดือนของค่าดัชนีดาวเทียมตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 โดยที่ขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดถูกแสดงใน Figure 2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสร้างดัชนีดาวเทียม

การเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างดัชนีดาวเทียมประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ส่วนแรก ชั้นข้อมูลเวกเตอร์ขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ที่ถูกสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับหลักฐานที่มีอยู่ ได้แก่ ข้อมูลจุดความร้อน ภาพดาวเทียม ณ วันเกิดเหตุและภายหลังเหตุการณ์ รวมไปถึงตำแหน่งค่าพิกัดภาคสนามและแผนที่ขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้จากเว็บไซต์ข่าวประชาสัมพันธ์ของ Phayao Provincial Office (2023a) ส่วนที่สอง ข้อมูลภาพดาวเทียมเซนติเนล 2 โดยเรียกใช้ชุดข้อมูล COPERNICUS/S2 ซึ่งมีให้บริการผ่านแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจินในการประมวลผลข้อมูลทั้งหมด (Gorelick et al., 2017) เราได้กำหนดพื้นที่ศึกษา (Area of interest : AOI) และช่วงเวลาที่น่าสนใจโดยใช้ฟังก์ชัน filterBounds และ filterDate จากนั้นจึงนำข้อมูลมาสร้างเป็น 3 ดัชนีดาวเทียม ได้แก่ NDVI NDMI และ NDDI ดังสมการที่ 1-3 ตามลำดับ

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED \quad (\text{Equation 1})$$

$$NDMI = NIR - SWIR / NIR + SWIR \quad (\text{Equation 2})$$

$$NDDI = NDVI - NDMI / NDVI + NDMI \quad (\text{Equation 3})$$

โดยที่ *NIR* คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ *RED* คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง และ *SWIR* คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น

การสร้างกราฟอนุกรมเวลารายเดือน

นำข้อมูลดัชนีดาวเทียมเซนติเนล 2 (NDVI NDMI และ NDDI) ที่คำนวณไว้มาวิเคราะห์ในรูปแบบอนุกรมเวลารายเดือน เริ่มต้นด้วยการกรองภาพดาวเทียมรายเดือนในช่วงปี พ.ศ.2561-2567 ที่มีค่าการปกคลุมของเมฆน้อยกว่า 20% ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนที่สุด การเลือกใช้ข้อมูลด้วยเกณฑ์นี้ทำให้จำนวนภาพในแต่ละปีไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของเมฆที่ปกคลุมในบางช่วงเวลา จากนั้นจึงคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละดัชนีภายในพื้นที่ศึกษารายเดือน โดยใช้ฟังก์ชันบนแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน เช่น normalizedDifference() และ filter()

ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้น (Time series plot) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของทั้ง 3 ดัชนีอย่างต่อเนื่อง และใช้เปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่เกิดไฟไหม้ทั้ง 2 ครั้ง เพื่อประเมินสถานการณ์ของป่าพรุก่อนและหลังเกิดเหตุการณ์ นอกจากนี้การวิเคราะห์ยังครอบคลุมการตรวจสอบรูปแบบตามฤดูกาล (Seasonal pattern) และการคำนวณระยะเวลาการฟื้นตัวของระบบนิเวศด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีก่อนและหลังเกิดไฟไหม้

การลดสัญญาณรบกวนและความผันผวนระยะสั้นในอนุกรมเวลา อันอาจเกิดจากช่องว่างของข้อมูลหรือความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยของเซ็นเซอร์ ได้นำวิธีการปรับเรียบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) โดยใช้ช่วงเวลาเฉลี่ย 3 เดือน (3-Month moving window) ซึ่งในที่นี้เป็นการคำนวณแบบกึ่งกลาง (Centered Moving Average) ตามสมการที่ 4 (Hyndman et al., 2021) ต่อไปนี้

$$MA_t = (A_{t-1} + A_t + A_{t+1})/3 \quad (\text{Equation 4})$$

โดยที่ MA_t คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบกึ่งกลาง ณ เดือน t นอกจากนี้ A_t คือ ค่าดัชนี ณ เดือนปัจจุบัน A_{t-1} คือ ค่าดัชนีในเดือนก่อนหน้า และ A_{t+1} คือ ค่าดัชนีในเดือนถัดไป วิธีนี้ช่วยให้สามารถสังเกตแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงหลัก (Underlying trend) ของแต่ละดัชนีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และยังช่วยลดผลกระทบจากปัจจัยรบกวนชั่วคราว เช่น เมฆปกคลุมหรือความคลาดเคลื่อนในการวัดของเซ็นเซอร์ทำให้สามารถประเมินพลวัตการฟื้นตัวของระบบนิเวศและสภาพความแห้งแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

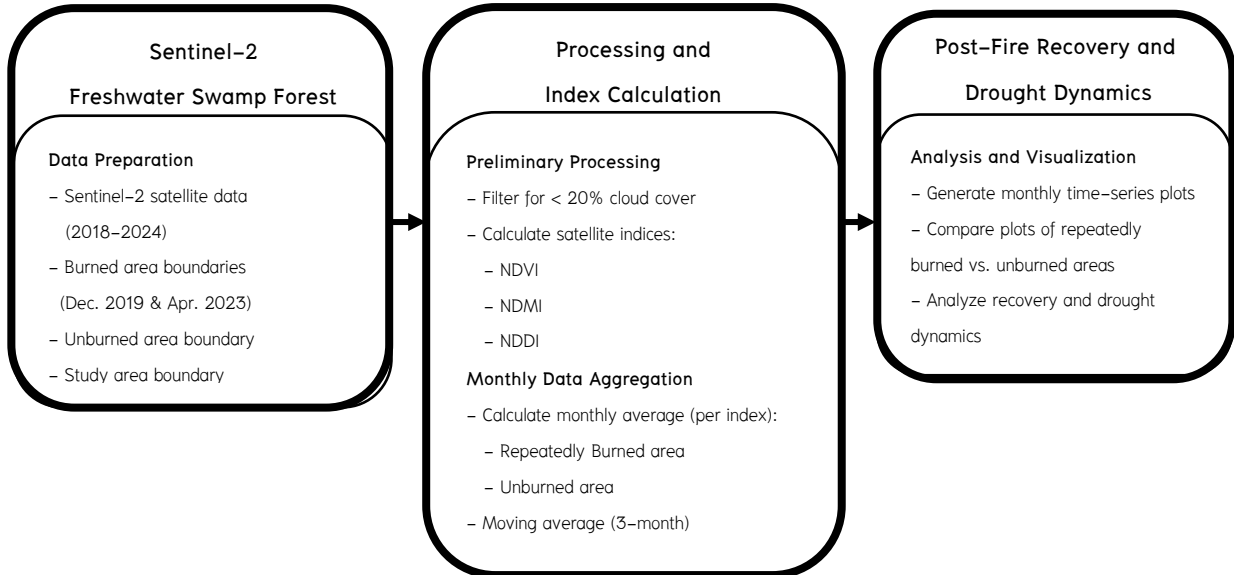


Figure 2 The conceptual framework and methodology workflow.

Results

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์พลวัตการเปลี่ยนแปลงของป่าพรุน้ำจืดในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหนองเล็งทราย โดยใช้ 3 ดัชนีดาวเทียม ได้แก่ NDVI NDMI และ NDDI ในรูปแบบอนุกรมเวลารายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561–2567 เพื่อติดตามผลกระทบและการฟื้นตัวหลังเหตุการณ์ 2 ครั้งที่เกิดขึ้นในเดือนธันวาคม 2562 และเมษายน 2566 รวมถึงเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 ได้ดำเนินการผ่านกูเกิลเอิร์ธเอนจิน (<https://code.earthengine.google.com/0943eda9f71da0b6f6f131bb9fc5daf5>) ซึ่งทำให้ได้ชั้นข้อมูลดัชนีดาวเทียมที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

หลักฐานเชิงประจักษ์จากภาพถ่ายดาวเทียมและภาคสนาม

หลักฐานเชิงประจักษ์ของสภาพพื้นที่ภายหลังได้รับผลกระทบจากการเผาไหม้ การศึกษานี้ได้นำเสนอภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 ซึ่งถูกสร้างเป็นภาพสีผสมจริง (True-Color Composite: TCC) และภาพสีผสมเท็จ (False-Color Composite: FCC) ประกอบกับภาพถ่ายภาคสนาม (ดังแสดงใน Figure 3) มาใช้ประกอบและช่วยยืนยันความถูกต้องรวมถึงความเสียหายจากเหตุการณ์ดังกล่าว

ภาพสีผสมจริง (TCC) ซึ่งสร้างขึ้นจากการผสมช่วงคลื่นสีแดง (Band 4) สีเขียว (Band 3) และสีน้ำเงิน (Band 2) เพื่อจำลองสีที่ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นนั้น ได้แสดงให้เห็นขอบเขตของร่องรอยเผาไหม้ (Burn Scar) ทั้งในภาพช่วงหลังเกิดเหตุการณ์ครั้งแรก (ปลายเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562) และครั้งที่สอง (ต้นเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566) ในขณะเดียวกัน ภาพสีผสมเท็จ (FCC) ซึ่งสร้างจากการผสมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-Infrared: Band 8) สีแดง (Band 4) และสีเขียว (Band 3) ได้ช่วยยืนยันการสูญเสียพืชพรรณ โดยพื้นที่เผาไหม้มีร่องรอยซึ่งต่างกับพื้นที่ป่าโดยรอบที่ยังคงสมบูรณ์ และปรากฏเป็นสีแดงสดอย่างเด่นชัด โดยลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองแบบนี้สอดคล้องกับภาพถ่ายภาคสนามที่ยืนยันสภาพพื้นดินที่เต็มไปด้วยเถาวัลย์และซากต้นไม้ที่ไหม้เกรียม อย่างไรก็ตามภาพถ่ายภาคสนามของไฟไหม้ครั้งที่ 1 ไม่พบการเผยแพร่วิวเว็บไซต์ข่าวซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่ได้รับความสนใจหรือนับได้ว่าเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ต่างจากปกติที่เคยเกิดขึ้น

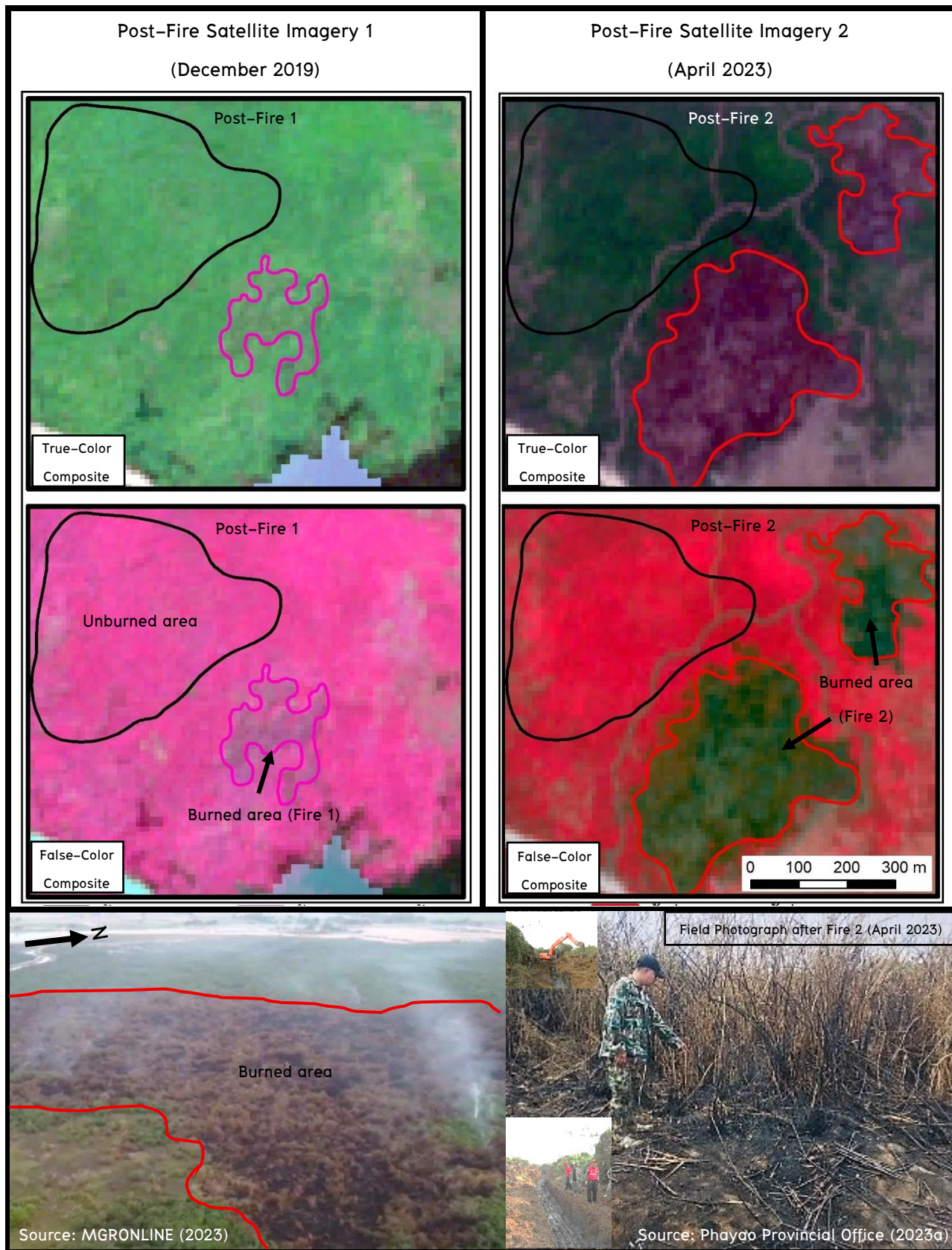


Figure 3 Post-fire satellite imagery and field photographs from the first and second fire events.

ผลการสร้างและวิเคราะห์ดัชนีดาวเทียม

การวิเคราะห์ค่าดัชนีดาวเทียมก่อนและหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ทั้งสองครั้ง แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน โดยเฉพาะหลังเหตุการณ์ในเดือนธันวาคม 2562 และเมษายน 2566 ดังตัวอย่างใน Figure 4 and 5

NDVI ก่อนไฟไหม้ พื้นที่แสดงค่า NDVI สูง ซึ่งบ่งชี้ถึงความหนาแน่นของพืชพรรณที่สมบูรณ์ แต่ภายหลังไฟไหม้ ค่า NDVI ลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะในขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ สะท้อนถึงความเสียหายของพืชพรรณอย่างรุนแรง

NDMI ก่อนไฟไหม้ พื้นที่แสดงค่าความชื้นในพืชพรรณที่ค่อนข้างสูง แต่ภายหลังไฟไหม้ ค่า NDMI ลดลงอย่างเห็นได้ชัด บ่งชี้ถึงการสูญเสียความชื้นในมวลชีวภาพภายในพื้นที่ที่ได้รับ ความเสียหาย

NDDI ในทางตรงกันข้าม ค่า NDDI เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ภายหลังไฟไหม้ ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาวะความแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้น เมื่อเทียบกับช่วงก่อนไฟไหม้ ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาวะการขาดแคลนความชื้นและผลกระทบจากการสูญเสียพืชพรรณ

ข้อสังเกตสำคัญคือ เหตุการณ์ไฟไหม้ในเดือนเมษายน 2566 (Figure 5) ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ในวงกว้างและมีความรุนแรงมากกว่าเหตุการณ์ในเดือนธันวาคม 2562 โดยจากการคำนวณขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้อ้างอิงชั้นข้อมูลเวกเตอร์ ขอบเขตพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้และการสำรวจภาคสนามตามข่าวของ Phayao Provincial Office (2023a) พบว่าไฟป่าครั้งที่สองมีพื้นที่เสียหายประมาณ 120 ไร่ ในขณะที่ครั้งแรกมีพื้นที่เสียหายประมาณ 20 ไร่ สะท้อนให้เห็นถึงขนาดและความรุนแรงที่แตกต่างกัน

สำหรับดัชนี NDDI นั้น พบว่ามีค่าที่สูงและต่ำอย่างมากในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะภาพภายหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ (Figure 4 and 5) ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัยประกอบกัน ปัจจัยแรกคือคุณสมบัติทางสเปกตรัมของเก้าถ่านที่แตกต่างจากดิน หรือพืชอย่างสิ้นเชิง หรืออาจเป็นสัญญาณรบกวน (Noise) จากเซ็นเซอร์เมื่อเจอกับสภาพพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน นอกจากนี้ ในทางคณิตศาสตร์ ค่า NDDI อาจไม่เสถียรในบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณซึ่งค่า NDVI และ NDMI เข้าใกล้ศูนย์มาก นอกจากนี้ สำหรับภาพหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งที่สองซึ่งเป็นที่รับทราบกันว่ามีความรุนแรงมากและต้องมีการระดมกำลังเพื่อดับไฟในวงกว้างนั้น (Phayao Provincial Office, 2023a; Phayao Provincial Office, 2023b) ค่า NDDI ที่ปรากฏว่าต่ำจนผิดปกติ อาจมีสาเหตุมาจากการใช้น้ำในปริมาณมหาศาลเพื่อการดับไฟ การที่พื้นดินซึ่งถูกเผาไหม้ (มีค่า NDVI ต่ำมาก) กลับมีสภาพชุ่มน้ำหรือเปียกชื้นอย่างฉับพลัน (มีค่า NDMI สูงมาก) ส่งผลให้ค่า NDDI ที่คำนวณได้มีค่าติดลบอย่างมาก ซึ่งสะท้อนถึงสภาวะที่ผิดปกติของพื้นที่ ณ ช่วงเวลานั้นได้เป็นอย่างดี

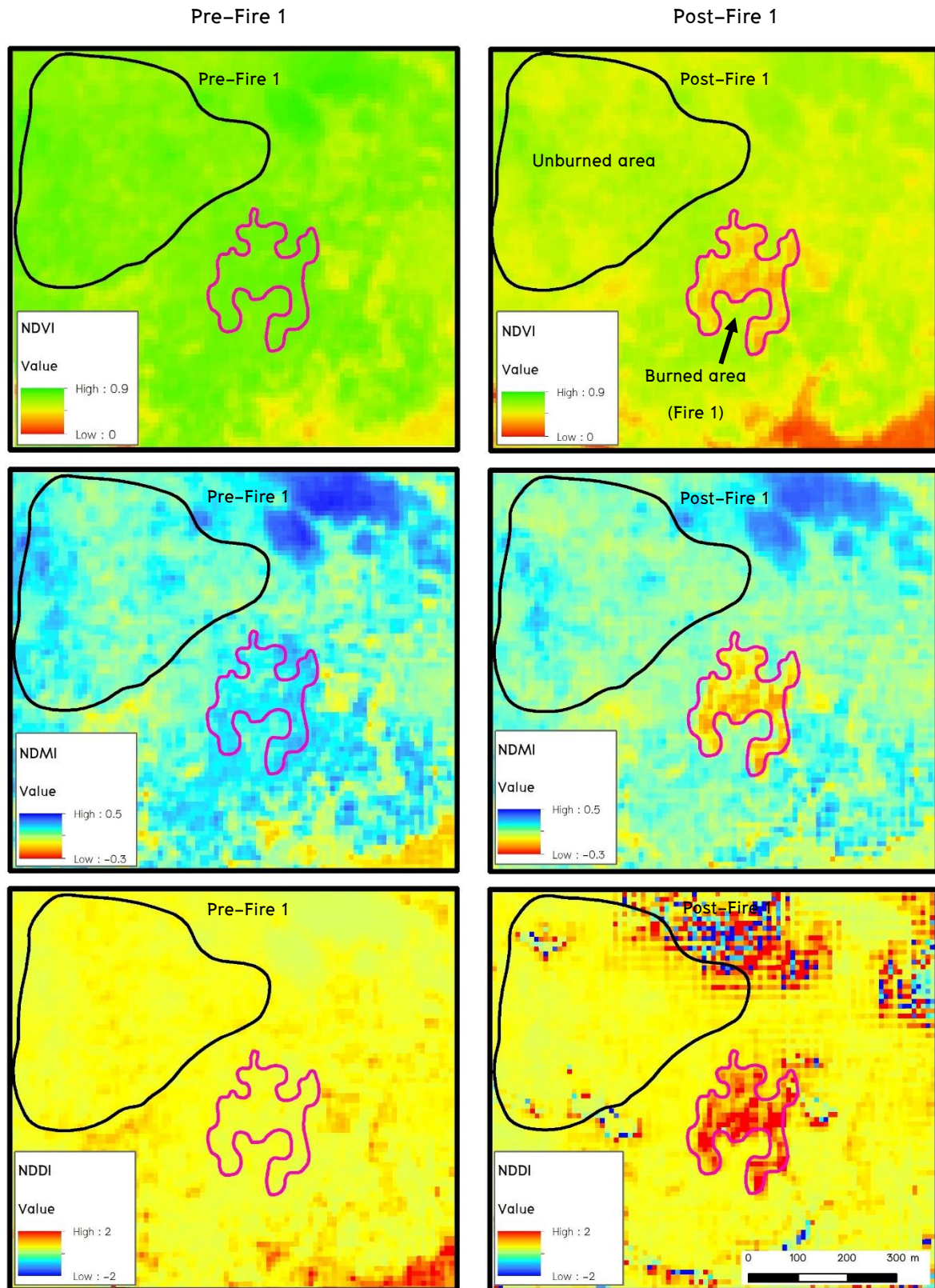


Figure 4 Satellite-derived indices before and after the fire event on December 11-12, 2019.

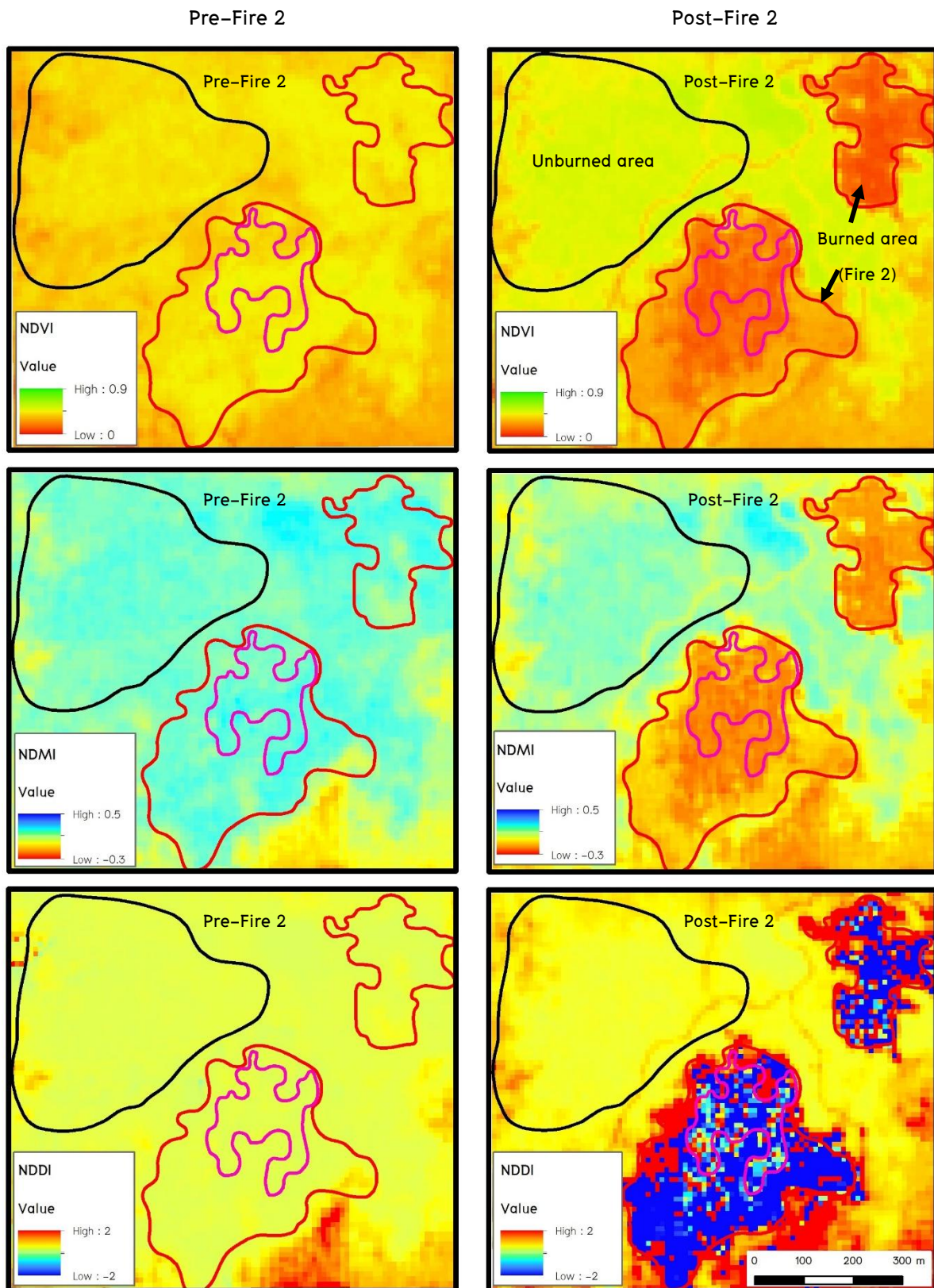


Figure 5 Satellite-derived indices before and after the fire event on April 18–27, 2023.

Table 1 Processed monthly values of the satellite-derived indices.

Date	Repeatedly Burned Area			Unburned Area		
	NDVI	NDMI	NDDI	NDVI	NDMI	NDDI
Feb-2018	0.520	0.196	0.456	0.513	0.194	0.453
Mar-2018	0.518	0.215	0.415	0.508	0.214	0.410
Dec-2018	0.799	0.243	0.537	0.766	0.171	0.641
Jan-2019	0.701	0.220	0.525	0.638	0.167	0.597
Feb-2019	0.774	0.270	0.485	0.769	0.243	0.522
Mar-2019	0.691	0.267	0.440	0.697	0.259	0.455
Apr-2019	0.738	0.262	0.478	0.726	0.235	0.512
May-2019	0.696	0.217	0.533	0.613	0.158	0.627
Jul-2019	0.796	0.280	0.481	0.795	0.245	0.531
Sep-2019	0.793	0.245	0.532	0.781	0.198	0.599
Oct-2019	0.789	0.227	0.557	0.764	0.170	0.643
Nov-2019	0.765	0.235	0.533	0.718	0.180	0.606
Dec-2019	0.551	0.100	1.059	0.609	0.163	0.616
Jan-2020	0.495	0.000	1.499	0.665	0.202	0.539
Feb-2020	0.612	0.172	0.573	0.687	0.285	0.412
Mar-2020	0.512	0.216	0.386	0.562	0.273	0.332
Apr-2020	0.646	0.262	0.424	0.691	0.309	0.389
May-2020	0.803	0.249	0.528	0.811	0.265	0.513
Oct-2020	0.814	0.238	0.552	0.771	0.158	0.671
Nov-2020	0.798	0.223	0.568	0.765	0.164	0.659
Dec-2020	0.740	0.205	0.571	0.725	0.165	0.641
Jan-2021	0.782	0.240	0.533	0.753	0.197	0.590
Feb-2021	0.735	0.280	0.447	0.718	0.259	0.470
Mar-2021	0.690	0.281	0.411	0.667	0.262	0.425
Apr-2021	0.777	0.296	0.447	0.659	0.218	0.506
May-2021	0.860	0.291	0.494	0.828	0.230	0.571
Aug-2021	0.829	0.215	0.592	0.743	0.124	0.720
Nov-2021	0.780	0.169	0.659	0.741	0.128	0.722
Dec-2021	0.750	0.172	0.644	0.701	0.118	0.732
Jan-2022	0.699	0.220	0.522	0.652	0.148	0.640
Feb-2022	0.535	0.206	0.448	0.486	0.156	0.524
Mar-2022	0.525	0.210	0.430	0.482	0.173	0.476
Apr-2022	0.502	0.206	0.417	0.458	0.167	0.463
Oct-2022	0.498	0.164	0.514	0.395	0.105	0.625
Nov-2022	0.496	0.162	0.517	0.398	0.099	0.643
Dec-2022	0.517	0.184	0.480	0.434	0.111	0.611
Jan-2023	0.484	0.183	0.467	0.400	0.119	0.557
Feb-2023	0.497	0.198	0.437	0.460	0.170	0.466
Mar-2023	0.455	0.188	0.410	0.419	0.167	0.428
Apr-2023	0.297	0.022	0.330	0.432	0.141	0.514
May-2023	0.175	-0.126	0.323	0.463	0.095	0.686
Nov-2023	0.148	0.019	6.632	0.331	0.067	0.732
Dec-2023	0.151	0.022	0.953	0.331	0.067	0.718
Jan-2024	0.145	0.008	1.269	0.360	0.085	0.650
Feb-2024	0.135	0.015	4.723	0.412	0.132	0.524
Mar-2024	0.149	0.013	1.387	0.451	0.146	0.518
Apr-2024	0.144	0.022	-1.580	0.407	0.116	0.561
May-2024	0.180	0.010	1.230	0.425	0.113	0.593
Oct-2024	0.303	0.101	0.636	0.311	0.057	0.781
Nov-2024	0.286	0.066	0.695	0.297	0.027	0.931
Dec-2024	0.247	0.068	0.635	0.377	0.089	0.656
Max	0.860	0.296	0.309	0.828	6.632	0.931
Min	0.135	-0.126	0.027	0.297	-1.580	0.332
Average	0.555	0.170	0.167	0.580	0.750	0.576

กราฟ/พลวัตการเปลี่ยนแปลงของดัชนีดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์อนุกรมเวลารายเดือนของดัชนีดาวเทียม NDVI NDMI และ NDDI ในช่วงปี พ.ศ. 2561–2567 (Table 1 and Figure 6) แสดงให้เห็นพลวัตการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนของป่าพรุ โดยทั่วไป ดัชนีทั้งสามมีความผันผวนตามฤดูกาลที่ชัดเจน โดยที่ทั้ง 2 ดัชนีแรกนั้นมีแนวโน้มค่าสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนและลดลงในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสะท้อนอิทธิพลของปัจจัยทางภูมิอากาศ เช่น ปริมาณฝนและอุณหภูมิ

อย่างไรก็ตาม เหตุการณ์ไฟไหม้ทั้งสองครั้งได้ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงและชัดเจนต่อค่าดัชนี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ พบว่าค่า NDVI และ NDMI ลดลงอย่างรวดเร็วทันทีและชัดเจน สะท้อนถึงความเสียหายอย่างมากต่อมวลชีวภาพและความชื้นในพื้นที่ เช่น ค่า NDVI ในเดือนธันวาคม 2562 ลดลงจาก 0.765 เหลือ 0.551 และในเดือนเมษายน 2566 ลดลงจาก 0.455 เหลือ 0.297

ภายหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ทั้งสองครั้ง สังเกตได้ว่าค่าดัชนี NDVI และ NDMI ในพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้มีแนวโน้มการฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยค่าดัชนีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งบ่งชี้ถึงกระบวนการงอกใหม่และการเติบโตของพืชพรรณ อย่างไรก็ตาม อัตราการฟื้นตัวค่อนข้างช้าและค่าเฉลี่ยของดัชนีไม่ได้กลับไปสู่ระดับเดิมภายในระยะเวลาการศึกษา (เช่น NDVI เฉลี่ยพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้อยู่ที่ 0.555 เทียบกับ 0.580 ในพื้นที่ที่ไม่ถูกเผาไหม้) ซึ่งสะท้อนว่าการฟื้นตัวพืชพรรณในป่าพรุน้ำจืดอาจต้องใช้เวลาานกว่าปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไฟเกิดในช่วงฤดูแล้ง (เมษายน 2566) ที่ความเสียหายรุนแรงกว่า

ในส่วนของ NDDI ในพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ค่าดัชนีสูงขึ้นอย่างชัดเจนหลังเกิดเหตุการณ์ (เช่น เดือนธันวาคม 2562 ค่า NDDI เพิ่มขึ้นจาก 0.533 เป็น 1.059 และเดือนเมษายน 2566 เพิ่มขึ้นจาก 0.330 เป็น 6.632) บ่งชี้ถึงสถานะความแห้งแล้งที่รุนแรงภายหลังไฟไหม้ ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียพืชพรรณและความชื้นในดิน ค่า NDDI ที่สูงขึ้นนี้ยังคงอยู่ต่อเนื่องหลายเดือนก่อนจะลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน แสดงให้เห็นว่าความแห้งแล้งภายหลังไฟไหม้เป็นปรากฏการณ์ชั่วคราวแต่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศด้วยเช่นกัน

การนำวิธีการปรับเรียบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือนมาใช้ช่วยลดสัญญาณรบกวนและความผันผวนระยะสั้นในกราฟอนุกรมเวลา ทำให้สามารถสังเกตแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงหลักของแต่ละดัชนีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยให้เห็นภาพการลดลงของค่าดัชนีในช่วงเวลาที่เกิดไฟและการฟื้นตัวในระยะยาวได้เด่นชัดขึ้น

ข้อสังเกตจากกราฟหลังเกิดไฟไหม้ครั้งที่ 2 (ปี พ.ศ. 2566) พบว่าเส้นกราฟของพื้นที่ที่ถูกและไม่ถูกเผาไหม้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนมากกว่าในอดีต อาจเนื่องมาจากความรุนแรงของไฟไหม้ครั้งที่สองซึ่งทำลายมวลชีวภาพและความชื้นในดินอย่างมากและเป็นวงกว้างกว่าครั้งแรก ทำให้ความสามารถในการฟื้นตัวของระบบนิเวศลดลงอย่างมากและตอบสนองต่อฤดูกาลแตกต่างจากพื้นที่โดยรอบอย่างสิ้นเชิง

ผลกระทบของการเกิดไฟไหม้ซ้ำและความแห้งแล้ง

การศึกษาพบว่า การเกิดไฟไหม้ซ้ำอีกครั้งในเดือนเมษายน 2566 ส่งผลให้การฟื้นตัวของป่าพรุล่าช้าอย่างชัดเจนและค่า NDDI สูงอย่างมาก (สูงสุดถึง 6.632) เมื่อเทียบกับครั้งแรก สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าป่าพรุน้ำจืดอาจมีความยืดหยุ่นลดลงเมื่อเผชิญกับไฟซ้ำอีกครั้งและความแห้งแล้งสะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มค่า NDVI และ NDMI ที่ฟื้นตัวช้ากว่า นอกจากนี้ เหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งที่ 2 หากพิจารณาค่า NDDI ควบคู่ไปกับดัชนีอื่นๆ ยังสามารถช่วยบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะความแห้งแล้งในพื้นที่กับความยืดหยุ่นของป่าพรุต่อการถูกเผาไหม้และการฟื้นตัว โดยพื้นที่ที่เผชิญกับความแห้งแล้งเป็นเวลานาน อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟสูงขึ้น และมีอัตราการฟื้นตัวที่ช้ากว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นเพียงพอ

โดยสรุป การวิเคราะห์ค่าดัชนีดาวเทียมรายเดือนระหว่างปี พ.ศ.2561–2567 แสดงให้เห็นชัดว่าพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ซ้ำมีพลวัตการฟื้นตัวและความแห้งแล้งที่แตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ โดยเฉพาะหลังเหตุการณ์ทั้งสองครั้ง ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการติดตามระยะยาวเพื่อทำความเข้าใจการฟื้นตัวของระบบนิเวศป่าพรุภายใต้แรงกดดันจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามฤดูกาลและภัยธรรมชาติ

Discussion and Conclusion

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีดาวเทียม NDVI NDMI และ NDDI ในพื้นที่ป่าพรุที่ประสบเหตุไฟไหม้ซ้ำสองครั้งในปี พ.ศ. 2562 และ 2566 โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์ไฟไหม้ส่งผลกระทบต่อค่า NDVI และ NDMI โดยทำให้ค่าดัชนีลดลงอย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่ถูกเผาไหม้ ในขณะที่การฟื้นตัวของค่าดัชนีเป็นไปอย่างค่อยเป็นค่อยไป นอกจากนี้ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลยังคงปรากฏในดัชนีทั้งสาม ยิ่งไปกว่านั้นการวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างในความรุนแรงและขอบเขตความเสียหายจากไฟทั้งสองเหตุการณ์

ผลการศึกษาที่ชี้ให้เห็นการฟื้นตัวที่ช้าและผลกระทบที่รุนแรงจากการเกิดไฟซ้ำซ้อนนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hosillo et al. (2011) ที่พบว่าไฟป่าที่เกิดซ้ำในพื้นที่พรุของอินโดนีเซียส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของที่ดินเลวร้ายลงและฟื้นตัวได้ยาก เช่นเดียวกับที่ Anzooman et al. (2024) พบว่าการฟื้นตัวของพื้นที่พรุหลังไฟป่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมอย่างมาก

สิ่งที่น่าสนใจคือการปรากฏของค่า NDVI ที่สูงแต่ค่า NDMI กลับต่ำในบางช่วงเวลาของทั้งสองพื้นที่ (ได้แก่ พื้นที่ที่ถูกและไม่ถูกเผาไหม้) ซึ่งอาจอธิบายได้ด้วยปรากฏการณ์ทางชีววิทยาของพืช (Phenology) ในช่วงเปลี่ยนผ่านจากฤดูแล้งสู่ฤดูฝนที่พืชอาจเริ่มแตกใบใหม่ (ทำให้ค่า NDVI สูงขึ้น) แต่ปริมาณความชื้นในดินและในลำต้นยังคงอยู่ในระดับต่ำ (ทำให้ค่า NDMI ยังไม่สูงตาม)

การลดลงอย่างมากของค่า NDVI ภายหลังจากไฟไหม้ทั้งสองครั้งเป็นผลโดยตรงจากการสูญเสียมวลชีวภาพและความเสียหายของพืชพรรณ เช่นเดียวกับการลดลงของค่า NDMI ที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียความชื้นในพื้นที่ การฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไปของดัชนีเหล่านี้สะท้อนถึงกระบวนการฟื้นตัวตามธรรมชาติของระบบนิเวศป่าพรุ อย่างไรก็ตาม อัตราการฟื้นตัวที่แตกต่างกันบ่งชี้ถึงความแตกต่างในความรุนแรงของไฟ หรือความสามารถในการฟื้นตัวของพืชพรรณแต่ละชนิดในพื้นที่

สิ่งที่น่าสนใจอีกประการคือการปรากฏของค่าสูงสุดโต่งในดัชนี NDDI โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ ค่า NDDI ซึ่งคำนวณจากความแตกต่างระหว่าง NDVI และ NDMI อาจมีค่าสูงชันอย่างมากเมื่อความเขียวขจีของพืชพรรณลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ความชื้นยังคงอยู่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนขององค์ประกอบในพื้นที่ เช่น การปรากฏของพื้นที่เถาถ่านหรือซากพืชที่แห้งแล้ง ซึ่งอาจมีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ค่าสูงสุดโต่งที่เกิดขึ้นในช่วงอื่น ๆ อาจเกี่ยวข้องกับช่วงเปลี่ยนฤดูกาลที่มีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในพืชพรรณอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพ

ดัชนี NDDI แสดงให้เห็นการแปรผันตามฤดูกาลที่เด่นชัด ซึ่งเป็นข้อจำกัดของ NDDI ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านความเขียวขจีและความชื้นของพืชพรรณ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิตามฤดูกาลมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช (NDVI) และปริมาณน้ำในพืชและดิน (NDMI) การเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของตัวแปรทั้งสองนี้ในแต่ละช่วงฤดูกาลจึงส่งผลให้ค่า NDDI มีการแกว่งตัวที่ชัดเจน โดยอาจมีค่าสูงในช่วงที่พืชมีความเขียวน้อยแต่ยังมีความชื้นอยู่ หรือมีค่าต่ำในช่วงที่พืชมีความเขียวขจีสูงและความชื้นเพียงพอ การทำความเข้าใจรูปแบบการแปรผันตามฤดูกาลของ NDDI จึงมีความสำคัญในการแยกแยะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติออกจากผลกระทบจากเหตุการณ์รบกวน เช่น ไฟป่า

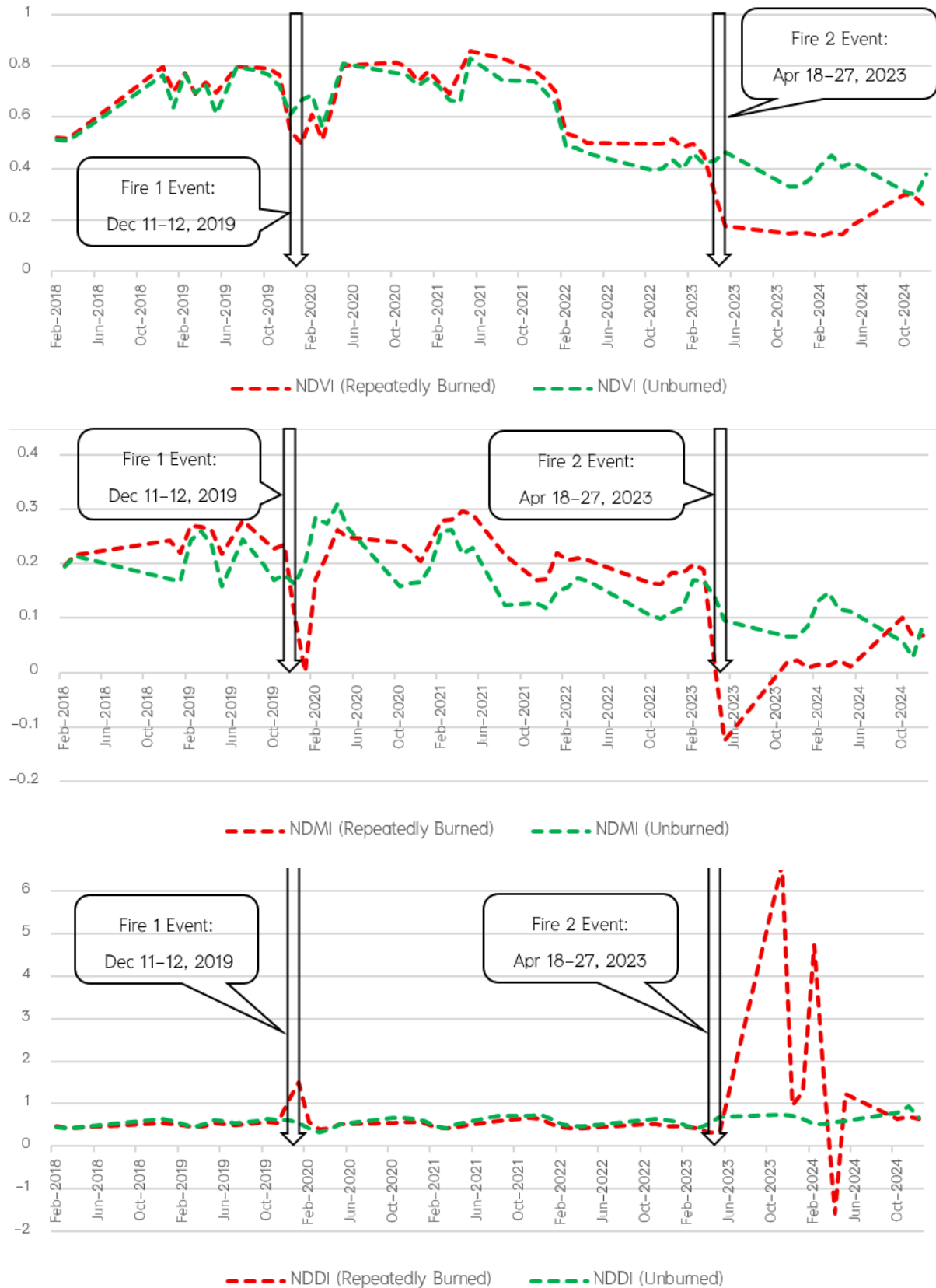


Figure 6 Time-series dynamics of the monthly satellite-derived indices.

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจนในการฟื้นตัวภายหลังไฟไหม้แต่ละครั้ง และเหตุการณ์ครั้งที่สองได้สร้างผลกระทบซ้ำซ้อนต่อระบบนิเวศ ทำให้ความสามารถในการฟื้นตัวลดลง นอกจากนี้ การวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศหรือดัชนีความแห้งแล้งอื่น ๆ อาจช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะความแห้งแล้งในพื้นที่กับความเสียหายและความรุนแรงของไฟ รวมถึงผลกระทบต่อกระบวนการฟื้นตัวของป่าพรุ

การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของข้อมูลดาวเทียมในหลายมิติ ตั้งแต่การจำแนกประเภทป่าไม้โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ (Paengwangthong, 2021) การสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายด้วยวิธี Fuzzy Multicriteria (Paengwangthong, 2022) การพัฒนาแบบจำลองทำนาย PM2.5 ได้ด้วยข้อมูล AOD จากดาวเทียม (Phuphaniat et al., 2024) ไปจนถึงการประเมินผลกระทบทางสังคมผ่านข้อมูลแสงยามคืนในช่วงวิกฤตโควิด-19 (Paengwangthong et al., 2025) ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการใช้ดัชนีดาวเทียมในงานศึกษานี้ อย่างไรก็ตาม การรับรู้ระยะไกลยังมีข้อจำกัดในการตอบคำถามเชิงลึก จำเป็นต้องผนวกข้อมูลภาคพื้นดินและปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อความสมบูรณ์ของผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ใช้เกณฑ์การกรองข้อมูลเมฆปกคลุมที่น้อยกว่า 20% ซึ่งทำให้ข้อมูลบางเดือนขาดหายไป แม้ว่าวิธีนี้จะเหมาะสมสำหรับการศึกษานี้และยังคงให้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์พลวัตการเปลี่ยนแปลง แต่การศึกษาครั้งต่อไปอาจพิจารณาปรับเกณฑ์นี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การศึกษาครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของไฟต่อระบบนิเวศป่าพรุผ่านการวิเคราะห์ดัชนีดาวเทียม และติดตามกระบวนการฟื้นตัว อย่างไรก็ตาม การศึกษาในระยะยาวและการวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะช่วยให้เข้าใจถึงพลวัตการเปลี่ยนแปลงของป่าพรุหลังเกิดไฟได้อย่างครอบคลุมยิ่งขึ้น ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต ได้แก่ การประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างป่า และการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับปัจจัยทางภูมิอากาศเพื่อสนับสนุนการจัดการและอนุรักษ์ระบบนิเวศป่าพรุอย่างยั่งยืน

ข้อจำกัดที่สำคัญของการศึกษานี้คือลักษณะการวิเคราะห์ที่เป็นเชิงพรรณนา ซึ่งมุ่งเน้นการแสดงผลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีดาวเทียมโดยไม่ได้ทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อยืนยันนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจพบ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยเลือกใช้แนวทางนี้โดยเจตนาเพื่อนำเสนอภาพรวมของพลวัตการฟื้นตัวที่ซับซ้อนในระยะยาว ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่อาจไม่สามารถถ่ายทอดได้ครบถ้วนด้วยการทดสอบทางสถิติเพียงอย่างเดียว ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้งานวิจัยในอนาคตต่อยอดจากผลการศึกษานี้ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติเพื่อประเมินนัยสำคัญของค่าดัชนีที่เปลี่ยนแปลงไป

Acknowledgements

ผู้ศึกษาขอขอบคุณข้อมูลตำแหน่งที่เกิดไฟจากเจ้าหน้าที่ของสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 15 จังหวัดเชียงราย และขอขอบคุณความอนุเคราะห์จากแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจินที่ให้บริการเครื่องมืออันทรงพลังสำหรับการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ และขอขอบคุณโครงการ Copernicus ของสหภาพยุโรป ที่ให้บริการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 เป็นข้อมูลสำคัญของการศึกษา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่

References

- Anzooman, M., McKenna, P. B., Ufer, N., Baumgartl, T., McIntyre, N., & Shaygan, M. (2024). Assessing the post-fire recovery of mined-under temperate highland peat swamps on sandstone. *Land*, *13*(12), 2253. Form <https://doi.org/10.3390/land13122253>.
- Avetisyan, D., Velizarova, E., & Filchev, L. (2022). Post-fire forest vegetation state monitoring through satellite remote sensing and in situ data. *Remote Sensing*, *14*(24), 6266. Form <https://doi.org/10.3390/rs14246266>.
- Ballhorn, U., Siegert, F., Mason, M., & Limin, S. (2009). Derivation of burn scar depths and estimation of carbon emissions with LIDAR in Indonesian peatlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(50), 21213–21218. Form <https://doi.org/10.1073/pnas.0906457106>.
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, *320*(5882), 1458–1460. Form <https://doi.org/10.1126/science.1155365>.
- Clerici, N., Weissteiner, C. J., & Paracchini, M. L. (2017). Data fusion of different spatial resolution remote sensing images for land cover mapping: A review of the literature and a case study. *International Journal of Remote Sensing*, *38*(10), 2345–2375. Form <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1266111>.
- Datt, B. (1999). A new reflectance index for remote sensing of chlorophyll content in higher plants: Tests using eucalyptus leaves. *Journal of Plant Physiology*, *154*(1), 30–36. Form [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(99\)80314-9](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(99)80314-9).
- Davies, G. M., Gray, A., Rein, G., & Legg, C. J. (2013). Peat consumption and carbon loss due to smouldering wildfire in a temperate peatland. *Forest Ecology and Management*, *308*, 169–177. Form <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.051>.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, *120*, 25–36. Form <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>.
- Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, *58*(3), 257–266. Form [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3).

- Gitas, I. Z., Mitri, G. H., & Ventura, G. (2004). Object-based image classification for burned area mapping of Creus Cape, Spain, using NOAA-AVHRR imagery. *Remote Sensing of Environment*, *92*(3), 409–413. Form <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.06.006>.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, *202*, 18–27. Form <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P., & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, *34*(6), L06407. Form <https://doi.org/10.1029/2006GL029127>.
- Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J. B., Brown, J. F., & Verdin, J. P. (2008). Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data. *Geophysical Research Letters*, *35*(22), L22401. Form <https://doi.org/10.1029/2008GL035772>.
- Hardisky, M. A., Klemas, V., & Smart, R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *49*(1), 77–83.
- Hoscilo, A., Page, S. E., Tansey, K. J., & Rieley, J. O. (2011). Effect of repeated fires on land-cover change on peatland in southern Central Kalimantan, Indonesia, from 1973 to 2005. *International Journal of Wildland Fire*, *20*(4), 578–588. Form <https://doi.org/10.1071/WF10029>.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, *83*(1–2), 195–213. Form [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2).
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3rd ed.). OTexts. Form <https://otexts.com/fpp3/>.
- Immitzer, M., Vuolo, F., & Atzberger, C. (2016). First experience with Sentinel-2 data for crop and tree species classifications in central Europe. *Remote Sensing*, *8*(3), 166. Form <https://doi.org/10.3390/rs8030166>.
- Jin, S., & Sader, S. A. (2005). MODIS time-series imagery for forest disturbance detection and quantification of patch size effects. *Remote Sensing of Environment*, *99*(4), 462–470. Form <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.017>.
- Key, C. H., & Benson, N. (2006). Landscape assessment: Ground measure of severity, the composite burn index; and remote sensing of severity, the normalized burn ratio. In *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System* (pp. LA-1–LA-51). USDA Forest Service, RMRS-GTR-164-CD.
- Lentile, L. B., Holden, Z. A., Smith, A. M. S., Falkowski, M. J., Hudak, A. T., Morgan, P., ... & Benson, N. C. (2006). Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, *15*(3), 319–345. Form <https://doi.org/10.1071/WF05097>.

- MGRONLINE. (2023, April 26). *Extreme Heat and Drought! Underground Smouldering Fire Spreads to ‘Khai’ Forest in the Middle of Phayao’s Large Swamp, Not Extinguished for Over 10 Days, Over 100 Rai of Conservation Forest Destroyed*. Form <https://mgronline.com/local/detail/9660000038638>. (in Thai)
- Nong Leng Sai Non-Hunting Area. (2023). *Report on a Solution to the ‘Khai’ Forest Fire Problem in Nong Leng Sai Non-Hunting Area*. Phayao. (in Thai)
- Paengwangthong, W. (2021). Multitemporal Landsat imagery with optimum band ratio techniques for deciduous forest classification. *International Journal of Geoinformatics*, 17(2), 21–27. Form <https://doi.org/10.52939/ijg.v17i2.1753>.
- Paengwangthong, W. (2022). Application of fuzzy multicriteria group decision-making to prioritize infectious waste incineration development in Phayao Province hospitals lacking supportive information. *Science & Technology Asia*, 27(4), 195–206. Form <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/247907>.
- Paengwangthong, W., Arnan, S., & Kulsoontornrat, J. (2025). Divergent nighttime light dynamics in Bangkok and surrounding provinces during the COVID-19 pandemic: Insights from Google Earth Engine. *Geographia Technica*, 20(1), 97–111. Form https://doi.org/10.21163/GT_2025.201.08.
- Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H. D., Jaya, A., & Limin, S. (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature*, 420, 61–65. Form <https://doi.org/10.1038/nature01131>.
- Peat Swamp Story. (n.d.). *The Last Peat Swamp Forest of Thailand*. PeatSwamps.com. Form <https://www.peatswamps.com/story>. (in Thai)
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510. Form <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>.
- Phayao Provincial Office. (2019, April 20). *Field Visit to Nong Leng Sai to Find Solutions for the Fire Problem in the Nong Leng Sai Area*. Form <https://www.phayao.go.th/allnew/2023/04/20/ลงพื้นที่หนองเล็งทราย-๗>. (in Thai)
- Phayao Provincial Office. (2023a, April 24). *The ‘Khai’ Forest Fire Situation in Nong Leng Sai Covers an Area of Approximately 120 Rai*. Form <https://www.phayao.go.th/allnew/2023/04/24/สถานการณ์ไฟไหม้ป่าไคร้/>. (in Thai)
- Phayao Provincial Office. (2023b, April 30). *Firefighting Operations for the ‘Khai’ Forest Fire in Nong Leng Sai*. Form <https://www.phayao.go.th/allnew/2023/04/30/ปฏิบัติงานดับไฟไหม้ป่า/>. (in Thai)
- Phuphaniat, M., Jeefoo, P., & Paengwangthong, W. (2024, December). *Estimating Monthly PM2.5 Levels using Integrated Satellite and Meteorological Data: A Case Study of Suphan Buri Province, Thailand* [Paper presentation]. 2024 Geoinformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences (GIS-IDEAS), Chiang Rai, Thailand. Form <https://doi.org/10.1109/GIS-IDEAS63212.2024.10991217>.
- Seub Nakhasathien Foundation. (n.d.). *The Last Peat Swamp Forest of Thailand*. Form <https://www.seub.or.th/seub/บทความป่าพรุผืนสุดท้ายของประ/>. (in Thai)
- Stankova, N. (2023). Post-Fire Recovery Monitoring Using Remote Sensing: A Review. *Aerospace Research in Bulgaria*, 35, 192–200. Form <https://www.researchgate.net/publication/369940555>.

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. Form [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).

van Leeuwen, W. J. D. (2008). Monitoring the effects of forest restoration treatments on post-fire vegetation recovery with MODIS multitemporal data. *Sensors*, 8(3), 2017–2042. Form <https://doi.org/10.3390/s8032017>.

Wilson, E. H., & Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80(3), 385–396. Form [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00318-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00318-2).

The Impacts of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values at Lam Takhong Watershed, Thailand

Jantararat Teebklang¹ and Suwit Ongsomwang^{1*}

¹ School of Mathematics and Geoinformatics, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 3000

* Corresponding author: suwit@sut.ac.th

Received: 30 June 2025; Revised: 13 August 2025; Accepted: 21 August 2025

Abstract

Understanding the driving factors of land use and land cover (LULC) change, predicting LULC change, and assessing the effects of LULC change on future ecosystem service values are crucial for land managers and land use planners to mitigate their impacts. This research aims to identify driving factors on LULC change and apply them to predict LULC changes using the CLUE-S model for evaluating ecosystem service value and change in the Lam Takhong watershed. As a result, the most significant driving factors on LULC change were elevation, annual rainfall, and irrigation area. The predicted LULC data between 2024 and 2039 indicated an increase in urban and built-up areas, sugarcane, perennial trees and orchards, other agricultural areas, water bodies, and unused land. Conversely, there were decreases in paddy fields, corn, cassava, forest land, rangeland, and marsh and swamp. The total ecosystem service value is expected to decrease continuously between 2023 and 2039. By considering ecosystem service value by its function, gas regulation, climate regulation, soil formation, biodiversity protection, food production, and raw material functions are expected to decrease marginally from 2023 to 2039. Still, waste treatment, water supply, recreation and culture functions will be slightly increasing in the future. In conclusion, LULC change affects the value of ecosystem services in each category and function within the Lam Takhong watershed, particularly through the conversion of paddy fields and forest land into other LULC types in the future. Therefore, the Government should establish specific policies or interventions to prevent land use and land cover change in the Lam Takhong watershed.

Keywords: Binary logistic regression analysis, CLUE-S model, Ecosystem service value, Lam Takhong watershed, Simple benefit transfer method

Introduction

Land use and land cover (LULC) changes have been among the most critical observable changes around the World. They are increasingly becoming a global concern due to their impact on the local, regional and global environments (Veldkamp and Lambin, 2001; Tolessa et al., 2017; Karki et al., 2018). The LULC change reflects between human activities and the transformation of the Earth's surface. Especially, increasing anthropogenic activities, such as population growth, urbanization, and deforestation, are significant elements of environmental change (Meyer and Turner, 1996; Roy and Roy, 2010). Understanding historical, current and future LULC status and change information is critical for city planners, land managers, and resource managers in any rapidly changing environment (Munthali et al., 2020). Thus, the CLUS-S model, combined with a Markov Chain model, is selected in this study to predict LULC change. The CLUS-S model with the Markov Chain model has been applied in land use studies at national and international levels, such as Ongsomwang and lamchuen, 2015; Ongsomwang and Boonchoo, 2016; Zhou et al., 2016; Zare et al., 2017; Liu et al., 2017; Srichaichana et al., 2019; Sun et al., 2019; Kulsoontornrat and Ongsomwang, 2021; Puangkaew and Ongsomwang, 2021; and Phinyoyang and Ongsomwang, 2021.

Meanwhile, the evaluation of ecosystem services in specific areas has been conducted at national and international levels after the global initiative in 1999 by the Millennium Ecosystem Assessment (MEA), such as Leh et al. (2013); Kindu et al., 2016; Mamat et al., 2018; Ongsomwang et al., 2019; Srichaichana et al., 2019; Kulsoontornrat and Ongsomwang, 2021; Phinyoyang and Ongsomwang, 2021; Shuangao et al., 2021; Karki et al., 2022; and Mamat et al., 2024. Every ecosystem has a different capacity to provide ecosystem services, depending on its structure and condition (Nelson et al., 2009). The change in LULC would affect human well-being (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

The Lam Takhong watershed is a vital water resource for Nakhon Ratchasima Province and the Northeastern region of Thailand. Over the past few decades, rapid changes in land use and land cover, driven by human activities such as urban expansion, road construction, and deforestation, have significantly altered the landscape. These changes have impacted on the value of ecosystem services within the watershed.

Therefore, knowing the driving factors of LULC change and predicting LULC change in the future is very important. Moreover, the effects of LULC change on ecosystem service values are essential information for land managers and land use planners to mitigate such impacts. Research objectives are (1) to identify the driving factors of LULC change using binary logistic regression analysis, (2) to predict LULC changes from 2024 to 2039 using the CLUE-S model, and (3) to evaluate the ecosystem service value and changes.

Materials and Methods

Study area

The study area is the Lam Takhong watershed covering an area of approximately 3,353 sq. km (Figure 1). For topographic characteristics, the terrain of the study area can be divided into various zones based on its landform. In the northeast area, it is characterized by flat areas and gently undulating terrain; most land use types in this zone are paddy fields and field crops. While the eastern part of the study area is characterized by undulating and

rolling terrain, this zone is mainly covered by field crops and forest land. At the same time, the hilly zone in the south and the mountainous areas in the southeast are covered by forest land. The main river in the Lamtakhong watershed is the Lamtakhong River, which measures approximately 220 km in length and flows from west to east within the watershed (Ruamkaew, 2011).

According to the 2023 land use data from the LDD, the main land use types in the watershed were as follows: agricultural land, approximately 54.83%; forest land, approximately 18.29%; urban and built-up area, approximately 17.89%; water body, approximately 2.35%; and miscellaneous land, approximately 5.67%.

Apan et al. (2000) mentioned that the Lam Takhong watershed was one of the sensitive areas affected by LULC change, improper land use practices, lack of appropriate land use planning and the measure for sustainable development adversely affects many natural processes that lead to terrestrial biodiversity change, habitat destruction, soil erosion, land degradation, and water pollution. It is identified as a significant case of environmental degradation.

Additionally, LULC in the Lam Takhong watershed has undergone rapid changes over the past two decades due to human activities such as building, road construction, deforestation, and numerous other anthropogenic activities. As a result, there has been an increased demand for land and modified in the status of LULC over time (Ruamkaew, 2011).

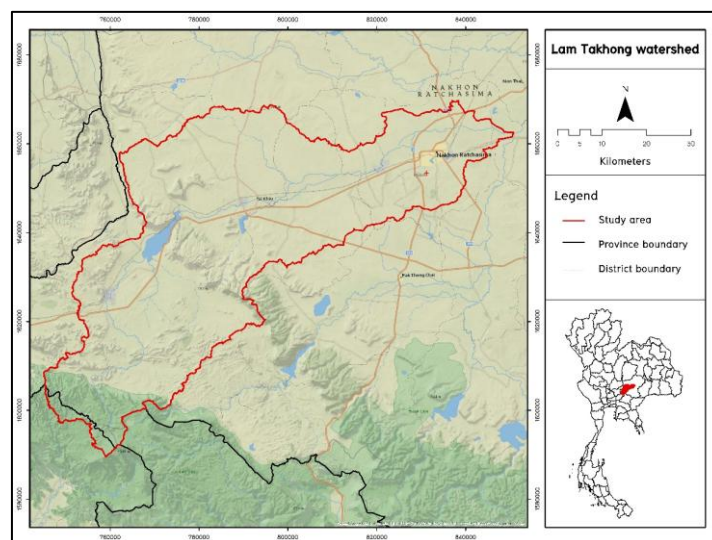


Figure 1 Study area: Lam Takhong watershed

Methods

The research methodology consists of four components, including (1) data collection and preparation, (2) Identification of driving factors on LULC change, (3) LULC prediction using the CLUE-S model and (4) evaluation of ecosystem service value and change. A brief description of each component is provided below.

1. Data collection and preparation

The relevant input data for the study were collected and prepared in advance, summarized in Table 1. Herein, land use datasets of LDD in 2015, 2019 and 2023 were reclassified into twelve LULC classes, including

(1) urban and built-up area, (2) paddy field, (3) corn, (4) sugarcane, (5) cassava, (6) perennial trees and orchards, (7) other agriculture, (8) forest land, (9) water body, (10) rangeland, (11) marsh and swamp, and (12) unused land for LULC prediction under the CLUE-S model by modification standard land use classification system of Land Development Department (LDD). Later, the reclassified twelve LULC classes were reclassified into eight ecosystem service LULC types, including (1) urban and built-up area, (2) paddy field and (3) field crop, (4) forest land, (5) water body, (6) rangeland, (7) marsh and swamp, and (8) unused land according to a coefficient of ecosystem service value, as suggested by Mamat, Halik, and Rouzi (2018). See details of the reclassification criteria for LULC and ecosystem LULC type based on LDD's standard land use classification system in Table 2. To verify errors in the LULC data, the reclassified LULC types in 2023 were assessed for thematic accuracy using 757 stratified random points based on reference data from high-resolution Google Earth images.

Meanwhile, driving factors influencing LULC change, as reviewed by Phinyoyang (2021) and Allan et al. (2022), were collected and normalized to identify significant factors using binary logistic regression analysis in the next component.

Table 1 Lists data collection and preparation for data analysis in the study

Data Collection	Data Preparation	Source
Basic data		
Land use in 2015, 2019, and 2023	Reclassify using the Reclassify function of ESRI ArcGIS	LDD
Sub-district boundary	-	LDD
Watershed boundary	-	ONWR
Driving factor on LULC change		
Elevation	Extract from SRTM DEM	USGS
Slope	Extract from SRTM DEM using the Slope function of ESRI ArcGIS	USGS
Average annual rainfall	Interpolate average annual rainfall data (1975–2019) and 1975–2023) using the IDW function of ESRI ArcGIS.	TMD
Population density	Population density at sub-district level in 2019 and 2023	DOPA
Income per capita	Income per capita at sub-district level in 2019 and 2023	CDD
Irrigation area	Reclassify using the Reclassify function of ESRI ArcGIS	RID
Road network	Calculate distance to the road network in 2019 and 2023 using Euclidean Distance function of ESRI ArcGIS	NOSTRA
Railway	Calculate the distance to the railway using Euclidean Distance function of ESRI ArcGIS	NOSTRA
Urban area	Calculate distance to existing urban areas in 2019 and 2023 using Euclidean Distance function of ESRI ArcGIS	LDD
Stream and Waterbody	Calculate the distance to stream and waterbody in 2019 and 2023 using the Euclidean Distance function of ESRI ArcGIS.	LDD & NOSTRA

Note: LDD: Land Development Department; ONWR: Office of the National Water Resources; USGS: US Geological Surveys; TMD: Thai Meteorological Department; DOPA: Department of Provincial Administration; CDD: Community Development Department; RID: Royal Irrigation Department.

Table 2 Reclassification criteria for LULC and ES LULC type based on LDD's standard land use classification system

LULC type	Remark #1: LDD Land use level and code	ESV LULC type	Remark #2: Reclassified LULC type
1. Urban and built-up areas	Level 1: U	1. Urban and built-up areas (UB)	Urban and built-up area
2. Paddy field	Level 2: A1	2. Paddy field (PD)	Paddy field
3. Corn	Level 3: A202	3. Field crop (FC)	Corn, sugarcane, cassava, and other agriculture
4. Sugarcane	Level 3: A203	4. Forest land (FL)	Forest land, perennial trees and orchards
5. Cassava	Level 3: A204	5. Water body (WB)	Water body
6. Perennial trees and orchards	Level 2: A3 and A4	6. Rangeland (RL)	Rangeland
7. Other agriculture	Level 1: A, excluding A1, A202, A203, A204, A3 and A4	7. Marsh and swamp (MS)	Marsh and swamp
8. Forest land	Level 1: F	8. Unused land (UN)	Unused land
9. Water body	Level 1: W		
10. Rangeland	Level 2: M1		
11. Marsh and swamp	Level 2: M2		
12. Unused land	Level 1: M, excluding M1 and M2		

2. Identification of driving factors on LULC change

Since the measured units of driving factors are different, the selected driving factors on LULC change were first normalized using the benefit criterion (Malczewski, 1999) as:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

After that, the normalized driving factors of LULC change are used to examine multicollinearity using tolerance (TOL) or variance inflation factor (VIF) values to prevent correlation among the driving factors. The general rule of thumb is that the TOL values should be more than 0.10, or the VIF values should not exceed 10. The TOL and VIF value is calculated (Rogerson, 2006; O'brien, 2007) as:

$$\text{TOL} = 1 - r^2 \quad (2)$$

$$\text{VIF} = \frac{1}{1 - r^2} \quad (3)$$

Where, r^2 is associated with the regression of the independent variable on all other independent variables.

Finally, driving factors without multicollinearity problems were applied to identify significant driving factors on LULC change by binary logistics regression analysis. In this study, multiple linear regression of binary logistic regression analysis was conducted with Python programming. The significant identified driving factors were further applied for LULC prediction with the local parameters under the CLUE-S model.

3. LULC prediction using the CLUE–S model

Two significant steps under this component were undertaken for LULC prediction using the CLUE–S model: (1) validation of the CLUE–S model parameter for LULC prediction and (2) LULC prediction from 2024 to 2039 (Figure 2).

Validation of the CLUE–S model parameter for LULC prediction

The basic parameters of the CLUE–S model, which include (1) identified driving factors for LULC allocation, (2) elasticity value, (3) LULC conversion matrix, and (4) land requirement of each LULC type in 2023, which were extracted using the Markov Chain model, are applied to predict LULC in 2023 using the CLUE–S model (Verburg, 2010). After that, the predicted LULC in 2023 was compared with the reclassified LULC data in 2023 of LDD using wall-to-wall thematic accuracy assessment, with overall accuracy and Kappa hat coefficient values. The thresholding values of overall accuracy and Kappa hat coefficient values for validation CLUE–S model parameter for LULC prediction are equal to or more than 80%. The identified significant driving factors, elasticity value, and LULC conversion matrix, which are defined as local parameters for LULC prediction under the CLUE–S model, will be updated to predict LULC data between 2024 and 2039 under the CLUE–S model in the next step.

LULC prediction between 2024 and 2039

The updated driving factors, elasticity values, LULC conversion matrix, and new land requirements of each LULC type between 2024 and 2039, which were extracted using the Markov Chain model based on LULC data from 2015 and 2023, were applied to predict LULC data from 2024 to 2039 under the CLUE–S model. In this study, long-term time series of predicted LULC data are selected to identify the trends in ecosystem service values and changes in the watershed resulting from LULC changes.

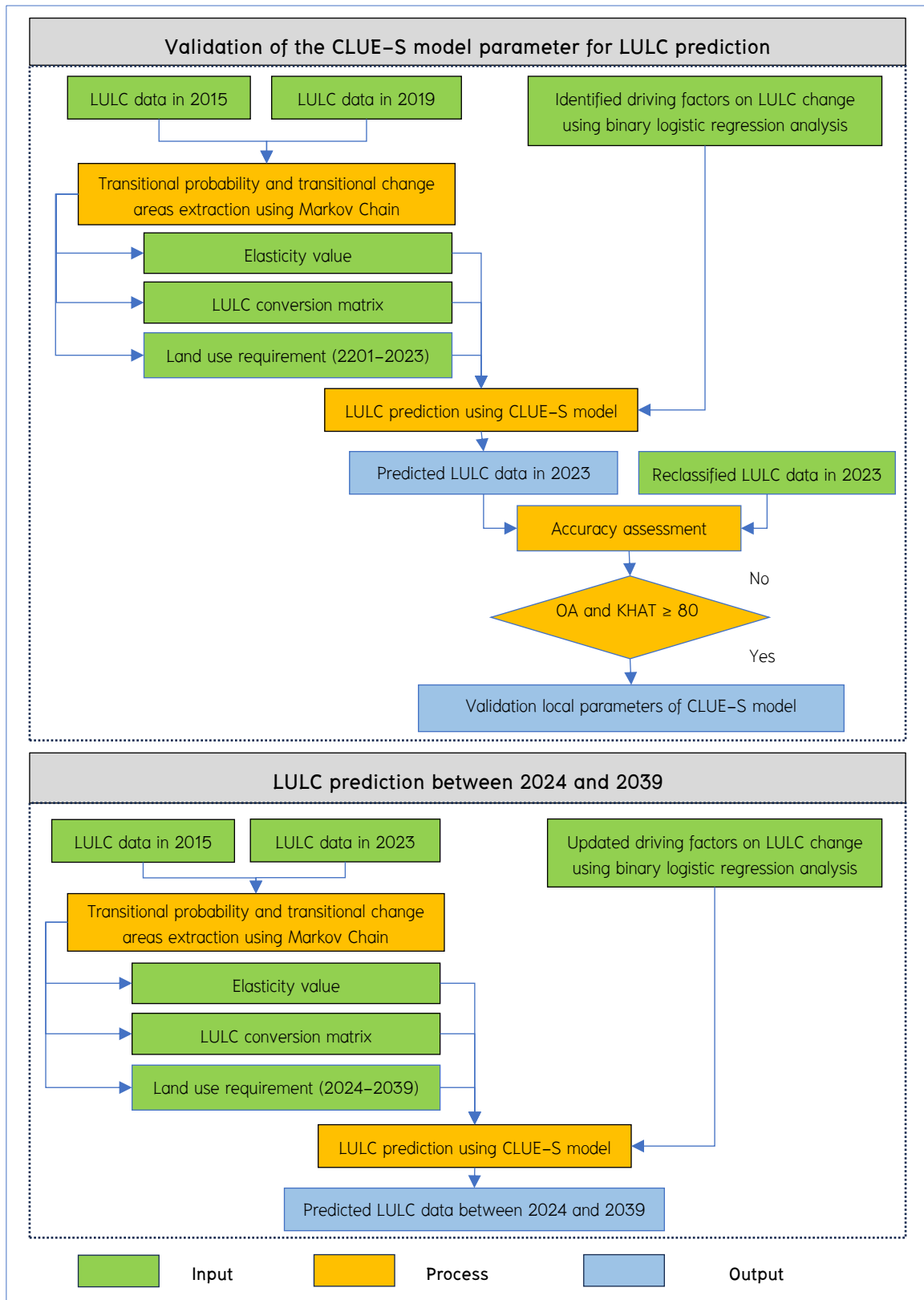


Figure 2 Schematic workflow of optimum local parameter for LULC prediction and LULC prediction of two periods using the CLUE-S model

4. Evaluation of ecosystem service value and change

The reclassified LULC in 2023 and predicted LULC data between 2024 and 2039 were first applied to evaluate ecosystem service values (ESV) using a simple benefit transfer method (Costanza et al., 1997) according to the coefficient value for different LULC types (Table 3) as:

$$ESV = \sum(A_k \times VC_k) \quad (4)$$

Where ESV is estimated ecosystem service value; A_k is an area of land use category k ; VC_k is the value coefficient for land use category k (Su et al., 2012).

After that, the time-series ecosystem service value changes due to LULC change were assessed using the ecological service change index (ESCI) (Mansoor et al., 2013) as:

$$ESCI_x = \left[\frac{ES_{FutureX_i} - ES_{BaseyearX_j}}{ES_{BaseyearX_j}} \right] \quad (5)$$

Where, $ESCI_x$ is the ecosystem services change index of service X , $ES_{FutureX_i}$ and $ES_{BaseyearX_j}$ are the current and predicted ecosystem service state values of service X at times j and i , respectively.

Table 3 Coefficient value of different LULC types for ESV evaluation

Coefficient value for different ES LULC types (million Baht/sq km/year)										
Ecosystem services category	Ecosystem services function	Urban and built-up area (UB)	Paddy field (PD)	Field crop (FC)	Forest land (FL)	Water body (WB)	Rangelan d (RL)	Marsh and swamp (MS)	Unused land (UL)	Total
1. Regulating services	1.1 Gas regulation	0.00	0.26	0.26	1.05	0.00	0.36	0.92	0.01	2.83
	1.2 Climate regulation	0.00	0.46	0.46	0.97	0.24	0.37	8.75	0.03	11.27
	1.3 Waste treatment	0.00	0.84	0.84	0.41	9.32	0.31	9.31	0.06	21.08
2. Supporting services	2.1 Soil formation	0.00	0.75	0.75	0.95	0.01	0.53	0.88	0.04	3.90
	2.2 Biodiversity protection	0.00	0.36	0.36	1.07	1.27	0.45	1.28	0.09	4.89
3. Provisioning services	3.1 Water supply	0.00	0.31	0.31	0.97	10.44	0.36	7.93	0.02	20.34
	3.2 Food production	0.00	0.51	0.51	0.08	0.05	0.10	0.15	0.00	1.41
	3.3 Raw materials	0.00	0.05	0.05	0.71	0.01	0.09	0.04	0.01	0.95
4. Cultural services	4.1 Recreation and culture	0.04	0.01	0.01	0.49	2.22	0.21	2.84	0.06	5.87
Total		0.04	3.54	3.54	6.68	23.55	2.77	32.10	0.33	72.54

Source: Modified from Mamat et al., 2018.

Results

1. LULC data in 2015, 2019 and 2023

The results of the reclassified LULC in 2015, 2019, and 2023, based on the land use data from LDD, are presented in Figure 3 and Table 4. As a result, urban and built-up areas, sugarcane, perennial trees and orchards, water bodies, and unused land tend to increase in the future. In contrast, paddy fields, cassava, forest land, and rangeland tend to decrease in the future. Meanwhile, corn, other agriculture, and marsh and swamps are fluctuating.

According to the thematic accuracy assessment of the reclassified LULC data in 2023, the overall accuracy and Kappa hat coefficient values were 89.04% and 87.56%, respectively. As a result, the reclassified LULC map from 2023, with twelve classes, can be accepted as suggested by Anderson et al. (1976). A Kappa hat coefficient value of over 80% represents strong accuracy between the reclassified and reference data (Fitzpatrick–Lins, 1981; Rosenfield and Fitzpatrick–Lins, 1986).

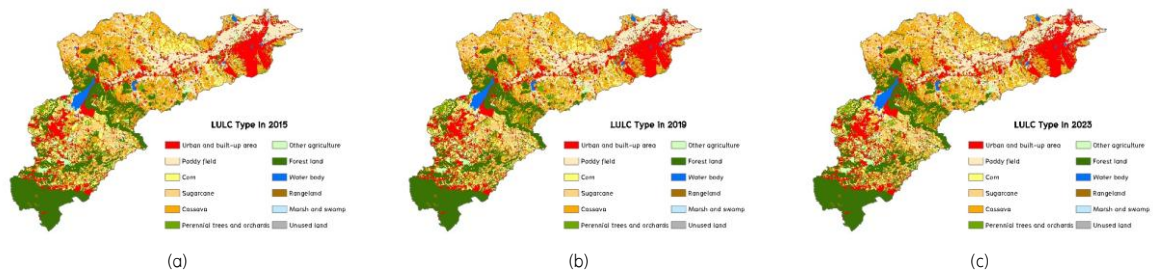


Figure 3 Spatial distribution of LULC data in: (a) 2015, (b) 2019 and (c) 2023

Table 4 Area and percentages of LULC data in 2015, 2019 and 2023

LULC type	2015		2019		2023	
	Sq. km	Percentage	Sq. km	Percentage	Sq. km	Percentage
Urban and built-up area	505.15	15.07	571.75	17.05	599.64	17.89
Paddy field	477.81	14.25	399.65	11.92	388.42	11.59
Corn	267.56	7.98	295.23	8.81	267.11	7.97
Sugarcane	217.03	6.47	276.47	8.25	281.82	8.41
Cassava	649.37	19.37	590.88	17.62	574.98	17.15
Perennial trees and orchards	162.58	4.85	184.51	5.50	190.18	5.67
Other agriculture	133.20	3.97	117.76	3.51	135.31	4.04
Forest land	646.86	19.29	614.48	18.33	613.12	18.29
Water body	67.66	2.02	72.78	2.17	78.62	2.35
Rangeland	199.51	5.95	198.63	5.92	191.05	5.70
Marsh and swamp	14.32	0.43	11.08	0.33	12.71	0.38
Unused land	11.60	0.35	19.42	0.58	19.69	0.59
Total	3,352.64	100	3,352.64	100	3,352.64	100

2. Driving factors on LULC change

The spatial driving factors on LULC change after normalization are displayed in Figure 4. These factors are selectively used to validate the CLUE–S model parameter for LULC prediction and LULC prediction between 2024 and 2039.

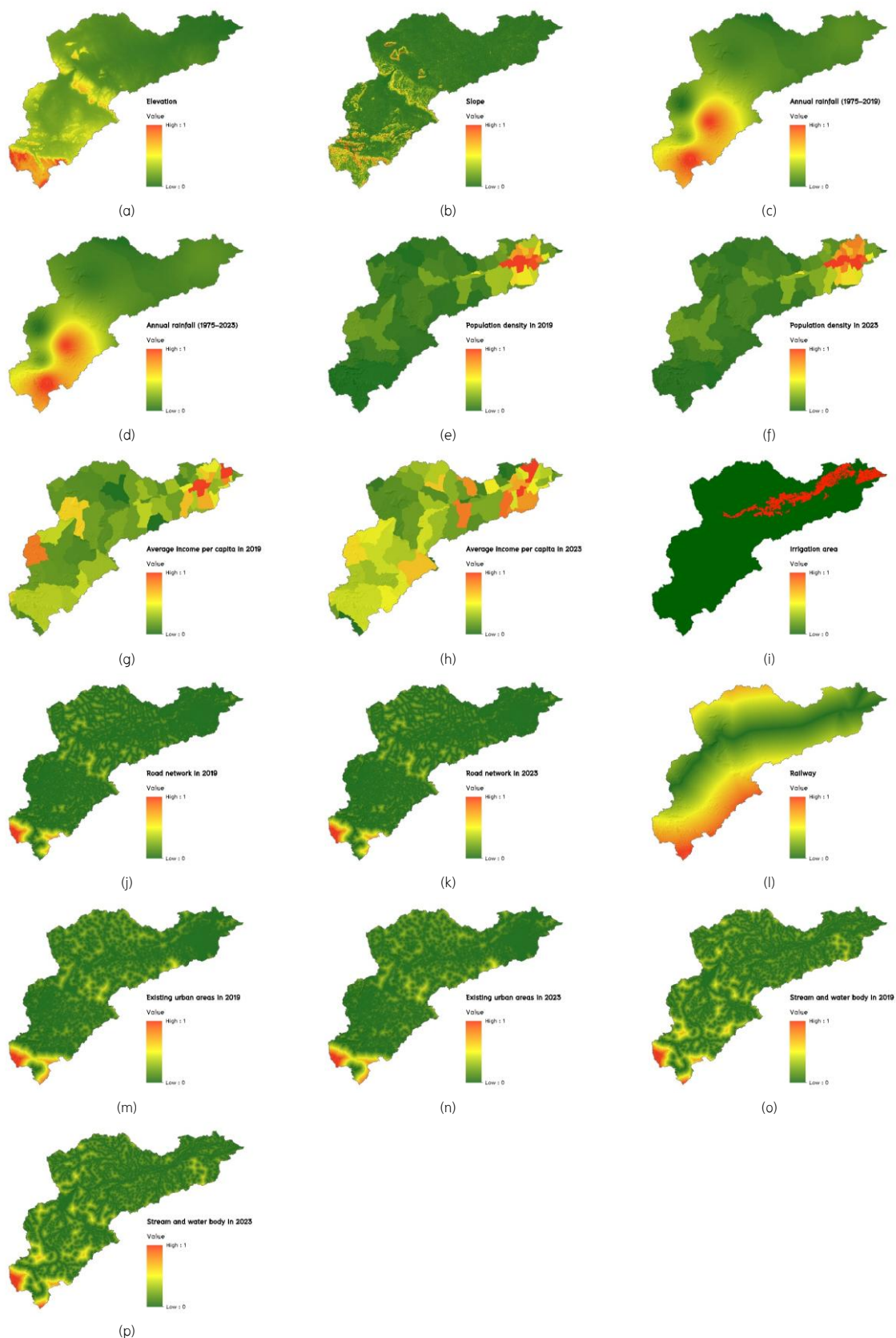


Figure 4 Driving factors on LULC change: (a) elevation, (b) slope, (c) annual rainfall between 1975–2019, (d) annual rainfall between 1975–2023, (e) population density at the sub–district level in 2019, (f) population density at the sub–district level in 2023, (g) average income per capita at the sub–district level in 2019, (h) average income

per capita at the sub-district level in 2023, (i) irrigation area, (j) distance to the road network in 2019, (k) distance to the road network in 2023, (l) distance to the railway, (m) distance to the existing urban areas in 2019, (n) distance to the existing urban areas in 2023, (o) distance to stream and water body in 2019, and (p) distance to stream and water body in 2023

3. Multicollinearity test

The results of the multicollinearity test among independent variables, using VIF and TOL, are summarized in Table 5. The results demonstrated that all TOL values of the driving factors were greater than 0.10, and all VIF values of the driving factors were less than 10. These values indicate that the driving factors are not correlated, making them suitable for binary logistic regression analysis for specific LULC type allocation (Rogerson, 2006; O'Brien, 2007; Shrestha and Shrestha, 2017; Liang et al., 2020).

