



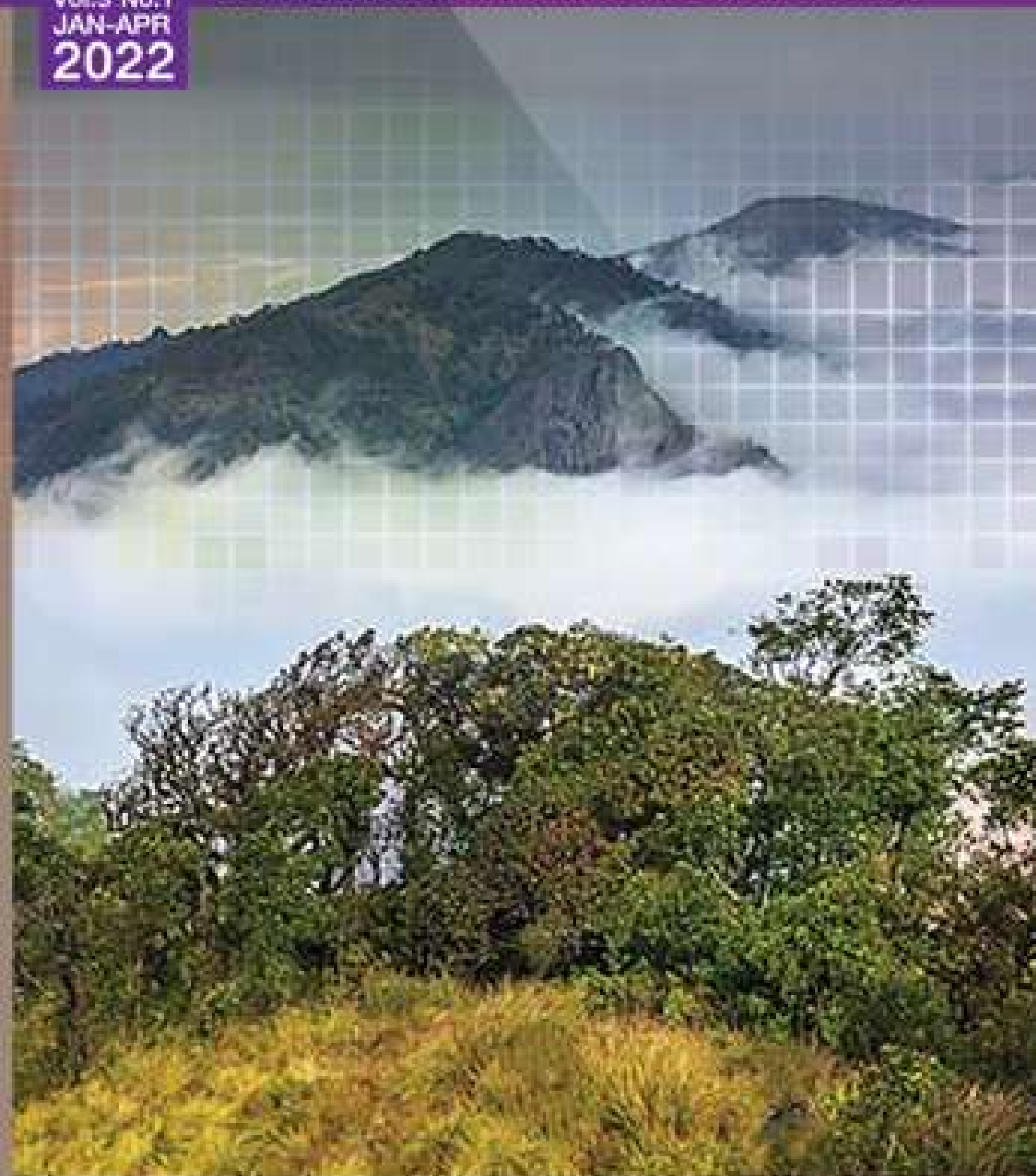
# JSID

The Journal of Spatial Innovation Development

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1  
ธันวาคม-มีนาคม 2565

Vol.3 No.1  
JAN-APR  
2022

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาแบบนวัตกรรมเชิงพื้นที่  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา



ISSN 2791-4174 (Print)  
ISSN 2791-4182 (Online)



## วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

The Journal of Spatial Innovation Development (JSID)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม–เมษายน พ.ศ. 2565

Vol.3, No.1, January–April, 2022

ISSN: 2730–1478 (Print) 2730–1494 (Online)

### ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาน้อย

รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิติรัตน์ เชี่ยวสุวรรณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ โรจนวสุ

### คณะกรรมการ

#### บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

#### รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น

#### กองบรรณาธิการ

|                                                   |                             |
|---------------------------------------------------|-----------------------------|
| ศาสตราจารย์ ดร.มนัส สุวรรณ                        | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่  |
| รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ             | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม        |
| รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาตะภากร                 | มหาวิทยาลัยมหิดล            |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ลิ้มปียากร          | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา ภูมิพะกาญจนะ โรแบร์ | มหาวิทยาลัยศิลปากร          |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์รัตน์      | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม        |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานัส ศรีวณิช               | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์       |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาติยะ พัฒนาศักดิ์          | มหาวิทยาลัยรามคำแหง         |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ เพ็ชรประยูร         | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติรัตน์ ปันบำรุงกิจ       | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย       |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาท ปิยะธำรงชัย         | มหาวิทยาลัยนเรศวร           |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล มหาวีค                | มหาวิทยาลัยนเรศวร           |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอื้อต          | มหาวิทยาลัยนเรศวร           |

|                                                  |                                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง           | มหาวิทยาลัยนเรศวร                     |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสาร อินทเจริญ           | มหาวิทยาลัยบูรพา                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศิริ สุขพร้อมมสรรพ      | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บวรศักดิ์ ศรีสังสิทธิสันติ | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาพ แพงวังทอง            | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จี๊ฟู                | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรุตม์ นาที                   | มหาวิทยาลัยทักษิณ                     |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นครเรศ ชัยแก้ว                | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ดร.รัชพล สัมพุทธานนท์                            | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่            |
| ดร.ติณณ์ ธีรกุลโตมร                              | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน      |
| ดร.สิปปกานต์ กลัดสวัสดิ์                         | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง |
| ดร.สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข                          | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ดร.จิราพร กุลสุนทรรัตน์                          | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| ดร.ธิดาภัทร อนุชาญ                               | มหาวิทยาลัยพะเยา                      |
| อาจารย์ชัชพงศ์ ภาชนะพรรณ                         | มหาวิทยาลัยพะเยา)                     |

#### เลขานุการ

นางสาวประนอม เครือวัลย์

ออกแบบปก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

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

กำหนดออก : ปีละ 3 ฉบับ

วัตถุประสงค์ : 1) เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการ  
ประยุกต์ใช้ ตลอดจนสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์เชิงพื้นที่และการพัฒนาวัตกรรมเชิงพื้นที่  
2) เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป มีโอกาสเผยแพร่ผลงานวิชาการด้าน  
เทคโนโลยีสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนาวัตกรรมเชิงพื้นที่  
3) เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคลากรทางการศึกษาและผู้สนใจ  
ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ และการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่

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

อีเมล : [rusid@up.ac.th](mailto:rusid@up.ac.th)

บทความวิจัยและบทความวิชาการทุกเรื่องได้รับการพิจารณาล้นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) จากทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

บทความ ข้อความ รูปประกอบ และตาราง ที่ตีพิมพ์ลงวารสาร เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียนเอง กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และไม่มีส่วนรับผิดชอบใดๆ ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

บทความใดที่ผู้อ่านเห็นว่าได้มีการลอกเลียนหรือแอบอ้าง โดยปราศจากการอ้างอิงหรือทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นผลงานของผู้เขียน กรุณาแจ้งให้ทางกองบรรณาธิการวารสารทราบจะเป็นพระคุณยิ่ง

## บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ได้เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างบุคลากรทางการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง ด้านเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ ตลอดจนสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์เชิงพื้นที่และการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่ ในวารสารที่มีคุณภาพตามระดับเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประกาศ ก.พ.อ. เรื่องหลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการ สำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) โดยมีการตีพิมพ์เผยแพร่เป็นประจำปีละสามฉบับ ทุกบทความจะผ่านขั้นตอนกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการ ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอก (Peer review) เพื่อประเมินคุณภาพบทความ แล้วส่งกลับไปยังผู้พิมพ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ก่อนการตีพิมพ์

วารสารฉบับนี้ เป็นฉบับประจำปีครั้งที่ 3 ฉบับที่ 1 เนื้อหาของบทความยังคงสาระเกี่ยวกับการศึกษาในมิติเชิงพื้นที่ที่มีความหลากหลายด้านกระบวนการวิจัย และการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ที่มีบทความวิจัยที่น่าสนใจทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ได้แก่ "การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย" "การวิเคราะห์จำนวนประชากรและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลแบบเปิด" "การประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเพาะปลูกข้าวด้วยภูมิสารสนเทศ" "การทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อสนับสนุน แผนลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัยพะเยา" "การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา" "การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ" "Development of Smart Agricultural Monitoring and Irrigation System using IoT and Mobile Applications" และ "Development of Near Real-Time analysis of Heatstroke Risk Information Service that affects to the elderly person based on Web Map Service" รวมทั้งสิ้น 8 บทความ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในงานด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและศาสตร์สาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเชิงพื้นที่และการพัฒนาบัณฑิตกรรมเพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพื้นที่

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จักเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณที่ท่านผู้อ่านได้ให้ความสนใจติดตามวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่อย่างต่อเนื่อง พบกันใหม่ฉบับหน้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นครินทร์ ชัยแก้ว

บรรณาธิการ

## สารบัญ

|                                                                                                                                                                                                                       | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS)<br>กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย<br><i>นิติ เอี่ยมชื่น, วันฉัตร เทพวงศ์, บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ, ธิดาภัทร อนุชาญ</i>                    | 1    |
| การวิเคราะห์จำนวนประชากรและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม<br>โดยใช้ข้อมูลแบบเปิด<br><i>วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์, ดิชนันท์ ธีรกุลโตมร, อธิวัฒน์ ภิญโญยาง</i>                                                    | 15   |
| การประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเพาะปลูกข้าวด้วยภูมิสารสนเทศ<br><i>สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข, กรรณิการ์ เม้ามูล</i>                                                                                       | 27   |
| การทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อสนับสนุน<br>แผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัยพะเยา<br><i>วิภาพ แพงวังทอง, รังสรรค์ เกตุฮึด</i>                                                  | 41   |
| การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝู้งานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา<br>คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา<br><i>รัตนาวดี พานทอง, อาคม ตาแสงวงษ์, วีรวัฒน์ วงศ์ใหญ่</i>                                       | 53   |
| การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ<br><i>ดิชนันท์ ธีรกุลโตมร, วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์, อธิวัฒน์ ภิญโญยาง</i>                                                                                     | 67   |
| Development of Smart Agricultural Monitoring and Irrigation System using IoT<br>and Mobile Applications<br><i>Sittichai Choosumrong, Rhutairat Hataitara, Thitisak Pothong</i>                                        | 81   |
| Development of Near Real–Time analysis of Heatstroke Risk Information<br>Service that affects to the elderly person based on Web Map Service<br><i>Sittichai Choosumrong, Venkatesh Raghavan, Chidchanok Kerdyord</i> | 88   |

## การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลัส (FLUS)

### กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

วันณชชา เทพวงศ์<sup>1</sup>, บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ<sup>1</sup>, ธิดาภัทร อนุชาญ<sup>2</sup> และ นิตี เอี่ยมชื่น<sup>1\*</sup>

#### Prediction of Future Land Use a Border Town Using FLUS Model:

#### A Case Study of Amphoe Chiang Khong Chiang Rai Province

Wannutchha Thepwong<sup>1</sup>, Boonsiri Sukpromsun<sup>1</sup>, Thidapath Anucharn<sup>2</sup> and Niti Iamchuen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

<sup>2</sup> Business Information System, Faculty of Business Administration: Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, 90000

\*Corresponding author e-mail: niti018@hotmail.com

Received: April 1, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 24, 2022

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเมืองชายแดนในพื้นที่อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 ประเภท ได้แก่ เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานศึกษา คมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ กับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนด้านกายภาพทั้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างจากทางน้ำ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท ปริมาณน้ำฝนรายปี ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง และระยะห่างจากตลาด มาทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลองฟลัส (FLUS) ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 ผลการศึกษาพบว่า 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างการพัฒนาจากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน มีความถูกต้องโดยรวม ร้อยละ 89.30 และ 2) ผลจากการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปีปัจจุบัน พ.ศ.2559-2568 พบว่า ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 12,897 และ 1,516 (ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่ เกษตรกรรม หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 11,697 952 และ 919 (ไร่) ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน, FLUS, ปัจจัยกายภาพ, โครงข่ายประสาทเทียม, เชียงของ

### Abstract

The objective of this study was monitoring land use change in the border town Amphoe Chiang Khong Chiang Rai Province by using land use data in 2007 and 2016 from Land Development Department (LDD). Land use classification was organized into 10 categories: agriculture, forest, miscellaneous, urban and commercial, residential, governmental institution, transportation, industrial, other and water body combined with 6 physical factors: distance from the stream, dem, slope, annual rainfall, distance from road and distance from market. The FLUS model is addressed in order to predict land use in 2025. The results found that: 1) the overall accuracy of

<sup>1</sup> สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

<sup>2</sup> สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

land use simulation in 2016 was 89.30% by comparison with land use data from LDD 2) the prediction of land use in 2016–2025 revealed that forest and miscellaneous were decreased in 12,897 rai and 1,516 rai respectively whereas agriculture, village and water body were increased in 11,697 rai, 951 rai 919 rai respectively.

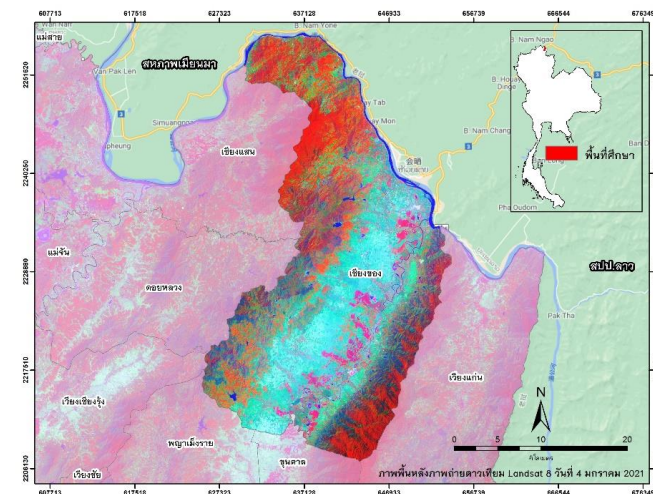
**Keyword:** Land Use model, FLUS, physical factors, Artificial Neural Networks, Chiang Khong

## บทนำ

ปัจจุบันพื้นที่เมืองชายแดนเชียงของ จังหวัดเชียงราย เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม โลจิสติกส์ และพื้นที่เพื่อเตรียมก่อสร้าง โรงแรม ที่พัก รีสอร์ท เป็นต้น (สุดาร์ตน์ อุทธาธรัตน์, และคณะ, 2562) โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลอันเนื่องมาจากเมื่อปี พ.ศ.2558 จังหวัดเชียงรายเข้าสู่ประชาคมอาเซียน (AEC) อย่างเต็มรูปแบบ ทำให้มีการส่งเสริมตลาดฐานการผลิตในด้านต่างๆ อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายและไหลเวียน สินค้า แรงงานฝีมือได้อย่างเสรี ส่งผลให้มีอัตราการเติบโตทางการค้าขายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการพื้นที่ในหลากหลายมิติ โดยในปัจจุบันไม่สามารถจัดการปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย สาเหตุดังกล่าวนี้เกิดจากการไม่ควบคุม และขาดการบริหารจัดการ ทำให้มีการขยายตัวแบบไร้ทิศทาง จากผลกระทบที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นจึงทำให้มีการหาวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษา โดยการใช้งานแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) นั้น “จำเป็นจะต้องทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตต่อเนื่องถึงปัจจุบัน เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต” (วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, 2563)

แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งประกอบไปด้วยระบบที่มีกระบวนการที่ซับซ้อนและปัจจัยขับเคลื่อน ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ โดยแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ กลุ่มแรก คือ แบบจำลองที่ไม่ได้คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน และกลุ่มที่สอง คือ แบบจำลองที่คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน (ชูเดช โลศิริ, 2559) ซึ่งมีแบบจำลองเป็นจำนวนมากที่ถูกนำมาใช้งาน ได้แก่ CA-MARKOV, CLUE-S, SLEUTH, LCM, LTM, URBANSIM และ CLUMONDO เป็นต้น ซึ่งมีการใช้แบบจำลองในการศึกษาการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย เช่น (ธีรเวทย์ ลิ้ม โกลมวิลาศ, 2557) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ.2567 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV (สุวิมล ต้นศิริ และคณะ, 2561) ใช้แบบจำลอง CA-Markov คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาฮอยดาวจังหวัดจันทบุรี (นิติ เอี่ยมชื่น, และคณะ, 2556) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CLUE-S และถึงแม้ว่าแบบจำลองหลายๆตัวนั้นได้รับความนิยมนำมาใช้ในการศึกษา แต่ก็มีข้อจำกัดที่ทำให้แบบจำลองนั้นไม่เหมาะสมกับการศึกษาในบางครั้ง เช่น แบบจำลอง CA-MARKOV มีข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ ต้องใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน 2 ช่วงเวลาในวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่ได้คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน และแบบจำลอง CLUE-S และ CLUMONDO มีข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ เป็นแบบจำลองที่ต้องอาศัยปัจจัยขับเคลื่อน (นิติ เอี่ยมชื่น, และคณะ, 2563) จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในอนาคตให้กับแบบจำลอง ทำให้บางครั้งต้องอาศัยการกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากแบบจำลองตัวอื่นมาช่วยสนับสนุน แต่ในปัจจุบันมีแบบจำลองอีกตัวหนึ่ง คือ แบบจำลองฟลักซ์ เป็นแบบจำลองที่ใช้ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ไม่เพียงเท่านั้นยังมีการใช้ Cellular Automata (CA) และ Markov Chain ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

ดังนั้นการศึกษานี้ได้สังเกตเห็นปัญหาของการขยายตัวแบบไร้ทิศทางที่จะก่อให้เกิดปัญหาสะสมในด้านต่าง ๆ มากยิ่งขึ้นไปในอนาคต (รูปที่ 1) จึงได้นำแบบจำลองฟลักซ์ มาเพื่อพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 472,727 ไร่ เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในการสนับสนุนการวางแผนการพัฒนาและวางแผนผังเขตชายแดนเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อพื้นที่ชายแดนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนในปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559
2. เพื่อพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนใน ปี พ.ศ.2568

## วิธีการศึกษา

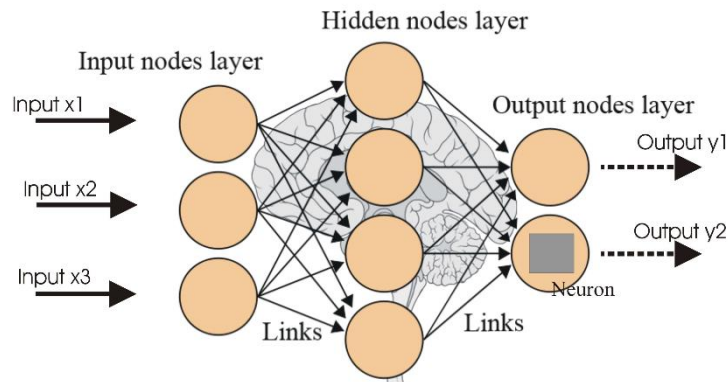
การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลักซ์ กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษากการสรางแบบจำลองโดยการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต เนื้อหาในส่วนนี้กล่าวถึง แนวคิดและหลักการทำงานของแบบจำลองฟลักซ์ โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) การตรวจสอบความถูกต้อง การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

### แบบจำลองฟลักซ์ FLUS

แบบจำลองฟลักซ์ ถูกสร้างขึ้นในซอฟต์แวร์ GUI ชื่อ GEOSOS-FLUS ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยแห่งชาติจีน ตะวันออก (East China Normal University: ECNU) เป็นแบบจำลองแบบบูรณาการสำหรับการจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินหลายประเภท ที่เกิดผลกระทบจากมนุษย์และธรรมชาติ มีรูปแบบการจัดสรรพื้นที่ตามทฤษฎีของ Cellular Automata (CA) สำหรับจำลองวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) สำหรับการพิจารณาทั้งกิจกรรมของมนุษย์และผลกระทบทางระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติโดยการหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และแรงผลักดันต่าง ๆ ของมนุษย์และธรรมชาติ (Liu et al, 2020)

### โครงข่ายประสาทเทียม (ANN)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) คือ ระบบคอมพิวเตอร์จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ที่เลียนแบบหลักการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งสมองประกอบด้วยหน่วยประมวลผลพื้นฐานที่เรียกว่า นิวรอน (เซลล์ประสาท หรือ Neuron) และจุดประสานประสาท (Synapses) ที่ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ โยประสาท (Dendrite) ตัวเซลล์ (Soma) และแกนประสาท (Axon) ในแต่ละโครงข่ายประสาทจะเชื่อมต่อกัน (อำภา สารศิริ, 2559)ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: Syed, D.A. and Rahul A. (2016). (Syed et al, 2016)

### การตรวจสอบความถูกต้อง

การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เป็นการประเมินความถูกต้องโดยรวมของข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลภาพแปลตีความ (Class) กับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะคำนวณได้จากค่าผลรวมแนวทแยงหลัก และหารด้วยผลรวมทั้งหมดจุดภาพ โดยจะคำนวณออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้อง ดังรูปที่ 3

|                                                                                                                                                                                                                            |              | j = Columns<br>(Reference) |          |          |          | Row Total |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|----------|----------|----------|-----------|
|                                                                                                                                                                                                                            |              | 1                          | 2        | $\dots$  | $i$      |           |
| i = Rows<br>(Classification)                                                                                                                                                                                               | 1            | $x_{11}$                   | $x_{12}$ | $x_{1k}$ | $x_{1+}$ |           |
|                                                                                                                                                                                                                            | 2            | $x_{21}$                   | $x_{22}$ | $x_{2k}$ | $x_{2+}$ |           |
|                                                                                                                                                                                                                            | $\dots$      | $x_{k1}$                   | $x_{k2}$ | $x_{kk}$ | $x_{k+}$ |           |
|                                                                                                                                                                                                                            | Column Total | $x_{+1}$                   | $x_{+2}$ | $x_{+3}$ | $x_{+4}$ |           |
| เมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน                                                                                                                                                                                                    |              |                            |          |          |          |           |
| $\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^K N_{ii}}{N}$ <div> โดย I คือ แถว (Row)<br/> J คือ แนวตั้ง (Column)<br/> <math>N_{ij}</math> คือ แถวที่ i แนวตั้งที่ j หรือแถวที่ j บรรทัดที่ i<br/> N คือ ผลรวมทั้งหมด </div> |              |                            |          |          |          |           |
| สมการในการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม                                                                                                                                                                                        |              |                            |          |          |          |           |

รูปที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความถูกต้อง

ที่มา: ทรัน วัน นินห์ และ ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. (2560). (ทรัน วัน นินห์, และคณะ, 2560)

## แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 6 งาน (ตารางที่ 1) มีปัจจัยทั้งหมด 17 ปัจจัย ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ บริบทของพื้นที่ และการนำข้อมูลมาแปลงเป็นข้อมูลทางภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเหลือเพียง 6 ปัจจัยที่จะนำมาใช้ศึกษา ได้แก่ เส้นทางน้ำ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท ปริมาณน้ำฝน การคมนาคมขนส่ง และที่ตั้งตลาด ในการเลือกปัจจัย จะเลือกปัจจัยที่มีการใช้ในงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไป จากการอ่านบทความ ทั้ง 6 บทความดังตารางที่ 1 จึงเหลือ 9 ปัจจัย คือ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางน้ำ การคมนาคมขนส่ง หมู่บ้าน ดิน ปริมาณน้ำฝน ทิศทางความลาด และทางรถไฟ แต่เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาเป็นอำเภอเชิงของ ซึ่งติดกับประเทศเพื่อนบ้าน และเป็นแหล่งการค้าชายแดน จึงยังนำปัจจัยระยะห่างจากตลาดมาใช้งาน และตัดปัจจัย หมู่บ้าน ดิน ทิศทางความลาด และทางรถไฟออก เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

- 1.ปัจจัยหมู่บ้านจัดอยู่ในหมวดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมือง
- 2.ปัจจัยดิน เนื่องจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แบ่งประเภทเป็นพื้นที่เกษตรอยู่แล้วสามารถบอกถึงพื้นที่เกษตรที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงไม่นำปัจจัยดินมาใช้ในการคาดการณ์
- 3.ปัจจัยทิศทางความลาด เนื่องจากใช้ปัจจัยความลาดเทบอกถึงความชันของพื้นที่แล้วจึงไม่นำปัจจัยทิศทางความลาดไปใช้
- 4.ปัจจัยทางรถไฟ เนื่องจากอำเภอเชิงของไม่มีทางรถไฟ จึงเหลืออยู่ 6 ปัจจัยได้แก่ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางน้ำ การคมนาคมขนส่ง ปริมาณน้ำฝน และระยะห่างจากตลาด

### การรวบรวมข้อมูล

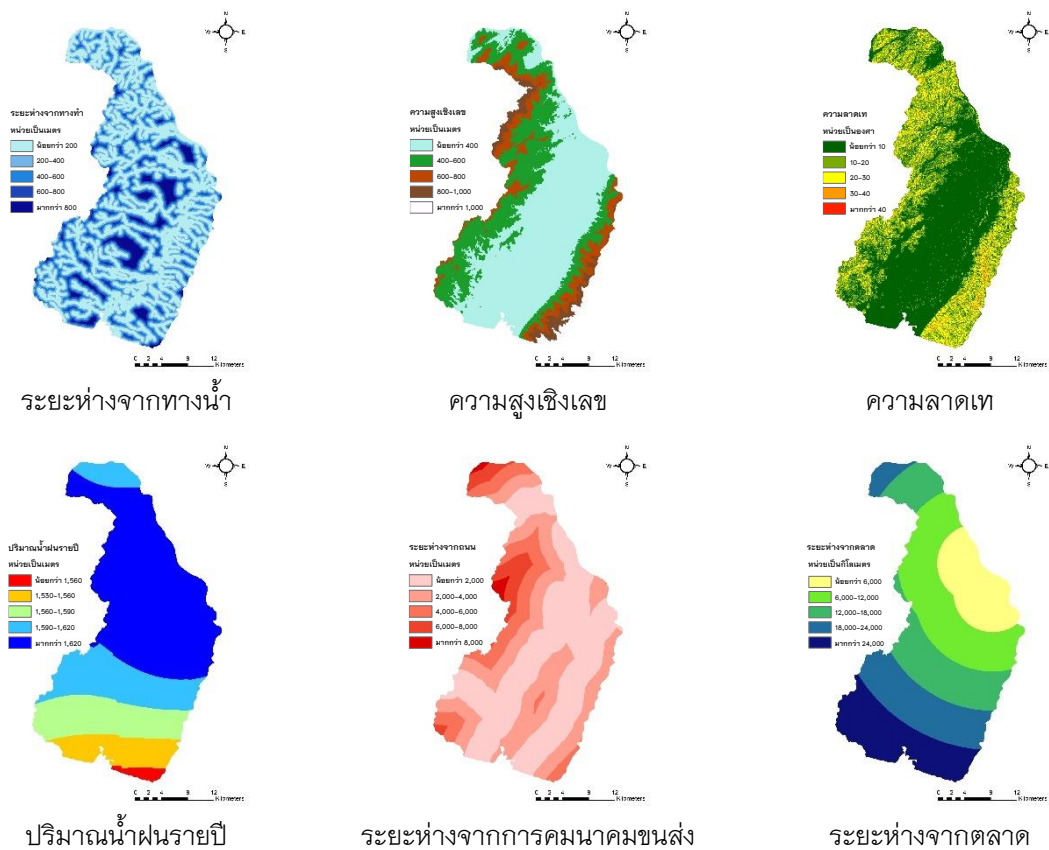
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 ใช้ขนาดละเอียดจุดภาพ 40 เมตร และปัจจัย รวมทั้งหมด 6 ปัจจัย (ตามตารางที่ 2 รูปที่ 4) กำหนดความละเอียดจุดภาพ 40 เมตร

ตารางที่ 1 ปัจจัยขับเคลื่อนที่ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ผู้เขียน                  | พื้นที่ศึกษา | ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน |           |            |     |             |                |          |        |           |                 |        |          |         |               |         |
|---------------------------|--------------|--------------------------------------|-----------|------------|-----|-------------|----------------|----------|--------|-----------|-----------------|--------|----------|---------|---------------|---------|
|                           |              | ความสูงเชิงเลข                       | ความลาดเท | เส้นทางน้ำ | ดิน | ปริมาณน้ำฝน | การคมนาคมขนส่ง | หมู่บ้าน | บ่อน้ำ | รอยเลื่อน | ระยะห่างจากตลาด | เขื่อน | อุณหภูมิ | ประชากร | ทิศทางความลาด | ทางรถไฟ |
| นิติ และ วันฉัตรชา (2563) | พะเยา        | x                                    | x         | x          | x   | x           | x              | x        | x      | x         |                 |        |          |         |               |         |
| ธนิษฐ์ชัย และคณะ (2563)   | เพชรบุรี     | x                                    | x         | x          |     |             | x              | x        |        |           |                 |        |          |         |               |         |
| วุฒิพงษ์ (2560)           | อุดรดิตต์    | x                                    | x         | x          |     |             | x              |          |        |           |                 | x      |          |         |               |         |
| Vliet and Malek (2015)    | สปป.ลาว      | x                                    | x         | x          | x   | x           |                | x        |        |           | x               |        | x        | x       |               |         |
| คมสัน (2550)              | เชียงใหม่    | x                                    | x         | x          |     |             | x              |          |        |           |                 |        |          |         | x             | x       |
| ชัยวัฒน์ และคณะ (2563)    | เชียงใหม่    | x                                    | x         | x          |     |             | x              | x        |        |           |                 |        |          |         | x             | x       |
| รวม                       |              | 6                                    | 6         | 6          | 2   | 2           | 5              | 4        | 1      | 1         | 1               | 1      | 1        | 1       | 2             | 2       |

ตารางที่ 2 ปัจจัย (Factor)

| ลำดับ | ปัจจัย                 | คำอธิบาย (หน่วย)                 | แหล่งที่มา             |
|-------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 1     | เส้นทางน้ำ             | ระยะห่างจากทางน้ำ (เมตร)         | กรมแผนที่ทหาร          |
| 2     | ความสูงเชิงเลข         | ความสูงเชิงเลข (เมตร)            | USGS (SRTM GLOBAL DEM) |
| 3     | ความลาดเท              | ความลาดเท (องศา)                 | สร้างจากความสูงเชิงเลข |
| 4     | ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย | ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร/ปี)  | กรมอุตุนิยมวิทยา       |
| 5     | การคมนาคมขนส่ง         | ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง (เมตร) | กรมแผนที่ทหาร          |
| 6     | ที่ตั้งตลาด            | ระยะห่างจากตลาด (เมตร)           | จากการสำรวจ            |



รูปที่ 4 ปัจจัยในการศึกษา

### การเตรียมข้อมูล

ทำการแบ่งข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา โดยจะจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นทั้งสิ้น 10 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานิคมณฑล ย่านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ อื่น ๆ

การจัดทำชั้นข้อมูลปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลด้านภูมิสารสนเทศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ชั้นข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัย จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลราสเตอร์ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลราสเตอร์ (Rasterization)

ระยะห่างจากทางน้ำ : (Stream) ได้จากข้อมูลเส้นทางน้ำจากกรมแผนที่ทหาร เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

ความสูงเชิงเลข : (Digital Elevation Model: DEM) จัดเก็บอยู่ในข้อมูลประเภท Raster ใช้สำหรับแสดงค่าความสูงของภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล : สำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาสหรัฐ : USGS ASTER-DEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) โดยผ่านเว็บไซต์ของ USGS EarthExplorer (USGS, 2022)

ความลาดเท : (Slope) สร้างจากข้อมูล DEM ซึ่งข้อมูลประเภท Raster ซึ่งจะใช้สำหรับแสดงค่าความลาดชันของพื้นที่ศึกษาในรูปแบบองศา (Degree)

ปริมาณน้ำฝนรายปี : (Annual Rainfall) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมรายปี ณ ตำแหน่งของจุดสถานีตรวจวัดที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยจะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการประมาณค่าด้วยวิธีการ Inverse Distance Weighted (IDW)

ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง : (Road) ได้จากกรมแผนที่ทหาร เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