Table 5 Multicollinearity diagnostic test of driving factors on LULC change

Driving factor	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficient	t-test	Sig.	TOL	VIF
	Beta	Std. error					
Elevation (X_1)	6.496	0.061	0.300	106.985	0.000	0.231	4.326
Slope (X_2)	11.427	0.097	0.195	117.596	0.000	0.659	1.518
Annual rainfall (X_3)	0.221	0.025	0.018	8.867	0.000	0.430	2.323
Average income per capita at the sub-district level (X_4)	0.000	0.000	-0.001	-0.460	0.645	1.000	1.000
Population density at the sub-district level (X_5)	0.000	0.000	0.000	0.057	0.955	1.000	1.000
Irrigation area (X_6)	-1.334	0.016	-0.123	-85.862	0.000	0.883	1.132
Distance to the road network (X_7)	-0.681	0.095	-0.021	-7.200	0.000	0.218	4.590
Distance to the railway (X_8)	-0.470	0.026	-0.036	-18.338	0.000	0.475	2.106
Distance to the existing urban areas (X_9)	5.952	0.079	0.210	75.089	0.000	0.231	4.329
Distance to stream and water body (X_{10})	-4.773	0.061	-0.163	-77.892	0.000	0.414	2.414

4. Significant driving factors on LULC change

The results of significant driving factors on LULC change, as determined by binary logistic regression analysis, are reported in Table 6. This analysis comprises multiple linear regression equations for each LULC type allocation under the CLUE-S model, along with their area under the curve (AUC) values. As a result, the most significant driving factors for LULC allocation are elevation, annual rainfall, and irrigation area. Meanwhile, the common driving factors influencing the LULC allocation of economic crops (paddy fields, corn, sugarcane, and cassava) include elevation, slope, annual rainfall, and irrigation area. These findings indicate the influence of driving factors on LULC allocation under the CLUE-S model. Regarding common driving factors for economic crops (paddy fields, corn, sugarcane, and cassava), the results suggest that areas of economic crops are more prevalent in irrigated and rain-fed areas. The elevation and slope play a role related to crop type, i.e., paddy fields are frequently situated in floodplains with lower elevations.

Additionally, the common driving factors for crops in this study are similar with the previous works of Pinyoyang (2021), who applied CLUE-S model to predict LULC at the Second Part of Lam Nam Chi watershed, Chaiyaphum, He found that the most important driving force for field crops (sugarcane, cassava, and other field crops) are elevation, slope, and annual rainfall.

Moreover, the AUC values for allocating 12 LULC types range from 0.65 to 0.98, indicating a poor to excellent fit between the predicted and actual LULC transitions (Pontius and Schneider, 2001; Hosmer et al., 2013; Liang et al., 2020). As a result, the allocation of corn, perennial trees and orchards, and rangeland was a poor fit in accordance with their applied significant driving factors. The primary cause of this phenomenon may be the randomly fragmented areas of these LULC types, as previously mentioned by Srichaichana et al. (2019).

Table 6 Identified the driving factors for each LULC type allocation in equation form with AUC using binary logistic regression analysis

LULC type	Driving factors											AUC
	Constant	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	
Urban and built-up areas (UB)	1.865	-1.737	n. s.	n. s.	n. s.	1.441	-2.029	-11.043	-0.891	-245.424	2.211	0.98
Paddy field (PD)	-0.185	-14.685	-41.237	-3.517	n. s.	n. s.	3.051	8.409	2.497	n. s.	-13.091	0.92
Corn (CO)	-2.046	0.841	-13.105	0.619	n. s.	n. s.	-2.750	-9.618	n. s.	3.188	-0.684	0.69
Sugarcane (SU)	-2.755	-5.722	-33.576	0.993	n. s.	n. s.	-0.750	n. s.	4.723	1.933	-2.293	0.80
Cassava (CA)	-0.860	-0.709	-14.748	-3.675	n. s.	n. s.	-2.390	-0.960	1.977	3.054	n. s.	0.80
Perennial trees and orchards (PO)	-3.048	4.926	-12.026	-0.300	0.324	n. s.	-0.440	-4.785	n. s.	n. s.	-1.097	0.65
Other agriculture (OA)	-3.146	n. s.	-18.131	2.221	n. s.	n. s.	0.648	-16.770	-0.958	3.038	0.926	0.73
Forest land (FO)	-5.323	7.105	34.689	1.480	n. s.	n. s.	n. s.	8.735	-1.115	4.498	n. s.	0.97
Water body (WB)	0.164	-5.716	-19.122	1.105	n. s.	n. s.	-3.797	14.025	-3.290	n. s.	-191.884	0.98
Rangeland (RL)	-2.535	3.620	-5.299	0.934	n. s.	n. s.	-1.776	n. s.	-1.501	-3.642	-3.132	0.68
Marsh and swamp (MS)	-2.192	-46.695	n. s.	6.288	n. s.	n. s.	-2.471	9.782	-2.761	n. s.	-15.009	0.91
Unused land (UN)	-4.083	-6.230	n. s.	1.926	n. s.	n. s.	-0.265	-10.708	-2.038	n. s.	n. s.	0.89

Note 1: X₁ is elevation, X₂ is slope, X₃ is annual rainfall (1975–2019), X₄ is average income per capita at the sub-district level in 2019, X₅ is population density at the sub-district level in 2019, X₆ is irrigation area, X₇ is distance to the road network in 2019, X₈ is distance to the railway, X₉ is distance to the existing urban areas in 2019, and X₁₀ is distance to stream and water body in 2019.

Note 2: All explanatory variables are significant at $p < 0.05$ error level; n. s. is insignificant at the 0.05 level; AUC is the area under the curve.

5. Validation of CLUE-S model parameters for LULC prediction

The local parameters for predicting LULC in 2023, including elasticity value, LULC conversion matrix, and land requirement in 2023, which were extracted based on LULC in 2015 and 2019 with the Markov chain model, are summarized in Tables A1 to A3 in the Appendix. The spatial distribution of the reclassified LULC data in 2023, derived from LDD data, and the predicted LULC data in 2023, generated by the CLUE-S model, are displayed in Figure 5. The result of the accuracy assessment for local parameters of the CLUE-S model validation is reported in Table A4 in the Appendix.

As a result in Table A4, the overall accuracy and Kappa hat coefficient values of the predicted LULC in 2023, when compared with the reclassified LULC in 2023 of LDD, were 89.86% and 88.35%, respectively. Both values are higher than the thresholding value, with equal to or more than 80%. Therefore, the predefined local parameters of the CLUE-S model can be accepted for LULC prediction between 2024 and 2039.

Additionally, the overall accuracy value of more than 85% of the predicted LULC map can provide an acceptable result (Anderson et al., 1976). Additionally, a Kappa hat coefficient value of more than 80% indicates strong agreement or accuracy between the predicted map and the reference map (Fitzpatrick-Lins, 1981; Rosenfield and Fitzpatrick-Lins, 1986).

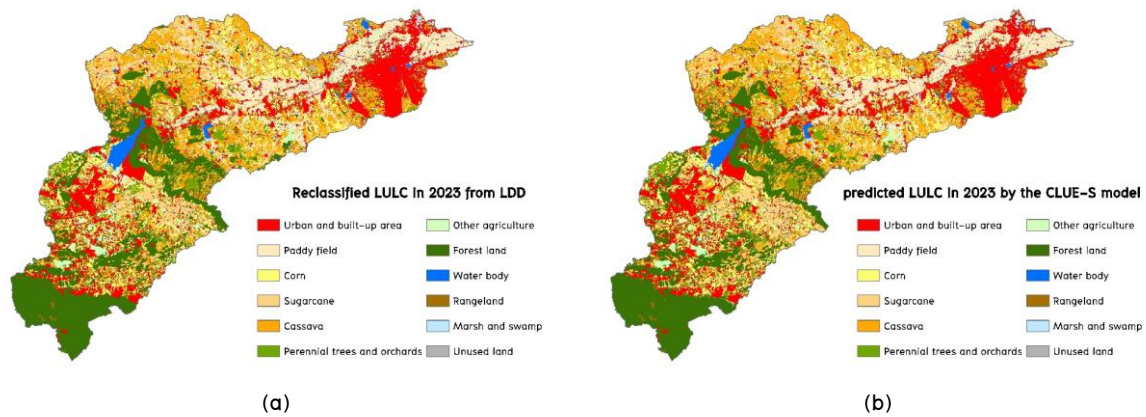


Figure 5 Comparison of spatial LULC distribution in 2023:

(a) classified LULC from LDD and (b) predicted LULC by the CLUE-S model.

6. LULC prediction between 2024 and 2039

The local parameters of the CLUE-S model, including elasticity value, LULC conversion matrix, and land requirement, were updated with new input data (LULC in 2015 and 2023) using a Markov Chain model, as reported in Tables 7, 8, and 9, respectively. Meanwhile, the results of the updated significant driving factors on LULC change, as determined by binary logistic regression analysis, are reported in Table 10.

The spatial distribution of the predicted LULC data for the period from 2024 to 2039, using the CLUE-S model with updated parameters and driving factors, is presented in Figure 6. Meanwhile, the area of predictive LULC types between 2024 and 2039 is summarized in Table 11.

Table 7 Elasticity of LULC change for LULC prediction between 2024 and 2039

LULC type	Resistance value
Urban and built-up area (UB)	0.986
Paddy field (PD)	0.7791
Corn (CO)	0.4946
Sugarcane (SU)	0.6059
Cassava (CA)	0.6352
Perennial trees and orchards (PO)	0.661
Other agriculture (OA)	0.5893
Forest land (FO)	0.9401
Water body (WB)	0.9658
Rangeland (RL)	0.6978
Marsh and swamp (MS)	0.5935
Unused land (UN)	0.5604

Table 8 Conversion matrix of possible LULC change for LULC prediction between 2024 and 2039

LULC type in 2023	Possible change in 2039											
	UB	PD	CO	SU	CA	PO	OA	FO	WB	RL	MS	UN
Urban and built-up area (UB)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paddy field (PD)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Corn (CO)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
Sugarcane (SU)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
Cassava (CA)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
Perennial trees and orchards (PO)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
Other agriculture (OA)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
Forest land (FO)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Water body (WB)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Rangeland (RL)	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Marsh and swamp (MS)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
Unused land (UN)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1

Note: 0 is not allowed to change, 1 is allowed to change.

Table 9 Annual land requirement of each LULC type for LULC prediction between 2024 and 2039

Year	LULC type (sq km)												Total
	UB	PD	CO	SU	CA	PO	OA	FO	WB	RL	MS	UN	
2023	599.64	388.42	267.11	281.82	574.98	190.18	135.31	613.12	78.62	191.05	12.71	19.69	3,352.64
2024	611.10	379.73	266.53	284.89	570.66	192.22	135.45	609.17	79.85	190.32	12.55	20.16	3,352.64
2025	622.56	371.04	265.96	287.97	566.35	194.27	135.60	605.21	81.08	189.60	12.39	20.62	3,352.64
2026	634.01	362.35	265.39	291.04	562.04	196.31	135.75	601.26	82.30	188.87	12.22	21.09	3,352.64
2027	645.47	353.65	264.82	294.11	557.72	198.36	135.89	597.31	83.53	188.15	12.06	21.55	3,352.64
2028	656.93	344.96	264.25	297.18	553.41	200.40	136.04	593.36	84.76	187.42	11.90	22.02	3,352.64
2029	668.39	336.27	263.68	300.26	549.10	202.45	136.18	589.41	85.99	186.70	11.74	22.49	3,352.64
2030	679.84	327.58	263.11	303.33	544.79	204.49	136.33	585.45	87.21	185.97	11.58	22.95	3,352.64
2031	691.30	318.88	262.54	306.40	540.47	206.54	136.48	581.50	88.44	185.25	11.42	23.42	3,352.64
2032	702.76	310.19	261.97	309.48	536.16	208.58	136.62	577.55	89.67	184.52	11.25	23.88	3,352.64
2033	714.22	301.50	261.40	312.55	531.85	210.63	136.77	573.60	90.90	183.80	11.09	24.35	3,352.64
2034	725.67	292.81	260.83	315.62	527.53	212.67	136.91	569.65	92.12	183.07	10.93	24.82	3,352.64
2035	737.13	284.11	260.26	318.69	523.22	214.72	137.06	565.70	93.35	182.35	10.77	25.28	3,352.64
2036	748.59	275.42	259.69	321.77	518.91	216.76	137.20	561.74	94.58	181.62	10.61	25.75	3,352.64
2037	760.05	266.73	259.12	324.84	514.60	218.81	137.35	557.79	95.81	180.90	10.44	26.21	3,352.64
2038	771.50	258.04	258.55	327.91	510.28	220.85	137.50	553.84	97.03	180.17	10.28	26.68	3,352.64
2039	782.96	249.34	257.98	330.99	505.97	222.90	137.64	549.89	98.26	179.45	10.12	27.15	3,352.64
Annual rate	11.46	-8.69	-0.57	3.07	-4.31	2.04	0.15	-3.95	1.23	-0.73	-0.16	0.47	

Table 10 Updated driving factors for each LULC type allocation for LULC prediction between 2024 and 2039

LULC type	Driving factors											AUC
	Constant	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	
Urban and built-up areas (UB)	1.865	-1.737	n.s	n.s	n.s	1.441	-2.029	-11.043	-0.891	-245.424	2.211	0.979
Paddy field (PD)	-0.185	-14.685	-41.237	-3.517	n.s	n.s	3.051	8.409	2.497	n.s	-13.091	0.923
Corn (CO)	-2.046	0.841	-13.105	0.619	n.s	n.s	-2.750	-9.618	n.s	3.188	-0.684	0.683
Sugarcane (SU)	-2.755	-5.722	-33.576	0.993	n.s	n.s	-0.750	n.s	4.723	1.933	-2.293	0.796
Cassava (CA)	-0.860	-0.709	-14.748	-3.675	n.s	n.s	-2.390	-0.960	1.977	3.054	n.s	0.797
Perennial trees and orchards (PO)	-3.048	4.926	-12.026	-0.300	0.324	n.s	-0.440	-4.785	n.s	n.s	-1.097	0.666
Other agriculture (OA)	-3.146	n.s	-18.131	2.221	n.s	n.s	0.648	-16.770	-0.958	3.038	0.926	0.724
Forest land (FO)	-5.323	7.105	34.689	1.480	n.s	n.s	n.s	8.735	-1.115	4.498	n.s	0.968
Water body (WB)	0.164	-5.716	-19.122	1.105	n.s	n.s	-3.797	14.025	-3.290	n.s	-191.884	0.975
Rangeland (RL)	-2.535	3.620	-5.299	0.934	n.s	n.s	-1.776	n.s	-1.501	-3.642	-3.132	0.670
Marsh and swamp (MS)	-2.192	-46.695	n.s	6.288	n.s	n.s	-2.471	9.782	-2.761	n.s	-15.009	0.903
Unused land (UN)	-4.083	-6.230	n.s	1.926	n.s	n.s	-0.265	-10.708	-2.038	n.s	n.s	0.715

Note 1: X₁ is elevation, X₂ is slope, X₃ is annual rainfall (1975–2023), X₄ is average income per capita at the sub-district level in 2023, X₅ is population density at the sub-district level in 2023, X₆ is irrigation area, X₇ is distance to the road network in 2023, X₈ is distance to the railway, X₉ is distance to the existing urban areas in 2023, and X₁₀ is distance to stream and water body in 2023.

Note 2: All explanatory variables are significant at $p < 0.05$ error level; n. s. is insignificant at the 0.05 level; AUC is the area under the curve.

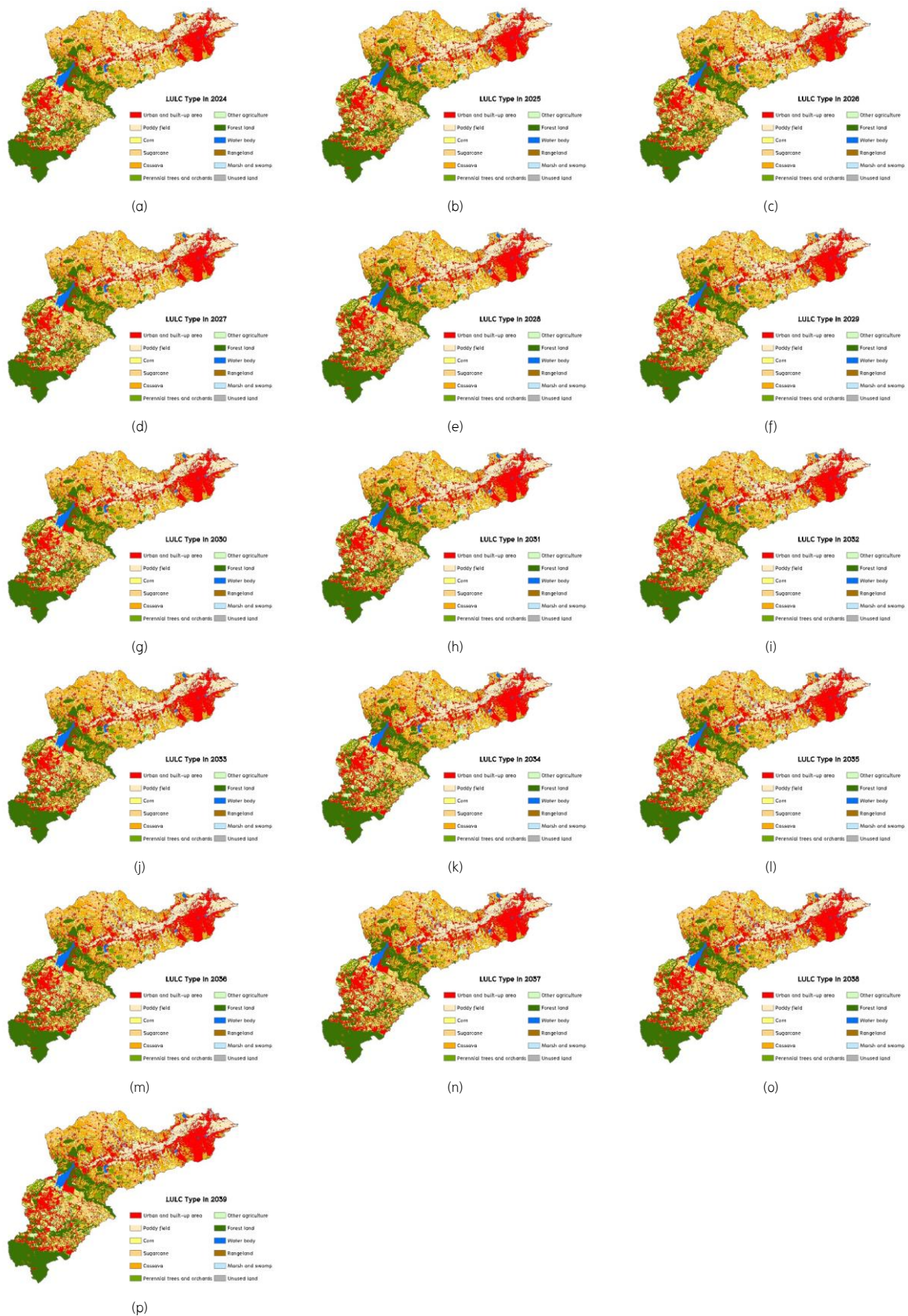


Figure 6 Spatial distribution of predicted LULC data: (a) 2024, (b) 2025, (c) 2026, (d) 2027, (e) 2028, (f) 2029, (g) 2030, (h) 2031, (i) 2032, (j) 2033, (k) 2034, (l) 2035, (m) 2036, (n) 2037, (o) 2038, and (p) 2039

Table 11 Predicted LULC type areas between 2024 and 2039

LULC types	Area of predicted LULC type in sq km.															
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Urban and built-up area (UB)	611.20	622.51	633.97	645.47	656.88	668.42	679.82	691.31	702.73	714.17	725.63	737.08	748.57	760.03	771.47	782.96
Paddy field (PD)	379.51	370.88	362.33	353.53	344.92	336.27	327.54	318.84	310.17	301.47	292.77	284.09	275.38	266.70	258.00	249.31
Corn (CO)	266.66	265.82	265.37	264.80	264.19	263.44	263.02	262.56	261.94	261.37	260.79	260.22	259.65	259.09	258.51	257.94
Sugarcane (SU)	285.16	288.14	291.01	294.10	297.16	300.27	303.31	306.40	309.43	312.51	315.59	318.66	321.73	324.81	327.89	330.95
Cassava (CA)	570.77	566.37	561.99	557.77	553.58	549.14	544.75	540.48	536.12	531.81	527.50	523.19	518.85	514.56	510.25	505.93
Perennial trees and orchards (PO)	191.84	194.11	196.28	198.32	200.36	202.46	204.47	206.52	208.56	210.60	212.65	214.67	216.72	218.78	220.82	222.86
Other agriculture (OA)	135.30	135.47	135.73	135.92	136.02	136.24	136.30	136.49	136.62	136.80	136.93	137.13	137.29	137.32	137.46	137.59
Forest land (FO)	609.67	605.80	601.21	597.31	593.35	589.44	585.43	581.50	577.52	573.57	569.62	565.67	561.72	557.76	553.80	549.84
Water body (WB)	79.75	81.06	82.30	83.59	84.75	86.06	87.21	88.46	89.65	90.86	92.09	93.31	94.54	95.80	97.04	98.24
Rangeland (RL)	190.44	189.49	188.81	188.19	187.39	186.75	185.95	185.25	184.48	183.76	183.03	182.30	181.58	180.85	180.14	179.41
Marsh and swamp (MS)	12.67	12.67	12.59	12.38	12.26	12.02	11.92	11.73	11.59	11.42	11.26	11.09	10.92	10.76	10.59	10.39
Unused land (UN)	19.67	20.33	21.06	21.28	21.98	22.14	22.92	23.10	23.84	24.32	24.78	25.23	25.71	26.20	26.68	27.22
Total	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64	3,352.64

LULC change detection between 2023 and 2039, as determined by a post-comparison detection algorithm, which provides from-to-change information (Jensen, 2015), is reported in Table 12. As a result, urban and built-up areas, as well as water bodies, in 2023 did not change into any LULC type in 2039. In contrast, paddy fields, corn, sugarcane, cassava, perennial trees and orchards, other agriculture, forest land, rangeland, marsh and swamp and unused land in 2023 are changed into other LULC types in 2039. This result indicates the persistence of LULC change by each LULC type (Takada et al., 2010). The extracted LULC change patterns between 2023 and 2039 play a crucial role in evaluating the value of ecosystem services and changes in the watershed.

Table 12 Change detection matrix of LULC change between 2023 and 2039

LULC change 2023–2039	LULC type in 2039 (sq km)													Total
	UB	PD	CO	SU	CA	PO	OA	FO	WB	RL	MS	UN		
Urban and built-up areas (UB)	599.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	599.64
Paddy field (PD)	54.13	249.31	4.84	33.50	1.19	24.03	1.58	0.00	11.74	0.00	0.00	8.12	388.42	
Corn (CO)	14.90	0.00	250.69	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	267.11	
Sugarcane (SU)	4.28	0.00	0.00	277.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	281.82	
Cassava (CA)	57.05	0.00	0.00	5.36	504.55	0.69	3.95	0.00	3.38	0.00	0.00	0.00	574.98	
Perennial trees and orchards (PO)	7.37	0.00	0.00	0.00	0.00	182.80	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	190.18	
Other agriculture (OA)	6.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	129.27	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	135.31	
Forest land (FO)	25.40	0.00	2.41	14.53	0.19	15.35	2.13	549.84	1.00	1.65	0.00	0.62	613.12	
Water body (WB)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.62	0.00	0.00	0.00	78.62	
Rangeland (RL)	12.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	177.76	0.00	0.00	191.05	
Marsh and swamp (MS)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	1.38	0.00	10.39	0.24	12.71	
Unused land (UN)	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.24	19.69	
Total	782.96	249.31	257.94	330.95	505.93	222.86	137.59	549.84	98.24	179.41	10.39	27.22	3,352.64	

Moreover, the changes in ES LULC type (decrease or increase) between 2023 and 2039 are reported in Table 13. As a result, it can be observed that top three increasing areas of ES LULC type are urban and built-up areas (UB), water body (WB) and Unused land (UN) while top three decreasing areas of ES LULC type are paddy field (PD), forest land (FL) and field crop (FC).

Table 13 Changed areas (decrease or increase) of ES LULC type between 2023 and 2039

Year	Area of actual and predicted ES LULC types in sq km.								
	UB	PD	FC	FL	WB	RL	MS	UN	Total
2023	599.64	388.42	1259.21	803.3	78.62	191.05	12.71	19.69	3352.64
2024	611.2	379.51	1257.89	801.51	79.75	190.44	12.67	19.67	3352.64
2025	622.51	370.88	1255.8	799.91	81.06	189.49	12.67	20.33	3352.64
2026	633.97	362.33	1254.1	797.49	82.3	188.81	12.59	21.06	3352.64
2027	645.47	353.53	1252.59	795.63	83.59	188.19	12.38	21.28	3352.64
2028	656.88	344.92	1250.75	793.71	84.75	187.39	12.26	21.98	3352.64
2029	668.42	336.27	1249.09	791.9	86.06	186.75	12.02	22.14	3352.64
2030	679.82	327.54	1247.38	789.9	87.21	185.95	11.92	22.92	3352.64
2031	691.31	318.84	1245.93	788.02	88.46	185.25	11.73	23.1	3352.64
2032	702.73	310.17	1244.11	786.08	89.65	184.48	11.59	23.84	3352.64
2033	714.17	301.47	1242.49	784.17	90.86	183.76	11.42	24.32	3352.64
2034	725.63	292.77	1240.81	782.27	92.09	183.03	11.26	24.78	3352.64
2035	737.08	284.09	1239.2	780.34	93.31	182.3	11.09	25.23	3352.64
2036	748.57	275.38	1237.52	778.44	94.54	181.58	10.92	25.71	3352.64
2037	760.03	266.7	1235.78	776.54	95.8	180.85	10.76	26.2	3352.64
2038	771.47	258	1234.11	774.62	97.04	180.14	10.59	26.68	3352.64
2039	782.96	249.31	1232.41	772.7	98.24	179.41	10.39	27.22	3352.64
Changes area (2023–2039)	183.32	-139.1	-26.8	-30.6	19.62	-11.64	-2.32	7.53	0

7. Evaluation of ecosystem service value between 2023 and 2039

The ecosystem service values between 2023 and 2039 are reported in Table 14. As a result, the ESV for the Lam Takhong watershed has been continuously decreasing from 2023 to 2039. In addition, considering ecosystem service value by category, the regulating, supporting, and provisioning services are continuously decreasing between 2023 and 2039. However, cultural service is continuously increasing in the same period. The increase in cultural services is attributed to the growth of urban and built-up areas, water bodies, and unused land during this period. See also Table 13. The most important ecosystem service category in the watershed is the regulating service, including gas regulation, climate regulation, and waste treatment functions. This category contributes approximately 41% of the total ecosystem service value.

In the meantime, by considering ecosystem service value based on its function (gas regulation, climate regulation, waste treatment, soil formation, biodiversity protection, water supply, food production, raw materials, recreation, and culture), as shown in Table 15. As a result, gas regulation, climate regulation, soil formation, biodiversity protection, food production, and raw material functions decreased marginally from 2023 to 2039, but waste treatment, water supply, and recreation and culture functions increased slightly during the same period. The most important ecosystem service function in the watershed is waste treatment, since it contributes about 20–21% of the total ecosystem service value.

These findings indicate the impact of LULC change on ecosystem service value in each category and function in the watershed. For example, the areas of the water body, which play an important role with a high coefficient value in waste treatment, water supply, and recreation and cultural functions, will increase from 78.62 sq. km in 2023 to 98.24 sq. km in 2039. The increase in water bodies between 2023 and 2039 results in an

increase in ecosystem service value for waste treatment, water supply, and recreation and cultural functions during the same period.

On the contrary, the areas of forest land that serve an important role in ecosystem services, with high coefficient values in gas regulation, climate regulation, soil formation, biodiversity protection, and raw material production, are expected to decrease from 613.12 sq. km in 2023 to 549.84 sq. km in 2039. Thus, the decrease in forest land between 2023 and 2039 results in a decrease in ecosystem service values for gas regulation, climate regulation, soil formation, biodiversity protection, and raw material functions during the same period.

Table 14 Ecosystem service value by its category and total between 2023 and 2039

Year	Ecosystem service value by category (million Baht)				Total
	Regulating services	Supporting services	Provisioning services	Cultural services	
2023	5,515.08	3,600.33	3,709.78	589.78	13,414.96
2024	5,502.88	3,584.57	3,707.46	590.80	13,385.71
2025	5,492.08	3,568.18	3,706.57	592.09	13,358.91
2026	5,478.22	3,550.76	3,703.48	592.71	13,325.18
2027	5,463.75	3,534.30	3,700.95	593.39	13,292.38
2028	5,449.24	3,517.48	3,697.45	594.00	13,258.17
2029	5,434.43	3,501.00	3,694.90	594.63	13,224.96
2030	5,420.06	3,484.10	3,691.37	595.25	13,190.78
2031	5,405.70	3,467.67	3,688.62	595.87	13,157.85
2032	5,391.02	3,450.79	3,685.22	596.49	13,123.52
2033	5,376.32	3,434.14	3,682.03	597.08	13,089.57
2034	5,361.93	3,417.46	3,679.06	597.73	13,056.19
2035	5,347.34	3,400.82	3,675.97	598.34	13,022.46
2036	5,332.74	3,384.12	3,672.93	598.97	12,988.76
2037	5,318.56	3,367.43	3,670.24	599.70	12,955.93
2038	5,304.06	3,350.76	3,667.30	600.35	12,922.46
2039	5,288.56	3,333.93	3,663.67	600.82	12,886.98

Table 15 Ecosystem service value by its function and its total between 2023 and 2039

Year	Ecosystem service function values between 2023 and 2039 (million Baht)									Total
	Gas regulation	Climate regulation	Waste treatment	Soil formation	Biodiversity protection	Water supply	Food production	Raw materials	Recreation and culture	
2023	1,179.31	1,631.03	2,704.74	2,072.23	1,528.10	2,150.45	1,014.34	544.99	589.78	13,414.96
2024	1,173.32	1,623.47	2,706.09	2,062.17	1,522.40	2,155.72	1,009.67	542.07	590.80	13,385.71
2025	1,166.86	1,615.86	2,709.36	2,051.69	1,516.49	2,162.72	1,005.02	538.83	592.09	13,358.91
2026	1,159.78	1,607.10	2,711.34	2,040.88	1,509.88	2,167.86	1,000.50	535.12	592.71	13,325.18
2027	1,153.25	1,597.81	2,712.69	2,030.48	1,503.82	2,173.12	995.94	531.89	593.39	13,292.38
2028	1,146.65	1,589.10	2,713.49	2,019.92	1,497.56	2,177.57	991.28	528.60	594.00	13,258.17
2029	1,140.09	1,579.55	2,714.79	2,009.52	1,491.48	2,182.80	986.74	525.36	594.63	13,224.96
2030	1,133.45	1,570.96	2,715.65	1,998.92	1,485.18	2,187.26	982.08	522.03	595.25	13,190.78
2031	1,126.93	1,561.85	2,716.92	1,988.59	1,479.08	2,192.25	977.59	518.78	595.87	13,157.85
2032	1,120.29	1,552.95	2,717.78	1,977.98	1,472.81	2,196.84	972.91	515.47	596.49	13,123.52
2033	1,113.71	1,543.90	2,718.71	1,967.52	1,466.62	2,201.50	968.33	512.20	597.08	13,089.57
2034	1,107.13	1,534.92	2,719.88	1,957.02	1,460.44	2,206.42	963.72	508.92	597.73	13,056.19
2035	1,100.55	1,525.88	2,720.91	1,946.56	1,454.26	2,211.18	959.14	505.65	598.34	13,022.46
2036	1,093.96	1,516.81	2,721.97	1,936.05	1,448.07	2,216.03	954.53	502.37	598.97	12,988.76
2037	1,087.36	1,507.81	2,723.39	1,925.52	1,441.91	2,221.25	949.91	499.08	599.70	12,955.93
2038	1,080.76	1,498.75	2,724.55	1,915.02	1,435.74	2,226.20	945.30	495.80	600.35	12,922.46
2039	1,074.12	1,489.39	2,725.05	1,904.47	1,429.46	2,230.48	940.67	492.52	600.82	12,886.98

Furthermore, the impact of ES LULC changes on ecosystem service value in each category and function, according to the changes in area size of each ES LULC type between 2023 and 2039, as reported in Table 13, and their corresponding coefficient values, as reported in Table 3, are presented in Table 16 and Figure 7.

Table 16 Change of ecosystem service value by category and function of ES LULC type

Ecosystem service category	Ecosystem service function	Ecosystem service value of ES LULC type (Million Baht)							
		UB	PD	FC	FO	WB	RL	MS	UN
1. Regulating service	1.1 Gas regulation	0.00	-36.17	-6.97	-31.52	0.00	-4.19	-2.13	0.08
	1.2 Climate regulation	0.00	-63.99	-12.33	-29.68	4.71	-4.31	-20.30	0.23
	1.3 Waste treatment	0.00	-116.85	-22.51	-12.55	182.86	-3.61	-21.60	0.45
	Sub-total	0.00	-217.01	-41.81	-73.75	187.57	-12.11	-44.03	0.75
2. Supporting service	2.1 Soil formation	0.00	-104.33	-20.10	-29.07	0.20	-6.17	-2.04	0.30
	2.2 Biodiversity protection	0.00	-50.08	-9.65	-32.74	24.92	-5.24	-2.97	0.68
	Sub-total	0.00	-154.41	-29.75	-61.81	25.11	-11.41	-5.01	0.98
2. Provisioning service	3.1 Water supply	0.00	-43.12	-8.31	-29.68	204.83	-4.19	-18.40	0.15
	3.2 Food production	0.00	-70.95	-13.67	-2.45	0.98	-1.16	-0.35	0.00
	3.3 Raw materials	0.00	-6.96	-1.34	-21.73	0.20	-1.05	-0.09	0.08
	Sub-total	0.00	-121.03	-23.32	-53.86	206.01	-6.40	-18.84	0.23
4. Cultural service	4.1 Recreation and culture	7.33	-1.39	-0.27	-14.99	43.56	-2.44	-6.59	0.45
	Sub-total	7.33	-1.39	-0.27	-14.99	43.56	-2.44	-6.59	0.45
Total		7.33	-493.84	-95.14	-204.41	462.25	-32.36	-74.47	2.41

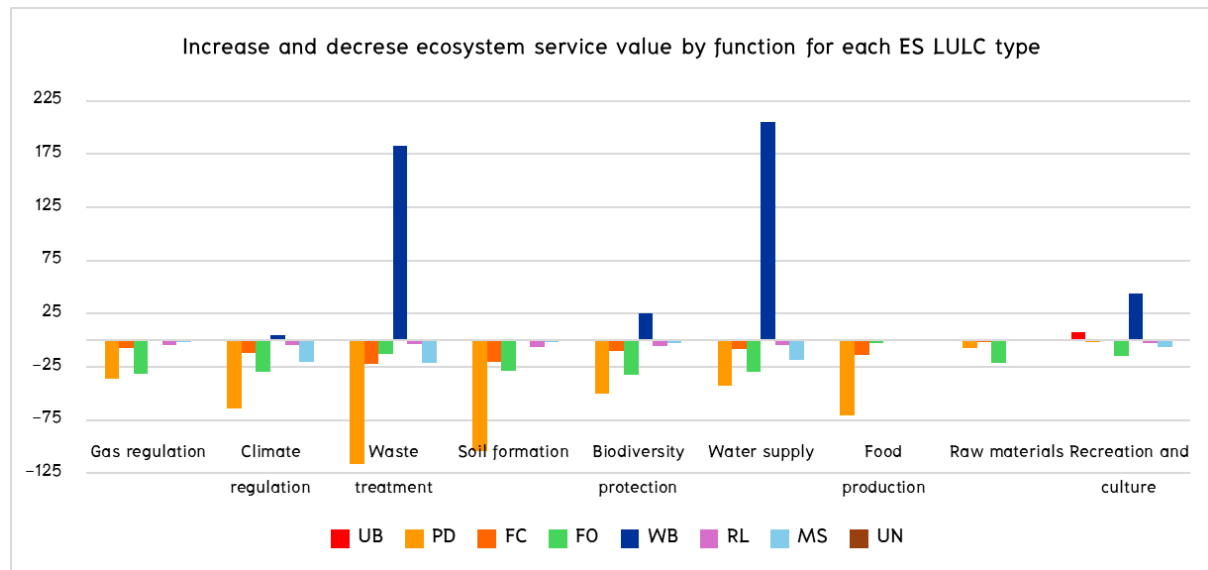


Figure 7 Change of ecosystem service value by each function of ES LULC type.

As a result, the decrease in paddy fields (PD) due to conversion to other ES LULC types between 2023 and 2039, approximately 139 sq. km, reduces ecosystem values for the regulation, supporting, provisioning, and cultural service categories by about 271, 154, 121, and 1 million Baht, respectively. In the meantime, the decrease in paddy fields (PD) during the same period reduces ecosystem values for all ecosystem service functions. See details in Table 16 and Figure 7.

Similar to paddy fields, the decrease in forest land (FL) due to conversion to other ES LULC types between 2023 and 2039, approximately 31 sq. km, reduces ecosystem values for the regulation, supporting, provisioning, and cultural service categories by about 74, 62, 54, and 15 million Baht, respectively. Meanwhile, the decrease in forest land (FL) during the same period reduces ecosystem values for all ecosystem service functions. See details in Table 16 and Figure 7.

In contrast, the increase in water bodies (WB) by conversion from other ES LULC types between 2023 and 2039, approximately 20 sq. km, enhances ecosystem values for the regulation, supporting, provisioning, and cultural service categories, at approximately 188, 25, 206, and 44 million Baht, respectively. In the meantime, the increasing water body (WB) in the same period increases ecosystem values for all ecosystem service functions. See details in Table 16 and Figure 7. Meanwhile, the increasing urban and built-up area (UB) by conversion from other ES LULC types between 2023 and 2039, approximately 183 sq. km, increases ecosystem values for the cultural service category and its function by about 7 million Baht. See details in Table 16 and Figure 7.

These findings confirm the impact of LULC change on ecosystem services in each category and function in the Lam Takhong watershed, especially the conversion of paddy fields and forest land into other LULC types in the future. The results suggest that implementing a proper land use plan and measures to prevent illegal forest encroachment for urban construction is necessary to minimize the decline of ecosystem services in the watershed.

8. Change of ecosystem service value between 2023 and 2039

The results of the change in ecosystem service value between 2023 (base year) and 2039, as calculated using ESCI, are reported in Table 17. As a result, the total ecosystem service value in the watershed is expected to decrease continuously from 2023 to 2039. In addition, the change in total ESV based on ESCI over 16 periods is slightly decreasing, with a marginally different value between consecutive periods.

The primary causes of declining ecosystem value are the loss of paddy fields (PD) and forest land (FL) in the watershed. The loss of paddy fields and forest land has a high impact on regulating, supporting, and provisioning services, amounting to 681.86 million Baht.

Table 17 Ecosystem services values change between 2023 and 2039.

Year	Total ESV (million Baht)	Ecosystem services values change		
		Year of change	By index	By percentages
2023	13,414.96	Y2023		
2024	13,385.71	Y2023–Y2024	–0.00218	–0.22
2025	13,358.91	Y2023–Y2025	–0.00418	–0.42
2026	13,325.18	Y2023–Y2026	–0.00669	–0.67
2027	13,292.38	Y2023–Y2027	–0.00914	–0.91
2028	13,258.17	Y2023–Y2028	–0.01169	–1.17
2029	13,224.96	Y2023–Y2029	–0.01416	–1.42
2030	13,190.78	Y2023–Y2030	–0.01671	–1.67
2031	13,157.85	Y2023–Y2031	–0.01917	–1.92
2032	13,123.52	Y2023–Y2032	–0.02172	–2.17
2033	13,089.57	Y2023–Y2033	–0.02426	–2.43
2034	13,056.19	Y2023–Y2034	–0.02674	–2.67
2035	13,022.46	Y2023–Y2035	–0.02926	–2.93
2036	12,988.76	Y2023–Y2036	–0.03177	–3.18
2037	12,955.93	Y2023–Y2037	–0.03422	–3.42
2038	12,922.46	Y2023–Y2038	–0.03671	–3.67
2039	12,886.98	Y2023–Y2039	–0.03936	–3.94

Conclusion and Discussion

The study on the impacts of land use and land cover change on ecosystem service values in the Lam Takhong Watershed, Thailand, was successfully conducted through the integration of geospatial models and methods. Based on binary logistics regression analysis, the most significant driving factors on land use and land cover change were elevation, annual rainfall, and irrigation area. Meanwhile, the significant driving factors on rice, corn, sugarcane, and cassava were elevation, slope, annual rainfall, and irrigation. The validation of the local parameters for land use and land cover prediction using the CLUE–S model yielded an acceptable outcome, as the accuracy of the predicted land use and land cover in 2023 exceeded the threshold value, with overall accuracy and Kappa coefficient values of more than 80%. The predicted land use and land cover data between 2024 and 2039 indicated an increase in urban and built–up areas, sugarcane, perennial trees and orchards, other agricultural areas, water bodies, and unused land. Conversely, there were decreases in paddy fields, corn, cassava, forest land, rangeland, and marsh and swamp. The land use and land cover prediction results obtained from the CLUE–S model were strongly aligned (i.e., either a decrease or an increase) with the annual rate of land requirement projections derived from the Markov chain model.

For the evaluation of ecosystem service value, the total ecosystem service value continuously decreased between 2023 and 2039. By considering ecosystem services by category, the regulating, supporting, and provisioning services are expected to decrease continuously between 2023 and 2039. However, cultural services are expected to continue increasing during the same period. The most important ecosystem service category in the watershed is the regulating service, which plays a crucial role in ecosystem function through gas regulation, climate regulation, and waste treatment. Meanwhile, considering ecosystem service by function, gas regulation, climate regulation, soil formation, biodiversity protection, food production, and raw material functions are expected to decrease marginally from 2023 to 2039. However, waste treatment, water supply, and recreation and culture

functions are expected to increase slightly in the future. The most crucial ecosystem service function in the watershed is waste treatment.

In conclusion, land use and land cover changes impact ecosystem service value in each category and function in the Lam Takhong watershed, especially the conversion of paddy fields and forest land into other LULC types in the future. We recommend that the Government establish specific policies or interventions to prevent land use and land cover change in the Lam Takhong watershed. The Land Development Department should implement land-use planning to ensure proper land utilization and management. Meanwhile, the Royal Forest Department and the Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation should be preventing illegal forest encroachment in the watershed. Additionally, the disturbed national reserve forest areas should be reforested to increase forest land by the Royal Forest Department.

References

- Allan, A., Soltani, A., Abdi, M. H., and Zarei, M. (2022). Driving forces behind land use and land cover change: A systematic and bibliometric review. *Land*, 11(8), 1222. Form <https://doi.org/10.3390/land11081222>.
- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., and Witmer, R. E. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. Professional paper 964. U.S. Geological Survey. Form <https://doi.org/10.3133/pp964>.
- Apan, A., Raine, S. R. and Paterson, M. S. (2000). Image analysis techniques for assessing landscape structural change: A case study of the Lockyer Valley catchment, Queensland. In *Proceedings of the 10th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference 2000* (pp. 438–455). Canberra: CSIRO Land and Water.
- Costanza, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., V., R., Paruelo, J., Raskin, R. G., & Sutton, P. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. Form <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
- Fitzpatrick-Lins, K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(3), 343–351.
- Hosmer, D., Lemeshow, S., and Sturdivant, R. (2013). *Applied Logistic Regression* (3rd edition). John Wiley & Sons.
- Jensen, J. R. (2015). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective* (4th edition). Pearson Education: Inc.
- Karki, J., Kumar, P., Baniya, B., and Robert, S. (2022). Estimation of land use based ecosystem service values and its response to climate change in Nepal. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 10, 730–737. Form <https://doi.org/10.12691/aees-10-11-1>.
- Karki, S., Thandar, A. M., Uddin, K., Tun, S., Aye, W. M., Aryal, K., Chettri, N. (2018). Impact of land use land cover change on ecosystem services: a comparative analysis on observed data and people's perception in Inle Lake, Myanmar. *Environmental Systems Research*, 7(1), 25. Form <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0128-7>.

- Kindu, M., Schneider, T., Teketay, D., and Knoke, T. (2016). Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa–Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Science of The Total Environment*, *547*, 137–147. Form <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.127>.
- Kulsoontornrat, J., and Ongsomwang, S. (2021). Suitable land–use and land–cover allocation scenarios to minimize sediment and nutrient loads into Kwan Phayao, Upper Ing Watershed, Thailand. *Applied Sciences*, *11*(21), 10430. Form <https://doi.org/10.3390/app112110430>.
- Leh, M. D. K., Matlock, M. D., Cummings, E. C., and Nalley, L. L. (2013). Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *165*, 6–18. Form <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.12.001>.
- Liang, X., Liu, X., Chen, G., Leng, J., Wen, Y., and Chen, G. (2020). Coupling fuzzy clustering and cellular automata based on local maxima of development potential to model urban emergence and expansion in economic development zones. *International Journal of Geographical Information Science*, *34*(10), 1930–1952. Form <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1725016>
- Liu, G., Jin, Q., Li, J., Li, L., He, C., Huang, Y., and Yao, Y. (2017). Policy factors impact analysis based on remote sensing data and the CLUE–S model in the Lijiang River Basin, China. *Catena*. *158*, 286–297. Form <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.003>.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Mamat, A., Halik, Ü., and Rouzi, A. (2018). Variations of ecosystem service value in response to land–use change in the Kashgar Region, Northwest China. *Sustainability*, *10*(1), 200. Form <https://doi.org/10.3390/su10010200>.
- Mamat, A., Saydi, M., Wang, J., Pang, Z., Long, X., Zhang, X., Halmurat, G., and Yisimayili, A. (2024). Evolution and driving forces of ecological service value in response to land use change in Tarim Basin, Northwest China. *Remote Sensing*, *16*(13), 2311. Form <https://doi.org/10.3390/rs16132311>.
- Mansoor, D. K. L., Marty, D. M., Eric, C. C., and Lanier, L. N. (2013). Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *165*, 6–18. Form <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.12.001>.
- Meyer, W. B., and Turner, B. L. (1996). Land–use/land–cover change: challenges for geographers. *GeoJournal*, *39*(3), 237–240. Form <https://doi.org/10.1007/BF00188373>.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and human well–being: Synthesis*. Island Press.
- Munthali, M. G., Mustak, S., Adeola, A., Botai, J., Singh, S. K., and Davis, N. (2020). Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *17*, 100276. Form <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100276>.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K. M., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H., & Shaw, M. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(1), 4–11. Form <https://doi.org/10.1890/080023>.

- O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, 41(5), 673–690. Form <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>.
- Ongsomwang, S., and Boonchoo, K. (2016). Integration of geospatial models for the allocation of deforestation hotspots and forest protection units. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 23(3), 283–307.
- Ongsomwang, S., and lamchuen, N. (2015). Integration of geospatial models for optimum land use allocation in three different scenarios. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 22(4), 377–396.
- Ongsomwang, S., Pattanakiat, S., and Srisuwan, A. (2019). Impact of land use and land cover change on ecosystem service values: A case study of Khon Kaen City, Thailand: *Environment and Natural Resources Journal*, 17(4), 43–58. Form <https://doi.org/10.32526/enrj.17.4.2019.30>.
- Phinyoyang, A. (2021). *Optimized land use and land cover allocation for flood mitigation with goal programming, Mueang Chaiyaphum district, Chaiyaphum province, Thailand*. (Doctoral dissertation), Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. (in Thai)
- Phinyoyang, A., and Ongsomwang, S. (2021). Optimizing land use and land cover allocation for flood mitigation using land use change and hydrological models with goal programming, Chaiyaphum, Thailand. *Land*, 10(12), 1317. Form <https://doi.org/10.3390/land10121317>. (in Thai)
- Pontius, Jr., R. G., and Schneider, M. (2001). Location bias in land use modeling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1–3), 163–177. Form [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00231-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00231-1).
- Puangkaew, N., and Ongsomwang, S. (2021). Remote sensing and geospatial models to simulate land use and land cover and estimate water supply and demand for water balancing in Phuket Island, Thailand. *Applied Science*, 11, 10553. Form <https://doi.org/10.3390/app112210553>.
- Rogerson, P. (2006). *Statistical methods for geography*. SAGE Publications.
- Rosenfield, G.H. and Fitzpatrick-Lins, K. (1986). A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(2), 223–227.
- Roy, P.S. and Roy, A. (2010). Land use and land cover change in India: A remote sensing & GIS perspective. *Journal of the Indian Institute of Science*, 90(4), 489–502.
- Ruamkaew, S. (2011). *Assessment and prediction of agricultural and forest landscape sustainability in Lam Takhong watershed, Nakhon Ratchasima province, Thailand*. (Doctoral dissertation), Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. (in Thai)
- Shrestha, P. P., and Shrestha, K. J. (2017). Factors associated with crash severities in built-up areas along rural highways of Nevada: A case study of 11 towns. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 4(1), 96–102. Form <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.11.001>.
- Shuangao, W., Padmanaban, R., Mbanze, A. A., Silva, J. M. N., Shamsudeen, M., Cabral, P., and Campos, F. S. (2021). Using Satellite Image Fusion to Evaluate the Impact of Land Use Changes on Ecosystem Services and Their Economic Values. *Remote Sensing*, 13(5), 851. Form <https://doi.org/10.3390/rs13050851>.

- Srichaichana, J., Trisurat, Y., and Ongsomwang, S. (2019). Land use and land cover scenarios for optimum water yield and sediment retention ecosystem services in Klong U–Tapao Watershed, Songkhla, Thailand. *Sustainability*, *11*(10), 2895. Form <https://doi.org/10.3390/su11102895>.
- Su, S., Xiao, R., Jiang, Z., and Zhang, Y. (2012). Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco–regional scale. *Applied Geography*, *34*(1), 295–305. Form <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.12.001>.
- Sun, X., Zhang, Y., Shen, Y., Randhir, T. O., and Cao, M. (2019). Exploring ecosystem services and scenario simulation in the headwaters of the Qiantang River watershed of China. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*, 34905–34923. Form <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06483-2>.
- Takada, T., Miyamoto, A., and Hasegawa, S. (2010). Derivation of a yearly transition probability matrix for land–use dynamics and its applications. *Landscape Ecology*, *25*(4), 561–572. Form <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9433-x>.
- Tolessa, T., Senbeta, F., and Kidane, M. (2017). The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. *Ecosystem Services*, *23*, 47–54. Form <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.010>.
- Veldkamp, A., and Lambin, E. F. (2001). Predicting land–use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *85*(1), 1–6. Form [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00199-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00199-2).
- Verburg, P. H. (2010). The CLUE model Hands–on exercises. Amsterdam: Institute for Environmental Studies, University Amsterdam.
- Zare, M., Nazari Samani, A. A., Mohammady, M., Salmani, H., and Bazrafshan, J. (2017). Investigating effects of land use change scenarios on soil erosion using CLUE–s and RUSLE models. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *14*(9), 1905–1918. Form <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1288-0>.
- Zhou, R., Zhang, H., Ye, X. Y., Wang, X. J., and Su, H. L. (2016). The delimitation of urban growth boundaries using the CLUE–S land–use change model: study on Xinzhuang Town, Changshu City, China. *Sustainability*, *8*(11), 1182. Form <https://doi.org/10.3390/su8111182>.

พลวัตการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสนระหว่างปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2557

เพชฌุโชค จินตเศรณี¹ และ จิระเดช มาจันแดง^{2*}

Sediment Grain–Size Distribution Dynamics at Bangsaen Beach Between 2005 and 2014

Pachoenchoke Jintasaeranee¹ and Jiradech Majandang^{2*}

¹ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, 20131

² Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44150

* Corresponding author: jiradech.m@msu.ac.th

Received: 20 May 2025; Revised: 19 July 2025; Accepted: 13 August 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาพลวัตการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสน ในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 เปรียบเทียบกับในรอบปี พ.ศ. 2557 พบขนาดตะกอนบริเวณชายฝั่งเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยตามฤดูกาลในรอบปี ในปี พ.ศ. 2548–2549 พบทรายละเอียดมีปริมาณมากกว่าตะกอนขนาดอื่นอย่างมาก ในขณะที่พบทรายหยาบมากปริมาณมากปนด้วยทรายหยาบและพบทรายละเอียดและทรายขนาดกลางปริมาณน้อยในปี พ.ศ. 2557 พื้นที่ด้านนอกชายฝั่งพบทรายละเอียดปริมาณมากกว่าตะกอนขนาดอื่นอย่างมากและมากกว่าชายฝั่งในทุกฤดูเช่นเดียวกันทั้งสองรอบปี การเปลี่ยนแปลงขนาดและการกระจายตะกอนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 9 ปี อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของขนาดคลื่นและทิศทางกระแสน้ำตามฤดูกาล การถดถอยเชิงเส้นระหว่างการตัดขนาดตะกอนและค่ากลางขนาดตะกอนมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดลึนใจเพิ่มมากขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ศึกษาที่อาจบ่งชี้ว่าเชื่อมกันคลื่นบริเวณด้านทิศใต้ของชายหาดส่งผลทำให้ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำไหลเลียบฝั่งและกระแสน้ำตามฤดูกาลเกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนที่มีขนาดแตกต่างกันผ่านไป-มาระหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว จึงทำให้พบตะกอนหลายขนาดคละกันดี โดยเฉพาะชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสนพบตะกอนคละขนาดและเรียงลำดับขนาดตะกอนพอประมาณ ผลการศึกษาบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงการกระจายขนาดตะกอนบริเวณชายหาดบางแสนในช่วงเวลาหนึ่ง ควรต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะสัณฐานของชายหาดตามหลักวิชาการในระยะยาวเพื่อให้ชายหาดบางแสนยังคงสมดุลตามธรรมชาติและเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคตะวันออก

คำสำคัญ: ชายหาดบางแสน, การกระจายตะกอน, ขนาดอนุภาคตะกอน

¹ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

² ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

Abstract

A study of the sediment size distribution dynamics at Bangsaen Beach during 2005–2006 compared to 2014 revealed significant seasonal variations in coastal sediment size. In 2005–2006, Fine sand was significantly more abundant than other sediment sizes, while Very Coarse sand was abundant, interspersed with Coarse sand, and Fine and Medium sand were less abundant in 2014. Offshore Fine sand was significantly more abundant than other sediment sizes and more abundant than the shoreline in all seasons. The changes in sediment size and distribution over the nine-year period may be due to seasonal influences of wave size and current direction. The linear regression between values of sediment sorting and median size of sediment had a higher coefficient of determination during the study period, suggesting that the breakwater on the southern side of the beach affected the direction and speed of long-shore currents and seasonal currents and directly affected the movement of different sizes of sediments back and forth between the rainy and winter seasons, resulting in a sorting of different sizes of sediment. In particular, the central coast near Bangsaen Circle found sediments of moderately sorted sediments. Although this study indicates changes in sediment grain-size distribution at Bangsaen Beach over one time period, however, long-term and sustainable studies of sediment distribution, slope changes, and beach morphology are still needed to ensure that Bangsaen Beach remains equilibrium naturally and remains an important tourist attraction in the eastern region.

Keywords: Bangsaen beach, Sediment distribution, Sediment grain-sizes

Introduction

การเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง และลมที่กระทำในอ่าวไทยตอนบนส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของมวลน้ำในอ่าวไทยตอนใน จากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ระหว่างฤดูกลางทั้งสองมีช่วงเปลี่ยนฤดูลมมรสุมในฤดูร้อนในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ผลักดันให้มวลน้ำไหลเข้า-ออกอ่าวไทยตอนใน (Sojisuporn et al., 1976) โดยสามารถคาดการณ์การไหลเวียนได้จากผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแสดงการไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบนเนื่องจากลม (Chaiongkam & Sojisuporn, 2012)

การเปลี่ยนแปลงความลาดชันของชายหาดส่วนมากถูกควบคุมโดยสภาพอากาศ ความแปรปรวนของระดับน้ำ กระแสน้ำใกล้ชายฝั่ง ลักษณะของตะกอน และการกระจายตัวของตะกอนตลอดแนวชายฝั่ง (Nidoroda et al., 1995; Stive & de Vriend, 1994; Pedrozo-Acuña et al., 2006) ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคตะกอนและความสมดุลของการเคลื่อนย้ายมวลตะกอนจากชายฝั่งและ/หรือการขนส่งตะกอนในแนวขนานชายฝั่ง (Garrison, 1993; Ingmanson & Wallace, 1995; Plummer et al., 2001) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลวัตทางสัณฐานวิทยาของชายหาดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาและขนาดพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงความลาดชันของหาดทรายในแง่ของรูปร่างและแนวความลาดเทขึ้นอยู่กับแรงอุทกพลศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างหาดที่มีอนุภาคตะกอนขนาดเล็กกับหาดที่มีทรายเม็ดหยาบและ/หรือหาดทรายผสมกรวด (Larson & Kraus, 1995; Pontee et al., 2004; Karunarathna et al., 2012)

ชายหาดบางแสนตั้งอยู่ทางชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนบน พื้นที่ชายฝั่งด้านทิศเหนือติดกับหาดแหลมแท่นและด้านทิศใต้ติดกับหาดวอนนภา ชายหาดได้รับตะกอนขนาดเล็กมีขนาดอนุภาคทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) จากแม่น้ำบางปะกงและเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง (Long-shore transport) รวมทั้งจากการชะล้างหน้าดิน ทำให้ตะกอนชายฝั่งมักเป็นอนุภาคทราย บางบริเวณที่มีเปลือกและโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตจะพบตะกอนจากสิ่งมีชีวิตที่ผู้กร่อนจนมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีตะกอนอินทรีย์จากขบวนการเคมีชีวภาพในน้ำทะเล (Department of Mineral Resources, 2012; Sojisupom et al., 1976) ส่งผลให้พื้นของชายหาดมีลักษณะเป็นทรายและทรายเนื้อละเอียด ประมาณปี พ.ศ. 2547 มีการสร้างเขื่อนกันคลื่นและวางก้อนหินขนาดใหญ่ตลอดแนวหาดถัดจากวงเวียนบางแสนจนถึงหาดวอนนภาเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมของชายหาดไว้ สิ่งก่อสร้างอาจส่งผลให้ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำไหลเลียบฝั่ง (Long-shore current) และกระแสน้ำตามฤดูกาล (Seasonal currents) เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนย้ายตะกอน การตกตะกอน และการกระจายอนุภาคตะกอนขนาดแตกต่างกัน และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความลาดชัน (Poate et al., 2013) และการเปลี่ยนแปลงพลวัตทางสัณฐานวิทยา (Morphodynamics) ของชายหาด โดยมีการศึกษาการกระจายตะกอนชายหาดบางแสนตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 เพื่อศึกษาชายหาดบางแสนในสภาพใกล้เคียงกับธรรมชาติหลังการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่น และมีการตรวจสอบติดตามคุณภาพของหาดบางแสนอีกครั้งในรอบปี พ.ศ. 2557 อย่างไรก็ตามเขื่อนกันคลื่นนี้ยังอาจส่งผลกระทบระยะยาวต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทั้งทางกายภาพและเศรษฐกิจของประชาชนในท้องถิ่น โดยเฉพาะปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ถึงแม้หน่วยงานท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องได้มีการแก้ไขปัญหการกัดเซาะชายหาดบางแสนโดยการเสริมทรายชายหาด (Beach Nourishment) แล้วก็ตาม แต่เพื่อให้เป็นการแก้ไขปัญหาตามหลักวิชาการในระยะยาวอย่างยั่งยืนและประหยัดงบประมาณ จึงควรมีการศึกษาติดตามตรวจสอบสภาพแวดล้อมของชายหาดอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาสภาพธรรมชาติของชายหาดบางแสนซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคตะวันออกที่ได้รับความนิยมต่อไป

Objectives

เพื่อศึกษาการกระจายขนาดตะกอนเชิงพื้นที่บริเวณชายหาดบางแสนตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 และ พ.ศ. 2557

Methodology

กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างตะกอนพื้นที่ชายหาดบางแสน ในปี พ.ศ. 2548–2549 จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานี A, B, C, D และ E และปี พ.ศ. 2557 จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานี N, M และ L ในแต่ละสถานีกำหนดจุดเก็บตัวอย่างตะกอนในแนวตั้งฉากกับแนวชายฝั่งครอบคลุมพื้นที่เขตน้ขึ้น-น้ำลง (Inter Tidal Zone) โดยแบ่งย่อยเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ (1) เขตน้ำขึ้นสูง (High Tide) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างตะกอนที่แนวชายฝั่ง ระยะ 0 เมตร พื้นที่ฝั่งด้านทิศเหนือ (A0 และ N0) ชายฝั่งตอนกลาง (B0, C0, D0 และ M0) และชายฝั่งด้านทิศใต้ (E0 และ L0) (2) เขตระหว่างน้ำขึ้นสูง-น้ำลงต่ำ (Middle Tide) ระยะ 20–40 เมตร จากแนวชายฝั่ง พื้นที่ใกล้ฝั่งด้านทิศเหนือ (A20, A40 และ N20, N40) ใกล้ฝั่งตอนกลาง (B20, C20, D20, B40, C40, D40 และ M20, M40) และใกล้ฝั่งด้านทิศใต้ (E20, E40 และ L20, L40) และ (3) เขตน้ำลงต่ำ (Low Tide) ระยะ 75–95 เมตร และระยะ 60 เมตร จากแนวชายฝั่ง พื้นที่ห่างฝั่งด้านทิศเหนือ (A75, A95 และ N60) ห่างฝั่งตอนกลาง (B75, C75, D75, B95, C95, D95 และ M60) และพื้นที่ห่างฝั่งด้านทิศใต้ (E75, E95 และ L60) (Figure 1)

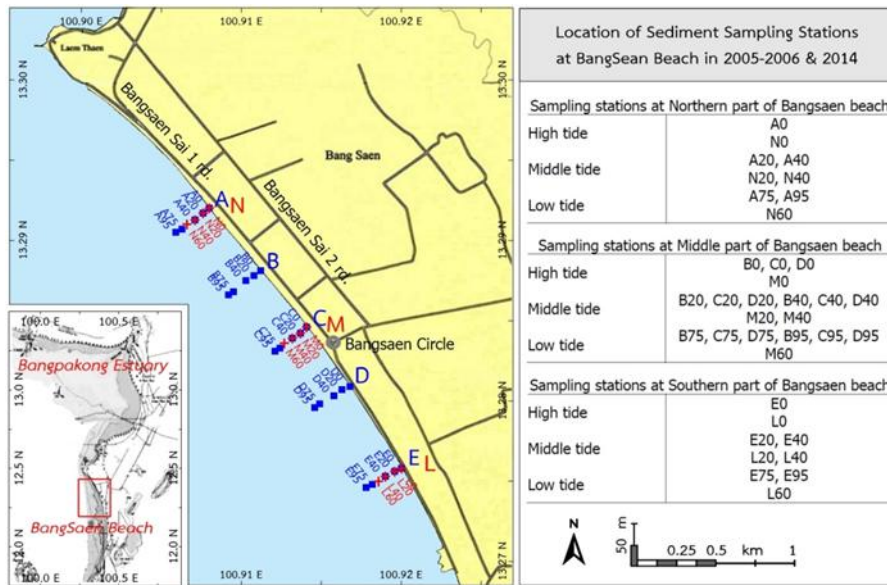


Figure 1 Sampling station and position of sediment sampling at Bangsaen Beach during 2005–2006 (■) and 2014 (+)

ดำเนินการเก็บตัวอย่างตะกอนจากทุกจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดในวันเดียวกันในช่วงเวลาน้ำลงเต็มที่ขดต่ำ (Lower Low Water) ตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 รวมทั้งสิ้น 12 ครั้ง ในฤดูร้อน (กุมภาพันธ์–เมษายน 2549) ฤดูฝน (กรกฎาคม–ตุลาคม 2548 และพฤษภาคม–มิถุนายน 2549) และฤดูหนาว (พฤศจิกายน–ธันวาคม 2548 และ มกราคม 2549) และเก็บตัวอย่างตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2557 ตามแผนการตรวจติดตามคุณภาพของหาดบางแสน ของเทศบาลแสนสุข ทุก 2 เดือน รวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง ในฤดูร้อน (มีนาคม) ฤดูฝน (พฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน) และฤดูหนาว (มกราคมและพฤศจิกายน)

ใช้ท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่าง ตะกอนลึกจากผิวหน้าประมาณ 10 เซนติเมตร จากจุดเก็บตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกปิดผนึก และเก็บตัวอย่างตะกอน จุดละ 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ขนาดตะกอน (Grain-size analysis) (Pitty, 1971; Briggs, 1977) ทำโดยชั่งน้ำหนักเปียกของ ตะกอนในหน่วยกรัม แล้วนำตะกอนเปียกที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปอบในเตาอบ (oven) ที่อุณหภูมิ 103–105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตะกอนที่ผ่านการอบแล้วมาใส่ไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตะกอนออกจากโถดูดความชื้นมา ชั่งน้ำหนักแห้งในหน่วยกรัม และนำตะกอนแห้งที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปร่อนผ่านตะแกรงร่อน (Dry sieve) เป็นเวลา 15 นาที ด้วยเครื่อง Sieve Shaker ตราสินค้า Retsch รุ่น AS200 ประเทศเยอรมัน ตะแกรงร่อนประกอบด้วย 6 ชั้น แต่ละชั้นมี ขนาดรูกรอง (mesh sizes) 1 มิลลิเมตร (millimeter, mm) เพื่อใช้แยกทรายหยาบมาก (Very Coarse Sand) ขนาดรูกรอง 500 ไมโครเมตร (micrometer, μm) แยกทรายหยาบ (Coarse Sand) ขนาดรูกรอง 250 μm แยกทรายขนาดกลาง (Medium Sand) ขนาดรูกรอง 125 μm แยกทรายละเอียด (Fine Sand) และขนาดรูกรอง 63 μm แยกทรายละเอียดมาก (Very Fine Sand) ส่วนตะกอนที่ผ่านตะแกรงร่อนอยู่ในภาชนะรองรับมีขนาดตะกอนทรายแป้งและดินเหนียว (Silt & Clay) ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักตะกอนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนแต่ละชั้นด้วยเครื่องชั่ง ตราสินค้า METLER TOLEDO รุ่น AG285 ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์ บันทึกค่าน้ำหนักตะกอนแห้งที่ค้างบนตะแกรงร่อนแต่ละขนาด คำนวณค่าร้อยละตะกอนที่ค้างบน ตะแกรงร่อนแต่ละขนาด (The Individual Percentage Retained on any sieve, IPR)

การวิเคราะห์ขนาดตะกอน (Udden, 1914; Wentworth, 1922) โดยทั่วไปมีการแปลผลตามค่าพิสัยของขนาดตะกอนที่มีช่วงชั้นแตกต่างกันมาก ได้แก่ **ทราย (Sand)** มีขนาดระหว่าง 2 mm ถึง 63 μm จำแนกย่อยเป็นทรายหยาบมาก (Very coarse sand) ขนาดระหว่าง 2–1 mm ทรายหยาบ (Coarse sand) ขนาด 1 mm–500 μm ทรายขนาดกลาง (Medium sand) ขนาด 500–250 μm ทรายละเอียด (Fine sand) ขนาด 250–125 μm และทรายละเอียดมาก (Very fine sand) ขนาด 125–63 μm , **ทรายแป้ง (Silt)** มีขนาดระหว่าง 63–4 μm จำแนกย่อยเป็นทรายแป้งหยาบมาก (Very coarse silt) ขนาดระหว่าง 63–31 μm ทรายแป้งหยาบ (Coarse silt) ขนาด 31–16 μm ทรายแป้งขนาดกลาง (Medium silt) ขนาด 16–8 μm และทรายแป้งละเอียด (Fine silt) ขนาด 8–4 μm และ**ดินเหนียว (Clay)** มีขนาดเล็กกว่า 4 μm ตามลำดับ และเพื่อให้ผลการวิเคราะห์เห็นความแตกต่างของขนาดตะกอนและแปลผลให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น Krumbein (1934) จึงเสนอให้ใช้วิธีการคำนวณขนาดตะกอนด้วยมาตราส่วนลอการิทึม (Logarithmic scale) หรือค่า ϕ แสดงดัง Equation 1

$$\phi = -\log_2 D \quad (\text{Equation 1})$$

D คือขนาดตะกอนในหน่วยมิลลิเมตร

การคำนวณตาม Equation 1 แปลผลตามค่าพิสัยของขนาดตะกอนที่มีช่วงชั้นไม่แตกต่างกัน ได้แก่ **ทราย (Sand)** มีค่า ϕ ระหว่าง -1–4 จำแนกย่อยเป็นทรายหยาบมาก (Very coarse sand, $-1 < \phi < 0$) ทรายหยาบ (Coarse sand, $0 < \phi < 1$) ทรายขนาดกลาง (Medium sand, $1 < \phi < 2$) ทรายละเอียด (Fine sand, $2 < \phi < 3$) และทรายละเอียดมาก (Very fine sand, $3 < \phi < 4$), **ทรายแป้ง (Silt)** มีค่า ϕ ระหว่าง 4–8 จำแนกย่อยเป็นทรายแป้งหยาบมาก (Very coarse silt, $4 < \phi < 5$) ทรายแป้งหยาบ (Coarse silt, $5 < \phi < 6$) ทรายแป้งขนาดกลาง (Medium silt, $6 < \phi < 7$) ทรายแป้งละเอียด (Fine silt, $7 < \phi < 8$) และ**ดินเหนียว (Clay)** มีค่า ϕ มากกว่า 8 ตามลำดับ (Krumbein, 1934; Folk & Ward, 1957; Blott & Pye, 2001)

นำผลการคำนวณตาม Equation 1 มาคำนวณคุณลักษณะของตะกอน ได้แก่ ค่ากลางขนาดตะกอน (Mean, M_z) แสดงดัง Equation 2 ผลการคำนวณค่ากลางขนาดตะกอน (Mean, M_z) แสดงขนาดเฉลี่ยของการกระจายทั้งหมดของตะกอน ถูกจัดกลุ่มเป็นทรายหยาบมาก (-1–0 ϕ) ทรายหยาบ (0–1 ϕ) ทรายขนาดกลาง (1–2 ϕ) ทรายละเอียด (2–3 ϕ) และทรายละเอียดมาก (3–4 ϕ) (Folk & Ward, 1957) การแสดงภาพการกระจายตะกอนเชิงพื้นที่ด้วยแผนที่รหัสสี (Color code map) เพื่อศึกษาการกระจายขนาดตะกอนบริเวณชายหาดบางแสนใช้วิธี Kriging Interpolation ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการประมาณค่าโดยการหาความสัมพันธ์ในช่วงเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) โดยการประมาณค่าจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างจากค่าน้ำหนักแสดงดัง Equation 3 (Somboon, 2018; Wimala et al., 2025)

$$\text{Mean } (M_z) = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad (\text{Equation 2})$$

ϕ_{16} , ϕ_{50} , ϕ_{84} คือขนาดตะกอนที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สะสมของช่วงชั้นที่ 16, 50, และ 84 ตามลำดับ

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n Z_i W_i \quad (\text{Equation 3})$$

Z_0 = ค่าประมาณที่ต้องการ (Desired estimated value)

Z_i = ค่าของจุด (Value at the point)

W_i = น้ำหนักที่มีความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่ต้องการประมาณค่ากับจุดที่ทราบค่าแล้ว

n = จำนวนจุดที่ทราบค่าที่จะใช้ในการประมาณค่า

และคำนวณคุณลักษณะอื่นของตะกอน ได้แก่ การคัดขนาดตะกอน (Sorting, σ_1) สัดส่วนขนาดตะกอน (Kurtosis, K_G) และระดับความสมมาตรหรือความเบ้ (Skewness, Sk_1) ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สะสมของแต่ละช่วงชั้นแสดงดัง Equation 4, 5 and 6 (Folk & Ward, 1957; Pitty, 1971; Blott & Pye, 2001; Switzer, 2013)

$$\text{Sorting } (\sigma_1) = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6} \quad (\text{Equation 4})$$

$$\text{Kurtosis } (K_G) = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44 (\phi_{75} - \phi_{25})} \quad (\text{Equation 5})$$

$$\text{Skewness } (Sk_1) = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2 (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2 (\phi_{95} - \phi_5)} \quad (\text{Equation 6})$$

$\phi_5, \phi_{16}, \phi_{25}, \phi_{50}, \phi_{75}, \phi_{84}, \phi_{95}$, คือขนาดตะกอนที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สะสมของช่วงชั้นที่ 5, 16, 25, 50, 75, 84 และ 95 ตามลำดับ

การคำนวณการคัดขนาดตะกอน (Sorting, σ_1) ตาม Equation 4 แสดงการมีหรือไม่มีของสัดส่วนตะกอนหยาบหรือตะกอนละเอียด และเป็นคุณสมบัติที่สะท้อนให้เห็นถึงสถานะพลังงานของการสะสม (Frank & Friedman, 1973) ตามการจำแนกประเภทตะกอนของ Folk & Ward (1957) ประกอบด้วย (1) ตะกอนคัดขนาดดีมาก (Very well sorted, $<0.35 \phi$) ตะกอนเกือบทั้งหมดมีขนาดเท่ากันและมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนน้อยที่สุด ตะกอนถูกเคลื่อนย้ายและสะสมภายใต้สถานะพลังงานต่ำ ทำให้มีการเรียงลำดับขนาดตะกอนที่ใกล้เคียงกัน (2) ตะกอนคัดขนาดดี (Well sorted, $0.35-0.5 \phi$) ตะกอนส่วนใหญ่มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน ช่วงขนาดตะกอนแคบหรือความสม่ำเสมอของขนาดตะกอนมักบ่งบอกว่าตะกอนเดินทางไกลจากแหล่งกำเนิด ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่ามีแนวโน้มที่จะแยกออกจากกันระหว่างการถูกเคลื่อนย้ายในสถานะพลังงานต่ำ (3) ตะกอนคัดขนาดปานกลาง (Moderately well sorted หรือ Moderately sorted, $0.5-1 \phi$) ตะกอนขนาดหนึ่งมีปริมาณมากกว่าขนาดอื่นอย่างมาก เนื่องจากตะกอนถูกพัดพาในสถานะพลังงานปานกลาง หรือตะกอนมีขนาดหลากหลาย ตะกอนขนาดหนึ่งมีปริมาณมากกว่าขนาดอื่น การกระจายขนาดตะกอนที่ผสมกันค่อนข้างสม่ำเสมอเกิดขึ้นในสถานะที่มีพลังงานสูง ส่งผลให้ตะกอนที่เหลือมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น (4) ตะกอนคัดขนาดไม่ดี (Poorly sorted, $1-2 \phi$) พบขนาดตะกอนตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กภายในชั้นเดียวกัน ตะกอนส่วนใหญ่ที่มีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกันมักตกตะกอนอย่างรวดเร็วกว่าตะกอนขนาดเล็ก แสดงถึงการสะสมตะกอนในสถานะที่มีพลังงานสูง และ (5) ตะกอนมีการคัดขนาดไม่ดีมาก (Very Poorly sorted, $2-4 \phi$) พบตะกอนมีขนาดหลากหลายและช่วงขนาดตะกอนกว้างภายในชั้นเดียว

การคำนวณสัดส่วนขนาดตะกอน (Kurtosis, K_G) ตาม Equation 5 เป็นตัวชี้วัดอัตราส่วนของการเรียงลำดับตะกอนในทางของเส้นโค้งสะสมของตะกอนและการเรียงลำดับในส่วนกลาง ถูกจัดกลุ่มเป็น (1) Very Platykurtic ($<0.67 \phi$) สัดส่วนอนุภาคตะกอนใกล้เคียงกัน ตะกอนขนาดเล็กปริมาณมากยังอยู่ปะปนกับตะกอนขนาดหยาบกว่า (2) Platykurtic ($0.67-0.9 \phi$) ตะกอนมีหลายขนาด เนื่องจากตะกอนขนาดเล็กถูกพัดพาให้ยังอยู่ปะปนกับตะกอนขนาดใหญ่กว่า (3) Mesokurtic ($0.9-1.11 \phi$) การเรียงลำดับขนาดตะกอนพอประมาณหรือปกติ (4) Leptokurtic ($1.11-1.5 \phi$) ระหว่างการสะสมตะกอน ตะกอนขนาดเล็กกว่าและตะกอนขนาดใหญ่กว่าถูกนำออก ส่งผลให้ตะกอนที่เหลือมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น (5) Very Leptokurtic ($1.5-3 \phi$) สัดส่วนอนุภาคตะกอนชนิดใดชนิดหนึ่งมีมากกว่าขนาดอื่น

อย่างชัดเจน และ (6) Extremely Leptokurtic ($>3 \sigma$) การกระจายขนาดตะกอนมีจุดสูงสุดที่สูงมากและหางค่อนข้างบาง ซึ่งหมายถึงตะกอนมีความเข้มข้นสูงรอบตะกอนขนาดใหญ่มากหรือขนาดเล็กมาก

การคำนวณระดับความสมมาตรหรือความเบ้ (Skewness, Sk_1) ตาม Equation 6 เป็นการวัดความสมมาตรของการกระจายขนาดตะกอนหรือความไม่สมดุลของการกระจายขนาดตะกอน เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ เนื่องจากมีความไวต่อการผสมของตะกอนย่อย ถูกจัดกลุ่มเป็น (1) Very fine skewed (0.3–1.0 σ) หางกราฟเบ้ซ้ายมากแสดงถึงการกระจายตะกอนละเอียดมากกว่าตะกอนหยาบอย่างเห็นได้ชัดเจน การกระจายขนาดตะกอนเบ้ไปทางตะกอนละเอียดอย่างมีนัยสำคัญด้วยค่าความเบ้เชิงบวก บ่งชี้ว่าส่วนใหญ่เป็นตะกอนขนาดเล็กที่ทับถมในที่มีพลังงานต่ำ (2) Fine skewed (0.1–0.3 σ) หางกราฟเบ้ซ้ายแสดงถึงการกระจายของตะกอนละเอียดกว่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับตะกอนหยาบ การกระจายขนาดตะกอนไม่สมดุลโดยมีสัดส่วนของอนุภาคที่เล็กกว่า เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอนุภาคหยาบกว่า บ่งบอกถึงแนวโน้มไปทางตะกอนขนาดเล็ก (3) Symmetrical (0.1 ถึง -0.1σ) การกระจายตะกอนขนาดเท่า ๆ กัน แสดงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระลอกตะกอนสมมาตร (symmetrical ripples) หรือการกระจายขนาดตะกอนในภาพรวมเมื่อตัดตะกอน (4) Coarse skewed (-0.1 ถึง -0.3σ) การกระจายขนาดตะกอนหยาบที่มีปริมาณสูงกว่าอย่างไม่เป็นสัดส่วนเมื่อเทียบกับอนุภาคที่ละเอียดกว่า ตะกอนที่สะสมมีตะกอนหยาบปริมาณมากเมื่อเทียบกับตะกอนละเอียด บ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมที่พลังงานสูงซึ่งตะกอนหยาบถูกเคลื่อนย้ายและตกตะกอน และ (5) Very coarse skewed (-0.3 ถึง -1.0σ) หางกราฟเบ้ขวามาก แสดงถึงการกระจายขนาดตะกอนมีนัยไปสู่อุณหภูมิที่หยาบกว่า ตะกอนหยาบมากมีสัดส่วนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตะกอนละเอียดกว่า

Results

การวิเคราะห์ขนาดตะกอนเชิงพื้นที่ตามระยะห่างจากชายฝั่งของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ตามฤดูกาลในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 และรอบปี พ.ศ. 2557 รวมทั้งสิ้น 111 ตัวอย่าง พบตะกอนชายหาดบางแสนตามฤดูกาลในรอบปีหลายขนาด ตั้งแต่ทรายหยาบมากคิดเป็น 6% ทรายขนาดกลาง 19% ทรายละเอียด 74% และทรายละเอียดมาก 1% ของพื้นที่ และพบการคัดขนาดตะกอน ($Sk_1 > 0.3$ Very Fine Skewness) บ่งบอกว่าพื้นที่ชายหาดบางแสนมีการกระจายตะกอนละเอียดมากกว่าตะกอนหยาบอย่างชัดเจน

ผลการคำนวณค่ากลางขนาดตะกอน (Mean, M_z) มีขนาดเฉลี่ยในช่วงทรายละเอียด (2–3 σ) เมื่อพิจารณาค่าสถิติของข้อมูลค่ากลางขนาดตะกอนพบค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 ดังนี้ (ฤดูร้อน 2.31 ± 0.05 ฤดูฝน 2.21 ± 0.59 และฤดูหนาว 2.39 ± 0.37) และในรอบปี พ.ศ. 2557 พบค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ฤดูร้อน 2.05 ± 0.82 ฤดูฝน 2.08 ± 0.92 และฤดูหนาว 1.98 ± 0.77) และยังพบความแปรปรวนของข้อมูล (Variance) ในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 (ฤดูร้อน 0.37 ฤดูฝน 0.80 และฤดูหนาว 0.87) เมื่อเปรียบเทียบกับในรอบปี พ.ศ. 2557 ที่พบความแปรปรวนของข้อมูลมีค่าดังนี้ (ฤดูร้อน 1.02 ฤดูฝน 1.84 และฤดูหนาว 1.09) แสดงให้เห็นว่าในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 ตะกอนส่วนใหญ่ที่มีขนาดใกล้เคียงกันและมีการกระจายขนาดรอบค่าเฉลี่ยน้อยหรือข้อมูลถูกจัดกลุ่มอย่างแน่นหนารอบค่าเฉลี่ย จึงมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อยกว่าในรอบปี พ.ศ. 2557 ที่แสดงว่าตะกอนมีขนาดแตกต่างกันมากกว่าและมีการกระจายขนาดรอบค่าเฉลี่ยมากกว่าหรือข้อมูลถูกจัดกลุ่มไม่แน่นหนารอบค่าเฉลี่ย จึงทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงกว่า

การกระจายตะกอนเชิงพื้นที่บริเวณชายหาดบางแสน (Figure 2) และคุณลักษณะของตะกอนแสดงการคัดขนาด (σ) และความโค้ง (K_0) (Table 1 and 2) แสดงพลวัตการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสนในช่วงเวลา 9 ปี โดยในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 (Figure 2a–c) พื้นที่ชายฝั่งในทุกฤดู พบทรายละเอียดมากกว่าตะกอนชนิดอื่นใน

ปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ปนด้วยทรายขนาดกลางที่พบปริมาณลดลงจากทิศเหนือไปทางทิศใต้ ชายฝั่งด้านทิศเหนือพบทรายหยาบมากในปริมาณน้อย ในขณะที่ชายฝั่งตอนกลางและชายฝั่งด้านทิศใต้พบทรายหยาบ ปริมาณมากขึ้นและยังพบตะกอนโคลนขนาดมากขึ้น โดยเฉพาะชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสนที่พบตะกอนตั้งแต่ ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กภายในชั้นเดียวกันที่มีการเรียงลำดับขนาดตะกอนพอประมาณ ตะกอนขนาดเล็กกว่าและ ใหญ่กว่ามีแนวโน้มที่จะแยกออกระหว่างการถูกเคลื่อนย้ายในสภาวะพลังงานปานกลาง (Poorly sorted, Mesokurtic) **พื้นที่ใกล้ฝั่ง**ในทุกฤดูยังคงพบทรายละเอียดมากกว่าตะกอนขนาดอื่นและยังพบมีปริมาณมากกว่าที่ชายฝั่ง อีกทั้งพบ ทรายละเอียดมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ ปนด้วยทรายขนาดกลางที่พบปริมาณมากที่สุดทางด้าน ทิศเหนือและปริมาณลดลงไปทางทิศใต้ ในฤดูร้อนตะกอนคัดขนาดปานกลาง ตะกอนขนาดหนึ่งที่มีปริมาณมากกว่า ขนาดอื่นอย่างมาก ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่าถูกนำออกในสภาพแวดล้อมที่มีพลังงานสูงในระหว่าง การตกตะกอน ตะกอนที่เหลือจึงมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้นและมีการกระจายขนาดตะกอนที่ผสมกันค่อนข้างสม่ำเสมอ (Moderately well sorted, Leptokurtic) และตะกอนคัดขนาดปานกลาง ตะกอนขนาดหนึ่งที่มีปริมาณมากกว่าขนาดอื่น อย่างมากและมีสัดส่วนมากกว่าขนาดอื่นอย่างชัดเจน บ่งชี้การสะสมตะกอนในสภาพแวดล้อมที่มีพลังงานสูง (Moderately well sorted, Very Leptokurtic) ในฤดูฝนที่พื้นที่ใกล้ฝั่งตอนกลางพบตะกอนคัดขนาดปานกลาง ตะกอน ขนาดหนึ่งที่มีปริมาณมากกว่าขนาดอื่นอย่างมาก ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่าถูกนำออกในสภาพแวดล้อม ที่มีพลังงานสูงในระหว่างการตกตะกอน ตะกอนที่เหลือจึงมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้นและมีการกระจายขนาดตะกอนที่ ผสมกันค่อนข้างสม่ำเสมอ (Moderately well sorted, Leptokurtic) โดยเฉพาะใกล้วงเวียนบางแสน **พื้นที่ห่างฝั่ง**ในทุกฤดู พบทรายละเอียดมากกว่าตะกอนขนาดอื่นโดยพบปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ ปนด้วยทรายละเอียด มากที่มีปริมาณลดลงจากด้านทิศเหนือไปทางทิศใต้ แต่ที่พื้นที่ด้านทิศเหนือจุด A75 และ A95 พบทรายละเอียดปริมาณ มากปนด้วยทรายขนาดปานกลางปริมาณมาก ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่าถูกนำออกในสภาพแวดล้อมที่มี พลังงานสูงในระหว่างการสะสมตะกอน ส่งผลให้ตะกอนที่เหลือมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้นและมีการกระจายขนาด ตะกอนที่ผสมกันค่อนข้างสม่ำเสมอ (Moderately sorted, Leptokurtic)

และในรอบปี พ.ศ. 2557 (Figure 2d-f) **พื้นที่ชายฝั่ง**ในทุกฤดูส่วนใหญ่พบทรายหยาบมากในปริมาณมาก บริเวณด้านทิศเหนือและมีปริมาณลดลงไปทางทิศใต้ ปนด้วยทรายหยาบที่มีปริมาณน้อยกว่าในด้านทิศเหนือและมี ปริมาณเพิ่มมากขึ้นไปทางทิศใต้ แต่พบทรายละเอียดและทรายขนาดกลางในปริมาณน้อย ชายฝั่งด้านทิศเหนือตะกอน คัดขนาดไม่ตี พบตะกอนตั้งแต่ขนาดใหญ่อันจนถึงขนาดเล็กภายในชั้นเดียวกัน เนื่องจากตะกอนขนาดเล็กถูกพัดพาให้ยัง อยู่ปะปนกับตะกอนขนาดใหญ่กว่า (Poorly sorted, Platykurtic) และยังคงพบว่าชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสน และชายฝั่งด้านทิศใต้ในฤดูฝนและฤดูหนาวพบขนาดตะกอนตั้งแต่ใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กภายในชั้นเดียวกันและสัดส่วน อนุภาคตะกอนใกล้เคียงกัน บ่งชี้ว่าตะกอนขนาดเล็กปริมาณมากถูกพัดพาให้ยังอยู่ปะปนกับตะกอนขนาดใหญ่กว่า ในสภาวะพลังงานต่ำ (Poorly sorted, Very Platykurtic) เช่นเดียวกับที่พบในปี พ.ศ. 2548-2549 **พื้นที่ใกล้ฝั่งที่ระยะ 20 เมตร** ในทุกฤดูพบทรายละเอียด (54-82%) ปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ และมีปริมาณมากกว่า ตะกอนขนาดอื่นอย่างมากและมากกว่าชายฝั่ง และมีสัดส่วนมากกว่าขนาดอื่นอย่างชัดเจน บ่งชี้การสะสมตะกอนใน สภาพแวดล้อมที่มีพลังงานสูง (Moderately well sorted, Very Leptokurtic) แต่พื้นที่ด้านทิศเหนือจุด N20 พบทราย ละเอียดปริมาณมากปนด้วยทรายขนาดปานกลางปริมาณมาก มีการเรียงลำดับขนาดตะกอนพอประมาณ ตะกอนขนาด เล็กกว่าและใหญ่กว่ามีแนวโน้มที่จะแยกออกระหว่างการถูกเคลื่อนย้ายโดยสภาวะพลังงานปานกลาง (Moderately sorted, Mesokurtic) **พื้นที่ใกล้ฝั่งที่ระยะ 40 เมตรและพื้นที่ห่างฝั่ง** ในทุกฤดูพบทรายละเอียด (51-83%) ปริมาณ เพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ มีปริมาณมากกว่าตะกอนขนาดอื่นอย่างมากปนด้วยทรายละเอียดมาก แต่พื้นที่

ด้านทิศเหนือที่จุด N40 และ N60 พบทรายละเอียดปริมาณมากปนด้วยทรายขนาดกลาง ตะกอนขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่ามีแนวโน้มที่จะแยกออกระหว่างการถูกเคลื่อนย้ายโดยสภาวะพลังงานปานกลาง (Poorly sorted, Mesokurtic) ในฤดูฝนมีคลื่นสูงที่มีพลังงานสูงและกระแสน้ำสุทธิใกล้ฝั่งบริเวณแหลมแท่นที่อยู่ทางตอนเหนือของชายหาดมีทิศทางสวนกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรืออาจไหลไปทางเหนือตามทิศทางลมมรสุมเช่นเดียวกับกระแสน้ำสุทธิบริเวณหาดวอนนภาที่อยู่ทางด้านใต้ของชายหาดบางแสน ที่อาจส่งผลทำให้ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่าถูกนำออกในระหว่างการสะสมตะกอน จึงพบตะกอนขนาดใหญ่ที่หลงเหลืออยู่ มีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้นและมีการกระจายขนาดตะกอนที่ผสมกันในปริมาณค่อนข้างสม่ำเสมอที่บริเวณด้านทิศเหนือของชายหาด (Leptokurtic) ในฤดูหนาวเป็นช่วงที่ลมพัดออกจากฝั่งของชายหาด ลมจึงเบาและมีคลื่นต่ำที่มีพลังงานต่ำเนื่องจากทิศทางและความเร็วลมในแต่ละฤดูฤดูกาล บริเวณชายหาดบางแสนและกระแสน้ำสุทธิบริเวณแหลมแท่นไหลขึ้นไปทางทิศเหนือในขณะที่กระแสน้ำสุทธิบริเวณหาดวอนนภาไหลไปทางทิศใต้ที่มีพัดพาตะกอนขนาดเล็กให้ยังอยู่ปะปนกับตะกอนขนาดใหญ่กว่าที่บริเวณด้านทิศใต้ของชายหาด (Platykurtic)

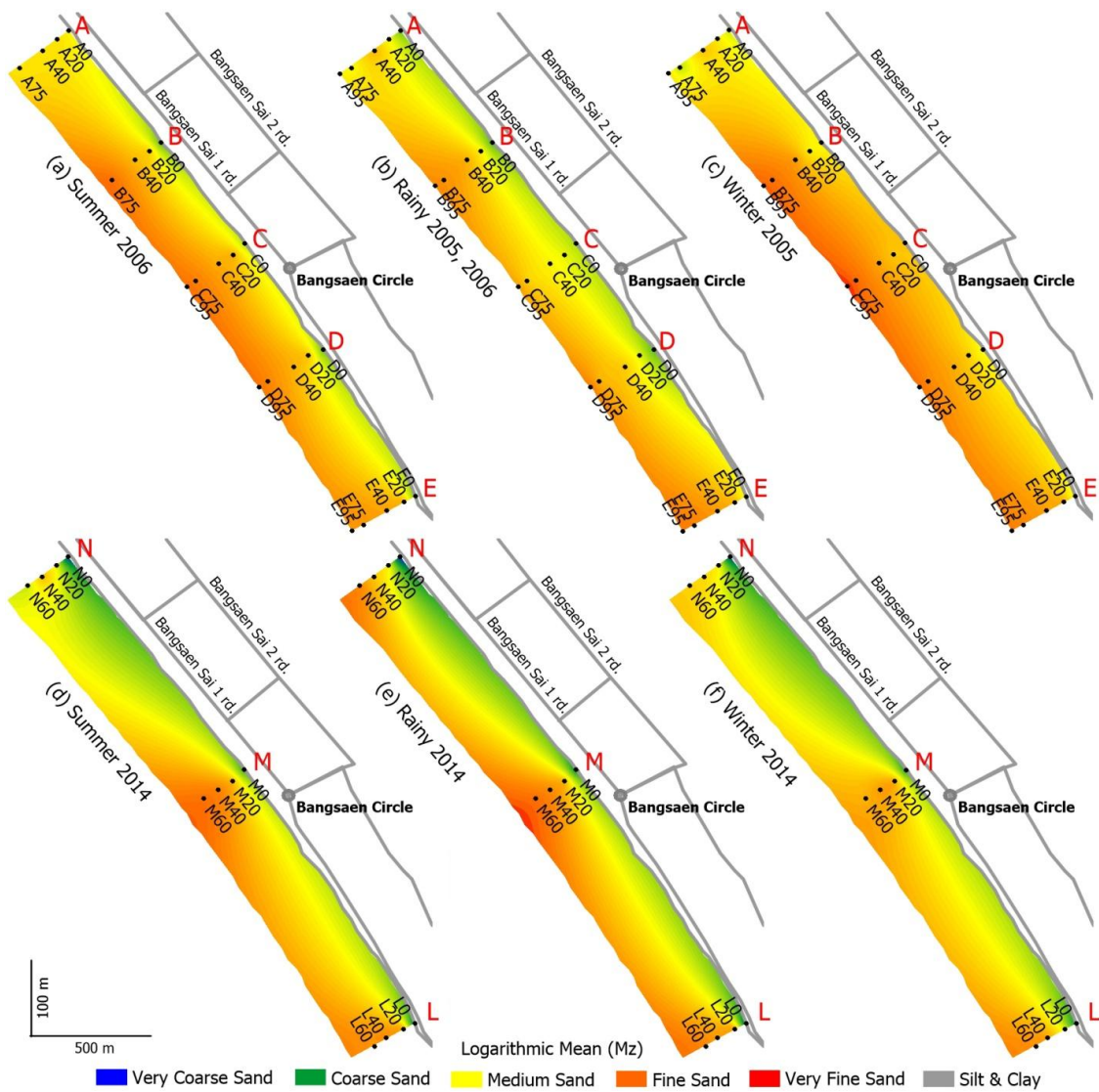


Figure 2 Sediment grain-size distribution dynamics at Bangsaen Beach in 2005–2006 (a–c) and 2014 (d–f) (station names are shown in red letters and sediment sampling positions are shown as solid black dots)

Table 1 Sorting (σ) and kurtosis (KG) of sediment size distributions according to distance from shore at each sampling location and season in 2005–2006 (ND means no data)

Summer 2006		Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
0 m	σ , K_G	0.7, 0.8	1.2, 0.8	1.2, 1.1	0.9, 1.2	1.3, 0.8
20 m	σ , K_G	0.6, 1.0	0.6, 1.2	0.5, 1.5	0.7, 1.7	0.5, 1.4
40 m	σ , K_G	0.7, 1.1	0.7, 1.5	0.7, 1.8	0.7, 1.8	0.6, 1.5
75 m	σ , K_G	0.7, 1.0	0.9, 1.2	0.7, 1.1	0.6, 1.1	0.7, 1.5
95 m	σ , K_G	ND	ND	0.8, 1.1	0.8, 1.1	0.7, 1.5
Rainy 2005, 2006		Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
0 m	σ , K_G	0.9, 1.0	1.1, 1.0	1.0, 1.1	1.0, 1.0	0.9, 1.2
20 m	σ , K_G	0.7, 0.9	0.8, 1.3	0.8, 1.4	0.9, 1.3	0.6, 1.4
40 m	σ , K_G	0.7, 1.1	0.7, 1.4	0.7, 1.0	0.8, 1.5	0.6, 1.2
75 m	σ , K_G	0.8, 1.0	0.8, 1.2	0.8, 1.0	0.7, 1.2	0.6, 1.1
95 m	σ , K_G	0.7, 1.0	0.8, 1.1	0.9, 1.2	0.8, 1.2	0.6, 0.9
Winter 2005		Station A	Station B	Station C	Station D	Station E
0 m	σ , K_G	0.7, 0.9	0.8, 1.1	0.6, 1.7	1.0, 1.2	1.1, 0.9
20 m	σ , K_G	0.6, 0.9	0.8, 1.1	0.7, 1.4	0.8, 1.7	0.6, 1.6
40 m	σ , K_G	0.8, 1.2	0.7, 1.5	0.7, 1.7	0.7, 1.8	0.6, 1.5
75 m	σ , K_G	0.7, 1.1	0.9, 1.1	0.7, 0.9	0.8, 1.5	0.6, 1.1
95 m	σ , K_G	0.6, 1.0	0.8, 1.0	0.8, 1.0	0.7, 0.9	0.7, 1.0

Table 2 Sorting (σ) and kurtosis (KG) of sediment size distributions according to distance from shore at each sampling location and season in 2014 (ND means no data)

Summer 2014		Station N	Station M	Station L
0 m	σ , K_G	1.2, 0.8	1.2, 0.7	1.3, 0.7
20 m	σ , K_G	0.8, 1.0	0.6, 1.7	0.5, 1.1
40 m	σ , K_G	0.6, 1.7	0.6, 0.9	0.5, 1.1
60 m	σ , K_G	1.1, 1.0	0.6, 0.8	0.6, 1.3
Rainy 2014		Station N	Station M	Station L
0 m	σ , K_G	1.1, 0.9	1.3, 0.6	1.3, 0.9
20 m	σ , K_G	0.7, 1.0	0.6, 1.6	0.6, 1.3
40 m	σ , K_G	1.0, 1.6	0.6, 1.1	0.8, 1.5
60 m	σ , K_G	0.7, 1.0	0.8, 1.1	0.6, 1.0
Winter 2014		Station N	Station M	Station L
0 m	σ , K_G	1.3, 0.8	1.4, 0.6	1.4, 0.6
20 m	σ , K_G	0.9, 1.2	0.5, 1.1	1.0, 0.8
40 m	σ , K_G	0.9, 1.8	0.6, 1.3	0.4, 0.9
60 m	σ , K_G	0.8, 1.4	0.7, 1.9	0.6, 1.2

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, r^2) ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างตัวแปรตาม (dependent variable) คือการคัดขนาดตะกอน (Sorting, σ) กับตัวแปรต้น (independent variable) เป็นค่ากลางขนาดตะกอน (Mean, M_z) ในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 ค่าการคัดขนาดตะกอน (Sorting, σ) 0.5–1.25 บ่งชี้ช่วงตะกอนมีการคัดขนาดปานกลาง–ไม่ดี และค่ากลางขนาดตะกอน (Mean, M_z) 1.35–3.02 บ่งชี้ตะกอนมีขนาดช่วงทรายขนาดกลาง–ทรายละเอียดมาก พบว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยในทุกฤดู (ฤดูร้อน r^2 0.49 ฤดูฝน r^2 0.49 และฤดูหนาว r^2 0.09) และในรอบปี พ.ศ. 2557 ค่าการคัดขนาดตะกอน 0.45–1.45 บ่งชี้ช่วงตะกอนคัดขนาดได้ดี–ไม่ดี และค่ากลางขนาดตะกอน 0.36–2.86 บ่งชี้ตะกอนมีขนาดช่วงทรายหยาบ–ทรายละเอียด พบว่ามีความสัมพันธ์กันมากกว่า (ฤดูร้อน r^2 0.90 ฤดูฝน r^2 0.75 และฤดูหนาว r^2 0.89)

Conclusion and Discussion

การวิเคราะห์การกระจายขนาดตะกอนเชิงพื้นที่ชายหาดบางแสนตามฤดูกาลโดยใช้การคำนวณคุณสมบัติตะกอนด้วยมาตราส่วนลอการิทึม (Logarithmic scale) ร่วมกับวิธี Kriging Interpolation แสดงว่าปี พ.ศ. 2548–2549 พื้นที่ชายฝั่งมีช่วงการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนมากที่สุดทุกฤดูในรอบปี ส่วนใหญ่พบทรายละเอียดมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้ปนด้วยทรายขนาดกลางมีปริมาณลดลงจากด้านทิศเหนือไปทางทิศใต้ ชายฝั่งด้านทิศเหนือพบทรายหยาบมากในปริมาณน้อย ในขณะที่ชายฝั่งตอนกลางและชายฝั่งด้านทิศใต้พบทรายหยาบปริมาณมากขึ้นและตะกอนละเอียดมากขึ้น พื้นที่ใกล้ฝั่งและพื้นที่ห่างฝั่งในทุกฤดูยังคงพบทรายละเอียดมากกว่าตะกอนขนาดอื่นและยังพบมีปริมาณมากกว่าที่ชายฝั่ง ส่วนในรอบปี พ.ศ. 2557 พบว่าพื้นที่ชายฝั่งในทุกฤดูส่วนใหญ่พบทรายหยาบมากในปริมาณมากบริเวณด้านทิศเหนือและมีปริมาณลดลงไปทางทิศใต้ ปนด้วยทรายหยาบที่มีปริมาณน้อยกว่าในด้านทิศเหนือและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นไปทางทิศใต้ แต่พบทรายละเอียดและทรายขนาดกลางในปริมาณน้อย พื้นที่ใกล้ฝั่งที่ระยะ 20–40 เมตร และพื้นที่ห่างฝั่ง ในทุกฤดูพบทรายละเอียดในทุกฤดูพบทรายละเอียดปริมาณเพิ่มขึ้นจากด้านทิศเหนือไปด้านทิศใต้และมีปริมาณมากกว่าตะกอนขนาดอื่นอย่างมากปนด้วยทรายละเอียดมาก

ในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 พบการคัดขนาดตะกอนและค่ากลางขนาดตะกอนมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นน้อย (r^2 0.09–0.49) ตรงกันข้ามกับในรอบปี พ.ศ. 2557 ในทุกฤดู ที่ส่วนใหญ่พบทรายหยาบมากมีปริมาณลดลงจากด้านทิศเหนือไปทางทิศใต้ปนด้วยทรายหยาบ แต่กลับพบทรายละเอียดและทรายขนาดกลางในปริมาณน้อย พื้นที่ใกล้ฝั่งและพื้นที่ห่างฝั่งในทุกฤดูพบทรายละเอียดปริมาณมากกว่าตะกอนขนาดอื่นอย่างมากและมากกว่าชายฝั่งเช่นเดียวกันกับในรอบปี และพบการคัดขนาดตะกอนและค่ากลางขนาดตะกอนมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นมากขึ้น (r^2 0.75–0.90) โดยเฉพาะชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสนที่พบตะกอนตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กที่มีการเรียงลำดับขนาดตะกอนพอประมาณ และพบการคัดขนาดตะกอนและค่ากลางขนาดตะกอนมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นมากขึ้นในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 (r^2 0.20–0.62) และในรอบปี พ.ศ. 2557 (r^2 0.84–0.98) บ่งชี้ในรอบปี พ.ศ. 2548–2549 ขนาดตะกอนชายหาดบางแสนมีส่วนในการคัดขนาดร้อยละ 9–49 และในรอบปี พ.ศ. 2557 ขนาดตะกอนมีส่วนในการคัดขนาดตะกอนสูงถึงร้อยละ 75–90 และโดยเฉพาะชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสนที่พบว่าขนาดตะกอนมีส่วนสำคัญในการคัดขนาดตะกอนรอบปี พ.ศ. 2548–2549 สูงถึงร้อยละ 20–60 และสูงมากขึ้นถึงร้อยละ 84–98 ในรอบปี พ.ศ. 2557 อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดของจำนวนจุดเก็บตัวอย่างที่ไม่เท่ากันและเก็บตัวอย่างที่ระยะห่างที่แตกต่างกัน ข้อจำกัดนี้อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างข้อมูลการคัดขนาดตะกอนกับค่ากลางขนาดตะกอน และโดยเฉพาะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่อาจทำให้การแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ซึ่งควรต้องมีการเก็บตัวอย่างตะกอนที่จุดเดิมในปีอื่นมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

การกระจายตะกอนชายหาดบางแสนในรอบปี พ.ศ. 2557 สอดคล้องกับขนาดคลื่นและทิศทางการกระแสน้ำตามฤดูกาลที่ถูกตรวจวัดในปี พ.ศ. 2557–2558 (Buranapratheprat et al., 2015; 2017) โดยในฤดูฝนที่คลื่นมีพลังงานสูงและกระแสน้ำสุทธิใกล้ฝั่งบริเวณด้านทิศเหนือของชายหาดมีทิศทางสวนกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรืออาจไหลขึ้นไปทางเหนือเช่นเดียวกับกระแสน้ำสุทธิบริเวณด้านทิศใต้ของชายหาดบางแสน อาจทำให้ตะกอนขนาดเล็กกว่าและขนาดใหญ่กว่าถูกนำออกในระหว่างการตกตะกอน และส่งผลทำให้ตะกอนขนาดใหญ่ที่เหลือมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้นและมีการกระจายขนาดตะกอนค่อนข้างสม่ำเสมอที่บริเวณด้านทิศเหนือของชายหาด ในฤดูหนาวเป็นช่วงที่คลื่นมีพลังงานต่ำและลมเบาพัดออกจากฝั่ง และกระแสน้ำสุทธิบริเวณด้านทิศเหนือไหลขึ้นไปทางทิศเหนือในขณะที่กระแสน้ำสุทธิบริเวณด้านทิศใต้ไหลไปทางทิศใต้และพัดพาตะกอนขนาดเล็กให้ยังอยู่ปะปนกับตะกอนขนาดใหญ่กว่าที่บริเวณด้านทิศใต้ของชายหาด ที่อาจบ่งชี้ว่าการวางก้อนหินขนาดใหญ่บริเวณหาดวอนนภาในลักษณะของเขื่อนกันคลื่นส่งผลทำให้ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำไหลเลียบฝั่ง (Long-shore current) และกระแสน้ำตามฤดูกาลเกิดการเปลี่ยนแปลง และส่งผลโดยตรงต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนที่มีขนาดแตกต่างกันผ่านไประหว่างฤดูฝนและฤดูหนาว ผ่านชายฝั่งตอนกลางใกล้วงเวียนบางแสนจึงทำให้พบตะกอนหลายขนาดคละกันดี อย่างไรก็ตาม แม้การศึกษาการกระจายตะกอนบริเวณชายหาดบางแสนนี้จะบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงการกระจายขนาดตะกอนบริเวณชายหาดในระยะเวลา 9 ปีก็ตาม แต่กลับมีการตรวจวัดขนาดคลื่นและทิศทางของกระแสน้ำตามฤดูกาลในพื้นที่และเวลาเดียวกันเพียง 1 ครั้งในปี พ.ศ. 2557 อาจส่งผลต่อการแปลผลการกระจายตะกอนเนื่องจากการกระทำของคลื่นและกระแสน้ำเลียบฝั่ง อีกทั้งการศึกษาการกระจายตะกอนชายฝั่งยังต้องการข้อมูลสิ่งแวดล้อมในพื้นที่มาวิเคราะห์ร่วมด้วย จึงควรต้องมีการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงการกระจายตะกอน การตรวจวัดคลื่นและกระแสน้ำ รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะฐานและเปลี่ยนแปลงความลาดชันของชายหาด และโดยเฉพาะปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้มีการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายหาดบางแสนแล้วโดยการเสริมทรายชายหาด (Beach Nourishment) อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เป็นการแก้ไขปัญหาด้านหลักวิชาการในระยะยาวอย่างยั่งยืนและประหยัดงบประมาณ เพื่อรักษาสภาพธรรมชาติของชายหาดบางแสนซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญของภาคตะวันออกที่ได้รับความนิยมต่อไป จึงควรมีการศึกษาติดตามสภาพแวดล้อมของชายหาดอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาการกระจายขนาดตะกอนเชิงพื้นที่ชายหาดบางแสนตามฤดูกาลโดยใช้วิธีภูมิสารสนเทศร่วมกับการคำนวณขนาดตะกอนด้วยมาตราส่วนลอการิทึม (Logarithmic scale) ด้วยชุดสมการที่ใช้ในการคำนวณคุณสมบัติของตะกอนเดียวกันกับการศึกษาของ Wang et al., (2020) และ Perera et al., (2023) ซึ่งได้ผลการศึกษาในครั้งนี้พบการกระจายตะกอนได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ ได้แก่ คลื่นและกระแสน้ำเลียบชายฝั่ง สอดคล้องกับการกระจายตะกอนชายหาดศรีลังกา (Perera et al., 2023) ที่พบการกระจายของทรายขนาดกลางที่ตกตะกอนเนื่องจากคลื่นหรือสภาพแวดล้อมที่มีพลังงานต่ำจากฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของชายฝั่งศรีลังกา และสอดคล้องกับกับการศึกษาการกระจายตะกอนชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี (Wang et al., 2020) พบทรายและทรายแป้งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่เนื่องจากการเคลื่อนย้ายตะกอนระหว่างทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือร่วมกับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลงและเอนทูรีที่มีสภาพเกี่ยวกับอุทกพลศาสตร์แตกต่างกัน รวมถึงสภาพภูมิศาสตร์ท้องถิ่นด้วย

References

- Blott, S. J. & Pye, K. (2001). GRADISTAT: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Process and Landforms*, 26, 1237–1248.
- Briggs, D. (1977). *Sources and method of geography: sediment*. London: Butterworth.
- Buranapratheprat, A., Jintasaeranee, P., Khoksalung, K., Tong-u-dom, S., & Yuenyong, S. (2017). Water Circulation at Bangsaen Beach, Chonburi Province in 2014 – 2015. *Burapha Science Journal*, 22(1), 38–48. (in Thai)
- Buranapratheprat, A., Sojisuporn, P., Suwannarach, T., & Jintasaeranee, P. (2015). Wave Analysis at Bangsaen Beach, Chonburi Province. *Burapha Science Journal*, 20(2), 131–139. (in Thai)
- Chaiongkam, P., & Sojisuporn, P. (2012). Characteristics of Seasonal Wind and Wind-driven Current in the Gulf of Thailand. *Bulletin of Earth Sciences of Thailand*, 5(1), 58–67. (in Thai)
- Department of Mineral Resources. (2012). *Physical geology of the seafloor of the upper Gulf of Thailand*. Bangkok: Geotechnology Division. (in Thai)
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3–26.
- Frank, W. M. & Friedman, G. M. (1973). Continental Shelf Sediments off New Jersey. *Journal of Sedimentary Petrology*, 43, 224–237.
- Garrison, T. (1993). *Oceanography: an introduction to marine science*. California: Wadsworth.
- Ingmanson, D. E. & Wallace, W. J. (1995). *Oceanography an introduction*. California: Wadsworth.
- Karunaratna, H., Horrillo-Caraballo, J. M., Ranasinghe, R., Short, A. D. & Reeve, D. E. (2012). An Analysis of the Cross-Shore Beach Morphodynamics of a Sandy and a Composite Gravel Beach. *Marine Geology*, 299–302, 33–42.
- Krumbein, W. C. (1934). Size frequency distributions of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 4, 65–77.
- Larson, M. & Kraus, N. C. (1995). Prediction of Cross-Shore Sediment Transport at Different Spatial and Temporal Scales. *Marine Geology*, 126, 111–127.
- Niodoroda, A. W., Reed, C. W., Swift, D. J. P., Arato, H. & Hoyanagi, K., (1995). Modelling Shore-Normal Large-Scale Coastal Evolution. *Marine Geology*, 126, 181–199.
- Pedrozo-Acuña, A., Simmonds, D. J., Otta, A. K. & Chadwick, A. J. (2006). On the cross-shore profile change of gravel beaches. *Coastal Engineering*, 53, 335–347.
- Perera, U. L. H. P., Ratnayake, A. S., Weerasingha, W. A. D. B., Subasinghe, H. C. S. & Wijewardhana, T. D. U. (2023). Grain size distribution of modern beach sediments in Sri Lanka. *Anthropocene Coasts*, 6(10). Form doi.org/10.1007/s44218-023-00025-7.
- Pitty, A. F. (1971). *Introduction to geomorphology*. London: Methuen.
- Plummer, C. C., McGearry, D. & Carlson, D. H. (2001). *Physical geology*. Boston: Mc Graw-Hill.
- Poate, T., Masselink, G., Davidson, M., McCall, R., Russell, P. & Turner, I. (2013). High Frequency In-situ Field Measurements of Morphological Response on a Fine Gravel Beach during Energetic Wave Conditions. *Marine Geology*, 342, 1–13.

- Pontee, N. I., Pye, K. & Blott, S. J. (2004). Morphodynamic Behaviour and Sedimentary Variation of Mixed Sand and Gravel Beaches, Suffolk, UK. *Journal of Coastal Research*, 20(1), 256–276.
- Sojisuporn, P., Chuchuai, T., & Kooptasin, J. (1976). Grain–Size Distribution of Surface Sediment in the Inner Gulf of Thailand. *Burapha Science Journal*, 24(3), 958–977. (in Thai)
- Somboon, T. (2018). *Spatial rainfall analysis from ground–based rainfall data and satellite imagery, combined with topographic data: A case study of the southern region of Thailand*. Royal Irrigation Department. (in Thai)
- Stive, M. J. & de Vriend, H. G. (1995). Shear stresses and mean flow in shoaling and breaking waves. *Coastal Engineering*, 1994, 594–608.
- Switzer, A. D. (2013). Measuring and analyzing particle size in a geomorphic context. In *Treatise on Geomorphology* (pp. 224–242). San Diego, CA: Academic Press.
- Udden, J. A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25, 655–744.
- Wang, C., Chen, M., Qi, H., Intasen, W. & Kanchanapant, A. (2020). Grain–Size Distribution of Surface Sediments in the Chanthaburi Coast, Thailand and Implications for the Sedimentary Dynamic Environment. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(242). Form doi:10.3390/jmse8040242.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, 377–392.
- Wimala, S., Jirakajohnkool, S., Konisranukul, W., & Nakhapakorn, K. (2025). Comparison of Spatial Rainfall Interpolation by Using Statistical Methods at Thailand’s Eastern Coast Basin. *Suranaree Journal of Social Science*, 19(1), e253620.

การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพชร พงษ์ไชย¹ และ นรินธร นนทมาลัย²

Development on Online Learning Analysis System of University of Phayao

Phet Phongshei¹ and Narin Nonthamand²

¹ Institute of Learning Innovation, University of Phayao, Phayao, 56000

² School of Education, University of Phayao, Phayao, 56000

*Corresponding author: phet.ph@up.ac.th

Received: 14 February 2025; Revised: 14 July 2025; Accepted: 13 August 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ (2) ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ (3) ประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ โดยผู้วิจัยนำแนวคิดวัฏจักรการพัฒนากระบวนการ (System Development Life Cycle : SDLC) มาใช้ในการพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ กลุ่มตัวเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ อาจารย์ และผู้บริหารสถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ใช้งาน ระบบ UP e-Learning จำนวน 34 คน โดย คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เพื่อเก็บข้อมูลความต้องการของระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) ระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ (2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ (3) แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ (4) แบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า (1) ผลการออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์พบว่า ผู้ใช้งานมีความต้องการใช้ข้อมูลด้านจำนวนครั้งในการเข้าเรียนมากที่สุดโดยวัดค่า IOC ได้เท่ากับ 1.0 และข้อมูลด้านจำนวนการดูเนื้อหา (Content view) มีความต้องการมากที่สุดเช่นกัน โดยวัดค่า IOC ได้เท่ากับ 1.0 (2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ พบว่าประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.63, S.D.= 0.27) ในด้านความพึงพอใจระบบของผู้บริหารอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.53, S.D =0.19) ความพึงพอใจของอาจารย์ อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.65, S.D =0.47) และ (3) ผลประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีคุณภาพ เหมาะสม และใช้งานได้จริง (IOC= 0.97)

คำสำคัญ: การเรียนรู้ออนไลน์, ระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์

¹ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

This research aimed to (1) design and develop an online learning analytics system, (2) evaluate the efficiency and satisfaction of the online learning analytics system, and (3) assess the innovation quality of the online learning analytics system. The researcher applied the System Development Life Cycle (SDLC) approach to develop the online learning analytics system. The sample group consisted of 34 faculty members and administrators from the University of Phayao who utilized the UP e-Learning system, selected through purposive sampling to collect system requirements data. The research instruments included (1) the online learning analytics system, (2) an evaluation form for system efficiency assessment, (3) an evaluation form for system usage satisfaction assessment, and (4) an evaluation form for innovation quality assessment of the online learning analytics system. Statistical analyses employed percentage, mean, and standard deviation.

The research findings revealed: (1) The results of designing and developing the online learning analytics system showed that users had the highest requirement for login frequency data with an IOC value of 1.0, and content view data also had the highest requirement with an IOC value of 1.0. (2) The results of evaluating efficiency and satisfaction of the online learning analytics system showed that system efficiency was at the highest level ($\bar{x}=4.63$, S.D.=0.27), administrator satisfaction was at the highest level ($\bar{x}=4.53$, S.D.=0.19), and faculty satisfaction was at the highest level ($\bar{x}=4.65$, S.D.=0.47). (3) The results of innovation quality assessment of the online learning analytics system at the University of Phayao indicated high quality, appropriateness, and practical applicability (IOC=0.97).

Keywords: Online learning, Online learning analytics system

Introduction

ในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญและเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการเรียนการสอนออนไลน์ที่ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเข้าถึงการศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ต้องปรับตัวและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล ตลอดจนต้องมีการวิเคราะห์และประเมินผลการใช้งานระบบเหล่านี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้จัดตั้งขึ้นเป็นหน่วยงานหลักในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและพัฒนาวัตกรรมการศึกษา โดยงานพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้มีภารกิจสำคัญในการสนับสนุนวัตกรรมการเรียนรู้และส่งเสริมพัฒนา Digital Platform สำหรับการเรียนการสอนออนไลน์ ประกอบด้วยระบบหลัก 3 ระบบ ได้แก่ ระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ (UP e-Learning) ระบบสอบออนไลน์ (UP e-Exam) และระบบการจัดการเรียนการสอนหมวดวิชาศึกษาทั่วไปออนไลน์ (GE-Online) เพื่อตอบสนองพันธกิจด้านการผลิตบัณฑิตที่มีสมรรถนะและทักษะแห่งอนาคตตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยพะเยา (Institute for Innovative Learning, 2023) อย่างไรก็ตามจากการดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่า การจัดการสถิติข้อมูลการให้บริการระบบการเรียนการสอนออนไลน์ ยังประสบปัญหาและข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์และการรายงานผลการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ เนื่องจากในแต่ละภาคการศึกษามีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องจัดเก็บและประมวลผล อาทิ ข้อมูลรายวิชา จำนวนผู้เรียนและ

ผู้สอน กิจกรรมการเรียนการสอน เวลาการใช้งานระบบ และชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้งานระบบ ซึ่งปัจจุบันยังคงใช้วิธีการจัดทำรายงานในรูปแบบเอกสารที่ต้องใช้เวลาในการรวบรวมและประมวลผลค่อนข้างมาก ทำให้การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจเชิงนโยบายและการพัฒนาการเรียนการสอนเป็นไปอย่างล่าช้าและขาดประสิทธิภาพ นอกจากนี้ อาจารย์ผู้สอนยังขาดเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนออนไลน์ของผู้เรียนในระบบ UP e-Learning ทำให้ไม่สามารถติดตามและให้การสนับสนุนผู้เรียนได้อย่างทันท่วงที

จากปัญหาและความจำเป็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ อาจารย์และผู้บริหารสถาบันบัณฑิตกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนออนไลน์ในระบบ UP e-Learning แบบพรรณนา (Descriptive Analytics) ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจภาพรวมและความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการเรียนการสอนออนไลน์ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตเก็บข้อมูลในช่วงภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลาย ในปีการศึกษา 2566 อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการเก็บข้อมูลในช่วงภาคการศึกษาต้นและภาคการศึกษาปลายในปีการศึกษา 2566 เท่านั้น ซึ่งอาจจำกัดการวิเคราะห์แนวโน้มในระยะยาวหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนอกช่วงเวลาดังกล่าว อีกทั้งการเน้นการวิเคราะห์เชิงพรรณนาอาจไม่ครอบคลุมถึงการคาดการณ์พฤติกรรมในอนาคต หรือการหาสาเหตุเชิงลึกได้อย่างสมบูรณ์ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะใช้เครื่องมือ Microsoft Power BI Desktop ,Google Analytics และ Moodle Plugins ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากระบบ UP e-Learning โดยพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้สะดวก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา 2) ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา และ 3) ประเมินคุณภาพบัณฑิตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

จากวัตถุประสงค์การวิจัยผู้วิจัยพบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยตัวอย่างที่พบ เช่น Niall (2016) ได้กล่าวถึงระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ไว้ค่อนข้างน่าสนใจว่าเป็นระบบที่รวบรวมข้อมูลกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยสามารถนำเสนอข้อมูลในด้านแนวโน้มของพฤติกรรมต่าง ๆ ที่จะเกิด มีการเปรียบเทียบข้อมูลการจัดการเรียนการสอนในแต่ละปีการศึกษา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่ Liebowitz (2020) นำเสนอการวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ที่เริ่มมีบทบาทมากยิ่งขึ้นหลังการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่ได้ก่อให้เกิด "ความปกติใหม่" ในด้านการศึกษา โดยเฉพาะการเรียนออนไลน์กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการศึกษาทันที โดยการวิเคราะห์การเรียนรู้เน้นการศึกษาข้อมูลการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้สอนรวมถึงพฤติกรรมต่าง ๆ ระหว่างเรียนในระบบ e-Learning

อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ให้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย โดยเฉพาะผู้บริหารสามารถใช้ข้อมูลในการวางแผนและตัดสินใจเชิงนโยบาย อาจารย์สามารถติดตามและวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ระบบสนับสนุนการบริหารจัดการบทเรียนออนไลน์ของอาจารย์ได้อย่างรวดเร็วเหมาะสม และบุคลากรสามารถจัดทำรายงานและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของมหาวิทยาลัยพะเยา อย่างยั่งยืน

Objectives

1. ออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา
2. ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา
3. ประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Methodology

แนวคิดการออกแบบระบบสารสนเทศ

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดวัฏจักรการพัฒนากระบวนการ (System Development Life Cycle : SDLC) (Udomthanatheera, 2019) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งวัฏจักรการพัฒนากระบวนการหมายถึงขั้นตอนหรือกระบวนการในการพัฒนาระบบงาน ซึ่งมีจุดเริ่มต้นในการทำงานและจุดสิ้นสุดของการปฏิบัติงานการพัฒนาซอฟต์แวร์ ตามปกติแล้วจะประกอบไปด้วยกลุ่มกิจกรรม 7 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ 1) การทำความเข้าใจกับปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูล 3) การวิเคราะห์ระบบ 4) การออกแบบระบบ 5) การพัฒนาระบบ 6) การทดสอบระบบ 7) การประเมินผลการใช้งานระบบ ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดนี้สามารถใช้งานได้ดีกับโครงการซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก ในขณะที่โครงการซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้แบบแผนการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามแนวทางของ SDLC จนครบทุกกิจกรรม

แนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics)

Digital Tips (2022) ได้อธิบาย Data Analytics คือกระบวนการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและสร้างความเข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น สถิติและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุรูปแบบและแนวโน้มในการปรับปรุงการตัดสินใจและแก้ไขปัญหาประโยชน์ของ Data Analytics ได้แก่ การเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจ การพัฒนาสินค้าให้ตรงกับความต้องการของตลาด การลดเวลาทำงานที่ซับซ้อน และการคาดการณ์แนวโน้มในอนาคตรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบพื้นฐาน (Descriptive Analytics) การวิเคราะห์แบบพยากรณ์ (Predictive Analytics) การวิเคราะห์แบบเชิงวินิจฉัย (Diagnostic Analytics) และการวิเคราะห์แบบให้คำแนะนำ (Prescriptive Analytics) การวิเคราะห์แต่ละประเภทมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การมองภาพรวมอดีต การคาดการณ์แนวโน้ม การหาสาเหตุของปัญหาไปจนถึงการให้คำแนะนำแนวทางแก้ไขด้วย Machine Learning และ Simulation

แนวคิดการประเมินระบบสารสนเทศตามแนวทาง SDLC

การประเมินระบบสารสนเทศตามแนวทาง SDLC (System Development Life Cycle) เป็นกระบวนการประเมินที่วงจรชีวิตการพัฒนากระบวนการเป็นกรอบในการวัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบสารสนเทศ โดยครอบคลุมการประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการไปจนถึงการประเมินผลการใช้งาน การวิจัยของ Saising (2023) ได้นำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและประเมินระบบประเมินการจัดการเรียนการสอนของบุคลากรสายวิชาการผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ที่มีประสบการณ์ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศเป็นกลุ่มประเมินประสิทธิภาพระบบ และผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในการประเมินความพึงพอใจผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.82$, S.D. = 0.31) และความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.75$, S.D. = 0.15) แนวทางนี้แสดงให้เห็นว่าการประเมินระบบสารสนเทศตาม SDLC สามารถให้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งด้านเทคนิคและด้านการใช้งาน ทำให้ได้ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริง

แนวคิดการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา (Educational Data Analytics)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา (Educational Data Analytics) เป็นกระบวนการที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนการสอนและการตัดสินใจทางการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analytics) ที่อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีต การวิเคราะห์เชิงทำนาย (Predictive Analytics) ที่ทำนายผลลัพธ์ในอนาคต และการวิเคราะห์เชิงกำหนด (Prescriptive Analytics) ที่แนะนำแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม (Romero¹ and Ventura², 2020) เครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ประกอบด้วย การขุดข้อมูล (Data Mining) อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) การวิเคราะห์สถิติ และการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Baker¹ and Inventado², 2014) สำหรับการนำเสนอข้อมูลเชิงภาพ (Data Visualization) มีบทบาทสำคัญในการสื่อสารข้อมูลที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่าย โดยใช้แผนภูมิ กราฟ และแดชบอร์ดเชิงโต้ตอบ (Interactive Dashboard) เพื่อแสดงแนวโน้มและรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน (Verbert et al., 2013) ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อเหตุการณ์

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้ผลกระทบในการปรับตัวอย่างมากในการแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องใช้การจัดการเรียนการสอนออนไลน์อย่างเต็มรูปแบบเพื่อแก้ไขปัญหาระหว่างผู้เรียนและผู้สอนที่ไม่สามารถเข้ามาเรียนในห้องเรียนได้และหลังวิกฤติ Covid-19 มหาวิทยาลัยหลายแห่งเริ่มกลับเข้าสู่สภาวะปกติใหม่ (NEW-Normal) แต่การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ยังเป็นเรื่องหลักที่มหาวิทยาลัยหลายแห่งยังคงใช้จัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกันผลกระทบจากการเรียนออนไลน์ในทางต่าง ๆ เริ่มส่งผลกระทบต่อผู้เรียนและผู้สอนมากยิ่งขึ้น เช่น การมีปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียนที่น้อยลงระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง หรือ ผู้เรียนกับผู้สอน สิ่งเหล่านี้อาจทำให้สมรรถนะการเรียนรู้ของผู้เรียนลดน้อยลงหรือผู้สอนอาจยังไม่ทราบถึงจุดอ่อนของสื่อการสอนของตนเอง เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพเครื่องมือที่ใช้จัดการเรียนการสอนออนไลน์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการศึกษาสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ (Liebowitz, 2020)

รูปแบบหนึ่งของการวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์การเรียนออนไลน์คือการวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์การเรียนออนไลน์ของนักเรียน 233 คนที่ใช้ผ่านระบบ LMS ที่ชื่อ แพลตฟอร์ม Blackboard เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างทางวัฒนธรรมและพฤติกรรมการณ์เรียนออนไลน์ นั้นส่งผลอย่างไร (Pholmat and Silpasuwanchai, 2019) วิธีวิจัยคือกำหนดตัวแปรอิสระ 1 ตัว คือวัฒนธรรมภูมิภาค และตัวแปรตาม 3 ตัว คือ (1) จำนวนการดูเนื้อหา (2) การมอบหมายงาน (3) จำนวนการส่งและจำนวนกระดานสนทนา พบว่าส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมการณ์เรียนออนไลน์ คือ นักเรียนชาวเอเชียมีแนวโน้มที่จะมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ออนไลน์มากที่สุด ผลทั้งหมดเกิดจากการรวบรวมตัวชี้วัดต่าง ๆ เช่น ผลคะแนนการเรียนรู้, การโต้ตอบ, ช่วงเวลาที่ใช้ในแพลตฟอร์ม Blackboard และคุณลักษณะของผู้เรียนเป็นต้น

เห็นได้ชัดว่าพฤติกรรมการณ์เรียนออนไลน์นั้นมีความสำคัญอย่างมากในการนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ในแง่มุมต่าง ๆ ของการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ โดยเฉพาะการปรับตัวของมหาวิทยาลัยในด้านงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อการใช้จ่ายในการพัฒนาและปรับปรุงระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการใช้งานของผู้เรียนและผู้สอน มหาวิทยาลัยหลาย ๆ แห่งจึงจำเป็นต้องพิจารณาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในด้านต่าง ๆ โดยใช้ผลการวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์เพื่อหาแนวโน้มและทำความเข้าใจในความจำเป็นต่อการใช้ระบบการเรียนการสอนออนไลน์ในแง่มุมต่าง ๆ ว่ามีส่วนช่วยให้สมรรถนะการเรียนรู้ของผู้เรียนเพิ่มมากขึ้นอย่างไร เครื่องมือหรือ ปัจจัยใดที่ทำให้ผู้สอนขาดประสิทธิภาพ ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ อันนำไปสู่การตัดสินใจวางแผนจัดการงบประมาณด้านการเรียนการสอนของของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Niell, 2016) สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นถึง

ความสำคัญของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการณ์การเรียนออนไลน์ของผู้เรียนและผลการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา เช่นมหาวิทยาลัยในประเทศเกาหลีใต้ Ewha Womans University ได้ศึกษาว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 84 คน พบว่า ปัจจัยดังต่อไปนี้ (1)ระยะเวลาเรียนโดยรวมในระบบ LMS (2) การมีส่วนร่วมกับเพื่อนในระหว่างเรียน (3) การเข้าเรียนอย่างสม่ำเสมอในระบบ LMS ของผู้เรียนและ (4) จำนวนครั้งการดาวน์โหลด file เอกสารการสอนของผู้เรียน เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออนไลน์ ผู้เรียนทั้งหมด (Taeho Yu and Il-Hyun Jo, 2014) ตัวแปรที่ควบคุมได้ทั้งสิ้นนี้ไม่เพียงแต่คาดการณ์ผลลัพธ์การเรียนรู้ได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังวิเคราะห์ให้เห็นถึงแนวโน้มความสนใจและความตื่นตัวของผู้เรียนรวมไปถึงการเข้าใจถึงจุดแข็งและจุดอ่อนในการบริหารจัดการหลักสูตรของผู้สอนและนโยบายจากผู้บริหารในมหาวิทยาลัยเอง ซึ่งถึงแม้แนวคิดการวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์การเรียนออนไลน์จะเริ่มมีความสำคัญมากขึ้น แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานเครื่องมือและโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนการสอนออนไลน์ที่มีปริมาณมากได้อย่างเรียลไทม์และใช้งานง่าย

ดังนั้นการวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ จำเป็นต้องทำควบคู่ไปกับการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่น Jinpon and Jaroensutasinee (2019) ได้พัฒนาระบบ Dashboard Decision Support System (DDSS) ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อเป็นเครื่องมือขั้นสูงสำหรับผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการวางแผนและสร้างโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคที่มีประสิทธิภาพในชุมชนรอบโรงกลั่นน้ำมัน จังหวัดชลบุรี โดยได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อสุขภาพ (Health ICT) เพื่อให้เข้าถึงได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพของคนในชุมชน

Conceptual Framework

ผู้วิจัยได้พัฒนารอบแนวคิดในการวิจัยโดยอาศัยแนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา ดังแสดงใน Figure 1

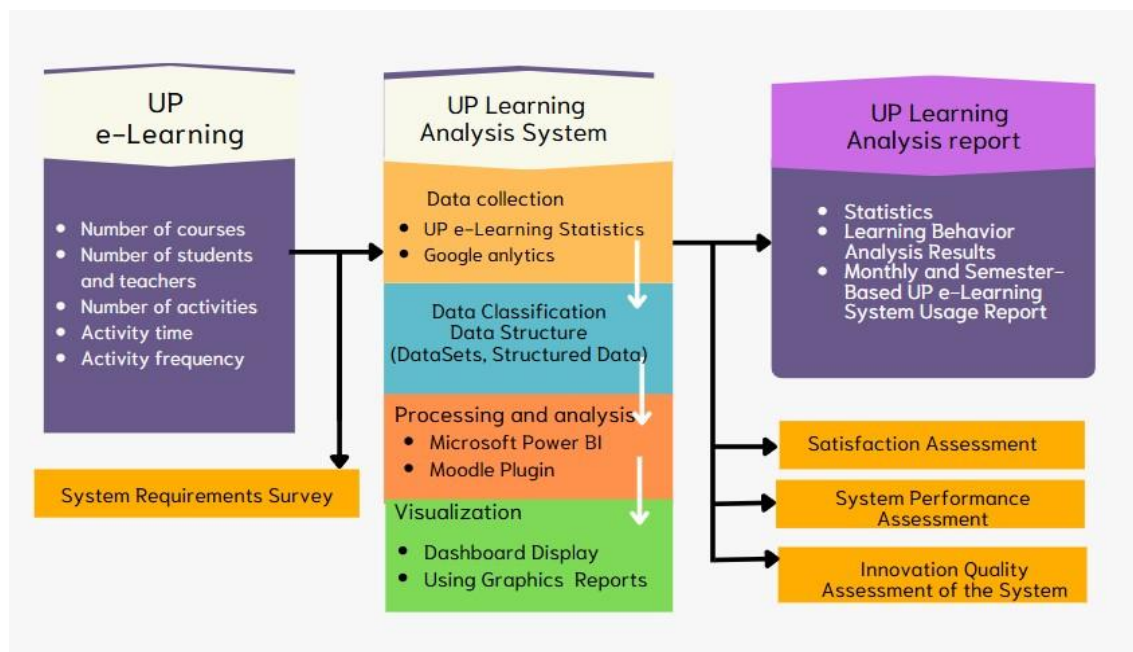


Figure 1 Research conceptual framework

จาก Figure 1 การกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยมีองค์ประกอบ 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. UP e-Learning เป็นแหล่งที่มาหลักของข้อมูลดิบเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. UP Learning Analysis System เป็นแกนกลางของระบบที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล
3. UP Learning Analysis Report เป็นการรายงานสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ออนไลน์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนสำคัญภายในองค์ประกอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถของระบบ ดังนี้

1. ส่วนการนำเข้าและรวบรวมข้อมูล(UP e-Learning Data Source) ผู้วิจัยเพิ่มการสำรวจความต้องการของเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบและพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างแท้จริง

2. ส่วนการประมวลผลและวิเคราะห์(UP Learning Analysis System) ผู้วิจัยนำเข้าข้อมูลจาก Google Analytics มาประมวลผลในโปรแกรม Power Bi นอกเหนือจากข้อมูลสถิติในระบบ UP e-Learning ที่มีอยู่เดิมเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้งานระบบที่ครอบคลุมและหลากหลายมากขึ้น เช่น จำนวนผู้เยี่ยมชม และระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละส่วนของระบบ และสถิติการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเข้าใช้งานระบบ UP e-Learning ของผู้เรียน จากนั้นผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ Moodle Plugin ในขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ กิจกรรมการเรียนรู้ในระบบ UP e-Learning การนำปลั๊กอินนี้มาใช้ช่วยเพิ่มขีดความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ที่ซับซ้อนและเฉพาะทางยิ่งขึ้น เช่น รูปแบบการมีส่วนร่วมและความก้าวหน้าในการเรียนนอกจากนั้น

3. ส่วนการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล(UP Learning Analysis Report) ผู้วิจัยเพิ่มแบบประเมิน หลังจากพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจ, แบบประเมินประสิทธิภาพระบบ และแบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบ ที่พิจารณาคุณค่าและความแปลกใหม่ของสิ่งที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถวัดผลสัมฤทธิ์และนำข้อมูลไปปรับปรุงระบบได้อย่างรอบด้าน

Methodology

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ที่มีลักษณะการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยบูรณาการการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์สำหรับมหาวิทยาลัยพะเยา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กำหนดกลุ่มเป้าหมาย

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์คัดเลือกคือ มีประสบการณ์ในสาขาที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี

1.1.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน

1.1.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ จำนวน 3 คน

1.2 กลุ่มผู้ใช้งานระบบจำนวน 34 คน การกำหนดกลุ่มเป้าหมายใช้วิธีการศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) เนื่องจากเป็นกลุ่มบุคคลที่มีประสบการณ์ตรงในการใช้งานระบบจัดการเรียนการสอนออนไลน์ UP e-Learning และสามารถให้ข้อมูลที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ได้ ประกอบด้วย

1.2.1 กลุ่มอาจารย์มหาวิทยาลัยพะเยาที่ใช้บริการระบบ UP e-Learning จำนวน 31 คน

1.2.2 กลุ่มผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นเครื่องมือหลักที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Microsoft Power BI, Moodle Plugin Analytics บนฐานข้อมูล UP e-Learning และ Google Analytics

2.2 แบบสำรวจความต้องการของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ใช้ศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน

2.3 แบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ประเมินโดยผู้ใช้งานระบบ

2.5 แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

3. การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือวิจัยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยที่เป็นระบบ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีความตรงเชิงเนื้อหาและเหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ สภาพปัญหาของการจัดเก็บข้อมูลการเรียนออนไลน์ และสภาพความเป็นจริงในการรายงานผลการเรียนออนไลน์ของอาจารย์และนิสิตในระบบ UP e-Learning ในแต่ละภาคการศึกษา เพื่อให้เข้าใจบริบทและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์

3.2 การสังเคราะห์องค์ประกอบหลัก

จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ซึ่งประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ลักษณะของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ 2) แหล่งที่มาของข้อมูล 3) การเก็บรักษาข้อมูลและความปลอดภัยการใช้งาน 4) การวิเคราะห์ข้อมูล 5) การออกแบบผังความคิดของระบบและการนำเสนอข้อมูล และ 6) การใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล องค์ประกอบเหล่านี้เป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือวิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบสำรวจความต้องการของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ 2) แบบประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ และ 4) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ของมหาวิทยาลัยพะเยา

3.4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามทั้ง 4 ชุดให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทำการตรวจสอบและประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

3.5 การวิเคราะห์ผลการประเมิน IOC

ผู้วิจัยนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ตามสูตรการคำนวณค่า IOC และปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะ ผลการประเมินค่า IOC ของเครื่องมือแต่ละชุดมีดังนี้ 1) แบบประเมินความพึงพอใจ ได้ค่า IOC = 0.92 2) แบบประเมินคุณภาพนวัตกรรม ได้ค่า IOC = 0.97 3) แบบสำรวจความต้องการ ได้ค่า IOC = 0.93

และ 4) แบบประเมินประสิทธิภาพ ได้ค่า IOC = 0.97 ซึ่งค่า IOC ทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 0.5 แสดงว่าเครื่องมือมีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้

3.6 การขอรับรองจริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ยื่นขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยปรับปรุงแบบสอบถามและกระบวนการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการ เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามหลักจริยธรรมและมาตรฐานสากล

3.7 การจัดทำเครื่องมือวิจัยในรูปแบบดิจิทัล

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ทั้ง 4 ฉบับมาสร้างเป็นแบบสอบถามออนไลน์ด้วย Microsoft Forms เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บข้อมูล

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มเป้าหมาย ในช่วงปีการศึกษา 2567 โดยมีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

4.1 การเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้ใช้งานระบบ

ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูล ความต้องการของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์และแบบประเมินความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ สำหรับ ผู้บริหาร สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ และอาจารย์มหาวิทยาลัยพะเยาที่ใช้บริการระบบ UP e-Learning การดำเนินการนี้เป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยและการขอความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การเก็บข้อมูลเป็นไปด้วยความโปร่งใสและถูกต้องตามระเบียบของมหาวิทยาลัย พร้อมแนบ QR code และ Link สำหรับเข้าทำแบบสอบถามออนไลน์ Microsoft Forms โดยตั้งค่าให้ 1 บัญชีกรอกข้อมูลได้เพียง 1 ครั้ง เพื่อป้องกันการตอบถามซ้ำ ซึ่งเป็นการควบคุมคุณภาพข้อมูลและป้องกันการบิดเบือนผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการตอบแบบสอบถามหลายครั้งโดยบุคคลเดียวกัน

4.2 การเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศ จำนวน 3 ท่าน สำหรับการประเมินประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ เพื่อประเมินคุณภาพทางเทคนิคของระบบ ความปลอดภัยของข้อมูล ประสิทธิภาพการประมวลผลและความเสถียรของระบบได้อย่างถูกต้อง

กลุ่มที่ 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ จำนวน 3 ท่าน สำหรับการประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนการสอน เพื่อประเมินความเหมาะสมทางการศึกษา ความสอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนการสอน และประโยชน์ที่ระบบจะนำมาสู่การพัฒนาคุณภาพการศึกษา

การเชิญผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 กลุ่มนี้ทำผ่านหนังสือเชิญอย่างเป็นทางการ พร้อมแนบ QR Code และลิงก์แบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Microsoft Forms ระบบนี้ถูกกำหนดให้หนึ่งบัญชีสามารถกรอกข้อมูลได้เพียงครั้งเดียว เพื่อรักษาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและป้องกันการประเมินซ้ำ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์การวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สำหรับการอธิบายลักษณะของข้อมูลและการแปลผลระดับความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบ และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สำหรับการตีความและสรุปผลข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ตอบแบบสอบถาม

6. ขั้นตอนการพัฒนา

การพัฒนากระบวนการเรียนออนไลน์ในงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดวัฏจักรการพัฒนากระบวนการ (System Development Life Cycle: SDLC) ตามแนวทางของเกียรติพงษ์ อุดมชนะธีระ (2562) เป็นกรอบในการดำเนินงาน โดยประกอบด้วย 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาการเข้าถึงข้อมูลการใช้งานระบบจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในระบบ UP e-Learning ซึ่งพบว่า ระบบปัจจุบันมีข้อจำกัดในหลายประเด็น อาทิ ข้อมูลการใช้งานมีปริมาณมากแต่ไม่สามารถประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการรายงานข้อมูลอยู่ในรูปแบบเอกสารทั่วไป ไม่มีเครื่องมือค้นหาข้อมูลที่รวดเร็วและสะดวก รวมทั้งขาดวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ ส่งผลให้ผู้บริหารและอาจารย์ขาดข้อมูลสนับสนุนในการพิจารณาการตัดสินใจและการติดตามพฤติกรรมการเรียนการสอน

6.2 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ผู้วิจัยใช้วิธีการสำรวจความต้องการการใช้งานระบบวิเคราะห์การเรียนการสอน (Requirement Analysis) โดยการศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) กับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ อาจารย์และผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เป็นผู้ใช้งานจริงในระบบ UP e-Learning

6.3 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการศึกษาปัญหาระบบงานปัจจุบันและความต้องการของผู้ใช้งานมาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยวิเคราะห์องค์ประกอบที่จำเป็นต่อระบบในภาพรวม ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือที่จะใช้ในการพัฒนาระบบ ประเมินโอกาสและความเป็นไปได้ในการพัฒนา รวมทั้งระบุอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น

6.4 การออกแบบระบบ (System Design) ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ระบบมาออกแบบการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องมือหลากหลาย ประกอบด้วย การใช้โปรแกรม Draw.io ในการออกแบบแผนผังบริบท (Context Diagram) การใช้โปรแกรม Canva ออกแบบแผนผังความคิดการทำงานของระบบในภาพรวม (Activity Diagram) และ การใช้โปรแกรม Microsoft Power BI ในการออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) และความสัมพันธ์ของข้อมูลประเภทต่าง ๆ (Data Relationships Model) การออกแบบนี้คำนึงถึงความเชื่อมโยงและประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูล

6.5 การพัฒนาระบบ (System Development) ผู้วิจัยใช้เครื่องมือหลักในการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนการสอน คือ Microsoft Power BI และ Moodle Plugin Analytics โดยเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล UP e-Learning และฐานข้อมูล Google Analytics เป็นแหล่งข้อมูลหลัก

6.6 การทดสอบระบบ (System Testing) เมื่อการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบในสองระดับ ได้แก่ การทดสอบโดยผู้ใช้งานจริง คือ อาจารย์ที่ใช้งานระบบ UP e-Learning และผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ และการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศจำนวน 3 ท่าน ที่ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเรียนการสอน โดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อแก้ไขปรับปรุงและให้เกิดความมั่นใจว่าระบบมีความถูกต้องและเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานก่อนนำไปใช้งานจริง

6.7 การประเมินผลการใช้งานระบบ (System Evaluation) ผู้วิจัยดำเนินการประเมินระบบโดยแบ่งการประเมินเป็น 2 ชุดหลัก คือ 1) การประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมเพื่อหาค่าความสอดคล้องเหมาะสมของระบบ (Index of Item Objective Congruence: IOC) และ 2) การประเมินความพึงพอใจของระบบโดยอาจารย์และผู้บริหาร โดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ผลการประเมินจะนำไปวิเคราะห์และอภิปรายผล

Results

1. ผลศึกษาการออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา (ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1) ผู้วิจัยใช้รูปแบบ วงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งมีกระบวนการดังต่อไปนี้

1.1 ผลการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์

ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลและออกแบบระบบ ผู้วิจัยวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานซึ่งจากการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งานระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ด้วยแบบสอบถาม ซึ่งเป็นอาจารย์ ที่ใช้งานระบบ UP e-Learnig และผู้บริหารสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้นจำนวน 34 คน สามารถสรุปข้อมูลออกมาได้ดังนี้

Table 1 shows general information of the respondents.

Position	Frequency (N)	Percentage (%)
Instructors	31	91.17
Executives	3	8.82
Total	34	100

จาก Table 1 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นอาจารย์จำนวน 31คน คิดเป็นร้อยละ 91.17 และเป็นผู้บริหารจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.82

Table 2 Index of Item–Objective Congruence (IOC) for Needed Statistical Data in Online Learning Management

Online Learning Statistical Data Item	IOC	IOC	Consistency Judgment
	(Instructors)	(Executives)	
1. Number of available courses	0.74	1.00	Consistent
2. Number of logins	1.00	1.00	Consistent
3. Number of content views	1.00	1.00	Consistent
4. Number of video lesson views	1.00	0.67	Consistent
5. Time of online access	1.00	1.00	Consistent
6. Usage frequency per test item	0.32	0.67	Inconsistent(Instructors) Consistent (Executives)
7. Number of downloads for course materials	0.90	0.67	Consistent
8. Number of successful assignment submissions	1.00	0.67	Consistent
9. Number of students completing the course	0.65	1.00	Consistent
10. System access by device type	0.87	1.00	Consistent

จาก Table 2 พบว่าข้อมูลที่อาจารย์ต้องการมากที่สุดคือ ข้อมูลจำนวนครั้งการเข้าชมวิดีโอบทเรียน, ข้อมูลจำนวนครั้งในการเข้าเรียน (login), ข้อมูลจำนวนการดูเนื้อหา (Content view), ข้อมูลช่วงเวลาที่เข้าเรียนออนไลน์, ข้อมูลจำนวนนักเรียนที่สำเร็จหลักสูตร และข้อมูลด้านจำนวนการส่งการบ้านสำเร็จ (Assignment submission counts) (IOC=1.0) และข้อมูลที่ไม่แน่ใจ หรือยังไม่ต้องการ คือ ข้อมูลจำนวนครั้งการใช้ข้อสอบแต่ละคณะ (IOC=0.32)

ในส่วนข้อมูลที่ผู้บริหารต้องการมากที่สุดคือ ข้อมูลจำนวนวิชาที่เปิดหลักสูตร, ข้อมูลจำนวนครั้งในการเข้าเรียน (login), ข้อมูลจำนวนการดูเนื้อหา (Content view), ข้อมูลช่วงเวลาที่เข้าเรียนออนไลน์, ข้อมูลจำนวนนักเรียนที่สำเร็จหลักสูตร และข้อมูลการเข้าใช้งานระบบผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ มีความต้องการ มากที่สุด (IOC=1.0)

1.2 การออกแบบและพัฒนาการทำงานของระบบ แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.2.1 การออกแบบและพัฒนาการทำงานของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ในส่วนของอาจารย์

1.2.1.1 การออกแบบแผนผังความคิด กระบวนการทำงาน

จากการสำรวจความต้องการใช้งานระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ในส่วนของอาจารย์ ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างกระบวนการทำงานของระบบโดยใช้แนวทางการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-Centered Design) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ แผนผังความคิด (Mind Map) และแผนผังการไหลของงาน (Flow Chart) ดังแสดงใน Figure 2

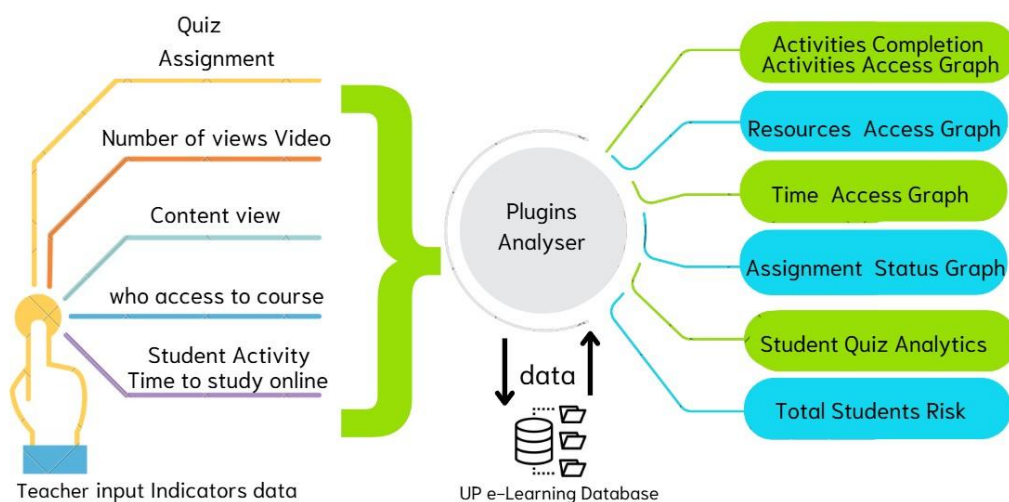


Figure 2 shows a conceptual diagram of the online learning analysis system's workflow and teacher rights

1.2.2 ออกแบบ Flow Chart กระบวนการทำงานในส่วนของอาจารย์ เพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบตั้งแต่อาจารย์เข้าสู่ระบบ การตรวจสอบสิทธิ์ การเลือกรายวิชาการเข้าถึงข้อมูลการวิเคราะห์ และการสร้างรายงาน ดังแสดงใน Figure 3

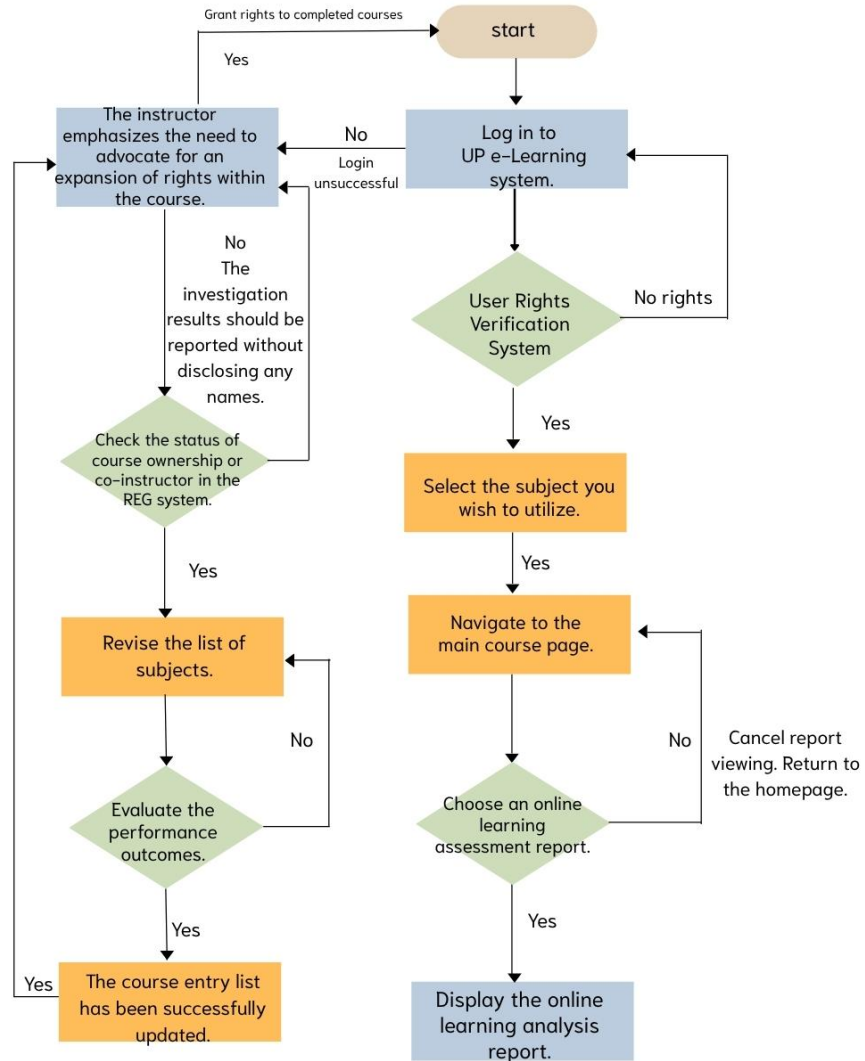


Figure 3 shows the Flow Chart of the work process under the teacher's rights

1.3 การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ ในส่วนของอาจารย์

ในขั้นตอนการพัฒนา ระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจและประเมินความเหมาะสม ของส่วนเสริม หรือ Plugin Moodle จากการประเมินและคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์ประเมิน 5 ด้าน ตามแนวทางของ Jadhav & Sonar (2011) ประกอบด้วย ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics Capability) ความเข้ากันได้กับระบบ (System Compatibility)

ความง่ายในการใช้งาน(Usability) ความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security) และประสิทธิภาพการทำงาน (Performance) โดยมี Plugin Moodle ที่มีเกณฑ์การประเมินและคัดเลือก จำนวน 9 Plugin ดังนี้

1. Plugin – Analytics graphs คือแผนภูมิกราฟ
2. Plugin – Access Graph คือแผนภูมิการเข้าถึงเนื้อหา
3. Plugin – Assignment submissions คือแผนภูมิการส่งการบ้าน
4. Plugin – Hits Distribution คือแผนภูมิการความถี่ช่วงเวลาการเข้าชมบทเรียน รายสัปดาห์
5. Plugin – Activity completion คือการตรวจสอบรายชื่อผู้เรียนที่เข้าทำกิจกรรม

- 6. Plugin – Quiz analytic คือการวิเคราะห์การสอบของผู้เรียน
- 7. Plugin – Number of active students คือแผนภูมิจำนวนผู้เรียนที่มีการเรียนในรอบ 24 ชั่วโมง
- 8. Plugin – Course participation คือการตรวจสอบการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในรายวิชา
- 9. Plugin – Completion Progress คือการติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน

1.4 การติดตั้ง (Deployment)

หลังจากที่ผู้วิจัยคัดเลือกปลั๊กอิน(Plugin) ที่มีคุณสมบัติสามารถวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ได้ตรงตามความต้องการใช้งานทั้งสิ้น 9 รายการแล้ว จึงดำเนินการติดตั้งลงในระบบ UP e-Learning โดยใช้สถาปัตยกรรมการติดตั้ง Plugin Moodle (Plugin Moodle Integration Architecture) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงใน Figure 4

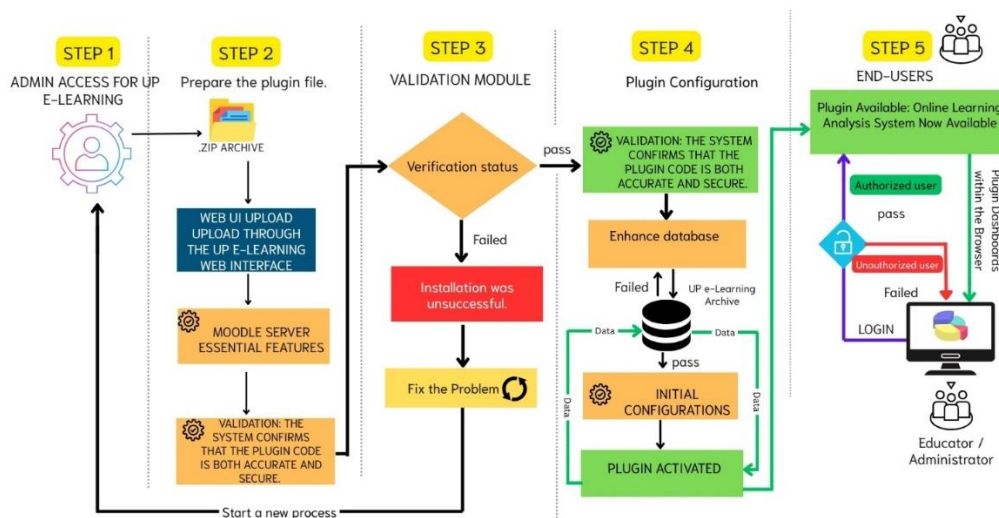


Figure 4 shows the Moodle Plugin Integration Architecture installation process.

จาก Figure 4 แสดงให้เห็นถึงสถาปัตยกรรมและกระบวนการ การติดตั้งและตรวจสอบปลั๊กอิน (Plugin Moodle) ระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ในระบบ UP e-Learning โดยมีขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ (Admin Login) ผู้ดูแลระบบทำการยืนยันตัวตนเพื่อเข้าสู่ระบบ e-Learning ด้วยบัญชีที่มีสิทธิ์ระดับสูงสุด

ขั้นตอนที่ 2: การเตรียมและอัปโหลดปลั๊กอิน (Plugin Preparation and Upload) ผู้ดูแลระบบเตรียมไฟล์ปลั๊กอินในรูปแบบ .zip และอัปโหลดไฟล์ผ่านหน้าเว็บไซต์ของระบบ UP e-Learning ระบบ Moodle จะเริ่มกระบวนการหลักบนเซิร์ฟเวอร์และมีการตรวจสอบเบื้องต้น (Initial Validation) ว่าโค้ดปลั๊กอินถูกต้องและปลอดภัย

ขั้นตอนที่ 3: การตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Plugin) ระบบจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของปลั๊กอิน หากผ่านการตรวจสอบจะเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป หากไม่ผ่าน (Installation Failed) ผู้ดูแลระบบจะต้องแก้ไขปัญหาและเริ่มกระบวนการใหม่

ขั้นตอนที่ 4: การติดตั้งและตั้งค่า (Installation and Configuration) ระบบจะทำการตรวจสอบอีกครั้ง (Re-validation) อัปเดตฐานข้อมูล (Database Upgrade) และตั้งค่าเบื้องต้น (Initial Settings) เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยปลั๊กอินจะถูกเปิดใช้งาน (Plugin Activated)

ขั้นตอนที่ 5: การใช้งานโดยผู้ใช้ปลายทาง (End-user Access) ปลั๊กอินที่ติดตั้งเสร็จสมบูรณ์จะปรากฏเป็นเมนูระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ใหม่ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ใช้งาน โดยระบบจะตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งานก่อนอนุญาตให้เข้าถึงฟีเจอร์ต่าง ๆ

1.5 การทดสอบระบบ Plugin Moodle (Integration Test)

ผู้วิจัยได้ประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของส่วนเสริม (Plugin Moodle) ที่ติดตั้งบนระบบ UP e-Learning ผ่านกระบวนการทดสอบ 4 ระดับหลัก ได้แก่

1. การทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) ผู้วิจัยตรวจสอบการทำงานของฟังก์ชันเฉพาะส่วนภายใน Plugin เช่น การเลือกเงื่อนไขหัวข้อรายงานการวิเคราะห์ การกำหนดช่วงเวลารายงาน และการส่งออกรายงานในรูปแบบ PDF และ Excel

2. การทดสอบเชิงบูรณาการ (Integration Testing) ผู้วิจัยตรวจสอบการเชื่อมต่อและการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Plugin กับฐานข้อมูลระบบ UP e-Learning ซึ่งเป็นระบบหลัก เพื่อให้แน่ใจว่าทั้งสองส่วนทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง

3. การทดสอบระดับระบบ (System Testing) ผู้วิจัยประเมินการทำงานของระบบ UP e-Learning ทั้งระบบหลังการติดตั้ง Plugin เพื่อยืนยันว่าระบบโดยรวมยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกัน

4. การทดสอบด้านความปลอดภัย (Security Testing) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบด้านความปลอดภัย โดยมุ่งเน้นการจัดการสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล (Authorization) ตามบทบาทของผู้ใช้งาน (Role-Based Access Control) เพื่อตรวจสอบว่า เฉพาะผู้ใช้งานที่มีบทบาทเป็น "อาจารย์ผู้สอน" (Teacher Role) ที่สามารถเข้าถึงและดูรายงานข้อมูลการเรียนออนไลน์ได้ นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบในบทบาท "ผู้เรียน" (Student Role) เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนจะไม่สามารถมองเห็นเมนูหรือเข้าถึงหน้ารายงานดังกล่าวได้ เป็นการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างสมบูรณ์

1.6 ตัวอย่างภาพหน้าจอ Plugin Moodle ระบบ Completion Progress การติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนที่ทำงานอยู่ภายในระบบ UP e-Learning ซึ่งแสดงภาพรวมของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักศึกษาในรูปแบบของแดชบอร์ด (Fowler Jonathon, 2022) โดยมีส่วนประกอบและฟังก์ชันการทำงาน ดังแสดงใน Figure 5 และตัวอย่างภาพหน้าจอ แสดงการทำงานของระบบ Access Graph – แผนภูมิแท่งแนวนอน ซึ่งรายงานการเข้าถึงเนื้อหารายวิชาของผู้เรียน และระบบ Assignment submissions Report แผนภูมิแท่งแนวตั้งแสดงสถานะการส่งการบ้านในระบบ UP e-Learning ดังแสดงใน Figure 6

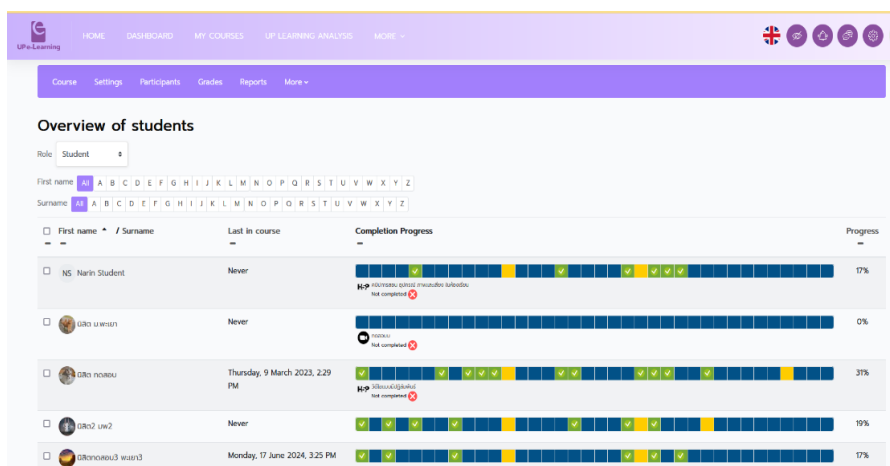


Figure 5 Screen in the Completion Progress Plugin section – Tracking student progress

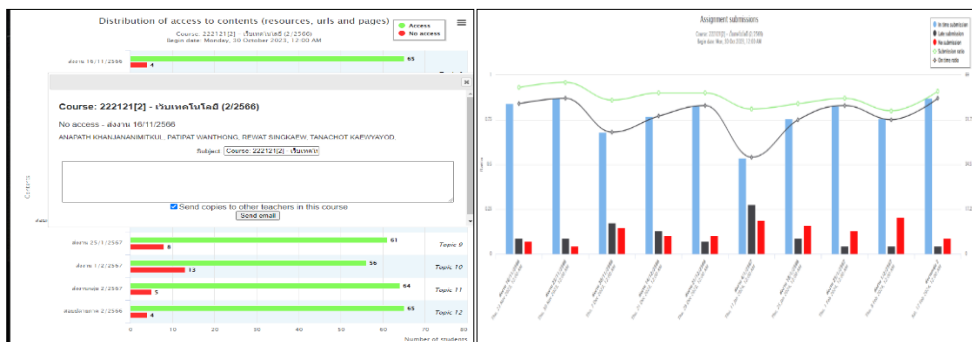


Figure 6 shows the operation of the Access Graph system and the Assignment submissions Report system in the UP e-Learning system

เมื่อระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์พร้อมใช้งาน ผู้วิจัยจึงจัดทำคู่มือการใช้งานในรูปแบบสื่อวิดีโอเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้งานระบบและทำการประชาสัมพันธ์ในช่องทางต่างๆ เช่นกลุ่มไลน์ผู้งานระบบ UP e-Learning รวมถึงแบนเนอร์ประชาสัมพันธ์จัดส่งทางอีเมลเพื่อให้อาจารย์ ได้เข้าไปศึกษาและทดสอบการใช้งานเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนประเมินผลความพึงพอใจในขั้นต่อไป

2. การออกแบบและพัฒนาการทำงานของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ในส่วนของผู้บริหาร

2.1 วิเคราะห์ปัญหากระบวนการทำงานในแบบเดิม

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงาน ในรูปแบบเดิมของการจัดส่งรายงานให้กับผู้บริหาร (Figure 7) พบว่ากระบวนการทั้งหมดจะเป็นลักษณะการสรุปและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบเอกสารมีการลงนามรับทราบตามกระบวนการงานสารบัญ และตามระเบียบปฏิบัติของมหาวิทยาลัย การรายงานในรูปแบบเอกสารนี้เป็นวิธีการที่ใช้มานานหลายปี ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของความเร็วในการอัปเดตข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ หากมีความต้องการข้อมูลย้อนหลังหลายปีที่ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากในการรวบรวมข้อมูลสรุปส่งรายงานให้กับผู้บริหาร

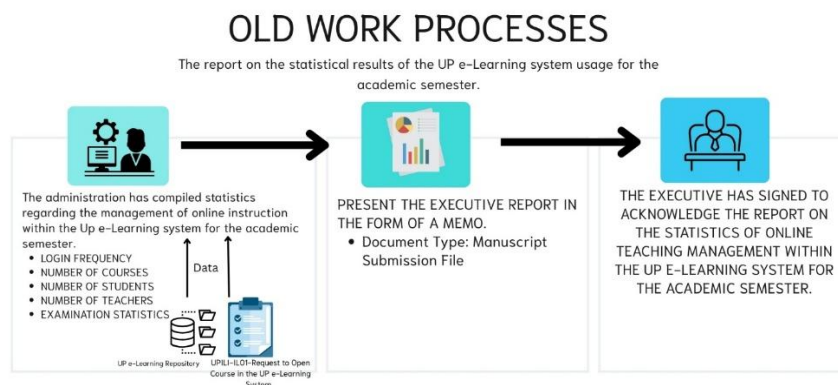


Figure 7 shows the original workflow for submitting a report to management.

2.2 วิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานในแบบใหม่

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลความต้องการระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ในส่วนของผู้บริหาร และได้ออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานใหม่ได้ ดังแสดงใน Figure 8

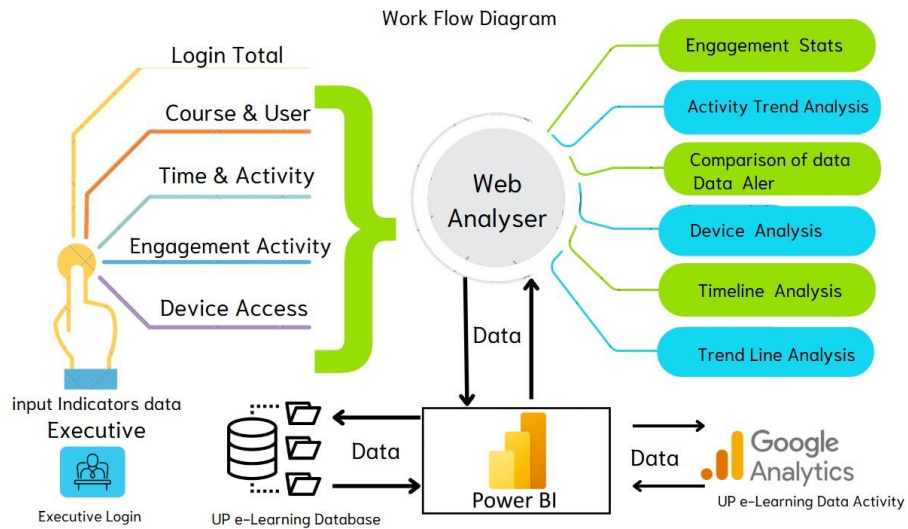


Figure 8 New workflow concept map for submitting UP e-Learning service reports to executives

ในการศึกษาระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์สำหรับผู้บริหาร ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ระบบด้วย Context Diagram (แผนภาพบริบท) ดังแสดงใน Figure 9 เพื่ออธิบายภาพรวมของระบบ โดยแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างระบบกับผู้ใช้งาน พร้อมทั้งแสดงข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบและข้อมูลที่ออกจากระบบอย่างชัดเจน

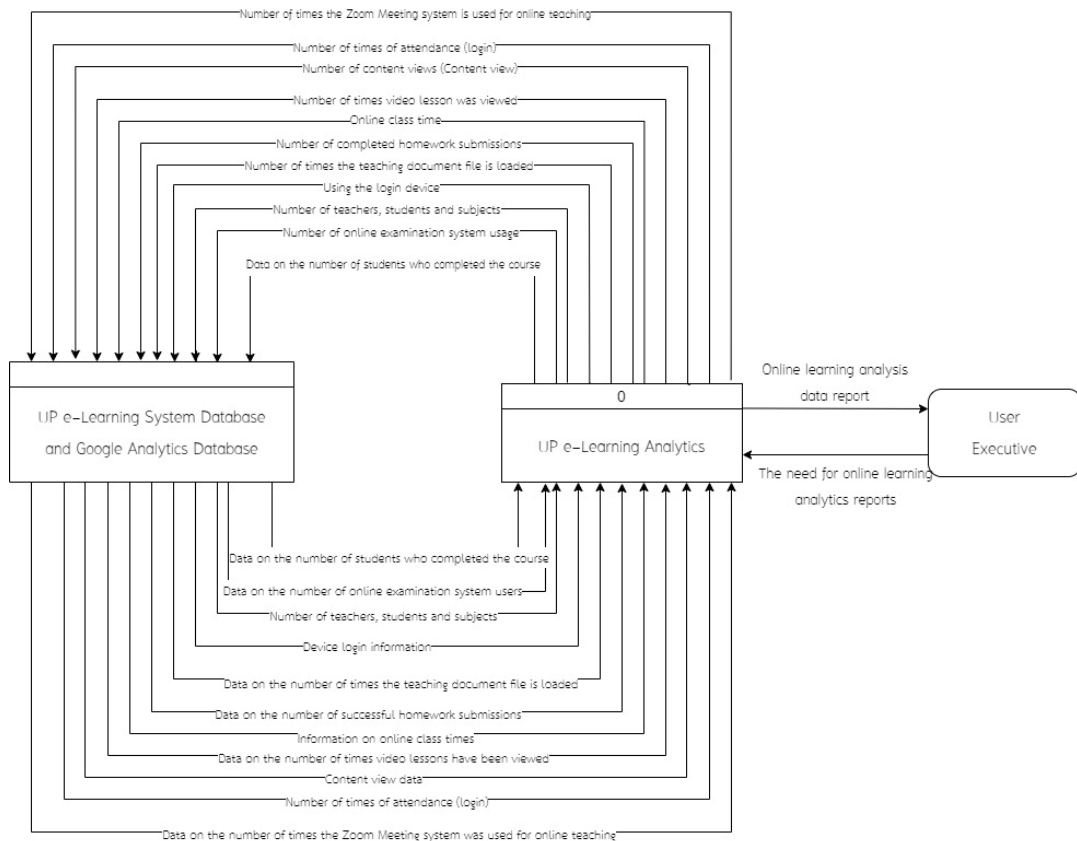


Figure 9 shows the Context Diagram (Level 0) of the system in the management section.

การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล(Database Design) จัดทำในโปรแกรม Power BI โดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนการสอนออนไลน์ นำเข้าข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ Excel, CSV และ Google Analytics จากนั้นจึงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตารางข้อมูล ตัวอย่าง ดังแสดงใน Figure 10

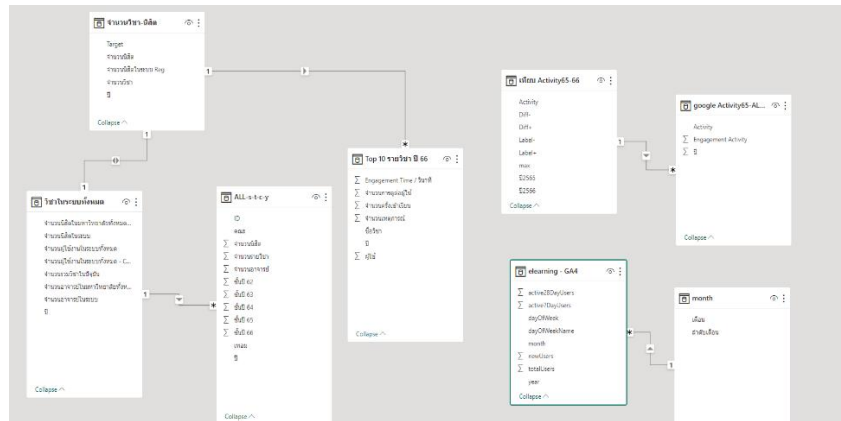


Figure 10 shows the database design and relationships between different types of data in Microsoft Power BI

2.3 การนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม Power Bi (Power Bi Data Integration Architecture)

หลังจากผู้วิจัย ออกแบบความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลประเภทต่าง ๆ เสร็จสิ้น จึงดำเนินการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม Power Bi เพื่อพัฒนาออกมาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีแผนผังการประสานข้อมูล ดังแสดงใน Figure 11

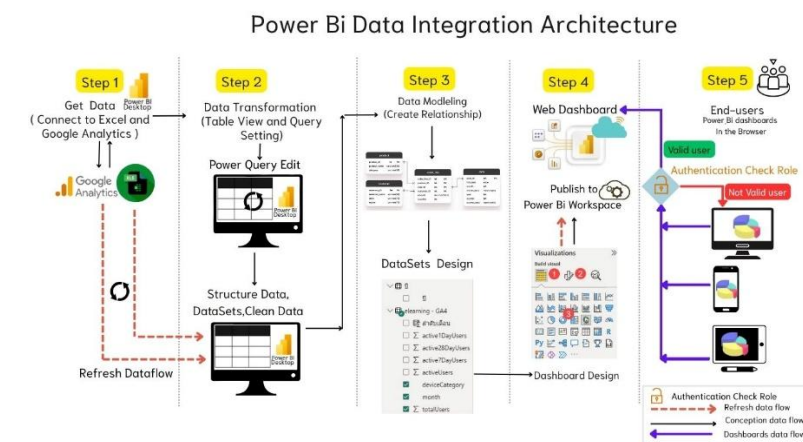


Figure 11 Managing data in Microsoft Power BI (Power Bi Data Integration Architecture) in the management section

2.4 การติดตั้งระบบ มีองค์ประกอบต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 (Get data) เริ่มจากการดึงข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น Excel และ Google Analytics ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานของ Power BI

ขั้นตอนที่ 2 (Data Transformation) ใช้ Power Query Edit ภายใน Power BI Desktop เพื่อปรับแก้และจัดโครงสร้างข้อมูลให้สะอาดและพร้อมใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 (Data Modeling) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตารางข้อมูลและออกแบบชุดข้อมูล (DataSets) ภายใน Power BI Desktop

ขั้นตอนที่ 4 (Web Dashboard) สร้างภาพวิเคราะห์ (Visualizations) และออกแบบแดชบอร์ด จากนั้นเผยแพร่ (Publish) ไปยัง Power BI Workspace ซึ่งเป็นบริการบนคลาวด์โดยผู้วิจัยทำการสร้าง เว็บแอปพลิเคชัน ด้วยภาษา PHP เพื่อสร้างหน้าตาการใช้งานสำหรับผู้บริหารเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 (End-users) ผู้ใช้งานปลายทางสามารถเข้าถึงแดชบอร์ดของ Power BI ผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยการ login เพื่อตรวจสอบสิทธิการเข้าถึงรายงาน บนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ และแท็บเล็ต

2.5 การทดสอบระบบ (Integration Test)

ผู้วิจัยได้ทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ในโปรแกรม Power BI ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยผ่านกระบวนการทดสอบ 4 ระดับหลัก ได้แก่

1. การทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) การทดสอบนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบการทำงานของฟังก์ชันเฉพาะส่วนที่เชื่อมโยงระหว่าง ข้อมูล (Data) และ หน้าจอแสดงผล (Visual Dashboards) โดยมีประเด็นทดสอบ ดังนี้ 1) การกำหนดเงื่อนไขข้อมูลในการแสดงรายงาน (Data Filtering Conditions) 2) การกำหนดช่วงเวลารายงาน (Time Range Definition) 3) การแสดงผลข้อมูลแบบโต้ตอบและการอัปเดตแบบเรียลไทม์ (Interactive Data Visualization and Real-time Updates) 4) การจัดการกับการเรียงลำดับและการกรองข้อมูล (Sorting and Filtering Data Management)

2. การทดสอบการเชื่อมต่อข้อมูล (Integration Testing) ผู้วิจัยเน้นการตรวจสอบ การเชื่อมต่อและการส่งผ่านข้อมูล ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของฟังก์ชัน Get Data ของ Power BI กับแหล่งข้อมูลภายนอกที่หลากหลาย เช่น Excel และ Google Analytics เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลสามารถไหลผ่านและถูกประมวลผลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

3. การทดสอบระดับระบบ (System Testing) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะทำการประเมินการทำงานของระบบโดยรวมในทุกส่วน เช่นความเร็วในการโหลดหน้าเว็บ การตอบสนองของระบบเมื่อมีการเรียกดูข้อมูล และเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้งาน สามารถทำงานร่วมกับ Power BI ได้อย่างไม่มีปัญหา

4. การทดสอบด้านความปลอดภัย (Security Testing) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบด้านความปลอดภัย โดยมุ่งเน้นที่การจัดการสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล (Authorization) ตามบทบาทของผู้ใช้งาน (Role-Based Access Control) เพื่อตรวจสอบว่า เฉพาะผู้ใช้งานที่มีบทบาทเป็น "ผู้บริหาร และ admin เท่านั้น ที่สามารถเข้าถึงและดูรายงานข้อมูล การเรียนออนไลน์ได้

2.6 การออกแบบหน้าจอ ในการออกแบบหน้าจอ (UI/UX Design) ของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์สำหรับผู้บริหาร ดังแสดงใน Figure 12 and 13 แสดงถึงการสร้างอินเทอร์เฟซที่เน้นความเรียบง่ายและเข้าใจง่าย เพื่อให้ผู้บริหารเข้าถึงข้อมูลสำคัญได้อย่างรวดเร็ว ระบบนำเสนอข้อมูลด้วยการแสดงภาพ (Data Visualization) ผ่านกราฟและ Dashboard ที่ชัดเจนสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจได้ทันที

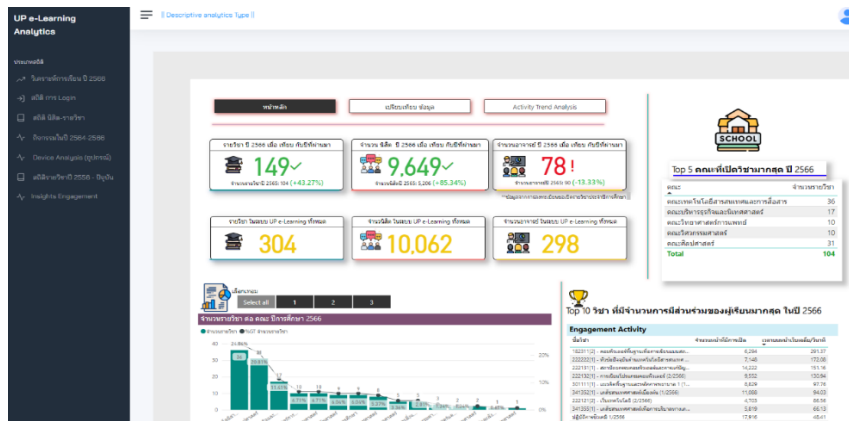


Figure 12 แสดง หน้าจอหลักของระบบ ในส่วนของผู้บริหาร สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยพะเยา



Figure 13 หน้าจอแสดงสถิติการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเข้าระบบ UP e-Learning ข้อมูลจาก Google Analytics

จาก Figure 13 แสดงถึงสถิติการใช้งานระบบ UP e-Learning ผ่านอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ ,มือถือ,และ Tablet ในการเข้าระบบ UP e-Learning ระบบสามารถเสื่อกดูข้อมูลแยกเป็นปีการศึกษา ในรูปแบบของกราฟแท่ง และกราฟวงกลม เมื่อคลิกที่ช่วงเดือนระบบจะแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ในทั้ง 2 กราฟ โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บ ข้อมูลจาก Google Analytics ตั้งแต่ปี 2566 จนถึงปี 2568 เพื่อต้องการวิเคราะห์หาค่าสถิติแนวโน้มต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากพฤติกรรมกรเรียนผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียนในระบบ UP e-Learning ในระยะเวลา 3 ปี

2. ผลประเมินประสิทธิภาพระบบและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ (ตาม วัตถุประสงค์ข้อที่ 2)

2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้วิจัยได้เชิญ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี มาเป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพของระบบ (Table 3) โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ด้าน วิธีประเมินใช้ มาตรฐานอันดับ (Rating Scale) เชิงคุณภาพ 5 ระดับ การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นลักษณะการหาค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานได้ทำการแสดงผลตามตารางที่ 3 และมีความหมาย ของข้อมูลต่อไปนี้ (Prakobpon, 2020)

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ประสิทธิภาพ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ประสิทธิภาพ มาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ประสิทธิภาพ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ประสิทธิภาพ น้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ประสิทธิภาพ น้อยที่สุด

Table 3 Expert Evaluation of System Performance.

EVALUATION CRITERIA FOR SYSTEM PERFORMANCE	\bar{X}	S.D.	EFFICIENCY LEVEL
1 Data security	5.00	0.00	Very High
2 Data Correctness	4.89	0.19	Very High
3 Function Requirement	4.50	0.58	Very High
4 Usability Test	4.44	0.29	High
5 Performance Test	4.33	0.29	High
Total	4.63	0.27	Very High

จาก Table 3 พบว่า ระดับประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.63$, S.D. = 0.27) เมื่อแยกเป็นประเด็นแต่ละด้านพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ($\bar{x} = 5.00$, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Correctness) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.89$, S.D. = 0.19) และรายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด คือ ด้านประสิทธิภาพ (Performance Test) อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.29)

2.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการประเมินเป็น 2 กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริหาร และอาจารย์ โดยใช้โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผลการประเมินมี ดังนี้

2.2.1 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริหาร ผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

Table 6 Executives' Satisfaction with the Online Learning Analytics System

No.	Aspect / Dimension	\bar{X}	S.D.	Satisfaction Level
1	Data Storage and Security	4.84	0.41	Very High
2	Data Analysis	4.67	0.00	Very High
3	Data Source	4.67	0.00	Very High
4	Data Presentation and Design	4.56	0.30	Very High
5	Utilization of Analysis Results	4.47	0.27	Very High
6	Characteristics of Data for Analysis in UP e-Learning	4.20	0.21	High
	Overall	4.56	0.19	Very High

จาก Table 6 พบว่า ความพึงพอใจของผู้บริหารที่มีต่อระบบ วิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ ในภาพรวม ทั้ง 6 ด้าน พบว่า อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x} = 4.56$, S.D =0.19) เมื่อแยกเป็นประเด็นแต่ละด้านพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการเก็บรักษาข้อมูลและความปลอดภัยการใช้งาน มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.84$, S.D =0.41) รองลงมา คือ ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและตำแหน่งที่มาของข้อมูล อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.67$, S.D =0.00) และ รายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด คือ ด้านลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ในระบบ UP e-Learning อยู่ใน ระดับมาก ($\bar{x} = 4.20$, S.D =0.20)

2.2.2 แบบประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

Table 7 Instructors Satisfaction with the Online Learning Analytics System

No.	Items	\bar{x}	S.D.	Satisfaction Level
1	Design and Data Presentation	4.85	0.39	Very High
2	Utilization of Analysis Results	4.73	0.39	Very High
3	Data Analysis	4.68	0.47	Very High
4	Nature of Data for Analysis in the UP e-Learning System	4.61	0.50	Very High
5	Data Storage and Security	4.60	0.50	Very High
6	Data Sources	4.42	0.54	High
Overall		4.65	0.47	Very High

จาก Table 7 พบว่าความพึงพอใจเฉลี่ยรวมของอาจารย์ ที่มีต่อระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ใน 6 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.65$, S.D =0.47) และรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการออกแบบและการนำเสนอข้อมูล ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.85$, S.D =0.39) รองลงมาคือ ด้านการใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.73$, S.D =0.39)

Table 8 Detailed Analysis of Instructors Satisfaction with the Online Learning Analytics System

1. Nature of Data for Analysis		\bar{x}	S.D.	Satisfaction Level
1.1	Frequency of downloading course materials	4.87	0.36	Very High
1.2	Login frequency	4.84	0.39	Very High
1.3	Frequency of test attempts and score access	4.77	0.43	Very High
1.4	Time patterns of online access	4.65	0.48	Very High
1.5	Number of successful assignment submissions	4.65	0.48	Very High
1.6	System access logs from various devices	4.61	0.49	Very High
1.7	Frequency of course content views	4.58	0.49	Very High
1.8	Frequency of lecture video views	4.58	0.49	Very High
1.9	Number of students who completed the course	4.39	0.49	High
1.10	Number of courses offered	4.16	0.86	High
Overall for Section 1		4.61	0.50	Very High

2. Data Sources				
2.1	Learning activities logged in the UP e-Learning database	4.35	0.48	High
2.2	UP e-Learning System usage data from Google Analytics	4.29	0.66	High
Overall for Section 2		4.32	0.57	High
3. Data Storage and Security				
3.1	Role-based access control preventing unauthorized access	4.90	0.33	Very High
3.2	Data is securely stored within the UP e-Learning database	4.29	0.66	High
Overall for Section 3		4.60	0.49	Very High
4. Data Analysis				
4.1	Use of graphs for data comparison and trend analysis	4.68	0.47	Very High
4.2	Data grouping by time periods (e.g., month, year)	4.68	0.47	Very High
4.3	Calculation of descriptive statistics (e.g., sum, mean, percentage)	4.68	0.47	Very High
4.4	Effectiveness of the online learning data analysis	4.68	0.47	Very High
Overall for Section 4		4.68	0.47	Very High
5. Design and Data Presentation				
5.1	Single-screen data summary and status display (Dashboard)	4.90	0.33	Very High
5.2	Aesthetics of data display (e.g., use of color, data visualization graphics)	4.90	0.33	Very High
5.3	Clarity and readability of tables and text	4.90	0.33	Very High
5.4	Usability on smartphones and tablets	4.84	0.39	Very High
5.5	Graphs are aesthetically pleasing, easy to interpret, and appropriate for the data type.	4.82	0.40	Very High
5.6	System responsiveness in displaying analysis results.	4.74	0.45	Very High
Overall for Section 5		4.85	0.37	Very High
6. Utilization of Analysis Results				
6.1	Enables instructors to improve student learning outcomes and the quality of online course materials.	4.94	0.29	Very High
6.2	Enables instructors to forecast trends for planning online instruction.	4.87	0.36	Very High
6.3	Enables administrators to use analysis data to improve and support the university's online learning services.	4.81	0.41	Very High
6.4	Enables instructors to observe and understand student online learning behaviors.	4.74	0.45	Very High

6.5	Enables management to use analysis data for decision-making and forecasting trends to improve online learning policies.	4.29	0.46	High
Overall for Section 6		4.73	0.39	Very High

จาก Table 8 พบว่า อาจารย์(Instructors) มีความพึงพอใจต่อการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.68$, S.D. = 0.47) โดยเฉพาะในด้านวิธีการใช้กราฟเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อดูแนวโน้ม การจัดกลุ่มข้อมูลตามช่วงเวลา และการคำนวณสถิติต่าง ๆ ซึ่งล้วนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 คะแนน สำหรับการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูล อาจารย์ให้ความสำคัญกับข้อมูลจำนวนครั้งในการเข้ามาโหลดไฟล์เอกสารประกอบการสอนมากที่สุด ($\bar{x} = 4.87$, S.D. = 0.36) รองลงมาคือข้อมูลจำนวนครั้งในการเข้าเรียน ($\bar{x} = 4.84$, S.D. = 0.39)

ในด้านการออกแบบและการนำเสนอข้อมูล อาจารย์มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.85$, S.D. = 0.37) โดยให้ความสำคัญกับรูปแบบการสรุปข้อมูลแต่ละด้านให้อยู่ในหน้าจอเดียว (Dashboard) ความสวยงามในการแสดงผลของข้อมูล และการแสดงผลตาราง ข้อความที่อ่านง่าย สะดวก ชัดเจน ซึ่งล้วนได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 คะแนน (S.D. = 0.33) สำหรับการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้สอนสามารถนำไปปรับปรุงผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและคุณภาพของสื่อการสอนออนไลน์อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x} = 4.94$, S.D. = 0.29) ในขณะที่ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลการวิเคราะห์ไปช่วยในการตัดสินใจและคาดการณ์แนวโน้มเพื่อปรับปรุงนโยบายการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ได้ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.29$, S.D. = 0.46)

3. การประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ (ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3)

ผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จากภายนอกมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีคุณสมบัติเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในระดับอุดมศึกษาที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ทำการประเมิน ประเด็นการประเมิน ประกอบด้วย 3 ด้านได้แก่ 1) ด้านกระบวนการพัฒนา 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านการใช้งาน เป็นผู้ประเมินคุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนออนไลน์ ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ความถูกต้องตามเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาเป็นรายข้อ (Table 9) มีสูตรการคำนวณดังนี้ (Rovinelli and Hambleton, 1977)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบสอบถาม

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าแบบประเมินแต่ละข้อมีความสอดคล้องเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยหรือไม่อย่างไร การแปลผลจะมีความหมายดังนี้

- 1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมกับข้อคำถาม
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ารายการประเมินนั้นมีความเหมาะสมกับข้อคำถาม
- 1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นไม่มีความเหมาะสมกับข้อคำถาม

เกณฑ์

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50–1.00 มีคุณภาพ เหมาะสม(Appropriate) ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุง ยังใช้ไม่ได้

Table 9 Index of Item–Objective Congruence (IOC) for the Instrument

Item Description	Experts			IOC Value	Interpretation
	1	2	3		
Development Process Aspect : Refers to the research methodology for designing, developing, and studying the process to improve the efficiency and effectiveness of the original workflow.					
1. Clarity of the research problem and its alignment with the research objectives and expected benefits.	1	1	1	1.0	Appropriate
2. Appropriateness of the concepts, theories, and literature synthesis for the system development process.	1	1	1	1.0	Appropriate
3. The conceptual framework is appropriate, aligns with the target audience's needs, and allows for the measurement of those needs.	1		1	1.0	Appropriate
4. Appropriateness of the research methodology and target group selection.	1	1	1	1.0	Appropriate
5. Appropriateness of the research instrument.	1	1	1	1.0	Appropriate
6. Appropriateness of the data analysis method.	1	1	1	1.0	Appropriate
7. Clarity and appropriateness of the workflow synthesis and new process creation for the system design.	1	1	1	1.0	Appropriate
Content Aspect : Refers to the system's components and the clarity, comprehensibility, and responsiveness of the presented learning analytics data to user needs.					
1. The data types used for analysis are appropriate and align with the synthesis of relevant research and user requirement specifications.	1	1	1	1.0	Appropriate
2. The data presentation, including trend graphs and comparative tables, is appropriate, clear, and easily comprehensible with explicit descriptions.	1	1	1	1.0	Appropriate
3. Users can appropriately interact with the data visualizations (Interactive Dashboard) through clicking, selecting, or filtering to explore further details.	1	1	1	1.0	Appropriate
4. The presented analysis is beneficial, provides high–quality information, and fosters an understanding of online teaching and learning behaviors at the University of Phayao.	1	1	1	1.0	Appropriate

Item Description	Experts			IOC Value	Interpretation
	1	2	3		
Usability: Users can learn and operate the system easily, efficiently, and without complexity. The system is secure, accessible, and provides overall user satisfaction.					
1. The design of the online learning analytics system for the University of Phayao is suitable for practical implementation.	1	1	1	1.0	Appropriate
2. The development of the online learning analytics system for the University of Phayao is suitable for practical implementation.	1	1	1	1.0	Appropriate
3. The usability study of the online learning analytics system for the University of Phayao is suitable for practical implementation.	1	1	1	1.0	Appropriate
4. The analytical data is suitable for enhancing the quality of online instructional media.	0	1	1	0.67	Appropriate
5. The system's analytical results can be suitably applied to improve online teaching and learning management plans.	1	1	1	1.0	Appropriate
6. The development tools used for the system are appropriate, cost-effective, economical, and practical.	1	1	1	1.0	Appropriate
7. The analytical data is suitable for informing administrative management, planning, and policy-making for online education at the university.	0	1	1	0.67	Appropriate
8. The system is user-friendly, efficient, and uncomplicated, appropriately meeting user requirements.	1	1	1	1.0	Appropriate

จาก Table 9 ผลการคำนวณค่า IOC ได้ดังนี้

$$\text{ค่า IOC} = \frac{1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+1.0+0.67+1.0+1.0+0.67+1.0}{19}$$

19

$$\text{IOC} = \frac{18.34}{19} = 0.97$$

19

สรุปว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อคุณภาพทางนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีค่า IOC = 0.97 อยู่ในเกณฑ์ มีคุณภาพเหมาะสม (Appropriate) และใช้งานได้จริง

Table 10 Expert Evaluation of the Innovation Level of the Online Learning Analytics System at the University of Phayao

	Indicator of Innovation Level	Experts		
		Expert 1	Expert 2	Expert 3
Level 1	The online learning analytics system is a product of incremental improvement , involving partial process enhancements that lead to effective performance.			
Level 2	The online learning analytics system is a product of substantial improvement , involving the development of new processes that lead to effective performance.	/	/	/
Level 3	The online learning analytics system constitutes a breakthrough innovation or a novel body of knowledge that has not previously existed.			

จาก Table 10 พบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อระดับคุณภาพทางนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีคุณภาพความเป็นนวัตกรรม ระดับ 2 คือ ระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ เป็นผลงานที่มีการปรับปรุงการทำงานโดยพัฒนา กระบวนการใหม่ (new processes) และได้ผลการใช้งานที่ดี

Conclusion and Discussion

การวิจัยเรื่อง "การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา" ได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ 3 ประการ ซึ่งผลการวิจัยสามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

การศึกษาพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยาซึ่งได้ใช้หลักการพัฒนาระบบตามขั้นตอนของ SDLC เป็นต้นแบบในการพัฒนา และมีการนำระบบทั้งในส่วนของอาจารย์และผู้บริหาร มาทำการทดสอบ 3 ระดับ คือ 1) Unit Testing 2) Integration Testing 3) System Testing เพื่อหาจุดผิดพลาดและจุดบกพร่องของระบบ ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นเพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ Moodle Plugin Analytics และ Microsoft Power BI ในการพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา ทำให้ระบบสามารถงานได้ตามความต้องการที่กำหนดไว้ ตามวัตถุประสงค์ที่ 1

จากการสำรวจความต้องการข้อมูลการเรียนรู้ออนไลน์ของกลุ่มเป้าหมายพบว่า อาจารย์และผู้บริหารมีความต้องการสูงสุดในข้อมูลดังนี้ (1) จำนวนครั้งในการเข้าเรียน (login) (2) จำนวนการดูเนื้อหา (content view) และ (3) ช่วงเวลาที่เข้าเรียนออนไลน์ ความต้องการรองลงมา คือ จำนวนครั้งการเข้าชมวิดีโอบทเรียนและจำนวนการส่งการบ้านสำเร็จ ส่วนข้อมูลที่มีความต้องการน้อยที่สุด คือ จำนวนข้อสอบแต่ละคน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Taeho Yu & Il-Hyun Jo (2014) ที่ระบุว่าจำนวนระยะเวลาเรียนและการมีส่วนร่วมอย่างสม่ำเสมอของผู้เรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ออนไลน์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ

2. ประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

2.1 ประสิทธิภาพของระบบ ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.63$, S.D. = 0.27) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) มีระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ($\bar{x} = 5.00$, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Correctness) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.89$, S.D. = 0.19) และรายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยสุด คือ ด้านประสิทธิภาพ (Performance Test) อยู่ในระดับมาก ควรมีการปรับปรุงพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

2.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยพบว่าผู้บริหาร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุด คือ การเก็บรักษาข้อมูลและความปลอดภัยการใช้งาน รองลงมา คือ ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลการวิเคราะห์ไปช่วยในการตัดสินใจและคาดการณ์แนวโน้มเพื่อปรับปรุงนโยบายการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ได้ โดยผู้บริหารทั้ง 3 คนเห็นตรงกัน 100%

จากการศึกษาความพึงพอใจของอาจารย์พบว่า การใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและคุณภาพของสื่อการสอนออนไลน์ ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความสามารถในการคาดการณ์แนวโน้มเพื่อวางแผนจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และข้อมูลจำนวนครั้งในการเข้ามาโหลดไฟล์เอกสารประกอบการสอน ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ผลการศึกษาในประเด็นดังกล่าวได้ตอบสนองกับผลการสำรวจความต้องการระบบ ในด้านการสังเกตและทำความเข้าใจพฤติกรรมการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (ร้อยละ 87.10) และการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนและคุณภาพสื่อการสอนออนไลน์ (ร้อยละ 77.42) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liebowitz (2020) ที่เสนอแนะว่าการวิเคราะห์การเรียนรู้การสอนออนไลน์ ควรเน้นการเก็บข้อมูลจากพฤติกรรมการณ์ทำกิจกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. คุณภาพนวัตกรรมของระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ผลการประเมินคุณภาพนวัตกรรมของการออกแบบและพัฒนาระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนออนไลน์จำนวน 3 ท่าน พบว่า ระบบมีคุณภาพเหมาะสม โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเหมาะสม IOC= 0.97 อยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ เหมาะสม และใช้งานได้จริง กระบวนการพัฒนาประกอบด้วย การสังเคราะห์กระบวนการทำงานเก่า และการสร้างสรรค์กระบวนการใหม่ที่มีความชัดเจนและเหมาะสมกับการออกแบบระบบ การใช้แนวคิดและทฤษฎีในการพัฒนาระบบสารสนเทศ (เกียรติพงษ์ อุทุมระณีระ, 2562) มีความเหมาะสมต่อกระบวนการพัฒนาระบบอย่างมีขั้นตอน

Suggestion

ในการนำผลการวิจัยไปใช้ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ ในกรณีจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ของอาจารย์หากมีผู้ช่วยสอนหรือมีผู้รับผิดชอบรายวิชามากกว่า 1 ท่าน ควรมีการแนะนำการใช้งานหรือจัดอบรมใช้งานเครื่องมือการวิเคราะห์บทเรียนออนไลน์ให้อาจารย์ในทีมทราบวิธีการใช้งาน เพื่อประโยชน์ในการช่วยวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งถัดไป สำหรับการพัฒนาต่อไป ควรมีการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพ รวมถึงการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลความต้องการใช้งานเพื่อพัฒนาระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

References

- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In *Learning analytics*, 61–75. Springer. Form https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4.
- Center for Information Technology and Communication Services. (2023, August 31–September 1). *Information technology skills development project: Data analysis with Power BI* [Training session]. Smart Training Room, Center for Information Technology and Communication Services, University of Phayao. (in Thai)
- Clow, D. (2012). The learning analytics cycle: Closing the loop effectively. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 134–138). ACM. Form <https://doi.org/10.1145/2330601.2330636>.
- Digital Tips. (2022, February 5). *Data analytics คืออะไร พร้อมตัวอย่างการใช้ big data เพื่อต่อยอดธุรกิจ* [What is data analytics, with examples of using big data to grow your business]. The Digital Tips. Form <https://thedigitaltips.com/blog/data-for-business/data-analytic/>.
- Farouk, M. (2023). *Course and activity completion reports (all users)* [Moodle plugin]. Moodle.org. Form https://moodle.org/plugins/report_completionall.
- Fowler, J. (2022). *Completion progress* [Moodle plugin]. Moodle.org. Form https://moodle.org/plugins/block_completion_progress.
- Institute for Innovative Learning. (2023). *Strategic plan for the development of the Institute for Innovative Learning, fiscal years 2023–2027*. Form https://upili.up.ac.th/ebook_plan/. (in Thai)
- Jadhav, A. S., & Sonar, R. M. (2011). Framework for evaluation and selection of the software packages: A hybrid knowledge based system approach. *Journal of Systems and Software*, 84(8), 1394–1407. Form <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.03.034>.
- Jinpon, P., Jaroensutasinee, M., & Jaroensutasinee, K. (2019). Integrated information visualization to support decision making for health promotion in Chonburi, Thailand. *Walailak Journal of Science and Technology*, 16(12), 999–1008. Form <https://doi.org/10.48048/wjst.2019.2181>.
- Koedsri, A. (2021). Analysis of learning behaviors in massive open online courses: An application of machine learning and deep learning. *Journal of Measurement, Evaluation, Statistics, and Social Science Research*, 2(2), 14–28. Form <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/mesr/article/view/256973/171598>. (in Thai)
- Krutkham, B. (2015). *Evaluation criteria for the information system efficiency of the teacher professional experience training center* [Unpublished manuscript]. Faculty of Education, Sakon Nakhon Rajabhat University. (in Thai)
- Liebowitz, J. (2020). *Online learning analytics*. Auerbach Publications.
- Long, P., & Siemens, G. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30–32.
- Microsoft Training. (2024). *Overview of data analysis*. Microsoft Learn. Form <https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/get-started-with-power-bi/2-using-power-bi?ns-enrollment-type=learningpath&ns-enrollment-id=learn-bizapps.get-started-data-analytics>.

- Niall, S., Alice, P., & Joel, M. (2016). Learning analytics in higher education. *Academia.edu Journals*. Form https://www.academia.edu/41021774/Learning_Analytics_in_Higher_Education_A_review_of_UK_and_international_practice_Full_report.
- Pholmat, P., & Silpasuwanchai, C. (2019). Learning analytics: The relationship between cultural differences and online behaviors. *Journal of Education Studies*, 47(3), 257–268. Form <https://doi.org/10.58837/CHULA.EDUCU.47.3.14>.
- Prakobpon, S. (2020). Evaluating educational innovation in the Education 4.0 era. *Journal of Education, Bansomdejchaopraya Rajabhat University*, 12(2), 295–311. Form <https://edujournal.bsru.ac.th/download-file/media/1334>. (in Thai)
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), Article e1355. Form <https://doi.org/10.1002/widm.1355>.
- Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Tijdschrift Voor Onderwijs Research*, 2(2), 49–60.
- Saising, J. (2023). Development of a teaching management evaluation system for academic personnel via web application: A case study of North–Eastern University. *Journal of Academic and Research, North–Eastern University*, 13(4), 236–251. Form <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/download/266977/182008>. (in Thai)
- SCB TechX. (2023, February 11). *ไขข้อสงสัย data analytics คืออะไร และ data analytics มีกี่ประเภท?* [Answering the question: What is data analytics and what are its types?]. SCB TechX. Form <https://scbtechx.io/th/blogs/definition-and-types-of-data-analytics/>.
- Suwattipong, C. (2024). *Evaluation of innovation, media, and technology for early childhood education* [Unpublished manuscript]. School of Educational Technology, Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Thamrongrattanarit, A. (2021, September 10). *A short, concise, and easy-to-understand summary of data analytics* [Video]. YouTube. Form <https://x.com/suslibrary/status/1666459901307019268>. (in Thai)
- Udomthanatheera, K. (2019). *System Development Life Cycle (SDLC)*. Logistics.
- Verbert, K., Duval, E., Klerx, J., Govaerts, S., & Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1500–1509. Form <https://doi.org/10.1177/0002764213479363>.
- Wongkhan, K. (2018). *Research and development (R&D) models and participatory action research (PAR) models*. Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Yu, T., & Jo, I. H. (2014). Educational technology approach toward learning analytics: Relationship between student online behavior and learning performance in higher education. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge* (pp. 269–270). ACM. Form <https://doi.org/10.1145/2567574.2567594>.

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ

จตุมาณี รุ่งแก้ว^{1*}, ธีรพงศ์ สงฆ์¹ และ ภาภรณ์ เหล่าพิลัย¹

A Development of Application for Religious Tourisms of New Activity Context of Sisaket Province

Jutamaneer Rungkaew^{1*}, Teerapong Songpu¹ and Paporn Laopilai¹

¹ Faculty of Liberal Arts and Science Sisaket Rajabhat University, University of Sisaket, Sisaket, 33000

* Corresponding author: jutamaneer.r@sskru.ac.th

Received: 9 April 2025; Revised: 30 June 2025; Accepted: 25 August 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดทำสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ โดยชุมชนมีส่วนร่วม 2) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ 3) ประเมินประสิทธิผลของแอปพลิเคชัน 4) ศึกษาความพึงพอใจแอปพลิเคชัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน สำหรับประเมินประสิทธิผล 2) กลุ่มผู้ใช้งาน จำนวน 400 คน สำหรับประเมินความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบสัมภาษณ์ 2) แอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ 3) แบบสอบถามประสิทธิผล 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดทำสารสนเทศประกอบด้วย กำหนดแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนา ระบุกิจกรรมจัดทำสารสนเทศศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น บันทึกข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในฐานข้อมูล และเผยแพร่สารสนเทศบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยสามารถเผยแพร่ข้อมูลได้หลากหลายแพลตฟอร์ม 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันพัฒนาระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมภาษา PHP และ MySQL สามารถบันทึกและปรับปรุงข้อมูลกิจกรรมการท่องเที่ยวได้ตามที่ออกแบบไว้ โปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันพัฒนาด้วย Flutter Framework โดยใช้ภาษา Dart พัฒนาระบบ Android Studio และพัฒนาระบบการประมวลผลการนำทาง ด้วยเทคโนโลยี Google Maps API แอปพลิเคชันสามารถดำเนินการได้ตามที่ออกแบบไว้ 3) ผลการประเมินประสิทธิผลของแอปพลิเคชัน พบว่า มีประสิทธิผลอยู่ในระดับดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.35 4) ผลการศึกษาคความพึงพอใจ พบว่า มีความพึงพอใจระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, การท่องเที่ยวเชิงศาสนา, ศาสนสถาน, บริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่

¹ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ วิทยาเขตศรีสะเกษ 33000

Abstract

This study aimed to 1) study guidelines for preparing information for religious tourism of new activity context of Sisaket province 2) develop preparing information applications for religious tourism of new activity context of Sisaket province 3) evaluate the performance of applications 4) study satisfaction by applications. The research sample group 1) 10 experts for evaluating efficiency 2) 400 users evaluated their satisfaction. The tools for this research are 1) interview form 2) application for religious tourism of new activity context of Sisaket province 3) efficiency questionnaire 4) satisfaction questionnaire. Statistics used include mean and standard deviation.

The research results found that 1) guidelines for preparing information include: Identify religious tourist attractions, specify activities, describe arts, culture and local wisdom. Record tourist attraction information in the database. Disseminate information on the internet network system allowing for distribution across multiple platforms. 2) the developed application, it was found that the database management system developed with PHP programming language and MySQL was able to record and update travel activity information as designed web applications developed with Flutter framework using Dart language, developed on android studio and the developed of navigation processing systems using Google Maps API technology, applications can perform as designed. 3) the performance evaluation results of the application found that have the good level, overall mean was 4.17, standard deviation 0.35. 4) the satisfaction study results found that have the very good level of satisfaction The overall mean was 4.63, standard deviation 0.56

Keywords: Application, Religious tourism, Religious place, The new activity context

Introduction

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 – 2570) (Office of the National Economic and Social Development Council, 2022) กำหนดการพัฒนาประเทศไทยได้ให้ความสำคัญของการท่องเที่ยวในฐานะกลไกหลักในการช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยในปี 2565 ประเทศไทยยังเผชิญหน้ากับการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 สามารถสร้างรายได้กว่า 606,575 ล้านบาท (Ministry of Tourism and Sports, 2023) มีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการท่องเที่ยว อยู่ในอันดับที่ 47 จาก 119 ประเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวที่ผ่านมามีประเทศไทยยังไม่สามารถเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมท่องเที่ยวของไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแผนฯ ได้ระบุการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรมเป็นเป้าหมายของการพัฒนาการท่องเที่ยวในระยะ 20 ปี การส่งเสริมการตลาดการท่องเที่ยวโดยการนำเสนอเอกลักษณ์ของประเทศไทยและของแต่ละท้องถิ่น ให้เป็นที่เข้าใจในเวทีโลกผ่านสื่อสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางสื่อต่าง ๆ นโยบายภาครัฐด้านการท่องเที่ยว พัฒนาคุณภาพและความหลากหลายของแหล่งท่องเที่ยว โดยส่งเสริมพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นแหล่งท่องเที่ยวคุณภาพระดับโลกที่มีเอกลักษณ์โดดเด่น บนพื้นฐานของวัฒนธรรมไทย การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการจัดการขยะและของเสีย พัฒนาให้มีศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์และวัฒนธรรม การท่องเที่ยวเชิงธุรกิจ การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ การท่องเที่ยวเชิงกีฬาและนันทนาการ การท่องเที่ยวเรือสำราญ และ

การท่องเที่ยวเชื่อมโยงกับประเทศเพื่อนบ้าน การท่องเที่ยวในรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงศาสนา (Religion Tourism หรือ Meditation Tourism) (Athawattikul et al., 2017) กล่าวว่า การท่องเที่ยวเชิงศาสนาเป็นการท่องเที่ยวแบบผสมผสานกับการท่องเที่ยวเชิงทัศนศึกษาและศาสนา (Edu-Meditation Tourism) หมายถึงการเดินทางเพื่อทัศนศึกษาแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากปรัชญาทางศาสนา หาความรู้สัจธรรมแห่งชีวิต มีการฝึกทำสมาธิเพื่อมีประสบการณ์และความรู้ใหม่ มีคุณค่าและคุณภาพชีวิตที่ดีเพิ่มขึ้น นับเป็นการท่องเที่ยวชุมชนรูปแบบหนึ่ง การท่องเที่ยวเชิงศาสนาเป็นการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ เป็นการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ที่ชุมชนสามารถจัดการได้ด้วยตนเอง ทั้งยังเป็นการทำให้คุณค่าของศิลปวัฒนธรรมนำมาสู่มูลค่าในเชิงเศรษฐกิจแบบสร้างสรรค์ รัชสรรค์ธรรมชาติ วิถีชีวิตความเป็นอยู่และวัฒนธรรมชุมชน ทำให้เกิด “การเรียนรู้ ความอิมบิวนู รู้แจ้งเห็นธรรม” อันนำมาซึ่งความอยู่เย็นเป็นสุข ไม่เน้นการยึดวัตถุเป็นตัวยึดเพียงประการเดียว แต่ยึดหลักธรรม นำความพอเพียง จึงเป็นการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมในรูปแบบการท่องเที่ยวแนวใหม่และเชื่อมโยงเส้นทางธรรมเพื่อกิจกรรมทำบุญให้พระ แนวคิดการท่องเที่ยวเชิงศาสนาเริ่มมีในหลายจังหวัดที่มีความโดดเด่นด้านศาสนสถาน สำหรับจังหวัดศรีสะเกษได้รับการจัดกลุ่มจังหวัดในกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 2 (อุบลราชธานี ศรีสะเกษ อำนาจเจริญ ยโสธร) และได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาการท่องเที่ยวไว้คือการพัฒนาคุณภาพการท่องเที่ยวให้ได้รับระดับมาตรฐานและยั่งยืน พัฒนาเครือข่ายการเชื่อมโยงในกลุ่มและเชื่อมโยงสู่ประเทศเพื่อนบ้าน มีศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีความหลากหลายทางทรัพยากรทางวัฒนธรรม ศาสนสถาน ศิลปะ โบราณสถาน โบราณวัตถุ ประเพณี วิถีชีวิต กลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งจะมีส่วนทำให้จังหวัดศรีสะเกษ เป็นจุดหมายปลายทางของการท่องเที่ยวอารยธรรมอีสานได้นอกจากนี้จังหวัดศรีสะเกษยังเป็นแหล่งเชื่อมโยงไปยังประเทศเพื่อนบ้านอีกด้วย

เว็บแอปพลิเคชัน (Butsarathit, 2021) เป็นที่นิยมเนื่องจากความสามารถในการปรับปรุงและดูแลโดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์บนอุปกรณ์ ผู้ใช้สามารถแสดงผลได้ทุกหน้าจอ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เพราะสามารถยืดหยุ่นได้ตามสภาพของส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบ (User Interface) การพัฒนาระบบเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวได้นำเว็บแอปพลิเคชันเข้ามาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ การนำแนวคิดการสร้างสื่อสังคมออนไลน์ หรือ Online Social media เป็นสื่อที่มีบทบาทในการตัดสินใจของนักท่องเที่ยวมากที่สุด เพราะสามารถเห็นข้อมูลได้ค่อนข้างมาก มีการปรับปรุงข้อมูลการท่องเที่ยว การแสดงความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวคนอื่น ๆ อย่างเป็นปัจจุบัน ชุมชนในฐานะเป็นผู้จัดการท่องเที่ยวก็สามารถนำการแสดงความคิดเห็นนั้นไปพัฒนาและปรับปรุงงานของชุมชนได้เอง นอกจากนี้ชุมชนยังใช้เป็นช่องทางในการเผยแพร่กิจกรรมท่องเที่ยวของชุมชนสู่นักท่องเที่ยวได้ด้วย จากการศึกษาทฤษฎีในประเทศมีการพัฒนานวัตกรรมผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศหรือแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาด้านการท่องเที่ยวอยู่จำนวนมาก จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมและตรงกับความต้องการของผู้ดูแลในสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาสารสนเทศนำเสนอบนเว็บแอปพลิเคชันด้วยหลักการเว็บไซต์ที่สามารถประมวลผลบนหลากหลายแพลตฟอร์ม (Responsive Web Design) เพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันให้รองรับเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบต่าง ๆ ผู้วิจัยทำการศึกษาแนวทางการจัดทาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อให้เป็นสื่อที่คนทุกช่วงวัยสามารถเข้าถึงได้ สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เกิดการใช้ในชีวิตประจำวันของประชาชนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งความคาดหวังจากงานวิจัยเพื่อให้ได้สารสนเทศเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่สามารถนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นสื่อสารสนเทศและสื่อมัลติมีเดียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Objectives

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดทำสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ โดยชุมชนมีส่วนร่วม
2. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ

Concept and Literature review

แนวทางการจัดการท่องเที่ยวเชิงศาสนา (Region Tourism) เป็นการเดินทางโดยมีเหตุผลทางศาสนาเป็นหลัก (Rakisarakul & Intachang, 2011) การจัดการท่องเที่ยวเชิงศาสนา คือ การเดินทางไปยังสถานที่ที่มีความสำคัญทางศาสนา ลักการะลิ่งศักดิ์สิทธิ์ เพื่อเยี่ยมชมการบูชาลิ่งศักดิ์สิทธิ์ การนมัสการเกจิอาจารย์ และปฏิบัติกิจกรรมหรือนั่งวิปัสสนากรรมฐาน หรือ ประกอบพิธีกรรม สถานที่ประกอบพิธีทางศาสนา หรือเข้าไปพักผ่อนสงบจิตใจ (Sangkachoei, 2007) การท่องเที่ยวเชิงศาสนามีความสัมพันธ์กับมิติการท่องเที่ยววัฒนธรรมอย่างแยกออกจากกันไม่ได้ เพราะทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นได้กลายมาเป็นมนุษย์สร้างวัฒนธรรม (Wanglomklang & Buatham, (2021) การท่องเที่ยวเชิงศาสนาจึงเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม

การพัฒนาแอปพลิเคชัน (Wanna, 2000) ได้ให้ความหมาย การพัฒนาแอปพลิเคชัน คือ ซอฟต์แวร์ประเภทหนึ่งที่ช่วยให้เราสามารถกระทำการบางอย่างได้ตามความต้องการ แอปพลิเคชันสำหรับใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน้ตบุ๊กนั้น เรียกว่า “เดสก์ทอป แอปพลิเคชัน (Desktop Applications)” ส่วนแอปพลิเคชันที่ทำงานบนเครื่องอุปกรณ์พกพาทั้งหลาย เรียกว่า “โมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Applications)” “แอป หรือ App” เป็นคำสั้น ๆ ที่ใช้แทนคำว่า “แอปพลิเคชัน” (Wanna, 2000) แบ่งประเภทย่อย ๆ ตามสภาพแวดล้อมการทำงาน ได้ 3 ประเภทหลักดังต่อไปนี้ 1) Desktop Application 2) Mobile Application 3) Web Application

MySQL เป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Relational Database Management System (RDBMS) (Khunmanee, 2012) เป็นฐานข้อมูลที่สามารถจัดเก็บ ค้นหา เรียงข้อมูล และดึงข้อมูล MySQL มีความสามารถให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้หลายคนในเวลาเดียวกันได้และเข้าถึงข้อมูลที่รวดเร็ว กำหนดการเข้าใช้งานของผู้ใช้ในแบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสมปลอดภัย การออกแบบฐานข้อมูลในระดับตรรกะ (Phakdeewattanukul & Khruutsaha, 1999) หรือในระดับแนวความคิด เป็นขั้นตอนการออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในระบบโดยใช้แบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งอธิบายโดยใช้แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (E-R Diagram) จากแผนภาพ E-R Diagram นำมาสร้างเป็นตารางข้อมูล (Mapping E-R Diagram to Relation) และใช้ทฤษฎีการ Normalization เพื่อเป็นการรับประกันว่าข้อมูลมีความซ้ำซ้อนกันน้อยที่สุด

ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมหรือพัฒนาระบบ ประกอบด้วยภาษา PHP (Phakdeewattanukul, 2006) คือภาษา script อย่างหนึ่งที่เรียกว่า Server-Side Script ซึ่งจะทำงานในฝั่ง Server แล้วส่งการแสดงผลมายัง บราวเซอร์ ของตัว Client สคริปต์ เวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ภาษา HTML (Hypertext Markup Language) (Paseelatesang, 2023) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่งของคอมพิวเตอร์เพื่อตอบสนองในการแสดงผลบนจอภาพในระบบอินเทอร์เน็ต ในลักษณะของเว็บเพจ ภาษา CSS (Designil, 2018) คือภาษาที่ใช้เป็นส่วนของการจัดรูปแบบการแสดงผลเอกสาร HTML โดยที่ CSS กำหนดกฎเกณฑ์ในการระบุรูปแบบ ของเนื้อหาในเอกสาร อันได้แก่ สีของ

ข้อความ สีพื้นหลัง ประเภทตัวอักษร และการจัดวางข้อความ ภาษา Dart (Paseelatesang, 2023) เป็นภาษาคอมพิวเตอรืที่สร้างโดยทีมของ Google มีลักษณะโครงสร้างในแบบเดียวกับภาษา C ซึ่งในทัศนะของผู้เขียนเห็นว่า ภาษา Dart เหมือนกับการนำข้อดีของภาษา Java และ JavaScript มารวมเข้าด้วยกัน โดยตัดลักษณะที่ยุ่งยากเกินความจำเป็นที่มีใน Java ออกไป

Flutter Framework เป็นเฟรมเวิร์คที่พัฒนาโดย บริษัท Google (Paseelatesang, 2023) เพื่อใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันแบบ Multi Platform จากโค้ดพื้นฐานที่เขียนขึ้นโดย โปรแกรมภาษา Dart โดย Flutter Framework จะแปลงโค้ดดังกล่าวไปเป็นแอปสำหรับใช้งานบนระบบต่าง ๆ ทั้ง iOS และ Android

Google Maps API เป็นชุดเครื่องมือที่ Google ให้บริการแก่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยในการรวมแผนที่และฟังก์ชันต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบแผนที่และการระบุตำแหน่ง (location-based services) เข้ากับเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันได้อย่างง่ายดายและมีประสิทธิภาพ (Google Developers, 2023) API นี้รองรับฟีเจอร์หลากหลาย เช่น การแสดงแผนที่แบบไดนามิก, การค้นหาสถานที่, การวางแผนเส้นทาง, การคำนวณระยะทาง รวมถึงการเพิ่มข้อมูลเฉพาะที่ต้องการแสดงบนแผนที่ (Miller, 2019)

Methodology

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การจัดทำสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ โดยชุมชนมีส่วนร่วม ตัวแทนจากบุคลากร ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิตัวแทนจากหน่วยงานพุทธสมาคมจังหวัดศรีสะเกษ สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดศรีสะเกษ สภาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวจังหวัดศรีสะเกษ สถาบันภาษาและศิลปวัฒนธรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ตัวแทนปราชญ์ชุมชนจากศาสนสถาน รวมจำนวนทั้งสิ้น 25 คน

การประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลและแอปพลิเคชัน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 10 คน จากผู้เชี่ยวชาญอาจารย์ด้านคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดศรีสะเกษ วัฒนธรรมอำเภอ

การศึกษาความพึงพอใจ ประชากร ได้แก่ กลุ่มนักท่องเที่ยว จำนวนจากสถิตินักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวจังหวัดศรีสะเกษ ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 895,243 คน (Ministry of Tourism and Sports, 2023) กลุ่มตัวอย่าง การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้สูตรในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากกลุ่มประชากรของทาโร่ ยามาเน่ (Yamane, 1973) จำนวน 400 ตัวอย่าง ใช้การจัดสรรแบบโควตา (Quota Sampling) ตามพื้นที่สถานะที่ละ 20 ตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชาชนผู้มาท่องเที่ยวในศาสนสถาน โดยใช้เกณฑ์เป็นนักท่องเที่ยวทั่วไปที่สามารถใช้เทคโนโลยีสมาร์ทโฟนได้

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เครื่องมือแบบสัมภาษณ์ ใช้ศึกษาข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ได้ศึกษางานวิจัยของ (Phra Khru Sangkarak Anurak Therasakko & Yodkaew, 2017) อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวทางพระพุทธศาสนาในสังคมไทย (Richards, 2018) ความโดดเด่นถูกสื่อผ่านสัญลักษณ์ เช่น สถาปัตยกรรม, พิธีกรรม, ประวัติศาสตร์เฉพาะถิ่น นำมาสร้างประเด็นคำถามสำหรับการสนทนากลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทั่วไปของแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนา จัดประชุมเพื่อระบุแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาจำนวน 20 แห่ง ประกอบด้วย

ข้อมูลทั่วไปของแหล่งท่องเที่ยว

1) ชื่อศาสนสถาน 2) การจัดประเภทของศาสนสถาน 3) เวลาเปิด-ปิด 4) ที่ตั้ง หมู่บ้าน/ชุมชน 5) ที่ตั้ง ละติจูด ลองจิจูด 6) เบอร์โทรศัพท์ (ผู้ที่ดูแลศาสนสถาน)

ข้อมูลความโดดเด่นของแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนา

1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดให้บริการในแหล่งท่องเที่ยว 2) มีพื้นที่ให้ปฏิบัติกิจกรรม (เช่น วิปัสสนากรรมฐาน โรงเรียนปริยัติธรรม ศูนย์เรียนรู้ ฯลฯ) 3) มีกิจกรรมให้ความรู้เกี่ยวกับประวัติศาสตร์ สังคมวัฒนธรรม ภูมิปัญญา 4) มีกิจกรรมให้ฝึกหัดปฏิบัติ (เช่น งานหัตถกรรม จักรสาน ฯลฯ) 5) มีกิจกรรมเชิงศาสนพิธี (เช่น ทำบุญตักบาตร พิธีการประจำปี หรือประเพณีประจำปี ฯลฯ) 6) มีการจำหน่ายสินค้าพื้นเมือง – สินค้าภูมิปัญญาให้เลือกซื้อ 7) กิจกรรมให้บริการนำชมแหล่งท่องเที่ยว

ข้อมูลด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในแหล่งท่องเที่ยว

1) ผู้ติดต่อ/ศูนย์ข้อมูล/ศูนย์ประชาสัมพันธ์ 2) มีป้ายสื่อความหมายติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ทำให้นักท่องเที่ยวได้มีความรู้ ความเข้าใจและปฏิบัติตนได้ถูกต้องเหมาะสม 3) มีพื้นที่ตั้งร้านอาหาร/เครื่องดื่มเป็นสัดส่วน ทำให้เกิดความเป็นระเบียบ 4) มีร้านค้า/ร้านขายของที่ระลึกจากพื้นที่ต่าง ๆ และสินค้าพื้นเมือง 5) มีห้องน้ำ 6) มีพื้นที่จอดรถ ประเภทรถยนต์ จักรยานยนต์ รถนำเที่ยวขนาดใหญ่

ศึกษารวบรวมเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาเพื่อกำหนดเป็นโครงสร้างของเครื่องมือ และขอบเขตเนื้อหา และสร้างแบบสัมภาษณ์บรูว์ นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างไปเสนอต่อคณะที่ปรึกษาทางวิจัย เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ส่วนที่ 2 แอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทที่เกิดขึ้นใหม่ ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่เหมาะสม ให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยใช้หลักการพัฒนาระบบ System Development Life Cycle (SDLC) (Iamsiriwong, 2006) โดยจะแบ่งขั้นตอนการพัฒนาได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

การวางแผนโครงการ (Project planning) ศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ความต้องการ จัดประชุม ตัวแทนองค์กรภาครัฐและเอกชน และคณะที่ปรึกษาแอปพลิเคชัน ศึกษาข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวเชิงศาสนาของจังหวัดศรีสะเกษ สรุปผลการคัดเลือกแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนา ดังนี้ 1) วัดบ้านสำโรงพลัน กิจกรรมปักธูปเป็ยะแค 2) วัดมหาพุทธาราม (วัดพระโต) กิจกรรม พิธีบวงสรวงท้าวเวสสุวรรณ 3) วัดเมืองคง กิจกรรมพิธีบวงสรวงรำลึกพระยากตะศิลา งานสัปดาห์ไทยศรีสะเกษ อำเภอราษีไศล 4) วัดบ้านด่าน ตำบลสร้างปี กิจกรรมการท่องเที่ยวเคารพบูชาพญานาคแห่งใหม่ ในจังหวัดศรีสะเกษ 5) วัดลุ่มป้อยใหญ่ กิจกรรมนุ่งผ้าไทย ใส่บาตร นั่งสวด ริมมูล 6) วัดเหมือดแอ่ กิจกรรม พิธีบุญกุ่มข้าว 7) วัดป่าพิลมังคลาราม กิจกรรม “Under The Moonlight” งานเพ็ญมาฆมาสดักบาตรดอกไม้อันได้แสงจันทร์ 8) วัดปราสาทภูผ้าย กิจกรรมงานเฉลิมพนมกะบารี บูชาพระใหญ่ ไหว้ตรุษสงกรานต์ สมนานธรรมราช 9) วัดบ้านสระบาน กิจกรรมพิธีเปิดศูนย์การเรียนรู้ศาสตร์พระราชาท้ายค้ำ หนองแข็งน้อย (จุดทะเบียนสมรสปลา) 10) วัดไตรสามัคคี กิจกรรมเปิดการท่องเที่ยวเมืองบาดาลวัดไตรสามัคคี 11) วัดโพธิ์ กิจกรรม พิธีบวงสรวงพระธาตุโพธิ์ 12) วัดปราสาทเยอ กิจกรรมบวงสรวงสร้างรูปเหมือน “หลวงพ่อมุม” เชิดชูพระอริยะสงฆ์ผู้สร้างแต่ความดี 13) วัดสระกำแพง กิจกรรมงานขึ้น 2 ค่ำ เดือน 5 แห่งวิศวงกรานต์ประจำปี 14) พระธาตุสิดา กิจกรรมงานบวงสรวงการพระธาตุสิดา 15) วัดจำปา กิจกรรมชูโรงด้วยเสน่ห์วิถีชีวิต นวัตวิถีการท่องเที่ยวชุมชน 16) วัดปราสาท กิจกรรมสืบสานตำนานพันปีประเพณีไหว้พระธาตุ 3 ยอด วันเพ็ญเดือน 3 17) วัดศรีบึงบุรพ์ กิจกรรมพิธีเปิดงานบูชาพระพุทธรูปชินราช สมโภชปราสาทสายรุ้ง (พระธาตุศรีบึงบุรพ์) 18) วัดสำโรงเกียรติ กิจกรรม โดโนเสาร์กลางศูนย์เรียนรู้ด้านการเกษตรรองรับแหล่งท่องเที่ยว 19) วัดบ้านธาตุจังกะ กิจกรรมพิธีบวงสรวงไหว้พระธาตุจังกะ 20) ลานพระใหญ่ วัดหนองก้อก กิจกรรมประเพณีวัฒนธรรมสายน้ำลุ่มน้ำห้วยทับทันสามัคคี ศรีสะเกษ – สุรินทร์

การศึกษาข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวอื่น ๆ ที่พัก ร้านอาหาร แหล่งจำหน่ายสินค้า OTOP และของที่ระลึก จุดแจ้งเหตุฉุกเฉิน / โรงพยาบาล การเดินทาง รถไฟ รถโดยสาร ซึ่งต้องการให้สามารถแสดงข้อมูลตามประเภทของแหล่งท่องเที่ยว สามารถสืบค้นตามคำค้น อาทิเช่น ที่พัก ร้านอาหาร พร้อมแสดงพิกัดของสถานที่นั้น ๆ บนแผนที่

การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) ดำเนินงานวิเคราะห์ผังแสดงรายละเอียดรวม (Context Diagram) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูล (E-R Diagram) การวิเคราะห์ฐานข้อมูล (Database Analysis)

การออกแบบระบบ (System Design) การสร้างฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม MySQL พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพี (PHP) เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับอุปกรณ์สมาร์ตโฟน โดยใช้โปรแกรม Visual Studio ใช้ Framework Flutter เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Dart สำหรับสร้าง Mobile application เป็น SDK การออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ (User Interface) โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับ กลุ่มเป้าหมายที่หลากหลาย โดยเฉพาะผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยี เช่น การออกแบบปุ่มกดที่มีขนาดใหญ่พอเหมาะ มีข้อความแนะนำการใช้งานที่ชัดเจน

การนำไปใช้ (Implementation) ทดสอบความถูกต้องของสารสนเทศ ทดสอบการใช้งาน และตรวจสอบฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อตรวจสอบประเมินประสิทธิภาพของระบบ การอบรมให้ความรู้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง

การบำรุงรักษา (Maintenance) การประสานข้อมูลจากชุมชนเพื่อทำการปรับปรุงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวและ กิจกรรมต่าง ๆ ของแหล่งท่องเที่ยว การส่งต่อโปรแกรมติดตั้งให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 3 เครื่องมือแบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพ โดยกำหนดประเด็นการหาประสิทธิภาพ (Phakdeewattanakul & Khruutsaha, 1999) ซึ่งกำหนดประเด็นในการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน 5 ด้าน ดังนี้ ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) ด้านประสิทธิภาพ (Performance) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security)

ส่วนที่ 4 เครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ โดยกำหนดประเด็นในการศึกษาความพึงพอใจของแอปพลิเคชันของ (DeLone & McLean, 2003) ดังนี้ ความพึงพอใจในการทำงานของแอปพลิเคชัน ความพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอ ความพึงพอใจในด้านประโยชน์ที่ได้รับ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน แล้วนำแบบสอบถามนั้นมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง ให้แบบสอบถามมีคุณภาพตามเกณฑ์และประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item objective congruence index: IOC) ค่า IOC = 1.00 เลือกรับ ค่า IOC = 0.50-0.99 พิจารณาปรับปรุงเนื้อหา ค่า IOC = ต่ำกว่า 0.50 ให้ตัดทิ้ง ตามทฤษฎีของ (Rovinelli & Hambleton, 1977 as cited in Tantawanit & Jindasri, 2018) เลือกรายการคำถามที่ได้ IOC ในช่วงคะแนนเท่ากับ 0.50-1.00 จากนั้นนำแบบประเมินมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาภาคสนาม เก็บข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาและเส้นทางท่องเที่ยว สัมภาษณ์เจ้าของสถานที่จากปราชญ์ชุมชน จำนวน 20 แห่ง ถ่ายภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างเนื้อหา ถ่ายทอดเรื่องราวบริบทกิจกรรมและนำเสนอกิจกรรมที่ศาสนสถานดำเนินงานจัดเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงศาสนา และผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน ใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลการหาความพึงพอใจของแอปพลิเคชันจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เกี่ยวข้องและนักท่องเที่ยวที่ได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน ภายในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 400 คน

วิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามแล้วจัดระเบียบข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณค่าทางสถิติและดำเนินการวิเคราะห์ ถือว่าคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของผู้ให้ข้อมูลอยู่ในช่วงระดับใด ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ ตามเกณฑ์มาตราวัดของ ลิเคอร์ท (Likert Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ ใช้เกณฑ์การแปลความหมาย เพื่อจัดระดับโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Boonchom, 2015)

เวทีการคืนข้อมูลผลการพัฒนาสู่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ดำเนินการจัดเวทีการแนะนำการใช้งานโปรแกรมฐานข้อมูลและแนะนำการใช้งานแอปพลิเคชันครั้งที่ 1 เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการพัฒนา มีผู้เข้าร่วมจำนวน 174 คน ตัวแทนจากหน่วยงานวัฒนธรรมอำเภอ ตัวแทนปราชญ์จากแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 20 แห่ง ผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยว สื่อมวลชน นักศึกษา

ดำเนินการจัดกิจกรรมอบรมการใช้งานโปรแกรมฐานข้อมูลและแนะนำการใช้งานแอปพลิเคชัน ให้กับตัวแทนจากหน่วยงานวัฒนธรรมอำเภอทั้ง 22 อำเภอ มีผู้เข้าร่วมจำนวน 32 คน

Results

1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นของจังหวัด

ศรีสะเกษ

ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 ได้นำข้อมูลจากการศึกษาข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาทั้ง 20 แห่ง นำข้อมูลมาจัดทำสารสนเทศรายละเอียดของแหล่งท่องเที่ยว สารสนเทศนำเสนออาทิ ภาพประกอบกิจกรรมทางศาสนา ประเพณีประจำ สื่อมัลติมีเดีย สื่อสังคมออนไลน์ บันทึกรในระบบฐานข้อมูล และแสดงในแอปพลิเคชัน

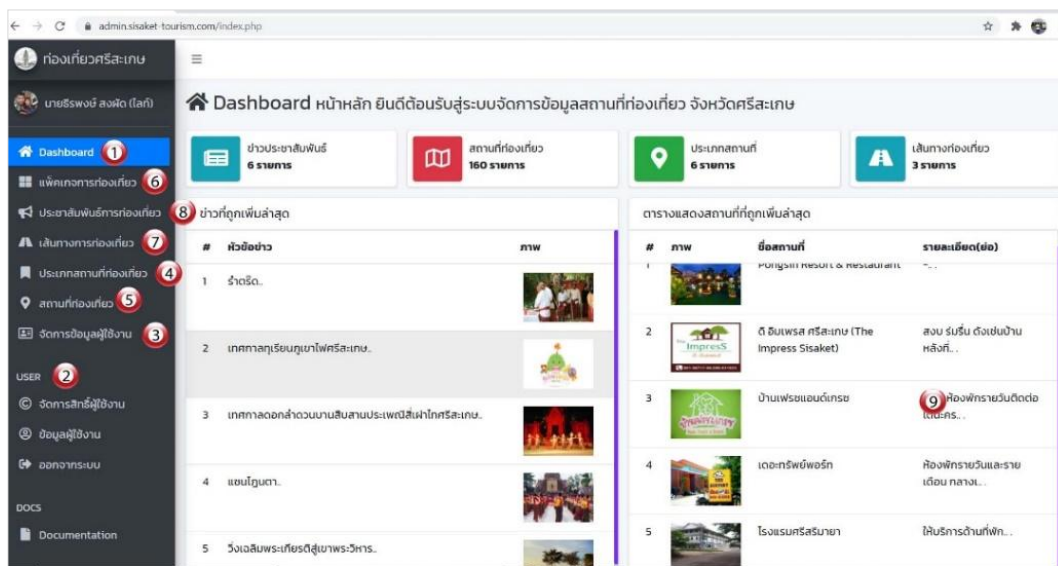


Figure 1 Main interface of the tourism information management system

1) หน้าหลัก (Dashboard) ในการแสดงผลข้อมูลภาพรวม ได้แก่ เมนูต่าง ๆ ในการจัดการระบบแสดงข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์ สารสนเทศสถานที่ท่องเที่ยว สารสนเทศประเภทสถานที่ สารสนเทศเส้นทางท่องเที่ยว แสดงข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นของแหล่งท่องเที่ยวที่มีการปรับปรุงหรือบันทึกรายละเอียดใหม่เรียงตามลำดับการปรับปรุงล่าสุด

2) เมนูการจัดการ USER สำหรับจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ปรับปรุงข้อมูลได้

3) เมนูประเภทสถานที่ท่องเที่ยว สำหรับการกำหนดประเภทของแหล่งท่องเที่ยว ออกเป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อจำแนกการแสดงผลแหล่งท่องเที่ยว และสะดวกต่อการสืบค้นข้อมูลเพื่อจัดการปรับปรุงข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของแหล่งท่องเที่ยว

4) สถานที่ท่องเที่ยวสำหรับจัดการข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวภายในระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ปรับปรุงข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวได้ ประกอบด้วย ชื่อแหล่งท่องเที่ยว ประเภทแหล่งท่องเที่ยว รายละเอียด พิกัดแหล่งท่องเที่ยว รายละเอียดกิจกรรม ประเพณีประจำ ภาพประกอบ คลิปวิดีโอ ข้อมูลการติดต่อ ข้อมูลการให้บริการการท่องเที่ยว

5) เส้นทางท่องเที่ยว สำหรับการกำหนดชื่อเพื่อสร้างเส้นทางท่องเที่ยว

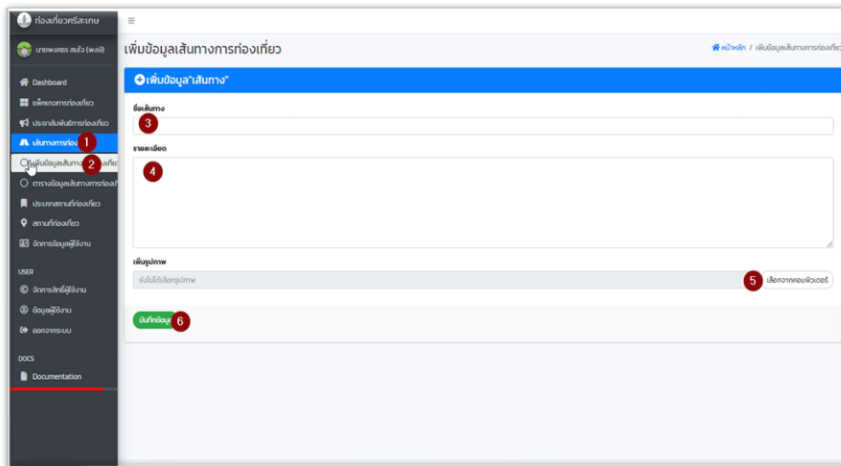


Figure 2 Interface for specifying a name to create a tourism route

6) แพคเกจการท่องเที่ยว สำหรับสร้างแพคเกจการท่องเที่ยวจากการกำหนดเส้นทางท่องเที่ยวเมนูนี้เป็นการเพิ่มลบแก้ไขจำนวนแหล่งท่องเที่ยวภายในเส้นทางท่องเที่ยวได้

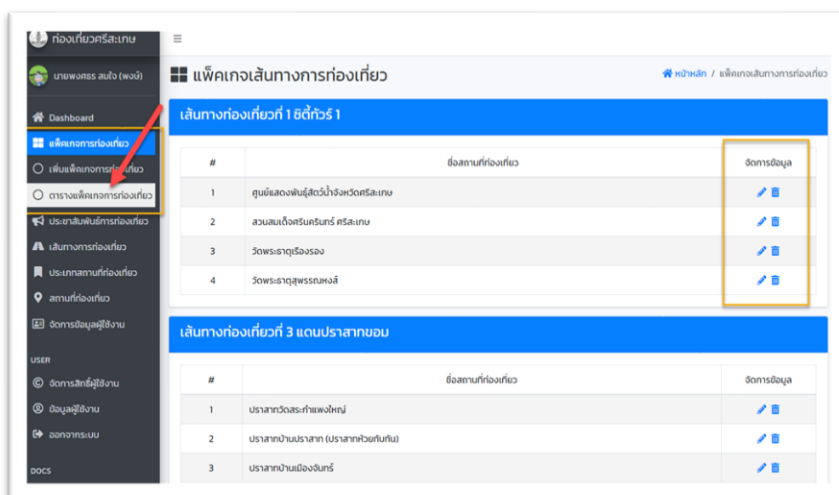


Figure 3 Interface for creating a tourism package based on a defined route

7) ประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว สำหรับข่าวประชาสัมพันธ์ด้านการท่องเที่ยวโดยเฉพาะกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ในจังหวัดศรีสะเกษ

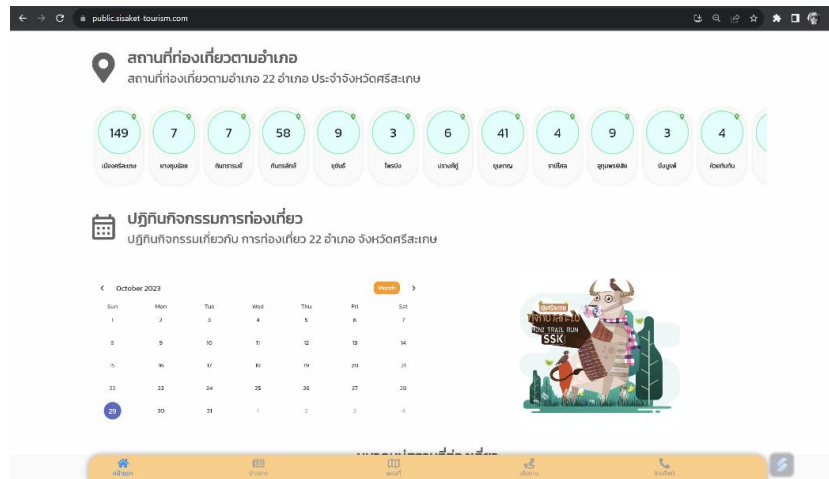


Figure 4 Illustration of application processing displayed on a computer screen



Figure 5 Illustration of application processing on a smartphone

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ

ดำเนินการจัดกิจกรรมสาธิตทดลองใช้ระบบระบบฐานข้อมูลและแอปพลิเคชันเชิงศาสนา ในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยวและคอมพิวเตอร์ จำนวน 10 คน ที่ได้ทดลองใช้งานระบบ ประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันด้วยเครื่องมือแบบสอบถาม ปรากฏผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1

Table 1 Evaluation results of the performance of the database system and religious tourisms of new activity context of Sisaket province

NO.	Evaluation Aspect	Mean	Standard Deviation (S.D.)	Interpretation
1	Function Requirement	3.93	0.34	High
2	Function	4.18	0.29	High
3	Usability	4.40	0.46	High
4	Performance	4.08	0.40	High
5	Security	4.39	0.28	High
Overall Mean		4.17	0.35	High

ผลการวิเคราะห์ ภาพรวมผลการประเมินประสิทธิภาพทุกด้าน อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.35 เมื่อพิจารณาผลการประเมินเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 ลำดับที่สอง ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 ลำดับที่สาม ด้านความสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29 ลำดับที่สี่ ด้านประสิทธิภาพ (Performance) อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40 ลำดับสุดท้าย ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.34

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ

ดำเนินการศึกษาความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ โดยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลการหาความพึงพอใจของแอปพลิเคชันจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เกี่ยวข้องและนักท่องเที่ยวที่ได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน ภายในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 400 คน แสดงดังตารางที่ 2

Table 2 Overall satisfaction study results of the religious tourisms of new activity context of Sisaket province

NO.	Assessment Aspect	Mean	Standard Deviation (S.D.)	Interpretation
1	Application Functionality	4.58	0.56	Highest
2	Presentation Format	4.71	0.53	Highest
3	Benefits Received	4.59	0.58	Highest
Overall Mean		4.63	0.56	Highest

ผลการศึกษาความพึงพอใจทุกด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านความพึงพอใจในรูปแบบการ นำเสนอ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 ลำดับที่ 2 คือ ด้านความพึงพอใจ ในด้านประโยชน์ที่ได้รับ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ลำดับที่ 3 ด้าน ความพึงพอใจในการทำงานของแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56

Conclusion and Discussion

ผลการศึกษากิจการจัดทำสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ พัฒนาระบบสารสนเทศรวบรวมข้อมูลบนฐานข้อมูล และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถแสดงผลได้หลายแพลตฟอร์ม ซึ่งแสดงข้อมูลแสดงข้อมูลข่าวประชาสัมพันธ์ สารสนเทศสถานที่ท่องเที่ยว สารสนเทศประเภทสถานที่สารสนเทศเส้นทางท่องเที่ยว แสดงข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของแหล่งท่องเที่ยว และระบบการแสดงผลยอดการเข้าชมข้อมูลการรีวิวสถานที่ แอปพลิเคชันมีความสามารถในการกรอกข้อมูลตามอำเภอ และประเภทของแหล่งท่องเที่ยว ความสามารถของระบบสามารถประมวลผลได้ทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ขนาดเล็ก สามารถปรับขนาดหน้าจอประมวลผลได้ตามอุปกรณ์ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน พบว่า แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี สรุปได้ว่า แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานของแอปพลิเคชัน ได้ผลความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันในระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด สรุปได้ว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ มีสาระสำคัญในการอภิปรายผล ดังนี้

1) ได้การศึกษาแนวทางการจัดทำสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ การระบุกิจกรรมที่จะดำเนินการในแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนา อธิบายศิลปวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นขึ้น มีระบบนำทางไปยังแหล่งท่องเที่ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Apasini (2020) ได้ทำการวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการการท่องเที่ยวเชิงศาสนาสำหรับนักท่องเที่ยวชาวไทยในพุทธมณฑล ประจำจังหวัดสุพรรณบุรี และพัฒนาในรูปแบบของฐานข้อมูลที่เผยแพร่บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การพัฒนาสารสนเทศท้องถิ่นให้มีความน่าสนใจและสามารถเผยแพร่ข้อมูลได้หลากหลายแพลตฟอร์ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwansri & Sasinipa (2018) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การส่งเสริมเส้นทางท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่เทศบาลเมืองแก่งพัฒนาอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีการแบ่งเป็นหมวด คือ วัด สถานที่ท่องเที่ยว ที่พักและโฮมสเตย์ รวมทั้งมีการนำเสนอเส้นทางจากจุดที่ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันอยู่ไปยังสถานที่ที่เลือกนั้น ๆ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Siitchantasen et al. (2019) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสกัดข้อมูลเพื่อการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันการท่องเที่ยวเศรษฐกิจชุมชน จังหวัดสุรินทร์ และงานวิจัยของ Heather Kennedy–Eden & Ulrike Gretzel (2012) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อนุกรมวิธานของแอปพลิเคชันมือถือในการท่องเที่ยว การเติบโตอย่างรวดเร็วของการใช้สมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันมือถือที่เกี่ยวข้อง ได้สร้างวิธีใหม่สำหรับอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในการเชื่อมต่อกับผู้เยี่ยมชมขณะเดินทาง

2) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ของจังหวัดศรีสะเกษ แบ่งเป็น การพัฒนาระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล ด้วย โปรแกรมภาษา PHP และโปรแกรมฐานข้อมูล MySQL สำหรับบุคลากรที่เป็นผู้ดูแลระบบปฏิบัติหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวให้เกิดความทันสมัย และ โปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วย Flutter Framework โดยใช้ภาษา Dart และระบบการประมวลผลการนำทางด้วยเทคโนโลยี Google Maps API ประมวลผลบนระบบปฏิบัติการ Windows, Android, iOS การพัฒนาด้วยกระบวนการพัฒนาระบบ SDLC 5 ขั้นตอน สอดคล้องกับ Jungsaman et al. (2020) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับอุตสาหกรรมท่องเที่ยวจังหวัดสุรินทร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ การออกแบบแอปพลิเคชันประกอบด้วยส่วนของโปรแกรม Visual studio code ฐานข้อมูล Firebase ภาษา Dart ซึ่งพัฒนาร่วมกับ Flutter เฟรมเวิร์คซึ่งเฟรมเวิร์คนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือโมบายแอปพลิเคชัน และส่วนของผู้ดูแลระบบ

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน โดยทำการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยวและด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 10 คน ซึ่งทำการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน พบว่า แอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.35

4) ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานของแอปพลิเคชัน จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ได้ผลความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันในระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 โดยประเด็นด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ ด้านความพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 อยู่ในระดับมากที่สุด น่าจะมีผลมาจากการพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความสามารถในการค้นหาแอปพลิเคชันด้วยกุ๊กกึ่งความเหมาะสมในการใช้ข้อความ เพื่ออธิบายสื่อความหมาย ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย การค้นหาสถานที่ท่องเที่ยวรวดเร็วถูกต้อง การค้นหาเส้นทางและตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวรวดเร็วถูกต้อง ผลจากการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบโดยเฉพาะการนำเสนอเส้นทางที่ใช้คุณสมบัติของการใช้กุ๊กกึ่งไอทีที่เป็นจุดเด่นในการค้นหาเส้นทางและตำแหน่งที่ตั้งได้อย่างแม่นยำ รองลงมา คือความพึงพอใจในด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 อยู่ใน ระดับมากที่สุด น่าจะมีผลมาจากการพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีประโยชน์ด้านการรับรู้เกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยว และช่วยในการตัดสินใจเลือกสถานที่ในการท่องเที่ยว แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวสามารถนำมาใช้งานได้จริง ซึ่งภายในแอปพลิเคชันมีการนำเสนอข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยว นั้น รวมทั้งเสนอเส้นทางในการเดินทางไป กิจกรรมที่น่าสนใจของสถานที่นั้น ๆ เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการท่องเที่ยว

Suggestion

1. ควรมีการพัฒนาและปรับปรุงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงศาสนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักท่องเที่ยวสามารถเดินทางมาเที่ยวได้ตลอดปี
2. การจัดทำปฏิทินท่องเที่ยวอาจจำแนกประเภทตามการท่องเที่ยว และลิ่งค์ไปยังเพจประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวของกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้ดูรายละเอียดเพื่อตัดสินใจในการเดินทางมาท่องเที่ยวได้
3. ควรมีการจัดการข้อมูลด้านปราชญ์ชาวบ้านด้านประวัติศาสตร์ของแหล่งท่องเที่ยวแนะนำข้อมูลรายละเอียดไว้บนเว็บไซต์ คัดเลือกบุคลากรทางการท่องเที่ยวในชุมชนตามความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน เช่น ปราชญ์ชาวบ้านด้านประวัติศาสตร์ชุมชน และตำนานท้องถิ่น ปราชญ์ชาวบ้านด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นต้น และข้อมูลการติดต่อเพื่อเป็นบุคคลอ้างอิงไว้ถ่ายทอดความรู้แก่นักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาศึกษา
4. ในด้านเทคโนโลยีและการออกแบบ ควรเน้นการพัฒนาให้รองรับทุกแพลตฟอร์มอย่างแท้จริง เพื่อขยายฐานผู้ใช้ให้กว้างขึ้น รวมถึงการปรับปรุงส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) ให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลาย โดยเฉพาะผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยี เช่น การออกแบบปุ่มกดที่มีขนาดใหญ่พอเหมาะ มีข้อความแนะนำการใช้งานที่ชัดเจน และลดขั้นตอนที่ซับซ้อนในการเข้าถึงข้อมูล รวมถึงการเพิ่มฟีเจอร์ช่วยเหลือ เช่น ระบบนำทางด้วยเสียง หรือวีดิโอสาธิตการใช้งาน เพื่อให้ทุกกลุ่มสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การเพิ่มฟังก์ชันการค้นหาและตัวกรองข้อมูลตามความสนใจ เช่น ระยะเวลา หรือความนิยม จะช่วยตอบโจทย์ความต้องการที่หลากหลายของนักท่องเที่ยวได้

Reference

- Arpasin, A. (2020). *Guidelines for religion tourism management for Thai tourists in Phutthamonthon in Suphan Buri province*. (Master's thesis), National Institute of Development Administration, Bangkok. (in Thai)
- Atthawuttikul, S., Sunggrugsa, N., & Lakananulak, S. (2017). The model development of religious tourism management of Ratchaburi province. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, 10(2), 2392–2409. (in Thai)
- Boonchom, S. (2015). *Introduction to research* (9th ed.). Bangkok: Suriyasam. (in Thai)
- Butsarathit, K. (2021). *Increasing the efficiency of the government lottery reservation system with alert mechanism via line application: A case study of Fangkhaw government lottery Sales*. (Master's thesis), Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)
- DeLone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30. From <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>.
- Designil. (2018). *Web application*. From <https://www.designil.com/>
- Google Developers. (2023). *Google maps platform documentation*. From <https://developers.google.com/maps/documentation>.
- Iamsiriwong, O. (2006). *System analysis and design* (Revised edition). Bangkok: SE-ED. (in Thai)
- Jungsaman, N., Lonkuntod, N., Wongchaipatoom, S., & Doornin, S. (2020). Developing application for tourism industry of surin province. *Mahachula Nakhon Nontanakorn Journal*, 7(7), 410–424. (in Thai)
- Kennedy-Eden, H. & Gretzel, U. (2012). A taxonomy of mobile applications in tourism. *E-review of Tourism Research*, 10(2), 47–50.
- Khunmanee, A. (2012). *Professional web app development using PHP + AJAX and jQuery*. Nonthaburi: IDC Premier Publishing. (in Thai)
- Miller, J. (2019). Implementing Google Maps API in web applications. *Journal of Web Development*, 12(3), 45–56.
- Ministry of Tourism and Sports. (2023). *Tourism statistics 2022*. From <https://www.mots.go.th/news/category/761>. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2022). *The national economic and social development plan (B.E. 2566–2570)*. From https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=13651&filename=develop_issue. (in Thai)
- Paseelatesang, B. (2023). *Multi-platform application development with flutter using dart*. Bangkok: SE-ED. (in Thai)
- Phakdeewattanukul, K. (2006). *Website design and development* (2nd ed.). Bangkok: E-Info Distributor Center Publishing. (in Thai)
- Phakdeewattanukul, K., & Khrutsaha, C. (1999). *The bible of database systems* (2nd ed.). Bangkok: Thai Charoen Printing Partnership. (in Thai)
- Phra Khru Sangkarak Anurak Therasakko, & Yodkaew, P. (2017). Buddhist tourism identity: Indicators and guidelines for sustainability based on buddhist principles. *Graduate Studies Review Journal*, 13(Special Issue 1), 256–267. (in Thai)

- Rakisarakul, T., & Intachang, T. (2011). *Study of local identity in the lower northern region for graphic design on souvenir packaging*. Product Design Program, Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Richards, G. (2018). Cultural tourism: A review of recent research and trends. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 36, 12–21. From <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2018.03.005>.
- Sangchoei, T. (2007). *Tourism and Hospitality Industry*. Faculty of Management Science, Silpakom University, Phetchaburi IT Campus. (in Thai)
- Sittichantasen, T., Lonkuntosh, N., & Wannakayont, A. (2019). extract data for design and development mobile phone application community-based economic tourism and otop products in Surin province. *Valaya Alongkorn Review*, 9(2), 12–25. (in Thai)
- Suwansri, P., & Sasinipa, P. (2018). *Promoting eco-tourism routes through community participation in Kaen Pattana Municipality, Mae Taeng District, Chiang Mai Province*. Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)
- Tuntavanitch, P., & Jindasri, P. (2018). The Real Meaning of IOC. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University*, 24(2), 3–12. (in Thai)
- Wanglomklang, B., & Buatham, O. (2021). Travel routes in the trace of northeastern folk literature: hundred stories in Yasothon. *Rajabhat Roi Et University Journal*, 15(2), 168–180. (in Thai)
- Wanna, S. (2000). *PHP web application development* (1st ed.). Bangkok: Benchmark Vision Co., Ltd. (in Thai)
- Yamane, T. (1973). *Statistics: an introductory analysis* (3rd ed.). New York: Harper & Row.