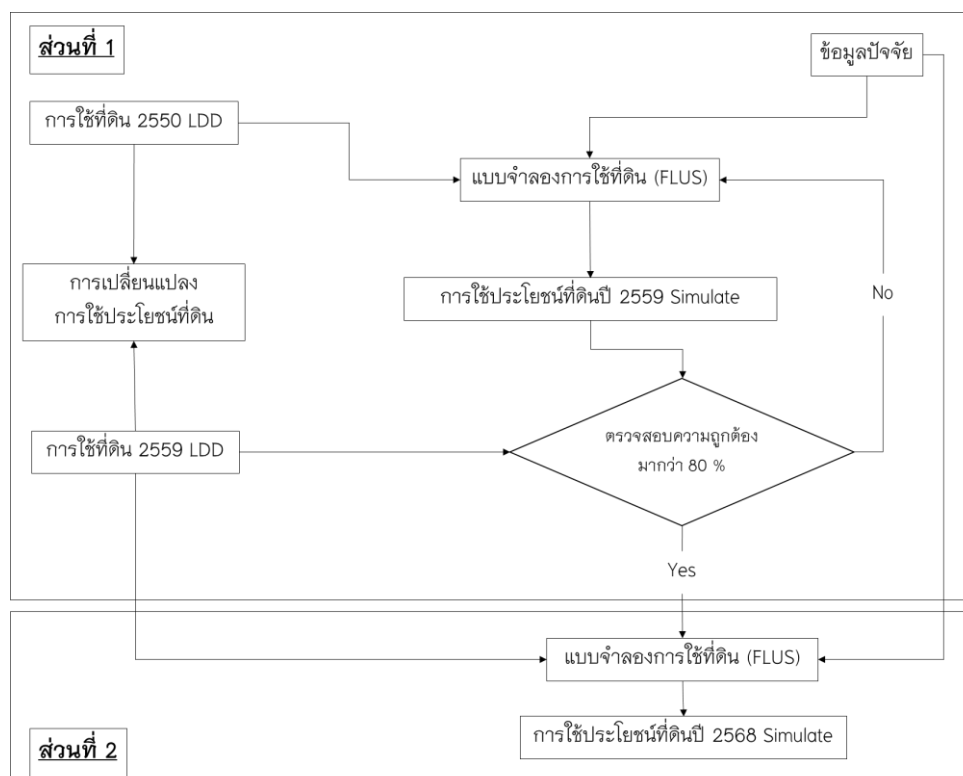
ระยะห่างจากตลาด : (Market) ได้จากการสำรวจ เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลัส กรณีศึกษา อำเภอยะรังของจังหวัดเชียงรายในอนาคต มีลำดับขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ **ส่วนแรก** คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 และ**ส่วนที่สอง** คือ การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 (รูปที่ 5)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 ทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินออกเป็น 10 ประเภท ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม พื้นที่อื่นๆ แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด จากนั้นใช้เทคนิคการรวมกันระหว่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินตามช่วงเวลาที่ต้องการทำการการศึกษา คือระหว่าง พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยจะแสดงค่าเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากประเภทหนึ่งไปยังประเภทหนึ่ง (From-to) และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฟลัส โดยพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 โดยแบบจำลองที่ใช้แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่มีความน่าจะเป็นที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 (ปีฐาน) ทั้ง 10 ประเภท กับข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ด้วยแบบโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์ เพื่อพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 และทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเทียบเคียงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2559 (อ้างอิง) มาเปรียบเทียบหาความสอดคล้องข้อมูล ซึ่งโดยทั่วไปหากทำการเปรียบเทียบแล้วมีข้อมูลตรงกันมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ ถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (Wang et al, 2021)

จากนั้นทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 มาทำการวิเคราะห์เมทริกซ์คำนวณความน่าจะเป็นของการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 จากนั้นนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559 (ปีฐาน) ทั้ง 10 ประเภท กับข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ และกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบเดียวกันกับการพยากรณ์ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ผังการดำเนินการรวม

## ผลการศึกษา

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559

จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 472,727 ไร่ ในปี พ.ศ.2550 (รูปที่ 6) และ ในปี พ.ศ.2559 (รูปที่ 7) โดยได้แบ่ง ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 10 ประเภทได้แก่ เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2550-2559 โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม หมู่บ้าน แหล่งน้ำ สถานที่ราชการ ตัวเมืองและย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม และพื้นที่อื่นๆ โดยเพิ่มขึ้น 42,111 , 2,143 , 1,464 , 328 , 211 , 176 , 141 และ 51 ไร่ ตามลำดับ โดยป่าไม้และเบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 43,291 และ 3,334 ไร่ ตามลำดับ โดยภาพรวมจะพบว่าเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปีราว 4,679 ไร่ ซึ่งมาจากการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้

**ตารางที่ 3** การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ.2559

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | พื้นที่(ไร่)   |                |                |                         |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|
|                            | พ.ศ.2550       | พ.ศ.2559       | การเปลี่ยนแปลง | การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย/ปี |
|                            |                |                | รวม            |                         |
| เกษตรกรรม (A)              | 204,689        | 246,800        | 42,111         | 4,679                   |
| ป่าไม้ (F)                 | 221,413        | 178,122        | - 43,291       | -4,810                  |
| เบ็ดเตล็ด (M)              | 20,844         | 17,510         | - 3,334        | -370                    |
| ตัวเมืองและย่านการค้า (U1) | 3,857          | 4,068          | 211            | 23                      |
| หมู่บ้าน (U2)              | 12,341         | 14,484         | 2,143          | 238                     |
| สถานที่ราชการ (U3)         | 475            | 803            | 328            | 36                      |
| สถานีนครนาค (U4)           | -              | 141            | 141            | 16                      |
| ย่านอุตสาหกรรม (U5)        | 250            | 426            | 176            | 20                      |
| พื้นที่อื่นๆ (U6)          | 266            | 317            | 51             | 6                       |
| แหล่งน้ำ (W)               | 8,592          | 10,056         | 1,464          | 163                     |
| <b>รวม</b>                 | <b>472,727</b> | <b>472,727</b> |                |                         |

#### การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฟลัส

การตรวจสอบความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินนิยมทำการทดสอบแบบจำลองในการคาดการณ์ในปีปัจจุบัน (Simulation) เทียบกับข้อมูลอ้างอิง (Reference) เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงไร จะทำการวัดค่าความถูกต้องโดยรวมประกอบการตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลตั้งต้นในการจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2550 (รูปที่ 6) พร้อมกับปัจจัยทั้ง 6 ประการมาคาดการณ์ด้วยแบบจำลองฟลัส ผลลัพธ์ปี พ.ศ.2559 (รูปที่ 8) แล้วนำมาตรวจสอบโดยเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปีในปีเดียวกัน (พ.ศ.2559) ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน (รูปที่ 7) ในแบบทุกตำแหน่งเทียบ (Pixel by pixel) ตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) พบว่า แบบจำลองมีความถูกต้องรวมเท่ากับ 89.30 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อแยกพิจารณารายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า เกษตรกรรมมีพื้นที่ต่างกัน 24,565 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.95 ของพื้นที่อ้างอิง (กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2559) ป่าไม้ที่มีพื้นที่ต่างกัน 26,163 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.59 เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ต่างกัน 734 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.19 ตัวเมืองและย่านการค้าที่ต่างกัน 104 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.56 หมู่บ้านที่ต่างกัน 1,382 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.54 สถานที่ราชการที่ต่างกัน 364 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 45.33 สถานีนครนาคที่ต่างกัน 141 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 100 ย่านอุตสาหกรรมที่ต่างกัน 44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.33 พื้นที่อื่นๆที่ต่างกัน 22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.94 และแหล่งน้ำที่ต่างกัน 571 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.68 (ตารางที่ 4) ในส่วนของสถานที่ราชการ และ สถานีนครนาค ที่ค่ามีความแตกต่างกันมาก แต่ถ้าพิจารณาเทียบเคียงผลการคาดการณ์จากแบบจำลองฟลัสในปี พ.ศ.2559 เทียบกับข้อมูลตั้งต้น (ปี พ.ศ.2550) ก็ยังมีค่าต่างกันไม่มากนัก เช่น สถานที่ราชการปี พ.ศ.2550 มีพื้นที่ 475 ไร่ แบบจำลองฟลัส ปี พ.ศ. 2559 ได้พื้นที่ 439 ไร่ เช่นเดียวกับ สถานีนครนาคที่ปี พ.ศ. 2550 ไม่พบการใช้ที่ดินประเภทนี้ ผลจากแบบจำลองฟลัสในปี พ.ศ. 2559 จึงไม่พบเช่นกัน หรือพิจารณาจากแผนที่เทียบเคียง (รูปที่ 7-8) ในภาพรวมแทบไม่เห็นความแตกต่าง

**ตารางที่ 4** ความแตกต่างระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ ปี พ.ศ.2559

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | พื้นที่(ไร่)          |                 |                 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                            | กรมพัฒนาที่ดิน (2559) | แบบจำลอง (2559) | ความแตกต่าง (%) |
| เกษตรกรรม (A)              | 246,800               | 222,235         | -9.95           |
| ป่าไม้ (F)                 | 178,122               | 204,285         | 14.69           |
| เบ็ดเตล็ด (M)              | 17,510                | 18,244          | 4.19            |
| ตัวเมืองและย่านการค้า (U1) | 4,068                 | 4,172           | 2.56            |
| หมู่บ้าน (U2)              | 14,484                | 13,102          | -9.54           |
| สถานที่ราชการ (U3)         | 803                   | 439             | -45.33          |
| สถานีนครนาค (U4)           | 141                   | 0               | -100.00         |
| ย่านอุตสาหกรรม (U5)        | 426                   | 470             | 10.33           |
| พื้นที่อื่นๆ (U6)          | 317                   | 295             | -6.94           |
| แหล่งน้ำ (W)               | 10,056                | 9,485           | -5.68           |
| รวม                        | 472,727               | 472,727         | -               |
| Overall Accuracy           |                       | 89.30           |                 |

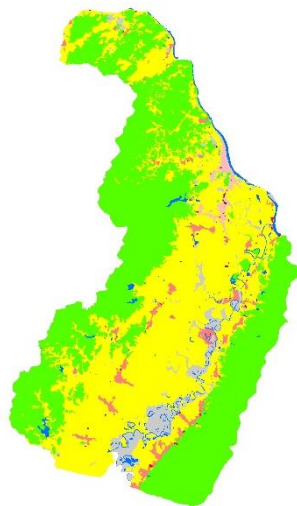
#### การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2568

การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ในอีก 10 ปี ข้างหน้าด้วยแบบจำลอง FLUS โดยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ได้มาจากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2550-2559 ในการกำหนดค่าการจำลองการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท พบว่ามีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม 11,697 ไร่ ตัวเมืองและย่านการค้า 559 ไร่ หมู่บ้าน 952 ไร่ สถานที่ราชการ 24 ไร่ สถานีนครนาค 116 ไร่ ย่านอุตสาหกรรม 76 ไร่ พื้นที่อื่นๆ 70 ไร่ และแหล่งน้ำ 919 ไร่ โดยพื้นที่ลดลงได้แก่ ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด ลดลง 12,897 ไร่ และ 1,516 ไร่ ตามลำดับ (รูปที่ 9 และตารางที่ 5)

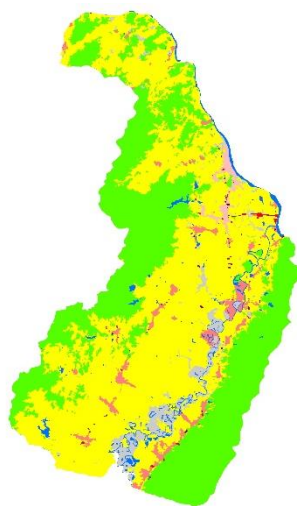
**ตารางที่ 5** การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ.2568 (ไร่)

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | พื้นที่(ไร่)              |                     | การเปลี่ยนแปลงเทียบ พ.ศ.2559 |
|----------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|
|                            | พ.ศ.2559 (กรมพัฒนาที่ดิน) | พ.ศ.2568 (แบบจำลอง) |                              |
| เกษตรกรรม (A)              | 246,800                   | 258,497             | 11,697                       |
| ป่าไม้ (F)                 | 178,122                   | 165,225             | -12,897                      |
| เบ็ดเตล็ด (M)              | 17,510                    | 15,994              | -1,516                       |
| ตัวเมืองและย่านการค้า (U1) | 4,068                     | 4,627               | 559                          |
| หมู่บ้าน (U2)              | 14,484                    | 15,436              | 952                          |
| สถานที่ราชการ (U3)         | 803                       | 827                 | 24                           |
| สถานีนครนาค (U4)           | 141                       | 257                 | 116                          |

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน | พื้นที่(ไร่)              |                     | การเปลี่ยนแปลง<br>เทียบ พ.ศ.2559 |
|----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------------|
|                            | พ.ศ.2559 (กรมพัฒนาที่ดิน) | พ.ศ.2568 (แบบจำลอง) |                                  |
| ย่านอุตสาหกรรม (U5)        | 426                       | 502                 | 76                               |
| พื้นที่อื่นๆ (U6)          | 317                       | 387                 | 70                               |
| แหล่งน้ำ (W)               | 10,056                    | 10,975              | 919                              |
| รวม                        | 472,727                   | 472,727             | 100                              |



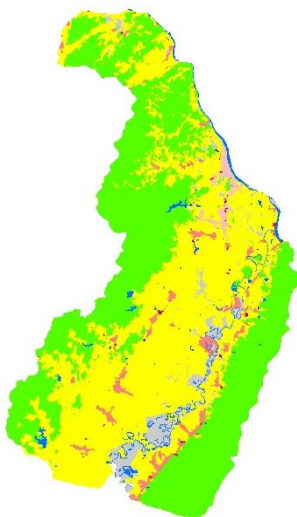
รูปที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550



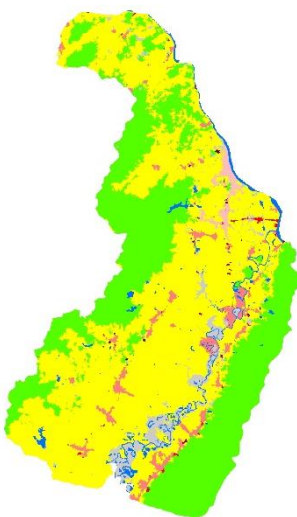
รูปที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

#### คำอธิบายสัญลักษณ์

- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ป่าไม้
- พื้นที่เปิดเตล็ด
- พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้า
- พื้นที่หมู่บ้าน
- พื้นที่สถานที่ราชการ
- พื้นที่สถานศึกษา
- พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม
- พื้นที่อื่นๆ
- พื้นที่แหล่งน้ำ

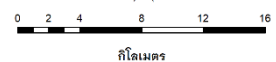


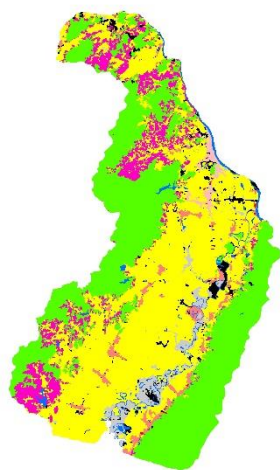
รูปที่ 8 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี พ.ศ.2559



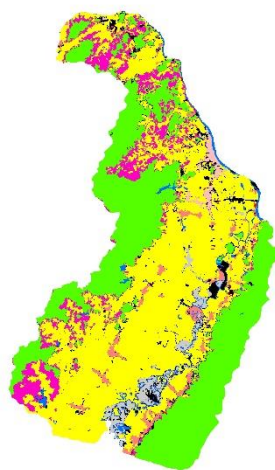
รูปที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี พ.ศ.2568

- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ป่าไม้
- พื้นที่เปิดเตล็ด
- พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้า
- พื้นที่หมู่บ้าน
- พื้นที่สถานที่ราชการ
- พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม
- พื้นที่แหล่งน้ำ
- พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
- พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

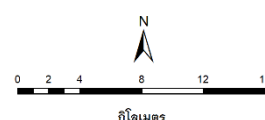




**รูปที่ 10** การเปลี่ยนแปลง  
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550-  
2559 ของกรมพัฒนาที่ดิน



**รูปที่ 11** การเปลี่ยนแปลง  
การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี  
พ.ศ.2559-2568



### สรุปและอภิปรายผล

การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ใช้ปี พ.ศ.2550 และ ปี พ.ศ.2559 และข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนทางกายภาพ เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจำลองสถานการณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 พบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ ป่าไม้ รองลงมา คือ เกษตรกรรม เบ็ดเตล็ด หมู่บ้าน แหล่งน้ำ สถานที่ราชการ ตัวเมืองและย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559 ที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทตรงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2559 ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน มีพื้นที่ตรงกันร้อยละ 89.30 ของพื้นที่ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเชื่อมั่นสูง และ ยังพบว่ามีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับงานของ [19] ซึ่งมีค่าความถูกต้องร้อยละ 90% แต่พบว่าในกรณีที่ปีเริ่มต้น (Base line) ไม่พบหรือมีพื้นที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อย จะทำให้ในการคาดการณ์คลาดเคลื่อนมากพอสมควร เช่น สถานที่ราชการ และ สถานีคมนาคม เป็นต้น และส่งผลต่อการคาดการณ์ในอนาคตต่อไป การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2568 ที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ เกษตรกรรม รองลงมา คือ ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด หมู่บ้าน แหล่งน้ำ ตัวเมืองและย่านการค้า สถานที่ราชการ ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และสถานีคมนาคม ตามลำดับ มีแนวโน้มสอดคล้องในทิศทางเดียวกับการคาดการณ์ในปี พ.ศ.2559 กล่าวคือ ถ้ามีแนวโน้มในปี พ.ศ.2559 อย่างไร ปีคาดการณ์ต่อเนื่อง (2568) จะมีทิศทางเดียวกัน และจากการคาดการณ์ทำให้ทราบว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะเพิ่มขึ้นในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ อาจเป็นผลมาจากทางชุมชนมีการใช้พื้นที่ป่าไม้มาทำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้มีพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น จึงทำให้พื้นที่เกษตรกรรมขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของระหว่างปี พ.ศ.2559 และปี พ.ศ.2568 พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลง

ได้แก่ ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และค่าที่แสดงความถูกต้องโดยรวมของการตรวจสอบความถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์อ้างอิง จาก (Congalton, 2001) ได้แบ่งค่าความถูกต้องไว้ว่าควรมากกว่า 0.80 ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้พอสรุปได้ว่า แบบจำลองฟัสนี้มีความสามารถในการพยากรณ์ที่ดี ประกอบกับการนำปัจจัยกายภาพมาใช้ร่วมในการพิจารณา ทำให้มีความน่าเชื่อถือเพราะใช้ข้อมูลตั้งต้นทั้ง การใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับปัจจัยในการวิเคราะห์แบบโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองอื่นๆ ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจนำแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ มาเทียบเคียงในพื้นที่เดียวกัน หรือทดสอบกับเมืองที่มีการขยายตัวช้าเร็วแตกต่างกันไปอาจมีบริบทที่เหมาะสมกับแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งเป็นการเฉพาะก็อาจเป็นไปได้

### ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากมีแบบจำลองอื่นๆ ที่คล้ายกับแบบจำลองฟัส เช่นแบบจำลองฟัส อาจจะทดลองคาดการณ์หรือทดสอบกับแบบจำลองที่คล้ายกัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ว่าทั้ง 2 แบบจำลองมีการคาดการณ์ไปในทิศทางเดียวหรือใกล้เคียงกัน
2. ผลการคาดการณ์ที่ได้ก็นำเอาผลไปใช้ในการตรวจสอบกับพื้นที่จริงหรือลงสู่จุดเพื่อดูพื้นที่จริงกับผลที่คาดการณ์ ว่ามีการคาดการณ์ที่ตรงกันหรือไม่ หากว่ามีทิศทางตรงกันหรือคล้ายกัน อาจนำผลไปตัดสินใจวางแผนเชิงพื้นที่เพื่อควบคุมทิศทางการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

### เอกสารอ้างอิง

- คมสัน คีร์วงศ์วัฒนา. (2550). การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. สาขาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ชัยวัฒน์ บุญตัน, วันณัชชา เทพวงศ์, บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ, ธิดาภัทร อนุชาญ, และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2563). แบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอเมืองเชียงใหม่และพื้นที่โดยรอบ. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่. 2(2), 40-51.
- ชูเดช โลศิริ. (2559). แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการคาดการณ์พื้นที่เมืองในอนาคต. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 19, 340-357.
- ทรัน วัน นิन्ह, และ ซาดิซาย ไวยสุระสิงห์. (2560). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีแบบความน่าจะเป็นได้ที่สูงกับวิธีสหพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมืองขอนแก่น. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 17(4), 49-60.
- ธณัชชัย วิทยานนท์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, และ วิษุวัฒน์ก์ แด่มสมบัติ. (2563). การคาดการณ์การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง CA-Markov. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับนานาชาติ ครั้งที่ 13 และระดับชาติ ครั้งที่ 21 (154-161). นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
- ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาศ. (2557). คาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ.2567 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 17, 94-113.
- นิติ เอี่ยมชื่น, และวันณัชชา เทพวงศ์. (2563). การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUmondo กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่. 1(2), 1-13.

- นิติ เอี่ยมชื่น, และวันฉัตร เทพวงศ์. (2563). การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ที่ดินเพื่อ  
คาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต. *วารสารวิจัยและสารสถาปัตยกรรม การผังเมือง*. 17(2), 79-92.
- นิติ เอี่ยมชื่น, และสุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2556). การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแบบจำลองคลูเอส (CLUE-S)  
กรณีศึกษา บริเวณพื้นที่โดยรอบกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและ  
สารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*. 15(1), 26-31.
- วีระภาส คุณรัตนศิริ. (2563). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อ  
คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน. *วารสารวิทยาศาสตร์  
ประยุกต์*. 19(2), 78-100.
- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์. (2560). การเปรียบเทียบการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้แบบจำลอง CA-  
Markov และ แบบจำลอง Land Change Modeler: กรณีศึกษาจังหวัดอุดรธานี. *สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ  
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา*.
- สุธาร์ตน์ อุทธารัตน์, และ มานัส ศรีวิชัย. (2562). การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดน: กรณีศึกษา  
เมืองชายแดนเชียงของ ภายใต้พื้นที่เทศบาลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย. *วารสารวิจัยและสาร  
สถาปัตยกรรม/การผังเมือง*. 16(2), 93-112.
- สุวิมล ดันศิริ, วันชัย อรุณประภารัตน์, และวีระภาส คุณรัตนศิริ (2561). การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์  
ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวจังหวัดจันทบุรี. *วารสารว  
นศาสตร์*. 37(2), 138-150.
- อำภา สารศิริ. (2559). เทคนิคการเรียนรู้พื้นฐานโครงข่ายประสาทเทียม. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- Congalton, R. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information.  
*International Journal of Wildland Fire*, 10, 321-328.
- Liu, X., Li, X., & Liang, X. (2020). *A Future Land Use Simulation Model by coupling Human and Natural Effects, GeoSOS-FLUS User's Manual*. Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, PR China, 21p.
- Syed, D. A., & Rahul A. (2016). *The Evolution and Core Concepts of Deep Learning & Neural Networks*. *Analytics Vidhya*. สืบค้นจาก <https://www.Analyticsvidhya.Com/Blog/2016/08/Evolution-Core-Concepts-Deep-Learning>.
- USGS. (2022). *USGS EarthExplorer*. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vliet, J. v., & Malek. (2015). *The CLUMondo Land Use Change Model Manual and exercises*. University of Amsterdam, Netherlands.
- Wang, Q., Guan, Q., Lin, J., Luo, H., Tan, Z., & Ma, Y. (2021). *Simulating land use/land cover change in an arid region with the coupling models*. *Ecological Indicators*, 122, 107231.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107231>.

## การวิเคราะห์จำนวนประชากรและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลแบบเปิด

วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์<sup>1</sup>, ทินน์ ธิรกุลโตมร<sup>2\*</sup> และ อธิวัฒน์ ภิญโญยาง<sup>3</sup>

### Analysis of the Population and Areas Affected by Flooding Using Open Data

Wilawan Prasomsup<sup>1</sup>, Tinn Thirakultomorn<sup>2\*</sup> and Athiwat Phinyoyang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Survey Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

<sup>2</sup> Rail System Institute of Rajamangala University of Technology Isan, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

<sup>3</sup> Department of Geoinformatics, School of Science Suranaree, University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

\*Corresponding author: tinn.th@rmuti.ac.th

Received: March 31, 2022; Revised: May 19, 2022; Accepted: May 25, 2022

#### บทคัดย่อ

ภัยพิบัติน้ำท่วมในประเทศไทยที่ผ่านมาก่อให้เกิดความเสียหายแก่ประชาชนและระบบเศรษฐกิจ ซึ่งภาครัฐมีมาตรการเยียวยาเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยในพื้นที่ต่างๆ โดยการสำรวจหาจำนวนและลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ประสบภัย อย่างไรก็ตาม กระบวนการดังกล่าวจะเกิดช่องว่างของช่วงเวลาที่ใช้ในการสำรวจขึ้น ผู้วิจัยจึงมีการจัดทำแผนที่ประเมินพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลแบบเปิดและซอฟต์แวร์รหัสเปิด เพื่อประเมินพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-1A เปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่วมที่ได้จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) และวิเคราะห์จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละความแตกต่าง พบว่า มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม 387,471.56 ไร่ มีค่าความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมของ สทอภ. อยู่ที่ร้อยละ 6.83 และค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 93.17 มีประชากรในพื้นที่ตัวอย่างที่ได้รับผลกระทบจำนวน 69,644 คน ซึ่งมีผลลัพธ์เป็นไปในแนวทางเดียวกับประกาศเขตพื้นที่ประสบสาธารณภัย (อุทกภัย) แต่จะสามารถระบุขอบเขตของการเกิดน้ำท่วมได้อย่างชัดเจนทั้งเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถจัดทำเป็นข้อมูลประกอบการประกาศพื้นที่ประสบสาธารณภัย (อุทกภัย) การพิจารณาจ่ายเงินเยียวยา และการวางแผนรับมือการเกิดน้ำท่วมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

**คำสำคัญ:** น้ำท่วม, ซอฟต์แวร์รหัสเปิด, เซนติเนล วัน-เอ, ข้อมูลแลนด์สแกน

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>2</sup> สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>3</sup> สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

## Abstract

The recent floods in Thailand have caused damage to people and the economy. The government will have remedial measures to help victims in various areas by surveying the number of impacts that occur to the victims. However, this process will create gaps between flood impact surveying. Therefore, the researcher developed flood areas assessment using open data and open-source software to assess flooded areas from Sentinel-1A data compared with flood data from the Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA) and analyzed the number of people affected by flooding in the area. As a result, it was found that the affected area of flooding was 387,471.56 rai. While the error value from the flooded area of the GISTDA was 6.83% , the accuracy was 93.17% , and the affected population of the sample area was 69,644. These results complement the disaster-affected area (flood) announcement but can specify the extent of the quantitative and spatial flooding. It can be used as crucial information for declaring disaster-affected areas (floods) , considering payment of compensation, and planning to manage floods to be more effective in the future.

**Keyword:** Flood, Open-Source Software, Sentinel-1A, Land Scan

## บทนำ

จากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในปี พ.ศ. 2564 ถือเป็นเหตุการณ์ที่ต้องถูกบันทึกไว้ในความทรงจำของคนไทยในรอบ 10 ปี เพราะสร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อประชาชนในหลายพื้นที่ ซึ่งเป็นผลมาจากพายุโซนร้อนที่แม้จะไม่ได้พัดเข้าสู่ไทยโดยตรง แต่ก็ส่งผลกระทบต่อในหลายพื้นที่เกิดน้ำท่วมอย่างหนัก จนแทบจะเรียกได้ว่าซาร์อยเมื่อปี พ.ศ. 2554 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน), 2565) กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย รายงานว่า มี 32 จังหวัดที่ได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนเตี้ยนหมู่ (Dianmu) ครอบคลุมทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก มีประชาชนได้รับผลกระทบกว่า 2 แสนครัวเรือน (TNN Online, 2564, 22 ธันวาคม) ซึ่งกระทรวงมหาดไทยได้มีมาตรการเยียวยาเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วมในพื้นที่ต่างๆ โดยจะจ่ายเงินเยียวยาให้แก่ผู้ประสบภัยครอบคลุมค่าวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมที่อยู่อาศัย ค่าใช้จ่ายในการดำรงชีพเบื้องต้น ค่าเครื่องมือที่ใช้ในการประกอบอาชีพ ค่าเครื่องนุ่งห่ม เป็นต้น (ผู้จัดการออนไลน์, 2564, 6 ตุลาคม) สำหรับการพิจารณาจ่ายเงินเยียวยานั้นทางองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และนายอำเภอจะร่วมกันทำการสำรวจจำนวนและลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม แล้วนำเสนอเข้าที่ประชุมคณะกรรมการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติอำเภอ (ก.ช.ภ.อ.) ก่อนเสนอไปยังที่ประชุมคณะกรรมการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติจังหวัด (ก.ช.ภ.จ.) เพื่อพิจารณาอนุมัติและดำเนินการเบิกจ่ายเงินเยียวยาให้แก่ประชาชนที่ได้รับผลกระทบต่อไป

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงช่องว่างของช่วงเวลาที่ อปท. ใช้ในสำรวจหาจำนวนและลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้ประสบภัยน้ำท่วมในพื้นที่ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาจ่ายเงินเยียวยา ทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing: RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม ร่วมกับข้อมูลที่สามารถหาได้ในเวลาที่จำกัด หากเกิดน้ำท่วมขึ้น โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-1A ปี พ.ศ. 2564 ร่วมกับข้อมูลแลนด์สแกน (Land Scan) เพื่อให้เห็นขอบเขตความเสียหายที่ชัดเจนเชิงพื้นที่ในพื้นที่ตัวอย่าง และมีความถูกต้องแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถ

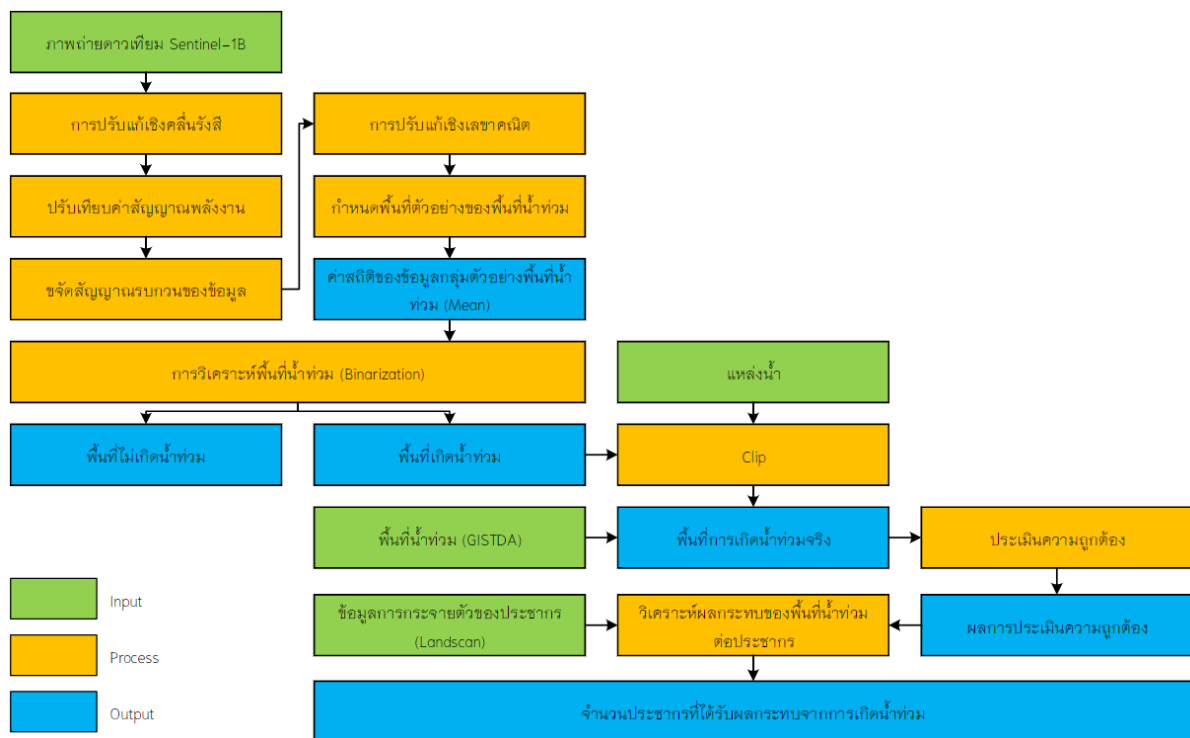
จัดทำเป็นต้นแบบของข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำแผนบริหารจัดการ และวางแผนรับมือการเกิดน้ำท่วมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

### วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อประเมินพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-1A
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากผลการวิเคราะห์กับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- 2.3 เพื่อวิเคราะห์จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา

### วิธีการศึกษา

ในการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วม รวมไปถึงผลกระทบของน้ำท่วมที่มีผลต่อประชากรได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นดังนี้



รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงาน

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นข้อมูลแบบเปิด ประกอบไปด้วย ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร องค์การอวกาศแห่งยุโรป (ESA) สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และ ห้องปฏิบัติการแห่งชาติโอคริดจ์ (ORNL) ดังแสดงในตารางที่ 1

## ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

| ข้อมูล                            | ชนิดข้อมูล | ปีที่เก็บรวบรวม | แหล่งข้อมูล   |
|-----------------------------------|------------|-----------------|---------------|
| ข้อมูลแหล่งน้ำ                    | Vector     | 2552            | กรมแผนที่ทหาร |
| ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A | Raster     | 2564            | ESA           |
| ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วม              | Vector     | 2564            | GISTDA        |
| ข้อมูลการกระจายตัวของประชากร      | Raster     | 2562            | ORNL          |

## การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลก่อนการประมวลผล

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A บันทึกข้อมูลในวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2564 ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดชัยภูมิ นครราชสีมา และขอนแก่น ที่ดาวมิโหลดจากเว็บไซต์ขององค์การอวกาศแห่งยุโรป (ESA) ชนิด Interferometric Wide Swath (IW) GRD Level-1 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลก่อนการประมวลผล (Preprocessing) โดยเริ่มจากการปรับแก้เชิงคลื่นรังสี (Radiometric correction) เพื่อขจัดสิ่งรบกวน (Noise removal) จากนั้น ทำการปรับเทียบค่าพลังงานของข้อมูลจากข้อมูลฮีดโรแกรมในกระบวนการของการ Calibration และทำการขจัดสัญญาณรบกวนที่พบในข้อมูล (Salt and pepper) ด้วยวิธีการกรองข้อมูลแบบ Lee filter [7] ซึ่งเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของพิกเซลให้เท่ากับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของพิกเซลทั้งหมดภายในระยะ Moving kernel ขนาด  $7 \times 7$  โดยการคำนวณค่า Lee filter จะสร้างค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าข้อมูลนำเข้าเดิมและมีการปรับให้ข้อมูลมีความราบเรียบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ (Rubel, 2020) ดังต่อไปนี้

$$\mu_{\text{Lee}} = [\mu_{\text{local}}] + \alpha[\mu_{\text{global}} - \mu_{\text{local}}] \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยที่ Mean = ค่าเฉลี่ยของพิกเซลในกรอบข้อมูล (moving window)

$$\alpha = \frac{\sigma_{\text{local}}^2}{[\sigma_{\text{local}}^2 + \sigma_{\text{global}}^2]} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

$$\sigma_{\text{Lee}}^2 = \left( \frac{[\sigma_{\text{local}}^2 \sigma_{\text{global}}^2] + [\sigma_{\text{local}}^2 \sigma_{\text{global}}^2]}{[n]^2 + 1} \right) - [\sigma_{\text{local}}^2 \sigma_{\text{global}}^2] \quad (\text{สมการที่ 3})$$

การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction) จะดำเนินการเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการประมวลผล โดยจะทำการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศ (Terrain correction) โดยการดึงค่าพิกัดอ้างอิงบนแผนที่ (Geocode) มาทำการปรับแก้การบิดเบี้ยวทางเรขาคณิต ด้วยข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) และสร้างภาพที่มีพิกัดในระบบพิกัดกริด (Projected Coordinate System: PCS)

## การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A ที่ผ่านการปรับปรุงข้อมูลก่อนการประมวลผลแล้วจะถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม

การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Region of interest: ROI) ให้กับพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างให้กระจายอยู่บนพื้นที่น้ำท่วมทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างพื้นที่น้ำท่วม โดยจะพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำหนดค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่ได้จากค่าเฉลี่ยจากขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสถิติด้วยวิธีการ Binarization โดยการระบุเงื่อนไข ดังนี้

If  $(X \leq \text{Threshold})$  กำหนดให้เป็น พื้นที่เกิดน้ำท่วม

else  $(X \geq \text{Threshold})$  กำหนดให้เป็น พื้นที่ไม่เกิดน้ำท่วม

จากนั้นนำข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำมาตัดออกจากข้อมูลน้ำท่วม เพื่อให้ได้เฉพาะพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมจริง และทำการส่งออกข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องในขั้นตอนถัดไป

การจัดกลุ่มประเภทของข้อมูลใหม่ (Reclassify) (Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2022) ให้กับข้อมูลที่พื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A และข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจาก GISTDA เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในช่วงค่าเดียวกันจึงทำการ Reclassify ข้อมูลซึ่งกำหนดให้พื้นที่เกิดน้ำท่วมมีค่าเท่ากับ 1 และพื้นที่ไม่เกิดน้ำท่วมมีค่าเท่ากับ 0

### การประเมินความถูกต้อง

ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจาก สทอภ. จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแหล่งข้อมูลแบบเปิด (ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A) โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบ wall-to-wall (Global Land Analysis and Discovery Lab, 2022; Heinz et al, 2015) และคำนวณค่าร้อยละความแตกต่าง ดังสมการที่ 4 (Cole et al, 2017)

$$\text{ร้อยละความแตกต่าง} = \left( \frac{\text{พื้นที่น้ำท่วมจาก Sentinel-1A} - \text{พื้นที่น้ำท่วมจาก GISTDA}}{\text{ค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 ชุดข้อมูล}} \right) * 100 \quad (\text{สมการที่ 4})$$

### การวิเคราะห์ผลกระทบของน้ำท่วมต่อประชากร

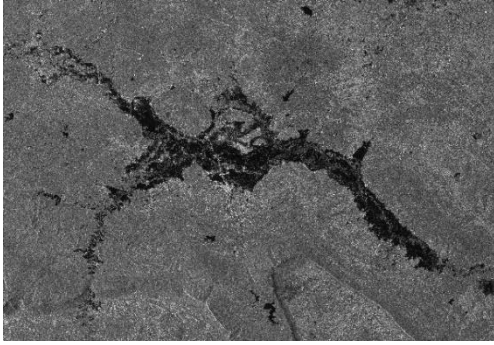
ข้อมูลการกระจายตัวของประชากร (Landscan) ได้จากเว็บไซต์ของห้องปฏิบัติการแห่งชาติโอกริดจ์ (ORNL) เป็นข้อมูลการประมาณการค่าความหนาแน่นของประชากรต่อหนึ่งกริดพื้นที่ มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร (30 พิลิปดา X 30 พิลิปดา) ถูกนำไปซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมได้จากแหล่งข้อมูลแบบเปิดเพื่อหาจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นจริง

### ผลการศึกษา

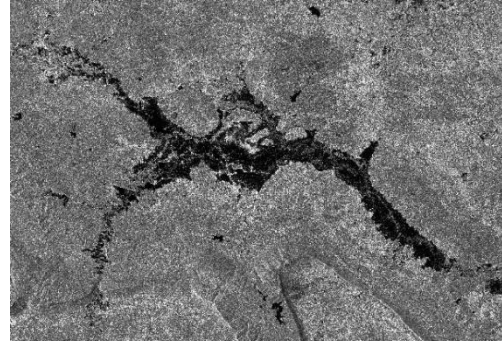
การจัดทำข้อมูลแสดงบริเวณพื้นที่น้ำท่วม วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2564 จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A (รูปที่ 2) โดยมีรายละเอียดดังนี้

### ผลการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลก่อนการประมวลผล

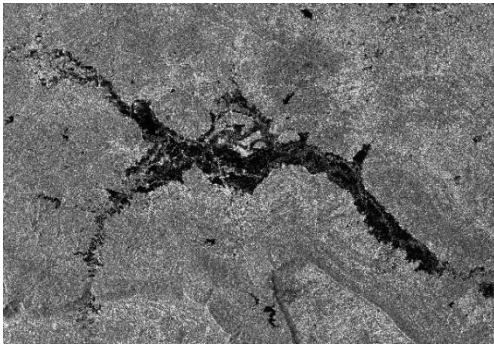
ผลการปรับเทียบค่าพลังงานของข้อมูลจากข้อมูลฮิสโตแกรมในกระบวนการของการ Calibration (รูปที่ 3) และผลจากการทำการขจัดสิ่งรบกวนแล้วนั้น พบว่า ภาพจะมีความคมชัดมากยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ยังไม่ผ่านการขจัดสิ่งรบกวน เนื่องจากมีการขจัดจุดภาพสีขาวเกิดจากสัญญาณรบกวนเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของจุดภาพนั้นให้เป็นค่าสูงสุด และขจัดจุดภาพสีดำที่เกิดจากสัญญาณรบกวนเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของจุดภาพนั้นให้เป็นค่าต่ำสุด (รูปที่ 4) จากนั้นทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิต โดยภาพที่ได้จะถูกปรับแก้ให้อยู่ในระบบพิกัดกริด (Projected Coordinate System: PCS) บนเส้นโครงแผนที่แบบ Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48N (รูปที่ 5)



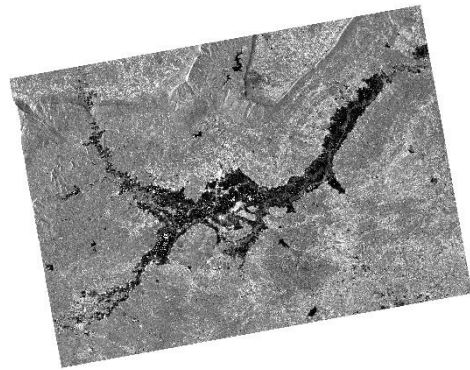
รูปที่ 2 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A



รูปที่ 3 ภาพหลังการปรับเทียบค่าพลังงานของข้อมูลจากข้อมูลฮิโดแกรม



รูปที่ 4 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A หลังทำการขจัดสิ่งรบกวน

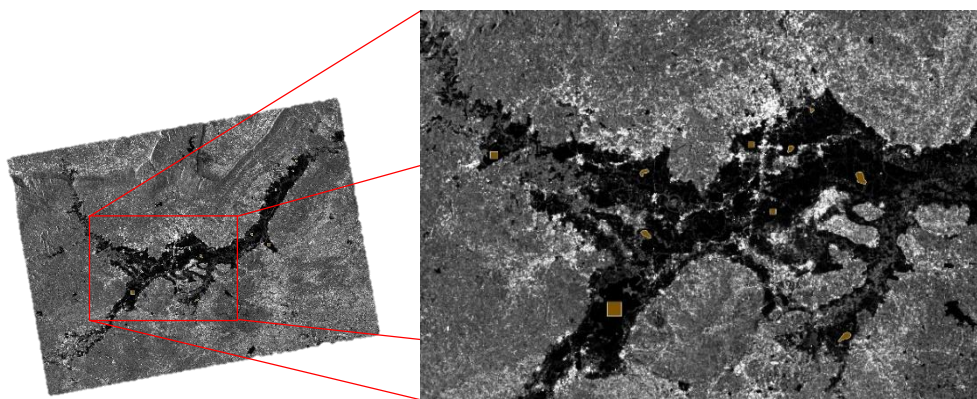


รูปที่ 5 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A หลังทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิต

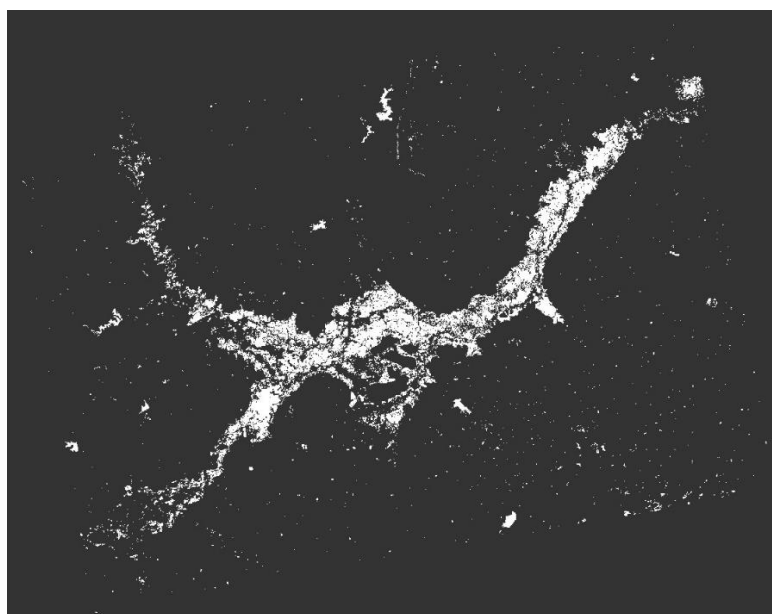
### ผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม

จากการกำหนด ROI ให้กับพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 กลุ่ม จำนวน 26,971 พิกเซล (รูปที่ 6) เมื่อพิจารณาค่าสถิติของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างพื้นที่น้ำท่วม พบว่า ค่าต่ำสุดของข้อมูลเท่ากับ 0.0017 ในขณะที่ค่าสูงสุดของข้อมูลเท่ากับ 0.0450 และค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean value) เท่ากับ 0.0056 เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A ที่ผ่านการปรับปรุงข้อมูลก่อนการประมวลผล มาวิเคราะห์ค่าสถิติตามเงื่อนไขในข้อ 3.3.1 ด้วยวิธีการทำภาพขาวดำสองระดับในซอฟต์แวร์ฟรีเปิด (โปรแกรม SNAP) ดังแสดงในรูปที่ 7 จุดภาพสีขาวจะหมายถึงพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม และจุดภาพสีดำจะหมายถึงพื้นที่ที่ไม่เกิดน้ำท่วม ซึ่งพื้นที่ที่วิเคราะห์ได้เป็นพื้นที่น้ำท่วมต้องถูกกันออกจากพื้นที่แหล่งน้ำ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเฉพาะพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมจริง (รูปที่ 8) ส่วนพื้นที่เกิดน้ำท่วมจากวิเคราะห์ของ GISTDA แสดงดังรูปที่ 9

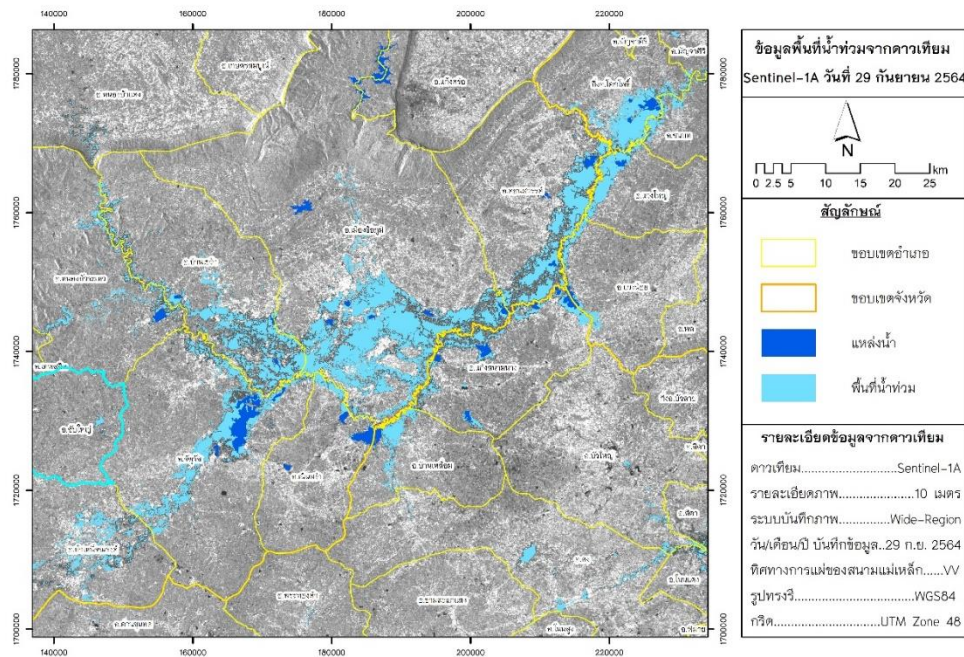
ผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมของ 3 จังหวัด ในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 21 อำเภอ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า มีพื้นที่ 3 อำเภอ ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ อำเภอบ้านเขว้า และอำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ เท่ากับ 114,756.24 (29.62%), 43,187.26 (11.15%) และ 42,073.03 (10.86%) ไร่ตามลำดับ



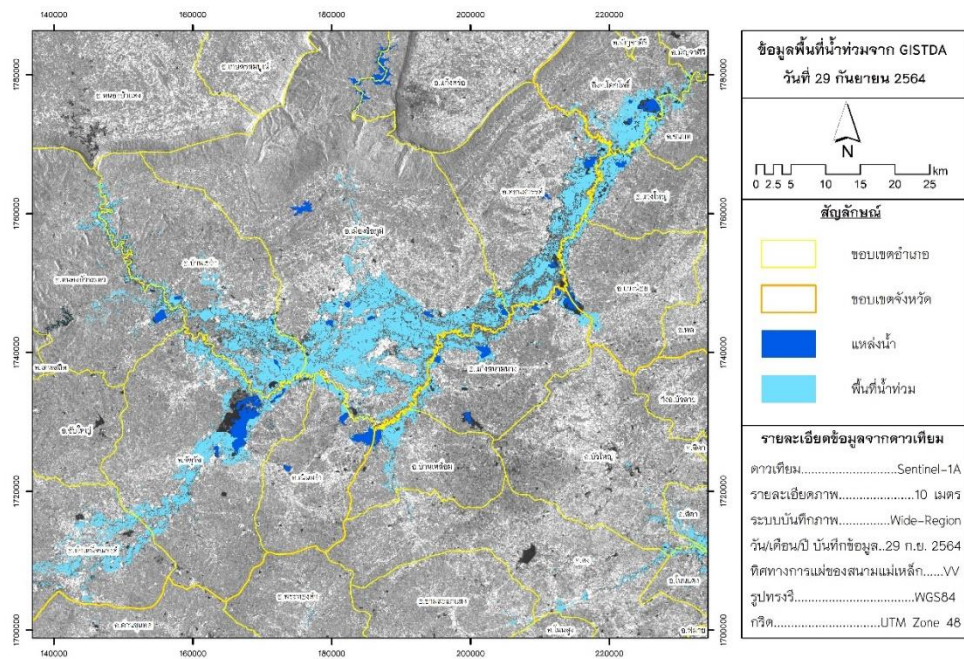
รูปที่ 6 พื้นที่ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนพื้นที่น้ำท่วม (Region of interest)



รูปที่ 7 ผลลัพธ์จากการทำภาพขาวดำสองระดับในซอฟต์แวร์รหัสเปิด



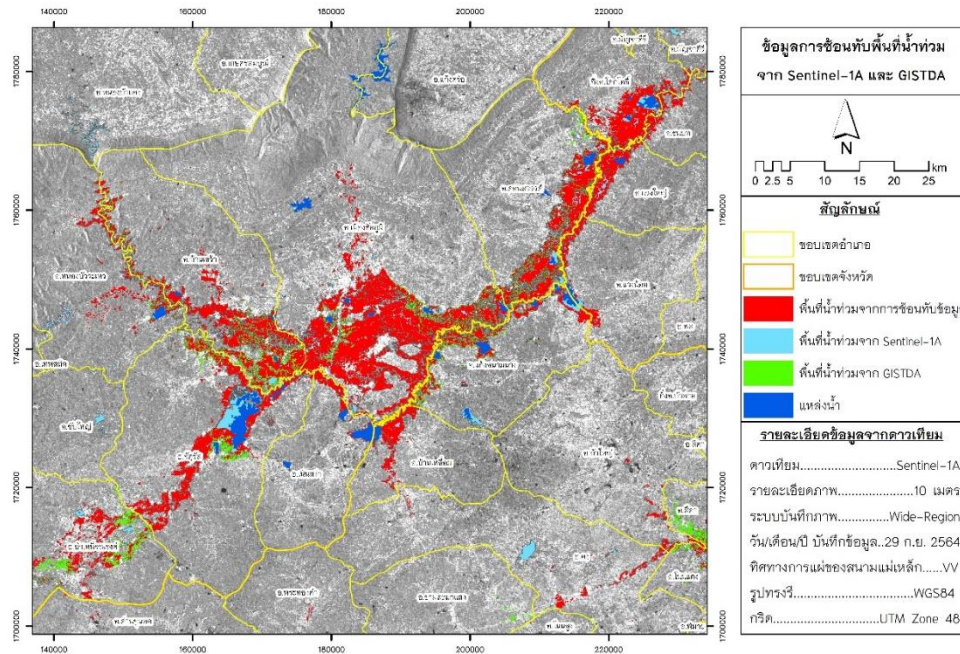
รูปที่ 8 พื้นที่น้ำท่วมที่วิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A



รูปที่ 9 พื้นที่น้ำท่วมจากการวิเคราะห์ของ สทอภ.

### ผลการประเมินความถูกต้อง

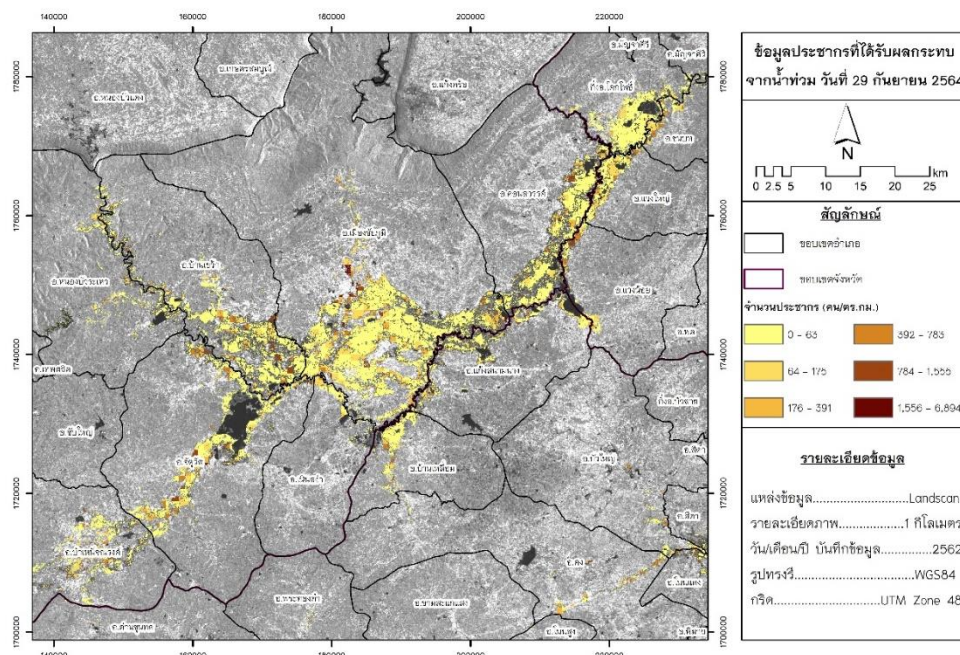
ข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากการวิเคราะห์ ถูกประเมินความถูกต้องด้วยค่าร้อยละความแตกต่าง ซึ่งแสดงให้เห็นสัดส่วนความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแหล่งข้อมูลแบบเปิด พบว่า มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมจำนวน 387,471.56 ไร่ และมีค่าร้อยละความแตกต่างจากข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากวิเคราะห์ของ GISTDA เท่ากับ ร้อยละ 6.83 หรือคิดเป็นพื้นที่ 26,457.69 ไร่ โดยเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกพื้นที่น้ำท่วมอ้างอิง ร้อยละ 3.51 หรือ 13,593.70 ไร่ และไม่อยู่ในขอบเขตของพื้นที่น้ำท่วมอ้างอิง ร้อยละ 3.32 หรือ 12,857.99 ไร่ ในขณะที่ผลการคำนวณค่าความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ได้เท่ากับร้อยละ 93.17 หรือ 361,019.87 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 การซ้อนทับข้อมูลพื้นที่เกิดน้ำท่วมและไม่เกิดน้ำท่วมที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A และ GISTDA

### ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของน้ำท่วมต่อประชากร

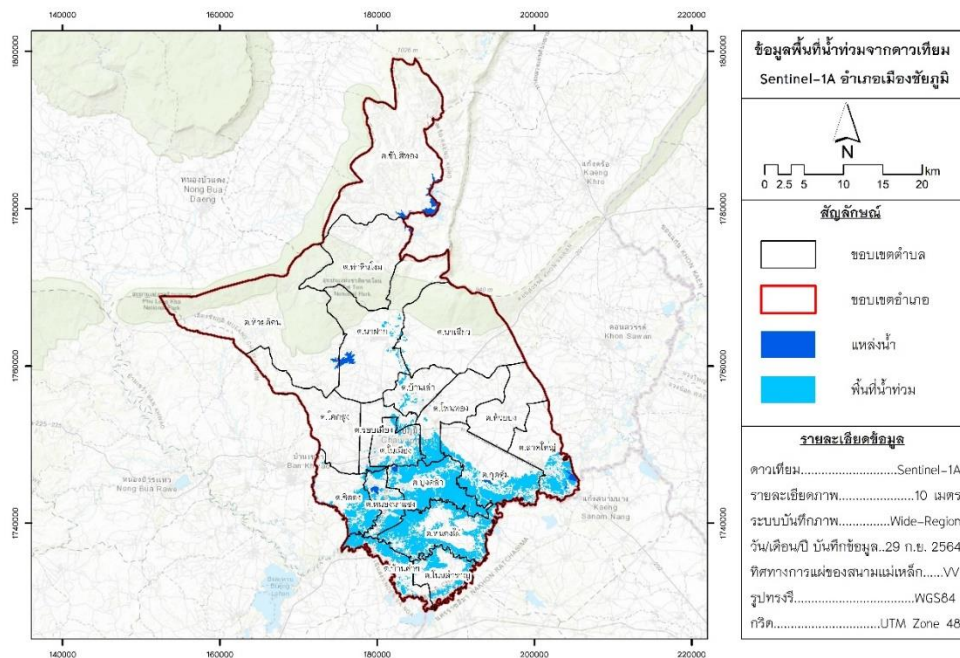
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า มีประชากรในพื้นที่ศึกษา 920,293 คน และเป็นประชากรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม จำนวน 69,644 คน ดังแสดงในรูปที่ 11 โดยอำเภอที่มีประชากรได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ อำเภอเมืองชัยภูมิ อำเภอบ้านเขว้า และอำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ เท่ากับ 19,911 (28.59%), 9,427 (13.51%) และ 8,601 (12.35%) คน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ได้แสดงผลการวิเคราะห์ผลกระทบของน้ำท่วมต่อประชากรของพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ โดยสามารถแสดงผลได้ถึงระดับตำบล (รูปที่ 12)



รูปที่ 11 ประชากรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม

ตารางที่ 2 ข้อมูลพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมและจำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา

| จังหวัด    | อำเภอ        | พื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม |        | จำนวนประชากร |        |
|------------|--------------|-----------------------|--------|--------------|--------|
|            |              | ไร่                   | ร้อยละ | คน           | ร้อยละ |
| ขอนแก่น    | โคกโพธิ์ไชย  | 25,201.28             | 6.50   | 1,643        | 2.36   |
|            | ชนบท         | 10,992.55             | 2.84   | 2,810        | 4.03   |
|            | เวียงใหญ่    | 12,262.29             | 3.16   | 1,845        | 2.65   |
|            | เวียงน้อย    | 6,222.68              | 1.61   | 2,581        | 3.71   |
|            | มัญจาคีรี    | 8,737.23              | 2.25   | 3,432        | 4.93   |
| นครราชสีมา | แก่งสนามนาง  | 15,778.60             | 4.07   | 2,227        | 3.20   |
|            | บ้านเหลื่อม  | 9,738.57              | 2.51   | 1,432        | 2.06   |
|            | สีดา         | 925.91                | 0.24   | 708          | 1.02   |
|            | โนนแดง       | 10,590.93             | 2.73   | 1,916        | 2.75   |
|            | คง           | 6,315.67              | 1.63   | 1,975        | 2.84   |
|            | บัวใหญ่      | 3,169.33              | 0.82   | 183          | 0.26   |
|            | ด่านขุนทด    | 222.67                | 0.06   | 431          | 0.62   |
| ชัยภูมิ    | คอนสวรรค์    | 38,003.60             | 9.81   | 5,543        | 7.96   |
|            | เนินสง่า     | 4,530.13              | 1.17   | 607          | 0.87   |
|            | จัตุรัส      | 42,073.03             | 10.86  | 8,601        | 12.35  |
|            | บำเหน็จณรงค์ | 20,461.02             | 5.28   | 2,657        | 3.82   |
|            | หนองบัวระเหว | 11,328.53             | 2.92   | 853          | 1.11   |
|            | บ้านเขว้า    | 43,187.26             | 11.15  | 9,427        | 13.54  |
|            | เมืองชัยภูมิ | 114,756.24            | 29.62  | 19,911       | 28.59  |
|            | หนองบัวแดง   | 1,655.33              | 0.43   | 729          | 1.05   |
|            | ซับใหญ่      | 1,318.71              | 0.34   | 133          | 0.19   |
| รวม        |              | 387,471.56            | 100.00 | 69,644       | 100.00 |



รูปที่ 12 ประชากรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ

## สรุปและอภิปรายผล

การจัดทำการประเมินพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้แหล่งข้อมูลแบบเปิดและซอฟต์แวร์รหัสเปิด ในวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2564 ผลการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ ค่าพลังงานของข้อมูลจากข้อมูลฮิสโตแกรมในกระบวนการของการ Calibration และการจัดตั้งระบบการวัดด้วยวิธีการกรองข้อมูลแบบ Lee filter ส่งผลให้ภาพมีความคมชัดมากยิ่งขึ้น โดยภาพที่ได้จะถูกปรับแก้ให้อยู่ในระบบพิกัดกริด เส้นโครงแผนที่แบบ UTM Z48N เมื่อพิจารณาค่าสถิติของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างพื้นที่น้ำท่วม จำนวน 10 กลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการ Binarization ในซอฟต์แวร์รหัสเปิดสามารถใช้เป็นค่าขีดแบ่ง (Threshold) ในการระบุพื้นที่น้ำท่วมได้เป็นอย่างดี การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วยค่าร้อยละความแตกต่าง แสดงให้เห็นสัดส่วนความเปลี่ยนแปลงของผลการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากแหล่งข้อมูลแบบเปิด พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม จำนวน 387,471.56 ไร่ และมีค่าความแตกต่างจากข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจาก GISTDA คิดเป็นร้อยละ 6.83 และคำนวณค่าความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ได้เท่ากับ ร้อยละ 93.17 มีประชากรในพื้นที่ศึกษาที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมจำนวน 69,644 คน

เมื่อพิจารณาข้อมูลพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมและจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในพื้นที่อำเภอเมืองชัยภูมิ มีผลลัพธ์เป็นไปในแนวทางเดียวกับประกาศเขตพื้นที่ประสบสาธารณภัย (อุทกภัย) (สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดชัยภูมิ, 2564) แต่การประเมินพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลแบบเปิดและซอฟต์แวร์รหัสเปิดสามารถระบุขอบเขตของการเกิดน้ำท่วมได้อย่างชัดเจน ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถจัดทำเป็นข้อมูลประกอบการประกาศพื้นที่ประสบสาธารณภัย (อุทกภัย) การพิจารณาจ่ายเงินเยียวยาให้กับผู้ประสบภัยน้ำท่วม การบริหารจัดการ และวางแผนรับมือการเกิดน้ำท่วมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน). (2565). *บันทึกเหตุการณ์มหาอุทกภัยปี 2554*. สืบค้นจาก <http://tiwrmdev.hii.or.th/current/flood54.html>.
- สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดชัยภูมิ. (2564). *ประกาศเขตพื้นที่ประสบภัยพิบัติประมาณ พ.ศ.2564 ประกาศกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดชัยภูมิ เรื่องประกาศเขตพื้นที่ประสบสาธารณภัย (อุทกภัย) จำนวน 16 อำเภอ*. สืบค้นจาก [http://cpm.disaster.go.th/cmsdetail.cyp-6.110/52449/inner\\_2775/5252.1/](http://cpm.disaster.go.th/cmsdetail.cyp-6.110/52449/inner_2775/5252.1/)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2564, 6 ตุลาคม). *มท.ให้ค่าซ่อมบ้านหลังละเกือบ 5 หมื่น ทุ่มงบช่วยน้ำท่วมทุกระลอก*.
- สืบค้นจาก <https://mgronline.com/specialcoop/detail/9640000098851>.
- Cole, T. J., & Altman, D. G. (2017). *Statistics Notes: What is a percentage difference?*. Bmj, 358.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2022). *Reclassify (Spatial Analyst)*. Retrieved from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-analyst/reclassify.htm>.
- European Space Agency (ESA). (2022). *Copernicus Open Access Hub*. Retrieved from <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA). (2022). *Thai flood Monitoring System*. Retrieved from <https://flood.gistda.or.th>.
- Global Land Analysis and Discovery Lab. (2022). *Estimating Tree Cover Area and Change Using Sample-based Analysis*. Retrieved from: [https://glad.umd.edu/Potapov/Madagascar\\_2017/Documents/03\\_GLAD\\_Sampling.pdf](https://glad.umd.edu/Potapov/Madagascar_2017/Documents/03_GLAD_Sampling.pdf).

- Heinz, G., Martin, S., Roland, W., Mathias, S., Birgit, K., & Ursula, S. (2015). *Remote sensing based two-stage sampling for accuracy assessment and area estimation of land cover changes*. Remote sensing, 7(9), 11992–12008.
- Oak Ridge National Laboratory (ORNL). (2022). *LandScan Datasets*. Retrieved from <https://landscan.ornl.gov/landscan-datasets>.
- Rubel, O., Lukin, V., Rubel, A., & Egiazarian, K. (2020). *Prediction of Lee filter performance for Sentinel-1 SAR images*. Electronic Imaging, 2020(9), 371–1.
- TNN Online. (2564, 22 ธันวาคม). 10 ชาวเด่นแห่งปี ลำดับที่ 1/10 บันทึกเหตุการณ์ "น้ำท่วมใหญ่" 2564 หวนซ้ำรอยในรอบ 10 ปี. สืบค้นจาก <https://www.tnnthailand.com/news/local/99775/>.

# การประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเพาะปลูกข้าวด้วย

## ภูมิสารสนเทศ

กรรณิการ์ แม่มูล<sup>1</sup>และ สวารินทร์ ฤกษ์อยู่สุข<sup>1\*</sup>

## Evaluation of The Effect of Road Lighting System on Rice Cultivation Using Geoinformatics

Kannika Maomool<sup>1</sup> and Sawarin Lerk-u-suke<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

\*Corresponding author: sawarin.le@up.ac.th

Received: March 31, 2022; Revised: June 1, 2022; Accepted: June 10, 2022

### บทคัดย่อ

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์และการประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่บริเวณด้านข้างถนนอุบลี (พระอุบลีคุณูปมาจารย์) จังหวัดพะเยา ช่วงปี พ.ศ. 2561 ถึง 2563 โดยอาศัยการสร้างข้อมูลชี้พิกัดของข้าวจากการผสานข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) จากข้อมูลภาพถ่ายเทียมเซนติเนล 2 (Sentinal-2) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลาเพื่อติดตามการเพาะปลูกข้าวและประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าว การประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเชิงตำแหน่งอาศัยการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) จากข้อมูลภาพออร์โธจากอากาศยานไร้คนขับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจะมีค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ที่สูงยาวนานต่อเนื่องมากกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากกระบวนการออกดอกของข้าวล่าช้ากว่าปกติ เมื่อใช้ข้อมูลภาพออร์โธที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับคำนวณหาระยะห่างจากแนวเสาไฟฟ้าแสงสว่าง พบว่า แสงไฟประดิษฐ์ในช่วงกลางคืนของถนนยังส่งผลให้ข้าวออกรวงช้ามากกว่าปกติและสามารถส่งผลได้ไกลจากแหล่งกำเนิดแสง (บริเวณกึ่งกลางถนน) ถึง 50 เมตรหรือประมาณ 40 เมตรจากแนวไหล่ถนน ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในด้านการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิตและการบริหารจัดการ ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำผลจากการศึกษาไปร่วมกันออกแบบทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์

**คำสำคัญ:** การประมวลผลภาพเชิงเลข, แสงไฟประดิษฐ์ในช่วงกลางคืน, มลภาวะของแสง, ข้อมูลชี้พิกัดของข้าว

<sup>1</sup> สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000



## Abstract

This paper aims to analyze and assess the effect of the road lighting system on rice cultivation besides the Upali (Upalighunupamachan) Road, located in Dok Khamtai district, Phayao province, between 2018 and 2021. Rice phenology was created by fusing the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derived from Sentinel-2 satellite imagery, with the time series analysis to monitor rice cultivation and to assess the effect of road lighting systems on the rice growth. A spatial impact assessment was conducted using an unsupervised UAV orthophoto classification. The result shows that the artificial night light delays the flowering time in rice cultivation, and it can be affected up to 50 meters from the road's centerline or 40 meters from the shoulder. There are farmers' problems in planting, harvesting, and management. This valuable information can help farmers and stakeholders to design the solution based on facts and empirical evidence.

**Keywords:** Digital Image Processing, Artificial night light, Light pollution, Rice phenology

## บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในแต่ละปีปริมาณข้าวที่ผลิตได้ที่เกิดจากความต้องการบริโภคภายในประเทศ จะถูกส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ อาทิเช่น แอฟริกาใต้ จีน สหรัฐอเมริกา เบนิน ญี่ปุ่น แองโกลา อิรัก แคนเมอรูนและเยเมน เป็นต้น มูลค่าการส่งออกในแต่ละปีนั้นมีมูลค่าสูงติดอันดับโลกมาอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยส่งออกข้าวมากถึงกว่า 6 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 100,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) พื้นที่เพาะปลูกข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) ทั้งประเทศมีประมาณ 71 ล้านไร่ ผลผลิตที่ได้ประมาณ 31 ล้านตัน (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2565) ในจังหวัดพะเยานั้นได้มีการคัดเลือกให้ ข้าวหอมมะลิ เป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดและเกษตรกรเลือกการทำนาปลูกข้าวมากกว่าการเกษตรรูปแบบอื่น พื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งจังหวัดพะเยานั้นมีขนาดประมาณ 705,000 ไร่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

ถนนอุบาสี (พระอุบาลีคุณูปมาจารย์) เริ่มก่อสร้างเมื่อวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2561 ก่อสร้างแล้วเสร็จ เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ.2563 เป็นทางหลวงที่มีผิวจราจรแบบแอสฟัลติกคอนกรีตขนาด 4 ช่องจราจร มีเกาะกลางและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง วัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นทางเลี่ยงตัวเมืองจากบริเวณแยกเกษตรสุขของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (ถนนพหลโยธิน) ไปเชื่อมกับถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1021 (ทางไปอำเภอดอกคำใต้) แนวถนนจะมุ่งไปตามทิศตะวันตกเฉียงใต้ตัดผ่านถนน อบจ.พย.ถ.10011 (บ้านสันจกปก) และถนนทางหลวงชนบทสาย พย.4015 (บ้านจำป่าหวาย) (สำนักงานประชาสัมพันธ์, 2563)

พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในจังหวัดพะเยา คือ ข้าวหอมมะลิและข้าวเหนียว เนื่องจากความเหมาะสมของพื้นที่ ขายได้ในราคาสูง ประกอบกับมีคุณภาพสูงและมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย จึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ แนวโน้มความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105) ที่เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง (Photoperiod sensitive variety) จึงสามารถปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีเท่านั้น เกษตรกรในจังหวัดพะเยาสวนใหญ่จะนิยมปลูกข้าวในช่วงเดือนเมษายน – สิงหาคม โดยข้าวจะออกดอกในช่วงประมาณเดือนตุลาคม

และสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไป ช่วงที่สำคัญที่สุดของการเพาะปลูก คือ ช่วงออกดอกของข้าว (Flowering) โดยปริมาณของการออกดอกจะมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด คือ อุณหภูมิ และช่วงแสง ช่วงแสงที่ทำให้ข้าวกำเนิดช่อดอก คือ สภาพที่ต้องมีช่วงแสงสั้นกว่า 12 ชั่วโมงหรือจำนวนความยาวช่วงกลางวันอยู่ในระดับหนึ่งที่จะทำให้พืชมีการสร้างช่อดอกได้ ที่เรียกว่า ช่วงแสงวิกฤต (Critical day length) โดยถ้าช่วงแสงในพื้นที่เพาะปลูกมีจำนวนชั่วโมงมากกว่าค่าที่เหมาะสม จะทำให้ข้าวไม่ผลิตช่อดอกจนกว่าจะได้รับช่วงแสงต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤต จึงจะสามารถกำเนิดหรือผลิตช่อดอกได้ (กมลินทร์ พรหมรัตน์รักษ์ และคณะ, 2548)

แสงไฟฟ้าประดิษฐ์ช่วงกลางคืน (Artificial night lighting) จากระบบไฟแสงสว่างแม้จะมีประโยชน์นานัปการ แต่ในบางบริบทนั้นก็อาจถือว่าเป็นผลภาวะได้ เนื่องจากสิ่งมีชีวิตบนโลก ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์หรือพืชพรรณส่วนใหญ่ล้วนแต่มีวิวัฒนาการภายใต้นาฬิกาชีวภาพ (Circadian clock) ที่อาศัยแสงจากดวงอาทิตย์ในกิจกรรมและการดำรงชีวิต แสงสว่างจะส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการทางชีวเคมี วงจรและกลไกการทำงานของร่างกาย ไปจนถึงการตอบสนองและพฤติกรรมที่แตกต่างในแต่ละช่วงเวลาของวัน ในส่วนของพืชพรรณนั้นมีการศึกษาพบว่า พืชบางชนิดจะผลัดใบเมื่อเจอแสงสว่างตอนกลางคืนหรือบางชนิดจะออกดอกในช่วงเจริญพันธุ์ผิดช่วงเวลาปกติ รวมถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชลดน้อยลงหากได้รับแสงสว่างในปริมาณที่น้อยหรือมากเกินไป (Chepesiuk, 2009) แม้ว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งบนทางหลวง จะมีไว้เพื่อให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะและคนเดินเท้าสามารถมองเห็นลักษณะทางกายภาพของถนนรวมถึงสภาพข้างทางได้อย่างชัดเจนในเวลากลางคืนเมื่อแสงสว่างจากดวงอาทิตย์เริ่มหมดไปเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ถนน โดยความต้องการไฟฟ้าแสงสว่างนั้นจะแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ คุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ สภาพการจราจรหรือความต้องการสื่อสารให้แก่ผู้ขับขี่ (กรมทางหลวง, 2554) ในอดีตนั้นการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนจะอาศัยมนุษย์ในการควบคุมสัญญาณเปิด-ปิดสัญญาณไฟ แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการควบคุมการเปิด-ปิดไฟแบบอัตโนมัติ (Automatic street light control) มาช่วยในการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนน ทำให้ในบางช่วงเวลาหรือบางเงื่อนไขของสภาวะแวดล้อมโดยรอบถนนจะมีการเปิด-ปิดไฟทางหลวงแบบอัตโนมัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างไปตามช่วงเวลา ฤดูกาลหรือสภาพการณ์ของแต่ละวัน ทำให้การกระจายแสงด้านข้าง (Later light distribution) ไปยังพื้นที่รอบข้างของถนนนั้นอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของมนุษย์ สัตว์หรือพืชพรรณที่อาศัยอยู่ในพื้นที่โดยรอบได้

ปลายปีพ.ศ. 2563 เกษตรกรในพื้นที่อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยาที่ได้ทำการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ชั้นดี มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง อาทิเช่น ข้าวดอกมะลิ 105 ข้าวพันธุ์กข 15 (RD 15) และกข 6 (RD6) บริเวณสองข้างทางของถนนอุบาสี (พระอุบาลีคุณูปมาจารย์) ระยะทางรวมกว่า 9 กิโลเมตร ได้รับความเดือดร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนน เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวไม่ตรงตามกำหนดการฤดูกาลเพาะปลูกปกติ โดยกลุ่มเกษตรกรคาดว่าปัญหาดังกล่าว เกิดจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนทำให้ข้าวไม่ออกรวงตามระยะเวลาปกติธรรมชาติ (สำนักประชาสัมพันธ์พะเยา, 2563) ทำให้เกษตรกรได้รับความเดือดร้อนเนื่องจากต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับการบริหารจัดการที่เพิ่มขึ้น เช่น ค่าจ้างรถเกี่ยวและรถขนส่งสินค้าทางการเกษตร เป็นต้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาและประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากทางหลวงถนนอุบาสี (พระอุบาลีคุณูปมาจารย์) ต่อการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่รอบข้างสองฝั่งทาง โดยอาศัยการประเมินหาพื้นที่เพาะปลูกและคุณลักษณะของการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ผิดปกติจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลจากการ

พิจารณาค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Different Vegetation Index – NDVI) (Chen et al, 2004) แบบหลายช่วงเวลาในการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณของข้าวในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติของการเจริญเติบโตของข้าวอันเนื่องมาจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากถนน และการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบแบบความละเอียดทางตำแหน่งสูงจากข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายออร์โธจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV orthophoto) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนแก้ไขปัญหา สนับสนุนการวางแผนและการตัดสินใจของเกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมถึงความสามารถในการอธิบายและแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ สามารถนำไปใช้อ้างอิงให้กับพื้นที่อื่น ๆ ที่มีการเพาะปลูกข้าวตลอดแนวของถนนที่จะก่อสร้างในอนาคต

## วัตถุประสงค์

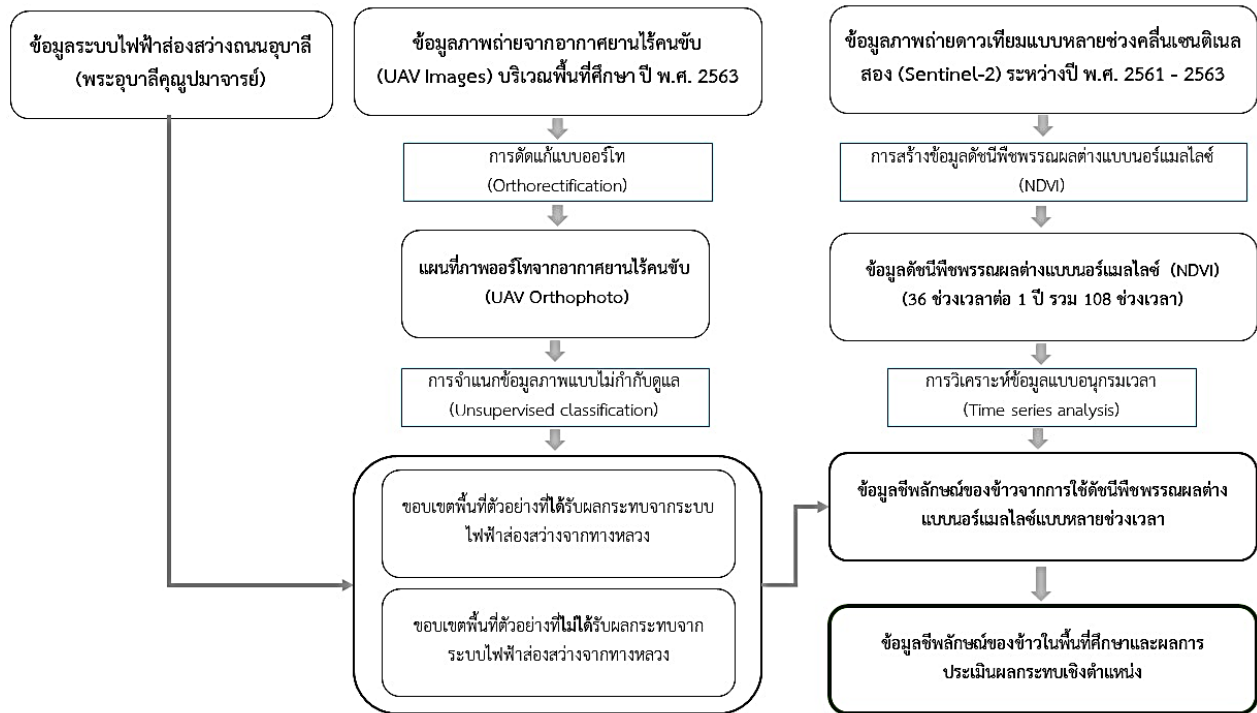
2.1 เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวโดยอาศัยค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณของข้าวจากการประยุกต์ใช้งานการรับรู้จากระยะไกล

2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนอุบาสี (พระอุบาลีคุณูปมาจารย์) และผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของข้าวบริเวณสองข้างทาง

2.3 เพื่อจำแนกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยอาศัยข้อมูลแผนที่ภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

## วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบไฟแสงสว่างทางหลวง จากข้อกำหนดและมาตรฐานงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงของกรมทางหลวง เพื่อให้เข้าใจถึงคุณสมบัติและระบบการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ติดตั้งบนถนนอุบาสี (พระอุบาลีคุณูปมาจารย์) ศึกษาข้อมูลการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ศึกษาโดยอาศัยการสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวที่เพาะปลูก ช่วงเวลาการเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่โดยรอบตลอดแนวถนน ผลกระทบต่อการเพาะปลูกที่เกิดจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากถนน การศึกษาวิถีชีวิตของข้าว การประยุกต์ใช้งานดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่สร้างมาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ของดาวเทียมเซนติเนล 2 (Sentinel-2) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว (การสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณของข้าว) ในพื้นที่ศึกษา การประเมินผลกระทบต่อการเจริญเติบโตช่วงก่อนและหลังจากการติดตั้งและใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างทางหลวง การประเมินผลกระทบเชิงตำแหน่งแบบความละเอียดสูงโดยอาศัยการทำแผนที่ข้อมูลภาพจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) เป็นอัตราส่วนดัชนีเชิงสเปกตรัม (Spectral Index Ratio) ที่อาศัยการผลานค่าการสะท้อนของวัตถุที่ตรวจวัดได้มากกว่า 1 ช่วงคลื่น (แบนด์) โดยการคำนวณนั้นจะอาศัยความแตกต่างของค่าการสะท้อนด้วยการหาอัตราส่วนและการหักออก (Subtraction) ระหว่างช่วงคลื่น เทคนิคนี้จะช่วยบ่งชี้หรือเน้นให้เห็นถึงวัตถุหรือปรากฏการณ์เฉพาะบางอย่างบนข้อมูลภาพให้ปรากฏเด่นชัดมากยิ่งขึ้น (Pohl, 2017) ในบางครั้งอาจเรียกว่า การหาส่วนต่างดัชนี (Index differencing) ในงานการรับรู้จากระยะไกลมักใช้งานรวมกับการหาค่าผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ((Normalized Difference – ND) เช่น ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ค่าดัชนีหิมะผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Snow Index – NDSI) และค่าดัชนีความชื้นผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Moisture Index – NDMI) เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) เนื่องจากนิยมใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับการศึกษาพฤติกรรมและคุณลักษณะของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นดิน (Meeragandhi et al, 2015; Bhandari et al, 2012; Jeevalakshmi et al, 2016, April; Shih et al, 2016) โดยนำค่าการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่น (แบนด์) มาทำการบวกและลบกัน หลังจากนำค่าที่ได้มาทำการหาสัดส่วนกัน (การหาร) อีกครั้งหนึ่ง ค่าของดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 (Betancourt et al, 2018) ดังสมการที่ 1 ดังนี้

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

|       |      |                                           |
|-------|------|-------------------------------------------|
| เมื่อ | NDVI | คือ ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์แมลไลซ์      |
|       | NIR  | คือ ค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ |
|       | RED  | คือ ค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงสีแดง      |

พื้นที่ที่มีพืชพรรณใบเขียวปกคลุมหนาแน่น ค่า NDVI จะมีค่าสูงเข้าใกล้ 1 และบริเวณที่ถูกปกคลุมด้วยพื้นผิวน้ำหรือบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณใบเขียวปกคลุมจะมีค่าค่อนข้างต่ำหรือเข้าใกล้ 0 หรือต่ำกว่า 0 เนื่องจากมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่ำกว่าช่วงคลื่นแสงสีแดง

การสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) นั้นจะดำเนินการแบบอนุกรมเวลา (หลายช่วงเวลา) ตั้งแต่ช่วงก่อนสร้างถนนอุบลี (พระอุบลาคัญปมาจารย์) (ปีพ.ศ. 2561-2562) จนถึงช่วงสร้างถนนเสร็จและมีการเปิดใช้งาน โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้นั้นจะเริ่มตั้งแต่วันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 (ค.ศ. 2018) จนถึงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2563 (ค.ศ. 2020) โดยในแต่ละปีนั้นจะทำการคัดเลือกภาพที่ปลอดภัยเพื่อลดการเกิดเงาบนภาพที่จะส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) ข้อมูลภาพเหล่านี้จะถูกบันทึก (ถ่ายภาพ) ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันตามรอบเวลาการโคจรของดาวเทียม ในแต่ละปีนั้นจะใช้ข้อมูลภาพปีละ 36 ภาพ รวมทั้งสิ้น 108 ภาพ (108 ช่วงเวลา) ครอบคลุมตลอดทั้งฤดูกาลทำนา หลังจากนั้นจะนำค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) มาทำการสร้างกราฟแสดงข้อมูลซีฟลักซ์ของข้าวโดยอาศัยเทคนิคการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (Linear Interpolation) ด้วยวิธีการกรองแบบซาวิตสกีโกล (Savitzky-Golay filter) เพื่อเติมเต็มข้อมูลในช่วงเวลาที่ขาดหายไป วิธีการนี้มีจุดเด่น คือ 1) มีการใช้งานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซทแบบอนุกรมเวลาที่ยาวนานในการเติมเต็มส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไป 2) ผลกระทบจากเศษเหลือของสัญญาณรบกวน (Residual noise) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัดเมฆ (Cloud detection errors) บนข้อมูลภาพค่อนข้างน้อย และ 3) ความไม่ซับซ้อนและสามารถนำไปปรับใช้งานได้บนกูเกิลเอิร์ธเอนจินแพลตฟอร์ม (Google Earth Engine - GEE) ทำให้สามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าวได้อย่างต่อเนื่องกัน (Chen et al, 2021)

ในส่วนของพื้นที่เพาะปลูกที่ได้รับผลกระทบจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นจะอาศัยการสำรวจและทำแผนที่ข้อมูลภาพจากการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับและการตัดแก้ข้อมูลภาพแบบออร์โธ หลังจากนั้นจะทำการจำแนกข้อมูลภาพแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) เพื่อแบ่งแยกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างแบบอัตโนมัติและทำการปรับแต่งขอบเขตพื้นที่ให้ราบรื่น (Smoothing) เพื่อขจัดความลำเอียงหรือข้อจำกัดอื่นใดจากการแปลตีความด้วยสายตาและทักษะของมนุษย์โดยผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในโปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศแบบเปิดเผยแพร่ (QGIS)

## ผลการศึกษา

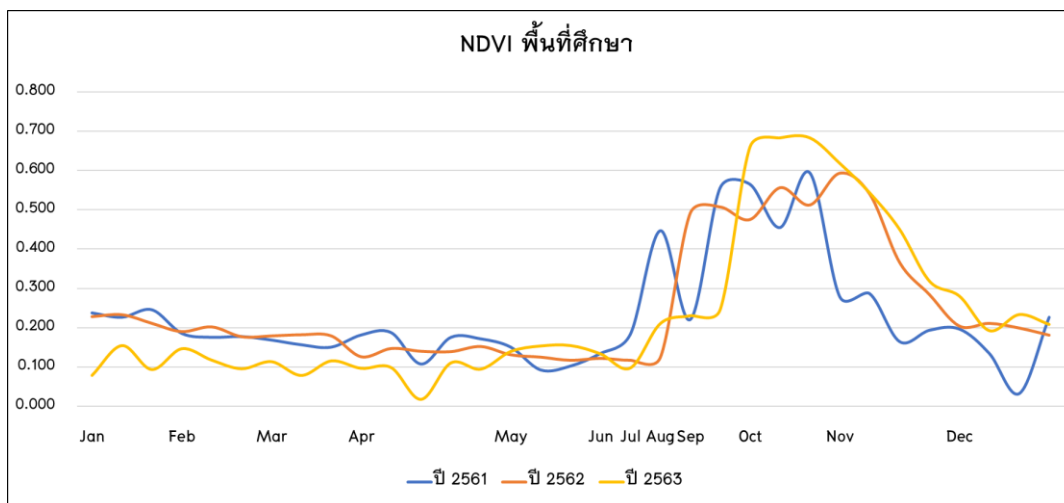
จากการทบทวนวรรณกรรมและสัมภาษณ์สอบถามข้อมูลจากเกษตรกรที่มีการเพาะปลูกข้าวจริงบริเวณสองข้างทางถนนอุบลี (พระอุบลาคัญปมาจารย์) ในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 (ฤดูกาลเพาะปลูกปกติ) เกี่ยวกับพันธุ์ข้าวที่เพาะปลูกในฤดูกาล พ.ศ. 2563 พบว่า เกษตรกรได้เพาะปลูกข้าวพันธุ์ ข้าวดอกมะลิ 105 (ข้าวเจ้าหอม) และข้าวพันธุ์ กข 6 (ข้าวเหนียว) เป็นหลัก ข้าวทั้งสองพันธุ์ที่นิยมเพาะปลูกในพื้นที่นี้มีคุณสมบัติความไวต่อช่วงแสงกล่าว คือ หากได้รับแสงยาวนานมากผิดปกติในช่วงการออกดอก (ออกรวง) แล้วจะทำให้กระบวนการนี้มีพัฒนาการล่าช้ากว่าแปลงเพาะปลูกที่

ได้รับแสงปกติตามธรรมชาติ (ปกติแล้วชั้นตอนนี้จะเริ่มในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นหรือน้อยกว่า 12 ชั่วโมง) ทำให้ค่าการสะท้อนของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษามีค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่สูงต่อเนื่องยาวนานมากกว่าแปลงเพาะปลูกที่ไม่ได้รับแสงสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างทางหลวง (ได้รับแสงปกติตามธรรมชาติ) จึงทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ตามห้วงเวลาปกติ (ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกับข้าวปกติที่ไม่ได้รับผลกระทบ) การลงสัมภาษณ์เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบในพื้นที่แสดงดังรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 การสัมภาษณ์เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบเกี่ยวกับพันธุ์ข้าวที่เพาะปลูกในฤดูกาลปี พ.ศ. 2563

เกษตรกรในพื้นที่จะเริ่มเพาะปลูกข้าวในช่วงประมาณต้นเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคมเป็นต้นไป ทำให้ช่วงเวลานี้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่คำนวณได้ในพื้นที่ของทุกปีจะค่อนข้างต่ำเนื่องจากเกษตรกรได้ทำการเตรียมหน้าดินสำหรับการเพาะปลูกและมักไม่มีพืชพรรณปกคลุมดินในช่วงนี้ ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) จะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ช่วงประมาณปลายเดือนกรกฎาคม – สิงหาคมเนื่องจากในระยะนี้เป็นช่วงที่ข้าวเริ่มแตกกอ จนมีค่าสูงมากในช่วงประมาณเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายนเนื่องจากเป็นช่วงที่ข้าวมีปริมาณใบมากและปกคลุมพื้นที่หนาแน่นมากที่สุด ก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงตั้งท้องและออกรวงซึ่งทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) จะค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องสาเหตุมาจากใบของข้าวจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสีเหลืองทอง (ดังแสดงในรูปที่ 3) อย่างไรก็ตาม ในปีพ.ศ. 2563 ในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบนั้นจะยังคงมีค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) สูงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคมเนื่องจากข้าวนั้นไม่เข้าสู่ช่วงตั้งท้องและออกรวงอันเนื่องมาจากข้าวที่เพาะปลูกนั้นได้รับแสงอย่างต่อเนื่องทั้งกลางวัน(ดวงอาทิตย์)และกลางคืน(จากระบบไฟฟ้าส่องสว่างของถนน) ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2561 – 2563 แสดงดังภาพที่ 3 ดังนี้



รูปที่ 3 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ในพื้นที่ศึกษาระหว่างปีพ.ศ. 2561 – 2563

จากการสอบถามเจ้าหน้าที่แขวงทางหลวง จังหวัดพะเยาและการศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ถนนอุบาสี (พระอุบาสีคุณูปมาจารย์) มีการติดตั้งไฟแสงสว่างทางหลวงเพื่อให้แสงสว่าง โดยอาศัยสภาพแวดล้อมเป็นตัวกำหนดในการเปิด - ปิดระบบไฟแสงสว่างทางหลวงแบบอัตโนมัติ ประเภทของหลอดไฟที่ติดตั้ง คือ หลอดไฟโซเดียมความดันไอสูง เป็นหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพ 70 – 130 ลูเมนต่อวัตต์ และมีความถูกต้องของสีดีกว่าหลอดไฟโซเดียมความดันไอต่ำ ร้อยละ 20 เหมาะสำหรับงานทางด้านความปลอดภัย ที่ไม่ใช่นานธูริก โดยการติดตั้งนั้นจะอยู่บริเวณกึ่งกลางถนนในส่วนของเกาะกลางถนนไปตลอดแนวถนนทั้งสาย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนดมาตรฐานของกรมทางหลวง

การประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบนั้นจะอาศัยการสำรวจและทำแผนที่ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับของพื้นที่ตัวอย่างที่ปรากฏ ซึ่งแสดงให้เห็นแปลงเพาะปลูกข้าวบริเวณสองข้างทางของถนนที่มีการเจริญเติบโตไม่พร้อมกันได้อย่างเด่นชัด โดยการสำรวจบินถ่ายภาพนั้นใช้อากาศยานไร้คนขับรุ่น มาวิค แอร์ (Mavic Air) ทำการบินถ่ายภาพเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 กำหนดความสูงบินในการถ่ายภาพที่ประมาณ 50 เมตรเหนือระดับพื้นดิน (Above ground) ได้ภาพจำนวนทั้งสิ้น 223 ภาพ ทำการตัดแก้แบบออร์โท (Orthorectification) ให้มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 0.02 เมตร (2 เซนติเมตร) โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการฉายซ้ำ (RMS reprojection error) เท่ากับ 0.2354 หรือประมาณ 0.83 จุดภาพ ข้อมูลภาพออร์โทที่ได้กำหนดให้อยู่ในระบบพิกัดกริดยูทีเอ็ม (UTM) เพื่อความสะดวกต่อการวัดความยาวและขนาดในระบบเมตริก หลังจากนั้นจะทำการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการจำแนกแบบไม่กำกับดูแลและปรับให้ราบรื่นโดยอาศัยโปรแกรมภูมิสารสนเทศ (QGIS)

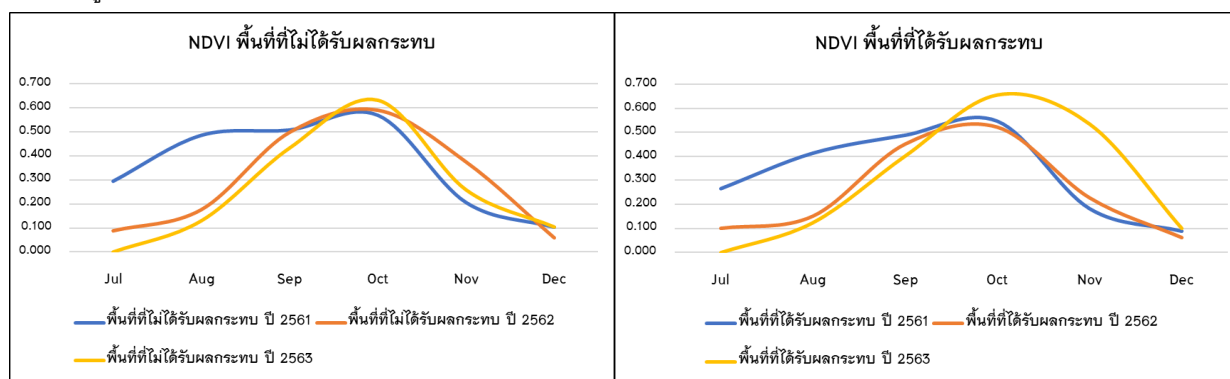
ความละเอียดเชิงตำแหน่งของข้อมูล (Spatial resolution) และความละเอียดเชิงคลื่นรังสี (Spectral Resolution) ข้อมูลภาพจากดาวเทียมและข้อมูลภาพจากอากาศยานไร้คนขับที่มีความแตกต่างกันนี้ จะถูกนำมาพิจารณาในบริบทที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ข้อมูลภาพจากอากาศยานไร้คนขับแม้จะมีความละเอียดเชิงตำแหน่งที่สูงกว่าข้อมูลภาพดาวเทียมเซนติเนล 2 แต่เครื่องรับรู้ (Sensor) หรือกล้องถ่ายภาพจะบันทึกเฉพาะช่วงคลื่นที่อยู่ในช่วงสายตามนุษย์มองเห็นได้ (Visible spectrum) และยังถูกบีบอัดด้วยเทคนิคการแปลงโคไซน์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform – DCT) เพื่อให้ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลภาพโดยอาศัยมาตรฐานไฟล์ข้อมูลภาพแบบเจเพก (JPEG) ส่วนข้อมูลภาพดาวเทียมเซนติเนล 2 นั้นมีจุดเด่น คือ มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ศึกษายาวนานและต่อเนื่องทั้งช่วงก่อนการก่อสร้างถนนจนถึงกระทั่ง

การก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งาน แต่ข้อมูลนี้จะความละเอียดเชิงตำแหน่งน้อยกว่าหลายสิบเท่า ทำให้คณะผู้วิจัยเลือกการจำแนกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบฯ จากข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (ความละเอียดเชิงตำแหน่งสูงกว่า) ร่วมกับการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลเป็นหลัก ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดี คือ สามารถช่วยลดความลำเอียง (Bias) หรือข้อจำกัดบางประการของการจำแนกข้อมูลภาพแบบใช้สายตามนุษย์ ที่อาจมีภาวะพร่องการมองเห็นสี (Color blindness) หรือความเหนื่อยล้า (Fatigue) ได้ ข้อมูลภาพที่ได้จากการจำแนกพื้นที่ที่ได้รับและไม่ได้รับผลกระทบสามารถแสดงได้ดังตัวอย่างรูปที่ 4 ดังนี้



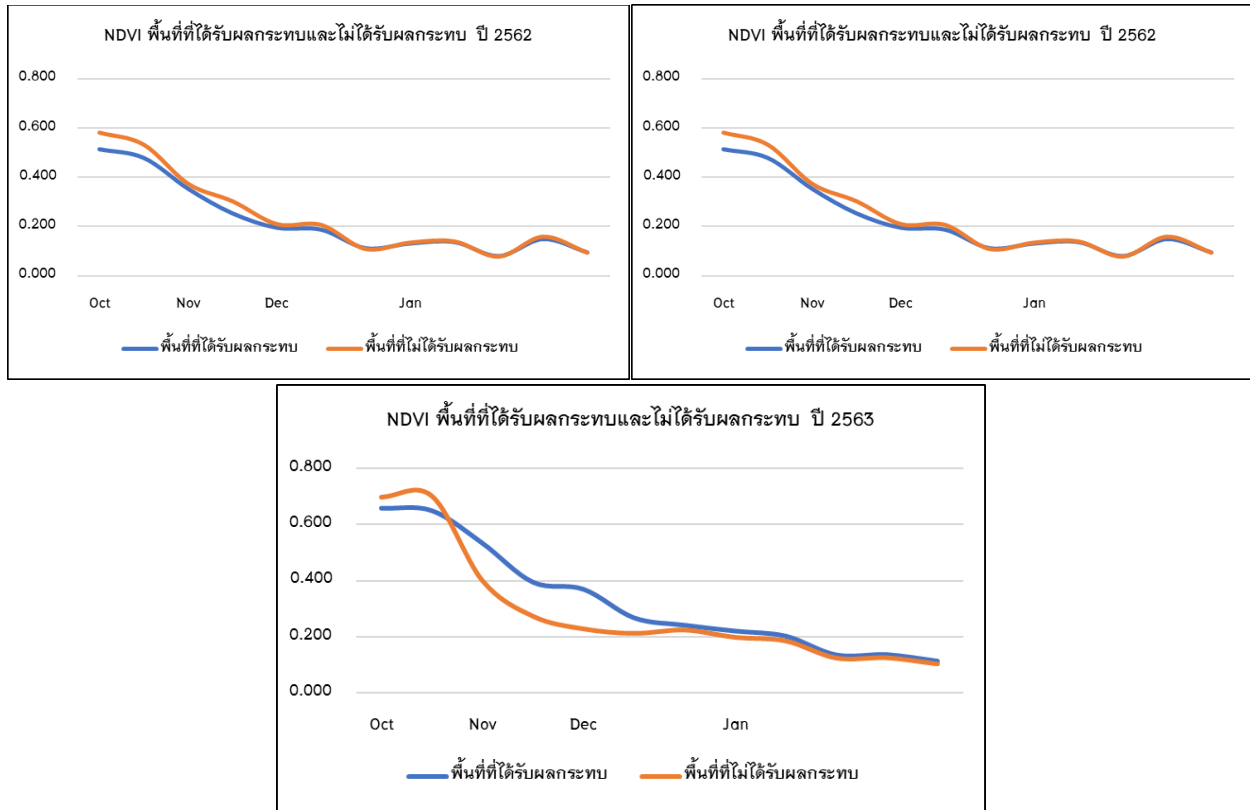
รูปที่ 4 ภาพพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบฯ (ซ้าย) ข้อมูลภาพออร์โธจากอากาศยานไร้คนขับ (กลาง)  
ผลการจำแนกพื้นที่แบบไม่กำกับดูแล (ขวา)

เมื่อได้ขอบเขตของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบฯ แล้วจะนำมาซ้อนทับกับข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) แบบอนุกรมเวลา (พ.ศ. 2561 – 2563) ในช่วงเวลาที่มีการเพาะปลูกข้าว (เดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม) หลังจากนั้นจึงทำการสร้างกราฟโดยอาศัยการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นด้วยวิธีการกรองแบบซาวิสกีโกเล ดังแสดงในภาพตัวอย่างรูปที่ 5 และ 6 ดังนี้



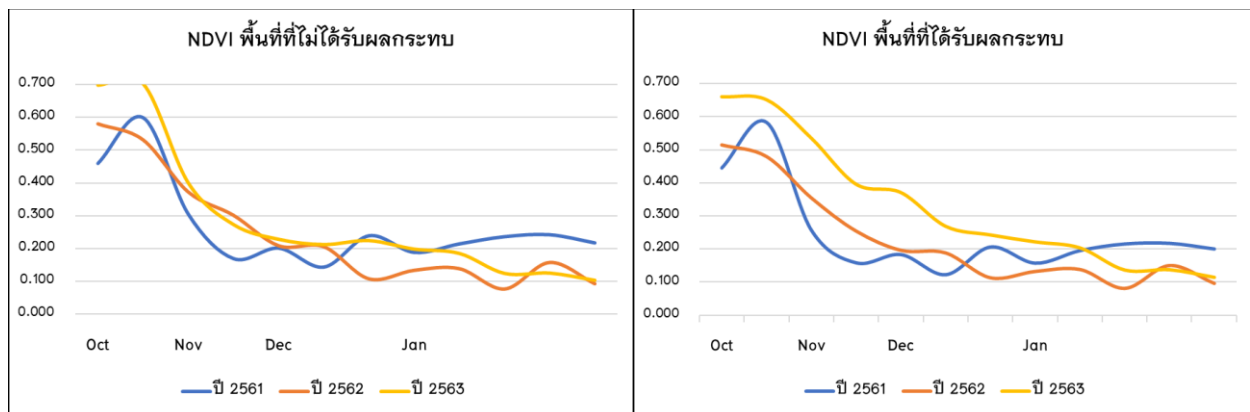
รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ตลอดช่วงฤดูกาลเพาะปลูกข้าว ระหว่างปีพ.ศ.