การพัฒนาขั้นตอนเสนอขอของบประมาณการจัดซื้อจัดจ้างโดยใช้ระบบ UP-DMS

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ณัฐพงษ์ ขวัญจริง^{1*}

Development of the Budget Proposal Process for Procurement Using the UP-DMS System at the School of Allied Health Sciences, University of Phayao Natthaphong Khuangjing^{1*}

¹ School of Allied Health Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author: natthaphong.kh@up.ac.th

Received: 18 December 2024; Revised: 2 September 2025; Accepted: 8 September 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนการเสนอขอของบประมาณสำหรับการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกิน 500,000 บาท โดยใช้ระบบ UP-DMS เปรียบเทียบระยะเวลาในการดำเนินงานก่อนและหลังการใช้งานระบบ และประเมินความพึงพอใจของบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการใช้ระบบ UP-DMS ณ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้โมเดล ADDIE เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเสนอขอของบประมาณ พร้อมทั้งประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสนอขอของบประมาณในคณะสหเวชศาสตร์ จำนวน 18 คน อายุระหว่าง 20-50 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาในการดำเนินการเสนอขอของบประมาณลดลงจาก 14 วัน เหลือ 7 วัน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 50 นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมาก (3.96 ± 0.71) โดยได้รับคะแนนสูงสุดในด้านความปลอดภัยของข้อมูล (4.17 ± 0.62) รองลงมาคือ ความสามารถในการติดตามเอกสาร (4.11 ± 0.58) และการลดต้นทุนในการทำงาน เช่น การลดการใช้กระดาษ (4.11 ± 0.90) ระบบ UP-DMS มีส่วนช่วยปรับปรุงกระบวนการเสนอขอของบประมาณให้เป็นระบบมากขึ้น ลดภาระงานด้านเอกสาร และช่วยให้การติดตามสถานะเอกสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดซื้อจัดจ้าง, งานพัสดุ, ระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์

¹ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

This study aimed to develop the budget proposal process for procurement not exceeding 500,000 Baht using the UP-DMS system, compare the processing time before and after system implementation, and evaluate the satisfaction of personnel involved in using the UP-DMS system at the school of Allied Health Sciences, University of Phayao. The ADDIE model was applied as a framework for developing and improving the budget proposal process, along with assessing user satisfaction. The study involved 18 participants aged 20–50 years, all of whom were personnel engaged in the budget proposal process within the faculty. Data were collected using a five-point Likert scale questionnaire and analyzed using descriptive statistics, including percentage, mean, and standard deviation. The results revealed that the processing time for budget proposals was reduced from 14 days to 7 days, representing a 50% reduction. Moreover, overall user satisfaction was at a high level (3.96 ± 0.71), with the highest rating given to data security (4.17 ± 0.62), followed by the ability to track documents (4.11 ± 0.58) and cost reduction in operations, such as reducing paper usage (4.11 ± 0.90). The UP-DMS system contributes to enhancing the budget proposal process by making it more structured, reducing paperwork burdens, and improving document tracking efficiency.

Keywords: Procurement, Inventory management, Electronic document management system

Introduction

การจัดซื้อจัดจ้างเป็นกระบวนการสำคัญในหน่วยงานภาครัฐ และสถาบันการศึกษาที่ต้องดำเนินการภายใต้หลักความโปร่งใส และประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรและงบประมาณอย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามระเบียบข้อบังคับ อย่างไรก็ตาม กระบวนการจัดซื้อจัดจ้างแบบดั้งเดิมที่อาศัยเอกสารกระดาษ และการดำเนินงานด้วยมือ ซึ่งมักก่อให้เกิดปัญหาด้านความล่าช้า ความซ้ำซ้อน และข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการงบประมาณ และทรัพยากรขององค์กร (Comptroller General's Department [CGD], 2019) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว แนวคิดระบบการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐแบบอิเล็กทรอนิกส์ (E-Government Procurement: e-GP) จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความโปร่งใส ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยในการจัดการกระบวนการจัดซื้อจัดจ้าง (World Bank, 2020)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการยกระดับการบริหารภาครัฐ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์มาใช้เพื่อช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงาน เพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ และสนับสนุนความโปร่งใสผ่านระบบการตรวจสอบย้อนหลังอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) ยังช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและยกระดับคุณภาพการให้บริการสาธารณะโดยรวม ผ่านการให้บริการภาครัฐในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งช่วยเพิ่มการเข้าถึง ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน (Tipayasukul, 2025) ในด้านการบริหารพัสดุ การดำเนินงานผ่านระบบการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ สามารถลดความล่าช้า ลดความผิดพลาดจากการจัดการเอกสารแบบแมนมือนี และเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ อันเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมธรรมาภิบาลในภาครัฐ (Digital Government Development Agency [DGA], 2021) ด้วยเหตุนี้ มหาวิทยาลัยพะเยาได้นำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยในการบริหารงานผ่านระบบจัดการเอกสารแบบครบวงจรในรูปแบบดิจิทัล (University Procurement and Document Management System: UP-DMS) เพื่อสนับสนุนการบริหารงานภายใน โดยระบบดังกล่าวมีความสามารถในการจัดเก็บ จัดการ และติดตามเอกสารในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างครบวงจร ช่วยลดการใช้เอกสารกระดาษ ลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินงาน

เพิ่มความรวดเร็วในการค้นหาเอกสาร และเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งล้วนส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการขององค์กร

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ดำเนินการจัดซื้อจัดจ้างตามระเบียบของภาครัฐ โดยเฉพาะกรณีงบประมาณไม่เกินห้าแสนบาท อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันงบประมาณที่ผ่านมา พบว่า กระบวนการจัดซื้อจัดจ้างยังคงมีข้อจำกัดและปัญหาหลายด้าน ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ได้แก่ 1) เอกสารซ้ำซ้อน ซึ่งทำให้เกิดภาระงานที่ไม่จำเป็น และเพิ่มภาระให้กับเจ้าหน้าที่พัสดุ เนื่องจากต้องจัดเก็บ และส่งต่อเอกสารจำนวนมาก 2) ความล่าช้าในการอนุมัติเกิดจากกระบวนการที่ต้องผ่านหลายขั้นตอน ตั้งแต่การเสนอขออนุมัติ การตรวจสอบความถูกต้องของเอกสาร ไปจนถึงการอนุมัติจากผู้บริหาร ส่งผลให้กระบวนการใช้เวลานานกว่าที่ควร 3) เอกสารสูญหายระหว่างกระบวนการ เป็นอีกปัญหาสำคัญ เนื่องจากการส่งต่อเอกสารแบบด้วยมืออาจทำให้เอกสารตกหล่นหรือสูญหาย ซึ่งต้องใช้เวลาในการติดตามหรือดำเนินการใหม่ และ 4) ขาดระบบติดตามสถานะเอกสารที่มีประสิทธิภาพ ทำให้เจ้าหน้าที่ต้องใช้เวลามากในการตรวจสอบสถานะของเอกสาร ส่งผลให้กระบวนการจัดซื้อจัดจ้างล่าช้า กระทบต่อการบริหารงบประมาณโดยรวม

เพื่อลดข้อจำกัดที่เกิดจากกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างแบบเดิม คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้นำระบบจัดการเอกสารแบบดิจิทัล UP-DMS มาใช้ในการบริหารจัดการภายในองค์กร รวมถึงในขั้นตอนการเสนอของบประมาณด้านพัสดุในการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ทั้งในด้านความรวดเร็ว ความถูกต้อง และสามารถในการตรวจสอบย้อนหลัง ตลอดจนลดภาระจากการใช้เอกสารกระดาษและความซ้ำซ้อนของขั้นตอนเดิม การวิจัยครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการประเมินผลการดำเนินงานของระบบ UP-DMS ทั้งในมิติของระยะเวลาในการดำเนินงาน และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริง และสามารถขยายผลสู่การใช้งานในระดับองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

Objectives

1. เพื่อพัฒนาขั้นตอนเสนอขอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างก่อนและหลังการใช้งานระบบ UP-DMS ในด้านระยะเวลาในการดำเนินงาน
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เสนอขอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS

Conceptual Framework of the Study

งานวิจัยครั้งนี้มีพื้นฐานมาจากการนำองค์ความรู้ และข้อมูลที่มีอยู่เดิมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการเสนอขอของบประมาณสำหรับการจัดซื้อ/จัดจ้างของคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยนำระบบ UP-DMS มาใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนกระบวนการดังกล่าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานให้มีความรวดเร็ว ถูกต้อง และเป็นระบบมากยิ่งขึ้น การพัฒนาขั้นตอนดำเนินการอ้างอิงตามกระบวนการพัฒนาแบบเป็นระบบ (Systematic Design) ด้วยกรอบแนวคิด ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การนำไปใช้จริง (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การสร้างระบบจนถึงการประเมินผลจากการใช้งานจริง ภายหลังจากพัฒนาระบบ ได้ดำเนินการประเมินผลใน 2 ด้าน ได้แก่ 1) เปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานก่อนและหลังการใช้งานระบบ และ 2) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสนอขอของบประมาณ

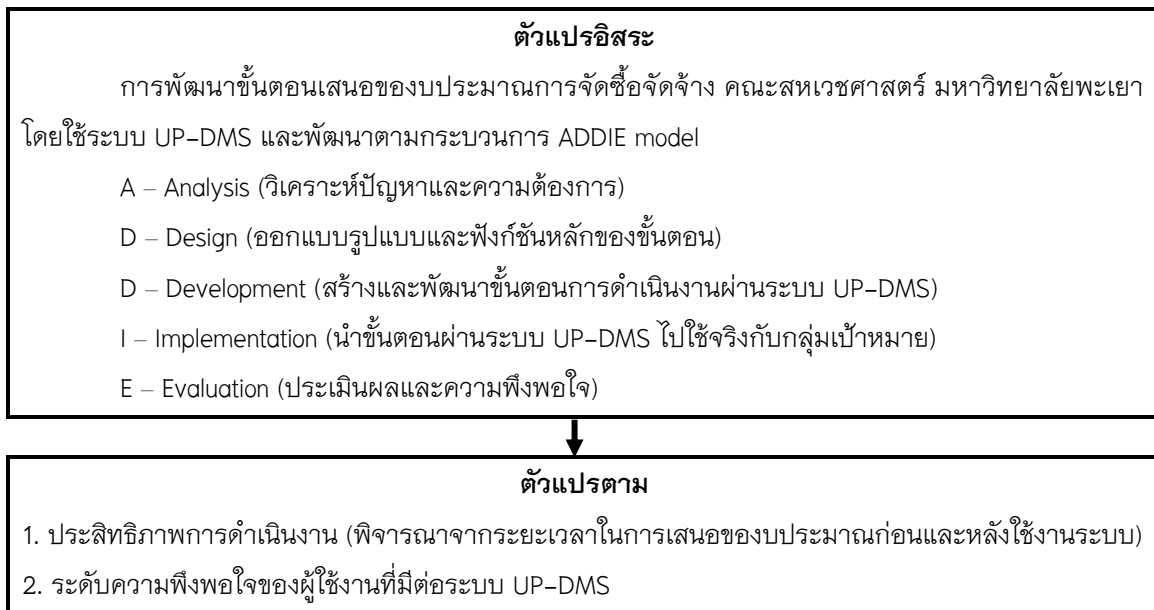


Figure 1 Conceptual Framework of the Study

Methodology

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บุคลากรสายสนับสนุน คณะสหเวชศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 18 คน ประกอบด้วย นักวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน นักกายภาพบำบัด จำนวน 4 คน และเจ้าหน้าที่สำนักงาน จำนวน 9 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

การวิจัยนี้ใช้ โมเดล ADDIE ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล โดยโมเดล ADDIE ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การดำเนินการ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) (McGriff, S. J., 2000) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้างผ่านระบบ UP-DMS ให้มีประสิทธิภาพ ลดเวลา ลดข้อผิดพลาด และลดต้นทุนในการดำเนินงานขององค์กร โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้ ได้มีการเก็บข้อมูลเพื่อให้เข้าใจปัญหาที่มีอยู่ในกระบวนการเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท และเพื่อกำหนดขอบเขตของการพัฒนาระบบ UP-DMS ให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

1) การวิเคราะห์ปัญหาปัจจุบัน: จากการศึกษาระเบียบและเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่ากระบวนการเสนอของบประมาณใช้เอกสารจำนวนมากและต้องผ่านหลายขั้นตอนการตรวจสอบ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้า

2) การสัมภาษณ์เชิงลึก: จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่พัสดุ 2 ราย และผู้บริหาร 3 ราย พบว่าการติดตามเอกสารใช้เวลานาน (6-8 สัปดาห์) จึงมีความต้องการระบบติดตามและแจ้งเตือนอัตโนมัติ พร้อมปรับปรุงการกำหนดสิทธิ์เข้าถึงข้อมูล และระบบจัดเก็บเอกสารเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design)

ขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างที่ชัดเจน โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ข้างต้น

1) การออกแบบโครงสร้างการทำงาน (Workflow Design)

1. วางแผนกระบวนการเสนอของบประมาณผ่านระบบ UP-DMS โดยใช้ Flowchart
2. ลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อน เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

2) การออกแบบฟังก์ชันหลักของระบบ

1. ระบบบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ลดความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูล
2. ระบบจัดการสิทธิ์การเข้าถึง เพื่อให้การใช้งานเป็นไปตามบทบาทของผู้ใช้
3. ระบบอนุมัติเอกสารออนไลน์ ช่วยให้ตรวจสอบและอนุมัติใบเสนอราคาได้สะดวก
4. ระบบแจ้งเตือน สำหรับติดตามสถานะของเอกสาร

โดยการพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อจัดจ้างโดยใช้ระบบ UP-DMS มีขั้นตอนตั้งค่าทางเดินเอกสาร ดัง Figure 2 และขั้นตอนการส่งใบเสนอราคาผ่านระบบ UP-DMS ดัง Figure 3

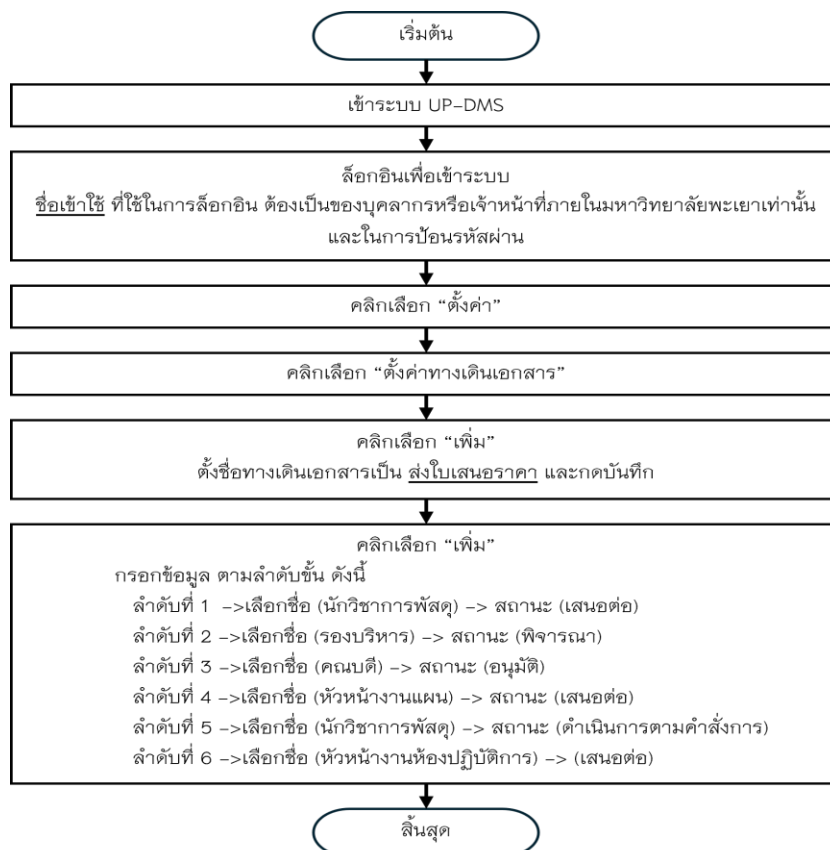


Figure 2 Procedure for Creating a Document Workflow for Quotation Submission via the UP-DMS System

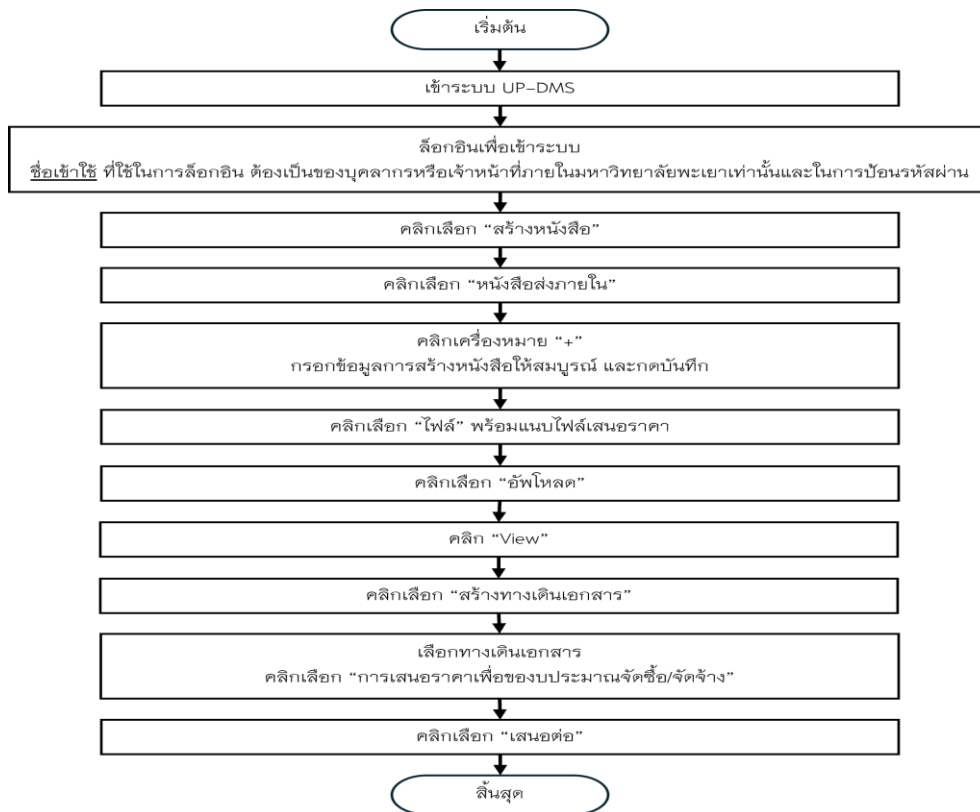


Figure 3 Procedure for Submitting a Quotation via the UP-DMS System

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development)

ระบบถูกพัฒนาตามแผนที่วางไว้ โดยใช้เทคโนโลยีผ่านระบบ UP-DMS เพื่อสร้างฟังก์ชันหลัก เช่น การอัปโหลดและจัดการเอกสาร การจัดการสิทธิ์และบทบาทของผู้ใช้ และอนุมัติใบเสนอราคาออนไลน์ โดยให้ความสำคัญกับความเสถียร และความปลอดภัยของข้อมูล ทางเดินเอกสารในกระบวนการเสนอขออนุมัติงบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท ผ่านระบบ UP-DMS ดัง Figure 4

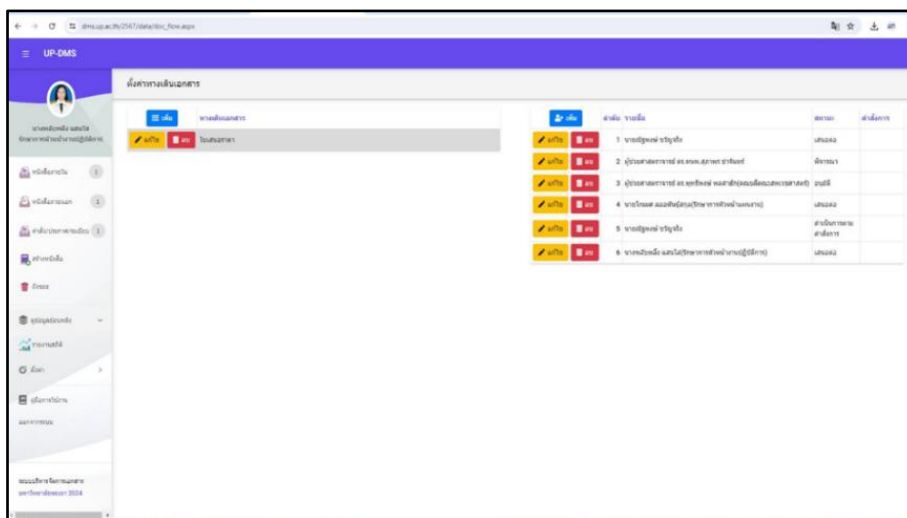


Figure 4 Document Workflow in the Budget Approval Process for Procurement/Purchasing under 500,000 Baht via the UP-DMS System

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการ (Implementation)

1) ระบบ UP-DMS ถูกทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างแบบการสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อตรวจสอบการทำงานในสถานการณ์จริง โดยเก็บข้อมูลความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน เช่น ความสะดวก ความถูกต้อง และความรวดเร็วในการใช้งาน นำข้อเสนอแนะกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพิ่มรายละเอียดกับการอนุมัติให้ชัดเจน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการข้ามขั้นตอน และจัดทำแผนผังการทำงานขั้นตอนสำหรับศึกษาด้วยตนเอง จากนั้นนำข้อเสนอมาปรับปรุงขั้นตอนให้มีความเหมาะสมและตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

2) ผู้วิจัยส่งแผนผังการทำงาน (Flowchart) แสดงขั้นตอนการส่งใบเสนอราคา ผ่านระบบ UP-DMS ไม่เกินห้าสัปดาห์ ของคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ผ่านช่องทาง Microsoft Team ของบุคลากรคณะสหเวชศาสตร์ และจัดอบรมการจัดการความรู้แก่บุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งเข้าใช้งานระบบ

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

เพื่อให้การประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 1) การพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณผ่านระบบ UP-DMS 2) ประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยพิจารณาจากระยะเวลาในการเสนอของบประมาณก่อนและหลังใช้งานระบบ) และ 3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ UP-DMS ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- 1) ใช้วิธี Before & After Analysis โดยเปรียบเทียบระยะเวลาในการดำเนินงาน
- 2) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ UP-DMS โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

1) ระบบบริหารจัดการเอกสารมหาวิทยาลัยพะเยา (UP-DMS) <https://dms.up.ac.th/2567/data/login.aspx> เป็นระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการเอกสารมหาวิทยาลัยพะเยา

2) แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยลักษณะของข้อคำถามเป็นข้อความ จำนวน 3 ตอน ประกอบด้วย 1) ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ และตำแหน่งงาน 2) ตอนที่ 2 ข้อคำถามความพึงพอใจ จำนวน 8 ข้อ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ 1 = ไม่พึงพอใจเลย, 2 = พึงพอใจน้อย, 3 = พึงพอใจปานกลาง, 4 = พึงพอใจมาก และ 5 = พึงพอใจมากที่สุด และ 3) ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เป็นข้อคำถามปลายเปิดสำหรับให้กลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

โดยใช้เกณฑ์นี้ในการแปลผลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละข้อ

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

ก่อนนำแบบสอบถามไปใช้ทางผู้วิจัยไปตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านแล้ว นำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence; IOC) (Ong-iem & Wijitwechpaisan, 2018) จากสูตร $IOC = \sum R/N$ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ คะแนน 1+ เมื่อเนื้อหาที่มีความสอดคล้อง คะแนน -1 เมื่อเนื้อหาไม่สอดคล้อง และ คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจ ซึ่งแบบทดสอบหรือข้อสอบจะต้องมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี และสามารถนำไปวัดผลได้ โดยผลการประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

ของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อขั้นตอนการเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามของแบบสอบถามทั้ง 8 ข้อคำถาม ซึ่งแต่ละข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1 และแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงแปลผลได้ว่า ข้อคำถามของแบบสอบถามความพึงพอใจมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี และสามารถนำไปวัดผลได้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บข้อมูลแบบ Cross-sectional study โดยการแจกแบบสอบถามให้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท ประจำปีงบประมาณ 2567 คณะสหเวชศาสตร์ โดยใช้ระบบ UP-DMS และขอรับคืนแบบสอบถามด้วยตนเองจากผู้ตอบ แบบสอบถามได้รับการแจกที่คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขั้นตอนการเก็บข้อมูลมีดังนี้:

1) วิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานก่อนและหลังการใช้งานระบบ (Before & After Analysis) โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลระยะเวลาการดำเนินงานของกระบวนการเสนอของบประมาณก่อนและหลังการใช้งานระบบ UP-DMS โดยบันทึกวันที่เริ่มกรอกแบบฟอร์มและวันที่ได้รับอนุมัติจากผู้มีอำนาจในระบบ UP-DMS จากนั้นคำนวณระยะเวลาเป็นจำนวนวัน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และร้อยละของการเปลี่ยนแปลง

2) ประเมินความพึงพอใจหลังการใช้งาน

1. ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามด้วยตนเองให้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้บริการเสนอของบประมาณ และเมื่อได้รับแบบสอบถามกลับมาแล้ว ผู้วิจัยจะทำการบันทึกข้อมูลและจัดเรียงคำตอบของแต่ละข้อ โดยการรหัสคำตอบเป็นตัวเลขเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

2. คำตอบที่ได้รับจะถูกจัดกลุ่มตามความถี่และใช้รหัสตัวเลขในการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป ข้อมูลที่ได้กรอกลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ข้อมูล

3. การแบ่งระดับความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการงานพัสดุจะใช้คะแนนเฉลี่ยจากการให้คะแนน โดยมีการแบ่งเป็น 5 ระดับ

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ UP-DMS โดยข้อมูลพื้นฐาน เช่น เพศ อายุ และตำแหน่งงาน วิเคราะห์ด้วยการแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) ส่วนข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พร้อมแปลผลตามเกณฑ์การแปลผลมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 = น้อยที่สุด, 1.50-2.49 = น้อย, 2.50-3.49 = ปานกลาง, 3.50-4.49 = มาก และ 4.50-5.00 = มากที่สุด สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการใช้งานระบบ (ระยะเวลาดำเนินงาน) ใช้วิธีคำนวณค่าเฉลี่ยและร้อยละของการเปลี่ยนแปลง

Results

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้างในคณะสหเวชศาสตร์ โดยทำการแจกแบบสอบถามจำนวน 18 ฉบับ และได้รับคืนครบทั้ง 18 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับ 100% ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นเพศ อายุ และตำแหน่งงาน ดังนี้ เมื่อพิจารณาตามเพศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 10 คน (55.56%) และเพศชายจำนวน 8 คน (44.44%) ในด้านอายุ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 30-40 ปี จำนวน 11 คน (61.11%) รองลงมาคือช่วงอายุ

40–50 ปี จำนวน 5 คน (27.78%) และช่วงอายุ 20–30 ปี จำนวน 2 คน (11.11%) และสำหรับตำแหน่งงาน บุคลากรสำนักงานมีจำนวนมากที่สุด 9 คน (50.00%) รองลงมาคือนักวิทยาศาสตร์ 5 คน (27.78%) และนักกายภาพบำบัด 4 คน (22.22%) Table 1

Table 1 number and percentage of general information of the sample group.

(n = 18)

General information	Number (people)	Percentage
Gender		
Male	8	44.44
Female	10	55.56
Total	18	100.00
Age		
20–30 Years	2	11.11
30–40 Years	11	61.11
40–50 Years	5	27.78
Total	18	100.00
Job Title		
Scientist	5	27.78
Physiotherapist	4	22.22
Faculty Office Staff	9	50.00
Total	18	100.00

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานก่อนและหลังการใช้งานระบบ UP-DMS พบว่าระยะเวลาการเสนอขอของงบประมาณ ตั้งแต่เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบจนถึงการพิจารณาโดยผู้บริหาร ลดลงจากเดิมภายใน 14 วัน เหลือไม่เกิน 7 วัน หรือคิดเป็นการลดลงร้อยละ 50 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการใช้ระบบ UP-DMS มีส่วนช่วยให้กระบวนการจัดการเอกสารงบประมาณดำเนินการได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ผลประเมินความพึงพอใจต่อขั้นตอนเสนอขอของงบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS กรณีศึกษาของคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยภาพรวม พบว่า บุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเสนอขอของงบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้างภายในคณะสหเวชศาสตร์ จำนวน 18 คน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนเสนอขอของงบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS กรณีศึกษาของคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (3.96 ± 0.71) เมื่อพิจารณาผลการประเมินในแต่ละหัวข้อคำถาม 3 อันดับแรก พบว่า หัวข้อคำถามด้านความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลและปกป้องข้อมูล อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.17 ± 0.62) รองลงมา คือ ด้านช่วยลดต้นทุนในการทำงาน เช่น ลดการใช้กระดาษ ลดระยะเวลาในการทำงาน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.11 ± 0.90) และ ด้านสามารถติดตามขั้นตอนการดำเนินงานได้ง่าย ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.11 ± 0.58) ผลแบบความพึงพอใจของผู้ใช้งานของงบประมาณ ซึ่งข้อมูลแสดงตาม ตาราง 2

Table 2 The mean scores and standard deviation of the sample's satisfaction.

(n = 18)

Question	Satisfaction Rating		
	\bar{x}	S.D.	Interpretation
1. Easy, convenient, and fast to use	3.94	0.73	very
2. Provides secure data storage and protection	4.17	0.62	very
3. Allows customization of settings to meet user requirements	4.06	0.64	very
4. Reduces redundancy and errors in work processes	3.83	0.71	very
5. Enables accurate, efficient, and easy tracking of workflow steps	4.11	0.58	very
6. Helps reduce operational costs, such as minimizing paper usage and saving work time	4.11	0.90	very
7. Displays messages and function buttons clearly	3.72	0.75	very
8. Supports operation across various devices and platforms	3.78	0.81	very
Average Total Score	3.96	0.71	very

ผู้ใช้งานมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ควรคู่มือหรือสื่อแนะนำที่เข้าใจง่ายและชัดเจน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานใหม่สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้อง และมีแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดข้อผิดพลาด นอกจากนี้ ควรมีการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องและพัฒนาให้สามารถรองรับกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างในด้านอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ครอบคลุมมากขึ้น

Conclusion and Discussion

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเสนอของบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้าง วงเงินไม่เกินห้าแสนบาท โดยใช้ระบบ UP-DMS คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาได้นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างผ่าน ระบบ UP-DMS พบว่าช่วยลดความล่าช้าในการบริหารจัดการงบประมาณ พบว่า ระยะเวลาการเสนอของบประมาณพิจารณาจากเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบเสนอผู้บริหารพิจารณา ลดลงเหลือไม่เกิน 7 วัน หรือคิดเป็นการลดลงร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าระบบช่วยปรับปรุงกระบวนการให้รวดเร็วขึ้น ลดความล่าช้า และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเอกสารและงบประมาณ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางระบบการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มความโปร่งใส และลดต้นทุนของภาครัฐ จากการประเมินความพึงพอใจการใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก โดย 3 อันดับแรกที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงสุด ได้แก่ ความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูลและปกป้องข้อมูลความสามารถในการติดตามขั้นตอนการดำเนินงานได้ง่าย และช่วยลดต้นทุนในการทำงาน โดยสามารถอภิปรายผลได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

1) การลดระยะเวลาในกระบวนการเสนอเอกสารของงบประมาณ

การนำ ระบบ UP-DMS มาใช้ส่งผลให้ระยะเวลาการดำเนินงานลดลงเหลือไม่เกิน 7 วัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถช่วยลดความล่าช้าของกระบวนการ ลดระยะเวลาการอนุมัติ และเพิ่มความรวดเร็วในการจัดการเอกสาร ซึ่งสอดคล้องกับ UNCTAD (2021) ตามแนวคิดระบบการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อช่วยปรับปรุงการบริหารงานภาครัฐให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น ช่วยให้หน่วยงาน

สามารถดำเนินงานได้รวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ การใช้ระบบการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐแบบอิเล็กทรอนิกส์ ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการสาธารณะ ลดความซับซ้อนของขั้นตอนการดำเนินงาน และส่งเสริมให้ภาครัฐสามารถบริหารทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2) ด้านความปลอดภัยของข้อมูลและการปกป้องข้อมูล

ผู้ใช้งานให้คะแนนระดับสูงสุด ในด้านความปลอดภัยของข้อมูล ซึ่งสะท้อนถึงความเชื่อมั่นในระบบ UP-DMS ว่าสามารถป้องกันข้อมูลสูญหายและรักษาความปลอดภัยจากการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต ความพึงพอใจดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Sridokmai, 2019) ซึ่งกล่าวถึงแนวทางการรักษาความปลอดภัยของฐานข้อมูลโดยใช้การควบคุมสิทธิ์การเข้าถึง (Access Control) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันภัยคุกคามจากทั้งภายในและภายนอกองค์กร โดยเฉพาะการโจมตีทางไซเบอร์ที่มีเป้าหมายในการเข้าถึงหรือขโมยข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล อย่างไรก็ตาม แม้ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจะอยู่ในระดับสูง แต่การรับรู้ของผู้ใช้งานเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอในการยืนยันระดับความปลอดภัยของระบบในเชิงเทคนิค จึงควรมีการประเมินระบบเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญด้านระบบปฏิบัติการและเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างความปลอดภัยของระบบโดยตรง รวมถึงควรมีการพัฒนากระบวนการสำรองข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อรองรับกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดทางเทคนิคหรือการโจมตีจากภายนอก ทั้งนี้ การดำเนินการตามข้อเสนอแนะเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ใช้งาน และเพิ่มระดับความปลอดภัยของระบบ UP-DMS ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นในระยะยาว

3) ด้านการลดต้นทุนและความคุ้มค่าในการดำเนินงาน

ผู้ใช้งานให้คะแนนระดับมาก ในด้านการช่วยลดต้นทุนในการทำงาน โดยเฉพาะด้าน การลดการใช้กระดาษ และลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ซึ่งช่วยให้กระบวนการจัดซื้อจัดจ้างมีความคุ้มค่ามากขึ้น เนื่องจากการใช้เอกสารดิจิทัลในกระบวนการเสนอของบประมาณช่วยลดข้อผิดพลาดจากการดำเนินงานแบบด้วยมือ เพิ่มความเร็ว และลดปัญหาความซ้ำซ้อนของขั้นตอน โดยเฉพาะในการจัดการเอกสารที่อาจสูญหายหรือค้นหาได้ยาก ระบบดิจิทัลช่วยให้การจัดเก็บและค้นหาเอกสารเป็นระบบมากขึ้น ลดเวลาการบริหารข้อมูล และเพิ่มความสะดวกในการติดตามเอกสาร ผู้ใช้งานสามารถกำหนดประเภทเอกสารและจัดเก็บอย่างเป็นหมวดหมู่ ทำให้ตรวจสอบได้ง่าย และลดความเสี่ยงจากข้อมูลสูญหาย นอกจากนี้การแชร์เอกสารดิจิทัลภายในองค์กรตามระดับสิทธิ์ที่กำหนดช่วยเพิ่มความคล่องตัว ลดการพิมพ์ซ้ำ และลดต้นทุนด้านเอกสาร ทั้งยังเสริมความโปร่งใส และประสิทธิภาพของกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างให้ตรวจสอบได้ง่าย และดำเนินการได้อย่างรวดเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Chowan, 2020) ได้การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อการนำระบบไร้กระดาษ (Paperless) มาใช้ในบริษัท พี.ซี. ทาคาชิมา (ประเทศไทย) จำกัด อย่างไรก็ตามควรมีการคำนวณ ความคุ้มค่าอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถประเมินได้ว่า ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ระบบคุ้มค่ากับต้นทุนในการพัฒนาปรับปรุง

4) ด้านความสามารถในการติดตามเอกสารและลดความล่าช้าในการอนุมัติ

ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้งานให้คะแนนระดับมาก ในด้านการติดตามเอกสารที่ง่าย ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าระบบช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถติดตามสถานะเอกสารได้สะดวกขึ้น ลดเวลาการตรวจสอบข้อมูล และลดความล่าช้าในการอนุมัติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Khamphong et al., 2024) ได้ศึกษาระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์: กรณีศึกษาสำนักงานจัดหางานจังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้การจัดเก็บ และเข้าถึงข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยลดความซับซ้อนของกระบวนการทำงาน ทำให้ข้อมูลถูกจัดระเบียบอย่างเป็นระบบ ลดความเสี่ยงของการสูญหาย และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้ และใช้งานได้ง่ายขึ้น ฟังก์ชันสำคัญ เช่น การติดแท็กเอกสาร ช่วยให้สามารถค้นหา และจัดหมวดหมู่เอกสารได้อย่างรวดเร็ว ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ ช่วยแจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องเมื่อเอกสารมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ ลดเวลาที่ต้องใช้ในการติดตามเอกสาร และระบบติดตามสถานะเอกสารแบบเรียลไทม์ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบ และติดตามเอกสารได้ทันที ลดโอกาสของการสูญหาย

ระหว่างกระบวนการทำงาน นอกจากนี้การแจ้งเตือนอัตโนมัติยังช่วยลดความล่าช้าในการอนุมัติเอกสาร ทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น และมีความคล่องตัวมากขึ้น การนำระบบดิจิทัลมาใช้ในการบริหารเอกสารไม่เพียงช่วยลดความซ้ำซ้อนของงานเอกสาร แต่ยังช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากกระบวนการแบบด้วยมือ และเพิ่มความโปร่งใสในการดำเนินงานขององค์กร ส่งผลให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพและสามารถตรวจสอบได้ง่ายยิ่งขึ้น

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ UP-DMS โดยรวม พบว่า ผู้ใช้งานให้คะแนนความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งสะท้อนภาพรวมของทัศนคติเชิงบวกต่อระบบ UP-DMS ว่าสามารถตอบสนองต่อความต้องการด้านการเสนอขอขบประมาณในการจัดซื้อ/จัดจ้างได้อย่างเหมาะสม ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ UP-DMS โดยรวมอยู่ในระดับมาก สะท้อนถึงทัศนคติเชิงบวกของผู้ใช้งานว่าระบบสามารถรองรับการเสนอขอขบประมาณในการจัดซื้อ/จัดจ้างได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะด้านความสะดวก ความรวดเร็ว และการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยรายข้อ พบว่าบางองค์ประกอบ เช่น ความชัดเจนของการแสดงผล และการรองรับอุปกรณ์พกพา ยังมีระดับความพึงพอใจต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยรวม ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดบางประการที่ควรได้รับการปรับปรุง นอกจากนี้ข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานระบุถึงความต้องการให้พัฒนาระบบให้มีความยืดหยุ่นยิ่งขึ้น ให้ใช้งานง่าย รองรับการใช้งานเข้าถึงผ่านอุปกรณ์พกพา เช่น สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต ซึ่งอาจพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเฉพาะ นอกจากนี้ควรจัดทำคู่มือหรือสื่อแนะนำที่เข้าใจง่ายสำหรับผู้ใช้งานใหม่ และพัฒนาระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการสูญหายจากปัญหาทางเทคนิค รวมถึงการขยายขอบเขตการใช้งานให้ครอบคลุมกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างในส่วนอื่นของหน่วยงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการในระดับองค์กร

Limitations and suggestions for the study

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาขั้นตอนเสนอขอขบประมาณการจัดซื้อ/จัดจ้างผ่านระบบ UP-DMS และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดที่ควรได้รับการพิจารณาในอนาคต ได้แก่ การขาดการวิเคราะห์ความคุ้มค่า (Cost-Benefit Analysis) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจลงทุนและขยายระบบ อีกทั้งยังขาดการศึกษาปัจจัยเฉพาะที่อาจส่งผลต่อการใช้งาน เช่น อายุ ประสบการณ์ และทักษะด้านเทคโนโลยี ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้การพัฒนาระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยนี้อาศัย แบบสอบถามเชิงปริมาณเป็นหลัก ทำให้ขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย และข้อเสนอแนะของผู้ใช้งานโดยตรง หากเพิ่มการสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสนทนากลุ่ม จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาและข้อจำกัดของระบบได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น อีกประเด็นที่ต้องพิจารณาคือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จำกัด (18 คน) ซึ่งอาจยังไม่สะท้อนความคิดเห็นของบุคลากรทุกกลุ่มในองค์กรได้อย่างครบถ้วน จากข้อจำกัดข้างต้น งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาเพิ่มการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของระบบ UP-DMS ศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลที่อาจส่งผลต่อการใช้งาน ขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงเปรียบเทียบประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น การลดการใช้กระดาษ และต้นทุนการพิมพ์ ตลอดจนเพิ่มการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่สามารถสนับสนุนการพัฒนาในระบบในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Acknowledgements

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัย งบประมาณรายได้คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

References

- Araya Ong-lam, Suebsong, S., & Suksiri, T. (2018). Index of question-objective congruence: Assessing congruence in questionnaires. *Journal of Education and Research*, 15(2), 101–115. (in Thai)
- Comptroller General's Department. (2019). *Guidelines for government procurement for transparency and efficiency*. Comptroller General's Department, Ministry of Finance. (in Thai)
- Digital Government Development Agency. (2021). *Supplies management via the electronic government procurement system (e-Procurement)*. Digital Government Development Agency. (in Thai)
- McGriff, S. J. (2000). *Instructional System Design (ISD): Using the ADDIE Model*. Instructional Systems, College of Education, Penn State University.
- Tipayasukul, S. (2025). The role of digital technology in the public administration process in Thailand. *Journal of Political Science and Legal Studies*, 1(1), 1–13. (in Thai)
- Khamphong, S., Srithammasak, B., & Sangamangkang, N. (2024). Electronic document management system: A case study of the Mae Hong Son Provincial Employment Office. In *Proceedings of the 9th National Research Conference, Sukhothai Thammathirat Open University* (pp. 2024–2038). Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Chowan, T. (2020). *A study of the economic feasibility of implementing a paperless system at P.C. Takashima (Thailand) Co., Ltd.* (Independent Study). National Institute of Development Administration. (in Thai)
- Sridokmai, T. (2019). Database security on encrypted data using homomorphic encryption. *Danubhana Journal*, 13(2), 226–238. (in Thai)
- UNCTAD. (2021). *Digital government and e-procurement systems: A global perspective on public sector efficiency*. United Nations Conference on Trade and Development.
- World Bank. (2020). *E-procurement and public sector efficiency: Best practices and implementation strategies*. The World Bank Group.

ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

พีระยุท แก้วนวลเข้า¹, รัฐเขต ลาภขุนทด¹, เพชรารภรณ์ ชาวสวน¹, ศศิกันต์ ไพลกลาง^{1*}
และ วิรัตน์ บุตรวาปี¹

Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things

Peerayut Kaewnuanhao¹, Rattakhet Lapkhuntod¹, Patcharaporn Chaosuan¹, Sasikarn Plaiklang^{1*}
and Wirat Butwaphee¹

¹ Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

* Corresponding author: sasikarn.pl@rmuti.ac.th

Received: 18 December 2024; Revised: 2 September 2025; Accepted: 8 September 2025

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญด้านการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ เพราะสามารถช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมได้แบบอัตโนมัติ จิ้งหรีดถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่กำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกร เนื่องจากเป็นโปรตีนทางเลือก และสร้างรายได้สูง การนำอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีด ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ 3) ประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด โดยระบบสามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่นละออง PM2.5 และแจ้งเตือนค่าผิดปกติเพื่อจัดการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งและเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีดจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อมในตัวเลี้ยงจิ้งหรีดได้อย่างแม่นยำและมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ส่งผลให้การเพาะเลี้ยงมีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงและลดต้นทุนในการดูแลฟาร์ม ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่า มีประสิทธิภาพโดยภาพรวมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.76 ± 0.42 และผลการประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด พบว่า มีอัตราการรอดในระดับสูงมาก เท่ากับ 94.56%

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ระบบควบคุม, ระบบแจ้งเตือน, จิ้งหรีด

¹ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

Abstract

The Internet of Things technology has become essential in agriculture and livestock farming, offering automated environmental control solutions. Crickets, as an emerging economic livestock, have gained popularity among farmers due to their high nutritional value as an alternative protein source and their potential for high income generation. Applying IoT to cricket farming is a promising approach to enhancing efficiency and quality. This study aims to: 1) design and develop an IoT-based monitoring and control system for cricket farming, 2) evaluate the system's performance, and 3) assess the survival rate of crickets. The system monitors temperature, humidity, and PM2.5 dust levels, sending alerts for abnormal values to ensure optimal environmental conditions. The research involved five participants, including IoT experts and cricket farmers from Nakhon Ratchasima Province. Tools used included a system performance evaluation form, with data analyzed using mean and standard deviation. The findings revealed that the system accurately monitored and controlled the cricket farming environment and sent alerts via LINE Notify, resulting in improved farming efficiency, reduced risks, and lower farm maintenance costs. The performance evaluation showed high overall efficiency, with a mean score of 4.76 ± 0.42 , while the cricket survival rate was significantly high at 94.56%.

Keywords: Internet of things, Control system, Notification system, Cricket

Introduction

ในปัจจุบันความต้องการโปรตีนจากสัตว์กำลังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มีความสามารถในการผลิตอย่างยั่งยืนมากกว่าสัตว์เลี้ยงแบบดั้งเดิม เช่น วัว ไก่ และหมู เนื่องจากจิ้งหรีดใช้ทรัพยากรน้อยกว่าในการเลี้ยงและมีการปล่อยมลพิษที่น้อยกว่า ข้อมูลรายได้จากการเลี้ยงจิ้งหรีดในประเทศไทย พบว่า ต้นทุนรวมในการเลี้ยงจิ้งหรีดอยู่ที่ 85 – 100 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปจำหน่ายราคาขายปลีกอยู่ที่ 100 – 120 บาทต่อกิโลกรัม และราคาขายส่ง 90 บาทต่อกิโลกรัม กำไรสุทธิประมาณที่ 2,000–7,000 บาท ต่อ 1 รอบการผลิตซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 เดือน (Natsat Sroitongdee & Napaporn Nilapomkul, 2019) เมื่อทำการส่งออกไปยังสหภาพยุโรปมีราคาสูงถึง 1,000 บาทขึ้นอยู่กับชนิดของจิ้งหรีด และคุณภาพในการเลี้ยงการเลี้ยงจิ้งหรีด (Natsat Sroitongdee & Napaporn Nilapomkul, 2019; National Bureau of Agricultural and Food Standards, 2016) หากมีการลงทุนในระบบการเลี้ยงที่ทันสมัย เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) มาช่วยควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น จะเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพได้สูงขึ้น ตลาดการค้าจิ้งหรีดมีมูลค่าสูงขึ้น เนื่องจากการส่งออกผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีด เช่น จิ้งหรีดแห้ง ผงจิ้งหรีด ตลาดต่างประเทศที่มีความต้องการสูง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา และยุโรป ที่มีความนิยมบริโภคจิ้งหรีดเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือก

การเลี้ยงจิ้งหรีดเป็นสัตว์เลี้ยงง่าย สามารถทำได้ในพื้นที่จำกัด เช่น ในบ้าน หรือชุมชนเมือง ที่ไม่สามารถเลี้ยงสัตว์ใหญ่ได้ นอกจากนี้ การเลี้ยงจิ้งหรีดระบบปิด ยังช่วยป้องกันปัญหาจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น การถูกล่าโดยศัตรูธรรมชาติหรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) ในการเกษตรกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากช่วยให้การเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำ IoT มาใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีดช่วยให้การตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมในตู้เลี้ยงจิ้งหรีดสามารถทำได้ง่าย แม่นยำ และมีอัตราการเจริญเติบโตและมีจำนวนผลผลิตของ

จังหวัด สูงกว่าการเลี้ยงแบบปกติทั่วไป (Wannathida Ratcharaksa, Panida Boonchawna, & Uakam Awat, 2023) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราการรอด มีน้ำหนักและมีคุณภาพของจังหวัดเพิ่มมากขึ้น สามารถช่วยลดต้นทุน เวลาในการดูแล และการใช้แรงงานคนในการเลี้ยงจังหวัด (Siriprapa Prapagomkiat, 2021) ปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเลี้ยงจังหวัด ได้แก่ ภูมิอากาศพื้นที่ คุณภาพของอาหารและน้ำ ปริมาณฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากมูลจังหวัด ซากตัวจังหวัดที่ตาย เศษอาหาร หรือการระบายอากาศไม่ดี ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของจังหวัด (Chatree Homkhiew et al., 2023)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งด้วยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยการวิจัยในครั้งนี้จะทำการควบคุมปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 ที่เหมาะสม จะช่วยให้จังหวัดเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงและปริมาณมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้จากกระยะไกลผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนหรือคอมพิวเตอร์ได้อย่างแม่นยำและอัตโนมัติ นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากระบบสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการเลี้ยงในอนาคต ทำให้การเลี้ยงจังหวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว ลดการสูญเสียทรัพยากร และค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น

Objectives

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

Conceptual and Theoretical Background and Related Studies

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจังหวัดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษานิยาม และความหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วงจรการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง และฟาร์มอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรพัฒนาระบบงาน ยังเป็นกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศให้ตรงตามความต้องการผู้ใช้งาน แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน คือ การกำหนดความต้องการของระบบ การวิเคราะห์ระบบงาน การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบระบบ การติดตั้งใช้จริง และการบำรุงรักษาระบบ (Kiattipong Udomtanathira, 2019)

Thanai Likhitpoonsap & Mawin Yuenyongwatthanakul (2011) ระบุว่า เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) คือ การพัฒนาระบบงานบนเว็บ ข้อมูลที่อยู่ในระบบมีการไหลเวียนในแบบออนไลน์ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการข้อมูลแบบเวลาจริง (Real-Time) และมีประสิทธิภาพ

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) คือ การเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถควบคุมและสั่งการระยะไกลได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก (Embedded System) เช่น เซอร์ และวงจรสื่อสารเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตทำให้สามารถบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Kantima Jueachantuk et al., 2025)

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หรือ ฟาร์มที่มีความแม่นยำ คือฟาร์มที่นำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า เพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม (Chakrit Manwicha, 2016) สำหรับประเทศไทยซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรมาตั้งแต่สมัยโบราณ ประชากรในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นส่วนใหญ่ การที่ภาครัฐให้ความสำคัญกับการทำเกษตรแบบอัจฉริยะและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับภาคเกษตร นับเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการขับเคลื่อนการเกษตรให้ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในอนาคต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Surathep Paengkoet & Supasee Duangsai (2023) ได้พัฒนาเครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วย IoT เพื่อเพิ่มความสะดวกในการควบคุมปริมาณการให้อาหาร และลดเวลาการเฝ้าสังเกตปลา ผลทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการให้อาหารปลาใน 3 เวลาไม่มีความผิดพลาด และอาหารที่ปล่อยในแต่ละครั้งมีปริมาณ 1 กรัม คิดเป็น 81 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นปริมาณที่พอเหมาะสำหรับการกินอาหารของปลา ดังนั้น เครื่องควบคุมตู้ให้อาหารปลาอัตโนมัติด้วย IoT สามารถใช้เป็นต้นแบบเครื่องให้อาหารปลา และประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์การผลิตเชิงพาณิชย์ได้

Chinwat Ngamwannakorn & Suthat Runraviwan (2018) ได้ศึกษาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อมด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภายใต้แนวคิดการนำ IoT มาประยุกต์ โดยใช้อุปกรณ์ Arduino และเขียน โปรแกรมควบคุมโดยใช้ภาษา C++ และพัฒนา App บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ด้วย App Inventor ผลจากการทดลองระบบพบว่า ผู้ประกอบการสามารถควบคุมการเปิดปิดไฟส่องสว่างในโรงงานและระบบความปลอดภัยจากกล้องวงจรปิดได้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวมพบว่า มีประสิทธิภาพมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4.19

Taksin Wangsinh, Jinnawat Semkan, & Nipitpon Racha (2021) การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์อัจฉริยะด้วยระบบเทคโนโลยีการเชื่อมต่อของสรรพสิ่งสำหรับอบแห้งพริก กุ้ง และมะม่วง โดยควบคุมและดูแลการเปิดและปิดพัดลมแบบอัตโนมัติ เพื่อเป็นต้นแบบให้กับเกษตรกร ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน พบว่ามีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.81

Kiatsin Kanjanawanikul, Chumpol Kaewsihawong, Wuttiya Uttaracha, & Suphan Yangyuen (2020) ได้ประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อช่วยในการเลี้ยงจิ้งหรีด โดยมีส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ ระบบการให้อาหาร น้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ ควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบการให้อาหารถูกออกแบบมาเพื่อการให้อาหารที่กระจายอย่างเหมาะสม ระบบการให้น้ำถูกออกแบบมาให้เติมน้ำอัตโนมัติเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยคำสั่งการให้อาหารและแสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ นอกจากนี้ ยังสามารถสั่งให้ถ่ายภาพเพื่อแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันไลน์

Methodology

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับประชากรคือ เกษตรกรเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 127 คน (Information and Statistical Data Group, Center for Information Technology and Communication, Department of Livestock Development, 2022) และกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้คือ คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) พิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง จำนวน 3 ท่าน และเกษตรกรผู้เลี้ยงจิ้งหรีดในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 2 ท่าน สำหรับประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบเลี้ยงจิ้งหรีด ระบบสามารถตรวจวัดและแจ้งรายละเอียดของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 และปริมาณแสงที่เหมาะสม

ขอบเขตของระบบ

1. เจ้าของฟาร์ม (Administrator)

- 1) สามารถเรียกดูค่าอุณหภูมิผ่านเว็บไซต์ได้
- 2) สามารถตรวจสอบค่าฝุ่นละออง PM2.5 ได้

2. ระบบ (System)

- 1) สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิหรือความชื้นได้
- 2) สามารถแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นที่สูงกว่าปกติ
- 3) สามารถตรวจวัดค่าฝุ่นละออง PM2.5 ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Instruments used in the study

Type of instrument	Instruments/technologies used in the study
Hardware	1) Personal Computer (PC)
	– CPU: Ryzen 5 2600 3.4 GHz
	– RAM: 16 GB DDR4
	– SSD: 512 GB, Read 3500 MB/s
	– Graphics Card: RTX 4060 DDR6 8 GB
	– Peripherals: Mouse, Keyboard
	2) NodeMCU Board with Wi-Fi connectivity
	3) 4-Channel Relay Module (for controlling DC and AC loads)
	4) AM2302 Temperature and Humidity Sensor
	5) Soil Moisture Sensor
	6) Ventilation Fan

Type of instrument	Instruments/technologies used in the study
Software	7) PM2.5 Air Quality Sensor
	8) Heating Lamp for incubation/cultivation cabinet
	1) Visual Studio Code
	2) Arduino IDE
	3) Line Notify
	4) Figma
	5) Google Sheets
	1) C/C++
Programming Languages	2) HTML
	3) JavaScript

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนาาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง คณะผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนินงาน (Figure 1)

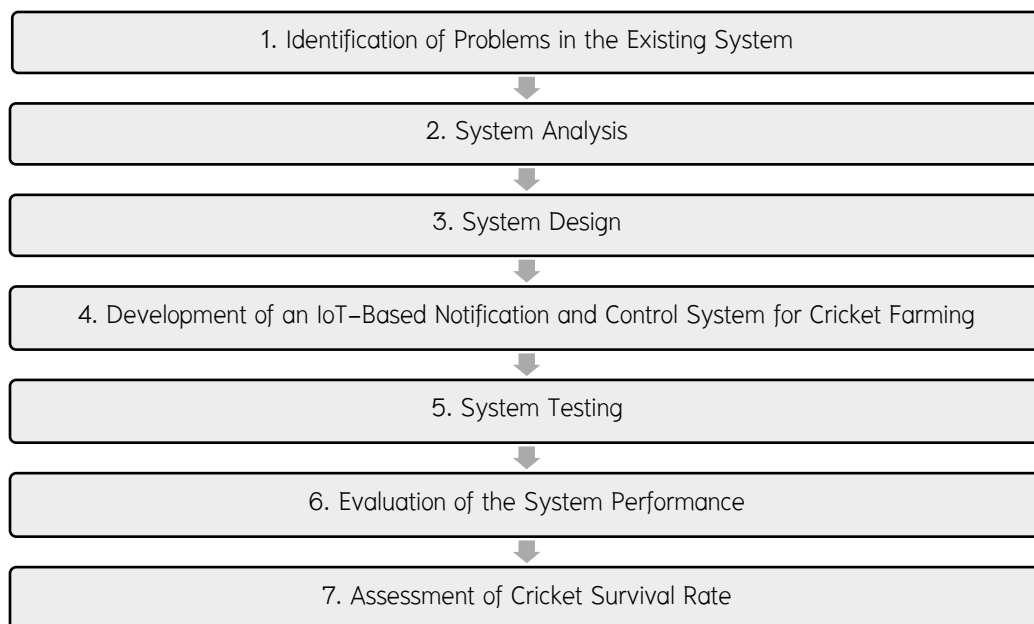


Figure 1 Research Methodology

จากรูป (Figure 1) เป็นขั้นตอนการดำเนินงานงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ ศึกษาปัญหาระบบงานเดิม วิเคราะห์ระบบ ออกแบบกระบวนการทำงาน พัฒนาระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ทดสอบระบบงาน ประเมินประสิทธิภาพของระบบ และประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาระบบงานเดิม

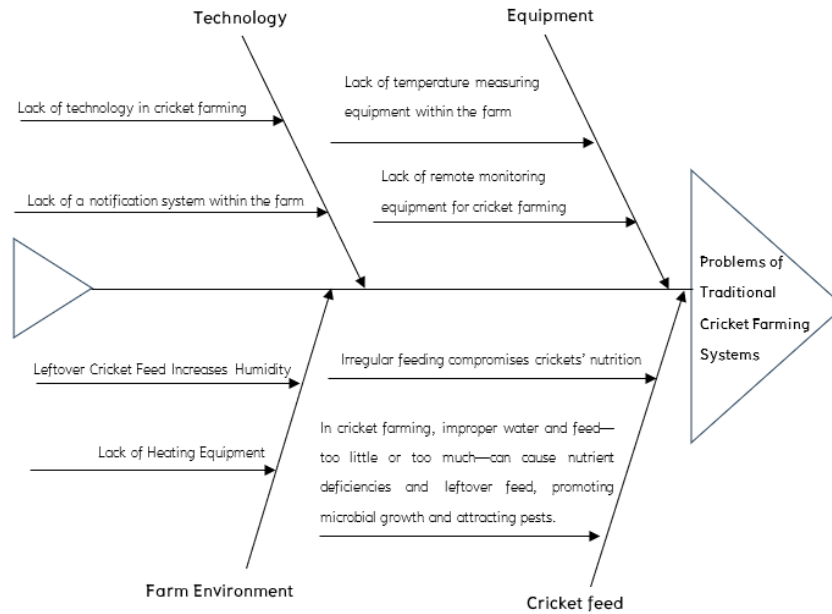


Figure 2 Research Methodology

จากรูป (Figure 2) แสดงแผนผังก้างปลาปัญหาในระบบฟาร์มจิ้งหรีดแบบดั้งเดิม พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- 1) ด้านเทคโนโลยี ขาดเทคโนโลยีและระบบการแจ้งเตือนปัญหาต่าง ๆ ภายในฟาร์ม
- 2) ด้านอุปกรณ์ ขาดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในฟาร์มและขาดอุปกรณ์ติดตามดูแลจิ้งหรีดระยะไกล
- 3) ด้านอาหาร การให้น้ำและอาหารในปริมาณที่ไม่เหมาะสมน้อยหรือมากเกินไปอาจทำให้จิ้งหรีดขาดสารอาหาร หรือมีการทิ้งอาหารที่เหลือเศษซึ่งเป็นเศษอาหารซึ่งเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคและแมลงพาหะ
- 4) ด้านสิ่งแวดล้อมภายในฟาร์ม อาหารจิ้งหรีดที่เหลือทิ้งทำให้อากาศภายในเกิดความชื้น และขาดอุปกรณ์ช่วยให้ความอบอุ่นภายในฟาร์ม

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ระบบงาน

2.1 System Flowchart ระบบฟาร์มจิ้งหรีดแบบดั้งเดิม

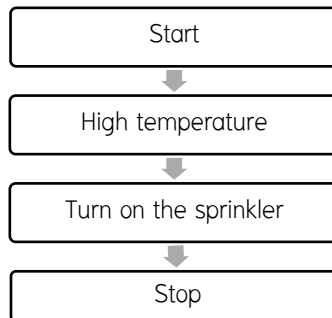


Figure 3 System Flowchart of a Traditional Cricket Farming System

จากรูป (Figure 3) แสดงให้เห็นถึงระบบงานเดิมโดยเริ่มจากผู้ใช้งานใช้อุณหภูมิความร้อนจากความรู้สึก ไม่มีเครื่องมือในการการวัดอุณหภูมิหรือความชื้น

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบกระบวนการทำงาน

3.1 System Flowchart ระบบฟาร์มจิ้งหรีด IoT

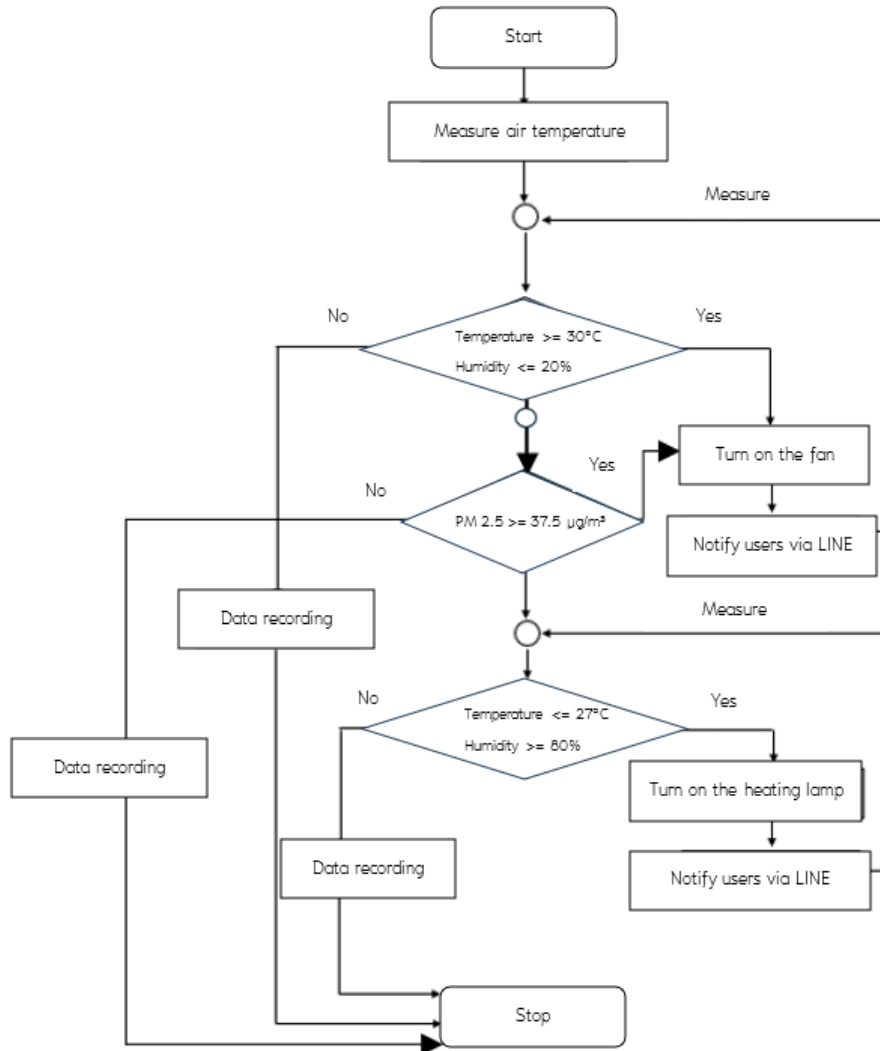


Figure 4 System Flowchart of a Traditional Cricket Farming System

จากกรอบแนวคิด (Figure 4) อธิบายการทำงานได้ดังนี้แสดงให้เห็นการทำงานเมื่อนำเทคโนโลยี IoT มาจัดการระบบการทำงานซึ่งเริ่มอ่านค่าข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในอากาศจากนั้นเซนเซอร์จะแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ให้ผู้ใช้ทราบค่าสถานะอุณหภูมิและทำการบันทึกข้อมูลและรายงานออกมาให้ผู้ใช้ และจบการทำงาน

3.2 Use-Case Diagram ระบบงานใหม่

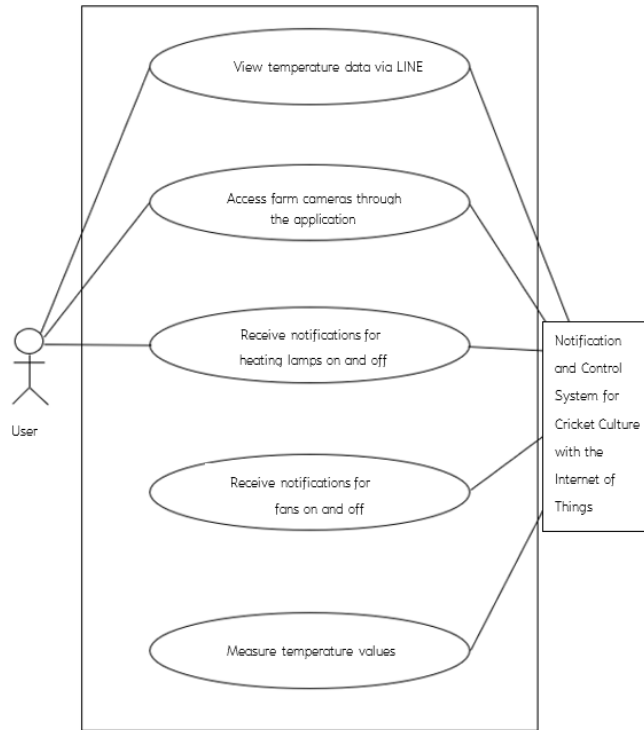


Figure 5 Use-Case Diagram of the New System

3.3 Data Flow Diagram

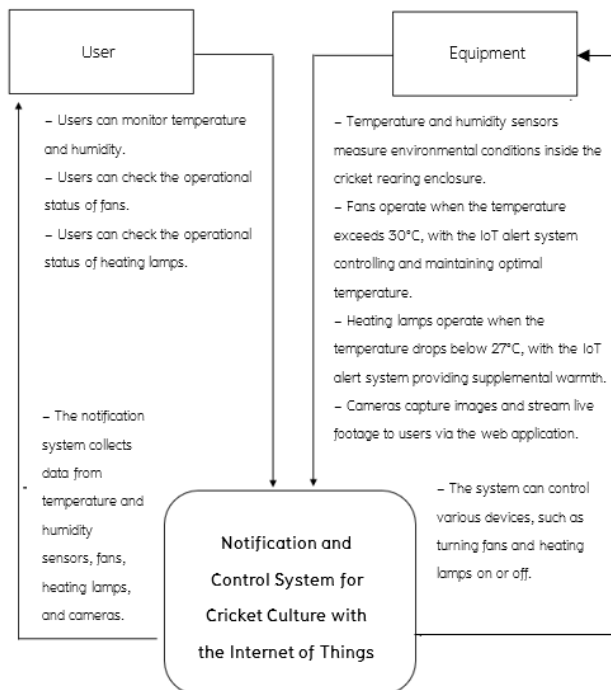


Figure 6 Context Diagram

3.4 สถาปัตยกรรมระบบ

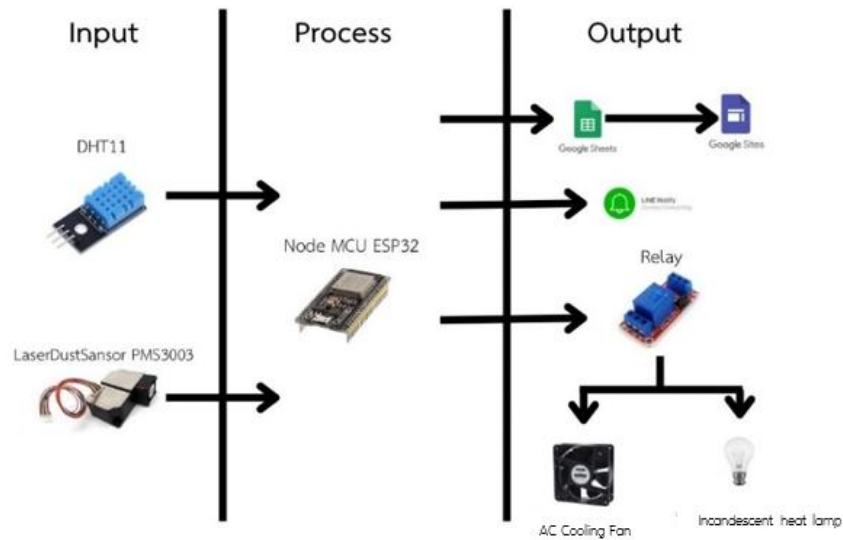


Figure 7 System Architecture

จากรูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงภาพสถาปัตยกรรมระบบ โดยเริ่มจากผู้ใช้งานสั่งการผ่านทางไลน์ บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง DHT11 เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ DHT11 ส่งค่าอุณหภูมิความร้อนและความชื้นไปยัง Line ของผู้ใช้งาน, บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง Relay เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด พัดลมและหลอดไฟ, บอร์ด ESP32 ส่งคำสั่งไปยัง Laser Dust Sensor PMS3003 เพื่อตรวจสอบค่าฝุ่นภายในตู้

จากการทดสอบนี้ ได้เห็นว่า ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ทำงานได้มีประสิทธิภาพดีขึ้นทั้งในด้านการควบคุมสภาพแวดล้อมและการแจ้งเตือนที่แม่นยำ

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาระบบ

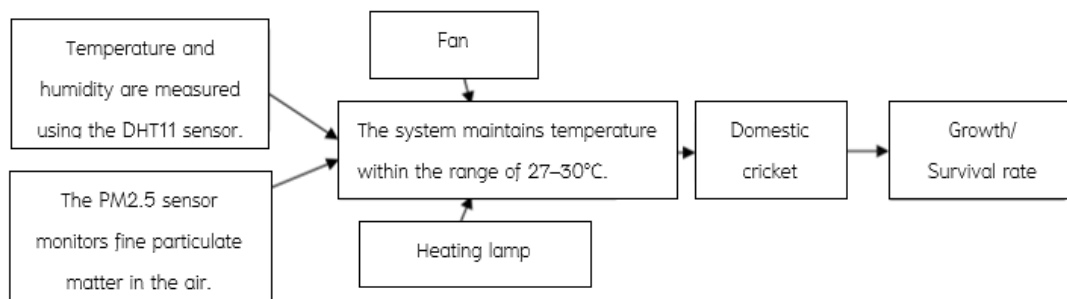


Figure 8 Conceptual Framework

จากรูป (Figure 8) อธิบายได้ว่ากรอบแนวคิดการวิจัยมีการใช้เซ็นเซอร์ dht11 ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น และใช้เซ็นเซอร์ PM2.5 วัดค่าฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อนำค่าที่ได้ไปควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระยาะ 27–30 องศาเซลเซียส โดยใช้พัดลมในการช่วยลดอุณหภูมิ และใช้หลอดไฟให้ความอบอุ่นในการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อบคงสภาพแวดล้อมให้อยู่ในระยาะที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของจิ้งหรีด

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบระบบ

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยทำการทดสอบการใช้งานแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง ณ ห้องคั่นคว่ำบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน โดยจะทำการทดสอบระบบการวัดอุณหภูมิและความชื้น และการแจ้งเตือนไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ระบบสามารถส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยงได้ นอกจากนี้ จะทำการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ หากระดับฝุ่น PM2.5 สูงเกิน 37.5 µg/m³ เซ็นเซอร์จะสามารถตรวจจับและส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม เพื่อทำการเปิดพัดลมเพื่อระบายอากาศ หรือสามารถทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน Line Notify ได้หรือไม่ เป็นต้น โดยเซ็นเซอร์จะตรวจวัดค่าในทุก ๆ 5 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต และอัตราการอยู่รอดทุก ๆ วัน จนครบ 45 วัน แล้วบันทึกผล

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด

ในการประเมินอัตราการอยู่รอดของจิ้งหรีด มีรูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้

$$\text{อัตราการอยู่รอด (ร้อยละ)} = \frac{\text{จำนวนจิ้งหรีดที่อยู่รอด}}{\text{จำนวนจิ้งหรีดทั้งหมด}} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 1})$$

Results

จากวัตถุประสงค์ออกแบบและพัฒนาระบบ สามารถอธิบายผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบ

1.1 ส่วนของตู้เลี้ยงจิ้งหรีด

จากการวิเคราะห์และออกแบบต้นแบบตู้เลี้ยงจิ้งหรีดอัจฉริยะ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตรสรพสิง แสดงดังรูปต่อไปนี้

1. แบบจำลองตู้เลี้ยงจิ้งหรีด

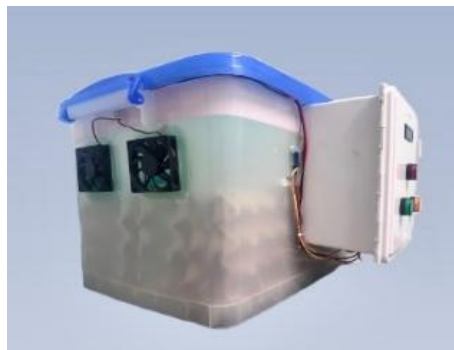


Figure 9 Cricket Rearing Enclosure Model

จากรูป (Figure 9) แสดงแบบจำลองระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2. กล่องอุปกรณ์เซนเซอร์

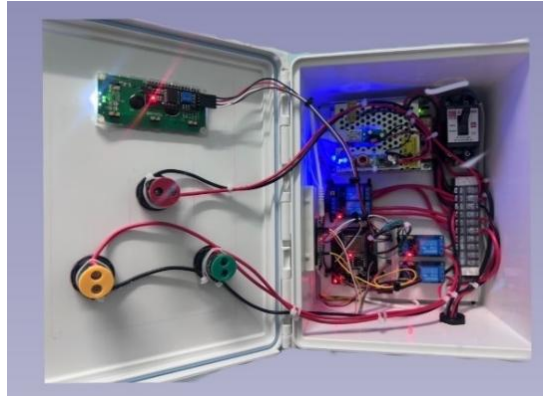


Figure 10 Sensor Equipment Box

จากรูป (Figure 10) แสดงการนำอุปกรณ์เซนเซอร์ ESP8266 (โมดูล Wi-Fi),จอ LCD สำหรับแสดงอุณหภูมิและความชื้น,รีเลย์ (Relay)ทั้งหมดใส่ลงไปในกล่องอุปกรณ์

3. การใช้งานของแบบจำลองตู้เลี้ยงจิ้งหรีด



Figure 11 Cricket Rearing Enclosure Model

จากรูป (Figure 11) แสดงการทดลองการใช้เซนเซอร์ DHT11 (วัดอุณหภูมิและความชื้น)



Figure 12 DHT11 Sensor (Temperature and Humidity Sensor)

จากรูป (Figure 12) แสดงเซ็นเซอร์ DHT11 ถูกใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของพืช หากอุณหภูมิหรือตัวชี้วัดความชื้นไม่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ระบบจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุม เช่น พัดลมหรือหลอดไฟ เพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเลี้ยง

4. เซ็นเซอร์วัดฝุ่นละออง PM2.5

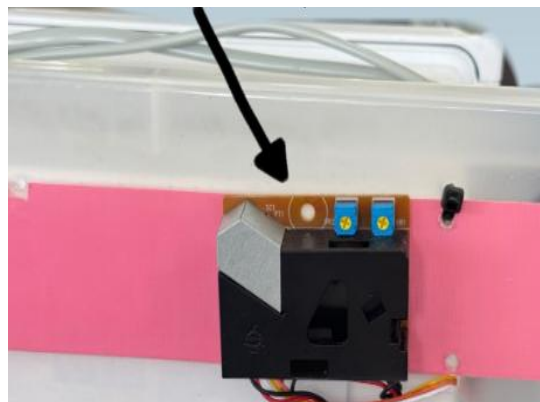


Figure 13 Laser Dust Sensor PMS3003

จากรูป (Figure 13) แสดง Laser Dust Sensor PMS3003 เป็นเซ็นเซอร์นี้ใช้ในการวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ หากระดับฝุ่น PM2.5 สูงเกิน $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เซ็นเซอร์จะตรวจจับและแจ้งเตือนส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ซึ่งอาจส่งผลให้มีการเปิดพัดลมเพื่อระบายอากาศ หรือแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่าน Line Notify

5. หลอดไฟให้ความอบอุ่น 40W



Figure 14 Heating lamp

จากรูป (Figure 14) แสดงหลอดไฟใช้เพื่อให้ความอบอุ่นแก่จิ้งหรีดเมื่ออุณหภูมิต่ำเกินไป การทำงานของระบบจะใช้รีเลย์ในการเปิดหรือปิดหลอดไฟเพื่อรักษาอุณหภูมิในช่วงที่เหมาะสม เช่น เมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 25°C หลอดไฟจะเปิดเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