2561 – 2563



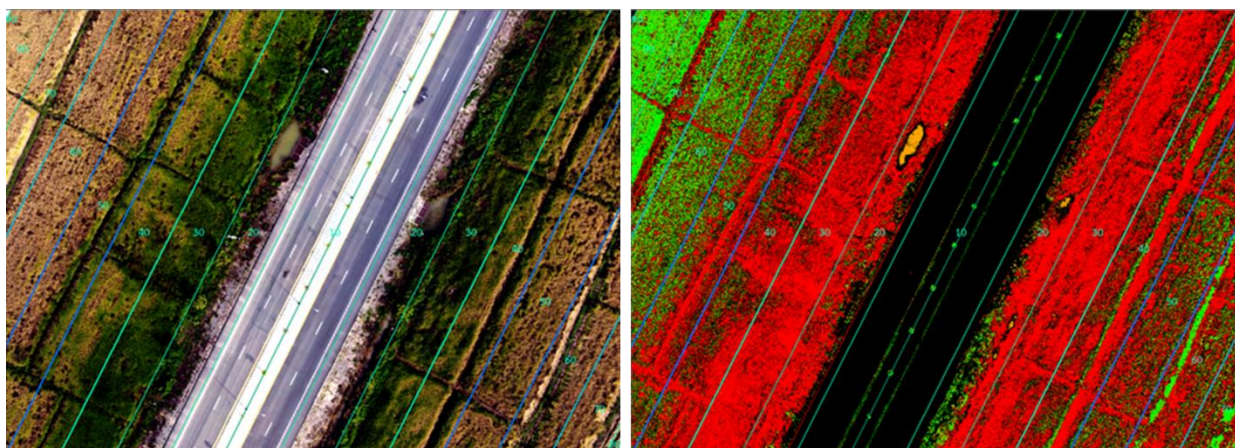
รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ช่วงข้าวเริ่มออกดอกถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ระหว่างปีพ.ศ. 2561 – 2563

หากพิจารณาเฉพาะช่วงข้าวเริ่มออกดอก (ตั้งท้องและออกรวง) ไปจนถึงหลังเก็บเกี่ยว (ประมาณเดือนตุลาคมถึง ธันวาคม) จะพบว่า ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) จะลดลงอย่างมาก เนื่องจากพื้นที่นั้นไม่มีความเป็นสีเขียวทั้งจากใบและลำต้นของข้าว ทำให้ค่าที่คำนวณได้ค่อนข้างต่ำ (เข้าใกล้ศูนย์) ต่างจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบที่ข้าวนั้นยังไม่เกิดกระบวนการออกดอกทำให้ยังคงมีปริมาณใบปกคลุมหนาแน่นซึ่งส่งผลให้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 7 ดังนี้



**รูปที่ 7** กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ในช่วงเริ่มออกดอกจนถึงหลังการเก็บเกี่ยว (ข้าว)  
พื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบ (ขวา) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ระหว่างปีพ.ศ. 2561 – 2563

การประเมินผลกระทบเชิงตำแหน่ง (Spatial assessment) จะอาศัยการนำข้อมูลภาพออร์โธที่ได้จากการสำรวจและทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับมาทำการสร้างแนวเส้นสมมุติที่วัดจากเส้นกึ่งกลางถนน (Center line) ที่ได้มีการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างขนานออกไปทั้งสองด้านด้วยระยะทางเท่า ๆ กัน จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบนั้นจะเริ่มตั้งแต่แนวขอบถนนที่เกษตรกรได้ทำการเพาะปลูกข้าวขยายออกไปไกลถึงประมาณ 40 เมตรจากขอบข้างถนนหรือประมาณ 50 เมตรจากแนวกึ่งกลางของถนนและหากคิดเป็นพื้นที่ตลอดแนวถนนอุบลฯ (พระอุบลาคูณุปมาจารย์) ที่มีความยาวประมาณ 9 กิโลเมตร พบว่า อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่มากถึง 720,000 ตารางเมตรหรือ 450 ไร่ ตัวอย่างการสร้างแนวเส้นสมมุติเพื่อการประเมินผลกระทบเชิงตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 8 ดังนี้



**รูปที่ 8** การสร้างแนวเส้นสมมุติเพื่อการประเมินผลกระทบเชิงตำแหน่ง ภาพออร์โธจากอากาศยานไร้คนขับ (ซ้าย)  
ข้อมูลการจำแนกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบแบบไม่กำกับดูแล (ขวา)

### สรุปและอภิปรายผล

จากการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานสำหรับการประเมินผลกระทบจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีผลกระทบต่อการเพาะปลูกข้าวบริเวณโดยรอบ ถนนอุบลฯ (พระอุบลาคูณุปมาจารย์) ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ เป็นการผสมการทำงานร่วมระหว่าง 1) เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote sensing) ในการบันทึกและสร้างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปแปลตีความด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงเลขดิจิทัล (Digital Image Processing – DIP) 2) เทคโนโลยีการรังวัดด้วยภาพเชิงเลขดิจิทัล (Digital Photogrammetry) สำหรับการบินถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับและการตัดแก้แบบออร์โธเพื่อสร้างข้อมูลแผนที่ภาพ 3) เทคโนโลยีการกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System – GNSS) ในการกำหนดตำแหน่งให้แก่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ 4) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System – GIS) ในการประเมินหาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากข้อมูลแผนที่ภาพถ่าย

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเหล่านี้สามารถนำมาปรับใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ของข้าวและสามารถประเมินผลกระทบได้อย่างชัดเจน บนพื้นฐานของวิธีการและหลักการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปใช้ในการประมาณการผลผลิตของข้าวที่จะเกิดของพื้นที่เพาะปลูกข้าวเช่นเดียวกับงานวิจัยที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ (Betancourt et al, 2018; Chen et al, 2021) นอกจากนี้การประยุกต์ใช้งานการสำรวจและทำแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV mapping) ยังช่วยให้การติดตามการเจริญเติบโตของข้าวเป็นไปได้อย่างทันทั่วถึง ทันท่วงที ทันท่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการประยุกต์ใช้งานที่เริ่มได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก (Wijesingha et al, 2015; Rosle et al, 2019, November)

แม้ว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากถนนในช่วงกลางคืนอาจสำคัญและจำเป็นสำหรับการเดินทางสัญจรของมนุษย์ที่ใช้ถนนในยามค่ำคืน แต่แสงไฟประดิษฐ์ (Artificial light) เหล่านี้ก็ถือว่าเป็นมลพิษทางแสง (Light pollution) ของข้าว (de Lima et al, 2021; Chen et al, 2014) และยังเป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายให้แก่เกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกมาก่อนที่จะมีการก่อสร้างถนนด้วยเช่นกัน แม้ว่าจะสามารถยืนยันได้อย่างชัดเจนว่า ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากถนนนั้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของข้าวในช่วงการเก็บเกี่ยวตามปกติ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรุนแรง ความเข้มของแสงและทิศทางของแสงนั้นไม่ได้มีการศึกษา วิเคราะห์และประเมินผลในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ที่สนใจหรือต้องการทราบรายละเอียดของผลกระทบของแสงในเวลากลางคืนต่อการเจริญเติบโตของข้าวอย่างละเอียดและแม่นยำสูงสามารถศึกษาได้เพิ่มเติมจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Kurahara et al, 2022) และอาจทำการศึกษาถึงผลกระทบอย่างละเอียดเพิ่มเติมได้ในอนาคต

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะช่วยให้เกษตรกรได้รับทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างจากทางหลวงในเชิงปริมาณ (ระยะทางและขนาดพื้นที่) สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเพาะปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไปในอนาคตได้เป็นอย่างดี เช่น การเปลี่ยนไปเพาะปลูกพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (เป็นการเพิ่มต้นทุนหรือความซับซ้อนในการบริหารจัดการการเพาะปลูกหรือไม่) หรือประสานงานให้เจ้าหน้าที่ที่มีอำนาจในการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างของทางหลวงเพื่อหาทางออกของปัญหาร่วมกัน (การปิดระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้เส้นทางในการเดินทางสัญจรหรือไม่)

อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้งานนั้น ยังมีข้อจำกัดและข้อพึงระมัดระวังในการใช้งานหลายประการที่ผู้นำข้อมูลไปใช้งานควรตระหนักและมีความเข้าใจในบริบทของข้อมูลก่อนนำไปปรับใช้ อาทิเช่น ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูล (Spatial accuracy) หรือความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่งที่ตั้งของปรากฏการณ์ที่สนใจ ความละเอียดของช่วงเวลา (Temporal accuracy) หรือความถูกต้องทันสมัยของข้อมูลที่นำมาใช้งาน (คาบเวลาหรือความทันสมัยของข้อมูลภาพที่นำมาใช้งาน เพียงพอและเหมาะสมหรือไม่) ความละเอียดเชิงคลื่นรังสี (Spectral resolution) หรือความเหมาะสมทางคลื่นรังสีของอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งจากเครื่องรับรู้ (Sensor) บนดาวเทียมและคุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับในการนำมาปรับใช้ (เช่น ความยาวช่วงคลื่นหรือข้อจำกัดของการตรวจวัดด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น)

ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในประเมินผลกระทบของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของถนนต่อการเจริญเติบโตของข้าวตลอดแนวถนน อาจพิจารณาเลือกใช้งานระบบบันทึกภาพแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral Imaging System) ที่สามารถตรวจวัดและบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) และช่วงคลื่นของแดง (Red Edge) มาปรับใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลซึ่งจะทำให้ทราบถึงผลกระทบได้อย่างละเอียดมาก

ยิ่งขึ้นทั้งในมิติของช่วงเวลา (Temporal resolution) ความละเอียดทางตำแหน่ง (Spatial resolution) และความละเอียดเชิงคลื่นรังสี (Spectral resolution)

## เอกสารอ้างอิง

- กมลสินทร์ พรหมรัตน์รักษ์, ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร และ รังสฤษฎ์ กาวีตะ. (2548). อิทธิพลของช่วงแสงต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานของปลายยอดข้าว. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาพืช* (น. 491-498). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมทางหลวง. (2554). *ข้อกำหนดมาตรฐานงานทั่วไปงานติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่างบนทางหลวง*.  
สืบค้นจาก <https://www.yotathai.com/yotanews/lighting-installation>.
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2565). *ผลพยากรณ์การผลิตข้าว*.  
สืบค้นจาก <http://www.thairiceexporters.or.th/production.htm>.
- สำนักงานประชาสัมพันธ์. (2563). *แขวงทางหลวงชนบทจังหวัดพะเยาพร้อมเปิดใช้งานถนนอุบลี (พระอุบลาคัญอุปมาจารย์)*.  
สืบค้นจาก [https://region3.prd.go.th/region3\\_ci/topic/news/14931](https://region3.prd.go.th/region3_ci/topic/news/14931).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *สถิติการส่งออก (Export)*.  
สืบค้นจาก  
[http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S\\_YEAR=2564&E\\_YEAR=2564&PRODUCT\\_GROUP=5250&wf\\_search=&WF\\_SEARCH=Y](http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2564&E_YEAR=2564&PRODUCT_GROUP=5250&wf_search=&WF_SEARCH=Y).
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2553). *รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดพะเยา*.  
สืบค้นจาก [http://osthailand.nic.go.th/masterplan\\_area/userfiles/fileDownload/Report Analysis Province/รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดพะเยา.pdf](http://osthailand.nic.go.th/masterplan_area/userfiles/fileDownload/Report Analysis Province/รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดพะเยา.pdf).
- สำนักประชาสัมพันธ์พะเยา. (2563). *เกษตรกรผู้ปลูกข้าวตำบลจำป๋าวหาย อ.เมืองพะเยา ร้องข้าวไม่ออกรวงจากผลกระทบไฟส่องสว่างบนถนน ด้านหน่วยงานที่เกี่ยวข้องลงพื้นที่แก้ไขปัญหา*.  
สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG201027151715239>.
- Betancourt, M. & Zaira, M-R. (2018). Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia. *DYNA*, 85, 47-56.
- Bhandari, A.K., Kumar, A., & Singh, G.K. (2012). Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Case Study of Jabalpur City. *Procedia Technology*, 6(2012), 612-621.
- Chen, C., Huang, M., Lin, K., Wong, S., Huang, W. & Yang, C. (2014). Effects of Light Quality on the Growth, Development and Metabolism of Rice Seedlings (*Oryza sativa* L.). *Research Journal of Biotechnology*, 9, 15-24.
- Chen, J., Jönsson, P., Tamura, M., Gu, Z., Matsushita, B., & Eklundh, L. (2004). A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sensing of Environment*, 91(3-4).

- Chen, Y., Cao, R., Chen, J., Liu, L., & Matsushita, B. (2021). A practical approach to reconstruct high-quality Landsat NDVI time-series data by gap filling and the Savitzky-Golay filter. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 180, 174–190.
- Chepesiuk R. (2009). Missing the dark: health effects of light pollution. *Environmental health perspectives*. 117(1), A20–A27.
- de Lima, I. P., Jorge, R. G., & de Lima, J. L. P. (2021). Remote sensing monitoring of rice fields: Towards assessing water saving irrigation management practices. *Frontiers in Remote Sensing*, 2, 762093.
- Jeevalakshmi, D., Reddy, S. N., & Manikiam, B. (2016). Land cover classification based on NDVI using LANDSAT8 time series: A case study Tirupati region. In *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)* (pp. 1332–1335). IEEE.
- Kurahara, Y., & Itsubo, N. (2022). Quantitative Environmental Impact Assessment for Agricultural Products Caused by Exposure of Artificial Light at Night. In Z. S. Klos, J. Kalkowska, & J. Kasprzak (Eds.), *Towards a Sustainable Future – Life Cycle Management: Challenges and Prospects* (pp. 27–38). Cham: Springer International Publishing.
- Meeragandhi, G., bS.Parthiban, & A, cNagaraj. (2015). Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District. *Procedia Computer Science*, 57(2015), 1199 – 1210.
- Pohl, C. & gendersen, J. V. (2017). Remote Sensing Image Fusion : A Practical Guide. Boca Raton: CRC Press.
- Rosle, R., Che'Ya, N. N., Roslin, N. A., Halip, R. M., & Ismail, M. R. (2019). Monitoring early stage of rice crops growth using normalized difference vegetation index generated from UAV. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 355, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
- Shih, H–c., Stow, D. A., Weeks, J. R., & Coulter, L. L. (2016). Determining the Type and Starting Time of Land Cover and Land Use Change in Southern Ghana Based on Discrete Analysis of Dense Landsat Image Time Series. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(5), 2064–2073.
- Wijesingha, J. S. J., Deshapriya, N. L., & Samarakoon, L. (2015). RICE CROP MONITORING AND YIELD ASSESSMENT WITH MODIS 250m GRIDDED VEGETATION PRODUCT: A case study in Sa Kaeo Province, Thailand. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.

## การทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อสนับสนุน แผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในมหาวิทยาลัยพะเยา

วิภพ แพงวังทอง<sup>1\*</sup> และ รังสรรค์ เกตุออด<sup>2</sup>

### Mapping Carbon Footprint of Rush-hour Traffic for Supporting Greenhouse Gas Emission Reduction Plan within University of Phayao

Wipop Paengwangthong<sup>1\*</sup> and Rangsan Ket-ord<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bachelor of Science (Geoinformatics) program and Research Unit of Spatial Innovation Development, Department of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

<sup>2</sup> Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author: wipop\_p@hotmail.com

Received: March 31, 2022; Revised: May 1, 2022; Accepted: May 10, 2022

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อการทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์บนถนนภายในมหาวิทยาลัยพะเยาที่สร้างจากข้อมูลตรวจนับการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกใช้สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกดิจิไทส์และแบ่งออกเป็น 5 ส่วนโดยอาศัยจุดตัดถนนการสำรวจภาคสนามในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ถูกใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุด ตามลำดับ ภายหลังการบันทึกข้อมูลสู่โปรแกรมเอ็กเซล การบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถูกคำนวณอย่างมีขั้นตอน จากนั้นข้อมูลตารางเอ็กเซลถูกเชื่อมโยงเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลและนำเสนอเป็นแผนที่ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นอีกด้วยว่ากระบวนการดังกล่าวเป็นไปได้และใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลสนับสนุนการติดตามและการลดขนาดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

**คำสำคัญ:** ข้อมูลตรวจนับการสัญจร, การปล่อยก๊าซจากยานพาหนะ, ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

<sup>1</sup> หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิสารสนเทศ) และหน่วยวิจัยพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

<sup>2</sup> ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

## Abstract

The objective of this study was to generate the map of on-road carbon footprint within University of Phayao based on rush-hour traffic count data. Processing of geographic information system was used for greenhouse gas (GHG) emission assessment. The road within study area was digitized and also separated into 5 segments relies on road intersection points. Field survey on (Friday) 25<sup>th</sup> and (Sunday) 27<sup>th</sup> February 2022 were represented as weekday and weekend traffic volume, respectively. After key-in data into Microsoft excel, fuel consumption, and GHG emission volume were sequentially calculated. Later on, the excel table data were joined into attribute table of the layer and presented as a map of carbon footprint. The result showed also that the procedure was possible and utilized as support data for GHG emission monitoring and minimizing.

**Keywords:** Traffic Count Data, Vehicle Emission, Spatial Database

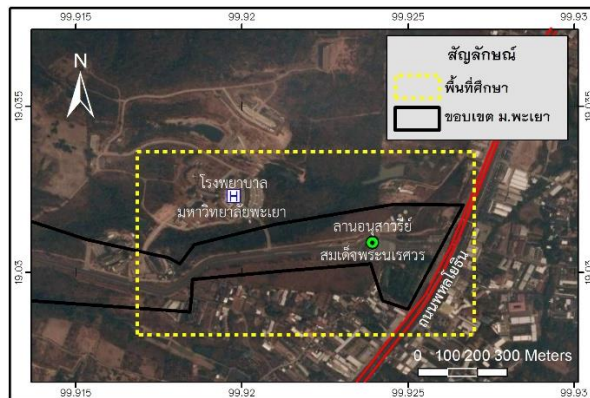
## บทนำ

ภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้นในปัจจุบัน (กรุงเทพฯ 2564, 21 ตุลาคม; Greenpeace, 2564) อาจมีผลกระทบทำให้เกิดน้ำท่วมและความแห้งแล้ง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตทางการเกษตร การลดปริมาณน้ำของลำธารในฤดูร้อน การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดและการเพิ่มของพาหะนำโรคได้ (กรุงเทพมหานคร, 2553; กรมประชาสัมพันธ์, 2565; กรมประชาสัมพันธ์, 2562) เพราะฉะนั้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) นับว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการและลดขนาดของปัญหา นอกจากนี้ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก) (องค์การมหาชน) ได้กล่าวอย่างสอดคล้องว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์มีความสำคัญต่อตลาดคาร์บอน (Carbon Market) หรือตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) ด้วย ซึ่งตลาดดังกล่าวเป็นเครื่องมือที่ใช้บรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่สามารถช่วยให้ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas : GHG) สุทธิในชั้นบรรยากาศลดลงด้วย (อบก, 2565) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเรื่องที่ใกล้ตัวมนุษย์มากขึ้นทุกขณะและในทุกกิจกรรม โดยเฉพาะในประเทศไทยเห็นได้จากนโยบายของรัฐบาลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร รวมไปถึงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม (อบก, 2565) และกำลังมีการผลักดันนโยบายการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางด้านการเกษตรด้วย (Suthichai Live, 2565; อบก, 2562)

หนึ่งในกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อย GHG คือ การขนส่งหรือการใช้น้ำมันพาหนะ เนื่องจากเป็นต้นเหตุการปล่อยคาร์บอนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานประมาณ 1 ใน 4 ของโลก (ENVIRONNET, 2559) เครื่องยนต์มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวออกมามาก (เทศบาลตำบลบางกระบือ, 2555) โดยเฉพาะอย่างยิ่งยานพาหนะบนถนนในช่วงเวลาเร่งด่วน (Kai Zhang et al, 2011) ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อย GHG จากยานพาหนะถือเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญ และยิ่งสำคัญมากขึ้นหากมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เชิงพื้นที่หรือในแต่ละส่วนของถนน (Segment) ทั้งนี้เพื่อการติดตามสถานการณ์และเป็นข้อมูลชี้วัดสถานการณ์ของปัญหาและนำไปสู่การวางแผนมาตรการแก้ไขปัญหา เช่น การควบคุม การปรับลดขนาดการปลดปล่อย GHG ยิ่งไปกว่านั้นจากการทบทวนวรรณกรรม (Zihan Kan et al, 2018; Bachman, 1998; Zahra et al, 2011) พบว่า หากสามารถประเมินการปลดปล่อยดังกล่าวออกมาในรูปแบบที่แล้วจะมีประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อการจัดการเนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งแหล่งมลพิษและทำให้ผู้บริหารเห็นภาพรวม สาเหตุ และแนวทางแก้ปัญหาในเชิงพื้นที่ได้

ปัจจุบัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นับว่าเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการสร้าง จัดเก็บ และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ อีกทั้งสามารถนำเสนอข้อมูลออกมาได้ในรูปแบบแผนที่และทำการวิเคราะห์ซ้อนทับกับชั้นข้อมูลอื่นๆได้

(วิภพ แพงวังทอง และคณะ, 2564) ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ อบก. (อบก, 2562) ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงการปล่อยและกักเก็บ GHG ในสาขาเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และศศิธร ฉัตรสุตารัตน์ (ศศิธร ฉัตรสุตารัตน์, 2560) ที่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้ระยะไกลเพื่อการศึกษาการปลดปล่อย GHG ในพื้นที่ปลูกอ้อย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ ศิริลักษณ์ พิมมะสาร และคณะ (ศิริลักษณ์ พิมมะสาร และคณะ, 2556) ที่ทำการประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงความแตกต่างในเชิงพื้นที่ ดังที่กล่าวแล้วทำให้เห็นได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเทคโนโลยีหรือเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นการศึกษานี้จึงเกิดขึ้นเพื่อนำเสนอการวางแผนที่การปลดปล่อย GHG บนถนนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุงบประมาณ บุคลากร และเวลาที่มีจำกัด การศึกษานี้จึงเลือกถนนบางส่วนในมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นกรณีศึกษา (รูปที่ 1) และการสำรวจภาคสนามที่กำหนดช่วงเวลาในวันธรรมดาและวันหยุดราชการ อีกทั้งทำการสำรวจในช่วงเวลาเร่งด่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้นับว่าเป็นตัวอย่างแผนที่แสดงสถานภาพด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนถนนที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน ทั้งนี้อาจใช้ข้อมูลแผนที่ดังกล่าวเปรียบเทียบข้อมูลในอนาคต หรือประกอบการพิจารณาหาแนวทางลดการปลดปล่อย GHG ให้น้อยลงได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าต่อไปด้วย



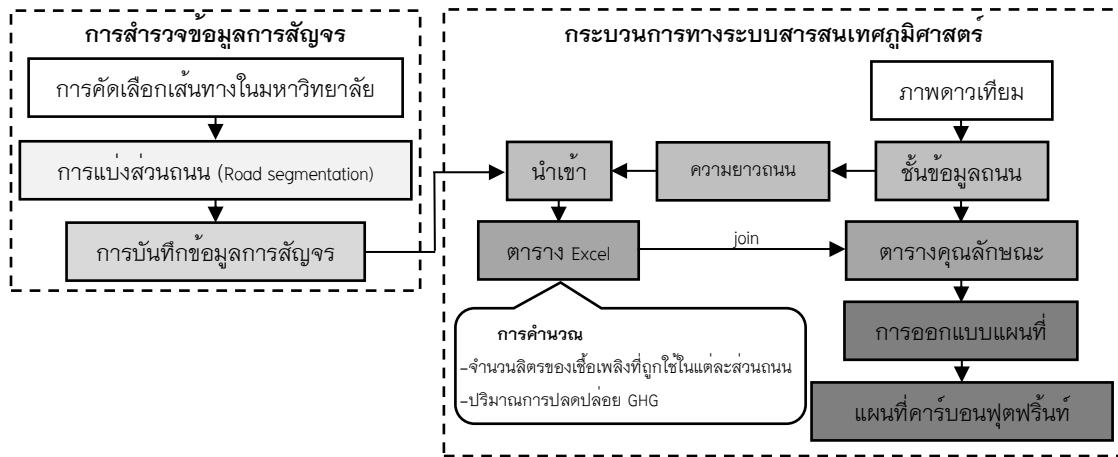
รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

## วัตถุประสงค์

เพื่อนำเสนอการวางแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

## วิธีการดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดของการศึกษานี้มุ่งเน้นรายละเอียดวิธีการทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสร้างชั้นข้อมูลการปลดปล่อย GHG บนถนน การศึกษานี้ใช้ข้อมูลนำเข้าจากที่มา 4 แหล่ง ได้แก่ การวัดความยาวของถนนจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจภาคสนามการสัญจรของยานพาหนะ อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง และอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHGs Emission) จากเว็บไซต์ของ อบก. ภายหลังการคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซลและนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์การศึกษาคือแผนที่แสดงค่าการปลดปล่อย GHG หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรในช่วงเร่งด่วน กรอบแนวคิดและขั้นตอนหลักมีรายละเอียดดังรูปที่ 2 และขั้นตอนวิธีการศึกษามีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดและขั้นตอนหลักในการศึกษา

### 1. การสำรวจข้อมูลการสัญจร

การวิจัยครั้งนี้เลือกถนนบริเวณทางเข้าออกของมหาวิทยาลัยพะเยาเป็นพื้นที่ศึกษา รายละเอียดการทำงานมีดังนี้

1.1 การแบ่งส่วนถนน (Road Segmentation) เป็นการเตรียมการก่อนออกภาคสนามซึ่งใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานในการพิจารณาแบ่งส่วนถนนโดยใช้จุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง ผลพลอยได้จะทำให้เกิดความสะดวกในการวางตำแหน่งผู้สำรวจที่ต้องปฏิบัติงานภาคสนาม อีกทั้งสามารถวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนได้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคำนวณในตารางเอ็กเซลซึ่งเป็นขั้นตอนถัดไปด้วย

1.2 ข้อมูลตรวจนับการสัญจร (Traffic Count Data) ผู้สำรวจภาคสนามทำการบันทึกถ่ายภาพยานพาหนะเพื่อเป็นหลักฐานในการนับจำนวน รวมไปถึงการระบุประเภทยานพาหนะ และชนิดเชื้อเพลิงด้วย การสำรวจภาคสนามดังกล่าวถูกกำหนดและดำเนินการในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของวันธรรมดาและวันหยุดราชการ ตามลำดับ นอกจากนี้ ช่วงเวลาที่ทำการสำรวจนั้นเป็นช่วงเวลาเร่งด่วนที่พิจารณาแล้วสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้รถและเวลาปฏิบัติงานของบุคลากร รวมถึงเวลาเรียนของนิสิตในมหาวิทยาลัยโดยกำหนดไว้ทั้งหมด 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เช้า (7:00–9:00 น.) กลางวัน (11:00–13:00 น.) และเย็น (16:00–18:00 น.) นอกจากนี้ สำหรับสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 นั้น มหาวิทยาลัยในช่วงเวลาสำรวจดังกล่าวนั้นมีนโยบายให้มีการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบผสม (Hybrid) คือ ร่วมกันทั้งแบบเรียนในที่ตั้งและแบบออนไลน์ ดังนั้นจำนวนนิสิตที่เดินทางเข้าไปในมหาวิทยาลัยประมาณการณ์ได้ว่าไม่เกินร้อยละ 50 จากทั้งหมด 18,174 คน (ระบบบริการการศึกษา, 2565) อย่างไรก็ตาม สำหรับบุคลากรของมหาวิทยาลัยยังคงปฏิบัติหน้าที่ตามปกติ โดยที่สายวิชาการและสายสนับสนุนมีจำนวน เท่ากับ 979 และ 937 คน ตามลำดับ (กองการเจ้าหน้าที่, 2565)

1.3 การบันทึกข้อมูลภาคสนามเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การศึกษาครั้งนี้อาศัยการบันทึกหรือนำเข้าข้อมูลลงในโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) รูปแบบการบันทึกข้อมูลเป็นแบบตาราง 2 มิติ หรือเป็นความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) ประกอบด้วยคอลัมน์และแถว คอลัมน์แสดงถึงคุณลักษณะของความสัมพันธ์ ซึ่งหมายถึง เขตข้อมูล (Field) ส่วนแถวมีความหมายเหมือนระเบียบข้อมูล (Record) (สิทธิชัย ชูสำโรง, 2559) จะเห็นได้ว่ารูปแบบของตารางดังกล่าวมีรูปแบบเหมือนกับตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย

## 2. กระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1 การดิจิไทส์เส้นถนนเพื่อสร้างชั้นข้อมูลถนนอาศัยการดิจิไทส์บนหน้าจอ (Digitize On Screen) ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.2 และอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบพิกัดและตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการระบุหมายเลขส่วนของถนนลงในตารางคุณลักษณะ (Attribute Table) พร้อมทั้งใช้คำสั่ง Calculate Geometry เพื่อวัดความยาวของแต่ละส่วนถนนด้วย

2.2 การประเมินจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ วัน และช่วงเวลา ให้ปรากฏเพิ่มในคอลัมน์ของตารางเอ็กเซลอาศัยการคูณกันระหว่างจำนวนรถ (หน่วย: คัน) กับค่าความยาวของถนนแต่ละส่วน (หน่วย: กิโลเมตร) และหลังจากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะถูกหารด้วยอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (หน่วย: กิโลเมตร/ลิตร) อย่างไรก็ตาม การคำนวณดังกล่าวอาศัยค่ากลางของอัตราสิ้นเปลืองในยานพาหนะแต่ละประเภท (ตารางที่ 1) ตามแบบอย่างการคำนวณของ อบก. (อบก, 2562) ซึ่งมีแหล่งอ้างอิงหลายแหล่งรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (อบก, 2562)

| ประเภทของยานพาหนะ | อัตราสิ้นเปลือง (กิโลเมตร/ลิตร) | ที่มา                                                          |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| รถเก๋ง (เบนซิน)   | 17.770                          | กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถยนต์ขนาดกลาง 1,500 cc                  |
| รถกระบะ (ดีเซล)   | 11.111                          | American Petroleum Institute, 2004; รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน |
| รถอเนกประสงค์     | 14.763                          | กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถยนต์เฉลี่ยทุกขนาด เบนซิน               |
| รถจักรยานยนต์     | 37.640                          | กรมควบคุมมลพิษ, 2551; รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาด     |
| รถเมล์มว (ดีเซล)  | 2.850                           | American Petroleum Institute, 2004; รถโดยสารประจำทาง           |
| รถตุ (ดีเซล)      | 10.204                          | American Petroleum Institute, 2004; รถตุโดยสาร                 |
| รถบรรทุก (ดีเซล)  | 6.369                           | American Petroleum Institute, 2004; รถกระบะบรรทุกเฉลี่ย        |

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการศึกษาจำแนกประเภทของยานพาหนะออกเป็นทั้งหมด 7 ประเภทตามที่พบส่วนใหญ่ในภาคสนาม ได้แก่ รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 ซีซี(cc) รถจักรยานยนต์กำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เฉลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซล

2.3 การประเมินค่าการปลดปล่อย GHG อาศัยจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ได้จากข้อ 2.2 มาคำนวณ โดยขั้นตอนแรก ทำการคำนวณเพื่อให้ได้ผลรวมจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงในแต่ละส่วนถนนออกมาเป็นหน่วยลิตร โดยแยกคำนวณเป็น 2 ชนิดเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันเบนซิน และดีเซล หลังจากนั้นขั้นตอนสุดท้ายทำการแปลงจำนวนลิตรน้ำมันเชื้อเพลิงไปเป็นค่าการปลดปล่อย GHG โดยเทียบกับอัตรา GHGs Emission ของ อบก. [22] ซึ่งกำหนดไว้ว่า น้ำมันเบนซิน 1 ลิตร หากมีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของยานพาหนะแล้วจะมีการปลดปล่อย GHG เท่ากับ 2.2376 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อลิตร (Kg CO<sub>2</sub>eq/liter) และดีเซล เท่ากับ 2.7446 Kg CO<sub>2</sub>eq/liter ภายหลังการคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะได้ค่าการปลดปล่อย GHG ในแต่ละส่วนถนน (หน่วย: Kg CO<sub>2</sub>eq)

นอกจากนี้ เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยดังกล่าวกันได้ในกลุ่มหรือระหว่างส่วนถนนทั้งหมด ปริมาณการปลดปล่อยนั้นจะถูกปรับค่าให้อยู่ในช่วงเดียวกัน (Normalization) โดยการหารด้วยระยะทางของแต่ละส่วนถนนนั้นให้มีหน่วยเป็น (kg CO<sub>2</sub>eq km<sup>-1</sup>) และขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้เห็นภาพรวมรายปี การศึกษานี้จึงทำการคาดการณ์ (Estimation) และปรับให้เป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อปี โดยการคูณจำนวนวันธรรมดาและวันหยุดที่มีใน 1 ปี ซึ่งจะให้มีหน่วยเป็น “ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลเมตรต่อปี” (Ton CO<sub>2</sub>eq km<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)

2.4 การนำเข้าข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้จากข้อ 2.3 เข้าสู่ตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนนเพื่อเป็นการเพิ่มเติมข้อมูลทั้งหมดจากตารางเอ็กเซล ได้แก่ วัน ช่วงเวลา ประเภท จำนวนยานพาหนะ และลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนของถนนเข้าไปในชั้นข้อมูลถนน โดยอาศัยการเชื่อมตาราง (Join Table) ข้อมูลในตารางเอ็กเซลเข้าไปที่ตารางคุณลักษณะที่อาศัยหมายเลขส่วนของถนนเป็นคีย์หลัก (Primary Key) ในการเชื่อมกัน

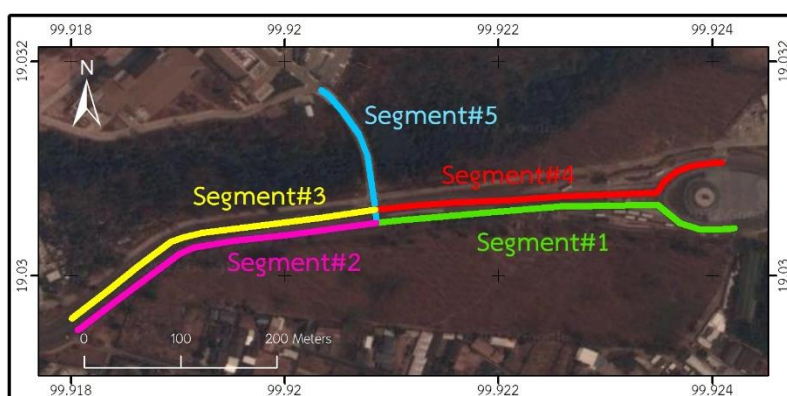
2.5 การออกแบบแผนที่เพื่อนำเสนอข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนในแต่ละส่วนถนน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนจัดการลดขนาดการปลดปล่อย GHG ผู้ศึกษาใช้วิธีการจำแนกคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยเลือกใช้วิธีการจำแนกแบบทุกช่วงชั้นเท่ากัน (Equal Interval) เพื่อเป็นการนำเสนอข้อมูลแผนที่ให้เห็นถึงความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบกันระหว่างแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของวันธรรมดาและวันหยุดด้วย

## ผลการศึกษา

ผลการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ผลการสำรวจข้อมูลการสัญจร

1.1 ผลการแบ่งส่วนถนนในพื้นที่ศึกษาบริเวณทางเข้าและออกของมหาวิทยาลัยพะเยาซึ่งใช้จุดตัดทางแยกเป็นตัวแบ่ง พบว่ามีทั้งหมด 5 ส่วน ดังรูปที่ 3 ได้แก่ ส่วนที่ 1 (สีเขียว) เส้นทางขาเข้าระหว่างลานอนุสาวรีย์สมเด็จพระนเรศวรไปถึงจุดกลับรถ ส่วนที่ 2 (สีม่วง) เส้นทางขาเข้าระหว่างจุดกลับรถไปถึงป้อมยาม ส่วนที่ 3 (สีเหลือง) เส้นทางขาออกระหว่างป้อมยามไปถึงจุดกลับรถ ส่วนที่ 4 (สีแดง) เส้นทางขาออกระหว่างจุดกลับรถไปถึงลานอนุสาวรีย์สมเด็จพระนเรศวร และส่วนที่ 5 (สีฟ้า) เส้นทางเข้าและออกโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา นอกจากนี้จะเห็นว่า ถนนส่วนที่ 5 มีสะพานจึงทำให้การจราจรมีลักษณะแบบสวนทางกัน (Two Way) ในขณะที่ถนนส่วนอื่นๆจะมีลักษณะเป็นแบบเดินรถทางเดียว (One Way)



รูปที่ 3 การแบ่งส่วนของถนนในพื้นที่ศึกษา

1.2 ผลการตรวจนับการสัญจรในภาคสนามที่ดำเนินการในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2565 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลในวันธรรมดาและวันหยุด ดำเนินการ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เช้า (7:00–9:00 น.) กลางวัน (11:00–13:00 น.) และเย็น (16:00–18:00 น.) ผลการตรวจนับพบว่าทั้ง 2 วัน มีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด 4,106 คัน หากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุด พบว่ามีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด 2,972 และ 1,134 คัน ตามลำดับ นอกจากนี้ หากพิจารณาการสัญจรของยานพาหนะในวันธรรมดาและวันหยุด จะพบว่าส่วนใหญ่เป็น รถเก๋ง และ

รถกระบะ ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงจำนวนยานพาหนะในแต่ละช่วงเวลาและจำแนกเป็นรายประเภทยานพาหนะด้วย

ตารางที่ 2 ปริมาณการสัญจรทางถนนในวันธรรมดาและวันหยุด

| วัน                              | ประเภท<br>รถ | ช่วงเวลา | Road Segment |     |     |     |     |
|----------------------------------|--------------|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|
|                                  |              |          | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   |
| วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565   | กระบะ        | เช้า     | 237          | 71  | 17  | 34  | 183 |
|                                  |              | กลางวัน  | 78           | 23  | 71  | 143 | 127 |
|                                  |              | เย็น     | 34           | 10  | 139 | 278 | 163 |
|                                  | กระบะ        | เช้า     | 96           | 23  | 14  | 28  | 81  |
|                                  |              | กลางวัน  | 43           | 13  | 31  | 63  | 62  |
|                                  |              | เย็น     | 26           | 8   | 47  | 94  | 65  |
|                                  | อเนกประสงค์  | เช้า     | 44           | 37  | 8   | 16  | 15  |
|                                  |              | กลางวัน  | 12           | 10  | 14  | 27  | 15  |
|                                  |              | เย็น     | 13           | 11  | 33  | 66  | 35  |
|                                  | จักรยานยนต์  | เช้า     | 37           | 0   | 0   | 2   | 39  |
|                                  |              | กลางวัน  | 15           | 0   | 0   | 15  | 30  |
|                                  |              | เย็น     | 14           | 0   | 0   | 18  | 32  |
|                                  | รถสามล้อ     | เช้า     | 6            | 6   | 5   | 5   | 0   |
|                                  |              | กลางวัน  | 0            | 0   | 1   | 1   | 0   |
|                                  |              | เย็น     | 0            | 0   | 1   | 1   | 0   |
|                                  | รถ           | เช้า     | 4            | 2   | 0   | 0   | 2   |
|                                  |              | กลางวัน  | 3            | 1   | 1   | 3   | 4   |
|                                  |              | เย็น     | 3            | 1   | 4   | 9   | 7   |
|                                  | บรรทุก       | เช้า     | 2            | 1   | 0   | 1   | 2   |
|                                  |              | กลางวัน  | 3            | 1   | 1   | 3   | 4   |
|                                  |              | เย็น     | 3            | 1   | 4   | 9   | 7   |
|                                  | รวม          |          | 673          | 219 | 391 | 816 | 873 |
| วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 | กระบะ        | เช้า     | 6            | 2   | 6   | 12  | 10  |
|                                  |              | กลางวัน  | 51           | 15  | 20  | 40  | 56  |
|                                  |              | เย็น     | 27           | 8   | 21  | 43  | 41  |
|                                  | กระบะ        | เช้า     | 27           | 8   | 5   | 10  | 24  |
|                                  |              | กลางวัน  | 24           | 7   | 13  | 26  | 30  |
|                                  |              | เย็น     | 21           | 6   | 19  | 38  | 34  |
|                                  | อเนกประสงค์  | เช้า     | 6            | 5   | 4   | 7   | 4   |
|                                  |              | กลางวัน  | 23           | 20  | 8   | 17  | 12  |
|                                  |              | เย็น     | 20           | 17  | 19  | 38  | 22  |
|                                  | จักรยานยนต์  | เช้า     | 5            | 0   | 0   | 3   | 8   |
|                                  |              | กลางวัน  | 22           | 0   | 0   | 19  | 41  |
|                                  |              | เย็น     | 22           | 0   | 0   | 27  | 49  |
|                                  | รถสามล้อ     | เช้า     | 0            | 0   | 1   | 1   | 0   |
|                                  |              | กลางวัน  | 4            | 4   | 5   | 5   | 0   |
|                                  |              | เย็น     | 5            | 5   | 12  | 12  | 0   |
|                                  | รถ           | เช้า     | 0            | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                                  |              | กลางวัน  | 0            | 0   | 0   | 1   | 1   |
|                                  |              | เย็น     | 0            | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                                  | บรรทุก       | เช้า     | 1            | 0   | 1   | 2   | 2   |
|                                  |              | กลางวัน  | 1            | 0   | 0   | 0   | 1   |
|                                  |              | เย็น     | 1            | 0   | 0   | 0   | 1   |
|                                  | รวม          |          | 266          | 97  | 134 | 301 | 336 |

1.3 ผลการบันทึกหรือนำเข้าข้อมูลภาคสนามในโปรแกรมเอ็กเซลให้อยู่ในรูปแบบตาราง 2 มิติ โดยการตั้งชื่อคอลัมน์จะตั้งให้สอดคล้องกับ 3 คุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ประเภทของรถ วันที่ และช่วงเวลา จากนั้นดำเนินการนำเข้าข้อมูลและได้ผลการดำเนินการดังตัวอย่างบางส่วนต่อไปนี้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการบันทึกข้อมูลการสัญจรทางถนนในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล

|   | A            | B           | C          | D             | E          | F          | G             | H          | I           | J              | K           | L   |
|---|--------------|-------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|-------------|----------------|-------------|-----|
| 1 | Road segment | Length (Km) | แก่ง25เช้า | แก่ง25กลางวัน | แก่ง25เย็น | แก่ง27เช้า | แก่ง27กลางวัน | แก่ง27เย็น | กระบะ25เช้า | กระบะ25กลางวัน | กระบะ25เย็น | ... |
| 2 | 1            | 0.3613      | 237        | 78            | 34         | 6          | 51            | 27         | 96          | 43             | 26          | ... |
| 3 | 2            | 0.3249      | 71         |               |            |            |               |            | 29          | 13             | 8           | ... |
| 4 | 3            | 0.3301      | 17         |               |            |            |               |            |             | 31             | 47          | ... |
| 5 | 4            | 0.3532      | 34         |               |            |            |               |            | 28          | 63             | 94          | ... |
| 6 | 5            | 0.1529      | 183        | 127           | 163        | 10         | 56            | 41         | 81          | 62             | 65          | ... |

ถนนส่วนที่ 1 ในวันที่ 25 ก.พ. 65  
เวลาเช้า พบว่ามีรถแก่งสัญจร  
จำนวน 237 คัน

## 2. ผลดำเนินการในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1 ผลการสร้างชั้นข้อมูลโดยการดิจิไทส์บนหน้าจอด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.2 และอาศัยภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูงที่ให้บริการโดยกูเกิลเอิร์ธเป็นแผนที่ฐานสำหรับอ้างอิงระบบพิกัดและตำแหน่ง พบว่า สามารถสร้างเส้นถนนได้ทั้งหมด 5 ส่วน และแต่ละส่วนมีหมายเลขระบุกำกับในตารางคุณลักษณะดังรูปที่ 3

2.2 ผลการประเมินจำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ และวัน ผลการศึกษาพบว่า วันธรรมดาและวันหยุด มีจำนวนลิตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปทั้งหมด 58.4705 และ 26.4477 ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาเฉพาะวันธรรมดาแล้วพบว่า รถเก๋ง มีการใช้น้ำมันมากที่สุดคิดเป็น 26.3276 ลิตร รองลงมา คือ รถกระบะ และรถอเนกประสงค์ คิดเป็น 18.3038 และ 7.4758 ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่วันหยุด พบว่า รถกระบะ มีการใช้น้ำมันมากที่สุดคิดเป็น 7.6179 ลิตร รองลงมาคือ รถเมล์ม่วง และรถเก๋ง คิดเป็น 6.4826 และ 5.8470 ลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 จำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทและลิตรของเชื้อเพลิงที่ใช้ในถนนแต่ละส่วน

| ถนน<br>ส่วน<br>ที่ | วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565 |         |       |         |             |        |             |        |          |        |     |        |        |        | รวม<br>(ลิตร) |
|--------------------|--------------------------------|---------|-------|---------|-------------|--------|-------------|--------|----------|--------|-----|--------|--------|--------|---------------|
|                    | เก๋ง                           |         | กระบะ |         | อเนกประสงค์ |        | จักรยานยนต์ |        | เมล์ม่วง |        | ตุ้ |        | บรรทุก |        |               |
|                    | คัน                            | ลิตร    | คัน   | ลิตร    | คัน         | ลิตร   | คัน         | ลิตร   | คัน      | ลิตร   | คัน | ลิตร   | คัน    | ลิตร   |               |
| 1                  | 349                            | 7.0966  | 165   | 5.3659  | 69          | 1.6888 | 66          | 0.6336 | 6        | 0.7607 | 10  | 0.3541 | 3      | 0.1702 | 16.0700       |
| 2                  | 104                            | 1.9013  | 50    | 1.4619  | 58          | 1.2763 | 0           | 0      | 6        | 0.6839 | 4   | 0.1273 | 1      | 0.0510 | 5.5018        |
| 3                  | 227                            | 4.2174  | 92    | 2.7336  | 55          | 1.2300 | 0           | 0      | 7        | 0.8109 | 5   | 0.1618 | 1      | 0.0518 | 9.2055        |
| 4                  | 455                            | 9.0427  | 185   | 5.8802  | 109         | 2.6075 | 35          | 0.3284 | 7        | 0.8674 | 12  | 0.4153 | 4      | 0.2218 | 19.3635       |
| 5                  | 473                            | 4.0696  | 208   | 2.8621  | 65          | 0.6732 | 101         | 0.4102 | 0        | 0      | 13  | 0.1948 | 5      | 0.1200 | 8.3299        |
| รวม                |                                | 26.3276 |       | 18.3038 |             | 7.4758 |             | 1.3722 |          | 3.1229 |     | 1.2533 |        | 0.6149 | 58.4705       |

| ถนน<br>ส่วน<br>ที่ | วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 |        |       |        |             |        |             |        |          |        |     |        |        |        | รวม<br>(ลิตร) |
|--------------------|----------------------------------|--------|-------|--------|-------------|--------|-------------|--------|----------|--------|-----|--------|--------|--------|---------------|
|                    | เก๋ง                             |        | กระบะ |        | อเนกประสงค์ |        | จักรยานยนต์ |        | เมล์ม่วง |        | ตุ้ |        | บรรทุก |        |               |
|                    | คัน                              | ลิตร   | คัน   | ลิตร   | คัน         | ลิตร   | คัน         | ลิตร   | คัน      | ลิตร   | คัน | ลิตร   | คัน    | ลิตร   |               |
| 1                  | 84                               | 1.7081 | 72    | 2.3415 | 49          | 1.1993 | 49          | 0.4704 | 9        | 1.1411 | 0   | 0      | 3      | 0.1702 | 7.0305        |
| 2                  | 25                               | 0.4570 | 21    | 0.6140 | 42          | 0.9242 | 0           | 0      | 9        | 1.0259 | 0   | 0      | 0      | 0      | 3.0211        |
| 3                  | 47                               | 0.8732 | 37    | 1.0994 | 31          | 0.6933 | 0           | 0      | 18       | 2.0851 | 0   | 0      | 1      | 0.0518 | 4.8028        |
| 4                  | 95                               | 1.8880 | 74    | 2.3521 | 62          | 1.4832 | 49          | 0.4598 | 18       | 2.2305 | 1   | 0.0346 | 2      | 0.1109 | 8.5591        |
| 5                  | 107                              | 0.9206 | 88    | 1.2109 | 38          | 0.3935 | 98          | 0.3981 | 0        | 0      | 1   | 0.0150 | 4      | 0.0960 | 3.0341        |
| รวม                |                                  | 5.8470 |       | 7.6179 |             | 4.6935 |             | 1.3282 |          | 6.4826 |     | 0.0496 |        | 0.4290 | 26.4477       |

2.3 ผลการประเมินปริมาณการปลดปล่อย GHG ในแต่ละส่วนถนนจำแนกตามประเภทยานพาหนะ และวัน ผลการศึกษาพบว่า วันธรรมดาและวันหยุด มีปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด 142.6441 และ 66.5708 kg CO<sub>2</sub>eq ตามลำดับ นอกจากนี้หากพิจารณาความแตกต่างของคาร์บอนฟุตพริ้นท์รายปีจะพบว่า การสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนของวันธรรมดามีคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่า 5.5 เท่าของวันหยุด โดยคิดเป็น 125.9086 และ 22.8133 ton CO<sub>2</sub>eq km<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณการปลดปล่อย GHG ในถนนแต่ละส่วนจำแนกตามประเภทของยานพาหนะ

| ถนน<br>ส่วน<br>ที่ | วันศุกร์ที่ 25 กุมภาพันธ์ 2565          |         |             |             |         |        |        | รวม<br>(kg CO <sub>2</sub> eq) | Carbon footprint:<br>(ton co <sub>2</sub> eq km <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> ) |
|--------------------|-----------------------------------------|---------|-------------|-------------|---------|--------|--------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                    | การปลดปล่อย GHG (kg CO <sub>2</sub> eq) |         |             |             |         |        |        |                                |                                                                                 |
|                    | แท็กซี่                                 | กระบะ   | อเนกประสงค์ | จักรยานยนต์ | เมลล์มว | ตุ     | บรรทุก |                                |                                                                                 |
| 1                  | 15.8794                                 | 14.7273 | 3.7789      | 1.4177      | 2.0878  | 0.9719 | 0.4671 | 39.3302                        | 28.3000                                                                         |
| 2                  | 4.2543                                  | 4.0123  | 2.8559      | 0           | 1.8771  | 0.3495 | 0.1400 | 13.4891                        | 10.7958                                                                         |
| 3                  | 9.4368                                  | 7.5027  | 2.7522      | 0           | 2.2256  | 0.4440 | 0.1423 | 22.5036                        | 17.7223                                                                         |
| 4                  | 20.2341                                 | 16.1389 | 5.8346      | 0.7348      | 2.3807  | 1.1399 | 0.6088 | 47.0717                        | 34.6543                                                                         |
| 5                  | 9.1060                                  | 7.8553  | 1.5062      | 0.9180      | 0       | 0.5346 | 0.3294 | 20.2496                        | 34.4362                                                                         |
| รวม                | 58.9106                                 | 50.2365 | 16.7278     | 3.0705      | 8.5712  | 3.4399 | 1.6876 | 142.6441                       | 125.9086                                                                        |

| ถนน<br>ส่วน<br>ที่ | วันอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565        |         |             |             |          |        |        | รวม<br>(kg CO <sub>2</sub> eq) | Carbon footprint:<br>(ton co <sub>2</sub> eq km <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup> ) |
|--------------------|-----------------------------------------|---------|-------------|-------------|----------|--------|--------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                    | การปลดปล่อย GHG (kg CO <sub>2</sub> eq) |         |             |             |          |        |        |                                |                                                                                 |
|                    | แท็กซี่                                 | กระบะ   | อเนกประสงค์ | จักรยานยนต์ | เมล์ม่วง | ตุ้    | บรรทุก |                                |                                                                                 |
| 1                  | 3.8220                                  | 6.4264  | 2.6836      | 1.0525      | 3.1318   | 0      | 0.4671 | 17.5834                        | 5.0609                                                                          |
| 2                  | 1.0227                                  | 1.6852  | 2.0680      | 0           | 2.8156   | 0      | 0      | 7.5915                         | 2.4303                                                                          |
| 3                  | 1.9539                                  | 3.0174  | 1.5512      | 0           | 5.7229   | 0      | 0.1423 | 12.3876                        | 3.9023                                                                          |
| 4                  | 4.2247                                  | 6.4556  | 3.3188      | 1.0287      | 6.1219   | 0.0950 | 0.3044 | 21.5490                        | 6.3458                                                                          |
| 5                  | 2.0599                                  | 3.3234  | 0.8806      | 0.8907      | 0        | 0.0411 | 0.2635 | 7.4593                         | 5.0741                                                                          |
| รวม                | 13.0831                                 | 20.9080 | 10.5022     | 2.9720      | 17.7921  | 0.1361 | 1.1773 | 66.5708                        | 22.8133                                                                         |

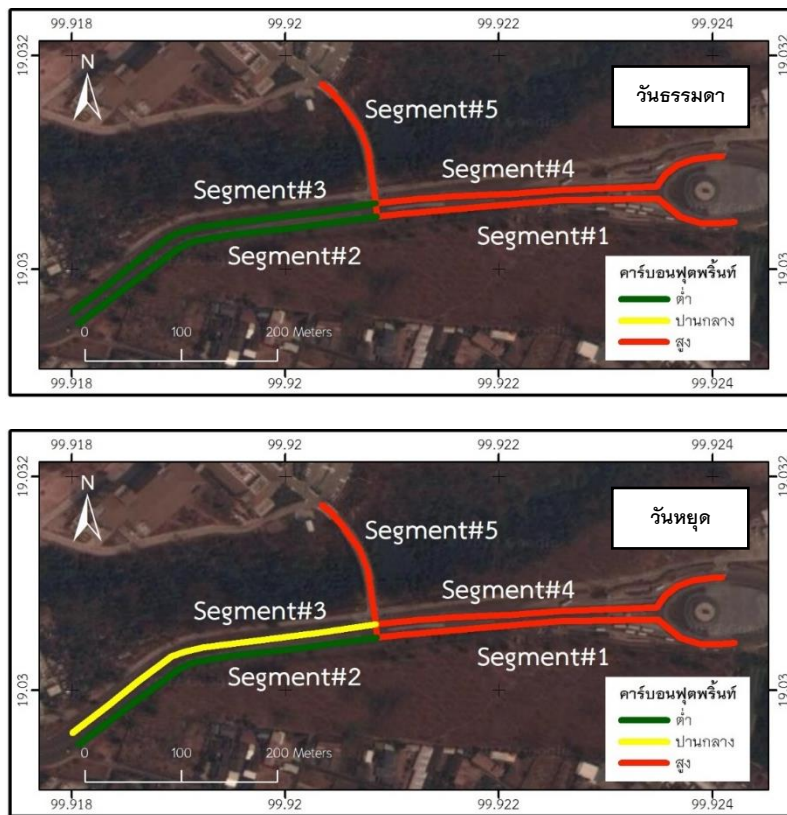
2.4 ผลการนำเข้าข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละส่วนถนนที่อยู่ในโปรแกรมเอ็กเซลเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูลถนน โดยการเชื่อมโยงตาราง ทำให้ข้อมูลครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และพบว่าเป็นกระบวนการที่ทำได้จริงซึ่งปรากฏดังรูปที่ 4

| segment | แท็กซี่25kgco2 | กระบะ25kgco2 | อเนก25kgco2 | จักร25kgco2 | เมล์25kgco2 | ตุ25kgco2 | บรรทุก25kgco2 | รวม25kgco2 |
|---------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------------|------------|
| 1       | 15.879356      | 14.727271    | 3.778934    | 1.417716    | 2.087843    | 0.971899  | 0.467134      | 39.330154  |
| 2       | 4.254305       | 4.012326     | 2.855855    | 0           | 1.877093    | 0.349517  | 0.139994      | 13.489089  |
| 3       | 9.436847       | 7.502738     | 2.752178    | 0           | 2.225555    | 0.444002  | 0.14227       | 22.50359   |
| 4       | 20.234051      | 16.138905    | 5.834596    | 0.734814    | 2.380722    | 1.139899  | 0.608757      | 47.071744  |
| 5       | 9.10604        | 7.855298     | 1.506241    | 0.917968    | 0           | 0.534596  | 0.329421      | 20.249564  |

รูปที่ 4 ตารางคุณลักษณะภายหลังการเชื่อมโยงตาราง

2.5 ผลการออกแบบแผนที่เพื่อนำเสนอข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วน หลังจากทำการจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่า แผนที่ที่สร้างออกมาเน้นให้เห็นความแตกต่างเชิงพื้นที่และการเปรียบเทียบระหว่างวันธรรมดาและวันหยุดได้ ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 5 และเป็นที่น่าสังเกตได้ว่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของถนนส่วนที่ 2 และ 3 นั้นแตกต่างจากส่วนที่ 1 4 และ 5 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นเพราะเป้าหมายในการเดินทางของผู้สัญจร คือ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยามีมากกว่าพื้นที่ใจกลางเมืองมหาวิทยาลัย เนื่องจากโรงพยาบาลเป็นศูนย์กลางวัดคลื่นไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ด้วย อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเรื่องการประยุกต์ใช้

แผนที่แล้วพบว่า สามารถนำไปใช้ได้หลายอย่าง เช่น เพื่อการประเมินงบประมาณสำหรับการปลูกแนวปลูกต้นไม้ 2 ข้างทางเพื่อช่วยในการดูดซับ GHG หรือการสร้างเส้นทางใหม่เพื่อลดความแออัดของการสัญจร เป็นต้น



รูปที่ 5 แผนที่แสดงระดับของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งในวันธรรมดาและวันหยุด

### สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการทำแผนที่คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการสัญจรช่วงเวลาเร่งด่วนภายในมหาวิทยาลัยพะเยา ทั้งนี้เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่การศึกษานี้นำเสนอ สำหรับขั้นตอนแรก ถนนภายในพื้นที่ศึกษาถูกดิจิไตส์และถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วนโดยอาศัยจุดตัดและทางแยกเป็นตัวแบ่ง ขั้นตอนที่สอง วางตำแหน่งของผู้สำรวจภาคสนาม และทำการสำรวจในศุกร์ที่ 25 และอาทิตย์ที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565 ทั้ง 2 วันดังกล่าวถูกใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการสัญจรของวันธรรมดาและวันหยุด ตามลำดับ ขั้นตอนที่สาม นำเข้าข้อมูลและประมวลผลในโปรแกรมเอ็กเซล ได้แก่ จำนวนลิตรของเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ในแต่ละส่วนถนน ปริมาณการปลดปล่อย GHG และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตามลำดับ ขั้นตอนที่สี่ เชื่อมโยงข้อมูลจากตารางเอ็กเซลเข้าไปในตารางคุณลักษณะของชั้นข้อมูล ขั้นตอนสุดท้าย ออกแบบการนำเสนอเป็นแผนที่ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวเป็นไปได้และเป็นข้อมูลสนับสนุนการลดขนาดการปลดปล่อย GHG ได้ นอกจากนี้หากพิจารณาเป็นรายปียังพบอีกว่าการสัญจรในช่วงเวลาเร่งด่วนของวันธรรมดาเกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากกว่าในวันหยุดถึง 5.5 เท่าในพื้นที่ศึกษาด้วย

ถึงแม้ว่า กรอบหรือข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาถูกกำหนดไว้แล้วอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจของผู้อ่าน รายละเอียดของข้อจำกัดของการศึกษาค้างครั้งนี้มีดังต่อไปนี้ (1) พื้นที่ศึกษาเป็นเพียงบางส่วนของถนนในมหาวิทยาลัย (2) การกำหนดค่ากลางของอัตราการบริโภคเชื้อเพลิงของยานพาหนะที่นำมาใช้ยังไม่ละเอียดเท่าที่ควร เช่น รถเก๋งกำหนดไว้เป็นเครื่องยนต์เบนซินขนาดกลาง 1,500 ซีซี รถจักรยานยนต์กำหนดไว้

เป็นเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ เผลี่ยทุกขนาดเครื่องยนต์ และรถบรรทุกกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของเครื่องยนต์ดีเซล (3) การสำรวจภาคสนามดำเนินการในเฉพาะช่วงเวลาเร่งด่วนของวันศุกร์และอาทิตย์เท่านั้น (4) ข้อมูลการสัญจรอยู่ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ซึ่งกระทบต่อจำนวนนิสิตและบุคลากรที่เดินทางสัญจรเข้าและออกมหาวิทยาลัย ดังที่กล่าวแล้วทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การศึกษาครั้งนี้มิได้ล่อถึงสถานการณ์รูปแบบชีวิตวิถีเดิม แต่อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังคงล่อถึงสถานการณ์รูปแบบของความปกติในชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) นอกจากนี้ สำหรับการศึกษาคั้งถัดไป หากไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลา งบประมาณ และบุคลากร สามารถขยายพื้นที่ศึกษาเป็นถนนทั้งหมดในมหาวิทยาลัย และใช้ค่ากลางของอัตราการบริโภคของยานพาหนะได้หลายประเภทมากขึ้น ขยายเวลาสำรวจภาคสนามให้ครอบคลุมทั้งวันมากขึ้น อาจมีการใช้ข้อมูลเสริมจากกล้องวงจรปิด หรือแม้แต่การใช้ข้อมูลการสัญจรในเวลาจริง (Real-Time Traffic Data) ที่มีให้บริการในเว็บไซต์ เช่น iTIC (iTIC, 2565) Longdo (Longdo, 2565) และ TOMTOM (TOMTOM, 2565) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การศึกษามีความทันสมัย แม่นยำ และเป็นประโยชน์มากขึ้นแต่มีต้นทุนต่ำลง

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาคั้งถัดไป ประการแรก เป็นที่น่าสังเกตว่าการเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการศึกษากับการศึกษาในพื้นที่อื่น หรือค่าเฉลี่ยของประเทศ หรือเกณฑ์มาตรฐาน (ถ้าในอนาคตมี) จะทำให้ผู้บริหารเห็นภาพชัดเจนว่าถนนในพื้นที่ศึกษาอยู่ในสถานภาพระดับใด ควรมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นแบบเร่งด่วนหรือไม่ ประการที่สอง การสำรวจข้อมูลในวันศุกร์และอาทิตย์ยังคงเป็นจุดที่ควรพิจารณาปรับปรุง หากเป็นไปได้ควรกระจายการสำรวจข้อมูลภาคสนามในวันอื่นด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่ดีขึ้นสำหรับวันธรรมดาและวันหยุด ประการที่สาม หากมีจำนวนที่ชัดเจนของนิสิตที่เข้ามาในมหาวิทยาลัยย่อมเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาคั้งถัดไปมากขึ้น ประการสุดท้าย ข้อมูลอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงถือว่ามีความสำคัญในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นควรปรับให้มีความละเอียดมากขึ้นและสอดคล้องกับประเภทของรถยนต์มากที่สุด

การศึกษาคั้งนี้เลือกใช้ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่รูปแบบเวกเตอร์ในการจัดเก็บและนำเสนอออกมาเป็นแผนที่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Qingquan et al, 2013; Giovanni et al. (2020) เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีถนนแต่ละส่วนที่ไม่ยาวมากเกินไป ประกอบกับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรบนถนนนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่เล็กที่สุดที่ต้องการพิจารณาอยู่ในระดับส่วนของถนน นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการสำรวจภาคสนามด้วย อย่งไรก็ดี หากปรับเปลี่ยนเป็นชั้นข้อมูลแบบแรสเตอร์เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kai Zhang et al, (2011); Bachman (1998) Zahra et al, (2011) และ DARTE (Database of Road Transportation Emissions) (Gately et al, 2019) สามารถกระทำได้ แต่ควรมีการปรับปรุงข้อมูลนำเข้า เช่น ข้อมูลภาคสนามให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้นกว่าเดิมด้วย เนื่องจากรูปร่างของเซลล์จะมีขนาดเท่ากันและเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส นอกจากนี้ สำหรับการศึกษาคั้งถัดไป ควรเพิ่มเติมการพิจารณาเรื่องความชันเพราะมีผลต่ออัตราเร่งของเครื่องยนต์และมีผลต่อการปลดปล่อย GHG ด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณนิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่ช่วยในการสำรวจภาคสนามนับจำนวนยานพาหนะที่สัญจรในพื้นที่ศึกษา ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมเชิงพื้นที่สำหรับข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่

## เอกสารอ้างอิง

กรุงเทพธุรกิจ. เมื่อ "โลกร้อน" ขึ้น 1.2 องศา มนุษย์จะเจอ "ภัยพิบัติ" อะไรบ้าง?