6. ไฟระบุสถานะ



Figure 15 Status Indicator Light

จากรูป (Figure 15) แสดงสถานะไฟในระบบ ได้แก่ 1) ไฟสีแดง: สถานะของเบรกเกอร์ เปิด/ปิดระบบไฟฟ้าหลัก 2) ไฟสีเขียว: การทำงานของพัดลม เพื่อระบายอากาศหรือควบคุมอุณหภูมิ 3) ไฟสีเหลือง: การทำงานของไฟให้ความอบอุ่น ควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิในระบบ

7. แผงไข่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด



Figure 16 Egg Tray Used for Cricket Rearing

จากรูป (Figure 16) แสดงลักษณะของแผงไข่ที่ใช้ในการเลี้ยงจิ้งหรีด พื้นผิวที่หยาบ ด้งไข่ทำจากกระดาษรีไซเคิล หรือวัสดุหยาบ ซึ่งเป็นพื้นผิวที่จิ้งหรีดสามารถปีนป่ายได้ง่าย ทำให้จิ้งหรีดรู้สึกปลอดภัย และสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ

1.2 ส่วนของเว็บผู้เลี้ยง

1. หน้าแรกของเว็บไซต์



Figure 17 Homepage of the Website

จากรูป (Figure 17) แสดงภาพหน้าแรกของเว็บ สามารถตรวจสอบกราฟการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้

2. หน้าตรวจสอบสถานะ

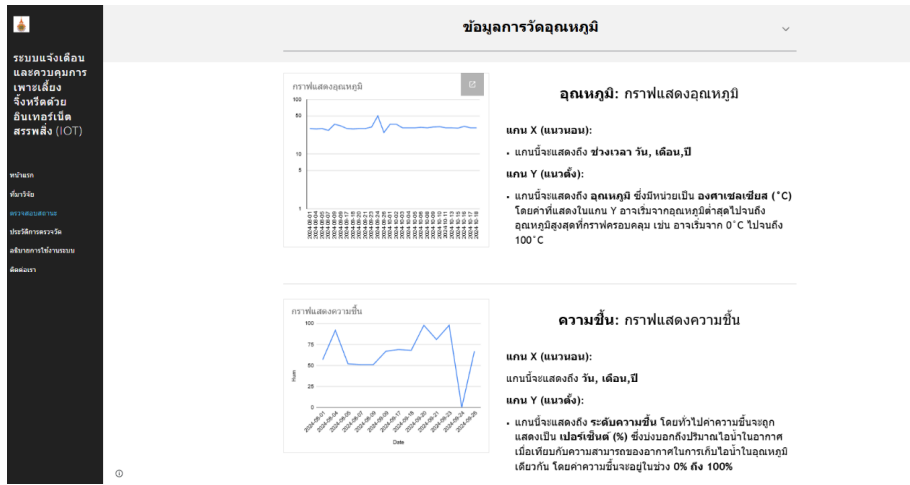


Figure 18 System Status Overview Page

จากรูป (Figure 18) แสดงภาพหน้าตรวจสอบสถานะ สามารถตรวจสอบสถานะของอุณหภูมิ ความชื้น และค่าฝุ่น PM2.5 ได้

3. หน้าประวัติการวัดอุณหภูมิและความชื้น

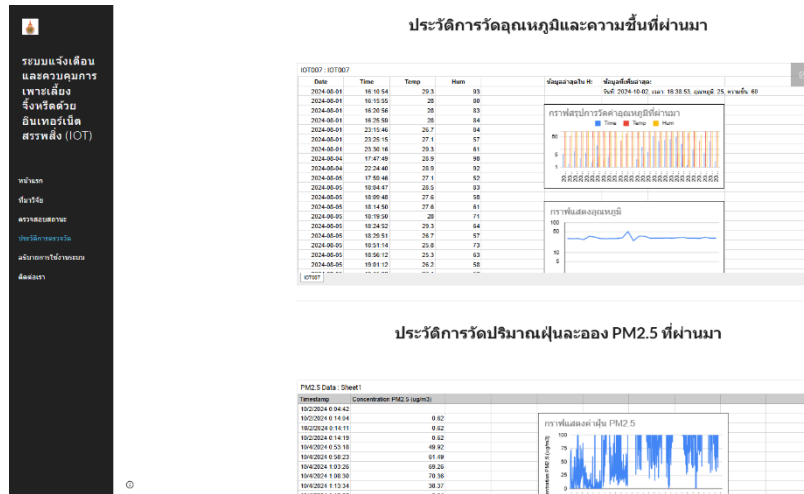


Figure 19 Temperature and Humidity Measurement History Page

จากรูป (Figure 19) แสดงภาพหน้าประวัติการวัดอุณหภูมิและความชื้น

จากวัตถุประสงค์การประเมินประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง จำนวน 3 ท่าน พิจารณาในประเด็น 1) ด้านการใช้งานระบบ 2) ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ 3) ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง และ 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานเพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูล และเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีด จำนวน 2 ท่าน โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้งานระบบ และ 2) ด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) แบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยที่ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพมากที่สุด ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพมาก ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพปานกลาง ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพน้อย ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพน้อยที่สุด (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพ Table 2 และ Table 3

Table 2 Overall Performance Evaluation of the Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things by Internet of Things Experts

Topic	\bar{X}	S.D.	Performance Level
1. System Usability	4.67	0.58	Highest
2. System Data Presentation	4.67	0.58	Highest
3. Materials and Installation Equipment	4.00	0.00	High
4. System Security and Data Access	4.67	0.58	Highest
Overall Average	4.50	0.25	Highest

จากตาราง (Table 2) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง โดยภาพรวม พบว่า มีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.50 ± 0.25 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุดได้แก่ ด้านการใช้งานระบบ ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง และด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 4.67 ± 0.58 รองลงมาคือ ด้านวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ± 0.00 ตามลำดับ

Table 3 Overall Performance Evaluation of the Notification and Control System for Cricket Culture with the Internet of Things by Cricket Farmers

Topic	\bar{X}	S.D.	Performance Level
1. System Usability	4.50	0.71	Highest
2. Benefit for Farmers	5.00	0.00	Highest
Overall Average	4.75	0.35	Highest

จากตาราง (Table 3) แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงจิ้งหรีดโดยภาพรวมพบว่า มีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.75 ± 0.35 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ ด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 5.00 ± 0.35 รองลงมาคือ ด้านการใช้งานระบบ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ± 0.71 ตามลำดับ

จากวัตถุประสงค์การประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโต และอัตราการรอดอยู่รอดของจิ้งหรีดทุก ๆ วัน จนครบ 45 วัน แล้วบันทึกผล จากผลการทดลองพบว่า จิ้งหรีดสายพันธุ์จิ้งหรีดบ้านที่นำมาใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 1,012 ตัว ซึ่งหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาทดลอง 45 วัน พบว่ามีจิ้งหรีดรอดชีวิตจำนวน 957 ตัว คิดเป็นอัตราการรอดเฉลี่ยเท่ากับ 94.56% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตของจิ้งหรีดได้

Conclusion and Discussion

สรุปผล

ผู้ที่สนใจเลี้ยงจิ้งหรีด มักจะพบปัญหาในด้านสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ จิ้งหรีดเป็นสัตว์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม อาจทำให้จิ้งหรีดตาย หรือลดการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยี IoT มาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบและพัฒนาด้านระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในการเพาะเลี้ยง ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยภาพรวมพบว่า มีประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.76 ± 0.42 โดยประเด็นที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ ด้านการใช้งานระบบ ด้านการนำเสนอข้อมูลของระบบ ด้านวัตถุประสงค์ในการติดตั้ง และด้านการใช้ประโยชน์ต่อเกษตรกร ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน คือ 4.80 ± 0.40 รองลงมาคือ ด้านการรักษาความปลอดภัยและการเข้าถึงข้อมูลของระบบ ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ± 0.49 ตามลำดับ ท้ายที่สุด ผลการประเมินอัตราการรอดของจิ้งหรีด พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า จิ้งหรีดสายพันธุ์จิ้งหรีดบ้าน มีอัตราการรอดที่ 94.56% ซึ่งเป็นอัตราการรอดในระดับสูง

อภิปรายผล

การใช้เทคโนโลยี IoT ในการเลี้ยงจิ้งหรีดแสดงให้เห็นการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการจัดการฟาร์มจิ้งหรีด IoT ช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถตรวจสอบและควบคุมสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และการระบายอากาศได้อย่างต่อเนื่องและเรียลไทม์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสุขภาพของจิ้งหรีด ระบบ IoT ช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียจิ้งหรีดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและเพิ่มโอกาสในการผลิตจิ้งหรีดคุณภาพสูง นอกจากนี้ยังลดการใช้พลังงานในการควบคุมอุณหภูมิด้วยการตั้งค่าอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังสามารถในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นในฟาร์มอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเซ็นเซอร์สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการเลี้ยงจิ้งหรีด เช่น หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของจิ้งหรีด หรือระดับความชื้นที่ส่งผลต่ออัตราการขยายพันธุ์ของจิ้งหรีด ซึ่งช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถปรับแต่งการจัดการฟาร์มให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของจิ้งหรีดได้อย่างต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่า การนำ

เทคโนโลยี IoT มาใช้ในฟาร์มจิ้งหรีด ยังเป็นการส่งเสริมการเติบโตของธุรกิจและความยั่งยืน โดยเฉพาะสำหรับฟาร์มขนาดเล็กที่ต้องการขยายการผลิต การใช้ IoT ช่วยให้สามารถจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องพึ่งพากำลังคนจำนวนมาก ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้ อย่างไรก็ตาม การนำ IoT มาใช้ยังคงมีความท้าทายที่ต้องเผชิญหนึ่งในนั้นคือ การลงทุนเริ่มต้นในเทคโนโลยี IoT ที่อาจมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับฟาร์มขนาดเล็ก หรือฟาร์มที่ยังไม่มีการวางแผนการใช้เทคโนโลยีอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านความรู้และทักษะในการใช้งานเทคโนโลยี IoT และผลจากการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kiatsin Kanjanawanikul, Chumpol Kaewsihawong, Wuttiya Uttaracha, & Suphan Yangyuen (2020) ได้ประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อช่วยในการเลี้ยงจิ้งหรีดในการควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งต่างจากงานวิจัยในครั้งนี้คือ การเพิ่มปัจจัยของการวัดปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 และอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของจิ้งหรีด

Suggestion

จากการศึกษาครั้งนี้ ควรเพิ่มการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในระยะยาว การจัดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาทักษะของผู้เลี้ยงจิ้งหรีด และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือเพื่อสนับสนุนการนำ IoT มาใช้ในอนาคต

References

- Homkhiew, C & et al. (2023). *Promoting the Use of Natural Fiber Hiding Materials to Produce High-Quality Crickets in Farms* (Research Report). Rajamangala University of Technology Srivijaya. (In Thai)
- Information and Statistical Data Group, Center for Information Technology and Communication, Department of Livestock Development. (2022). *Livestock Statistics in Thailand 2022* (pp 162). (In Thai)
- Jueachantuk, K & et al. (2025). Automated Rice Field Crab Farming System Using Internet of Things (IoT). *Proceedings of the 2nd National and International Academic Conference*, January 23–25, 2025. (In Thai)
- Kanjanawanikul, K, Kaewsihawong, C, Uttaracha, W, & Yangyuen, S. (2020). Smart Cricket Farming Using Internet of Things. *Journal of Farm Engineering and Automatic Control Technology*, 6(2), 98–112. (In Thai)
- Likhitpoonsap, T & Yuenyongwatthanakul, M. (2011). *Car Comparison Web Application*. (Bachelor of Science Thesis), Bangkok: Siam University. (In Thai)
- Manwicha, C. (2016). Smart Farm Technology. *Hat Yai Academic Journal*, 14(2). (In Thai)
- National Bureau of Agricultural and Food Standards. (2016). *Promotion of Crickets as an Economic Insect*.
- Ngamwannakorn, C & Runraviwan, S. (2018). *Development of Small-Scale Factory Equipment Control System Using Wireless Technology via Mobile Application under the Internet for Everything Concept*. Yala Rajabhat University Research Report, pp 50. (In Thai)
- Paengkoet, S & Duangsai, S. (2023). *Automatic Aquarium Control System Using IoT*. RMUT Bangkok Research Journal, 17(1), January–June 2023. (In Thai)
- Prapagornkiat, S. (2021). *Cricket Farming with Technology: Valuable Protein for the Future*. from <https://www.depa.or.th/th/article-view/cricket-future-technology>. (In Thai)

Ratcharaksa, W, Boonchawna, P, & Awat, U. (2023). *IoT Cricket House*. Rajaprajanugroh 56 School, Nan Province, Office of Special Education Administration, Ministry of Education. (In Thai)

Soithongdee, N. and N. Nilapornkul. (2019). Cost and return of commercial cricket farming. *MBA-KKU Journal*, 12(1), 165–186. (in Thai)

Udomtanathira, K. (2019). *System Development Cycle*. from <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>. (In Thai)

Wangsinh, T, Semkan, J, & Racha, N. (2021). Smart Solar-Powered Incubator Using IoT Technology. *Proceedings of the 1st National Student Academic Conference*, February 22, 2021. Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. (In Thai)

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ในพื้นที่ภาคเหนือ

วาริท ชูสกุล^{1*} และ ลัทธพล กัลยาณมิตร¹

A Study on Greenhouse Gas Emissions from the Production of Fresh Monthong Durian in Northern Thailand

Warit chusakul^{1*} and Lattapon Kunlayanamit¹

¹ 2nd office of agricultural economics, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author: vijazone2@gmail.com

Received: 8 May 2025; Revised: 28 August 2025; Accepted: 8 September 2025

บทคัดย่อ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุเรียนผลสด ผลการศึกษาบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการผลิตทุเรียน พบว่า บัญชีรายการสารขาเข้า ประกอบด้วย 1) วัตถุดิบ/สารเคมี ได้แก่ ต้นพันธุ์ 25 ต้นต่อไร่ ปุ๋ยอินทรีย์ 4,371.34 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมี 3,908.74 กิโลกรัมต่อไร่ สารกำจัดวัชพืช 19.17 ลิตรต่อไร่ สารกำจัดศัตรูพืช 48.37 ลิตรต่อไร่ และวัสดุปรับปรุงดิน 469.55 กิโลกรัมต่อไร่ 2) พลังงาน พบว่า เกษตรกรใช้น้ำมันดีเซล 405.35 ลิตรต่อไร่ และน้ำมันเบนซิน 1,491.89 ลิตรต่อไร่ ส่วนการใช้ไฟฟ้า พบว่า เกษตรกรใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 234.99 กิโลวัตต์ต่อไร่ สำหรับสารขาออก คือ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 19,980.74 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต พบว่า ทุเรียน 1 กิโลกรัม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.6584 kgCO₂eq

ข้อเสนอแนะการวิจัย ได้แก่ 1) กรมพัฒนาที่ดิน ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรตรวจวิเคราะห์สภาพดิน เพื่อให้สามารถใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างเหมาะสม 2) กรมส่งเสริมการเกษตร ควรสร้างความรู้ความเข้าใจและสนับสนุนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบจากภาวะโลกร้อนด้วยการส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ 3) เกษตรกรควรปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือก เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก, คาร์บอนฟุตพริ้นท์, ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง

¹ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก 65000

Abstract

The greenhouse gas emissions from the production of fresh durian (Monthong variety) in Northern Thailand were studied to analyze the greenhouse gas inventory and quantify emissions associated with fresh durian production. The study on the input–output inventory of durian production revealed that the input inventory consists of: 1) Raw materials/chemicals, including 25 seedlings per rai, 4,371.34 kilograms of organic fertilizer per rai, 3,908.74 kilograms of chemical fertilizer per rai, 19.17 liters of herbicide per rai, 48.37 liters of pesticide per rai, and 469.55 kilograms of soil amendments per rai. 2) Energy, where farmers utilized 405.35 liters of diesel per rai, 1,491.89 liters of gasoline per rai, and an average of 234.99 kilowatts of electricity per rai. The output inventory was primarily Monthong durian, with an average yield of 19,980.74 kilograms per rai. The greenhouse gas emissions from the production process were found to amount to 0.6584 kgCO₂eq per kilogram of durian.

Research Recommendations include: 1. Department of Land Development: It is recommended to promote and support soil condition analysis among farmers to enable appropriate use of chemical fertilizers. 2. Department of Agricultural Extension: It is advisable to provide knowledge related to the impacts of global warming and to promote environmentally friendly agricultural practices. 3. Agriculturist: The use of renewable energy sources, such as solar energy, should be encouraged to replace fossil fuels.

Keywords: Greenhouse gas, Carbon footprint, Monthong durian

Introduction

ปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากขึ้น โดยในปี 2540 ประเทศต่าง ๆ มีการให้สัตยาบันพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ในการบรรลุเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ทำให้มีการหยิบยกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าที่มีใช้ภาษี (Non – tariff Barriers) มากขึ้น เช่น สหภาพยุโรป (EU) ได้ประกาศใช้มาตรการ CBAM (Carbon Border – Adjustment Mechanism) กำหนดให้มีการทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ส่งผลให้ประเทศที่ส่งออกสินค้าได้รับผลกระทบจากต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และมีศักยภาพในการแข่งขันลดลง หากในอนาคตประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทยซึ่งได้แก่ประเทศจีน มีการนำมาตรการดังกล่าวมาใช้ ย่อมส่งผลกระทบต่อการค้าส่งออกสินค้าเกษตรของประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังประเทศจีนสูง โดยสินค้าเกษตรที่มีมูลค่าการส่งออกไปยังประเทศจีนสูงที่สุด ได้แก่ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง โดยช่วงปี 2561 – 2565 มูลค่าการส่งออกทุเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 38.31 ต่อปี โดยเพิ่มขึ้นจาก 35,397 ล้านบาท ในปี 2561 เป็น 117,432 ล้านบาท ในปี 2565 ซึ่งการส่งออกทุเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 90 อยู่ในรูปทุเรียนผลสด สำหรับปี 2565 ประเทศไทยมีปริมาณการบริโภคทุเรียนภายในประเทศจำนวน 412,083 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 30.85 ของผลผลิตทุเรียนทั้งหมด ขณะที่ปริมาณการส่งออกทุเรียนไปยังต่างประเทศจำนวน 923,646 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 69.15 ของผลผลิตทุเรียนทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) เมื่อพิจารณาเนื้อที่ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองในภาคเหนือ พบว่าแนวโน้มการเติบโตของเนื้อที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2555 – 2565) มีการขยายเนื้อที่ปลูกเพิ่มขึ้นจาก 18,241.30 ไร่ ในปี 2555 เป็น 51,841.04 ไร่ ในปี 2565 หรือเพิ่มขึ้น 2.84 เท่า มีแหล่งผลิตทุเรียนที่สำคัญ ได้แก่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย และพิษณุโลก ตามลำดับ โดยในปี 2565

มีเนื้อที่ยืนต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทอง รวมทั้งสิ้น 42,457.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 81.90 ของเนื้อที่ยืนต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทองภาคเหนือ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566)

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยสามารถปลูกทุเรียนเพื่อป้อนผู้บริโภคในประเทศได้มากขึ้น โดยเฉพาะในมณฑลไต้หวัน กวางตุ้ง ยูนนาน หากผลผลิตจีนมีมากขึ้น จีนอาจนำมาตรรกะกีดกันที่ไม่ใช่ภาษีมาเพื่อปกป้องสินค้าในประเทศได้ ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า มีผู้ผลิตและผู้ประกอบการส่งออกของไทยจำนวนมากที่ให้ความสำคัญต่อการทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อติดลงบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 (สศท.2) ตระหนักถึงการเตรียมพร้อมของข้อมูลบัญชีรายการและ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนให้เกษตรกรจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ที่จะส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาตัดสินใจ กำหนดนโยบาย และมาตรการเกี่ยวกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตรต่อไป

Objectives

1. เพื่อศึกษาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทุเรียน
2. เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตทุเรียน

Related Concepts and Theoretical Framework

แนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดโลกร้อน ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่ายการใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุหรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการนั้น ๆ ตั้งแต่การหาวัตถุดิบมาผลิตสินค้าการผลิตรวมถึงการนำไปใช้งาน ตลอดจนการกำจัดซากหลังหมดอายุการใช้งาน (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัสดุทั้งหมดที่ใช้รวมทั้งของเสียทั้งหมดที่มีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประเมิน เป็นการกำหนดเป้าหมายการประเมินให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การนำไปใช้ เช่น การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวเพื่อเปรียบเทียบการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงเวลาต่าง ๆ หรือเป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เพื่อวางแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือเพื่อสื่อสารกับผู้บริโภค เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการวางแผนการจัดเก็บข้อมูล การจัดเก็บและตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการคำนวณสามารถทำการเก็บรวบรวมได้โดยตรงจากระบบการผลิต (ข้อมูลปฐมภูมิ) ส่วนในกรณีของก๊าซเรือนกระจกที่มีแหล่งปล่อยจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำ (Upstream) ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลได้โดยตรง สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นการนำข้อมูลที่จัดเก็บในขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่า Emission Factor เพื่อให้ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การแปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยการนำไปคูณกับค่าศักยภาพการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential) การดำเนินการในขั้นตอนนี้รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้อง การลงบันทึกแหล่งที่มา ของข้อมูลและสมมุติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการคำนวณ ประเภทผลกระทบคือ ศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential) ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจก 6 ตัว (ตามข้อกำหนดของพิธีสารเกียวโต) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) กลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) คำนวณรวมตามสมการต่อไปนี้

$$EP = \sum (EP_i) = \sum (Q_i * EF_i) \quad (\text{Equation 1})$$

โดย EP (Environmental Impact Potential) = the potential of environmental impact,

in this case referring to global warming expressed in terms of the mass of carbon dioxide equivalent (kg.CO₂eq)

Q_i (Quantity) = the quantity of substance i (input-output substances) that contributes to greenhouse gas emissions

EF_i (Emission Factor) = the emission factor of substance i, representing the coefficient of greenhouse gas emissions associated with that substance

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์และแปลผล ค่าที่คำนวณได้เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของสินค้าชิ้น ๆ ต่อหน่วยการทำงาน ซึ่งสามารถแยกย่อยเป็นการปล่อยตามกระบวนการผลิตสินค้าชิ้น ๆ และสามารถแสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นหรือสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนย่อยต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์เพื่อแสวงหาโอกาสหรือความเป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตสินค้าชิ้น ๆ การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ยังรวมถึงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนและแหล่งที่มา ซึ่งจะเป็นการเปิดโอกาสให้มีการพัฒนาปรับปรุงผลการคำนวณที่ได้ในอนาคต

Scope of the study

1. กลุ่มเป้าหมายที่ทำการศึกษา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเชิงเดี่ยว ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และอำเภอนครไทย อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง โดยกำหนดจำนวนตัวอย่างในแต่ละผลิตสำคัญ ด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง แบ่งเป็น จังหวัดอุตรดิตถ์ 96 ตัวอย่าง สุโขทัย 32 ตัวอย่าง และพิษณุโลก 32 ตัวอย่าง

2. พื้นที่ศึกษา ได้แก่ แหล่งผลิตทุเรียนพันธุ์หมอนทองเชิงเดี่ยว ในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และอำเภอนครไทย อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก

3. ข้อมูลที่ศึกษา เป็นข้อมูลในปี 2566 โดยเก็บข้อมูลทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ที่มี 2 ช่วงอายุ ได้แก่ ช่วงก่อนให้ผล (อายุ 0 – 4 ปี) และช่วงให้ผลแล้ว (อายุ 5 – 10 ปี, 11 – 20 ปี และ 21 – 30 ปี)

Methodology

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการผลิตที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ปี 2566 ที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี สุโขทัย และพิษณุโลก ประชากรที่ศึกษา คือ เกษตรกรที่มีการปลูกทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ปี 2566 ที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรกับกรมส่งเสริมการเกษตร รวมทั้งสิ้น 6,365 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566)

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสารรายงานการศึกษา บทความ วารสาร งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งข้อมูลที่ไม่สามารถรวบรวมตรวจวัด ได้จากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ที่จำเป็นต้องใช้ในสมการคำนวณ ซึ่งจะเลือกใช้ค่าตามคู่มือของ Intergovernmental Panel on Climate Change 2014 (IPCC, 2014) และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน, 2566)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ

1. การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยใช้ตารางค่าร้อยละ ค่าผลรวม และค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

2. คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการผลิตปัจจัยทางการเกษตรและตลอดช่วงระยะเวลาการปลูก ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อ 1 กิโลกรัมทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะรายงานในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าโดยใช้ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential) ของก๊าซ CO₂, CH₄, N₂O มีค่าเท่ากับ 1, 28 และ 265 ตามลำดับ ประกาศเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2564 โดย สำนักประเมินและรับรองโครงการ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยใช้หลักการประเมินวิเคราะห์ตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ภาคเกษตรตามแนวทางของประเทศไทย และมาตรฐานนานาชาติ โดยใช้เทคนิค LCA มีขอบเขตของการประเมินแบบ Cradle to Gate โดยจะพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง ซึ่งไม่รวมการใช้งานและการกำจัดซาก

Results

การศึกษาก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบัญชีรายการและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียน ปีเพาะปลูก 2566 ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกรตัวอย่าง จำนวน 160 ราย มีผลการศึกษา ดังนี้

การศึกษานโยบายการนำเข้าและส่งออกจากการผลิตทุเรียน

การจัดทำบัญชีรายการนำเข้าและส่งออกจากการปลูกทุเรียน (Life cycle assessment : LCA) ได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การเก็บเกี่ยว และการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากการปลูกทุเรียน เพื่อใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมุ่งประเด็นไปที่การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการปลูก สารนำเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตตามที่กำหนด

ในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์โดยจะเรียกการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบนี้ว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Gate

สรุปบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการผลิตทุเรียน

จากการศึกษาสามารถสรุปบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการผลิตทุเรียน โดยปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้มาจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นในปี 2566 จากการปลูกทุเรียนอายุตั้งแต่แรกปลูกจนถึงอายุ 30 ปี รายละเอียดมีดังนี้

1) บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาเข้า

1.1) วัตถุดิบ/สารเคมี ได้แก่

- 1.1.1) ดินพันธุ์ พบว่า เกษตรกรใช้ดินพันธุ์เฉลี่ย 25.00 กิโลกรัมต่อไร่
- 1.1.2) ปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 4,371.34 กิโลกรัมต่อไร่
- 1.1.3) ปุ๋ยเคมี พบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 3,908.74 กิโลกรัมต่อไร่
- 1.1.4) สารกำจัดวัชพืช พบว่า เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 19.17 ลิตรต่อไร่
- 1.1.5) สารกำจัดศัตรูพืช พบว่า เกษตรกรใช้สารกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 48.37 ลิตรต่อไร่
- 1.1.6) วัสดุปรับปรุงดิน พบว่า เกษตรกรใช้วัสดุปรับปรุงดินเฉลี่ย 469.55 ลิตรต่อไร่

1.2) พลังงาน ได้แก่

- 1.2.1) น้ำมันเชื้อเพลิง ประกอบด้วย น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน พบว่าเกษตรกรใช้น้ำมันดีเซล 405.35 ลิตรต่อไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ย 1,491.89 ลิตรต่อไร่
- 1.2.2) การใช้ไฟฟ้า พบว่า เกษตรกรใช้ไฟฟ้าในกระบวนการดูแลรักษาต้นทุเรียนเฉลี่ย 234.99 กิโลวัตต์ต่อไร่

2) บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาออก

- 2.1) ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ทุเรียน เกษตรกรมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 19,980.74 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตทุเรียน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ในทุกกระบวนการผลิตทุเรียนนั้น สามารถทำได้โดยการหาสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมทุเรียน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ทุเรียน 1 กิโลกรัม จะมีปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.6584 kgCO₂eq ทั้งนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยการผลิต ณ สวนทุเรียน เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีสูงสุด เท่ากับ 0.2640 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 40.10 รองลงมา ได้แก่ การใช้น้ำมันเบนซิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เท่ากับ 0.2314 kgCO₂eq , 0.0598 kgCO₂eq , หรือคิดเป็นร้อยละ 35.15, 9.08 ตามลำดับ โดยเมื่อจำแนกตามการใช้ปัจจัยการผลิตและการขนส่งปัจจัยการผลิต พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยการผลิต เท่ากับ 0.6565 kgCO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 99.71 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งปัจจัยการผลิต เท่ากับ 0.0019 kgCO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 0.29 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (ตารางที่ 1)

Table 1 Greenhouse Gas Emissions per Kilogram of Durian in Kilograms of Carbon Dioxide Equivalent

Item	Greenhouse Gas Emissions	
	(kgCO ₂ eq/kg durian)	Percentage
1. Use of production inputs	0.6565	99.71
– Organic fertilizer	0.0598	9.08
– Chemical fertilizer	0.2640	40.10
– Herbicides	0.0143	2.17
– Pesticides	0.0122	1.85
– Soil amendments	0.0222	3.37
– Diesel fuel	0.2314	35.15
– Gasoline	0.0456	6.93
– Electricity	0.0070	1.06
2. Transportation of production inputs	0.0019	0.29
3. Total greenhouse gas emissions	0.6584	100.00

ที่มา : Calculated by the author

Conclusion and Discussion

การศึกษากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 160 ราย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

การจัดทำบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทอง (Life Cycle Assessment: LCA) ในขั้นตอนนี้ได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การเก็บเกี่ยวเพื่อใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมุ่งประเด็นไปที่การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงานของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการปลูก หรือจนถึงสารขาเข้าหรือวัตถุดิบของผู้ผลิตต่อเนื่องตามที่กำหนดในข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งเรียกว่า การประเมินแบบ Cradle-to-Gate จากการศึกษาสามารถสรุปบัญชีสารขาเข้าและสารขาออกจากการผลิตทุเรียน โดยปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้มาจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นจากการปลูกทุเรียนอายุตั้งแต่แรกปลูกจนถึงอายุ 30 ปี พบว่า บัญชีรายการสารขาเข้า ประกอบด้วย 1) วัตถุดิบ/สารเคมี ได้แก่ ดินพันธุ์ เกษตรกรใช้เฉลี่ย 25.00 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยอินทรีย์ เกษตรกรใช้เฉลี่ย 4,371.34 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมี เกษตรกรใช้เฉลี่ย 3,908.74 กิโลกรัมต่อไร่ สารกำจัดวัชพืช เกษตรกรใช้เฉลี่ย 19.17 ลิตรต่อไร่ สารกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรใช้เฉลี่ย 48.37 ลิตรต่อไร่ และวัสดุปรับปรุงดิน เกษตรกรใช้เฉลี่ย 469.55 กิโลกรัมต่อไร่ 2) พลังงาน ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้น้ำมันดีเซล 405.35 ลิตรต่อไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ย 1,491.89 ลิตรต่อไร่การใช้ไฟฟ้าจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 234.99 กิโลวัตต์ต่อไร่ สารขาออก ได้แก่ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 19,980.74 กิโลกรัมต่อไร่

หลังจากประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ในทุกกระบวนการผลิตทุเรียนแล้วนำมาหาสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมทุเรียน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าทุเรียน 1 กิโลกรัม จะมีปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 0.6584 kgCO₂eq

โดยแบ่งออกเป็น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยการผลิต เท่ากับ 0.6565 kgCO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 99.71 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งปัจจัยการผลิต เท่ากับ 0.0019 kgCO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 0.29 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยการผลิต เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีสูงสุด เท่ากับ 0.2640 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 40.10 รองลงมา ได้แก่ การใช้น้ำมันเบนซิน และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เท่ากับ 0.2314 kgCO₂eq , 0.0598 kgCO₂eq หรือคิดเป็นร้อยละ 35.15, 9.08 ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีมากที่สุด เนื่องจากเกษตรกรมีการใช้ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ค่อนข้างสูงและเลือกใช้ชนิดและสูตรปุ๋ยที่หลากหลาย รองลงมาคือ การใช้น้ำมันเบนซิน เนื่องจากในกระบวนการดูแลรักษาทุเรียนโดยเฉพาะกิจกรรมการตัดหญ้า รวมทั้งการสูบน้ำ และการฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นหลายครั้งในรอบหนึ่งปี และใช้ปริมาณน้ำมันจำนวนมาก ดังนั้น สศท.2 จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดินควรสนับสนุนให้เกษตรกรตรวจวิเคราะห์สภาพดินเพื่อเลือกใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมทั้งปริมาณและสูตร กรมส่งเสริมการเกษตรควรสร้างความตระหนักรู้เรื่อง การปรับเปลี่ยนการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนองค์ความรู้เรื่องผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการทำเกษตรอย่างต่อเนื่อง และข้อเสนอแนะสำหรับเกษตรกรควรปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทางเลือก อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

Acknowledgements

การศึกษากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิต ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตทุเรียน นำไปสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 2 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี สุโขทัย และพิษณุโลก ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี รวมถึงขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ที่ให้คำชี้แนะแก้ไขเอกสารวิจัยฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

References

- Department of Agricultural Extension. (2023). *Registration data on durian cultivation in 2022*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Climate Change Management and Coordination Division. (2022). *Greenhouse gas inventory*. [Online]. from <https://climate.onep.go.th/th/topic/database/ghg-inventory/#1629282919444-c753cf76-4c5c>. (in Thai)

- Office of Agricultural Economics. (2023). *Situation and outlook of major agricultural commodities 2022*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics Region 6. (2015). *Greenhouse gas emissions from fresh durian products in the Green Agriculture City area, Chanthaburi Province*. Chonburi: Office of Agricultural Economics Region 6. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics Region 8. (2016). *Study on greenhouse gas emissions from durian cultivation in Chumphon Province*. Surat Thani: Office of Agricultural Economics Region 8. (in Thai)
- Office of Agricultural Economics Region 11. (2016). *Study on greenhouse gas emissions from shallot cultivation in Sisaket Province*. Ubon Ratchathani: Office of Agricultural Economics Region 11. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). (2022). *Emission factor*. [Online]. from <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9>. (in Thai)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). 2014 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. In B. L. Eggleston, H. S. et al. Japan: IGES. [Online]. Retrieved July 15, 2023. from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>.
- United Nations Institute for Training and Research. (2015). *The scientific fundamentals of climate change*. Retrieved July 15, 2023. from https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/guide_scientific_fundamentals_0.pdf.

การพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms

อนุชิต สุริยวงค์^{1*}

The Development of a System for Reporting Equipment Repairs in the School of Allied Health Sciences Building at the University of Phayao using Google Forms

Anuchit Suriyawong^{1*}

¹ School of Allied Health Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author: anuchit.no@up.ac.th

Received: 8 May 2025; Revised: 2 September 2025; Accepted: 10 September 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคาร และ 2) ประเมินความพึงพอใจจาก อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ในการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้คือ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 57 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ด และกุเกิลชีต จากกุเกิลฟอร์ม เข้ากับระบบไลน์ โนติฟาย ผลการศึกษาพบว่า พบว่า อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์ มีความพึงพอใจเฉลี่ยโดยรวมต่อระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms อยู่ในระดับมาก (4.35 ± 0.46) อีกทั้งคะแนนความพึงพอใจในแต่ละประเด็นข้อคำถามอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ดังนั้นจากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ด และกุเกิลชีต จากกุเกิลฟอร์มเข้ากับระบบไลน์โนติฟาย ในการบริหารจัดการระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สามารถลดขั้นตอนและเวลาในการแจ้งซ่อม ระบบมีความเป็นปัจจุบัน ทันสมัย ช่วยประหยัดเวลา และแบ่งเบาภาระของเจ้าหน้าที่ ผู้รับผิดชอบได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: กุเกิลฟอร์ม, คิวอาร์โค้ด, กุเกิลชีต, ไลน์โนติฟาย, การแจ้งซ่อม

¹ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

This research aimed to (1) develop a repair notification system for building equipment, and (3) assess the satisfaction of instructors and staff regarding the use of the system at the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao. The system utilized Google Forms for managing repair notifications of building equipment. The sample group consisted of 57 instructors and staff members from the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao. The research instrument was a satisfaction questionnaire regarding the developed repair notification system. The system integrated QR Code technology and Google Sheet derived from Google Forms, combined with the Line Notify system. The results showed that instructors and staff were highly satisfied with the repair notification system, with an overall average satisfaction score of 4.35 ± 0.46 . The satisfaction scores for each item were also at a high level. In conclusion, the application of QR Code technology and Google Sheet from Google Forms integrated with the Line Notify system for managing building equipment repair notifications at the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao, proved to be efficient and prompt. The system helped reduce the steps and time required for reporting repairs, was modern and up-to-date, and significantly reduced the workload of responsible staff members.

Keywords: Google forms, QR code, Google sheet, Line notify, Maintenance reporting system

Introduction

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีการดำเนินการจัดการเรียนการสอนจำนวน 2 หลักสูตรคือ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) และหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต โดยโครงสร้างของตึกอาคารคณะสหเวชศาสตร์มีจำนวน 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 ประกอบด้วยห้องเรียนและห้องปฏิบัติการสำหรับหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต ชั้นที่ 2 ประกอบด้วยห้องเรียนและห้องปฏิบัติการสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) และห้องพักสำหรับคณาจารย์ของทั้ง 2 หลักสูตร ส่วนชั้นที่ 3 ประกอบด้วยห้องเรียนและห้องปฏิบัติการสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) ห้องสำนักงาน และห้องผู้บริหารคณะฯ ซึ่งในปัจจุบันคณะสหเวชศาสตร์ได้ก่อตั้งมาร่วม 15 ปี ทำให้ครุภัณฑ์ อุปกรณ์ ประจำอาคาร รวมถึงครุภัณฑ์การศึกษาต่าง ๆ ชำรุดตามอายุการใช้งาน ในการดำเนินการที่ผ่านมาการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ อุปกรณ์ ประจำอาคาร รวมถึงครุภัณฑ์การศึกษาต่าง ๆ ที่ชำรุด จะดำเนินการโดยให้บุคลากรที่พบเจอหรือเป็นผู้ดูแลครุภัณฑ์หรืออุปกรณ์ที่ชำรุดแจ้งซ่อมกับเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ โดยตรงจากการแจ้งด้วยวาจา อย่างไรก็ตามการดำเนินการดังกล่าวทำให้เกิดการแก้ไขปัญหาล่าช้าเนื่องจากในบางครั้งเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ อาจลืมหรือจัดเรียงลำดับการแจ้งซ่อมผิดพลาดทำให้เกิดความล่าช้าในการซ่อมแซมอุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ ได้ไม่ทันตามเวลาที่กำหนด จากปัญหาดังกล่าวเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ รวมทั้งผู้บริหาร ได้ให้ความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้ร่วมกันหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ สามารถดำเนินงานซ่อมแซมอุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการเกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน จึงมีแนวคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการสนับสนุนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ เพื่อให้สามารถวางแผนการปฏิบัติงาน และบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ จึงได้พัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคาร คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยการประยุกต์ใช้ QR Code, Google Forms, Google Sheet และ Application Line มาใช้ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เป็นระบบที่สามารถควบคุมการทำงานได้ โดยระบบนี้สามารถช่วยลดภาระงานเอกสาร ลดระยะเวลาการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามการแจ้งซ่อมแบบเรียลไทม์ การใช้ระบบดังกล่าวจะช่วยให้ข้อมูลรายละเอียดการแจ้งซ่อมมีความถูกต้อง รวดเร็วและเพื่อให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ Raksathap, N. (2017) พบว่า กูเกิลฟอร์ม (Google Forms) เป็นระบบที่สามารถสร้างแบบฟอร์ม แบบสอบถาม และแบบทดสอบออนไลน์ได้ โดยผู้ใช้งานสามารถทำงานร่วมกันแบบออนไลน์และส่งฟอร์มที่สร้างขึ้นไปยังอีเมล อีกทั้งยังสามารถแบ่งปันลิงก์ไปยังโซเชียลมีเดีย รวมทั้งยังสามารถเรียกดูข้อมูลแบบออนไลน์ได้อีกทั้งการศึกษาของ Srisangchai et al., (2023) ได้ศึกษาการพัฒนาการของห้องเรียนออนไลน์ คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนำเทคโนโลยีกูเกิลฟอร์มมาทำแบบสอบถาม เพื่อใช้ของห้องเรียนออนไลน์ และกูเกิลชีต (Google Sheet) สำหรับเก็บข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ระบบดังกล่าวมีคะแนนความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบการจองห้องเรียนออนไลน์อยู่ในระดับดีมาก โดยมีจุดเด่นคือ ช่วยให้บุคลากรสามารถตรวจสอบผลการจองผ่านทาง กูเกิลคาลเอนดาร์ (Google Calendar) ได้ทันที และสามารถดูการรายงานผลผ่านเว็บไซต์ระบบการจองห้องเรียนออนไลน์ ช่วยอำนวยความสะดวกให้บุคลากรมีความง่ายต่อการเข้าใช้งาน สะดวก และรวดเร็วในการจองห้องเรียน สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ทันที ในการศึกษาของ Phayonyim et al., (2022) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ คิวอาร์โค้ด กูเกิลฟอร์ม และกูเกิลคาลเอนดาร์ ในการบริหารจัดการระบบจองห้องเรียน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ผลการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้ระบบคิวอาร์โค้ด กูเกิลฟอร์มร่วมกับกูเกิลคาลเอนดาร์ ในการบริหารจัดการระบบการจองห้องเรียน คณะทันตแพทยศาสตร์ ผู้ใช้ระบบมีความคิดเห็นว่าการจองห้องเรียนที่สร้างขึ้น มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดขั้นตอน และเวลาในการจองห้องเรียน ระบบมีความเป็นปัจจุบัน ทันสมัย ช่วยประหยัดเวลา และแบ่งเบาภาระของเจ้าหน้าที่ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษางานวิจัยของ Petchrat et al. (2023) ในการศึกษาการพัฒนาการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อการจัดการวัสดุครุภัณฑ์ผ่าน คิวอาร์โค้ด และ Line Notify ด้วย MVC Framework ที่มุ่งเน้นการพัฒนาการพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถบริหารจัดการครุภัณฑ์โดยบริหารจัดการครุภัณฑ์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถบริหารจัดการได้อย่างสะดวกและมีการประยุกต์ใช้ คิวอาร์โค้ดในการบริหารจัดการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ด้วยการเชื่อมต่อกับเทคโนโลยี โอนิโนติฟาย (Line Notify) เพื่อแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น การแจ้งซ่อมบำรุง การติดตามสถานะ ได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถพัฒนาระบบให้ส่วนติดต่อผู้ใช้สามารถแสดงผลให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ Responsive เพื่อรองรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันทำให้สามารถเข้าถึง และรองรับการใช้งานได้ง่าย ทำให้สะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Daothong, N. (2023) ในการศึกษาการพัฒนาการประมวลผลการลงเวลาเข้า – ออกงานของบุคลากรกองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยพะเยา โดยได้ประยุกต์ใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ task scheduler เพื่อกำหนดเวลาในการทำงานของสคริป PHP ทำให้ระบบสามารถทำงานอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด โดยไม่ต้องมีการเข้าไปเรียกใช้งาน นอกจากนี้ระบบยังมีการแจ้งเตือนผ่านไลน์ โอนิโนติฟาย เพื่อให้บุคลากรทราบเกี่ยวกับการลงเวลาเข้า – ออกงานของตนเองทำให้บุคลากรสามารถตรวจสอบ และให้เหตุผลของการลงเวลาทำงานที่ไม่ปกติได้ทันที

เพื่อลดปัญหาภาระงานเอกสาร ลดระยะเวลาการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามการแจ้งซ่อมแบบเรียลไทม์ ผู้วิจัยซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ที่ดูแลงานรับแจ้งซ่อมของคณะฯ จึงได้พัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยประยุกต์ใช้ คิวอาร์โค้ด, กูเกิลฟอร์ม, กูเกิลชีต, และแอปพลิเคชันไลน์ (Application Line) มาใช้ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ โดยมีเป้าหมาย

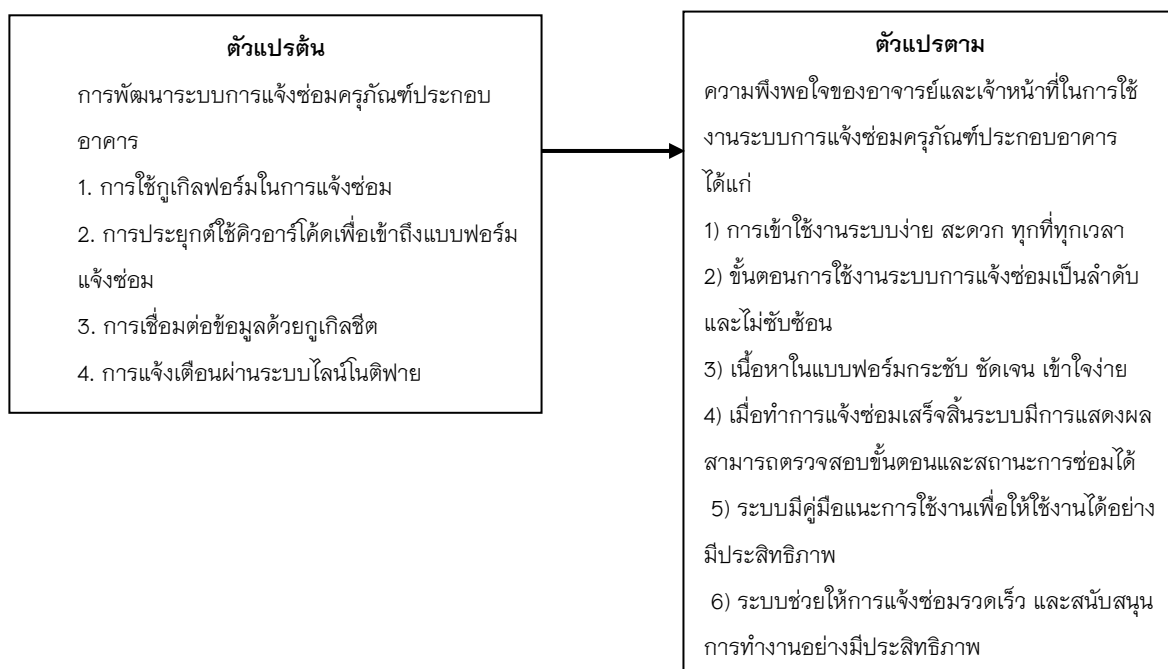
เพื่อให้เป็นระบบที่สามารถควบคุมการทำงานได้ โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ (application) ที่เหมาะสม และเป็นระบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่จำเป็นจะต้องสื่อสารกันผ่านทางโทรศัพท์จากแอปพลิเคชันต่าง ๆ หรือการตรวจสอบข้อมูลการช่อมย้อนหลัง การตรวจสอบสถานะการช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ รวมถึงเพื่อให้การจัดการงานช่อมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

Objectives

1. เพื่อพัฒนาระบบการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม ในการบริหารจัดการการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจจากอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในการใช้งานระบบการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม ในการบริหารจัดการการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Conceptual Framework

การพัฒนาระบบการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์มในการบริหารจัดการการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้กำหนดตัวแปรต้นของการศึกษา คือ การพัฒนาระบบการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคาร ได้แก่ การใช้กูเกิลฟอร์มในการแจ้งช่อม การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าถึงแบบฟอร์มแจ้งช่อม การเชื่อมต่อข้อมูลด้วย กูเกิลชีต และการแจ้งเตือนผ่านระบบไลน์ โนติฟาย ส่วนตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในการใช้งานระบบการแจ้งช่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคาร ได้แก่ 1) การเข้าใช้งานระบบง่าย สะดวก ทุกที่ทุกเวลา 2) ขั้นตอนการใช้งานระบบการแจ้งช่อมเป็นลำดับและไม่ซับซ้อน 3) เนื้อหาในแบบฟอร์มกระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย 4) เมื่อทำการแจ้งช่อมเสร็จสิ้น ระบบมีการแสดงผล สามารถตรวจสอบขั้นตอนและสถานะการช่อมได้ 5) ระบบมีคู่มือแนะนำการใช้งานเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 6) ระบบช่วยให้การแจ้งช่อมรวดเร็ว และสนับสนุนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 57 คน



Methodology

1. ขั้นตอนการพัฒนาารระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์มในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตามทฤษฎี System Development Life Cycle: SDLC ตามขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผน (Planning) วัตถุประสงค์: ลดความซับซ้อนและความล่าช้าในกระบวนการแจ้งซ่อม พัฒนาระบบที่ตรวจสอบสถานะการซ่อมได้แบบ Real-time กิจกรรมสำคัญ: ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ของการใช้กูเกิลฟอร์ม + ไลน์โนติฟาย ระบุปัญหาจากผู้ใช้ (บุคลากรคณะสหเวชศาสตร์) จัดทำแผนโครงการ และกำหนดขอบเขต

2. การวิเคราะห์ความต้องการ (Analysis) ปัญหาที่พบ: กระบวนการแจ้งซ่อมซับซ้อน ไม่ชัดเจน ไม่สามารถติดตามสถานะการซ่อมได้ ความต้องการของผู้ใช้: ระบบที่ใช้งานง่าย สะดวก รวดเร็ว ระบบแจ้งเตือนผ่าน ไลน์โนติฟาย เมื่อมีการอัปเดตสถานะ

3. การออกแบบระบบ (Design) Workflow Design: ออกแบบ Flowchart การแจ้งซ่อมผ่านกูเกิลฟอร์มเชื่อมต่อกับ กูเกิลชีตเพื่อจัดเก็บข้อมูล และไลน์โนติฟายสำหรับแจ้งเตือน ส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI/UX): ออกแบบฟอร์มให้กรอกข้อมูล ครุภัณฑ์เสียหายได้ง่าย แสดงสถานะการซ่อมในแบบ Real-time

4. การพัฒนาระบบ (Implementation/Coding) เทคโนโลยีที่ใช้: กูเกิลฟอร์ม + กูเกิลแอปสคริปต์ (Google Apps Scrip) สำหรับ Automation Line Notify API สำหรับส่งการแจ้งเตือน ฟังก์ชันหลัก: กรอกข้อมูลความเสียหาย แจ้งเตือนไปยังผู้รับผิดชอบ อัปเดตสถานะในกูเกิลชีต

5. การทดสอบระบบ (Testing) ประเภทการทดสอบ: Unit Testing: ทดสอบแต่ละฟังก์ชัน (เช่น การส่ง Line Notify) Integration Testing: ทดสอบการทำงานร่วมกันของกูเกิลฟอร์ม, กูเกิลชีต และไลน์โนติฟาย User Acceptance Testing (UAT): ทดสอบโดยกลุ่มตัวอย่าง (บุคลากรคณะสหเวชศาสตร์)

6. การติดตั้งและปรับใช้ (Deployment) กิจกรรม: จัดอบรมการใช้ระบบให้กับบุคลากร นำระบบไปใช้จริงและ ตรวจสอบการทำงาน แก้ไขข้อผิดพลาด (ถ้ามี)

7. การบำรุงรักษา (Maintenance) กิจกรรม: แก้ไขข้อบกพร่อง (Corrective Maintenance) ปรับปรุงระบบเมื่อ กูเกิลฟอร์ม/ไลน์โนติฟายมีการอัปเดต



Figure 1 Present the development process of the building equipment repair reporting system for the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao, using Google Forms, based on the System Development Life Cycle (SDLC) theory.

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 กลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้คือ บุคลากร และเจ้าหน้าที่คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 66 คน โดยใช้วิธีการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง (Sample size-Taro Yamane) จากจำนวนบุคลากรทั้งหมดของคณะสหเวชศาสตร์ โดยสูตรในการคำนวณ จากสูตรของ Taro Yamane (1967) คือ

$$n = \frac{N}{1+Ne^2}$$

โดยที่ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า จำนวน 66 คน

e = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (ค่าความเชื่อมั่น 95%=0.05)

เมื่อแทนค่าในสูตรจะได้

$$n = \frac{66}{1+66(0.05)^2} = 56.65 \text{ คน}$$

เมื่อแทนค่าในสูตรทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 57 คน การคำนวณกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ในการคำนวณ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

1. ระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ ด้วยวิธีสแกนคิวอาร์โค้ดเข้าระบบกูเกิลฟอร์ม สำหรับสแกนเข้าใช้งานระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ประกอบด้วย ระบบแสดงข้อมูล อีเมลผู้แจ้ง ชื่อผู้แจ้ง ห้อง/สถานที่พบปัญหา/ชั้นที่ รายการแจ้งซ่อม อาการที่ชำรุด/ไม่พร้อมใช้งาน และแนบรูปภาพประกอบ

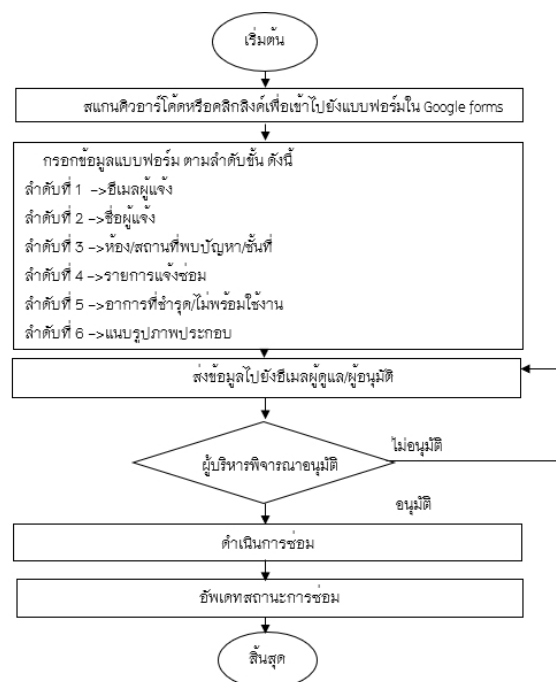


Figure 2 Present the process of reporting building equipment repairs at the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao, using Google Forms. The system was developed as planned by leveraging Google Forms technology to create core functions such as recording equipment damage, managing maintenance tasks through Google Forms, Google Sheets, and LINE Notify for repair approval. Emphasis was placed on system stability and user convenience in the reporting process, as shown in Figures 3–5.

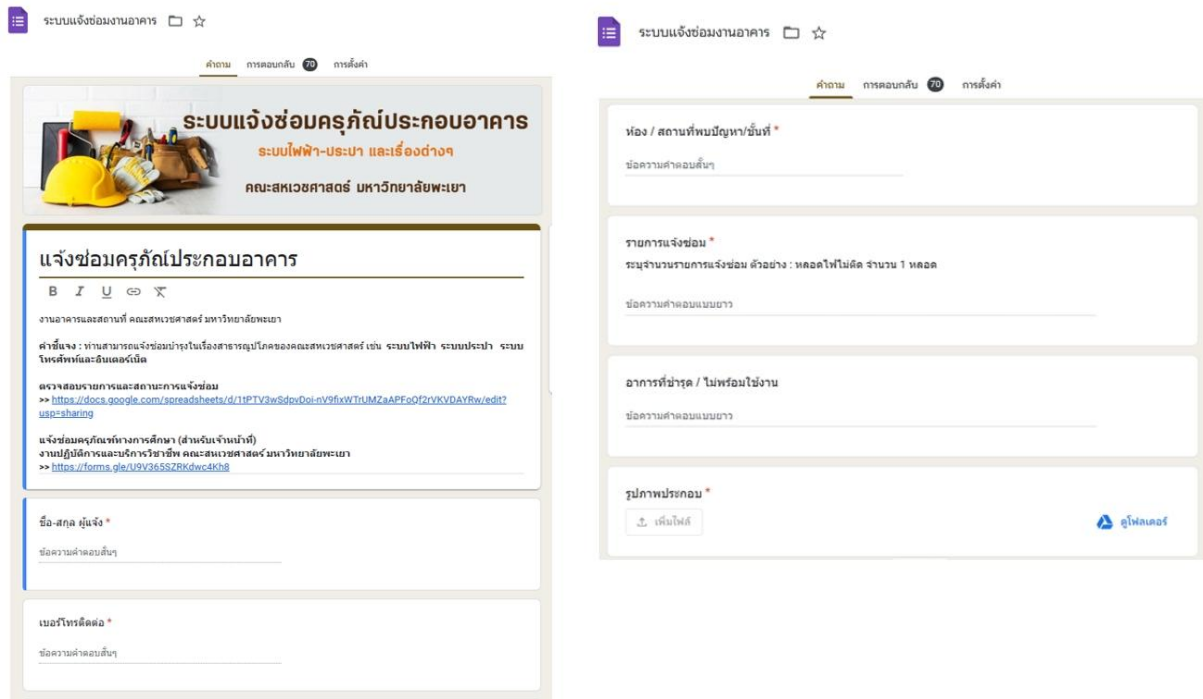


Figure 3 Present the repair request information and repair status of building equipment through the Google Forms system.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
วันที่แจ้งซ่อม	ชื่อ-สกุล ผู้แจ้ง	เบอร์โทรศัพท์	ห้อง / สถานที่พบปัญหาเบื้องต้น	รายการแจ้งซ่อม	รูปภาพประกอบ	อาการที่ปรากฏ / ไม่พร้อมใช้งาน	การดำเนินการ	หมายเหตุ																								
8/7/2023, 17:17:49	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	086-9112413	AHS-1102	หลอดไฟใหม่ 1 หลอด	https://drive.google.com/uc?id=1-3XJL1M0UJ2H0UJPCF7W2Q8YB9YPR	หลอดไฟชำรุด	ดำเนินการเปลี่ยน																									
9/7/2023, 14:24:00	ศร. วิมลรัตน์ สันติปัญญา		3316 AHS1101	หลอดไฟขาด	https://drive.google.com/uc?id=1-5U0vDvG0S7zr1nub07M14so0M20X	เครื่องปรับอากาศ	ดำเนินการซ่อมแซม	ดำเนินการเมื่อ 12.6.66																								
13/7/2023, 10:21:10	ศร. อรุณกร	0989230953	3816 AHS2101	เครื่องปรับอากาศรุ่น 3	https://drive.google.com/	เครื่องปรับอากาศ	ดำเนินการซ่อมแซม																									
16/7/2023, 9:12:44	ศร. พงษ์กร อรุณกร		3816 AHS2101	แอร์	https://drive.google.com/	แอร์	ดำเนินการซ่อมแซม																									
27/7/2023, 10:56:54	ศร. อรุณกร อรุณกร	0851953409		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
29/7/2023, 13:18:20	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0898991378		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
29/7/2023, 13:24:14	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0903276672		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
18/8/2023, 9:15:48	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0918211067	AHS2301	เครื่องปรับอากาศ	https://drive.google.com/	เครื่องปรับอากาศ	ดำเนินการซ่อมแซม																									
5/9/2023, 9:05:50	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0938622262	AHS 2201 ชั้น 2	หลอดไฟ	https://drive.google.com/	หลอดไฟ	ดำเนินการซ่อมแซม																									
11/9/2023, 14:13:10	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0938622262	AHS2201	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
26/9/2023, 15:22:28	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0962097975	AHS1103 Max Excellence	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
30/9/2023, 15:07:39	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0918211067		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
31/9/2023, 14:59:39	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0938622262	AHS 2201	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
6/10/2023, 14:04:46	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0840489077	AHS1103	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
13/10/2023, 16:30:01	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0961639199		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
24/11/2023, 10:30:02				พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
6/12/2023, 9:26:22	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0903276672		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
7/12/2023, 10:05:48	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0840489077	3816 AHS1103	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
4/1/2024, 11:56:26	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0903276672		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
23/1/2024, 9:28:35	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0938622262	AHS2203	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
5/2/2024, 9:23:46	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0903276672		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
6/2/2024, 16:28:41	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0840489077		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
18/3/2024, 8:50:20	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0918211067		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
4/4/2024, 8:35:27	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์		3870	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
4/4/2024, 8:35:27	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์			พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
5/4/2024, 10:12:07	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	092-9995405		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
10/4/2024, 14:13:22	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	093-2582419		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
21/4/2024, 18:16:54	Moss		3874	พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
22/4/2024, 10:02:15	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	093-2582419		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
31/5/2024, 11:22:41	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0834715701		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									
1/6/2024, 19:32:48	พ.ร.ช. อรุณกร ประสงค์	0961639199		พัดลม	https://drive.google.com/	พัดลม	ดำเนินการซ่อมแซม																									

Figure 4 Presents the equipment repair requests and their status for building facilities, managed through the Google Sheets system.

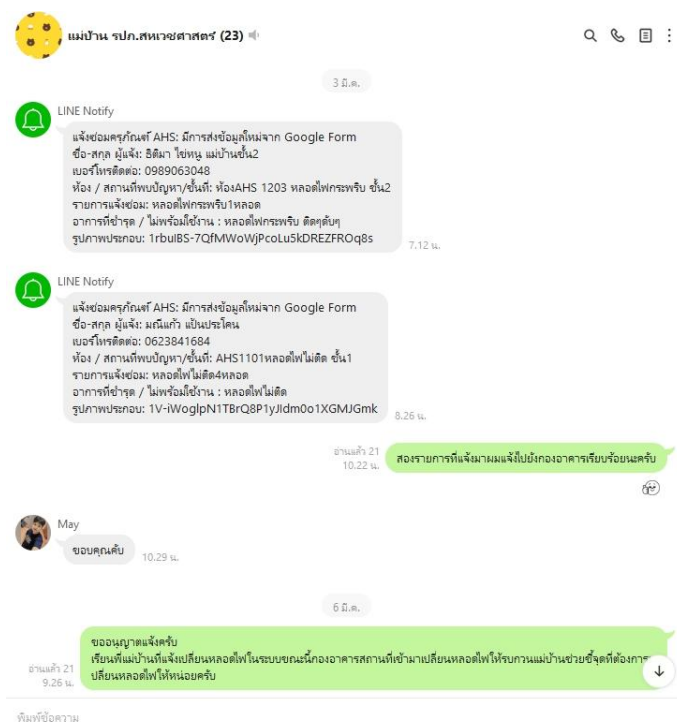


Figure 5 Present the equipment repair notifications for building facilities sent via LINE Notify.

2. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม โดยลักษณะของข้อคำถามเป็นข้อความ เลือกลงแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 Srisaad, B. (2002) คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 ถึง 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.51 ถึง 2.50 หมายถึง ระดับน้อย คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.51 ถึง 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.51 ถึง 4.50 หมายถึง ระดับมาก และคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.51 ถึง 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด โดยใช้เกณฑ์นี้ในการแปลผลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละด้านของการให้บริการระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม

ก่อนนำแบบสอบถามความพึงพอใจไปใช้ทางผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence; IOC) (Ong-iem & Wjittwechpaisan, 2018)

จากสูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ คะแนน 1+ เมื่อเนื้อหา มีความสอดคล้อง คะแนน -1 เมื่อเนื้อหาไม่สอดคล้อง และ คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจ ซึ่งแบบทดสอบหรือข้อสอบจะต้องมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี และสามารถนำไปวัดผลได้

ผลการประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ของแบบสอบถามความพึงพอใจ ต่อระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแต่ละข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1 ดังนั้นข้อคำถามแต่ละข้อสามารถนำไปใช้ได้ โดยคำถามมีจำนวน 6 คำถาม ได้แก่ 1) การเข้าใช้งานระบบง่าย สะดวก ทุกที่ทุกเวลา 2) ขั้นตอนการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมเป็นลำดับและไม่ซับซ้อน 3) เนื้อหาในแบบฟอร์มกระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย 4) เมื่อทำการแจ้งซ่อมเสร็จสิ้นระบบมีการแสดงผล สามารถตรวจสอบขั้นตอนและสถานะการซ่อมได้ 5) ระบบมีคู่มือแนะนำการใช้งานเพื่อให้ใช้งานได้

อย่างมีประสิทธิภาพ และ 6) ระบบช่วยให้การแจ้งซ่อมรวดเร็ว และสนับสนุนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Results of the content validity assessment of the satisfaction questionnaire on the equipment repair reporting system of the Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao, using Google Forms

Content for review	Score obtained			ΣR	IOC	Interpretation
	Person 1	Person 2	Person 3			
1.The system is easy to access and convenient to use anytime, anywhere.	+1	+1	+1	3	1	Can be used
2. The repair reporting system operates in a sequential and uncomplicated manner.	+1	+1	+1	3	1	Can be used
3.The form content is concise, clear, and easy to understand.	0	+1	+1	3	0.67	Can be used
4. Upon completing a repair request, the system displays the information, allowing users to track the repair process and status.	+1	+1	+1	3	1	Can be used
5. The system includes a user manual to ensure efficient operation.	+1	+1	+1	3	1	Can be used
6. The system facilitates rapid reporting and supports effective workflow management.	+1	+1	+1	3	1	Can be used

statistical data analysis

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อแสดงลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร ได้แก่ จำนวนบุคลากร ระดับคะแนนความพึงพอใจในแต่ละข้อคำถาม ของแบบสอบถามความพึงพอใจ ข้อมูลถูกนำเสนอด้วยการแสดงความถี่ (frequency) ร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) (Subbamre, R, 2016) โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft Excel

Results

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยบุคลากรภายในคณะสหเวชศาสตร์ ได้แก่ ผู้บริหาร อาจารย์ บุคลากรสายสนับสนุน และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ โดยทำการแจกแบบสอบถามจำนวน 57 ฉบับ และได้รับคืนครบทั้ง 57 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับ 100% ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็นเพศ และสถานะบุคลากร. เมื่อพิจารณาตามเพศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 37 คน (64.91%) และเพศชายจำนวน 20 คน (35.09%) และสำหรับสถานะบุคลากร พบว่าบุคลากรอาจารย์มีจำนวนมากที่สุด 31 คน (54.39%) บุคลากรสายสนับสนุน 16 คน (28.07%) ผู้บริหาร 7 คน (12.28%) และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ 3 คน (5.26%) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 General information of the sample group

General information	Number (people)	Percentage
Gender		
Male	20	35.09
Female	37	64.91
Total	57	100.00
Personnel Status		
Administrators	7	12.28
Lecturer	31	54.39
Support Staff	16	28.07
Other Personnel	3	5.26
Total	57	100.00

ผลประเมินความพึงพอใจต่อระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยภาพรวม พบว่า บุคลากรที่ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม จำนวน 57 คน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.35 ± 0.46) เมื่อพิจารณาผลการประเมินในแต่ละข้อ.พบว่าการใช้ระบบง่าย สะดวก ทุกที่ทุกเวลา อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.49 ± 0.36).ขั้นตอนการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมเป็นลำดับและไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.32 ± 0.43).เนื้อหาในแบบฟอร์มกระชับชัดเจน เข้าใจง่าย อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.33 ± 0.43) เมื่อทำการแจ้งซ่อมเสร็จสิ้นระบบมีการแสดงผล สามารถตรวจสอบขั้นตอนและสถานะการซ่อมได้ในระดับความพึงพอใจมาก (4.28 ± 0.55).ระบบมีคู่มือแนะนำการใช้งานเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.30 ± 0.45) และระบบช่วยให้การแจ้งซ่อมรวดเร็ว และสนับสนุนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (4.35 ± 0.51) ซึ่งข้อมูลแสดงตาม Table 3

Table 3 Satisfaction scores of the sample group

Content for review	Mean \pm Standard Deviation (SD)		Interpretation
	\bar{x}	S.D.	
1. The system is easy to access and convenient to use anytime, anywhere.	4.49	0.36	very
2. The repair reporting system operates in a sequential and uncomplicated manner.	4.32	0.43	very
3. The form content is concise, clear, and easy to understand.	4.33	0.43	very

Content for review	Mean ± Standard Deviation (SD)		Interpretation
	\bar{x}	S.D.	
4. Upon completing a repair request, the system displays the information, allowing users to track the repair process and status.	4.28	0.55	very
5. The system includes a user manual to ensure efficient operation.	4.30	0.45	very
6. The system facilitates rapid reporting and supports effective workflow management.	4.35	0.51	very
Overall Average Score	4.35	0.46	very

Conclusion and Discussion

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอรม์ สามารถสรุปและอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอรม์ ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อนำมาช่วยแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการซ่อมแซมอุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ประกอบอาคารได้ทันตามเวลาที่กำหนด อีกทั้งยังช่วยให้สามารถดำเนินงานซ่อมบำรุง อุปกรณ์หรือครุภัณฑ์ประกอบอาคาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยประยุกต์ใช้ คิวอาร์โค้ด, กูเกิลฟอรม์, กูเกิลชีต และไลน์โมดิฟายมาใช้ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ ซึ่งการทำงานของระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลการซ่อมย้อนหลัง และตรวจสอบสถานะการซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ได้ โดยขั้นตอนการใช้งานของระบบประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ เริ่มต้นจากผู้ใช้งานสแกนคิวอาร์โค้ดหรือคลิกลิงค์ เพื่อเข้าไปยังแบบฟอรม์ในกูเกิลฟอรม์ และผู้ใช้งานกรอกข้อมูลดังต่อไปนี้ 1) ชื่อผู้แจ้ง 2) ชื่อผู้แจ้ง 3) ห้อง/สถานที่ที่พบปัญหา/ชั้นที่ 4) รายการแจ้งซ่อม 5) อาการที่ชำรุดไม่พร้อมใช้งาน 6) แนบรูปภาพประกอบ เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้วระบบจะส่งข้อมูลไปยังอีเมลผู้ดูแล/ผู้อนุมัติ หลังจากนั้นผู้ดูแลระบบทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อเสนอต่อผู้บริหารคณะฯ พิจารณาเพื่ออนุมัติ หากผู้บริหารอนุมัติแล้ว ผู้ดูแลติดต่อประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อดำเนินการซ่อมครุภัณฑ์ดังกล่าว พร้อมทั้งอัปเดตสถานะการซ่อมครุภัณฑ์ให้แก่ผู้แจ้งซ่อมรับทราบ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอรม์ ให้อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 57 คน ใช้งานระบบดังกล่าว และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ ซึ่งก่อนที่ผู้วิจัยจะนำแบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอรม์ ไปใช้งานจริง ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถามความพึงพอใจ จากผลการประเมินพบว่าความสอดคล้อง (IOC) ของแต่ละข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1 ดังนั้นข้อคำถามแต่ละข้อสามารถนำไปใช้ได้ และผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอรม์ ในการบริหารจัดการการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา พบว่า ผู้ใช้งานมีคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก (4.35±0.46) ซึ่งหัวข้อประเมินประกอบด้วย 6 หัวข้อได้แก่ 1) การเข้าใช้งานระบบง่าย สะดวก ทุกที่ทุกเวลา

2) ขั้นตอนการใช้งานระบบการแจ้งซ่อมเป็นลำดับและไม่ซับซ้อน 3) เนื้อหาในแบบฟอร์มกระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย 4) เมื่อทำการแจ้งซ่อมเสร็จสิ้นระบบมีการแสดงผล สามารถตรวจสอบขั้นตอนและสถานะการซ่อมได้ 5) ระบบมีคู่มือและ การใช้งานเพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 6) ระบบช่วยให้การแจ้งซ่อมรวดเร็ว และสนับสนุนการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคะแนนเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อการประเมินอยู่ในระดับมากทุกหัวข้อ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับหลาย ๆ การศึกษาก่อนหน้านี้ที่ได้นำกูเกิลฟอร์ม มาประยุกต์ใช้ในการทำงานในองค์กรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานทางด้านการเรียนการสอนออนไลน์ และการจองห้องเรียน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากจากการใช้งานกูเกิลฟอร์ม โดยมีจุดเด่นของการใช้งานคือ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวก ไม่ซับซ้อน รวมทั้งหน่วยงานไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษที่มีราคาแพงมาใช้ในการบริหารจัดการงานด้านต่าง ๆ ในองค์กร (Chantrasamut, 2021) ,(Phayonyim et al., 2022)

ดังนั้นจากผลการวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าการนำกูเกิลฟอร์ม และคิวอาร์โค้ดมาประยุกต์ใช้ในการจัดการบริหาร หรือการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม สามารถช่วยให้ การทำงานทั้งผู้ปฏิบัติงาน และผู้ใช้บริการเกิดความสะดวก รวดเร็ว สามารถตรวจสอบข้อมูลการแจ้งซ่อมย้อนหลัง และ สถานะการซ่อมที่เป็นปัจจุบัน จากการพัฒนาระบบดังกล่าวมาใช้งานส่งผลให้คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา มีระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารที่สามารถจัดการบริหารงานซ่อม และตอบสนองต่อบุคลากร และเจ้าหน้าที่ คณะสหเวชศาสตร์ให้เกิดการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Limitations and suggestions for the study

1. ก่อนเริ่มใช้งานระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม ควรมีการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก และมือถือ รวมทั้ง สัญญาณ อินเทอร์เน็ต เนื่องจากการแจ้งซ่อมปฏิบัติการด้วยระบบสแกน คิวอาร์โค้ด
2. ควรมีการประชาสัมพันธ์ระบบการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัย พะเยา ด้วยกูเกิลฟอร์ม เพื่อให้บุคลากรสามารถเข้าใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ
3. ข้อจำกัดหรือข้อควรระวังการใช้งานกูเกิลฟอร์ม อาจจะไม่เหมาะสมกับรูปแบบของชุดคำถามบางประเภท หรือบางกิจกรรม เช่น การสร้างแบบสอบถามปลายเปิด และแบบสอบถามที่มีจำนวนข้อคำถามจำนวนมาก

Acknowledgements

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัย งบประมาณรายได้คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2567

References

- Chantrasamut, A. (2021). Google Forms for classroom booking: A case study of the Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Bangkok. *Maejo Journal of Information Technology and Innovation*, 7(2), 24–34. (in Thai)
- Daotong, N. (2023). *Development of a time attendance processing system for personnel at the Division of Student Affairs, University of Phayao*. (Research report) for routine to research (R2R) development. Phayao: University of Phayao. (in Thai)

Ong-iem, A., & Wijitwechpaisan, P. (2018). Assessment of research instrument quality. *Wisanusasan Journal*, 44(1), 36–42. (in Thai)

Petchrat, W., Sutthirak, T., Phoolphon, T., Chanwichien, K., Athitang, P., & Kanjanaklod, W. (2023). Development of an information system for managing equipment using QR Code and Line Notify with MVC Framework. *Journal of Information Science and Applied Technology*, 6(1), 113–131. (in Thai)

Phayonyim, N., Khiewseema, P., Sawangying, L., & Theerasophon, P. (2022). Application of QR Code, Google Forms, and Google Calendar in classroom booking management system. *PKMT Academic Journal*, 11(2), 182–192. (in Thai)

Raksathap, N. (2017). *User manual for Google Forms (Revised edition)*. Division of Instructional Innovation, Computer Center. Chonburi: Burapha University. (in Thai)

Subbamre, R. (2016). *Research methodology in public health* (1st ed.). Bangkok: Odean Store Publishing. (in Thai)

แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน จังหวัดยะลา โดยใช้เทคนิคการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT and TOWS Matrix Analysis)

อนุกุล ตันสุพล^{1*}, อภิรดี สรวีสุต¹, ดำรง เสียมไหม¹, สุพรรณณี ทักษิณสัมพันธ์¹ และ วุฒิพงษ์ แสงมณี¹

Guidelines for Promoting Natural Tourism in Raman District Yala Province by using Environmental Assessment Techniques (SWOT and TOWS Matrix Analysis)

Anukul Tansupol^{1*}, Apiradee Saravisutra¹, Damrong Siammai¹, Supanee Taksinsampan¹ and
Wutthipong Seangmanee¹

¹ Bachelor of Science Program in Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Prince of Songkla University, Pattani, 94000

* Corresponding author: anuchit.no@up.ac.th

Received: 8 May 2025; Revised: 19 August 2025; Accepted: 9 September 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงสำรวจ (Qualitative & Survey Research Methodology) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติจำนวน 9 แห่ง และเสนอแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน จังหวัดยะลา โดยใช้กระบวนการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลัก (Key informants) เช่น หน่วยงานภาครัฐ ผู้ประกอบการเอกชน นักท่องเที่ยว ประชาชนในพื้นที่ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์โดยใช้เทคนิค SWOT Analysis และ TOWS Matrix จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า แหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอรามันมีจุดแข็งด้านจำนวนของแหล่งท่องเที่ยว ความหลากหลายของลักษณะภูมิประเทศ และกิจกรรมด้านการท่องเที่ยว รวมถึงองค์ประกอบภายในแหล่งท่องเที่ยวที่มีความสวยงาม รวมทั้งมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวผ่านทางสื่อออนไลน์ แต่ยังมีจุดอ่อนหลายประการ ได้แก่ ขาดการจัดการขยะที่ดี สถานที่ท่องเที่ยวบางแห่งขาดสิ่งอำนวยความสะดวก และบุคลากรที่ให้บริการในแหล่งท่องเที่ยวมีไม่เพียงพอ สำหรับโอกาสในการพัฒนาการท่องเที่ยวพบว่าแหล่งท่องเที่ยวยังมีความเป็นธรรมชาติสูงทำให้เริ่มมีการส่งเสริมการท่องเที่ยวจากรัฐมากขึ้นโดยเฉพาะด้านสิ่งอำนวยความสะดวก แต่ภาคการท่องเที่ยวต้องเผชิญอุปสรรคเรื่องความรู้สึกไม่ปลอดภัยของนักท่องเที่ยวจากสถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ที่มีมาอย่างยาวนาน งบประมาณในการพัฒนาที่จำกัดทำให้พัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานเป็นไปได้ยาก และจากผลการศึกษาข้อเสนอแนะหลักคือ ควรประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวให้กว้างขวางขึ้นในหลายช่องทาง ปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานที่จำเป็นในแต่ละแหล่งท่องเที่ยวให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน พัฒนาศูนย์นักท่องเที่ยว และกิจกรรมการท่องเที่ยวให้หลากหลายรวมถึงสร้างเนื้อหาและกิจกรรมการท่องเที่ยวใหม่ ๆ ที่สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ตลอดทั้งปี โดยที่ภาครัฐต้องสนับสนุนงบประมาณให้สอดคล้องกับศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยว

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ, การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม, อำเภอรามัน, การส่งเสริมการท่องเที่ยว

¹ หลักสูตรภูมิศาสตร์บัณฑิต คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000

Abstract

This study is a qualitative and survey research methodology. The objectives are to study and analyze the environment of 9 natural tourist attractions and propose guidelines for promoting natural tourism in Raman District, Yala Province. The data collection process is from key-informants such as government agencies, private entrepreneurs, tourists, and local people, along with strategic analysis using SWOT Analysis and TOWS Matrix techniques. The survey and data analysis found that natural tourist attractions in Raman District have strengths in terms of the number of tourist attractions, the diversity of topography and tourism activities, as well as beautiful elements within the tourist attractions, including tourism promotion via online media. However, there are still several weaknesses, such as lack of good waste management, lack of facilities in some tourist attractions, and insufficient personnel providing services in tourist attractions. For opportunities the tourism development, it was found that tourist attractions are still highly natural conditions, so more government tourism promotion has begun, especially in terms of facilities. However, the tourism sector faces obstacles such as tourists feeling unsafe due to the long-standing unrest in the area, and the limited development budget, which makes it difficult to develop basic facilities. From the results of the study, the main recommendations are to publicize tourist attractions more widely in many channels, improve necessary basic facilities in each tourist attraction to be in a complete and ready-to-use condition, and develop local personnel and variety tourism activities, including creating new tourism activity content that can attract tourists throughout the year, with the government sector supporting the budget in line with the potential of the tourist attractions.

Keywords: Nature-based tourism, SWOT & TOWS analysis, Raman district, Tourism promotion

Introduction

การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ (Natural Tourism) เป็นรูปแบบหนึ่งของการท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากการเดินทางท่องเที่ยวช่วยให้ผู้คนได้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศอย่างใกล้ชิด ซึ่งเป็นการสร้างจิตสำนึกด้านบวกต่อสิ่งแวดล้อม ลักษณะการท่องเที่ยวรูปแบบนี้จึงเน้นการศึกษาธรรมชาติและจำเป็นต้องส่งเสริมให้ผู้ประกอบการมีความรู้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน ซึ่งการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (Ecotourism) ถือเป็นแนวทางหนึ่งของการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติที่เน้นความยั่งยืนให้กับแหล่งท่องเที่ยว โดยให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การมีส่วนร่วมของชุมชน และการเรียนรู้วัฒนธรรมท้องถิ่นควบคู่ไปกับการพักผ่อน (Weaver, 2001) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การท่องเที่ยวรูปแบบนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีทรัพยากรธรรมชาติหลากหลายและยังคงความบริสุทธิ์ เช่น ภาคใต้ของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดยะลา

อำเภอรามัน เป็นพื้นที่หนึ่งในพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมที่หลากหลายของจังหวัดยะลา โดยเฉพาะลักษณะภูมิประเทศที่สวยงาม อุดมด้วยป่าไม้ ภูเขา ลำธาร และวิถีชีวิตของชุมชนที่ยังคงยึดโยงกับวัฒนธรรมท้องถิ่นมุสลิมมาอย่างยาวนาน อย่างไรก็ตามแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ชายแดนใต้มักเผชิญกับปัญหาการบริหารจัดการที่ยังไม่ครบวงจร เช่น ระบบสิ่งอำนวยความสะดวกที่ไม่ครบถ้วน การประชาสัมพันธ์ที่ไม่ทั่วถึง งบประมาณการพัฒนาที่มีจำกัด และมีสถานการณ์ความไม่สงบในบางช่วงเวลาซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญสำหรับการส่งเสริมการท่องเที่ยว แต่ทั้งนี้

อำเภอราษีไศลยังคงเป็นพื้นที่ที่มีจุดแข็งด้านทรัพยากรธรรมชาติซึ่งเหมาะสมแก่การพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ หากได้รับการส่งเสริมอย่างเหมาะสมและมีการวางแผนที่รอบด้าน ครอบคลุมทุกภาคส่วน ประกอบกับการท่องเที่ยวเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของท้องถิ่น เนื่องจากการท่องเที่ยวโดยเฉพาะการท่องเที่ยวชุมชน (Community-Based Tourism) ช่วยสามารถสร้างงานทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น งานโรงแรม ร้านอาหาร การขนส่ง และงานหัตถกรรม ซึ่งช่วยลดปัญหาการว่างงานในพื้นที่ชนบท ยกระดับรายได้ของคนในชุมชน (Scheyvens & Russell, 2012) นำไปสู่การลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการส่งเสริมการท่องเที่ยวจะช่วยกระจายรายได้ ลดความเหลื่อมล้ำ และส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน (Kontogeorgopoulos et al., 2014) และจากสถานการณ์ความไม่สงบในอดีต ทำให้ภาพลักษณ์ของพื้นที่ไม่ดึงดูดนักท่องเที่ยว การพัฒนาการท่องเที่ยวโดยใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติและวัฒนธรรมที่โดดเด่นของท้องถิ่น เช่น วิถีชีวิตมลายูมุสลิม สถาปัตยกรรม อาหารพื้นเมือง ในลักษณะการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและการเรียนรู้ (Cultural and Educational Tourism) สามารถช่วยฟื้นฟูและสร้างภาพลักษณ์ใหม่ให้กับพื้นที่ได้ ช่วยให้คนจากภายนอกเข้าใจวัฒนธรรมท้องถิ่น ลดอคติ และส่งเสริมการอยู่ร่วมกันอย่างสันติ ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางของ “การท่องเที่ยวเพื่อสันติภาพ” (Tourism for Peace) (Kim, Timothy, & Han, 2016) ด้วยเหตุนี้การพัฒนาการท่องเที่ยวนอกจากมีส่วนสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจแล้ว ยังมีความสำคัญในมิติของความมั่นคงด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการท่องเที่ยวในอำเภอราษีไศลยังอยู่ในระดับเริ่มต้น การประชาสัมพันธ์ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย โครงสร้างพื้นฐานด้านการท่องเที่ยวยังไม่เพียงพอ และความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยยังเป็นข้อจำกัดสำคัญ (Tourism Authority of Thailand, 2022) ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเชิงลึกเพื่อประเมินสถานการณ์สภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวในปัจจุบัน และหาแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมการท่องเที่ยวที่สามารถเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่ชุมชนในขณะที่ยังคงรักษาความยั่งยืนทางธรรมชาติ โดยเครื่องมือสำคัญในการวางแผนกลยุทธ์สำหรับการพัฒนาการท่องเที่ยว คือ การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้วยวิธี SWOT Analysis ซึ่งช่วยในการระบุจุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weaknesses) โอกาส (Opportunities) และอุปสรรค (Threats) ของพื้นที่ (Kotler, Bowen, & Makens, 2017) นอกจากนี้การนำผลการวิเคราะห์ SWOT มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ TOWS Matrix จะสามารถนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ที่ชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ทั้งประเด็นปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Helms & Nixon, 2010)

การศึกษานี้มุ่งหวังที่จะใช้ SWOT และ TOWS Matrix เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์สถานการณ์ของการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอราษีไศล และเสนอแนวทางการพัฒนาอย่างมีระบบ โดยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของภาคประชาชน ท้องถิ่น และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การวางแผนในลักษณะนี้จะช่วยให้เกิดการพัฒนาการท่องเที่ยวที่ไม่เพียงแต่สร้างรายได้แก่ชุมชน แต่ยังคงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับในระดับประเทศ รัฐบาลไทยได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการท่องเที่ยวในเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะการท่องเที่ยวแบบ Low-carbon และ Sustainable Tourism ซึ่งตรงกับหลักการของการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ (Ministry of Tourism and Sports, 2023) การพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่ชายแดนภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดยะลา เป็นหนึ่งในกลยุทธ์ของภาครัฐในการกระตุ้นเศรษฐกิจฐานรากและเสริมสร้างสันติภาพผ่านกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์

งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงนโยบาย โดยจะเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่สนับสนุนการกำหนดแนวทางพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอราษีไศล และสามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นที่มีบริบทคล้ายคลึงกันได้ นอกจากนี้ การวิจัยยังช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการพัฒนาพื้นที่ โดยเน้นการให้ชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการหลัก เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว การวางแผนกลยุทธ์ด้วย SWOT และ TOWS Matrix ยังเป็นแนวทางที่สามารถนำไปสู่การจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs)

กล่าวโดยสรุป การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติของอำเภอรามัน โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมและสอดคล้องกับศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ นำไปสู่การพัฒนาการท่องเที่ยวที่มีความยั่งยืน และสามารถสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและสังคมให้กับชุมชนท้องถิ่นต่อไป

Objectives

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติทั้ง 9 แห่งในอำเภอรามัน จังหวัดยะลา และ 2) เพื่อเสนอแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม

Concepts and Related Research

การวิเคราะห์สถานการณ์ หรือการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม ซึ่งนิยมเรียกกันทั่วไปว่าการวิเคราะห์สวอต (SWOT Analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่เป็นที่นิยมในการวางแผนกลยุทธ์ในการพัฒนาต่าง ๆ การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม หรือ SWOT ซึ่งการวิเคราะห์สถานการณ์หรือการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม คือการระบุปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ ซึ่งได้แก่ จุดแข็ง จุดอ่อน และปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกพื้นที่ได้แก่ โอกาสและอุปสรรค

จุดแข็งในเชิงของการท่องเที่ยว หมายถึง ความโดดเด่นของทรัพยากรการท่องเที่ยวที่มีอยู่ในพื้นที่ หรือในแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ ที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนการพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่

จุดอ่อนในเชิงของการท่องเที่ยว หมายถึง ทรัพยากรการท่องเที่ยวในพื้นที่นั้นมีความจำเป็นต้องพัฒนาแต่ยังขาดแคลน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาการท่องเที่ยว รวมถึงในเรื่องของความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของนักท่องเที่ยวด้วยเช่นกัน

โอกาสทางการท่องเที่ยว หมายถึง ปัจจัย หรือทรัพยากรที่อยู่นอกเขตพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว หรืออยู่นอกเหนือการควบคุม ซึ่งสามารถเอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว รวมไปถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ได้ เช่น การพัฒนาโครงข่ายคมนาคมของพื้นที่โดยรอบที่ทำให้นักท่องเที่ยวจากพื้นที่อื่นสามารถเข้าสู่แหล่งท่องเที่ยวได้ง่าย

อุปสรรคของการท่องเที่ยว หมายถึง ปัจจัย หรือทรัพยากรทางการท่องเที่ยวที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของพื้นที่ หรืออยู่นอกเขตพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว ซึ่งส่งผลกระทบต่อพัฒนาการท่องเที่ยวและคุณภาพชีวิตของคนในพื้นที่

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อม (SWOT Analysis) ใช้การรวบรวมความคิดเห็นจากทุกภาคส่วน เช่น การประชุมหรือสัมภาษณ์กับกลุ่มเป้าหมาย และนำผลมาสังเคราะห์ และสรุปอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการจัดทำกลยุทธ์ในการพัฒนาพื้นที่ท่องเที่ยว ซึ่งสามารถใช้ผลการวิเคราะห์ในการระบุประเด็นหรือปัญหาในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว ใช้ในการกำหนดเป้าหมายของการพัฒนา ประกอบกับอีกวิธีการที่มีประโยชน์อย่างมากในการนำเอาผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมไปใช้ประโยชน์ คือ การวิเคราะห์ TOWS Analysis ที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมภายนอกพื้นที่ (โอกาส-อุปสรรค) กับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ (จุดแข็ง-จุดอ่อน) นำมาสร้างกลยุทธ์จากความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส-อุปสรรค-จุดแข็ง-จุดอ่อน ใน 4 รูปแบบ ได้แก่ การกำหนดกลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งมาสร้างประโยชน์จากโอกาส กลยุทธ์ที่ใช้แก้ไขจุดอ่อนโดยใช้ประโยชน์จากโอกาส กลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งในการเอาชนะหรือหลีกเลี่ยงอุปสรรค และกลยุทธ์ที่ลดหรือแก้ไขจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค (Peerapun, 2012)

Khrongphumin, S. (2014) ได้ทำการวิจัยการวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis) ของอันเดอร์วอเตอร์เวิลด์ พัทยา เพื่อรองรับนักท่องเที่ยวชาวรัสเซีย พบว่า 1) อันเดอร์วอเตอร์ เวิลด์ พัทยา มีจุดแข็ง 4 ด้านคือ 1) ด้านที่ตั้งและสถานที่ตั้ง คือ เป็นสถานที่เข้าถึง ได้ง่าย สะดวกในการเดินทาง 2) ด้านกิจกรรมการท่องเที่ยว คือ มีกิจกรรมท่องเที่ยวที่หลากหลาย นักท่องเที่ยวสามารถเลือกทำกิจกรรมได้ตามเหมาะสม 3) ด้านการบริการ คือ มีความพร้อมในเรื่อง ของการให้บริการ อาทิ บุคลากร อาหาร และเครื่องดื่ม 4) การส่งเสริมการตลาด คือ มีการ ประชาสัมพันธ์ที่หลากหลาย อาทิ แผนพับ ลี้ออนไลน์ เป็นต้น พบจุดอ่อน 2 ด้าน คือ 1) ด้าน สถานที่ เป็นสถานที่ที่เน้นเฉพาะกลุ่มครอบครัวมากกว่าวัยรุ่น 2) ด้านบุคลากร คือ มีบุคลากรที่รู้ ภาษารัสเซียเพียงคนเดียวไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง มีโอกาส 4 ด้านคือ 1) ด้านมาตรการในการส่งเสริมการท่องเที่ยว หมายถึง การที่นักท่องเที่ยวชาวรัสเซีย มาท่องเที่ยวประเทศไทยได้โดยไม่ต้องขอวีซ่า 2) ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก มีการจัดทำแผนแม่บทการเจรจา เชื่อมรถไฟฟฟ้า Airport Link เชื่อมสนามบินใหม่สุวรรณภูมิ-พัทยา ในอนาคต 3) ด้านการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว มีการประชาสัมพันธ์โดยตรงระหว่างการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยกับประเทศรัสเซีย 4) ด้านแหล่งท่องเที่ยว คือ การเป็น พันธมิตรกับสถานที่ท่องเที่ยวอื่นในพัทยา และพบอุปสรรค 3 ด้าน คือ 1) ด้าน เศรษฐกิจ สำหรับประเทศรัสเซียที่เกิด วิกฤตค่าเงินรูเบิล (Ruble) ตกต่ำ ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง 2) การแข่งขันด้านการท่องเที่ยว โดยเฉพาะในเมือง พัทยา มีสถานที่ท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก การแข่งขันจึงสูงตามไปด้วย 3) ปัญหาด้านบุคลากรที่มีความรู้ด้านภาษารัสเซีย มีน้อย จากการวิเคราะห์ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ดังกล่าวจึงนำไปกำหนดกลยุทธ์แก่อันเดอร์วอเตอร์เวิลด์ พัทยาเพื่อนำไปใช้ในการรองรับนักท่องเที่ยวชาวรัสเซีย

Looharunothai, T., Chailert, B., & Ngowprasertwong, S. (2022) ได้ทำการศึกษา SWOT Analysis ของแหล่งท่องเที่ยวชุมชนใน อ.บางเลน จ.นครปฐม เพื่อการออกแบบการพัฒนาการท่องเที่ยวชุมชนในรูปแบบใหม่ โดยศึกษาจาก บทความแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนา CBT ในเชิงบูรณาการและแนวทางสร้างสรรค์ในแหล่งท่องเที่ยวชุมชนเดิม ศักยภาพ ของการสร้างการท่องเที่ยวชุมชน รวมถึงสถานการณ์การท่องเที่ยวชุมชน เพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุง งานวิจัยนี้ได้ วิเคราะห์แหล่งท่องเที่ยวเดิมด้วยวิธี SWOT analysis และการต่อยอดเพื่อสร้างรูปแบบการท่องเที่ยวชุมชนรูปแบบใหม่ ผสมผสานเข้าไป โดยวิธีรวบรวมจากข้อมูลต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า การศึกษา SWOT Analysis ของแหล่งท่องเที่ยว ชุมชนใน อ.บางเลน จ. นครปฐม สามารถทำให้เกิดการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวชุมชนที่มีรูปแบบลักษณะการ ท่องเที่ยวชุมชนวิถีเกษตรแห่งใหม่ในรูปแบบการทำฟาร์มกล้วยไม้ (Orchid Farming)

Krajanchom, S., Sangkakom, K., & Poonsukcharoen, N. (2021) ได้วิจัยกลยุทธ์การปรับตัวของภาคการท่องเที่ยว ภาคเหนือตอนบนภายใต้สถานการณ์การระบาดของโควิด-19 เพื่อนำเสนอกลยุทธ์การปรับตัวของภาคการท่องเที่ยว ภาคเหนือตอนบนภายใต้สถานการณ์การระบาดของโควิด-19 ผ่านกระบวนการ TOWS Matrix โดยใช้แบบสัมภาษณ์ เชิงลึกกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว ผลการวิจัยพบว่ากลยุทธ์ที่ควรดำเนินการเชิงรุก ได้แก่ การส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยใช้จุดแข็งทางวัฒนธรรมและธรรมชาติ และการตลาดเชิงรุกสำหรับการท่องเที่ยว ส่วนกลยุทธ์ที่สามารถปรับปรุงและ แก้ไขจุดอ่อนจากโอกาส ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาบัณฑิตกรรมการท่องเที่ยว การพัฒนาศักยภาพ ผู้ประกอบการและบุคลากรด้านการท่องเที่ยว และการส่งเสริมให้ประชาชนในชุมชนมีส่วนร่วมและได้รับประโยชน์จาก การท่องเที่ยว กลยุทธ์เชิงป้องกันประกอบด้วยการสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักท่องเที่ยว และการสื่อสารภาพลักษณ์ การท่องเที่ยว และกลยุทธ์ที่ลบจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงข้อจำกัด ได้แก่ การพัฒนาการท่องเที่ยววิถีใหม่ (New Normal) ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย การเชื่อมโยงการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน และการสร้างเครือข่าย ความร่วมมือด้านการท่องเที่ยว

Methodology

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ศักยภาพ และแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอราษีไศล จังหวัดยะลา ผ่านกระบวนการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลักในพื้นที่ ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ โดยใช้เทคนิค SWOT Analysis และ TOWS Matrix เพื่อจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายในการพัฒนาการท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่

Population and Sampling

การวิจัยครั้งนี้รวบรวมข้อมูลจากภาคสนามจากการสำรวจสภาพแวดล้อมทางกายภาพของแหล่งท่องเที่ยว และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวในพื้นที่ ได้แก่ เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่ดูแลแหล่งท่องเที่ยว ผู้ประกอบการด้านที่พัก ร้านค้าในพื้นที่ ตลอดจนผู้นำชุมชน และนักท่องเที่ยว โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และการสุ่มแบบโควตา (Quota Sampling) เพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่มนักท่องเที่ยว 18 ตัวอย่าง เจ้าหน้าที่ท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว 4 ตัวอย่าง ผู้นำชุมชน/ประชาชน 4 ตัวอย่าง ผู้ประกอบการ 4 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นเทคนิคการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การวิจัยเชิงคุณภาพ (Patton, 2015) ที่จำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณ 25-30 ตัวอย่าง หรือสุ่มตัวอย่างจนกว่าจะเกิด “ความอิ่มตัวของข้อมูล” (Data Saturation) ที่ได้จากการสัมภาษณ์

Study Area

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอราษีไศล จำนวน 9 สถานที่ ได้แก่ 1) น้ำตกตะวันรัศมี 2) น้ำตกกาเยาะมาตี 3) น้ำตกปิยของ 4) น้ำตกบูกะบูโดปาแตรายอ 5) น้ำตกฉัตรมงคล 6) จุดชมวิวทะเลหมอกดอยธารทอง 7) หาดทรายน้ำจืด 8) พรุณควาย และ 9) พุงเขียวป่าบอน (Figure 1 and 2)

Tools

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ แบบสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อเก็บข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ในแต่ละแหล่งท่องเที่ยว และแบบสำรวจสภาพแวดล้อมทางกายภาพในปัจจุบันของแหล่งท่องเที่ยว เช่น สภาพความเป็นธรรมชาติ กิจกรรมการท่องเที่ยว การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับนักท่องเที่ยว นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ เช่น ประวัติศาสตร์ ภูมิศาสตร์ สังคม วัฒนธรรม เพื่อใช้เป็นรากฐานในการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยว โดยการสัมภาษณ์จะเป็นการสัมภาษณ์ในรูปแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) โดยที่แนวคำถามในแบบสัมภาษณ์ถูกออกแบบตามแนวทางของ SWOT Framework เพื่อสอบถามถึงจุดแข็งของพื้นที่ เช่น ทรัพยากรธรรมชาติ ความพร้อมของชุมชน จุดอ่อน เช่น ข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน ความไม่ปลอดภัย โอกาส เช่น แนวโน้มการท่องเที่ยว การสนับสนุนจากรัฐ อุปสรรค เช่น สถานการณ์ภายนอกภาพลักษณ์

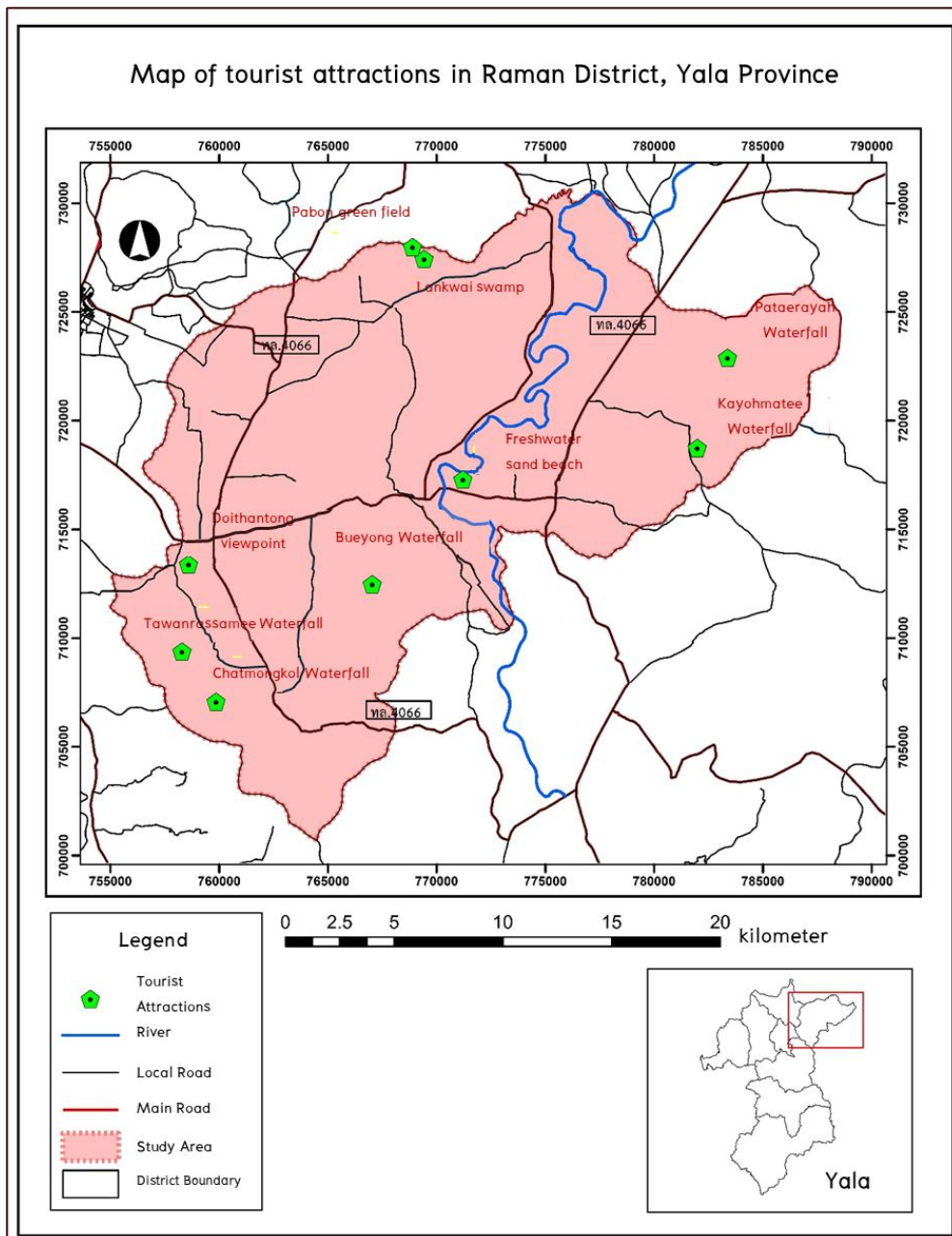


Figure 1 Map of Tourist attractions in Raman District

Collective Data

ผู้วิจัยลงพื้นที่เก็บข้อมูลในอำเภอรามัน จังหวัดยะลา โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก ประกอบกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) รวมถึงการสำรวจในพื้นที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจและได้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และวัฒนธรรมของพื้นที่อย่างรอบด้าน การสัมภาษณ์ใช้การบันทึกและถอดความข้อมูลเป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยการเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลาประมาณ 2 เดือน คือ เดือนกรกฎาคม 2567 ถึง สิงหาคม 2567



Tawanrassamee Waterfall



Bueyong Waterfall



Kayohmatee Waterfall



Bukehbudopataerayah Waterfall



Chatmongkol Waterfall



Doithanthong Viewpoint



Hadsainamjued
(Freshwater sand beach)



Lankwai Swamp



Tungkeawparbon
(Parbon green field)

Figure 2 Physical conditions of natural tourist attractions in study area

Analyzing Data

ผู้วิจัยนำทမ်းภาษณ์และบันทึกภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์ SWOT & TOWS Matrix Analysis เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมของพื้นที่ และระบุประเด็นหลักตามหมวดหมู่ SWOT ได้แก่ จุดแข็ง (Strengths) จุดอ่อน (Weaknesses) โอกาส (Opportunities) และอุปสรรค (Threats) เพื่อกำหนดประเด็นสำคัญในการพัฒนาพื้นที่ จากนั้นจึงใช้ TOWS Matrix มาวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์ และกำหนดแนวทางการพัฒนาจากความสัมพันธ์ระหว่างจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค โดยการเชื่อมโยงปัจจัยภายในและภายนอกที่ค้นพบจากพื้นที่ (Peerapun, 2012) เพื่อสร้างแนวทางกลยุทธ์ 4 ประเภท ได้แก่ 1) กลยุทธ์การใช้จุดแข็งเพื่อสร้างโอกาส (SO-Strength & Opportunity) 2) กลยุทธ์การใช้จุดแข็งเพื่อป้องกันอุปสรรค (ST-Strength & Treats) 3) กลยุทธ์การใช้โอกาสในการแก้จุดอ่อน (WO-Weakness & Opportunity) และ 4) กลยุทธ์การลดจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค (WT-Weakness & Treats) กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถเสนอแนะเชิงกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับบริบทจริงของพื้นที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wehrich, 1982) ส่งผลให้สามารถกำหนดแนวทางการพัฒนาได้ตรงตามประเด็นข้อค้นพบ




Results







วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพและประเมินสภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยว


ผลการศึกษาจากการสัมภาษณ์และสำรวจภาคสนาม พบว่า 1) แหล่งท่องเที่ยวประเภทน้ำตก ได้แก่ น้ำตกตะวันรัศมี น้ำตกกาเหาะมาตี น้ำตกบือยอง น้ำตกบุญเกาะบุญโคปาแตรายอ น้ำตกฉัตรมงคล มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในเรื่องของระบบนิเวศที่ยังคงความเป็นธรรมชาติที่สมบูรณ์ ตรงกับกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีความเห็นว่าจุดเด่นของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษา คือ ความเป็นธรรมชาติที่สวยงามและเป็นที่ยอมรับของประชากรในท้องถิ่น รวมถึงโอกาสในการพัฒนาการท่องเที่ยวที่สามารถรองรับ และพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การพัฒนาเป็นแหล่งเรียนรู้ แหล่งท่องเที่ยวสำหรับกลุ่มครอบครัว 2) แหล่งท่องเที่ยวอื่นได้แก่ จุดชมวิวทะเลหมอก ดอยธารทอง หาดทรายน้ำจืด พูลานควาย และทุ่งเขียวป่าบอน มีความแตกต่างกันในลักษณะธรรมชาติเฉพาะตัวของพื้นที่นั้น ๆ เช่น ที่ตั้ง ภูมิประเทศ ระบบนิเวศ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าทำให้เกิดการส่งเสริมโอกาสในการสร้างกิจกรรมการท่องเที่ยวใหม่ ๆ ได้หลายรูปแบบ 3) แหล่งท่องเที่ยวส่วนใหญ่เป็นที่นิยมของคนในท้องถิ่น เนื่องจากอยู่ไม่ไกลชุมชน สามารถเข้าถึงได้ง่าย แต่แหล่งท่องเที่ยวส่วนใหญ่ยังขาดการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวก สาธารณูปโภค สาธารณูปการขั้นพื้นฐานสำหรับรองรับการท่องเที่ยว เช่น ไฟฟ้า การจัดการเรื่องขยะ หิ้งน้ำ การสื่อความหมาย ธรรมชาติ ป้ายแนะนำเส้นทาง ศาลาที่พักนักท่องเที่ยว จุดให้บริการต่าง ๆ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มให้ข้อมูลตรงกันในเรื่องจุดอ่อนและอุปสรรคในประเด็นการขาดงบประมาณในการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการท่องเที่ยว ขาดบุคลากรในการดูแลนักท่องเที่ยว รวมไปถึงภาพลักษณ์เรื่องความไม่สงบที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่

นอกจากนี้ ผลของการศึกษาจากการสัมภาษณ์และสำรวจภาคสนามในประเด็นการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT Analysis) ยังพบว่าแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 9 แห่ง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทุกกลุ่มมีความคิดเห็นในลักษณะจุดแข็ง-จุดอ่อน-โอกาส-อุปสรรคที่คล้ายคลึงกัน (Table 1)

Table 1 Summary of environmental analysis (SWOT) of tourist attractions in Raman District, Yala Province

Tourist Attraction	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
1) Tawan rassamee Waterfall	Beautiful scenery, Peaceful, Various photo spots and the waterfall has water all year	Ineffective waste management, dilapidated facilities and lack of public relations.	Developed into a conservation tourism destination	Image of unrest, Lack of tourism management.
				
2) Bue yong Waterfall	High waterfall, Cool atmosphere and Nearby communities use the area	Lack of security personnel, Damaged and dilapidated facilities	Developed into an ecological learning and relaxation center	Tourists are not confident in their safety.
				
3) Kayoh Matee Waterfall	It's a large pond, peaceful and shady, suitable for swimming and fresh local fruits.	Lack of development of information signs, facilities, public relations and staff.	Developed into a place for learning about nature in the community	Budget constraints for facility development
				

Tourist Attraction	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
4) Bukeh budopatae raya Waterfall	Clear and clean waterfall and a beautiful viewpoint. 	Traffic congestion during festivals, lack of facilities, lack of organized parking and unorganized waste and management shops. 	Promoting to natural study area	Lack of transportation system and lack of staffs
5) Chat mongkol Waterfall	good accessibility, Pleasant shade and Ideal for family travel 	The limited capacity for tourists. It still lacks waste management systems and basic facilities. 	It is supported by the government but has a limited budget.	Lack of attractive development and Lack of personnel to maintain the place.
6) Doi thanthong viewpoint	A beautiful viewpoint offering a 120-degree panoramic view. Facilities include a resort, a cafe, a restaurant, and a camping area. 	Lack of public relations, tourist information signs, and more public restrooms. 	The trend of nature tourism and emphasizes the quality of tourists.	It is generally not well known to tourists.

Tourist Attraction	Strengths	Weaknesses	Opportunities	Threats
<p>7) Fresh water sand beach</p> 	<p>A variety of water activities, Community lifestyles on both sides of the river</p>	<p>Tourism areas and some facilities were destroyed by flooding.</p> 	<p>Abundant natural resources, able to promote tourism spot and sports tourism.</p>	<p>Facility restoration has a limited budget.</p>
<p>8) Lankwai Swamp</p> 	<p>Beautiful sunset viewpoint, fishing and camping activities</p>	<p>No facilities</p>	<p>Developed into an ecotourism site destination, a place for relaxation and exercise for local people.</p>	<p>The abundance of nature is decreasing. The landscape has changed.</p>
<p>9) Parbon green field</p> 	<p>Beautiful mountain views with large open space, promote camping activities</p>	<p>The area was damaged by flooding and lacked facilities such as parking and restrooms.</p> 	<p>Using a variety of public relations media on social media that can easily reach a wide range of target groups to promote tourism.</p>	<p>Lack of budget for development and public relations</p>

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น เห็นว่าจุดแข็งส่วนใหญ่ของแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 9 แห่ง คือ การมีภูมิทัศน์และลักษณะธรรมชาติที่สวยงาม สามารถรองรับกิจกรรมการท่องเที่ยวได้หลากหลาย นักท่องเที่ยวสามารถเลือกทำกิจกรรมตามความสนใจ อย่างไรก็ตามทุกแห่งยังขาดการประชาสัมพันธ์ และขาดสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานที่เพียงพอในการรองรับนักท่องเที่ยว รวมถึงงบประมาณของหน่วยงานรับผิดชอบในพื้นที่จำกัดเป็นอุปสรรคร่วมกับปัญหาด้านความมั่นใจในความปลอดภัยที่เป็นอุปสรรคสำคัญของการท่องเที่ยวในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ นอกจากนี้จากผลการศึกษาพบว่าแหล่งท่องเที่ยวส่วนใหญ่ไม่ได้ตั้งอยู่บนถนนสายหลัก ที่ตั้งของแต่ละแห่งมีความเป็นเอกเทศไม่เชื่อมต่อกัน ถ้าหากมีการประชาสัมพันธ์ การวางแผนเชื่อมโยงเส้นทางท่องเที่ยว และการเข้าถึงที่ดีขึ้น ก็จะช่วยเพิ่มการรับรู้และดึงดูดนักท่องเที่ยวได้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยว

ข้อมูลการวิเคราะห์ TOWS Matrix ได้เสนอแนวคิดในการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวจากการสร้างความสัมพันธ์เชิงกลยุทธ์ใน 4 ลักษณะ เพื่อนำไปสู่การเป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยว (Table 2)

Table 2 TOWS Matrix analysis data to present concepts for tourism development and promotion

TOWS Matrix (External/Internal Factors)	Internal Factors Strength	Internal Factors Weakness
	<ul style="list-style-type: none"> - Unspoiled nature - Variety of activities - Number of tourist attractions - Popularity with local peoples 	<ul style="list-style-type: none"> - Essential basic facilities for tourist attractions - Waste management in tourist attractions - Unknown tourist attractions - Lack of tourism staff
External Factors Opportunity	Strength – Opportunity (SO)	Weakness – Opportunity (WO)
<ul style="list-style-type: none"> - The popularity of nature-based tourism and new tourism activities - Connecting tourist destination routes - Promoting tourist destinations on social media - Developing community-based tourism (CBT) and new tourism activities, such as food tourism - Build facilities to accommodate future tourists - Training personnel to support community tourism 	The concept for tourism development in the study area is to utilize the potential of existing tourist attractions to support new tourism activities along with the development of ecotourism.	The concept of tourism development in the study area will focus on improving and correcting weaknesses by taking advantage of development opportunities or supporting problem areas such as improving infrastructure to support new tourism activities.

External Factors Threat	Strength – Threat (ST)	Weakness – Threat (WT)
<ul style="list-style-type: none"> – Long-standing unrest in the area – Limited government funding for development – The tourism image remains unrecognized 	<p>The concept of tourism development in the study area focuses on using the strengths of tourist attractions to reduce or avoid obstacles by using the strengths to solve specific problems that are obstacles to tourism development such as developing nature-based tourism activities that do not rely on infrastructure development.</p>	<p>The concept of tourism development in the study area emphasizes reducing weaknesses and avoiding obstacles by trying to avoid risks from obstacles that are the impact of external factors and trying to find ways to solve weaknesses that are physical problems of tourist attractions such as prioritizing development.</p>

จากข้อมูลในตารางที่ 2 (Table 2) ข้างต้นได้นำปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมภายนอกพื้นที่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ นำมาสร้างกลยุทธ์จากความสัมพันธ์ระหว่างโอกาส-อุปสรรค-จุดแข็ง-จุดอ่อน ใน 4 รูปแบบ ได้แก่ การกำหนดกลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งมาสร้างประโยชน์จากโอกาส (SO) กลยุทธ์ที่ใช้แก้ไขจุดอ่อนโดยใช้ประโยชน์จากโอกาส (WO) กลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งในการเอาชนะหรือหลีกเลี่ยงอุปสรรค (ST) และกลยุทธ์ที่ลดหรือแก้ไขจุดอ่อนและหลีกเลี่ยงอุปสรรค (WT) ดังนี้

กลยุทธ์ที่ 1 เป็นกลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งในการสร้างประโยชน์จากโอกาส (SO : Strengths–Opportunities) การพัฒนาส่งเสริมการท่องเที่ยวตามกลยุทธ์นี้เน้นไปที่การใช้ศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวมารองรับกิจกรรมการท่องเที่ยวรูปแบบใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาเชิงอนุรักษ์ ดังนี้

- ส่งเสริมการตลาดผ่านสื่อดิจิทัล โดยนำเสนอจุดแข็งด้านความสวยงามของภูมิประเทศ และความหลากหลายของกิจกรรม เช่น เล่นน้ำ ชมวิว เพื่อสร้างคอนเทนต์เชิงภาพผ่านโซเชียลมีเดียร่วมกับโอกาสที่รัฐสนับสนุนการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ
- พัฒนาแหล่งเรียนรู้ธรรมชาติโดยผนวกความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติเข้ากับแนวทางการจัดกิจกรรมศึกษาระบบนิเวศ โดยเชิญชวนโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัยเข้าร่วมพัฒนาแหล่งศึกษาธรรมชาติจากจุดชมวิวดูสวยงาม และทรัพยากรธรรมชาติ รวมไปถึงการส่งเสริมการเรียนรู้ระบบนิเวศ การดูนก กิจกรรมการท่องเที่ยวประเภทพักแรม (Camping) เช่น ดอยธารทอง พรุสานควาย
- ส่งเสริมกิจกรรมพักผ่อนครอบครัว เช่น การเล่นน้ำ แคมป์ปิ้ง และพัฒนาพื้นที่บริการเพิ่มเติมในพื้นที่น้ำตกถ้ำตรมวงกลม และทุ่งเขียวป่าบอน รวมไปถึงการส่งเสริมกิจกรรมการท่องเที่ยวในรูปแบบใหม่ เช่น การท่องเที่ยวเชิงกีฬาในพื้นที่ท่องเที่ยวหาดทรายน้ำจืด เป็นต้น
- นำจุดเด่นเชิงวัฒนธรรมและธรรมชาติมาสร้างกิจกรรมท่องเที่ยวใหม่ เช่น จัดการท่องเที่ยววิถีชุมชนร่วมกับล่องเรือธรรมชาติในพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวหาดทรายน้ำจืด หรือ กิจกรรมนันทนาการทางน้ำประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

กลยุทธ์ที่ 2 เป็นกลยุทธ์ที่เน้นการแก้ไขปรับปรุงจุดอ่อนโดยใช้ประโยชน์จากโอกาสในการพัฒนาหรือสนับสนุนจุดที่ยังไม่สมบูรณ์หรือเป็นปัญหา (WO : Weaknesses–Opportunities)

- ปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกด้วยงบประมาณของรัฐ โดยเฉพาะแหล่งท่องเที่ยวที่ขาดสาธารณูปการต่าง ๆ หรือระบบการจัดการขยะ ควรได้รับการจัดสรรงบประมาณจากโครงการสนับสนุนของภาครัฐ เพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเบื้องต้น เช่น ห้องน้ำชั่วคราว ศาลาที่พักนักท่องเที่ยว ป้ายสื่อความหมายต่าง ๆ ในพื้นที่น้ำตกกาเยาะมาตี หาดทรายน้ำจืด เป็นต้น โดยใช้โอกาสจากนโยบายการส่งเสริมการท่องเที่ยวของรัฐบาล
- จัดอบรมเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นส่งเสริมการเรียนรู้การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ โดยการส่งเสริมทักษะด้านบริการความปลอดภัยให้แก่บุคลากรของรัฐ และทักษะการเป็นมัคคุเทศก์ให้แก่คนในชุมชนในพื้นที่น้ำตกปิยของพฤษภาคม เป็นต้น
- ใช้สื่อออนไลน์และโซเชียลมีเดียช่วยประชาสัมพันธ์ เช่น จัดทำคลิปแนะนำแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่น้ำตกตะวันตกมีทุ่งเขียวปายอน

กลยุทธ์ที่ 3 เป็นกลยุทธ์ที่ใช้จุดแข็งเพื่อลดหรือหลีกเลี่ยงอุปสรรค โดยการนำจุดแข็งของแหล่งท่องเที่ยวมาใช้แก้ปัญหาเฉพาะด้านที่เป็นอุปสรรคในการพัฒนาการท่องเที่ยว (ST : Strengths–Threats)

- พัฒนาการท่องเที่ยวที่เน้นประสบการณ์ (Experience-based Tourism) โดยใช้จุดแข็งด้านความสวยงามของสถานที่และกิจกรรมที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานมากนัก เพื่อลดข้อจำกัดเรื่องการขาดแคลนงบประมาณในการพัฒนาพื้นที่ และความเสี่ยงด้านความปลอดภัย เช่น การเดินป่า การถ่ายรูป การชมทะเลหมอก การทำกิจกรรมนันทนาการ
- จัดกิจกรรมแบบมีผู้ดูแลร่วมกับจุดแข็งของพื้นที่ เช่น การจัดเทศกาลท่องเที่ยวประจำปีที่มีเจ้าหน้าที่รัฐและจิตอาสาดูแลความปลอดภัย ใช้ความเข้มแข็งของชุมชนเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่นักท่องเที่ยว
- นำศักยภาพของชุมชนมาช่วยบริหารจัดการนักท่องเที่ยวช่วงเทศกาล เช่น อบรมจิตอาสาท้องถิ่นในการจัดระบบจราจรร่วมกับชุมชนในพื้นที่ท่องเที่ยวหน้าตกกบฏโค เป็นต้น
- เพิ่มพื้นที่รองรับนักท่องเที่ยวที่เน้นการพัฒนาที่ไม่ต้องลงทุนด้านโครงสร้าง เช่น จุดชมวิวดำตามธรรมชาติที่เปิดโล่งในพื้นที่ดอยธารทอง เป็นต้น

กลยุทธ์ที่ 4 เป็นกลยุทธ์ที่เน้นการลดจุดอ่อน และหลีกเลี่ยงอุปสรรค โดยหาทางแก้ไขจุดอ่อนที่เป็นปัญหาภายนอกของแหล่งท่องเที่ยว โดยที่พยายามหลีกเลี่ยงความเสี่ยงจากอุปสรรคที่เป็นผลกระทบจากปัจจัยภายนอก (WT : Weaknesses–Threats)

- กำหนดแผนการท่องเที่ยวแบบจำกัดพื้นที่และเวลา ในกรณีที่บุคลากรไม่เพียงพอและขาดสิ่งอำนวยความสะดวก อาจใช้การจำกัดจำนวนนักท่องเที่ยว หรือพัฒนาการใช้ระบบการจองล่วงหน้าเพื่อลดความเสี่ยงและลดภาระของพื้นที่ และประสานความร่วมมือกับภาคประชาสังคม เช่น องค์กรอาสาสมัครหรือกลุ่มนักเรียนในพื้นที่ เพื่อช่วยดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม และอำนวยความสะดวกในช่วงเทศกาล เช่น พื้นที่น้ำตกปิยของ น้ำตกน้ตรมคงคล
- วางแผนบริหารจัดการขยะและฟื้นฟูพื้นที่ที่เสื่อมโทรม เช่น การรณรงค์นำขยะกลับบ้านในแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ หรือจำกัดการนำภาชนะพลาสติก โฟม หรืออาหารเข้าไปในพื้นที่น้ำตก

- จัดลำดับความสำคัญของการฟื้นฟูแหล่งท่องเที่ยวที่เสื่อมโทรม หรือได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ เพื่อความจำเป็นเร่งด่วนในการได้รับงบประมาณในการฟื้นฟูปรับปรุงแหล่งท่องเที่ยว เช่น หาดทรายน้ำจืดทุ่งเขียว

Conclusion and Discussion

Conclusion

การศึกษาศักยภาพแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอราษีไศล จังหวัดยะลา ผ่าน SWOT analysis และ TOWS Matrix ครอบคลุม 9 แหล่งท่องเที่ยวของอำเภอราษีไศล จังหวัดยะลา พบว่าทรัพยากรธรรมชาติส่วนใหญ่มีความสวยงามและเป็นที่ยอมรับของคนในพื้นที่ นักท่องเที่ยวสามารถเลือกทำกิจกรรมได้หลากหลาย เหมาะแก่การพัฒนาการท่องเที่ยวที่เน้นความยั่งยืนตามศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวแต่ละแห่ง อย่างไรก็ตามจุดอ่อนที่สำคัญ คือ ขาดแคลนสิ่งอำนวยความสะดวก และการบริหารจัดการพื้นฐาน ตลอดจนการประชาสัมพันธ์ที่ยังไม่ทั่วถึง จึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้แหล่งท่องเที่ยวของอำเภอราษีไศลยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง ด้วยเหตุนี้ภาครัฐและชุมชนท้องถิ่นควรเน้นการดำเนินการร่วมกันในการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวที่มาจากการประเมินสภาพแวดล้อมของแหล่งท่องเที่ยว โดยมีข้อเสนอแนะหลักในประเด็นสำคัญที่เป็นพื้นฐานของการพัฒนาการท่องเที่ยวในส่วนขององค์ประกอบหลัก และองค์ประกอบสนับสนุนการท่องเที่ยว ได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวก ความปลอดภัย การประชาสัมพันธ์ การมีส่วนร่วมของชุมชน และงบประมาณ โดยวางกรอบแนวทาง (Tourism Framework) ในการพัฒนาการท่องเที่ยว (Figure 3) และได้จำแนกข้อเสนอแนะเป็นข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงนโยบาย ดังนี้

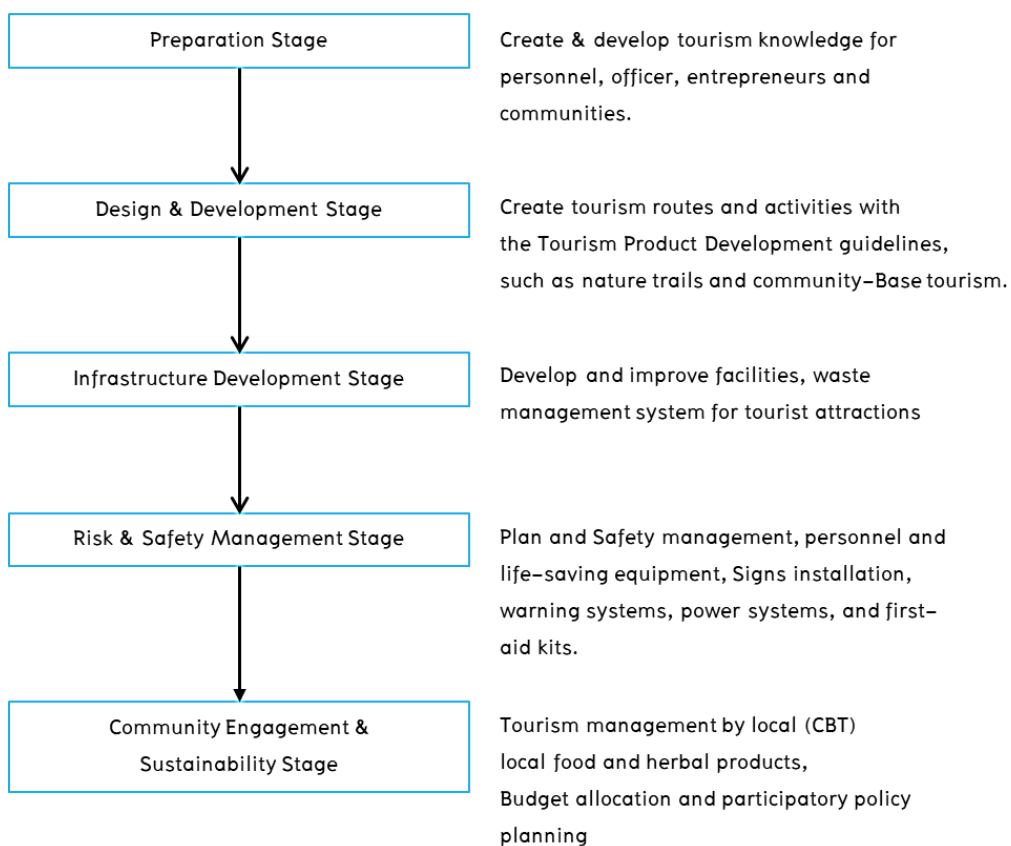


Figure 3 Strategic Framework for Tourism Development

- ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ : การเชื่อมโยงเส้นทางท่องเที่ยวหรือกิจกรรมการท่องเที่ยว หรือจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวภายในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำเสนอทางเลือกในการท่องเที่ยว และประชาสัมพันธ์เส้นทางกิจกรรมการท่องเที่ยวให้เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางทั้งในและนอกพื้นที่
- ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ : การพัฒนาองค์ความรู้ให้บุคลากร การจัดกิจกรรม จัดอบรมเจ้าหน้าที่ชุมชนผู้ประกอบการด้านท่องเที่ยว ให้มีความรู้ด้านการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ และการบริการที่เป็นมิตร รวมถึงส่งเสริมการสร้างกิจกรรมการท่องเที่ยวในรูปแบบใหม่ เช่น เส้นทางเดินป่า ชมทะเลหมอกบนยอดเขา เรียนรู้วิถีชาวบ้าน OTOP เพื่อตอบสนองตลาดนักท่องเที่ยวที่ต้องการประสบการณ์หลากหลาย
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย : การปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวก หรือสร้างอาคารพื้นฐานที่จำเป็นต่อการรองรับนักท่องเที่ยว เช่น ห้องน้ำ ศาลาพักผ่อน และที่จอดรถให้มีสภาพดี และเพียงพอ ที่สำคัญต้องมีระบบการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพทั้งในส่วนของการกำจัดขยะ จุดทิ้งขยะ การคัดแยกขยะ รวมไปถึงศูนย์คัดแยกขยะหรือจัดการขยะในชุมชน เพื่อรักษาความสะอาดของแหล่งท่องเที่ยว
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย : การเพิ่มความเชื่อมั่นเรื่องความปลอดภัย จัดให้มีเจ้าหน้าที่หรืออาสาสมัครดูแลความปลอดภัยอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะในช่วงวันหยุดและเทศกาลต่าง ๆ พร้อมแผนการเผชิญเหตุฉุกเฉิน เช่น การติดตั้งระบบไฟฟ้า ระบบกักเก็บเบื้องต้น รวมทั้งป้ายคำเตือนต่างๆ บริเวณน้ำตก เพื่อเสริมความเชื่อมั่นและความปลอดภัยให้แก่นักท่องเที่ยว
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย : การส่งเสริมกิจกรรมประชาสัมพันธ์และการตลาด สร้างสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ เช่น ป้ายประชาสัมพันธ์ในพื้นที่ ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวบนเว็บไซต์/โซเชียลมีเดีย และจัดกิจกรรมส่งเสริมการตลาดร่วมกับหน่วยงานท้องถิ่นในงานเทศกาลต่าง ๆ ที่จัดโดยภาคหน่วยงานต่าง ๆ ในพื้นที่ เพื่อให้แหล่งท่องเที่ยวในอำเภอรามันเป็นที่รู้จักมากขึ้น รวมไปถึงการเน้นสร้างภาพลักษณ์และการรับรู้ที่เรื่องที่ดีด้านกิจกรรมและแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษาอย่างสม่ำเสมอ
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย : ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยส่งเสริมรูปแบบการท่องเที่ยวโดยชุมชน (Community-Based Tourism) ที่เน้นให้ชาวบ้านในพื้นที่ได้มีบทบาทหลักในการนำเสนอวัฒนธรรมและธรรมชาติท้องถิ่น เช่น ชุมชนเกษตรกรรมท้องถิ่น หาดทรายน้ำจืด ที่จัดโปรแกรมพายเรือชมแม่น้ำ สาธิตกิจกรรมการท่องเที่ยวหาดทรายน้ำจืด หรือการจัดผลิตภัณฑ์ OTOP สินค้าชุมชน การมีส่วนร่วมนี้ช่วยเสริมสร้างการบริหารจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน และสร้างรายได้แก่ชุมชนท้องถิ่น
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย : การสนับสนุนงบประมาณ ภาครัฐควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่ชายแดนใต้ โดยจัดสรรงบประมาณอย่างเหมาะสมตามความสำคัญของแต่ละพื้นที่ ตลอดจนวางนโยบายการส่งเสริมการท่องเที่ยวในชุมชน เช่น แหล่งท่องเที่ยวตามแนว OTOP นวัตกรรม การสนับสนุนนี้ควรดำเนินการร่วมกับการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานพื้นฐานของชุมชนในแหล่งท่องเที่ยวเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึง และยังเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีน่าเชื่อถือให้กับการท่องเที่ยวในพื้นที่ศึกษา และยังสามารถสร้างความมั่นใจให้กับนักท่องเที่ยวได้

ด้วยข้อเสนอแนะดังกล่าว แหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอรามันจะสามารถพัฒนาศักยภาพให้ดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งคนในท้องถิ่นและต่างถิ่นได้มากขึ้น พร้อมกับการรักษาสภาพแวดล้อมร่วมไปกับการส่งเสริมวิถีวัฒนธรรมท้องถิ่น ควบคู่ไปกับการมีส่วนร่วมของชุมชนอย่างแท้จริง

Discussion

ผลการวิจัยเรื่อง “แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน” โดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมด้วยเทคนิค SWOT Analysis และ TOWS Matrix ได้สะท้อนให้เห็นทั้งศักยภาพ จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคของสภาพปัจจุบันของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่อำเภอรามัน ซึ่งนำไปสู่ข้อเสนอเชิงกลยุทธ์ที่มีความสอดคล้องกับบริบทจริงของพื้นที่ศึกษา โดยสามารถอภิปรายผลของการศึกษาในประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ประเด็นด้านศักยภาพของพื้นที่ พื้นที่ศึกษามีจุดแข็งและโอกาสที่สามารถพัฒนาต่อยอดได้

ผลการวิจัยพบว่า อำเภอรามันมีทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลายและยังคงความสมบูรณ์สูง เช่น ป่าไม้ ภูเขา ลำธาร และแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ (Tourism Authority of Thailand, 2022) นอกจากนี้ ชุมชนในพื้นที่ยังมีอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่โดดเด่น โดยเฉพาะวัฒนธรรมมลายู ซึ่งสามารถผสมผสานเข้ากับกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมได้อย่างลงตัว องค์ประกอบเหล่านี้ถือเป็น “จุดแข็ง” ที่สำคัญในการสร้างความแตกต่างของอำเภอรามันให้แตกต่างจากพื้นที่ท่องเที่ยวอื่น และเมื่อพิจารณาพร้อมกับแนวโน้มของนักท่องเที่ยวในยุคปัจจุบันที่นิยมการเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวที่เงียบสงบ เป็นธรรมชาติ และมีความยั่งยืน (UNWTO, 2022) ยิ่งตอกย้ำว่าอำเภอรามันมีโอกาสสูงในการพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ (ecotourism) ที่เน้นประสบการณ์เชิงลึกและสร้างความผูกพันกับชุมชนท้องถิ่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Weaver (2001) ที่ระบุว่า การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติควรมีการจัดการอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับชุมชน

2. ประเด็นด้านข้อจำกัดและอุปสรรคพื้นที่: การบริหารจัดการที่ได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน

แม้จะมีศักยภาพด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมท้องถิ่น แต่ผลการวิจัยยังพบข้อจำกัดหลายประการ อาทิ ความไม่พร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การคมนาคม การสื่อสาร และที่พักที่ได้มาตรฐานสำหรับนักท่องเที่ยวกลุ่มทั่วไป และประกอบกับการมีอุปสรรคด้านภาพลักษณ์จากสถานการณ์ความไม่สงบในอดีต ส่งผลให้เกิดความลังเลในหมู่นักท่องเที่ยวจากภายนอก (Ministry of Tourism and Sports, 2023) ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Mansour et al. (2020) ที่ชี้ว่าการฟื้นฟูการท่องเที่ยวในพื้นที่ที่มีความเปราะบาง ต้องอาศัยทั้งการส่งเสริมภาพลักษณ์ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างเป็นระบบ ไม่เช่นนั้นจะเกิดภาวะ “ทรัพยากรมีอยู่ แต่ขาดศักยภาพในการจัดการ” ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อความยั่งยืนในระยะยาว

3. ประเด็นด้านการมีส่วนร่วมของชุมชนคือปัจจัยสำคัญของความยั่งยืนของการท่องเที่ยวในพื้นที่

อีกประเด็นที่น่าสนใจจากผลการวิจัยคือ ความพร้อมและความต้องการของชุมชนที่ต้องการการมีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยวในชุมชนของตนเอง ซึ่งสะท้อนถึง “ทุนทางสังคม” (Social Capital) ที่สามารถนำมาใช้เป็นฐานในการบริหารจัดการการท่องเที่ยวให้ยั่งยืนได้ ทั้งในด้านการบริการ การดูแลนักท่องเที่ยว และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ประเด็นนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Scheyvens (1999) ที่เสนอว่า การพัฒนาการท่องเที่ยวโดยเน้นชุมชนเป็นศูนย์กลาง (Community-based Tourism: CBT) จะช่วยให้เกิดการกระจายรายได้และความรู้สึกเป็นเจ้าของ ซึ่งเป็นหัวใจของการท่องเที่ยวที่ยั่งยืนของชุมชน

4. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

จากการอภิปรายข้างต้น เห็นว่าชุมชนมีความต้องการและมีความพร้อมที่จะเปิดรับโอกาสในการพัฒนาการท่องเที่ยว โดยมีจุดเด่นของการท่องเที่ยวในเชิงธรรมชาติที่สามารถผสมผสานเรื่องราวของวัฒนธรรมวิถีชีวิตของชาวมุสลิมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการท่องเที่ยว ดังนั้นนักวิจัยเสนอว่า การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอรามันควรอยู่บนพื้นฐานของการใช้ “กลยุทธ์แบบผสมผสาน” ที่เชื่อมโยงทรัพยากรทางธรรมชาติ ร่วมกับทรัพยากรทางวัฒนธรรม ชุมชน และนโยบายของรัฐเข้าด้วยกัน โดยรัฐควรมีบทบาทเป็น “ผู้สนับสนุน” (Facilitator) เช่น การสนับสนุน

โครงสร้างพื้นฐานด้านการท่องเที่ยว ขณะนี้ชุมชนเป็น “ผู้ขับเคลื่อนหลัก” ทั้งนี้ ควรมีการวางแผนร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน เพื่อให้เกิดการจัดการที่มีประสิทธิภาพในระยะยาว ดังตัวอย่างที่ผู้ศึกษาได้นำเสนอแนวทางโครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอราษีไศลต่อไปนี้

1. โครงการ “ท่องเที่ยวเรียนรู้วิถีรามัน” (Ramman Nature & Culture Learning Tour) วัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงประสบการณ์โดยผสมภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ากับทรัพยากรธรรมชาติโดยมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ เดินป่าเชิงนิเวศพร้อมมัคคุเทศก์ท้องถิ่น เรียนรู้วิถีใช้สมุนไพรพื้นบ้านจากผู้สูงวัย รวมไปถึงการทำหัตถกรรมพื้นบ้าน เช่น การทำของใช้จากธรรมชาติ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียน นักศึกษา และนักท่องเที่ยวแนวอนุรักษ์

2. โครงการ “รามันปลอดภัยเที่ยวธรรมชาติอย่างยั่งยืน” วัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมท่องเที่ยว และปลูกฝังจิตสำนึกการท่องเที่ยวอย่างรับผิดชอบ โดยมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ แจกถุงผ้าและแก้วน้ำพกพาให้แก่นักท่องเที่ยว จัดจุดรับขยะรีไซเคิลในสถานที่ท่องเที่ยว กิจกรรม “อาสาพาเที่ยว – อาสาเก็บขยะ” สำหรับเยาวชน ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือ แหล่งท่องเที่ยวจัดการปัญหาขยะได้ดีขึ้น และชุมชนมีบทบาทมากขึ้นในการจัดการสิ่งแวดล้อม

3. โครงการ “รามัน 365 เที่ยวได้ตลอดปี” วัตถุประสงค์เพื่อกระจายจำนวนนักท่องเที่ยวตลอดทั้งปี เพื่อลดผลกระทบจากฤดูกาลท่องเที่ยว โดยมีแนวทางดังนี้ การกำหนดเทศกาลท่องเที่ยวย่อยรายไตรมาส เช่น เทศกาลชมหมอกเดือนมกราคม เทศกาลน้ำใสเดือนสิงหาคม รวมไปถึงจัดแพ็คเกจท่องเที่ยวพร้อมที่พักและอาหารพื้นถิ่นในราคาขอมเยา ประชาสัมพันธ์ผ่านเพจอำเภอ/ชุมชน โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ นักท่องเที่ยวจากพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ยะลา ปัตตานี นราธิวาส ในเบื้องต้นก่อนที่จะมุ่งเน้นไปยังนักท่องเที่ยวต่างถิ่น หรือต่างภูมิภาคในโอกาสต่อไป

4. โครงการฝึกอบรม “มัคคุเทศก์เยาวชนท้องถิ่น” วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพเยาวชนในพื้นที่ให้เป็นผู้นำการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ เนื้อหาอบรม เป็นการเล่าเรื่องธรรมชาติและวัฒนธรรมท้องถิ่น ความปลอดภัยในการท่องเที่ยว และการสื่อสารกับนักท่องเที่ยวเบื้องต้น ผลที่คาดว่าจะได้รับ คือการสร้างงาน เพิ่มรายได้ให้กับเยาวชน และเยาวชนได้มีโอกาสมีส่วนร่วมในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว และมีความรู้สึกร่วมเป็นเจ้าของแหล่งท่องเที่ยว

โดยโครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในอำเภอราษีไศลทั้ง 4 โครงการนั้นหน่วยงานหลักที่เป็นผู้รับผิดชอบสามารถเป็นหน่วยงานท้องถิ่นในพื้นที่ ได้แก่ องค์การบริหารส่วนจังหวัดยะลา องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีแหล่งท่องเที่ยว สำนักงานการท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดยะลา สามารถร่วมกันกำหนดแผนงานโครงการไว้ในแผนปฏิบัติการประจำปี รวมถึงร่วมกันบูรณาการงบประมาณในการจัดโครงการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการตามโครงการที่กำหนดไว้ ร่วมกันกำหนดลำดับความสำคัญในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว รวมไปถึงการขอรับงบประมาณสนับสนุนเพิ่มเติมจากหน่วยงานต้นสังกัด เช่น กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา กระทรวงมหาดไทย เพื่อพัฒนาต่อยอดหรือติดตามผลการดำเนินการตามโครงการให้เป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้ต่อไป

References

- Khrongphumin, S. (2014). *SWOT analysis of Underwater World Pattaya to accommodate Russian tourists*. (Bachelor's thesis). Russian Studies Program, Thammasat University, Bangkok. (in Thai)
- Kim, S. S., Timothy, D. J., & Han, H. C. (2016). Tourism and political ideologies: A case of tourism in North Korea. *Tourism Management*, 55, 134–145. from <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.02.002>.

- Kontogeorgopoulos, N., Churyen, A., & Duangsaeng, V. (2014). Success factors in community-based tourism in Thailand: The role of luck, external support, and local leadership. *Tourism Planning & Development*, 11(1), 106–124. from <https://doi.org/10.1080/21568316.2013.852991>.
- Kotler, P., Bowen, J. T., & Makens, J. C. (2017). *Marketing for hospitality and tourism* (7th ed.). Harlow: Pearson.
- Krajanchom, S., Sangkakorn, K., & Poonsukcharoen, N. (2021). The Adaptation Strategy of Tourism in Upper North of Thailand under the COVID-19 Pandemic. *University of the Thai Chamber of Commerce Journal Humanities and Social Sciences*, 41(1), 1–20. from <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/utccjournalhs/article/view/243464>.
- Helms, M. M., & Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis – where are we now?. *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 215–251. from <https://doi.org/10.1108/17554251011064837>.
- Laoharunothai, T., Chailert, B., & Ngowprasertwong, S. (2022). *A SWOT analysis of community-based tourist attractions in Bang Len District, Nakhon Pathom Province for the design of a new model of community-based tourism development*. (Master's thesis). Tourism and Service Management Program, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok. (in Thai)
- Mansour, M., Al-Mansour, J., & Sadiq, A. (2020). Rebuilding tourism in conflict-affected regions: Lessons from fragile destinations. *Tourism Management Perspectives*, 33, 100605. from <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2019.100605>.
- Ministry of Tourism and Sports. (2023). *Thailand's sustainable tourism policy report*. Bangkok: Tourism Promotion Office. (in Thai)
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Peerapun, W. (2012). *Analytical techniques for regional and urban planning*. Bangkok: Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University. (in Thai)
- Scheyvens, R. (1999). Ecotourism and the empowerment of local communities. *Tourism Management*, 20(2), 245–249. from [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(98\)00069-7](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(98)00069-7).
- Scheyvens, R., & Russell, M. (2012). Tourism and poverty alleviation in Fiji: Comparing the impacts of small- and large-scale tourism enterprises. *Journal of Sustainable Tourism*, 20(3), 417–436. From <https://doi.org/10.1080/09669582.2011.629049>.
- Tourism Authority of Thailand. (2022). *Tourism statistics of Yala Province*. Bangkok: Tourism Authority of Thailand. (in Thai)
- UNWTO. (2022). *Tourism and sustainable development goals – Journey to 2030*. United Nations World Tourism Organization. from <https://www.unwto.org/tourism-and-sdgs>.
- Weaver, D. (2001). *Ecotourism*. Brisbane: John Wiley & Sons.
- Wehrich, H. (1982). The TOWS Matrix—A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 15(2), 54–66. From [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0).

ภูมิสารสนเทศอัจฉริยะเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศเชิงกลยุทธ์: การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่วิกฤตในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ)

ปิยะพงษ์ ศรีไชย^{1,2} สารภี จุลแก้ว³ และ นิติ เอี่ยมชื่น^{2*}

Geospatial AI for Strategic Ecosystem Restoration: Prioritizing Critical Hotspots in Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park (under gazetting)

Piyapong Sornchai^{1,2} Sarapee Chunkaew³ and Niti lamchuen^{2*}

¹ Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, 10900

² Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University, Songkhla, 90000

* Corresponding author: niti.in@up.ac.th

Received: 18 October 2025; Revised: 20 January 2026; Accepted: 17 February 2026

บทคัดย่อ

อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 12,000 ไร่ เป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบางและเผชิญความเสี่ยงสูงต่อการพังทลายของดินและการเสื่อมโทรมของป่าไม้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารอบแนวคิดและแบบจำลองทางพื้นที่ (Spatial Model) สำหรับการจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ฟื้นฟูระบบนิเวศอย่างเป็นระบบ โดยบูรณาการเทคนิคภูมิสารสนเทศบนแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) ร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ข้อมูลหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ปี พ.ศ. 2567 และแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) เพื่อประเมินปัจจัยความเสี่ยงเชิงพื้นที่ 3 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน (Slope) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) โดยเกณฑ์การให้คะแนนและค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยถูกกำหนดโดยฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญ (Expert Consensus) การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้อัลกอริทึม Random Forest โดยแบ่งข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแบบ Split-validation (70:30) ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองให้ค่าความแม่นยำโดยรวม (Overall Accuracy) ที่ 88.24% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ที่ 0.82 จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Evaluation: MCE) โดยให้น้ำหนักความสำคัญสูงสุดแก่ปัจจัยความลาดชัน (50.00%) ผลการวิจัยชี้ว่า พื้นที่ที่ต้องได้รับการฟื้นฟูในระดับสูงและสูงสุด (Priority Level 3 และ 4) มีเนื้อที่รวม 5,340.94 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.48 ของพื้นที่อุทยานฯ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับมีความต้องการฟื้นฟูสูง (Level 3) จำนวน 5,322.64 ไร่ ในขณะที่พื้นที่วิกฤตเร่งด่วนสูงสุด (Level 4) มีเนื้อที่ 18.30 ไร่ ซึ่งแม้จะมีปริมาณไม่มากแต่มีลักษณะรวมคือเป็นพื้นที่ลาดชันสูงมากและมีพืชพรรณปกคลุมเบาบาง แผนที่ลำดับความสำคัญที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญ สำหรับการจัดสรรทรัพยากรในโครงการฟื้นฟูระบบนิเวศให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ: ภูมิสารสนเทศ, การเรียนรู้ของเครื่อง, การประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่, การฟื้นฟูระบบนิเวศ, ความลาดชัน, ถ้ำหลวง

¹ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

² สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

Abstract

Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park (under gazetting) (proposed), covering approximately 12,000 rai, represents a fragile ecosystem facing high risks of soil erosion and forest degradation. This research aims to develop a systematic spatial model for prioritizing ecosystem restoration areas by integrating geospatial techniques on the Google Earth Engine (GEE) platform with machine learning. The primary data included Sentinel–2 satellite imagery from 2024 and a Digital Elevation Model (DEM) to assess three spatial risk factors: Slope, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and Land Use. Scoring criteria and importance weights were determined through expert consensus. Land use classification utilizing the Random Forest algorithm, validated through a 70:30 split–validation method, achieved an Overall Accuracy of 88.24% and a Kappa Coefficient of 0.82. Through Multi–Criteria Evaluation (MCE), assigning the highest weight to slope (50.00%), results indicate that areas requiring high to highest restoration priority (Levels 3 and 4) comprise a total of 5,340.94 rai (44.48%) of the park. The majority of these areas fall under the high priority category (Level 3), covering 5,322.64 rai. Notably, the highest urgency areas (Level 4), covering 18.30 rai, are characterized by extremely steep slopes and sparse vegetation. The resulting prioritization map serves as a critical strategic decision–support tool for optimizing resource allocation in ecosystem restoration projects.

Keywords: Geoinformatics, Machine learning, Spatial risk assessment, Ecosystem restoration, Slope, Tham Luang

Introduction

การเสื่อมโทรมของระบบนิเวศป่าไม้เป็นวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญระดับโลก ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ วัฏจักรของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations, n.d.) ในบริบทของประเทศไทย พื้นที่ป่าไม้จำนวนมาก โดยเฉพาะในเขตภูเขาสูงทางภาคเหนือ กำลังเผชิญกับความเสียหายจากการพังทลายของดินและการลดลงของความสมบูรณ์ของป่า อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง–ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) จังหวัดเชียงราย มีลักษณะธรณีสัณฐานแบบหินปูน (Karst Topography) ที่โดดเด่น เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีความเปราะบางทางนิเวศวิทยาสูง นำไปสู่ปัญหาการเสื่อมโทรมของป่าไม้และการพังทลายของดินอย่างรุนแรง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2565)

การวางแผนฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่ขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนเช่นนี้ หากอาศัยวิธีการดั้งเดิมอาจนำไปสู่การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Chuvieco & Huete, 2020) เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้กลายเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการประเมินและติดตามทรัพยากรธรรมชาติอย่างเป็นระบบ (Gorelick et al., 2017) การประยุกต์ใช้เทคนิคการประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi–Criteria Evaluation: MCE) ช่วยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถบูรณาการปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่ซับซ้อนได้ (Malczewski, 2006) นอกจากนี้ การมาถึงของแพลตฟอร์มการประมวลผลบนคลาวด์ เช่น Google Earth Engine (GEE) และอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) อย่าง Random Forest ได้ปฏิวัติการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้สามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำสูง (Belgiu & Drăgut, 2016)

ในฐานะหัวหน้าโครงการปลูกป่าฟื้นฟู การจัดทำแผนปฏิบัติการจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แม่นยำเพื่อจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนากรอบการประเมินเชิงพื้นที่เพื่อจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ที่ต้องการการฟื้นฟูอย่างเร่งด่วนในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) โดยการบูรณาการปัจจัยความเสี่ยงที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ความลาดชัน (Slope) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) ผ่านกระบวนการ MCE บนแพลตฟอร์ม GEE ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สำหรับผู้บริหารในการกำหนดพื้นที่วิกฤต (Critical Hotspots) และจัดสรรทรัพยากรเพื่อการฟื้นฟูได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด

Objectives

เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดและแบบจำลองทางพื้นที่ (Spatial Model) สำหรับการจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ฟื้นฟูระบบนิเวศ โดยบูรณาการเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) บนแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) ร่วมกับเทคนิคการประเมินแบบหลายหลักเกณฑ์ (MCE) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ)

Methodology

การวิจัยนี้ดำเนินการบนแพลตฟอร์ม Google Earth Engine เป็นระบบคลาวด์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิสารสนเทศขนาดใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้:

Tools and Data

Table 1 Tools and Software

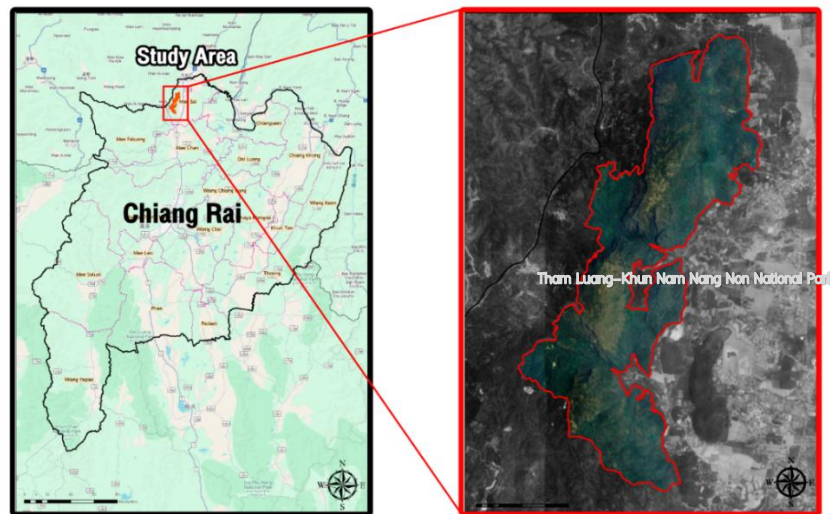
Category	Item	Details	Application
GIS Software	QGIS	Version 3.28	Used for spatial data management, DEM processing (Slope Analysis), reclassification, and Multi-Criteria Evaluation (Weighted Overlay).
Remote Sensing Software	Google Earth Engine (GEE)	Cloud-based platform	Used for processing Sentinel-2 satellite imagery, calculating NDVI, and performing machine learning classification.
Hardware	High-performance PC	RAM \geq 16 GB	Required for efficient processing of large datasets.

Table 2 Data Used in the Research

Data Type	Data Source	Spatial Resolution	Data Year	Application
Satellite Imagery	Sentinel-2A (Level-2A)	10 meters (Bands 2, 3, 4, 8)	2024	Used for NDVI calculation and land use classification.
Digital Elevation Model (DEM)	NASA/NASADEM HGT	30 meters	Most recent version	Used for calculating slope and defining the study area boundary.
Boundary Data	Dept. of National Parks, Wildlife and Plant Conservation	Vector Data	2024	Used to define the analysis extent (Masking).
Training Data	Created by experts	360 points	2024	Used to train the Random Forest classification model.

Study Area

การวิจัยนี้ดำเนินการในพื้นที่อุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย มีพื้นที่ตามประกาศรวมประมาณ 12,000 ไร่ (19.2 ตารางกิโลเมตร) (Figure 1)



Source: Sentinel-2 imagery processed in GEE (2024)

Figure 1 The study area in the Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park Area, with an inset map showing its location in Chiang Rai Province. The magnified view details the specific polygons for the study area. Background imagery source: Google Earth, March 2025.

Data Analysis Framework

การเตรียมข้อมูลปัจจัยและการให้คะแนน (Factor Preparation and Scoring)

กระบวนการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก (Figure 2) โดยมีขั้นตอนการเตรียมข้อมูลปัจจัยดังนี้:

การกำหนดปัจจัยวิเคราะห์ (Factor Selection)

ในการประเมินความเสี่ยงการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศและการจัดลำดับความสำคัญพื้นที่พื้นที่นั้น มีปัจจัยเชิงพื้นที่หลายประการที่สามารถนำมาพิจารณาได้ เช่น ความลาดชัน, NDVI, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ความเสี่ยงไฟฟ้า และระยะห่างจากแหล่งน้ำ (Vrieling et al., 2011) อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพแบบ "Parsimonious Model" โดยคัดเลือก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่:

- **ความลาดชัน (Slope):** เป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญที่สุดในการควบคุมอัตราการไหลป่าของน้ำผิวดินและการพังทลายของดินในพื้นที่ภูเขา (Sudana et al., 2020)
- **ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI):** เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพที่สะท้อนความหนาแน่นและสุขภาพของพืชพรรณ ทำหน้าที่ปกป้องหน้าดินโดยตรง (Rouse et al., 1974)
- **การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use):** สะท้อนถึงผลกระทบจากการรบกวนของมนุษย์ เป็นสาเหตุหลักที่เร่งให้เกิดการเสื่อมโทรม (Belgiu & Drăgut, 2016)

เหตุผลที่คัดเลือกเฉพาะ 3 ปัจจัยนี้ เนื่องจากเป็นตัวขับเคลื่อนหลัก (Key Drivers) ของการพังทลายของดินในพื้นที่ภูเขาสูงชัน และเพื่อลดปัญหาความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Multicollinearity) เช่น ปัจจัยความเสี่ยงไฟป่ามีความสัมพันธ์สูงกับค่า NDVI และ Land Use อยู่แล้ว การใช้ตัวแปรที่น้อยแต่จะช่วยให้การประมวลผลรวดเร็วและเหมาะสมกับการตัดสินใจเบื้องต้น แม้ว่าปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ระยะห่างจากแหล่งน้ำ หรือความเสี่ยงไฟฟ้า จะมีผลต่อระบบนิเวศ แต่การศึกษานี้เจาะจงคัดเลือก 3 ปัจจัยหลัก (Slope, NDVI, Land Use) เนื่องจาก:

ความเป็นตัวแทนหลัก (Primary Drivers): งานวิจัยในพื้นที่ภูเขาสูง (Mountainous terrain) ซึ่งให้เห็นว่า 'ความลาดชัน' เป็นปัจจัยวิกฤตที่สุดต่อการพังทลายของดิน (Reference...) ในขณะที่ NDVI และ Land Use สะท้อนสถานะพืชพรรณปัจจุบันได้ครอบคลุมผลกระทบจากไฟป่าและการรบกวนของมนุษย์ทางอ้อมแล้ว

ลดความซ้ำซ้อน (Reducing Collinearity): การเพิ่มปัจจัยที่สัมพันธ์กันสูง (เช่น NDVI กับ Fire Risk มักสัมพันธ์กัน) อาจทำให้การให้ค่าน้ำหนักใน MCE เบี่ยงเบนไป (Bias) ดังนั้น การใช้โมเดลที่มีปัจจัยน้อยแต่เป็นปัจจัยวิกฤต (Parsimonious Model) จึงเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ที่เน้นความรวดเร็วและการตัดสินใจเบื้องต้น

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและการตรวจสอบความถูกต้อง (Classification and Validation)

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้อัลกอริทึม Random Forest (RF) โดยใช้ข้อมูลจุดตัวอย่างภาคสนาม (Ground Control Points) จำนวน 360 จุด ซึ่งคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามสูตรของ Cochran (1977) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อประเมินความถูกต้องของแบบจำลองอย่างแม่นยำ การวิจัยนี้ใช้วิธี Split-validation โดยแบ่งข้อมูลจุดตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลสำหรับสอนแบบจำลอง (Training Set) จำนวน 70% (ประมาณ 252 จุด) และ (2) ข้อมูลสำหรับทดสอบความถูกต้อง (Testing Set) จำนวน 30% (ประมาณ 108 จุด) โดยใช้ฟังก์ชัน confusionMatrix() ใน GEE คำนวณค่า Overall Accuracy และ Kappa Coefficient จากข้อมูลชุดทดสอบเท่านั้น เพื่อลดปัญหาการเรียนรู้เกิน (Overfitting) ได้มาจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างตามหลักสถิติ โดยใช้สูตรของ Cochran (1977) สำหรับประชากรที่ไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน:

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

โดยที่:

- n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
- Z = ค่า Z-score ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (เท่ากับ 1.96)
- p = สัดส่วนความแปรปรวนสูงสุด (กำหนดที่ 0.5 เพื่อให้ได้ n ที่มากที่สุด)
- q = $1 - p$ (เท่ากับ 0.5)
- E = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (กำหนดที่ 5% หรือ 0.05)

การคำนวณให้ค่า $n \approx 384$ จุด อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สอดคล้องกับการกระจายตัวของพื้นที่และการเข้าถึงได้จริง จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 360 จุด ยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางสถิติ จากนั้นจึงดำเนินการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยอ้างอิงจากการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงบน Google Earth เพื่อให้มั่นใจว่าได้ข้อมูลตัวอย่างครบถ้วนทั้ง 3 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ป่าสมบูรณ์, ป่าเสื่อมโทรม, พื้นที่โล่ง)

เกณฑ์การให้คะแนนและค่าน้ำหนัก (Scoring and Weighting)

ปัจจัยทั้ง 3 ถูกแปลงเป็นคะแนนความเสี่ยง (Risk Score) ตั้งแต่ 1 (ต่ำสุด) ถึง 5 (สูงสุด) ตามเกณฑ์มาตรฐานสากลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Table 3) สำหรับการกำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) ในขั้นตอน MCE ใช้วิธีฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert Consensus) โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (นักวิชาการป่าไม้และผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิสารสนเทศ) ผ่านการสัมภาษณ์เจาะลึก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยตามบริบทของพื้นที่ภูเขาหินปูน จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่เป็นกลางและลดความลำเอียง (Table 4) ดังนี้:

- **คะแนนความลาดชัน (SSlope):** เกณฑ์การแบ่งชั้นอ้างอิงตามแนวทางสากล เช่น Food and Agriculture Organization (FAO, 2006) ที่จำแนกพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงกว่า 30–35% ว่าเป็นพื้นที่ "สูงชันมาก" (Very Steep) ซึ่งมีศักยภาพในการถูกชะล้างพังทลายสูงที่สุด
- **คะแนนดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (SNDVI):** เกณฑ์การแบ่งชั้นอ้างอิงตามหลักการแปลความหมายค่า NDVI (Rouse et al., 1974) โดยทั่วไปค่า NDVI ที่ต่ำกว่า 0.2 แสดงถึงพื้นที่ว่างเปล่าหรือดิน ในขณะที่ค่าสูง (เช่น >0.8) แสดงถึงป่าไม้ที่หนาแน่นและสมบูรณ์
- **คะแนนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Landuse Classification):** การให้คะแนน (1, 3, 5) ถูกกำหนดขึ้นตามหลักการทางนิเวศวิทยา โดยพื้นที่ป่าสมบูรณ์ (Intact Forest) มีความเสี่ยงต่ำสุด (คะแนน 1) และพื้นที่โล่ง/ไร้ร้าง (Bare Land) มีความเสี่ยงสูงสุด (คะแนน 5) สอดคล้องกับการจำแนกด้วย RF

การวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์ (MCE)

นำชั้นข้อมูลคะแนนของทั้งสามปัจจัยมาซ้อนทับเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Overlay) เพื่อคำนวณดัชนีความเร่งด่วนในการฟื้นฟู (Restoration Priority Index: R) การกำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) ใช้วิธี Expert Consensus โดยรวบรวมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยนักวิชาการป่าไม้ 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิสารสนเทศ 2 ท่าน ผ่านการสัมภาษณ์เจาะลึก (In-depth Interview) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยตามบริบทของพื้นที่ภูเขาหินปูน จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักที่เป็นกลางและลดความลำเอียงส่วนบุคคล (Table 4)

Table 3 Risk Scoring and Classification Criteria (Xi)

Factor (Xi)	Criteria/Value Range	Risk Level	Score (Si)
Slope (°)	>35	Very High	5
	25-35	High	4
	15-24.9	Moderate	3
	5-14.9	Low	2
	<5	Very Low	1
NDVI	<0.2	Very High	5
	0.2-0.4	High	4
	0.4-0.6	Moderate	3
	0.6-0.8	Low	2
	>0.8	Very Low	1
Land Use	Bare Land / Abandoned Farmland	Very High	5
	Degraded / Sparse Forest	Moderate	3
	Intact Forest	Very Low	1

Table 4 Factor Weights for MCE Analysis

Risk Factor	Weight (Wi)	Rationale for Weight Assignment
Slope (S_{Slope})	50.00%	A primary physical factor controlling soil erosion and of highest importance for restoring mountainous areas.
NDVI (S_{NDVI})	31.25%	A direct indicator of vegetation density and health, which serves to protect the topsoil.
Land Use (Landuse Classification)	18.75%	Reflects the impact of human disturbances, a primary cause of degradation.
Total	100.00%	

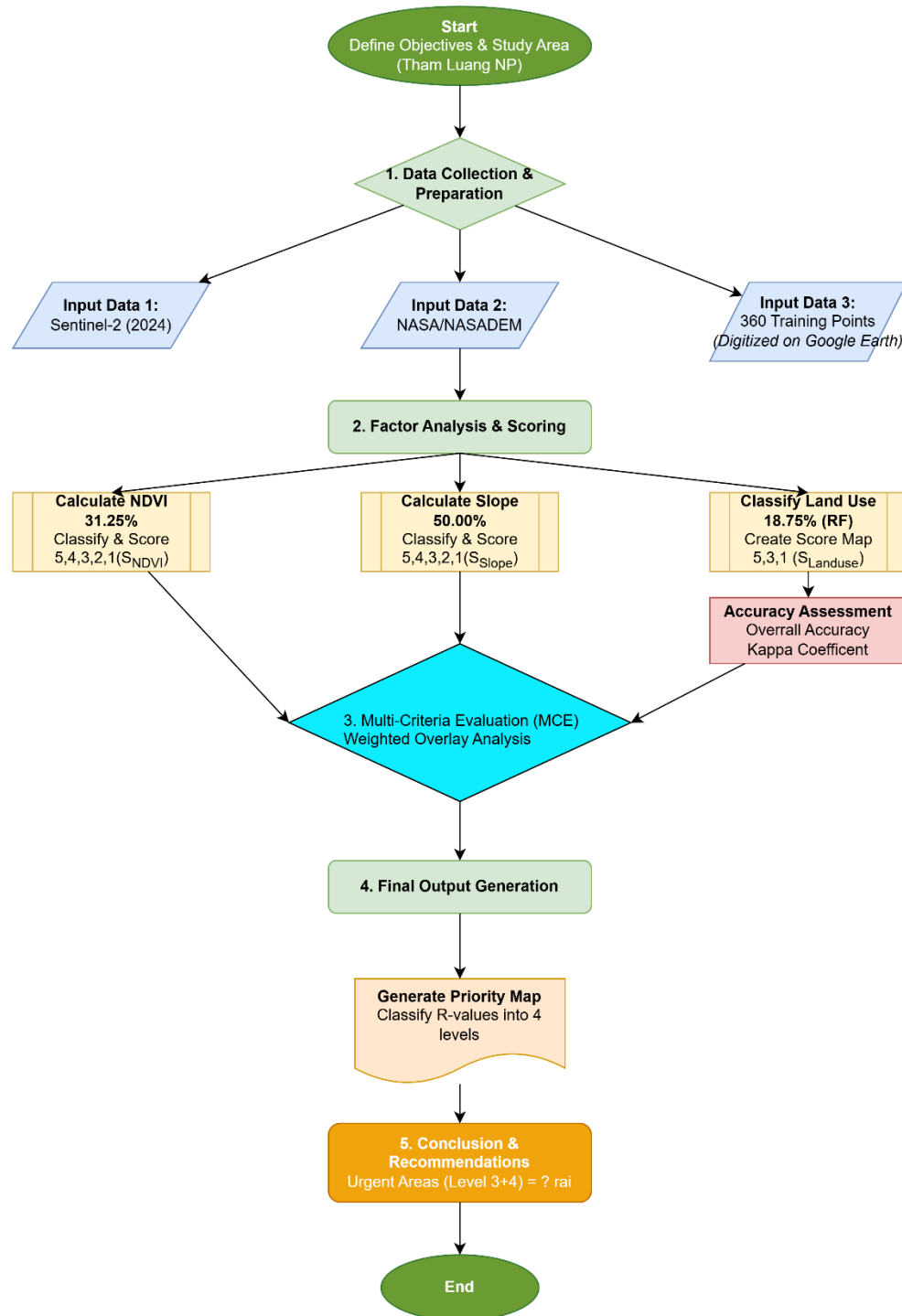


Figure 2 The analytical framework flowchart, illustrating the main data processing workflow. The process begins with the collection of satellite (Sentinel-2) and Digital Elevation Model (DEM) data, followed by the analysis of three spatial factors (Slope, NDVI, and Land Use). Finally, these factors are integrated using Multi-Criteria Evaluation (MCE) to produce the ecosystem restoration prioritization map.