สืบค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com/social/967297>.

Greenpeace. (2564). ผลกระทบของภาวะโลกร้อน.

สืบค้นจาก <https://www.greenpeace.org/thailand/explore/protect/climate/impacts/>.

กรุงเทพมหานคร. (2553). คู่มือคลายร้อนให้โลก (ที่)รัก. สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร และ Japan

International Cooperation Agency (JICA) หรือองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น. สืบค้นจาก

[https://www.jica.go.jp/thailand/english/office/topics/c8h0vm0000bm5965-att/events100929\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/thailand/english/office/topics/c8h0vm0000bm5965-att/events100929_01.pdf).

กรมประชาสัมพันธ์. (2565). เร่งขับเคลื่อนงานแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน เดินหน้าขยายผลในทุกจังหวัดและทุกองค์กรปกครองท้องถิ่นทั่วประเทศ.

สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG220320211731965>.

กรมประชาสัมพันธ์. (2562). รายงานพิเศษ : “โลกร้อน” ภัยใกล้ตัว.

สืบค้นจาก <https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG191114215504234>.

อบก. (2565). TGO จับมือ VGREEN ร่วมขยายผลกิจกรรมลดขยะคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอน

ภาคสมัครใจภายในประเทศ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมาย Net Zero Emissions. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/tgo-จับมือ-vgreen-ร่วมขยายผลกิจกรรมลดขยะคาร์บอนเพื่อสนับสนุนตลาดคาร์บอน>.

อบก. (2565). TGO จับมือ FTI และ 29 องค์กรนำร่อง ร่วมส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรในภาคอุตสาหกรรม. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/tgo-จับมือ-fti-และ-29-องค์กรนำร่อง-ร่วมส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรใน>.

Suthichai Live. (2565). การเสวนาผ่านเฟซบุ๊กไลฟ์: คาร์บอนเครดิต สร้างโอกาสทางเศรษฐกิจ ลดมลพิษอย่างยั่งยืน.

สืบค้นจาก <https://www.facebook.com/689751208/videos/509059280632349/>.

อบก. (2562). โครงการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อแสดงการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในสาขาเกษตรป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน. สืบค้นจาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/โครงการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศ>.

ENVIRONNET. (2559). การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่งในบริบทโลก. ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก <http://www.environnet.in.th/archives/1533>.

เทศบาลตำบลบางกระบือ. (2555). Car Free Day ลดรถ ลดโลกร้อนกับกฎหมายพลังงานหมุนเวียน. สืบค้นจาก <http://www.bangkrabuecity.go.th/site/attachments/article/155/Car%20Free%20Day%20ลด%20รถ%20ลด%20โลกร้อนกับกฎหมายพลังงานหมุนเวียน.pdf>.

Kai Zhang, Stuart Batterman, and Francois Dion. (2011). Vehicle Emissions in Congestion: Comparison of Work Zone, Rush Hour and Free-flow Conditions, *Atmospheric Environment*, 45(11): 1929-1939.

Zihan Kan, Luliang Tang, Mei-Po Kwan, and Xia Zhang. (2018). Estimating Vehicle Fuel Consumption and Emissions Using GPS Big Data, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1-23.

- Bachman, W. H. (1998). *A GIS-based modal model of automobile exhaust emissions*. Washington, DC, USA: United States Environmental Protection Agency, Research and Development, National Risk Management Research Laboratory.
- Zahra Gharineiat and Malik Khalfan. (2011). Using the Geographic Information System (GIS) in the Sustainable Transportation. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geomatics and Civil Engineering*, 5(11), 1425-1431.
- วิภาพ แพงวังทอง และอิสระพงษ์ กาจสาริการณ. (2564). การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และการตัดสินใจกลุ่มแบบหลายเกณฑ์เพื่อประเมินความเสี่ยงไฟฟ้าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติของจังหวัดพะเยา. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่*, 2(2), 13-24.
- ศศิธร นัตรสุตารัตน์. (2560). การศึกษาและวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกอ้อยโดยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat: กรณีศึกษา อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร. *การประชุมวิชาการ (Proceedings) ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6 (NatGen 6th)*, วันที่ 24 – 25 กุมภาพันธ์ 2565 (น. 432-444). กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริลักษณ์ พิมพ์สาร, นครินทร์ ชัยแก้ว, และสิทธิชัย พิมพ์ศรี. (2556). การประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 6(2), 116-127.
- ระบบบริการการศึกษา. (2565). จำนวนนิสิตในปัจจุบัน. มหาวิทยาลัยพะเยา.  
สืบค้นจาก <https://reg.up.ac.th/content/all/information>.
- กองการเจ้าหน้าที่. (2565). *สรุปอัตรากำลังบุคลากรของมหาวิทยาลัยพะเยา ปี 2563*. มหาวิทยาลัยพะเยา.  
สืบค้นจาก <http://www.personnel.up.ac.th/ContentRead.aspx?c=อัตรากำลัง>
- สิทธิชัย ชูสำโรง. (2559). รายวิชา 104333 *การจัดการฐานข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ* [เอกสารประกอบการสอน]. พิษณุโลก: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อบก. (2562). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลหัตถ์ภูมิสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. สืบค้นจาก <http://localfo.tgo.or.th/uploads/docs/20200311130041.pdf>.
- iTIC. (2565). *iTIC Traffic Live Web-based application*. มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (The Intelligent Traffic Information Center Foundation). สืบค้นจาก <https://iticfoundation.org/>.
- Longdo. (2565). *Longdo Traffic Web-based application*. สืบค้นจาก <https://traffic.longdo.com/th/>.
- TOMTOM. (2565). *Bangkok traffic Web-based application*. บริษัท ทอมทอม เนวิเกชั่น (ประเทศไทย) จำกัด. สืบค้นจาก [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/bangkok-traffic/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/bangkok-traffic/).
- Qingquan Li, Xiaomeng Chang, Xiaohui Cui, Luliang Tang, Zhiheng Li, and Liu Cheng. (2013). Road-Segment-Based Vehicle Emission Model for Real-Time Traffic Greenhouse Gas Estimation. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, 14(1), 469-479.
- Giovanni De Nunzio, Mohamed Laraki, and Lauren Thibault. (2020). Road Traffic Dynamic Pollutant Emissions Estimation: From Macroscopic Road Information to Microscopic Environmental Impact. *Atmosphere* 2021, 15(53), 1-23.
- Gately, C., Hutyrá, L. R., & Wing, I. S. (2019). DARTE annual on-road CO2 emissions on a 1-km grid, conterminous USA, v2, 1980-2017. ORNL DAAC.

## การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์

### กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

รัตนาวดี พานทอง<sup>1\*</sup>, อาคม ตาแสงวงษ์<sup>1</sup> และ วีรวัฒน์ วงศ์ใหญ่<sup>1</sup>

## Development of Online Internship Management Information Systems: A Case Study in School of Information and Communication Technology, University of Phayao

Rattanawadee Panthong<sup>1\*</sup>, Akhom Tasaengwong<sup>1</sup> and Weerawat Wongyai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Information System Department, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

\* Corresponding author: rattanawadee.pa@up.ac.th

Received: March 25, 2022; Revised: May 8, 2022; Accepted: May 17, 2022

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศการจัดการข้อมูลการฝึกงานในรูปแบบออนไลน์ 2) เพื่อการประยุกต์ใช้ Google Apps for Education ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพทางการศึกษาและการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP, HTML ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมและสร้างเว็บแอปพลิเคชัน และใช้ MySQL ในการจัดทำระบบฐานข้อมูล ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการวิเคราะห์และออกแบบ 2) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และ 3) ด้านประโยชน์ต่อการใช้งานพบว่า โดยค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย (  $\bar{x}$  ) เท่ากับ 4.09 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.54 ประโยชน์ที่ได้รับของงานวิจัยนี้คือ ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ สำหรับการจัดการข้อมูลการฝึกงาน ประกอบด้วย การยื่นขอฝึกงาน การสืบค้นข้อมูล และการติดตามช่วยให้การสืบค้นข้อมูลและติดตามสถานการณ์ฝึกงานทำได้อย่างรวดเร็ว มีระบบการจัดการข้อมูลการฝึกงานที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถเรียกดูข้อมูลเกี่ยวกับสถานประกอบการที่สนใจในการเข้าฝึกงานในปีที่ผ่านมาได้เพื่อเป็นแนวทางในการหาที่ฝึกงานของนิสิตในปีต่อไป

**คำสำคัญ:** ฝึกงาน, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ, ฐานข้อมูล, มหาวิทยาลัยพะเยา

<sup>1</sup> ฝ่ายระบบสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

## Abstract

The purposes of this research are 1) to develop the information system of online internship management for School of Information and Communication Technology, University of Phayao, and 2) to apply the Google Apps for Education in development online internship management as an educational innovation which enhances efficiency of teaching and learning management in digital age. PHP and HTML languages used to create a web application meanwhile, MySQL is used to create and manage databases. The evaluation results on the user's satisfaction towards web application are classified into 3 aspects: 1) analysis and design of web application, 2) performance of the system, and 3) benefits of using. In overall, it is at good level ( $\bar{X} = 4.01$  and S.D. = 0.55). The benefits of this web application are supposed to help facilitate searching and checking the status on internship more quickly and improve the performance of the interesting for the internship management system. In addition, it can help search the interesting enterprises for each student to have an internship with and at the same time it can serve as a guideline for students in the next few years.

**Keyword:** Internship, Management Information System, Google Apps, University of Phayao

## บทนำ

ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งการศึกษาทั่วประเทศนั้นได้รับผลกระทบจากโรคนี้ สำหรับประเทศไทยได้รับผลกระทบจากโรคระบาดนี้ด้วยเช่นกัน จากปัญหาดังกล่าวทำให้สถานประกอบการหลายแห่งมีการปรับรูปแบบการทำงานที่บ้าน (Work From Home) รวมถึงสถาบันการศึกษาหลายๆ ที่ได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ เพื่อเป็นการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสดังกล่าว ทางคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาได้มีการปรับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ร้อยละ 100 ตามประกาศมหาวิทยาลัยพะเยา เรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2563 (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2563) และในปีการศึกษาภาคปลายมีการจัดการเรียนรายวิชาการฝึกงาน โดยที่นิสิตจะต้องดำเนินการยื่นฝึกงานให้แล้วเสร็จภายในภาคต้นปีการศึกษา 2564 ซึ่งด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้นิสิตไม่สะดวกในการเข้ามียื่นเอกสาร ประสานงาน หรือติดตามเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการขอฝึกงานกับทางคณะฯ ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสอบถาม อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องในการดูแลเรื่องการฝึกงาน ทำให้ทราบถึงการจัดการข้อมูลการฝึกงานในปัจจุบันมีขั้นตอนการดำเนินงานหลายขั้นตอน และการจัดเก็บเอกสารยังจัดเก็บแบบแฟ้มกระดาษ อีกทั้งรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลยังขาดความเป็นระบบ การยื่นข้อมูลฝึกงานและการติดตามสถานะของการฝึกงานยังไม่อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน และข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกงานมีจำนวนค่อนข้างมาก อาทิเช่น หนังสือขอความอนุเคราะห์ฝึกงาน หนังสือส่งตัวนิสิต แบบตอบรับนิสิตฝึกงาน และแบบประเมินผลการฝึกงาน เพื่อให้มีความเป็นระบบในการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการฝึกงาน และเพื่อจัดการและจัดเก็บข้อมูลการฝึกงานให้เป็นระบบมากขึ้น รวมทั้งให้มีสะดวกและง่ายในการตรวจสอบข้อมูล ติดตามการยื่นข้อมูล และเอกสารการฝึกงานได้อย่างรวดเร็ว

เทคโนโลยี Google Apps for Education เป็นการบริการแอปพลิเคชันสำหรับการศึกษาที่มีประสิทธิภาพสูงจาก Google โดย Google เป็นผู้ดูแลแอปพลิเคชันและข้อมูลทั้งหมด สามารถใช้งานภายใต้โดเมนของมหาวิทยาลัยได้ ซึ่งมีการ

ทำงานเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถใช้งานได้ตลอดเวลา เข้าใช้งานได้ง่าย มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง และสามารถทำงานร่วมกันหรือแบ่งปันข้อมูลได้ อีกทั้งชุดของฟรีอีเมลล์จาก Google และเครื่องมือต่างๆ เป็นแบบระบบเปิดให้สถาบันการศึกษาใช้สำหรับเป็นเครื่องมือเสริมประกอบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (ไพรัชพ วิริยวรกุล และคณะ, 2557) อาทิเช่น Google Classroom, Google Calendar, Google Doc, Google Sheet และ Google Form

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดและจัดทำงานวิจัยในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการฝึกงานในรูปแบบออนไลน์ ที่มีการจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบและรวบรวมไว้ในแหล่งเดียวกัน สามารถใช้งานผ่านเว็บไซต์ และมีการประยุกต์ใช้ Google Apps for Education เพื่อการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลเหมาะสำหรับการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล ไพรัชพ วิริยวรกุล และคณะ, 2557) ขั้นตอนในการวิจัยใช้วิธีการของวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle) และพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยภาษา PHP และ HTML โดยใช้ MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล ในส่วนของการทำงานของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ มีดังนี้ นิสิตสามารถยื่นการฝึกงาน ติดตามผลการยื่นฝึกงาน บันทึกข้อมูลสถานประกอบการ ในส่วนของสถานประกอบการสามารถเข้าใช้ระบบการประเมินผลการฝึกงานของนิสิตแบบออนไลน์ได้ สำหรับรายงานบันทึกการฝึกงานประจำวันได้ประยุกต์ใช้ Google Doc นิสิตสามารถส่งงานผ่าน Google Classroom อาจารย์นิเทศสามารถประเมินสถานประกอบการผ่าน Google Form การสร้างตารางกิจกรรมและตารางนัดหมายด้วย Google Calendar

## วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลฝึกงานในรูปแบบออนไลน์
- 2.2 เพื่อประยุกต์ใช้ Google Apps for Education ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์

## วิธีการศึกษา

### 3.1 เครื่องมือการวิจัย

3.1.1 โปรแกรมภาษา PHP, HTML และฐานข้อมูล MySQL

3.1.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

### 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรเป็นบุคลากรในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ได้แก่ เจ้าหน้าที่ จำนวนอาจารย์และนิสิตที่ยื่นฝึกงาน รวมทั้งหมด จำนวน 280 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ ประกอบด้วยอาจารย์ เจ้าหน้าที่ นิสิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 165 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างได้มาด้วยวิธีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตรทาโร ยามาเน (Taro Yamane) (Uakarn et al, 2021) ดังสมการต่อไปนี้

$$n = \frac{n_0}{1 + n_0^2} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยที่  $n$  = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$N$  = จำนวนประชากรทั้งหมด

$e$  = ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากทราบจำนวนที่แน่นอน (Finite Population) จึงคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาร์เย ยามาเน (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 5

$$n = \frac{280}{1+280(0.05)^2}$$

ได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 165 คน

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยได้นำหลักการพัฒนาระบบแบบ System Development Life Cycle หรือ SDLC (เกียรติพงษ์ อุดมชนะธีระ, 2562) มาเป็นแนวทางในการพัฒนา โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลการฝึกงานแบบออนไลน์และการประยุกต์ใช้ Google Apps for Education

Google Apps for Education เป็นนวัตกรรมใหม่ทางการศึกษาที่ได้รับความนิยมมากและการบริการแอปพลิเคชันสำหรับการศึกษามีประสิทธิภาพสูงจาก โดยมีการเชื่อมโยงและติดต่อผ่านเว็บไซต์ ซึ่ง Google เป็นผู้ดูแลแอปพลิเคชันและข้อมูลทั้งหมด สามารถใช้งานภายใต้โดเมนของมหาวิทยาลัยได้ สำหรับการบริการแอปพลิเคชันของ Google (ไพรัช พ. วิทยารกุล และคณะ, 2557) อาทิเช่น

Google Calendar คือ เป็นปฏิทินแบบออนไลน์ที่สามารถเก็บข้อมูลเหตุการณ์ต่างๆ รวมไปถึงในทีเดียวกันได้ เป็นตัวช่วยในการจัดตารางเวลา สร้างกำหนดการนัดหมายและกำหนดเวลาเหตุการณ์ต่างๆ สามารถค้นหาเหตุการณ์ต่างๆ ได้

Google Documents หรือเรียกว่า Google Docs เป็นบริการออนไลน์ที่สามารถจัดการเอกสารได้ง่ายและสะดวก สร้างเอกสาร สเปรดชีต และงานนำเสนอแบบออนไลน์ สามารถอัปโหลดและรองรับรูปแบบไฟล์ที่หลากหลาย เช่น DOC, XLS, ODT, ODS, RTF, CSV และ PPT เป็นต้น

## แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกรียงศักดิ์ จันทนอก และคณะ (2563) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน นิสิตผู้ใช้บริการ รวมทั้งผู้บริหาร ส่งผล ตีต่อการปฏิบัติงาน มีความสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบข้อมูล และเพิ่มศักยภาพการให้บริการได้อย่างต่อเนื่อง โดยใช้ภาษา PHP และ ฐานข้อมูล MySQL มีองค์ประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ 1) เข้าสู่ระบบ/ลงทะเบียนใหม่ 2) ค้นหาสถานที่ฝึกงาน 3) ขออนุมัติฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 4) พิมพ์แบบขออนุมัติฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 5) ตรวจสอบสถานะ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า มีระดับความพึงพอใจด้านการใช้งานระบบ อยู่ในระดับมาก และด้านการให้บริการของเจ้าหน้าที่ อยู่ในระดับมากเช่นกัน ทั้งนี้งานวิจัยที่พัฒนาขึ้นนี้ทำให้บุคลากรผู้ปฏิบัติงาน นิสิต ผู้ใช้บริการ อาจารย์ที่ปรึกษา รวมทั้งผู้บริหาร ได้ใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลโดยรวมต่อกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพได้ดียิ่งขึ้น

พรณี แสงทิพย์ และคณะ (2562) ได้จัดทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้ เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ ศึกษาผลจากการใช้ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น ซึ่งวิธีการดำเนินงานมี 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 2) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษา มีกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

ทั้งหมด 194 คน มาจากนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 134 คน อาจารย์นิเทศ จำนวน 30 คน และพี่เลี้ยงจากหน่วยฝึกประสบการณ์วิชาชีพ จำนวน 30 คน โดยมีแบบสอบถามแบบปลายเปิดเพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการในการฝึกประสบการณ์ของนักศึกษา แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศด้วยเทคนิค Black Box Testing สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ และแบบสอบถามความพึงพอใจของตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น โดยวิเคราะห์ค่าสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเขียนเรียบเรียงเชิงพรรณนา สำหรับผลการวิจัยพบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยที่ 4.26 หมายถึง ระบบสารสนเทศสามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพในส่วนของอาจารย์นิเทศ พี่เลี้ยงและนักศึกษามีความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศในระดับมาก

พัชชา ทัพพัล และคณะ (2564) ได้นำเสนองานวิจัยการพัฒนาบริหารจัดการการฝึกงานแบบออนไลน์ รองรับสถานการณ์โรคระบาดติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ 1) เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการการฝึกงาน แบบออนไลน์รองรับสถานการณ์โรคระบาดติดเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) 2) เพื่อทดสอบระบบบริหารจัดการการฝึกงานแบบออนไลน์ และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของระบบที่พัฒนาขึ้น โดยระบบบริหารจัดการการฝึกงานแบบออนไลน์พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันประกอบด้วย ระบบบันทึกประวัตินักศึกษา ระบบนัดหมาย ระบบบันทึกการฝึกงาน ระบบการประเมิน ระบบส่งผลงาน รายงานที่เกี่ยวข้องและแบบฟอร์มต่างๆ สรุปผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพของการพัฒนาระบบบริหารจัดการการฝึกงานแบบออนไลน์ อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05

วิไลลักษณ์ กาประสิทธิ์ (2560) นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการพัฒนาระบบการจัดการการฝึกงานของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ระบบสามารถให้นักศึกษาเข้ามากรอกข้อมูลแบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของนักศึกษาที่จะออกฝึกงานในสถานประกอบการต่างๆ ได้ ซึ่งเป็นการลดความผิดพลาดที่เกิดจากลายมือที่เขียนไม่ชัดเจน และนักศึกษายังสามารถตรวจสอบสถานะของตนเองได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ระบบการจัดการการฝึกงาน ยังสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานประกอบการที่สนใจรับนักศึกษาเข้าฝึกงานจากฐานข้อมูล อีกทั้งยังเป็นการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในขับเคลื่อนการบริหารจัดการภายในองค์กร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ เด่นชัย สมปอง และคณะ (2557) ได้กล่าวถึงเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ โดยใช้เป็นระบบสนับสนุนในการพัฒนาระบบบริหารจัดการฝึกประสบการณ์เพื่อประโยชน์และประสิทธิภาพของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

### 3.3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลการฝึกงานและสถานประกอบการที่นิสิตยื่นฝึกงาน

3.3.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้แผนผังบริบทโดยรวม (Context Diagram) และการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) ในส่วนของการออกแบบระบบฐานข้อมูลใช้แผนภาพ ER-Diagram แสดงฐานข้อมูลรวมทั้งดำเนินการพัฒนาระบบตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ

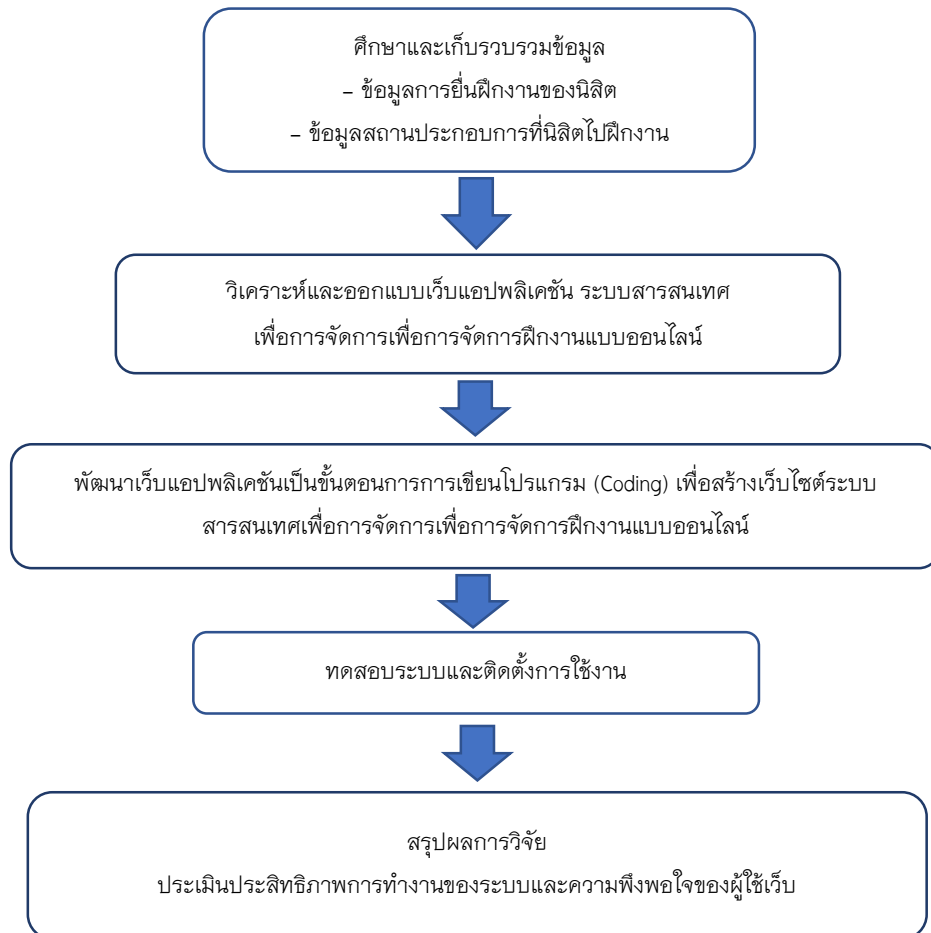
3.3.4 พัฒนาระบบสารสนเทศการฝึกงาน โดยใช้ระบบจัดการข้อมูลด้วยเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่ให้บริการผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต พัฒนาด้วยภาษา PHP และ HTML เชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลด้วย MySQL และให้บริการผ่านระบบออนไลน์ประกอบด้วยระบบย่อยดังนี้ ระบบลงทะเบียนสมาชิก ระบบเพิ่มข้อมูลสถานประกอบการ ระบบการยื่นขอฝึกงาน ระบบตรวจสอบผลการอนุมัติการออกฝึกงาน ระบบการสืบค้นข้อมูลการฝึกงานและ ระบบการออกรายงาน

3.3.5 ทดสอบระบบและติดตั้งการใช้งาน เมื่อพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วจากนั้นจึงดำเนินการทดสอบระบบในส่วนพร้อมกับการทำการติดตั้งการใช้งานของระบบ และนำข้อมูลข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานมาทำการปรับปรุงแก้ไขให้ระบบมีความสมบูรณ์มากขึ้น และจากนั้นทำการติดตั้งระบบไปใช้งานจริง

3.3.6 การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยใช้วิธีการประมวลผลค่าทางสถิติ เชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) ค่าร้อยละ

ละ (Percentage) ของผู้ตอบแบบสอบถาม และวัดการกระจายตัวข้อมูลโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แบบประเมินความพึงพอใจโดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ
- 2) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเว็บไซต์
- 3) ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน

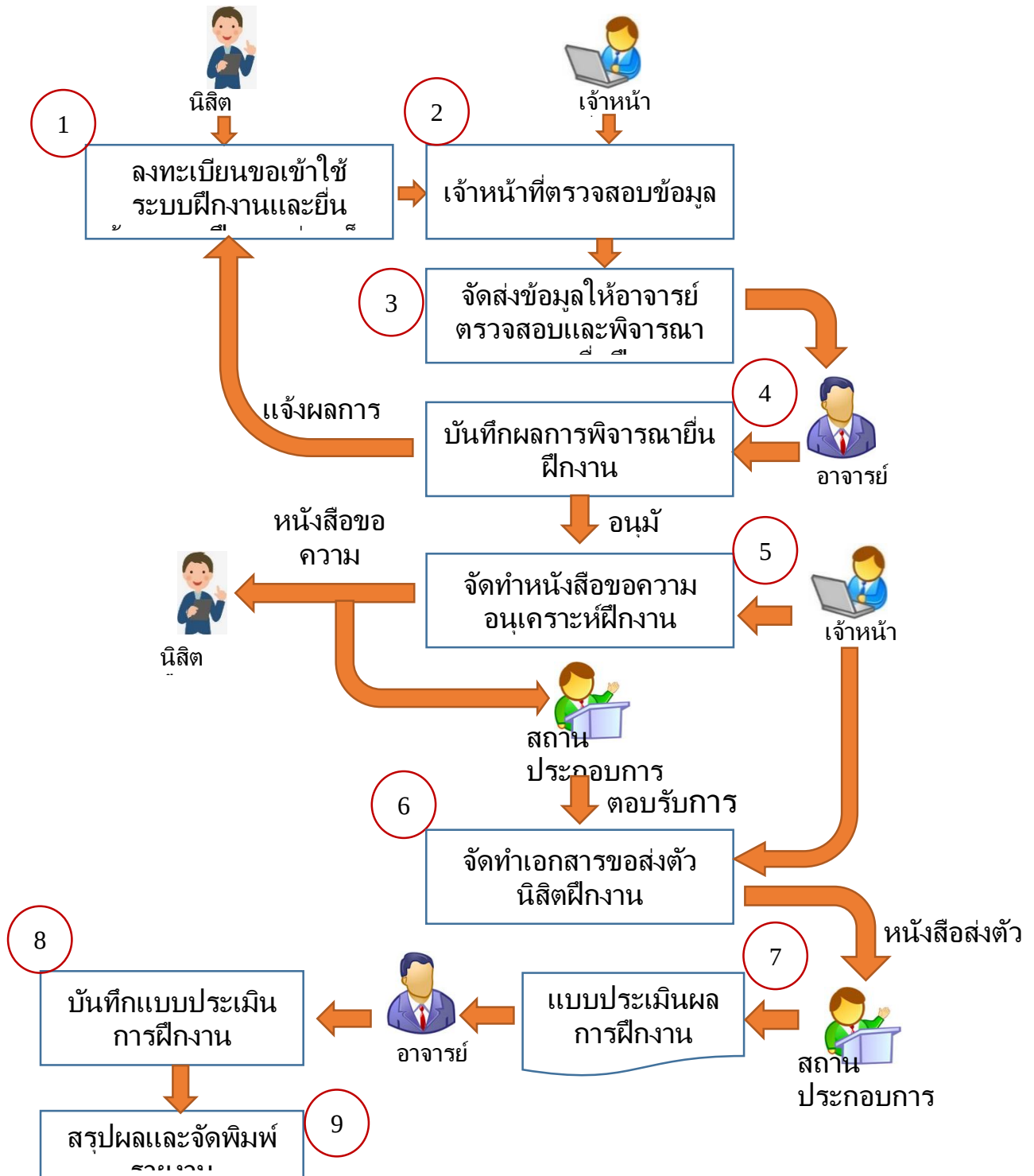


รูปที่ 1 กรอบแนวคิดวิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการยื่นขอฝึกงานและการประเมินผลการฝึกงาน ประกอบด้วย 9 ขั้นตอนดังนี้

1. นิสิตลงทะเบียนขอเข้าใช้ระบบฝึกงานและยื่นข้อมูลการฝึกงานผ่านเว็บ
2. จากนั้นเจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสอบข้อมูลที่นิสิตยื่นฝึกงานมา ถ้าข้อมูลครบถูกต้องจะทำการรวบรวมข้อมูลการยื่นขอฝึกงานทั้งหมดให้กับอาจารย์แต่ละหลักสูตรเพื่อพิจารณาแหล่งฝึกงานที่นิสิตได้ยื่นมา
3. อาจารย์แต่ละหลักสูตรพิจารณาผลการยื่นฝึกงาน
4. อาจารย์บันทึกผลการพิจารณาผลการยื่นฝึกงานแล้วแจ้งกลับเข้าไปในระบบให้กับนิสิตและเจ้าหน้าที่รับทราบผลผ่านเว็บ
5. เจ้าหน้าที่จัดทำเอกสารหนังสือขอความอนุเคราะห์ฝึกงานและทำการจัดส่งเอกสารให้กับสถานประกอบการและแจ้งสถานะการยื่นฝึกงานให้นิสิตได้รับทราบ