Results

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง Random Forest (RF) ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสร้างชั้นข้อมูลคะแนนความเสี่ยง (Landuse Classification) โดยใช้ข้อมูลจุดตัวอย่างจำนวน 360 จุด แบ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับสอนแบบจำลอง (Training Set) จำนวน 70% (238 จุด) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Testing Set) จำนวน 30% (119 จุด)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลชุดทดสอบพบว่า แบบจำลองมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าความแม่นยำโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ 88.24% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.82 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือในการจำแนกประเภทความเสี่ยง รายละเอียดความถูกต้องจำแนกตามประเภท (Confusion Matrix) (Table 5)

Table 5 Confusion Matrix (Testing Set: 119 points)





Actual Class \ Predicted	Low Risk (1)	Medium Risk (3)	High Risk (5)	Total (Actual)
Low Risk (1)	33	3	4	40
Medium Risk (3)	4	36	1	41
High Risk (5)	1	1	36	38
Total (Predicted)	38	40	41	119

Note: Please insert the summarized matrix based on your GEE result image: Accuracy 88.24%, Kappa 0.82

(Table 5) พบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกพื้นที่ความเสี่ยงสูง (High Risk) ได้ถูกต้องจำนวน 36 จุด จาก 38 จุด และจำแนกพื้นที่ความเสี่ยงปานกลาง (Medium Risk) ได้ถูกต้อง 36 จุด จาก 41 จุด ในขณะที่พื้นที่ความเสี่ยงต่ำ (Low Risk) มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยโดยถูกจำแนกผิดไปเป็นความเสี่ยงสูง 4 จุด อาจเกิดจากความคล้ายคลึงกันของค่าการสะท้อนแสงในบางพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ค่าความแม่นยำรวมที่ 88.24% ถือว่าเพียงพอสำหรับการนำไปวิเคราะห์ในระดับภูมิภาค

ผลการจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ฟื้นฟู เมื่อนำชั้นข้อมูลคะแนนของปัจจัยทั้งสาม (Slope, NDVI, Land Use) มารวมกันผ่านกระบวนการ MCE และแบ่งระดับความสำคัญตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ที่ต้องการการฟื้นฟูในระดับ "สูง" (Level 3) และ "สูงสุด" (Level 4) มีเนื้อที่รวมกัน 5,340.94 ไร่ คิดเป็น 44.48% ของพื้นที่อุทยานฯ ทั้งหมด โดยกลุ่มพื้นที่ที่มีความเร่งด่วนสูงสุด (Level 4: Highest Priority) มีเนื้อที่ 18.30 ไร่ (0.15%) ซึ่งเป็นจุดวิกฤต (Critical Hotspots) ที่กระจายตัวอยู่ในบริเวณที่มีความลาดชันสูงชันมากและขาดแคลนพืชพรรณปกคลุม จึงจำเป็นต้องได้รับการจัดการดูแลเป็นพิเศษเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน สำหรับพื้นที่ที่มีความจำเป็นในการฟื้นฟูระดับ "สูง" (Level 3: High Priority) เป็นกลุ่มพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ครอบคลุมเนื้อที่ 5,322.64 ไร่ (44.33%) ควรเป็นเป้าหมายหลักในแผนปฏิบัติการปลูกป่าฟื้นฟูระยะแรก ในขณะที่พื้นที่ระดับ "ปานกลาง" (Level 2) มีเนื้อที่ 4,945.97 ไร่ (41.19%) และพื้นที่ "ต่ำ" (Level 1) ซึ่งเป็นป่าสมบูรณ์ มีเนื้อที่ 1,474.27 ไร่ (12.28%) (Table 6)

Table 6 Restoration Prioritization Results for Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park (under gazetting)

Priority Level	Range of R value	Area (Rai)	Proportion (%)	Key Recommended Actions
 Level 4 (Highest Priority)	$4.0 < R \leq 5.0$	18.30	0.15%	Immediate Action: Reforestation and urgent soil and water conservation measures.
 Level 3 (High Priority)	$3.0 < R \leq 4.0$	5,322.64	44.33%	Phase 1–2 Action: Reforestation focusing on pioneer species.
 Level 2 (Moderate Priority)	$2.0 < R \leq 3.0$	4,945.97	41.19%	Long-term Action: Promote natural regeneration and maintenance.
 Level 1 (Low Priority)	$1.0 \leq R \leq 2.0$	1,474.27	12.28%	No Action Required: Area is intact forest; focus on protection.
<i>Unclassified*</i>	(Cloud/Shadow)	245.90	2.05%	–
Total		12,007.08	100.00%	

Note: Unclassified areas represent pixels masked out due to clouds or shadows during the analysis period (Jan–Dec 2024).

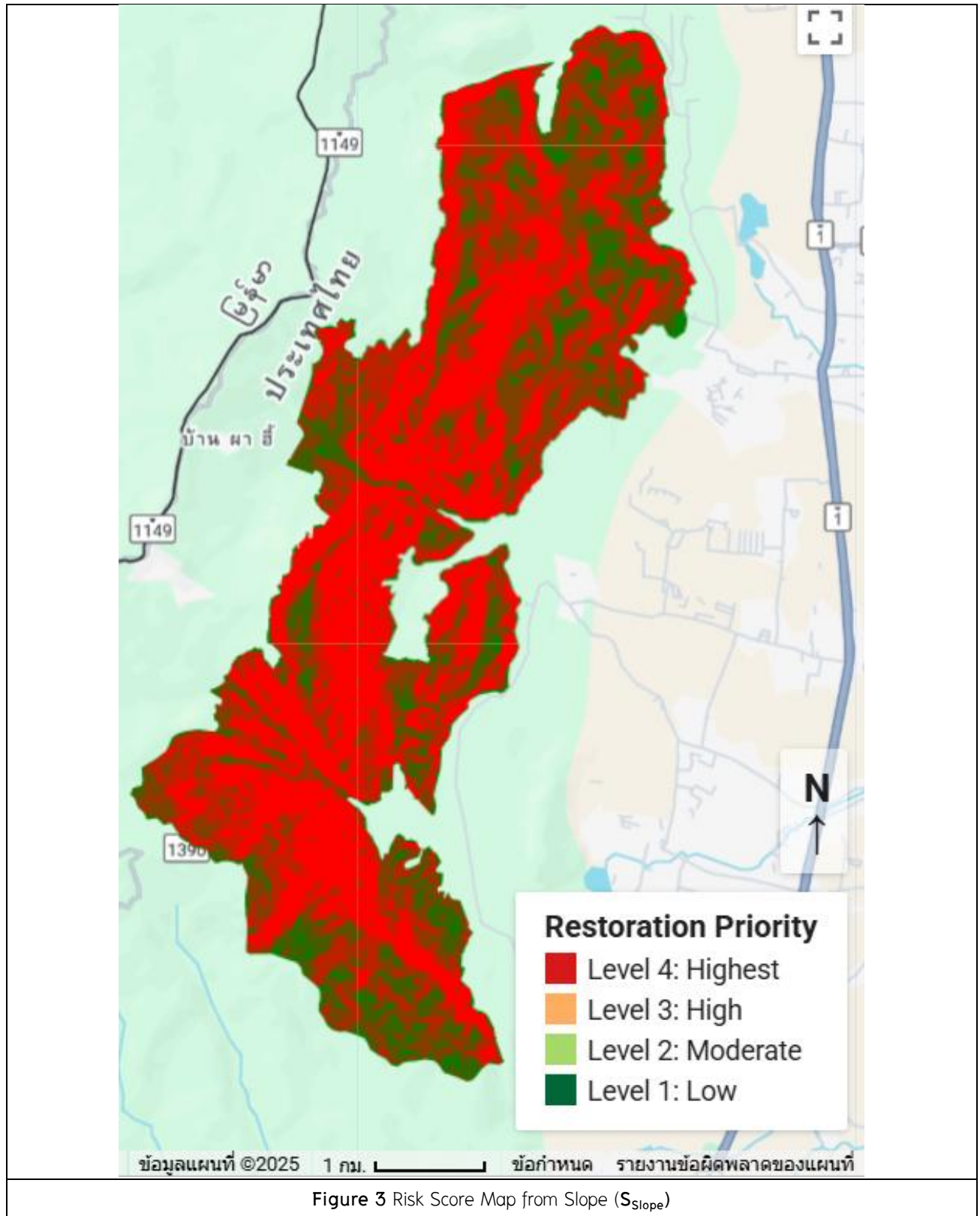


Figure 3 Risk Score Map from Slope (S_{Slope})

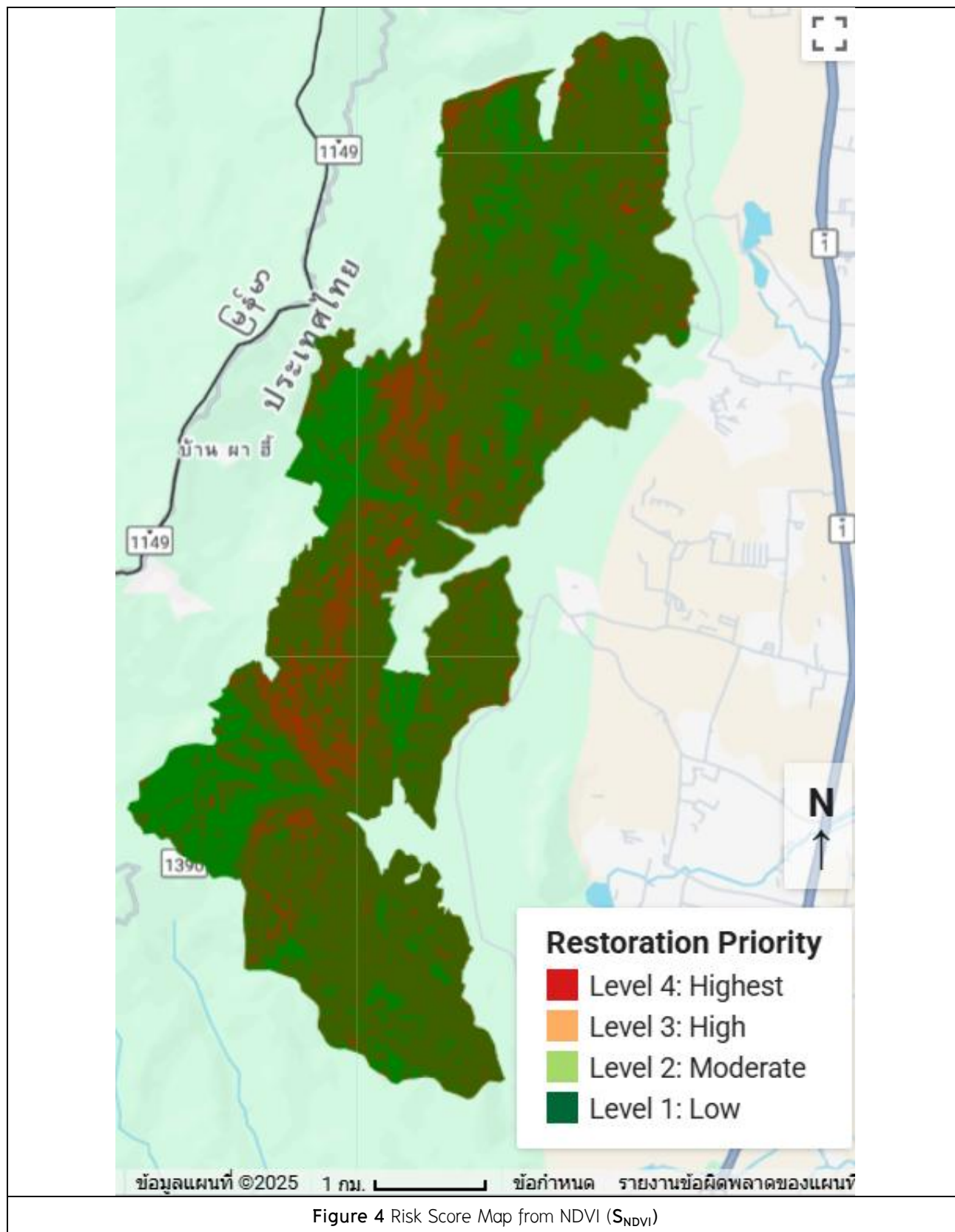


Figure 4 Risk Score Map from NDVI (S_{NDVI})

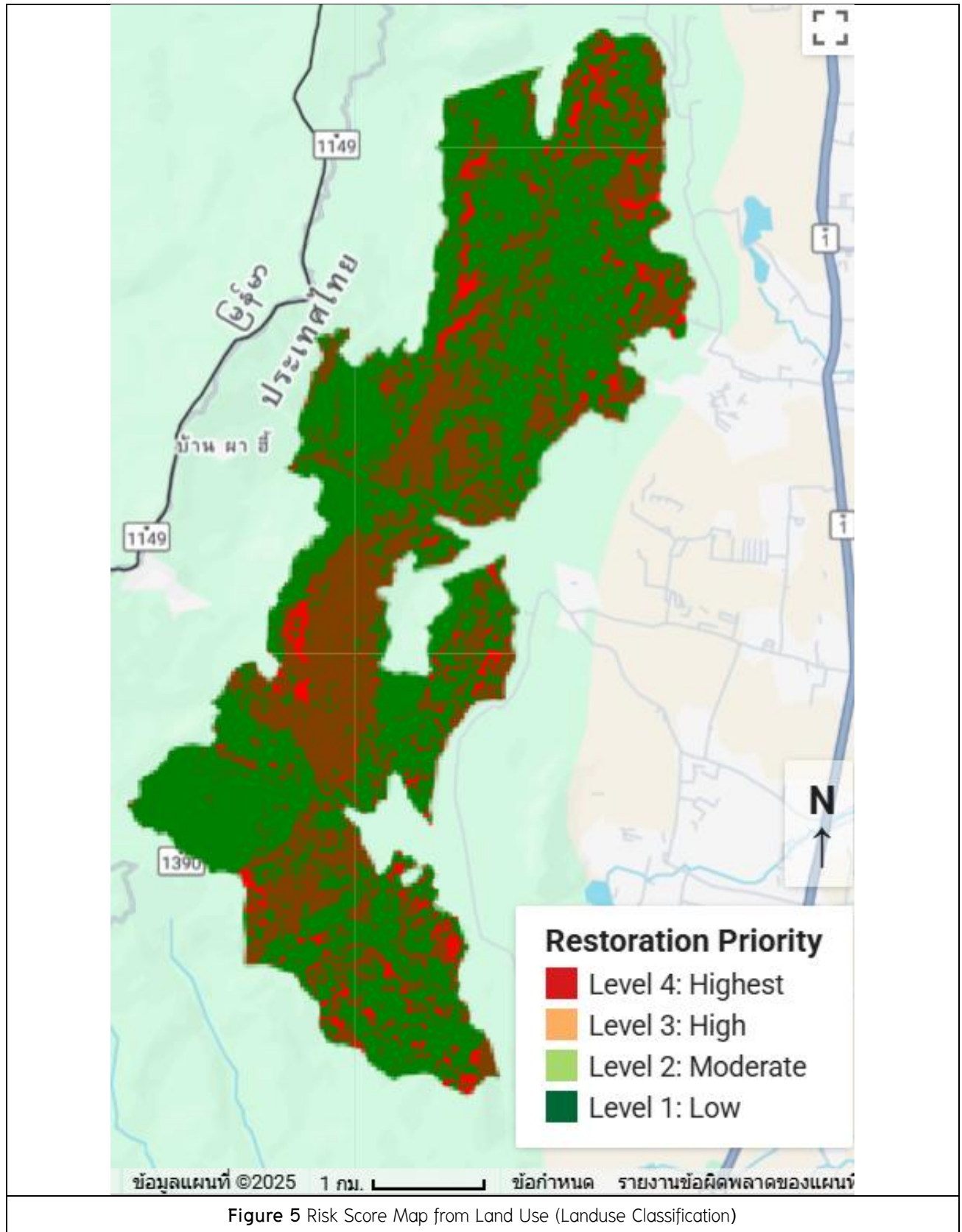


Figure 5 Risk Score Map from Land Use (Landuse Classification)

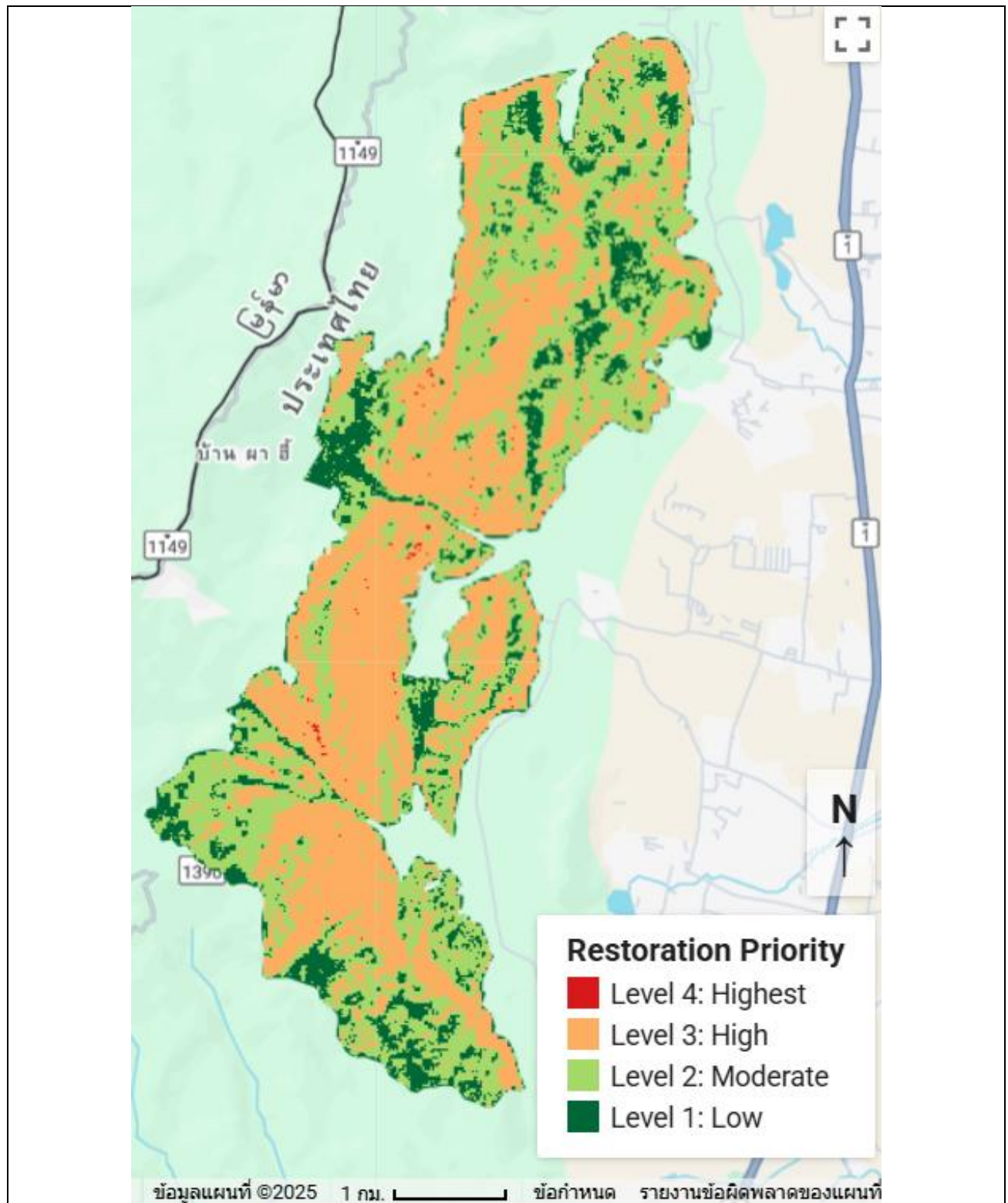


Figure 6 Ecosystem Restoration Priority Map

Discussion and Conclusion

การวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนากรอบการประเมินเชิงพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โดยบูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศบนคลาวด์ (GEE) การเรียนรู้ของเครื่อง (ML) และองค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ที่พื้นฟูระบบนิเวศในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) ผลการวิเคราะห์ที่ระบุว่าพื้นที่เกือบครึ่งหนึ่งของอุทยานฯ (44.48% หรือ 5,340.94 ไร่) ต้องการการฟื้นฟูในระดับสูงถึงสูงสุด สะท้อนถึงสถานการณ์ความเสื่อมโทรมที่น่ากังวล และตอกย้ำถึงความจำเป็นในการวางแผนจัดการอย่างจริงจังและเป็นระบบ

จุดเด่นของระเบียบวิธีวิจัยนี้คือความรัดกุมของกระบวนการ (Methodological Rigor) ตั้งแต่การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 360 จุด อ้างอิงตามหลักการทางสถิติ (Cochran, 1977) ไปจนถึงการใช้วิธี Split-validation (70:30) ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ให้ค่าความแม่นยำ (Overall Accuracy) ที่ 88.24% และค่า Kappa Coefficient ที่ 0.82 ทำให้ผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือทางวิชาการและสะท้อนความเป็นจริงมากกว่าการทดสอบแบบดั้งเดิม

ในส่วนของการคัดเลือกปัจจัย แม้ว่าการวิจัยนี้จะจำกัดอยู่ที่ 3 ปัจจัยหลัก แต่การเลือกใช้ Slope, NDVI และ Land Use ถือว่าสอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่ระบุว่าปัจจัยทั้งสามนี้เป็นตัวขับเคลื่อนหลักของกระบวนการเสื่อมโทรมทางกายภาพและชีวภาพ (Vrieling et al., 2011) นอกจากนี้ เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Criteria) ใน Table 3 ยังได้รับการสนับสนุนจากมาตรฐานสากล เช่น เกณฑ์ความลาดชันของ FAO (2006) และหลักการแปลความหมาย NDVI (Rouse et al., 1974) ทำให้การให้คะแนนมีความเป็นวัตถุวิสัย (Objective) มากขึ้น ส่วนการกำหนดค่าน้ำหนัก (Weighting) โดยการเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ผลลัพธ์ที่ให้น้ำหนักความสำคัญสูงสุดแก่ปัจจัยความลาดชัน (50.00%) สอดคล้องอย่างยิ่งกับบริบทของพื้นที่อุทยานฯ ที่เป็นภูเขาสูงชันและมีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายสูง (Sudana et al., 2020)

นัยเชิงปฏิบัติและข้อเสนอแนะ แผนที่ความเร่งด่วน (Figure 6) ที่ได้จากการวิจัยนี้ ถือเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Strategic Decision-Support Tool) ที่มีประสิทธิภาพ จุดที่น่าสนใจคือ แม้พื้นที่วิกฤตสูงสุด (Level 4) จะมีเพียง 18.30 ไร่ แต่ถือเป็นจุดเปราะบางที่สุดที่ต้องเร่งดำเนินการเชิงรุก (Immediate Action) เพื่อป้องกันภัยพิบัติจากดินถล่ม ในขณะที่ภารกิจหลักของการฟื้นฟูควรโฟกัสไปที่พื้นที่ Level 3 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่กว้างขวางกว่า 5,322.64 ไร่ ข้อมูลนี้จะช่วยให้ผู้บริหารอุทยานฯ สามารถจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด (งบประมาณ, กำลังพล) ได้อย่างแม่นยำและทันท่วงที นอกจากนี้ ยังควรใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล เช่น อากาศยานไร้คนขับ (โดรน) ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เป้าหมายเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง

ข้อจำกัดและแนวทางการวิจัยในอนาคต แม้ว่าแบบจำลองจะให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา 1) ความละเอียดของข้อมูล DEM (30 เมตร) อาจไม่สามารถจับรายละเอียดลักษณะภูมิประเทศขนาดเล็ก เช่น ร่องน้ำเล็ก ๆ ในพื้นที่ซับซ้อนได้อย่างครบถ้วน 2) การใช้ค่า NDVI จากช่วงเวลาเดียวอาจได้รับผลกระทบจากความแปรผันตามฤดูกาล (Seasonality) เช่น การผลัดใบในฤดูแล้งอาจทำให้ค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรพิจารณาประยุกต์ใช้ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time-series Analysis) เพื่อหาค่าเฉลี่ยรายปี และเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า เข้ามาร่วมวิเคราะห์

สรุป การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการบูรณาการเทคโนโลยี GEE และ ML ร่วมกับฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญ ในการสร้างแบบจำลองเพื่อจัดลำดับความสำคัญพื้นที่ที่พื้นฟูระบบนิเวศได้อย่างเป็นรูปธรรมและแม่นยำ ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้บริหารอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ) สามารถจำแนกพื้นที่วิกฤตเร่งด่วน (Level 4) เพื่อเข้าดำเนินการป้องกันภัยพิบัติได้ทันท่วงที และวางแผนฟื้นฟูพื้นที่เป้าหมายหลัก (Level 3) ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังทำ

หน้าที่เป็นต้นแบบ (Prototype) ที่สำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่อนุรักษ์อื่นที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อน เพื่อยกระดับการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติด้วยนวัตกรรมภูมิสารสนเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

References

- Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. form <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>.
- Chuvieco, E., & Huete, A. (2020). *Fundamentals of satellite remote sensing: An environmental approach* (3rd ed.). CRC Press.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (2022). *Management Plan for Tham Luang–Khun Nam Nang Non National Park (under gazetting), 2023–2027*. (in Thai).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2006). *Guidelines for soil description* (4th ed.). FAO.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. form <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703–726. form <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*, 351, 309.
- Sudana, I. W., Danoedoro, P., & Hartono, H. (2020). Soil erosion hazard assessment using GIS and remote sensing in mountain area of Bali, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 478(1), 012028. form <https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012028>.
- United Nations. (n.d.). *The UN Decade on Ecosystem Restoration*. Retrieved from <https://www.decadeonrestoration.org/>.
- Vrieling, A., Sterk, G., & de Jong, S. M. (2011). Satellite-based assessment of ecosystem degradation in the Ethiopian Highlands. *Land Degradation & Development*, 22(3), 263–276. form <https://doi.org/10.1002/ldr.1017>.

การใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ประเทศ

สาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025 ตามกรอบมาตรฐาน HSK 3.0

ภัทรพงศ์ พึ่งงาม^{1*} และ นครเรศ ชัยแก้ว²

An Analysis of Linguistic Patterns in Beijing's Natural Disaster Notifications (2025) Relative to the HSK 3.0 Framework

Pattarapong Purnngam^{1*} and Nakharet Chaikaew²

¹ Chinese Department, School of Liberal Arts, University of Phayao, Phayao, 56000

² Computer Graphics and Multimedia Department, School of Information and Communication Technology,
University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author: pattarapong.pu@up.ac.th

Received: 1 February 2026; Revised: 17 February 2026; Accepted: 26 February 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเลือกใช้คำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ภาษาจีนที่ปรากฏในประกาศแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของนครปักกิ่ง ปี ค.ศ. 2025 ตามกรอบมาตรฐาน HSK 3.0 และเพื่อเสนอแนวทางต้นแบบมาตรฐานสำหรับประกาศเตือนภัยของประเทศไทย โดยรวบรวมข้อมูลประกาศเตือนภัยในรูปแบบข้อความจำนวน 138 ฉบับ จากเว็บไซต์พยากรณ์อากาศนครปักกิ่ง เพื่อวิเคราะห์หน่วยคำและรูปแบบวาทกรรม

ผลการศึกษาพบว่า คำศัพท์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพื้นฐาน (HSK 1-3) คิดเป็นร้อยละ 71.24 ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งเอื้อต่อการรับรู้ในวงกว้าง อย่างไรก็ตาม คำศัพท์เทคนิคที่เป็นหัวใจสำคัญในการระบุประเภทภัยและผลกระทบ เช่น ดินโคลนถล่ม (泥石流) และภัยพิบัติทุติยภูมิ (次生灾害) มักอยู่ในระดับกลางถึงสูง (HSK 4 ขึ้นไป) ซึ่งส่งผลให้ประกาศดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อการทำความเข้าใจของผู้อยู่อาศัยชาวต่างชาติและผู้เรียนภาษาจีนระดับต้นที่ยังขาดทักษะในการตีความคำศัพท์เฉพาะทางด้านอุตุนิยมวิทยา สำหรับโครงสร้างไวยากรณ์ พบการใช้รูปแบบประโยคที่ตายตัวและสม่ำเสมอในระดับ HSK 1-4 โดยมีโครงสร้างเด่น ได้แก่ การบอกสาเหตุ (受...影响/ได้รับ...อิทธิพล) การคาดการณ์ (预计...出现/คาดว่า...เกิดเหตุการณ์) และประโยคคำสั่งสุภาพ (请...注意/กรุณา...ระมัดระวัง)

ผลการสังเคราะห์ได้นำไปสู่การเสนอแนวทางการบริหารจัดการระดับภาษาสำหรับประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้จุดเด่นจากรูปแบบของจีน ได้แก่ การใช้เทมเพลตที่สั้นกระชับ การกำหนดชุดคำศัพท์พื้นฐานที่เหมาะสมกับมวลชน และการบูรณาการสัญลักษณ์สากลร่วมกับสีบอกระดับความรุนแรง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารความเสี่ยงและสร้างความปลอดภัยให้แก่สาธารณชนอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ประกาศเตือนภัย, ปักกิ่ง, HSK 3.0, โครงสร้างไวยากรณ์, การเข้าถึงข้อมูล

¹ สาขาวิชาภาษาจีน คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

This research aims to investigate the lexical selection and grammatical structures of Chinese natural disaster notifications in Beijing (2025) based on the HSK 3.0 framework, and to propose a strategic model for developing disaster notification standards in Thailand. The primary data consisted of 138 textual disaster alerts synthesized from the Beijing Meteorological Website.

The findings reveal that the majority of vocabulary utilized in these alerts (71.24%) corresponds to elementary levels (HSK 1–3), facilitating general accessibility. However, specialized disaster-related terminology frequently falls within intermediate to advanced tiers (HSK 4 and above), posing significant comprehension barriers for foreign residents and individuals with elementary linguistic proficiency who struggle to interpret technical meteorological terms. Regarding grammatical composition, the study identifies the consistent use of fixed, formulaic structures (HSK 1–4), such as causative phrases (受...影响), predictive forecasts (预计...出现), and polite imperatives (请...注意).

The synthesis derived from this study provides a conceptual framework for Thailand's disaster communication protocols by emphasizing "Linguistic Level Management." Recommended strategies include the use of concise templates, the establishment of foundational vocabulary registers tailored for the general public, and the integration of universal symbols and color-coded warning levels to enhance clarity and public safety.

Keywords: Disaster notifications, Beijing, HSK 3.0, Syntax, Information accessibility

Introduction

ภาษาเป็นเครื่องมือสื่อสารหลักที่ช่วยถ่ายทอดข้อมูล ข้อเท็จจริง และคำสั่งในการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยเฉพาะในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ต้องสื่อสารให้ประชาชนเข้าใจและปฏิบัติได้ทันเวลาที่ ในประเทศไทย การใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติยังขาดมาตรฐานที่ชัดเจนและการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ เช่น งานวิจัยของกฤษณะแสงจันทร์ (2564) ศึกษาการสื่อสารภัยแผ่นดินไหวผ่านสื่อดิจิทัล พบปัญหาการรับรู้ของประชาชน แต่ไม่ได้วิเคราะห์รูปแบบคำศัพท์หรือโครงสร้างไวยากรณ์ในข้อความเตือนภัยจริง งานวิจัยของอุษณีย์ ศิริสุนทรโพนบูลย์และคณะ (2559) ที่ได้ศึกษาการสื่อสารความเสี่ยงภัยพิบัติแผ่นดินไหวในจังหวัดภูเก็ต ที่เน้นสาระการสื่อสารและภาษาที่เข้าใจง่าย แต่ยังคงขาดการศึกษาในเรื่องของหน่วยคำหรือโครงสร้างข้อความเตือนภัยเชิงภาษาศาสตร์ ขณะที่เอกสารนโยบายกำหนดให้ข้อความเตือนภัยต้องชัดเจนและเข้าใจง่าย แต่ไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ ทำให้ประเทศไทยยังไม่มีกรอบมาตรฐานภาษาสำหรับประกาศเตือนภัยที่ปรับใช้ได้จริงกับประชาชนหลากหลายกลุ่ม

ในทางกลับกันสาธารณรัฐประชาชนจีนได้พัฒนาระบบเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างเข้มแข็ง โดย China Meteorological Administration (CMA) ดูแลการเผยแพร่ประกาศเตือนภัยระดับชาติผ่านเว็บไซต์และระบบเผยแพร่ข้อมูลเตือนภัยแห่งชาติ ประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่งในฐานะเมืองหลวงและศูนย์กลางเศรษฐกิจ ปี ค.ศ. 2025 ครอบคลุมภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ฝนตกหนัก คลื่นความร้อน พายุทึ่ม และภัยที่เกี่ยวข้อง โดยเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ของหน่วยงานท้องถิ่นที่เชื่อมโยงกับระบบระดับชาติ การมีผู้อพยพจากมณฑลต่าง ๆ ที่มีภาษาถิ่นแตกต่างกันรวมถึงชาวต่างชาติอยู่เป็นจำนวนมากรวมทั้งชาวไทยที่มาพำนักอาศัยอยู่หรือมาท่องเที่ยว แม้ว่าจะใช้ภาษาจีนกลางมาตรฐานในการสื่อสารเตือนภัยเพื่อให้ทุกกลุ่มเข้าใจ แต่การเลือกใช้คำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์

ในประกาศเตือนภัยเป็นความท้าทายสำคัญในการสร้างความเข้าใจร่วมกันของหน่วยงานรัฐบาลและประชาชนที่อาศัยอยู่ในนครเมืองปักกิ่ง

งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กรอบมาตรฐานความรู้ภาษาจีนระบบใหม่ (HSK 3.0) มาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ โดย HSK 3.0 ไม่ได้ถูกใช้เพียงเพื่อวัดสมรรถนะของผู้เรียนชาวต่างชาติเท่านั้น แต่ในบริบทของงานวิจัยนี้ HSK 3.0 ถูกประยุกต์ใช้ในฐานะ "ดัชนีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลสากล" (Universal Information Accessibility Index) เพื่อประเมินว่าประกาศเตือนภัยซึ่งเขียนโดยเจ้าของภาษาเพื่อสื่อสารกับคนในประเทศนั้น มีระดับความยากง่ายเพียงใดต่อผู้อยู่อาศัยกลุ่มที่ไม่ใช่เจ้าของภาษา (Non-native residents) การวิเคราะห์นี้จะช่วยเผยให้เห็น "ช่องว่างทางการสื่อสาร" (Communication Gap) ที่อาจเกิดขึ้น โดยเฉพาะกับชาวต่างชาติและคนไทยที่มีระดับทักษะภาษาจำกัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินเมื่อเกิดเหตุการณ์วิกฤต ผลการศึกษาที่ได้จึงไม่เพียงแต่เป็นการถอดบทเรียนจากกรณีศึกษาของจีน แต่ยังเป็นแนวทางสำคัญในการเสนอ "แนวคิด" สำหรับการสร้างดัชนีวัดความยากง่ายของภาษาไทย เพื่อพัฒนาต้นแบบมาตรฐานประกาศเตือนภัยที่เข้าถึงมวลชนทุกกลุ่มได้อย่างแท้จริง

Objectives

1. เพื่อวิเคราะห์การเลือกใช้คำศัพท์ภาษาจีนที่ปรากฏในประกาศแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025
2. ศึกษารูปแบบโครงสร้างไวยากรณ์ภาษาจีนที่พบบ่อยในประกาศแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025
3. เพื่อเสนอโครงร่างแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบประกาศแจ้งเตือนภัยพิบัติของประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้คุณลักษณะทางภาษาศาสตร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ผลการศึกษา

Literature Review

1. ระบบเตือนภัยพิบัติของสาธารณรัฐประชาชนจีน

สาธารณรัฐประชาชนจีนได้พัฒนาระบบเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติในระดับชาติอย่างต่อเนื่อง โดยใช้กรอบ "การบริหารจัดการเหตุฉุกเฉิน" และ "การป้องกันและลดความสูญเสียจากภัยพิบัติ" เป็นแกนหลักในการออกแบบโครงสร้างการเตือนภัย แผนพัฒนาระบบการจัดการภาวะฉุกเฉินระดับชาติ (ช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 14) ระบุให้ยกระดับความสามารถด้านการเฝ้าระวังและการเตือนภัย เพิ่มความครอบคลุมของเครือข่ายตรวจวัด และสร้างระบบเผยแพร่คำเตือนที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ด้านอุตุนิยมวิทยา จีนได้พัฒนาระบบเตือนภัยด้านอากาศและภูมิอากาศที่มีระดับเตือนภัยสี่ระดับได้แก่ สีแดง, สีส้ม, สีเหลือง และสีน้ำเงิน ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ โดยผูกโยงกับมาตรการตอบสนองและระดับการประกาศภาวะฉุกเฉินของทางการ ระบบดังกล่าวเน้นทั้งการเตือน "ภัย" (เช่น ฝนหนัก คลื่นความร้อน) และการเตือน "ผลกระทบ" (เช่น น้ำท่วมขังในเมือง การจราจรติดขัด) เพื่อให้หน่วยงานท้องถิ่นและประชาชนสามารถเตรียมการรับมือได้ตรงตามความเสี่ยง

ในงานของ Jiao Meiyuan และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ "ระบบตอบโต้เหตุฉุกเฉินด้านอุตุนิยมวิทยาของจีน" ซึ่งชี้ให้เห็นว่า China Meteorological Administration (CMA) และสำนักงานอุตุนิยมวิทยาท้องถิ่นได้จัดตั้งหน่วยจัดการเหตุฉุกเฉิน และพัฒนาโปรแกรมตอบโต้เหตุร้ายด้านสภาพอากาศหลายชุด เช่น การจัดการพายุหิมะ อากาศ

หนาวจัด และเหตุสภาพอากาศสุดขั้วอื่น ๆ กลไกดังกล่าวรวมถึงการประสานงานข้ามระดับ การเผยแพร่คำเตือนผ่านหลายช่องทาง และการใช้ข้อความเตือนภัยมาตรฐานในการสื่อสารกับสาธารณะ

2. ระบบเตือนภัยพิบัติของเมืองปักกิ่ง

เมืองปักกิ่งในฐานะมหานครขนาดใหญ่ มีการจัดทำ “ข้อบัญญัติป้องกันภัยพิบัติอุตุนิยมวิทยา” (北京市气象灾害防御条例) เพื่อกำหนดกรอบการทำงานด้านการป้องกันและเตือนภัยสภาพอากาศในระดับเมืองอย่างเป็นระบบ ข้อบัญญัติดังกล่าวกำหนดหลักการ “ยึดประชาชนเป็นศูนย์กลาง” และ “เตือนภัยได้ทันเวลา” พร้อมทั้งกำหนดให้รัฐบาลเมืองและเขตต้องสร้างเครือข่ายตรวจวัดและระบบเฝ้าระวังแบบเรียลไทม์ในพื้นที่เสี่ยง เช่น เขตประชากรหนาแน่น พื้นที่เกษตร และพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม-น้ำป่า

ข้อบัญญัติฯ ยังระบุให้หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยาของเมืองพัฒนาวิธีพยากรณ์เชิงตัวเลขและวิธีเตือนภัยแบบแบ่งเขต เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการเตือนภัย รวมทั้งให้หน่วยงานเผยแพร่ข้อมูลเตือนภัยผ่านหน่วยงานเผยแพร่คำเตือนระดับเมืองและเขต ตามขั้นตอนและอำนาจหน้าที่ที่กำหนด รายงานเชิงนโยบายล่าสุดของปักกิ่งยังเน้นการ “เสริมสร้างความสามารถการเตือนภัยสภาพอากาศสุดขั้ว” เช่น การสร้างแบบจำลองฝนหนักความละเอียดสูง และระบบตรวจจับน้ำท่วมในระดับย่านและลุ่มน้ำขนาดเล็ก

สำหรับรูปแบบการเตือนภัย เมืองปักกิ่งได้ใช้ “สัญญาเตือนภัยอุตุนิยมวิทยาแบบใหม่” ซึ่งปรับปรุงประเภทสัญญาและคำแนะนำแนวทางป้องกัน เช่น การเพิ่มสัญญาเตือนหมอกควัน การเตือนน้ำแข็งบนถนน และการปรับคู่มือการรับมือให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของประชาชนเมืองใหญ่ แม้งานวิชาการจำนวนมากจะเน้นด้านเทคนิค เช่น การตรวจจับฝนหนักและน้ำท่วมขังในเมือง แต่กรอบกฎหมายและนโยบายของปักกิ่งสะท้อนชัดเจนว่าข้อความเตือนภัยสำหรับประชาชนต้อง “ชัดเจน ทันเวลา และเชื่อมโยงกับการปฏิบัติได้จริง” สิ่งนี้เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการศึกษาภาษาในประกาศเตือนภัยของเมืองปักกิ่งในเชิงลึก

3. การสอบวัดระดับภาษาจีนระบบใหม่ (HSK 3.0)

มาตรฐานระดับความรู้ด้านภาษาจีน ปัจจุบันจีนใช้อ้างอิง มาตรฐานระดับความสามารถภาษาจีนสำหรับการศึกษาภาษาจีนระหว่างประเทศฉบับใหม่ และพัฒนาระบบสอบวัดระดับภาษาจีน HSK 3.0 ซึ่งปรับจากเดิม 6 ระดับเป็นระบบ “สามขั้นเก้าอันดับ” (ระดับต้น 1-3, ระดับกลาง 4-6, ระดับสูง 7-9) แนวคิดสำคัญของ HSK 3.0 คือ การประเมินสมรรถนะภาษาแบบองค์รวม ทั้งด้านงานสื่อสาร (任务) หัวข้อ (话题) คำศัพท์ (词汇) ไวยากรณ์ (语法) และตัวอักษรจีน (汉字) โดยระบุชัดเจนว่าแต่ละระดับควรทำ “ภาระงานสื่อสาร” ได้บ้าง

ข้อมูลจากหน่วยงานด้านการทดสอบภาษาจีนระบุว่า HSK 3.0 เป็นการสืบทอดแต่ยกระดับจาก HSK เดิม โดยเพิ่มการทดสอบเกี่ยวกับตัวอักษรจีน วัฒนธรรมจีน และหัวข้อร่วมสมัยในสังคมจีน เช่น การพัฒนาเทคโนโลยี ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างอารยธรรมเชิงนิเวศ นอกจากนี้ ในระดับสูง (HSK 7-9) ยังเพิ่มการประเมินทักษะการแปลจากภาษาต่างประเทศ (รวมถึงภาษาไทย) เป็นภาษาจีน เพื่อสะท้อนสมรรถนะการใช้ภาษาในสถานการณ์ข้ามวัฒนธรรม

การสอบวัดระดับความรู้ทางภาษาจีนระบบใหม่ (HSK 3.0) มีการจัดทำ รายการคำศัพท์และหลักไวยากรณ์ภาษาจีนที่ชัดเจนสำหรับแต่ละระดับ เพื่อให้ผู้สอนและผู้เรียนใช้เป็นแนวทางในการเตรียมตัวสอบและประเมินระดับภาษา การใช้กรอบ HSK 3.0 ในงานวิจัยด้านภาษาศาสตร์จึงช่วยให้สามารถวัดระดับความยากง่ายของภาษาจีนในเอกสารต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ เช่น การวิเคราะห์ว่าข้อความหนึ่ง ๆ ใช้คำศัพท์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับใดของ HSK และใช้โครงสร้างไวยากรณ์ระดับไหนเป็นหลัก

ในการวิจัย “การใช้ภาษาจีนในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ปี ค.ศ. 2025” ผู้วิจัยได้นำกรอบ HSK 3.0 มาจัดระดับคำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ในประกาศเตือนภัย เพื่อนำมาช่วยในการตอบคำถามสำคัญว่า ภาษาที่ใช้ในประกาศมีความยากหรือง่ายในระดับใด เหมาะสมกับผู้รับสารที่มีพื้นฐานภาษาจีนแตกต่างกันเพียงใด และมีการใช้โครงสร้างระดับสูงเฉพาะในส่วนอธิบายเทคนิค หรือใช้โครงสร้างระดับพื้นฐานในส่วนของคำสั่งและข้อแนะนำหรือไม่ การเชื่อมโยงนี้ทำให้นักวิจัยมีกรอบวัดระดับภาษาที่ชัดเจน และสามารถนำไปเป็นแบบอย่างสำหรับการออกแบบภาษาในประกาศเตือนภัยภาษาไทยได้ในลำดับต่อไป

Methodology

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผสมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณเชิงพรรณนา ในลักษณะการวิเคราะห์หน่วยคำและโครงสร้างประโยคของประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติภาษาจีนที่เผยแพร่โดยหน่วยงานทางการของเมืองปักกิ่งในปี ค.ศ. 2025 โดยมุ่งวิเคราะห์การเลือกใช้คำศัพท์และรูปแบบโครงสร้างไวยากรณ์ที่ปรากฏบ่อยในข้อความประกาศดังกล่าว

2. แหล่งข้อมูลและกลุ่มข้อมูลวิจัย

ข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย “ประกาศแจ้งเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง” ที่เผยแพร่ในรูปข้อความตัวอักษรบนเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มทางการของหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องในระดับเมืองปักกิ่งในช่วงวันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม ค.ศ. 2025

เกณฑ์การคัดเลือกประกาศเตือนภัยมีดังนี้

1) เป็นประกาศที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ/อุตุนิยมวิทยา เช่น ลมแรง (大风) ฝนตกหนัก (暴雨) พายุฝนฟ้าคะนอง/ฟ้าผ่า (雷电) คลื่นความหนาวเย็น (寒潮) พายุทราย (沙尘) ลูกเห็บ (冰雹) คลื่นความร้อน/อากาศร้อนจัด (高温) น้ำแข็งเกาะถนน (道路结冰) และ พายุหิมะ (暴雪) เป็นต้น

2) เป็นประกาศที่ออกโดยหน่วยงานทางการของเมืองปักกิ่งหรือหน่วยงานสังกัดที่รับผิดชอบการเตือนภัยในพื้นที่ปักกิ่ง

3) ปรากฏในรูป “ข้อความภาษาจีนกลางมาตรฐาน” (อักษรจีนตัวย่อ) อย่างชัดเจนบนเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มทางการ

4) อยู่ในช่วงเวลาปีปฏิทิน ค.ศ. 2025 เท่านั้น

ผู้วิจัยรวบรวมประกาศตามเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหมด พบจำนวนทั้งสิ้น 138 ฉบับ ความยาวประโยคเฉลี่ยอยู่ที่ 50-60 อักขระจีนต่อประโยค และจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ข้อความ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

3. การเก็บรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บและเตรียมข้อมูลมีดังนี้

1) เข้าถึงเว็บไซต์/แพลตฟอร์มทางการของหน่วยงานรัฐเมืองปักกิ่งที่เผยแพร่ประกาศเตือนภัยพิบัติ ได้แก่ เว็บไซต์ของศูนย์พยากรณ์อากาศปักกิ่ง (beijing meteorological service/北京市气象局)

2) คัดเลือกและดาวน์โหลดประกาศเตือนภัยพิบัติที่เข้าเกณฑ์ในข้อ 2

3) คัดลอกข้อความประกาศ (เฉพาะส่วนเนื้อหา ไม่รวมเมนูเว็บ โฆษณา หรือส่วนอื่นที่ไม่ใช่ประกาศ) ลงในไฟล์ข้อความ และตรวจความถูกต้องจากต้นฉบับอีกครั้ง

4) สร้างรหัส (code) ประกาศแต่ละฉบับ เช่น BK01-01, BK02-01 เพื่อสะดวกในการอ้างอิง

5) สร้างฐานข้อมูลคำศัพท์โดยแยกคำ/วลีจากข้อความประกาศทุกฉบับ และสร้างรายการคำศัพท์ที่ปรากฏทั้งหมด

4. เครื่องมือและกรอบอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ระดับคำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ใช้กรอบอ้างอิง “มาตรฐานระดับความสามารถทางภาษาจีน HSK 3.0” โดยอาศัย

- 1) รายการคำศัพท์ (词汇表) ของ HSK 3.0 ระดับต่าง ๆ
- 2) รายการไวยากรณ์/โครงสร้างประโยค (语法点) ที่แบ่งตามระดับ HSK 3.0

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือช่วยแยกคำภาษาจีนร่วมกับการตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อให้การจัดหมวดหมู่คำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์มีความถูกต้องสำหรับบริบทของประกาศเดือนกุมภาพันธ์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ คือ (1) การวิเคราะห์การเลือกใช้คำศัพท์ และ (2) การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างไวยากรณ์

5.1 การวิเคราะห์การเลือกใช้คำศัพท์ภาษาจีน

1) การแยกคำและสร้างรายการคำศัพท์

นำข้อความประกาศทั้งหมดเข้าสู่โปรแกรมแยกคำภาษาจีน เพื่อแบ่งข้อความออกเป็นหน่วยคำ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการตรวจสอบและปรับแก้รายการคำที่โปรแกรมแยกผิด (เช่น ชื่อเฉพาะ คำศัพท์เทคนิค) เพื่อให้ได้ “รายการคำศัพท์รวม” ที่สะท้อนการใช้จริงในประกาศ

2) การจัดระดับคำศัพท์ตาม HSK 3.0

นำรายการคำศัพท์ทั้งหมดไปเทียบกับฐานข้อมูลคำศัพท์ HSK 3.0 โดยจัดเรียงระดับ HSK ให้แต่ละคำ (เช่น HSK 1-9 หรือ “นอก HSK” ถ้าไม่อยู่ในรายการ) หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลในตาราง เช่น คำ-ความหมาย-ระดับ HSK-จำนวนครั้งที่ปรากฏ

3) การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

คำนวณจำนวนและร้อยละของคำศัพท์แต่ละระดับ HSK ที่ปรากฏในฐานข้อมูล ทำการวิเคราะห์เพื่อหาคำที่ใช้บ่อยอยู่ในระดับ HSK ใดเป็นหลัก (เช่น ส่วนใหญ่เป็นระดับ 1-3 หรือมีสัดส่วนคำระดับสูง/ศัพท์เทคนิคมากน้อยเพียงใด) แล้วจัดกลุ่มแยกประเภท “กลุ่มคำศัพท์” ตามหน้าที่ เช่น ศัพท์ประเภทภัยพิบัติ/อุตุนิยมวิทยา (เช่น ฝนตกหนัก คลื่นความร้อน ฯลฯ), ศัพท์การกระทำ/การปฏิบัติ (เช่น อพยพ หลีกเสี่ยง ลดการออกนอกบ้าน ฯลฯ), ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่และกลุ่มเป้าหมาย (เช่น โรงเรียน ผู้สูงอายุ เด็ก ฯลฯ)

4) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

พิจารณาตัวอย่างประโยคที่ใช้คำศัพท์แต่ละระดับ HSK โดยเฉพาะคำที่อยู่ระดับต้น (ง่าย) และระดับสูง (ยาก) เพื่อดูว่ามีการให้บริบทช่วยอธิบายหรือไม่ พร้อมวิเคราะห์การผสมระหว่าง “ศัพท์เทคนิคด้านภัยพิบัติ/อุตุนิยมวิทยา” กับ “ศัพท์สามัญในชีวิตประจำวัน” เพื่อให้เห็นกลยุทธ์การทำให้ข้อมูลเชิงเทคนิคเข้าใจง่ายสำหรับประชาชนหลากหลายกลุ่มในปักกิ่ง

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้จะตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เรื่อง “การเลือกใช้คำศัพท์ภาษาจีน” และช่วยให้เห็นระดับความยากง่ายของคำศัพท์ในประกาศเดือนกุมภาพันธ์เมื่อเทียบกับกรอบ HSK 3.0

5.2 การวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างไวยากรณ์ที่พบบ่อย

1) การระบุประโยคและหน่วยวิเคราะห์

แบ่งข้อความในแต่ละประกาศออกเป็นประโยค (ตามเครื่องหมายวรรคตอน/โครงสร้างความหมาย) แล้วสร้างตารางข้อมูลที่บ้านที่รหัสประกาศ ประโยคที่ 1, 2, 3 ... เพื่อใช้เป็นหน่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างไวยากรณ์

2) การจัดประเภทโครงสร้างไวยากรณ์ตาม HSK

ใช้รายการไวยากรณ์ HSK 3.0 เป็นกรอบในการจำแนกโครงสร้าง เช่น ประโยคคำสั่ง, ประโยคแสดงเงื่อนไข, ประโยคที่ใช้คำเสริมบอกระดับหรือความรุนแรง ฯลฯ เพื่อจำแนกแต่ละประโยคว่าใช้โครงสร้างไวยากรณ์ระดับ HSK ใด (เช่น โครงสร้างที่อยู่ใน HSK ระดับ 2, 3, 4 ฯลฯ) หากในกรณีที่มีโครงสร้างที่ไม่มีระบุชัดใน HSK 3.0 แต่ใช้บ่อยในประกาศ ผู้วิจัยจะจัดกลุ่มตามลักษณะเชิงหน้าที่และบันทึกไว้เป็น “โครงสร้างเด่นในประกาศเดือนนี้”

3) การวิเคราะห์รูปแบบประโยคที่พบบ่อย

นับความถี่ของโครงสร้างสำคัญ เช่น แบบประโยคคำสั่งหรือข้อเสนอแนะ เพื่ออธิบายเหตุผลของคำเตือน ประโยคที่ระบุเวลา-พื้นที่-กลุ่มเป้าหมาย เป็นต้น

4) วิเคราะห์การใช้รูปแบบประโยคแต่ละประเภทที่ปรากฏในประกาศ

การวิเคราะห์เชิงวาทกรรมเบื้องต้น (เชื่อมกับโครงสร้าง) เพื่อพิจารณาระบุว่าโครงสร้างไวยากรณ์ใดถูกใช้เพื่อ “สร้างความเร่งด่วน” “ให้คำสั่งชัดเจน” หรือ “อธิบายสถานการณ์” รวมไปถึงวิเคราะห์ตัวอย่างประโยคที่ใช้โครงสร้าง HSK ระดับต้น (ง่าย) เพื่อใช้ในการสื่อสารคำสั่งสำคัญ และโครงสร้างระดับสูงขึ้นไปในส่วนอธิบายสถานการณ์หรือผลกระทบ

ผลการวิเคราะห์ส่วนนี้จะตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เกี่ยวกับ “รูปแบบโครงสร้างไวยากรณ์ที่พบบ่อย” และแสดงให้เห็นระดับภาษาเชิงไวยากรณ์ของประกาศเดือนนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐาน HSK 3.0

6. การสังเคราะห์ผลและนำไปใช้

หลังการวิเคราะห์ทั้งระดับคำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ ผู้วิจัยจะสังเคราะห์ผลโดย

1) เปรียบเทียบสัดส่วนคำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ในแต่ละระดับ HSK เพื่อประเมินระดับภาษาโดยรวมของประกาศเดือนนี้ของปักกิ่ง

2) สรุปลักษณะเด่นของการเลือกใช้ภาษา เช่น สัดส่วนคำ HSK ระดับ 1-3 ที่ใช้บ่อย รูปแบบประโยคคำสั่งที่กระชับ และกลยุทธ์การผสมศัพท์เทคนิคกับศัพท์สามัญ

3) ทำตารางสรุปชุดคำศัพท์และโครงสร้างไวยากรณ์ที่พบบ่อย พร้อมตัวอย่างประโยคจากคอร์ปัสจริง

Results

1. ภาพรวมของข้อมูลประกาศเดือนนี้

จากการคัดกรองข้อมูลตามเกณฑ์ที่กำหนด พบว่าประกาศเดือนนี้ของเมืองปักกิ่งในปี ค.ศ. 2025 ครอบคลุมภัยหลากหลายประเภท ได้แก่ ลมแรง (大风) ฝนตกหนัก (暴雨) พายุฝนฟ้าคะนอง/ฟ้าผ่า (雷电) คลื่นความหนาวเย็น (寒潮) พายุทราย (沙尘) ลูกเห็บ (冰雹) คลื่นความร้อน/อากาศร้อนจัด (高温) น้ำแข็งเกาะถนน (道路结冰) และ พายุหิมะ (暴雪) จำแนกเป็นตารางได้ดังนี้

Table 1 Distribution of Various Types of Natural Disasters

Type (类型)	Count (数量)
Strong Wind (大风)	62
Thunderstorm (雷电)	26
Heavy Rain (暴雨)	25
Dense Fog (大雾)	6
High Temperature (高温)	5
Cold Wave (寒潮)	4
Road Icing (道路结冰)	4
Dust/Sand (沙尘)	2
Hail (冰雹)	2
Sustained Low Temp (持续低温)	1
Heavy Snow (暴雪)	1

จากตารางที่ 1 ประเภทภัยทางธรรมชาติที่พบการเตือนบ่อยที่สุดคือ ลมแรง ออกประกาศจำนวน 62 ครั้ง ตลอดปี รองลงมาคือ พายุฝนฟ้าคะนอง/ฟ้าผ่า จำนวน 26 ครั้ง ฝนตกหนัก จำนวน 25 ครั้ง หมอกจัด จำนวน 6 ครั้ง, อากาศร้อนจัด จำนวน 5 ครั้ง, คลื่นความหนาวเย็นและน้ำแข็งเกาะถนน จำนวน 4 ครั้ง, พายุทรายและลูกเห็บ จำนวน 2 ครั้ง ที่พบน้อยที่สุดจำนวน 1 ครั้งตลอดทั้งปี ค.ศ. 2025 คือ อุณหภูมิลดลงต่อเนื่องและพายุหิมะ

ระบบเตือนภัยพิบัติของเมืองปักกิ่งได้จำแนกระดับความรุนแรงแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สีฟ้า (ต่ำสุด), สีเหลือง, สีส้ม และ สีแดง (สูงสุด) ซึ่งในปี 2025 ทางศูนย์พยากรณ์อากาศปักกิ่งได้ออกประกาศเตือนภัยจำนวนทั้งสิ้น 138 ประกาศ แบ่งระดับความรุนแรงของภัยพิบัติทางธรรมชาติตามสี ได้ดังตารางต่อไปนี้

Table 2 Classification of Disasters by Color-Coded Warning Levels

Level/Color (级别/颜色)	Number of Disasters (数量)
Blue (蓝色)	84
Yellow (黄色)	43
Orange (橙色)	9
Red (红色)	2

จากตารางที่ 2 พบว่าประกาศเตือนภัยพิบัติของเมืองปักกิ่ง ปี ค.ศ.2025 ส่วนใหญ่เป็นประกาศเตือนภัยระดับสีฟ้า (ความรุนแรงระดับต่ำ) พบจำนวนทั้งสิ้น 84 ประกาศ ลำดับรองลงมาคือประกาศเตือนภัยระดับสีเหลือง พบจำนวนทั้งสิ้น 43 ประกาศ ประกาศเตือนภัยระดับสีส้ม พบจำนวน 9 ประกาศและประกาศเตือนภัยสีแดง ที่มีระดับรุนแรงสูงสุดพบน้อยที่สุดเพียง 2 ประกาศเท่านั้นในปี ค.ศ.2025

ความยาวของเนื้อหาประกาศเตือนก่อนช่วงกระชับ โดยเฉลี่ยประมาณ 50-80 ตัวอักษรจีนต่อประกาศ (เมื่อแปลเป็นภาษาไทยจะได้ประมาณ 25-40 คำ และมักเขียนเป็นประโยคเดียวจบ ส่วนประกาศที่สถานการณ์รุนแรงขึ้นอาจยาวขึ้นและมีรายละเอียดมากขึ้น เช่น ประกาศฝนตกหนักสีเหลือง/สีส้มบางฉบับยาวเกิน 100 อักขระ เพื่ออธิบายปริมาณฝนสะสมและความเสี่ยงภัยพิบัติที่อาจเกิดตามมา อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่แล้วแต่ละประกาศ

จะสั้นกระชับ ไม่เยิ่นเย้อ โดยประกาศแต่ละฉบับมีโครงสร้างข้อมูลที่ค่อนข้างตายตัว ประกอบด้วยชื่อประกาศ ประเภท และระดับสัญญาณภัย วันเวลาเผยแพร่ เนื้อหาประกาศ และหน่วยงานผู้ออกประกาศ

北京市发布雷电黄色预警

标题	北京市发布雷电黄色预警
城市	北京市
信号类型	雷电
信号级别	黄色
图标	
发布时间	2025-09-13 14:25:00
发布内容	预计13日17时至22时，我市将自西向东出现分散性雷阵雨天气，局地短时雨强较大，并伴有7-9级短时大风，山区有小冰雹，请注意防范。
签发	荆浩

Figure 1: Sample of a Natural Disaster Notification in Beijing

Source: website beijing meteorological service

2. การวิเคราะห์การเลือกใช้คำศัพท์ในประกาศเตือนภัย

2.1 กลุ่มคำแสดงเหตุปัจจัยของภัยพิบัติ

จากการวิเคราะห์พบว่า ประกาศเตือนภัยเกือบทุกฉบับเริ่มต้นด้วยการอธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยใช้โครงสร้างคำศัพท์ในรูปแบบเดียวกัน คือ

受 + 原因 + 影响

(ได้รับ(ถูก) + สาเหตุ + ส่งผลกระทบ)

เช่น “受冷空气影响”(ได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็น) “受强冷空气影响”(ได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็นกำลังแรง) หรือ “受雷雨云团影响”(ได้รับอิทธิพลจากกลุ่มเมฆฝนฟ้าคะนอง) คำศัพท์ในกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นการอธิบายเหตุผลเชิงตรรกะอย่างย่อ และช่วยสร้างความชอบธรรมให้กับการออกประกาศเตือนภัย ทั้งยังช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจที่มาของความเสี่ยงก่อนเข้าสู่ข้อมูลการคาดการณ์

2.2 กลุ่มคำแสดงการคาดการณ์และการพยากรณ์

คำศัพท์ที่ทำหน้าที่เป็นแกนกลางของการคาดการณ์ ได้แก่ “预计”(คาดการณ์ว่า) “将”(จะ/กำลังจะ) และ “可达”(อาจสูงถึง / สามารถสูงถึง) ซึ่งมักปรากฏร่วมกับข้อมูลด้านเวลา พื้นที่ และตัวเลขเชิงปริมาณ เช่น ระดับความแรงของลม ปริมาณน้ำฝน หรืออุณหภูมิสูงสุด

การใช้คำศัพท์ในลักษณะดังกล่าวช่วยให้ประกาศมีความแม่นยำและลดความกำกวมในการตีความ ขณะเดียวกันยังสะท้อนลักษณะการสื่อสารเชิงวิชาการที่ต้องอาศัยข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นหลักฐานประกอบ

2.3 กลุ่มคำศัพท์ด้านความเสี่ยงและผลกระทบ

ในประกาศที่เกี่ยวข้องกับฝนตกหนักหรือสภาพอากาศรุนแรง พบการใช้คำศัพท์ที่สะท้อนผลกระทบและความเสี่ยง เช่น “次生灾害”(ภัยพิบัติทุติยภูมิ) “山洪”(น้ำป่าไหลหลาก) “滑坡”(ดินถล่ม) “积水”(น้ำท่วมขัง) และ “风险极高”(มีความเสี่ยงสูงมาก) คำศัพท์เหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับคำศัพท์ New HSK 6 ขึ้นไป หรืออยู่นอกบัญชีคำศัพท์ HSK เนื่องจากเป็นคำเฉพาะทาง

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า การสื่อสารความเสี่ยงในประกาศเตือนภัยไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการแจ้งเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น แต่ยังเน้นการชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่อาจตามมา เพื่อกระตุ้นให้ประชาชนตระหนักถึงความรุนแรงของสถานการณ์

2.4 ระดับคำศัพท์ตาม New HSK 3.0

เมื่อจับคู่คำศัพท์ในประกาศเตือนภัยกับรายการคำศัพท์ New HSK 3.0 พบว่า คำศัพท์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ HSK 1-3 ทำหน้าที่เป็นคำศัพท์พื้นฐานทั่วไปรวมไปถึงคำศัพท์ในโครงสร้างทางไวยากรณ์ ขณะที่คำระดับ HSK 4-9 และคำที่อยู่นอกระบบ HSK มักเป็นคำศัพท์เทคนิคหรือคำที่แสดงแนวคิดเชิงนามธรรม สามารถแจกแจงเป็นตารางสรุปคำศัพท์ภาษาจีนที่พบในประกาศเตือนภัย ดังนี้

Table 3 Vocabulary Distribution by HSK Levels

HSK Level	Words Found	Percentage	Percentage	Additional Info
		(of total, including UNK)	(of recognized words)	
1	2557	39.28%	42.00%	Beginner Level
2	1133	17.40%	18.61%	Intermediate Level
3	948	14.56%	15.57%	Intermediate Level
4	447	6.87%	7.34%	Upper Intermediate Level
5	530	8.14%	8.71%	Advanced Level
6	310	4.76%	5.09%	Advanced Level
7-9	163	2.50%	2.68%	Highest Level
UNK	422	6.48%	FALSE	Out-of-system words

3. การวิเคราะห์โครงสร้างภาษาและวาทกรรม

3.1 โครงสร้างวาทกรรมโดยรวมของประกาศเตือนภัย

จากการวิเคราะห์ข้อความประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ในปี ค.ศ. 2025 จำนวนทั้งสิ้น 138 ประกาศ พบว่า ประกาศเตือนภัยมีโครงสร้างวาทกรรมที่คงที่สม่ำเสมอ สามารถสรุปได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- (1) การอธิบายสาเหตุ
- (2) การคาดการณ์สถานการณ์
- (3) การให้คำสั่งหรือคำแนะนำ

โครงสร้างดังกล่าวช่วยให้ผู้อ่านสามารถรับข้อมูลได้อย่างเป็นลำดับ และเข้าใจทั้งที่มา ระยะเวลา และแนวทางการปฏิบัติตนในสถานการณ์เสี่ยง

Table 4 Frequency of Disaster-Related Vocabulary Across HSK Proficiency Levels

HSK Level	Top 10 Words (Word (Frequency))
1	风 (213), 日 (187), 我 (139), 请 (138), 有 (137), 雨 (110), 大 (87), 地 (75), 北 (54), 水 (48)
2	级 (213), 市 (143), 以上 (104), 出现 (81), 短 (64), 大部分 (57), 影响 (52), 可能 (36), 部分 (35), 空气 (32)
3	时 (192), 注意 (136), 预计 (132), 地区 (129), 强 (79), 左右 (63), 受 (48), 并 (25), 较 (21), 区 (16)
4	阵 (132), 局 (70), 降 (65), 毫米 (60), 浅 (22), 个别 (16), 自 (14), 密 (13), 冰 (13), 分散 (9)
5	至 (143), 山区 (106), 可 (95), 将 (46), 滑 (22), 灾害 (22), 当前 (18), 夜间 (16), 沟 (16), 平原 (12)
6	防范 (134), 偏 (54), 日夜 (27), 泥 (22), 坡 (22), 傍晚 (16), 顺 (10), 景 (6), 小于 (6), 城区 (4)
7-9	伴 (29), 及 (26), 积 (24), 风力 (14), 累计 (12), 延 (11), 诱发 (8), 扬 (6), 时段 (5), 结冰 (4)

3.2 โครงสร้างการบอกเวลาและพื้นที่

ประกาศเตือนภัยใช้โครงสร้างการบอกเวลาอย่างชัดเจน เช่น “A 时至 B 时”(ตั้งแต่เวลา A ถึงเวลา B) “A 日至 B 日”(ตั้งแต่วันที่ A ถึงวันที่ B) หรือ “前后”(ช่วงประมาณ... / ราว ๆ ...) เพื่อระบุช่วงเวลาที่คาดว่าจะเกิดภัย ขณะเดียวกันยังใช้คำแสดงขอบเขตพื้นที่ เช่น “大部分地区”(พื้นที่ส่วนใหญ่) “部分地区”(บางพื้นที่) “山区”(พื้นที่ภูเขา / เขตภูเขา) และ “局地”(บางจุด / บางแห่งเป็นการเฉพาะ / เฉพาะพื้นที่เล็ก ๆ) เพื่อหลีกเลี่ยงการเหมาวมทั้งพื้นที่โดยไม่มีควมจำเป็น การใช้โครงสร้างดังกล่าวสะท้อนความพยายามในการสื่อสารข้อมูลอย่างรอบคอบ และแม่นยำ

3.3 โครงสร้างคำสั่งและคำเตือน

คำสั่งหรือคำเตือนในประกาศมักอยู่ในรูปประโยคสุภาพ เช่น “请注意防范”(โปรดระมัดระวังและป้องกัน) อย่างไรก็ตาม เมื่อระดับความรุนแรงของภัยเพิ่มสูงขึ้น จะพบการใช้โครงสร้างคำสั่งที่เข้มข้นมากขึ้น เช่น “严禁.....”(ห้ามอย่างเด็ดขาด...) หรือ “非必要不.....”(หากไม่จำเป็น ขอให้งด... / ไม่จำเป็นไม่ควร...) ซึ่งแสดงถึงการควบคุมพฤติกรรมของประชาชนในสถานการณ์ฉุกเฉิน

Table 5 High-Frequency Chinese Grammatical Structures in Disaster Alerts

Grammatical Features	Corresponding HSK Level (Initial Appearance)	Frequency
Time range / period (至/从...到.../期间/前后)	1	145
Imperative / polite request (请/不要/注意/防范)	3	137
Prediction / forecast (预计/将/可能/会)	3	133
Approximate quantity (左右/以上/以下/约)	2	109
Cause phrase (受...影响/由于)	4	48
Existence / occurrence (出现/发生/形成)	3	48
Compressed / multi-clause (并/同时/以及/且/伴有)	4	31

Conclusion and Discussion

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นลักษณะเด่นของการใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติของเมืองปักกิ่ง ปี ค.ศ. 2025 ว่าจะมีความสอดคล้องกันเชิงโครงสร้างอย่างสูง แต่มีความเหลื่อมล้ำในระดับคำศัพท์ แม้ผลการวิเคราะห์ในภาพรวมจะพบว่าคำศัพท์ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 72.17) จัดอยู่ในระดับพื้นฐาน (HSK 1-3) แต่การสรุปว่าประกาศนี้ "ง่าย" อาจนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

จากการอภิปรายผล ผู้วิจัยพบปรากฏการณ์ "การแยกส่วนของระดับภาษา" (Linguistic Bifurcation) ดังนี้

1. โครงสร้างหลักและคำเชื่อม (Structural Skeleton) คำศัพท์ที่ใช้ในเชิงโครงสร้างไวยากรณ์ การบอกเวลา และการเชื่อมประโยค ส่วนใหญ่เป็นคำศัพท์ HSK ระดับต้น 1-3 ทำให้ผู้รับสารที่มีทักษะระดับต้นถึงกลางสามารถเข้าใจ "กรอบของสาร" ได้ว่าเหตุการณ์จะเกิดขึ้นเมื่อใดหรือที่ไหน

2. คำศัพท์เฉพาะทางและข้อมูลความเสี่ยง (Technical Core) คำศัพท์ที่เป็นหัวใจสำคัญในการระบุประเภทภัยพิบัติและผลกระทบ เช่น “风险极高”(มีความเสี่ยงสูงมาก) “次生灾害”(ภัยพิบัติทุติยภูมิ) มักเป็นคำศัพท์ HSK ระดับกลาง 5-6 หรืออยู่นอกบัญชีคำศัพท์ (UNK) ซึ่งคำเหล่านี้คือ "สาระสำคัญ" ที่กำหนดพฤติกรรมกรรมการเอาตัวรอด

ด้วยเหตุนี้ ประกาศเตือนภัยของปักกิ่งจึงมีความยากในเชิงปฏิบัติสำหรับผู้เรียนภาษาจีนระดับต้น แม้ผู้รับสารจะเข้าใจโครงสร้างประโยค แต่หากไม่สามารถตีความคำศัพท์เทคนิคระดับสูงได้ ก็จะไม่สามารถรับรู้ถึงความรุนแรงหรือวิธีการปฏิบัติตนที่ถูกต้องได้ครบถ้วน อย่างไรก็ตาม การใช้ระบบสี (น้ำเงิน/ 蓝/Blue, เหลือง/ 黄/Yellow, ส้ม/ 橙/ Orange, แดง/ 红/Red) และสัญลักษณ์สากลควบคู่ไปกับข้อความที่สั้นกระชับ เป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยลดช่องว่างทางการสื่อสารนี้ได้

ข้อเสนอแนะสำหรับประเทศไทยในการพัฒนาต้นแบบประกาศเตือนภัย ไม่ใช้การนำเกณฑ์ HSK มาปรับใช้โดยตรง แต่คือการนำ "แนวคิดการบริหารจัดการระดับภาษา" มาประยุกต์ใช้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณาสร้าง "บัญชีคำพื้นฐานสำหรับภัยพิบัติภาษาไทย" ที่จำกัดระดับความยากให้อยู่ในเกณฑ์ที่มวลชนส่วนใหญ่เข้าถึงได้ โดยเน้นการใช้โครงสร้างประโยคแบบฟอร์มตายตัว (Formulaic structures) ที่สั้นกระชับ และบูรณาการสัญลักษณ์สากลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารความเสี่ยงให้แก่ประชาชนทุกกลุ่ม รวมถึงชาวต่างชาติที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยด้วยเช่นกัน

References

- China Meteorological Administration & World Meteorological Centre Beijing. (n.d.). *Early Warning Support Mechanism (EWSM)*.
- China Testing International. (2025). *HSK 3.0 information collection: HSK 3.0, all you need to know! HSK Global Teachers' Association*.
- Ministry of Emergency Management of the People's Republic of China. (2022). *"14th Five-Year" national emergency management system plan*.
- ReliefWeb. (2023). *Beijing implements new meteorological disaster warning signals*.
- Saengchan, K. (2012). *Digital media communication innovation for awareness and understanding in preparedness and prevention of earthquake disasters in Chiang Rai Province* (Research report). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

Sirisuntornpaiboon, U., et al. (2016). *Risk communication on earthquake disasters in Phuket Province* (Research report). Thailand Research Fund. (in Thai)

Zhang, T. (2024). A brief of cold spell warning actions of the National Meteorological Center of China Meteorological Administration. *China CDC Weekly*, 6(5), 83–87.

คำแนะนำสำหรับผู้นิพนธ์

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ เป็นวารสารวิชาการจัดพิมพ์ โดยมหาวิทยาลัยพะเยา กำหนดพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ ผู้นิพนธ์สามารถส่งเรื่องมาลงพิมพ์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเป็นสมาชิกหรือสังกัดมหาวิทยาลัยพะเยา ผลงานที่ได้รับการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระน่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

นอกจากนี้สำหรับการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เจ้าของบทความต้องสามารถแสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมในการวิจัยได้รับทราบข้อมูลและตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความสมัครใจ และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด ๆ บทความอาจถูกดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวนตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้ หากผู้นิพนธ์มีข้อสงสัยในการจัดเตรียมต้นฉบับสามารถตรวจสอบระเบียบการตีพิมพ์ล่าสุดของวารสาร ได้จาก E-mail: rusid@up.ac.th

การเตรียมต้นฉบับ

1. **ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้:** แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์ และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีคำแปล หรือคำที่ใช้แล้ว ทำให้เข้าใจง่ายขึ้นคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนปนภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะสำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. **ขนาดของต้นฉบับ:** ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดทำเป็น 1 คอลัมน์

3. ชนิดและขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร TH Niramit AS

- ชื่อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา
- ชื่อผู้นิพนธ์ใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ
- หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา
- หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา
- บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวปกติ
- เชิงอรรถ (อยู่ท้ายบทความหน้าแรก) ซึ่งจะมี ที่อยู่/สังกัดของผู้นิพนธ์ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และ E-mail ของผู้นิพนธ์ ใช้ตัวอักษรขนาด 12 pt. ตัวปกติ

4. การส่งต้นฉบับ ผู้เสนอผลงานจะต้องส่งต้นฉบับแบบพิมพ์ ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์แบบ “.doc” (MS Word) มาที่ระบบ Thaijo

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และไม่ควรรสั้นเกินไป โดยรวมทั้งตาราง รูปภาพ

6. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทบทความรายงานผลงานวิจัย (Research Article)
2. บทความวิชาการทันสมัยที่จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยใหม่ ๆ ที่ผู้อื่นได้ทำไว้มาก่อน (Academic Article)

7. ใส่เลขหน้ากำกับทุกหน้า ตรงกลางด้านบนของกระดาษ A4

การเรียงลำดับหัวข้อในบทความผลงานวิจัย

1. Title ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลักของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่ควรเกิน 100 ตัวอักษร (ประมาณ 2 บรรทัด) ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ต้นฉบับภาษาไทยให้พิมพ์ชื่อเรื่องภาษาไทยก่อน แล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ

2. Author(s) และที่อยู่ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัดและ E-mail address ของผู้นิพนธ์ เพื่อกองบรรณาธิการและผู้สนใจบทนิพนธ์สามารถติดต่อได้

3. Abstract เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเต็ม ความยาวไม่เกิน 250 คำ ไม่ควรมีคำย่อ

4. Keywords ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา **ไม่ควรเกิน 5 คำ**

5. Introduction เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ที่นำไปสู่การวิจัยนี้ ควรให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจเอกสารประกอบ

6. Objectives การกำหนดแนวทางหรือขอบเขตการศึกษาค้นคว้า เพื่อป้องกันสิ่งที่จะต้องทำในการศึกษาวิจัยต่อไปอย่างชัดเจน

7. Concept and Literature review (หากมี) เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อของการวิจัย ซึ่งรวมถึงการพิจารณาแนวคิดและทฤษฎีที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของการศึกษา

8. Conceptual Framework ประกอบด้วยตัวแปรและความสัมพันธ์ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน การสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัยจำเป็นต้องมีกรอบทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ศึกษา ซึ่งกรอบทฤษฎีนี้จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดตัวแปรและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย และใช้เป็นแบบจำลองสำหรับการวิจัยและการพัฒนาในอนาคต

9. Research hypothesis แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของผลการศึกษากับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยนำเสนอความคิดเห็นพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา หรือหัวข้อวิจัยที่มีลักษณะคล้ายกัน พร้อมทั้งมีการอ้างอิงแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือเพื่อสนับสนุนการเปรียบเทียบนั้น

10. Methodology ให้ระบุรายละเอียด สิ่งที่น่าสนใจศึกษา ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ และการแปลผล

11. Results รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความถ้าผลไม่ซับซ้อน และมีตัวเลขไม่มาก ควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลขหรือตัวแปรมาก ควรใช้ตาราง/แผนภูมิแทนและรูปภาพ เป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด (ยกเว้นตราสัญลักษณ์หรือรูปที่มาต้นทางเป็นภาษาไทย อนุโลมให้ตามความเหมาะสม)

12. Conclusion and Discussion แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของงานวิจัยที่ตั้งไว้หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

13. Suggestion ควรนำเสนอแนวทางในการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยในอนาคต โดยข้อเสนอแนะเหล่านี้ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของงานวิจัยในปัจจุบัน ทั้งในด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ

14. Acknowledgements ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใด หรือผู้ใดบ้าง

15. References ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วน ในรูปแบบภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บตอนท้ายว่า (in Thai) ใช้อ้างอิงแบบ **APA (American Psychological Association)** คือ ให้เรียงเอกสารที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดตามลำดับตัวอักษรตัวแรกของรายการที่อ้างอิง โดยยึดวิธีการเรียงลำดับตามแบบพจนานุกรม

Journal Article Reference Format

1. Book Reference Format

Author. (Year). *Title of the book* (Edition). Place of publication: Publisher.

Author(s). (Year). Title of the chapter. In Editor(s) (Ed(s).), *Title of the book* (Edition), pp. page range). Place of publication: Publisher.

Examples:

Jaidee, S. (2019). *Land use change from satellite imagery* (2nd ed.). Bangkok, Thailand: Thai Academic Publishing. (in Thai)

Poonpol, W. (2017). Climate change and agriculture. In S. Jaidee (Ed.), *Collected academic articles on environmental studies* (3rd ed.), 45–60. Chiang Mai: Chiang Mai University Press. (in Thai)

2. Thesis/Dissertation Reference Format

Author. (Year). *Title of thesis*. (Master's thesis or Doctoral dissertation, Name of University, City, Country).

Author. (Year). *Title of thesis*. (Master's thesis or Doctoral dissertation, Name of University, City, Country). Retrieved [Month Day, Year], Form (URL).

Examples:

Sombun, A. (2018). *Analysis of land use using satellite imagery*. (Master's thesis), Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)

3. Journal Reference Format

Author(s). (Year). Title of the article. *Title of the Journal*, Volume(Issue), page.

Examples:

Anzooman, M., McKenna, P. B., Ufer, N., Baumgartl, T., McIntyre, N., & Shaygan, M. (2024). Assessing the post-fire recovery of mined-under temperate highland peat swamps on sandstone. *Land*, 13(12), 2253.

4. Conference Proceedings Reference Format

Author(s). (Year). Title of the article. In *Title of conference proceedings* (pp.). Place of publication: Publisher.

Examples:

Insuk, P. (2019). Application of modeling to assess land use change. In *Proceedings of the 15th National Environmental Conference* (pp. 88–95). Bangkok: Thailand Environment Institute. (in Thai)

5. News article Reference Format

Author. (Year, Day Month). Title of the news article. *Name of Newspaper*, page. from (URL).

Examples:

Smith, J. (2023, 15 August). New environmental policies announced. *The Daily News*, p. A3. From <https://www.dailynews.com/environment>. (in Thai)

6. Article on Website Reference Format

Author. (Year). *Title*. from (URL).

Examples:

Smith, J. (2023). *New environmental policies announced*. From <https://www.dailynews.com/environment>.

(in Thai)

ข้อมูลในการติดต่อ:

หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (RUSID)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

โทร. 0 54-466666 ต่อ 2314

E-mail: rusid@up.ac.th

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID)

ประจำปี 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2569 (Vol.7, No.1, January - April, 2026)

ผลวัดการฟื้นตัวภายหลังไฟไหม้และความแห้งแล้งของพรรณน้ำจืดในภาคเหนือของไทย: หลักฐานจากข้อมูลอนุกรมเวลาของดัชนีดาวเทียมเซนติเนล 2

The Impacts of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values at Lam Takhong Watershed, Thailand

ผลวัดการกระจายขนาดตะกอนชายหาดบางแสนระหว่างปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2557

การพัฒนาระบบวิเคราะห์การเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการท่องเที่ยวเชิงศาสนาในบริบทกิจกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ของจังหวัดศรีสะเกษ

การพัฒนาขั้นตอนเสนอของบประมาณการจัดซื้อจัดจ้างโดยใช้ระบบ UP-DMS คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ระบบแจ้งเตือนและควบคุมการเพาะเลี้ยงจิ้งหรีดด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การศึกษารปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตทุเรียนผลสดพันธุ์หมอนทองในพื้นที่ภาคเหนือ

การพัฒนาระบบการแจ้งข้อบกพร่องที่ประกอบอาคารคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย Google Forms

แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติในพื้นที่อำเภอรามัน จังหวัดยะลา

โดยการใช้เทคนิคการประเมินสภาพแวดล้อม (SWOT and TOWS Matrix Analysis)

ภูมิสารสนเทศอัจฉริยะเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศเชิงกลยุทธ์: การจัดลำดับความสำคัญพื้นที่วิกฤตในอุทยานแห่งชาติถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน (เตรียมการ)

การใช้ภาษาในประกาศเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติของเมืองปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ปี ค.ศ.2025 ตามกรอบมาตรฐาน HSK 3.0



กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 2314 Email: rusid@up.ac.th