6. หลังจากทีสถานประกอบการตอบรับการฝึกงานและแจ้งผลการตอบรับให้กับทางคณะ จากนั้นเจ้าหน้าที่จัดทำเอกสารหนังสือส่งตัวให้กับนิสิตเพื่อนำไปยื่นให้กับสถานประกอบการในวันที่ไปทำการฝึกปฏิบัติงาน
7. เมื่อนิสิตได้ทำการฝึกงานเสร็จแล้ว ทางสถานประกอบการจัดส่งแบบประเมินฝึกงานให้กับทางอาจารย์
8. จากนั้นอาจารย์ทำการบันทึกผลการประเมินการฝึกงานของนิสิต
9. สรุปผลการประเมินและจัดทำรายงานผลการประเมิน



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนของกระบวนการยื่นขอฝึกงานและการประเมินผลการฝึกงาน

## ผลการศึกษา

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code ภาษา HTML, PHP และใช้ MySQL ในการจัดทำฐานข้อมูล และได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบสารสนเทศการฝึกงานแบบออนไลน์ ด้วยการใช้ข้อมูลของนิสิต โดยการทดลองการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการจัดการข้อมูลฝึกงานแบบออนไลน์ รวมทั้งมีการทดสอบการเข้าใช้งานระบบโดยนิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และได้แบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) ผลการจัดทำและพัฒนาระบบ และ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

### 1) ผลการจัดทำและพัฒนาระบบ

ผู้จัดทำมีการพัฒนาและจัดทำระบบสารสนเทศด้านการฝึกงานและติดตามผล โดยแบ่งส่วนการใช้งานของผู้ใช้งานออกเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนของนิสิต อาจารย์ เจ้าหน้าที่ ผู้ดูแลระบบ

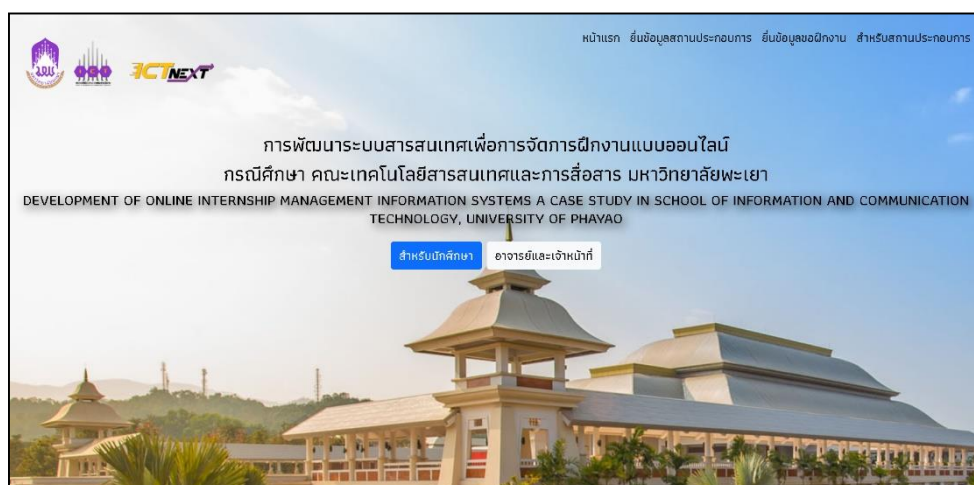
นิสิต : สามารถเข้าใช้งานเพื่อยืนยันข้อมูลสถานประกอบการ ยื่นคำร้องขอฝึกงาน และค้นหาหรือติดตามสถานะขอฝึกงาน ประเมินสถานประกอบการที่ไปฝึก บันทึกข้อมูลรายงานการฝึกงานประจำวันแบบออนไลน์ได้

อาจารย์ : พิจารณาคำร้องขอการยื่นขอฝึกงานพร้อมแจ้งผลการอนุมัติการฝึกงาน บันทึกผลการประเมินฝึกงานของนิสิต เรียกดูข้อมูลรายงานการฝึกงานประจำวัน สืบค้นข้อมูลการฝึกงานและจัดพิมพ์รายงานการฝึกงานของนิสิต

เจ้าหน้าที่ : สามารถปรับแก้ไขสถานะการฝึกงานของนิสิต บันทึกการตอบรับหรือปฏิเสธการฝึกงานพร้อมแจ้งผลการตอบรับหรือปฏิเสธการฝึกงานให้กับนิสิต ตรวจสอบข้อมูลนิสิตที่ยื่นขอฝึกงาน และสามารถนำข้อมูลจากระบบไปใช้ในการจัดพิมพ์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการฝึกงาน อาทิเช่น หนังสือขอความอนุเคราะห์การฝึกงาน หนังสือส่งตัวนิสิต

ผู้ดูแลระบบ : สามารถจัดการเพิ่ม/ลบ/แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานและข้อมูลสาขา ข้อมูลผู้ใช้งาน จัดการข้อมูลข่าวสารประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับฝึกงานและ ปฏิทินการฝึกงาน

ในส่วนของเว็บระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์สามารถคลิกเข้าไปที่ลิงค์ <https://ict.up.ac.th/training>



รูปที่ 3 หน้าแรกของเว็บระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์



หน้าแรก รายชื่อนิสิต รายงาน ▼

Teacher ▼

ค้นหา

| ลำดับ | รหัสสินค้า | ชื่อ         | นามสกุล      | สาขา                             | ชั้น<br>ปี | ปีการศึกษา | สถานประกอบการ                                                                       | ตำแหน่ง<br>งาน | วันที่ส่ง<br>เรื่อง | เดือน<br>เดิม | สถานะ            |                                                  |
|-------|------------|--------------|--------------|----------------------------------|------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|---------------|------------------|--------------------------------------------------|
| 1     | 12234567   | asd          | asdasd       | เทคโนโลยีสารสนเทศ                | 3          | 3432       | บริษัท ไทยรัฐทีวี                                                                   | as             | 2021-11-07          | ๒             | ❌ไม่อนุมัติ      | <div><div>✔</div><div>🇪🇺</div></div>             |
| 2     | 61021369   | วิธ<br>วิธนิ | วงศ์<br>ใหญ่ | เทคโนโลยีสารสนเทศ                | 4          | 2564       | โรงเรียนบ้านบอน                                                                     | IT<br>support  | 2021-11-07          | ๒             | ✅อนุมัติ         | <div><div>❌</div><div>🇪🇺</div></div>             |
| 3     | 98765432   | sfs          | d'ghfd       | คอมพิวเตอร์กราฟฟิกและมัลติมีเดีย | 5          | 3432       | จำกัดหุ้นส่วนจำกัด 2 นวัตกรรม เอ็กซ์พอร์ต TWO NAT IMPORT EXPORT LIMITED PARTNERSHIP | asdf           | 2021-11-07          | ๒             | 🇪🇺กำลังดำเนินการ | <div><div>✔</div><div>❌</div><div>🇪🇺</div></div> |

รูปที่ 4 หน้าจอสำหรับการติดตามสถานะการพิจารณาผลของการยื่นฟ้องงาน

☰ รายวิชาการฝึกงาน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและ...
Instructions
Student work

---

Return

100 points ▾

| ❑ | All students     |  |
|---|------------------|--|
|   | Sort by status ▾ |  |
| ❑ | Turned in        |  |

|   |                     |         |
|---|---------------------|---------|
| ❑ | Aumarin Koranee     | — / 100 |
| ❑ | Nattanicha Oungphiw | — / 100 |
| ❑ | Nattanicha Oungphiw | — / 100 |
| ❑ | Seihak Hoeun        | — / 100 |
| ❑ | Thanapat Pankaew    | — / 100 |

รูปที่ 5 หน้าจอบันทึกข้อมูลรายงานการฝึกงานประจำวันผ่าน Google Classroom

บันทึกการปฏิบัติงาน

File Edit View Insert Format Tools Add-ons Help Last edit was on November 12, 2021

Normal text TH Sarabun 15 B I U A [Icons] Editing

บันทึกการปฏิบัติงาน

รหัสบันทึก..... ชื่อสกุลบันทึก.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ..... เวลาปฏิบัติงาน..... ถึง.....

1. งานที่ปฏิบัติ

.....

.....

.....

2. ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน

.....

.....

.....

3. ความพึงพอใจ

รูปที่ 6 หน้าจอแสดงการบันทึกการฝึกงานประจำวันด้วย Google Form



รูปที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลปฏิทินการฝึกงาน

## 2) ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้งานการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา โดยคณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนิสิต รวมจำนวน 165 คน ได้ทดสอบเข้าใช้งานระบบสารสนเทศและได้สำรวจแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ 2) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเว็บไซต์ และ 3) ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน โดยได้แบ่งเกณฑ์ระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 = ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 = ระดับความพึงพอใจมาก

3 = ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 = ระดับความพึงพอใจน้อย

1 = ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ช่วงค่าเฉลี่ยการแปลผลระดับความพึงพอใจ

4.50-5.00 = ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

3.50-4.49 = ระดับความพึงพอใจมาก

2.50-3.49 = ระดับความพึงพอใจปานกลาง

1.50-2.49 = ระดับความพึงพอใจน้อย

1.00-1.49 = ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

**ตารางที่ 1** ความพึงพอใจหลังจากการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

| รายละเอียด                                                           | ( $\bar{x}$ ) | S.D.        | ความพึงพอใจ |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------------|
| <b>1. ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ</b>                              |               |             |             |
| 1.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้                   | 4.22          | 0.45        | มาก         |
| 1.2 การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ | 4.01          | 0.64        | มาก         |
| 1.3 การออกแบบเว็บไซต์ ใช้งานง่าย สอดคล้องกับวัตถุประสงค์             | 3.85          | 0.59        | มาก         |
| 1.4 กระบวนการทำงานของระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์               | 3.90          | 0.66        | ปานกลาง     |
| <b>รวม</b>                                                           | <b>4.00</b>   | <b>0.59</b> | <b>มาก</b>  |

| 2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของฟังก์ชันภายในระบบ |             |             |            |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| 2.1 ง่ายต่อการใช้งาน                           | 4.36        | 0.72        | มาก        |
| 2.2 การแสดงข้อมูล                              | 3.88        | 0.57        | มาก        |
| 2.3 การทำงานของระบบ                            | 4.10        | 0.47        | มาก        |
| <b>รวม</b>                                     | <b>4.12</b> | <b>0.59</b> | <b>มาก</b> |
| 3. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน                    |             |             |            |
| 3.1 ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน                | 4.31        | 0.60        | มาก        |
| 3.2 ใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง                    | 4.19        | 0.64        | มาก        |
| 3.3 สามารถนำระบบไปใช้งานได้จริง                | 4.07        | 0.33        | มาก        |
| 3.4 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ        | 4.03        | 0.20        | มาก        |
| <b>รวม</b>                                     | <b>4.15</b> | <b>0.45</b> | <b>มาก</b> |
| <b>ระดับความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อระบบ</b>      | <b>4.09</b> | <b>0.54</b> | <b>มาก</b> |

จากตารางที่ 1 สรุปการประเมินผลความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า

1. ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.00 (S.D.) เท่ากับ 0.59 เมื่อพิจารณาแยกแต่ละหัวข้อ พบว่า การวิเคราะห์และออกแบบระบบเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.45 อยู่ในระดับเกณฑ์ระดับความพึงพอใจมาก การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.01 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.64 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก การออกแบบเว็บไซต์ ใช้งานง่าย สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ย ( $\square$ ) เท่ากับ 3.85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.59 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก และกระบวนการทำงานของเว็บไซต์สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ มีค่าเฉลี่ย ( $\square$ ) เท่ากับ 3.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.66 อยู่ในระดับเกณฑ์ระดับความพึงพอใจมาก

2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของฟังก์ชันภายในเว็บไซต์ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.12 (S.D.) เท่ากับ 0.59 เมื่อพิจารณาแยกแต่ละหัวข้อ หัวข้อง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย ( $\square$ ) เท่ากับ 4.36 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.72 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก หัวข้อการแสดงข้อมูล มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 3.88 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก หัวข้อทำงานของระบบมีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.47 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก

3. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.15 (S.D.) เท่ากับ 0.45 เมื่อพิจารณาแยกแต่ละหัวข้อ หัวข้อความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.60 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก หัวข้อใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.64 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก หัวข้อสามารถนำระบบไปใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.07 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.33 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก หัวข้อความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.03 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.20 อยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก

จากการประเมินระบบโดยรวมค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.09 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.54 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านสามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.00 (S.D.) เท่ากับ 0.59 ด้านประสิทธิภาพการทำงานเว็บไซต์ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.12 (S.D.) เท่ากับ 0.59 และด้านประโยชน์ต่อการใช้งานมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.15 (S.D.) เท่ากับ 0.45

เมื่อพัฒนาเว็บไซต์แล้วเสร็จได้ดำเนินการประเมินผลความพึงพอใจ โดยนำเว็บแอปพลิเคชันไปทดสอบกับผู้ใช้งานจริง ซึ่งมีการประเมินทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์และออกแบบ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของฟังก์ชัน ภายในเว็บไซต์ และด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน พบว่าอยู่ในระดับดี โดยแต่ละด้านได้ผลดังนี้

1. ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจ โดยผู้ประเมินมีความพึงพอใจในส่วนของการการวิเคราะห์และออกแบบระบบเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ รองลงมาคือ การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การออกแบบเว็บไซต์ ใช้งานง่าย สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และกระบวนการทำงานของเว็บไซต์ สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของฟังก์ชันภายในระบบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจ โดยผู้ทดสอบในมีความพึงพอใจ การทำงานของระบบ รองลงมาคือ การแสดงข้อมูล และง่ายต่อการใช้งาน

3. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งานโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจ โดยในผู้ทดสอบ มีความพึงพอใจในส่วนของการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง รองลงมาคือ ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ และการนำไปใช้งานได้จริง

## สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ สำหรับพัฒนาระบบใช้โปรแกรม Visual Studio Code โดยใช้ภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเว็บไซต์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทำให้สะดวกรวดเร็วต่อการสืบค้นข้อมูลและการติดตามสถานะการยื่นฝึกงาน เช่น การค้นหาสถานประกอบการที่นิสิตรุ่นก่อนหน้าเคยเข้ารับการฝึกปฏิบัติมาแล้ว เพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจเลือกสถานประกอบการที่ต้องการไปฝึกและเป็นแนวทางในการหาที่ฝึกงานของนิสิตในปีต่อไป รวมทั้งระบบที่พัฒนาช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดทำเอกสารและการติดต่อสื่อสารให้กับนิสิต อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งเว็บแอปพลิเคชันได้มีการประยุกต์ใช้ Google Apps for Education เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฝึกงานแบบออนไลน์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรา ทัพพัล [8] โดยมีระบบบันทึกประวัตินักศึกษา และ สถานประกอบการ เป็นระบบฐานข้อมูลการจัดเก็บประวัติของนักศึกษาและสถานประกอบการ ระบบการออกรายงานและการประเมินผล ระบบบันทึกรายงานการฝึกงานประจำวันผ่าน Google Forms ระบบส่งผลงาน ผ่าน Google Classroom

สรุปผลการวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ทั้ง 3 ด้านได้แก่ 1) ด้านการวิเคราะห์และออกแบบ 2) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของฟังก์ชัน ภายในเว็บไซต์ และ 3) ด้านประโยชน์ต่อการใช้งานผลการประเมินการยอมรับ จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 165 คน โดยค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.09 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.54 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านสามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ ด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.00 (S.D.) เท่ากับ 0.59 ด้านประสิทธิภาพการทำงานเว็บไซต์ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับเกณฑ์ความพึงพอใจมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.12

(S.D.) เท่ากับ 0.59 และด้านประโยชน์ต่อการใช้งานมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\square\square$ ) เท่ากับ 4.15 (S.D.) เท่ากับ 0.45

### ข้อเสนอแนะ

จากการประเมินความพึงพอใจมีการเสนอแนะในเรื่องการทำงานของระบบที่มีบางฟังก์ชันที่ผู้ใช่มองว่ายังซับซ้อนและเข้าใจยาก และเนื่องจากมีการเก็บข้อมูลนิสิต ดังนั้นอาจมีการลบข้อมูลที่จบการศึกษาหรือจัดเก็บไฟล์ไว้เป็นการส่วนตัวเพื่อป้องกันการรั่วไหลของ ข้อมูลต่าง ๆ และในอนาคตอาจมีการปรับปรุงพัฒนาระบบให้ทันสมัยมากขึ้นเข้ากับยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไปมากขึ้นเพื่อให้เข้ากับสถานการณ์และบริบทต่อไป อาทิเช่น การพัฒนาในรูปแบบแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

### เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ จันทินอก, เอกชัย นามนุตร, และ นิพนธ์พัทธ์ เมืองโคตร (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ภาควิชา ศึกษาศาสตร์ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารวิชาการ นวัตกรรมจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 7(1), 29-39.
- เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2562). *วงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle : SDLC)*. สืบค้นจาก <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>.
- เด่นชัย สมปอง, ดร.สายชล จินใจ, ดร.สุขแสง คุณนก, ดร.เผด็จ พรหมสาขา ณ สกลนคร. (2557). การพัฒนาระบบบริหารจัดการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ โดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. *วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 6(11), 65-79.
- ประกาศมหาวิทยาลัยพะเยา. (2563). *เรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลภาค การศึกษาต้น ปีการศึกษา 2563*. สืบค้นจาก <http://www.crc.up.ac.th/th/fileannounce/20448545.3073.pdf>.
- พรณี แสงทิพย์ และ ลิทธิกร สุมาล (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. *วารสาร AL-NUR บัณฑิตวิทยาลัย*, 14 (26), 39-50.
- พัชชา ทัพพัล และคณะ (2564). *การพัฒนาระบบบริหารจัดการการฝึกงานแบบออนไลน์ รองรับสถานการณ์โรคระบาดติดเชื้อไวรัสโคโรนา(Covid-19)*. สืบค้นจาก <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2563/research.rmutsb-2563-20210607132324719.pdf>.
- ไพรัช นพ วิริยวรกุล, และ ดวงกมล โพธิ์นาถ (2557). Google Apps for Education นวัตกรรมทางการศึกษายุคดิจิทัล. *วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต*, 7(3), 103-111.
- วิไลลักษณ์ กาประสิทธิ์. (2560). *ระบบการจัดการการฝึกงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. สืบค้นจาก <http://research.rmu.ac.th/rdi-mis/upload/fullreport/1615219502.pdf>.
- Uakarn C., Chaokromthong K. and Sintao N. (2021). Sample Size Estimation using Yamane and Cochran and Krejcie and Morgan and Green Formulas and Cohen Statistical Power Analysis by G\* Power and Comparisons. *APHEIT International journal*, 10(2), 76-88.

## การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ

ติณณ์ ธีรกุลโตมร<sup>1</sup>, วิลาวรรณ ประสมทรัพย์<sup>2\*</sup>, อธิวัฒน์ ภิญโญยาง<sup>3</sup>

## Accuracy Assessment of Map Coordinates from Unmanned Aerial Vehicle

Tinn Thirakultomorn<sup>1</sup>, Wilawan Prasomsup<sup>2\*</sup>, Athiwat Phinyoyang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Survey Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

<sup>2</sup> Rail System Institute of Rajamangala University of Technology Isan, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000

<sup>3</sup> Department of Geoinformatics, School of Science Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

\*Corresponding author: wilawan.pa@rmu.ac.th

Received: March 31, 2022; Revised: July 5, 2022; Accepted: July 22, 2022

### บทคัดย่อ

การสำรวจรังวัดด้วยภาพจากอากาศยานไร้คนขับในงานสำรวจและจัดทำแผนที่ยังไม่ได้ถูกกำหนดเป็นมาตรฐานค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งไว้อย่างชัดเจน ดังนั้นการศึกษครั้งนี้จึงเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดสามมิติจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดสามมิติของแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับโดยใช้ข้อมูลการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ โดยที่ค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของการรังวัดด้วยกล้องสำรวจได้จากวิธีการรังวัดด้วยงานวงรอบปิดและหลักการตรีโกณมิติ ตามลำดับ ในขณะที่ค่าพิกัดทางราบและทางตั้งจากอากาศยานไร้คนขับ ได้จากภาพถ่ายออร์โธ และผลต่างของข้อมูล DSM กับ DTM ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดสามมิติ ประกอบด้วย การตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (X และ Y) และทางตั้ง (Z) พบว่า ความคลาดเคลื่อนแกน X และ Y มีค่า RMSE เท่ากับ 1.22 และ 3.44 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน NSSDA ของตำแหน่งทางราบ เท่ากับ 3.65 เมตร ส่วนผลการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง พบว่า ความคลาดเคลื่อนแกน Z ระหว่างความสูงจากแบบพิมพ์เทียบกับความสูงจากการรังวัดด้วยกล้องสำรวจ มีค่า RMSE เท่ากับ 1.19 และค่าตามมาตรฐาน NSSDA มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.34 เมตร และความคลาดเคลื่อนแกน Z ระหว่างแบบพิมพ์เทียบกับความสูงจาก UAV พบว่า มีค่า RMSE เท่ากับ 4.19 และความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน NSSDA เท่ากับ 8.21 เมตร สามารถสรุปได้ว่า การเลือกใช้ข้อมูลตำแหน่งทางราบสามารถเลือกใช้วิธีการสำรวจได้ทั้งสองรูปแบบขึ้นอยู่กับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ สำหรับการรังวัดความสูงด้วยกล้องสำรวจมีความถูกต้องมากกว่าการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ แต่อย่างไรก็ตาม อาคารที่มีความสูงไม่มาก (ต่ำกว่า 10 เมตร) สามารถเลือกใช้การรังวัดความสูงได้ทั้งกล้องสำรวจ และอากาศยานไร้คนขับ

**คำสำคัญ:** การสำรวจภาคพื้นดิน, อากาศยานไร้คนขับ, ค่าพิกัดสามมิติ

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>2</sup> สถาบันระบบรางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>3</sup> ภาควิชาภูมิสารสนเทศ สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

## Abstract

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) surveying and mapping data have not yet been clearly defined as a positional accuracy standard. Therefore, this study verifies the three-dimensional coordinates' accuracy from the UAV data. The objective was to assess the accuracy of the three-dimensional coordinates of the UAV map using theodolite survey data. The horizontal and vertical coordinates of the theodolite were obtained by closed-loop surveying and trigonometry, respectively, while the horizontal and vertical coordinates of the UAV were obtained from orthophotograph and the difference between the DSM and DTM data, respectively. The estimation of the accuracy of the three-dimensional coordinates consisted of the horizontal (X and Y) and vertical (Z) position accuracy. As a result, it was found that the RMSE of X and Y coordinates was 1.22 and 3.44, respectively, and the NSSDA standard error of horizontal accuracy was about 3.65 meters. On the other hand, The RMSE of Z value between the blueprint height and the theodolite measurement height was 1.19, and the NSSDA standard error of vertical accuracy was about 2.34 meters. The RMSE of Z value between the blueprint height and object height from the UAV was 4.19, and the NSSDA standard error was about 8.21 meters. In conclusion, the selection of horizontal position data was performed with either of the two survey methods depending on the acceptable accuracy. The ground survey data was high vertical positions more accurate than UAV. However, buildings with low heights (lower than 10 meters) can use both theodolite and UAV surveys.

**Keyword:** ground surveying / unmanned aerial vehicle / three dimensions coordinate

## บทนำ

การสำรวจพื้นที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน โดยเฉพาะการสำรวจเพื่อสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ทั้งแบบจำลองความสูงพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model: DSM) และแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model: DTM) เพื่อประยุกต์ใช้งานเฉพาะกิจในด้านต่าง ๆ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2564) อย่างไรก็ตามการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการสำรวจจำเป็นต้องมีการสร้างมาตรฐานการดำเนินงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งานอื่น ๆ ต่อไป เนื่องจากการรังวัดด้วยภาพไมได้เป็นการวัดโดยตรง จึงอาจจะกระทบต่อคุณภาพความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ (นภัสวรรณ บุญทวีสวัสดิ์, 2562) ส่วนการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจ เป็นการปฏิบัติงานสำรวจรังวัดในภูมิประเทศเพื่อหาข้อมูลเชิงตำแหน่งและข้อมูลความสูงของสิ่งต่าง ๆ วิธีการรังวัดด้วยกล้องสำรวจยังถือเป็นการรังวัดที่ให้รายละเอียดและถูกต้องสูง ทั้งการรังวัดด้วยกล้องระดับ กล้องวัดมุม และกล้องประมวลผลรวม โดยใช้หลักการสามเหลี่ยม (Triangulation) และการทำวงรอบ (Traversing) อาศัยวิธีการวัดระยะ (ทั้งทางราบและทางตั้ง) และการวัดมุม แล้วนำมาคำนวณหาค่าพิกัดซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันไป โดยเริ่มออกจากจุดหลักฐานที่ทราบค่าพิกัดไปจนถึงจุดที่ต้องการทราบค่าทางตำแหน่ง ซึ่งเมื่อได้รายละเอียดต่าง ๆ จากการวัดในภูมิประเทศแล้วนำรายละเอียดเหล่านั้นมาเขียนเป็นแผนที่ต่อไป (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2564) วิธีการสำรวจรังวัด ยังรวมไปถึงการสำรวจรังวัดด้วยระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) หรือระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) ที่ปัจจุบันถูกพัฒนาด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีให้มีความแม่นยำสูงทำให้การสำรวจมีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และการสำรวจรังวัดด้วยข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่มีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องและเป็นที่นิยมในการประยุกต์ใช้งานเช่นกัน

วิธีการสำรวจดังกล่าวต่างมีทั้งข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป การสำรวจด้วยกล้องสำรวจอาจใช้เวลาและทีมงานในการสำรวจมาก ส่วนการสำรวจจากระยะไกลอาจพบความคลาดเคลื่อน ทั้งจากความบกพร่องของตัวระบบ และจากสภาวะแวดล้อมขณะทำการตรวจวัด (กัญญารัตน์ วัลภา, 2564) หรือการสำรวจจริงวัดภาคพื้นดินด้วยกล้องสำรวจให้ความละเอียดและถูกต้องสูง แต่การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับหรืออากาศยานเหินจะให้ขอบเขตของการสำรวจที่กว้างกว่าและข้อมูลที่ได้เกิดจากการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว (สมบัติ อยู่เมือง, 2564) ส่วนในเรื่องความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้สำหรับการสำรวจจริงวัดในแต่ละงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการสำรวจจริงวัดที่ได้รับความนิยมสำหรับการสำรวจพื้นที่ ได้แก่ การสำรวจจริงวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ซึ่งข้อมูลที่ได้มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงและมีความเป็นปัจจุบันสามารถกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย การกำหนดแนวบิน การกำหนดจุดบินขึ้น-ร่อนลงจากผู้ใช้งานได้โดยตรง จากนั้นเป็นการประมวลผลภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์เฉพาะทาง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งทั้งทางราบและทางตั้ง

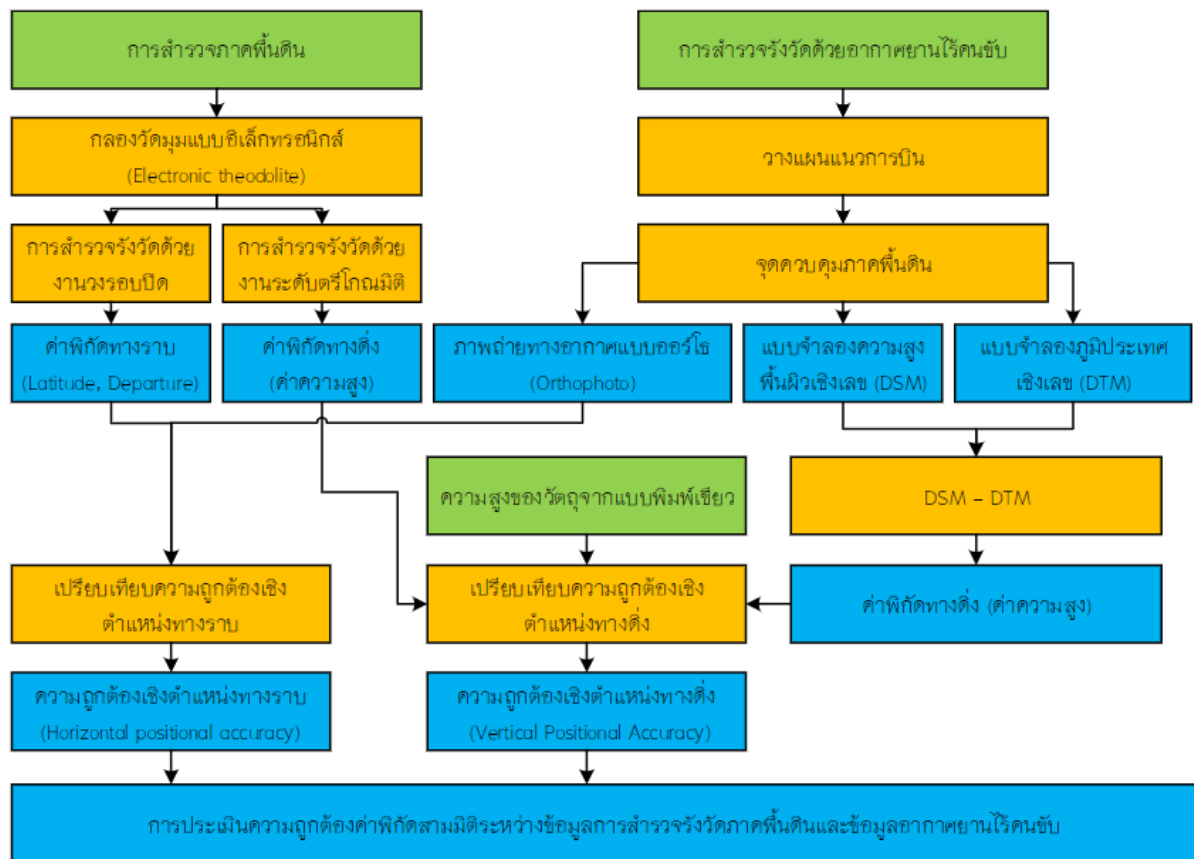
จากจุดเด่นของการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงจากอากาศยานไร้คนขับ ที่ได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลตำแหน่งทางราบและทางตั้ง จึงเป็นที่มาของการศึกษาการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับกับข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดินที่มีความละเอียดและถูกต้องสูง เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการสำรวจจริงวัดทั้งพิกัดทางราบและทางตั้ง ทั้งจากวิธีการสำรวจจริงวัดภาคพื้นดิน การสำรวจจากอากาศยานไร้คนขับ หรือการบูรณาการทั้งสองวิธีการเข้าด้วยกันต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ

## วิธีการศึกษา

การศึกษาศึกษาการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ มุ่งเน้นถึงการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดฉาก (X และ Y) ในระบบพิกัดแบบ Universal Transverse Mercator บนพื้นหลักฐาน World Geodetic System 1984 (WGS 1984) และความถูกต้องของความสูง (Z) ของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ตรวจสอบกับข้อมูลค่าพิกัด X และ Y ในระบบพิกัดและพื้นหลักฐานเดียวกัน ที่ได้จากการรังวัดงานวงรอบรูปปิด (Closed-loop Traverse) ด้วยกล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ และข้อมูล Z ที่ได้จากการรังวัดค่าทางตั้งด้วยกล้องกล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ และจากฐานข้อมูลพิมพ์เขียวที่แสดงความสูงของอาคาร สำหรับวิธีการศึกษาในแต่ละส่วนมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

### ข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจ

วิธีการรังวัดภาคพื้นดินที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นการรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ทางราบ ด้วยงานวงรอบปิด (Closed-loop Traverse) ซึ่งเป็นงานรังวัดควบคุม (Control Survey) ที่ประกอบด้วยเส้นที่มีการวัดทั้งระยะทางและทิศทางต่อเนื่องกันไป เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทิศทางหรือวัดมุม ได้แก่ กล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Theodolite) ส่วนการวัดระยะจะใช้เทปวัดระยะ จากนั้นนำข้อมูลจากการรังวัด ทั้งระยะทางระหว่างหมุดและมุมไปคำนวณเพื่อหาค่าพิกัดทางราบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การปรับแก้มุมภายใน (Interior Angle Traverse) โดยใช้เกณฑ์งานชั้นที่ 3 ของกรมที่ดิน (สมการที่ 1) (2) การปรับการภาคของทิศ (Azimuth) (3) การคำนวณระยะฉากของเส้นวงรอบที่เป็นระยะเหนือ (Latitude) หรือระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนเมริเดียน (สมการที่ 2) และระยะตะวันออก (Departure) หรือระยะฉายของเส้นวงรอบบนแกนขนาน (สมการที่ 3) และ (4) การปรับแก้ค่าระยะฉาก (สมการที่ 4-5) และคำนวณพิกัดฉากของหมุดวงรอบ (สมการที่ 6-7) (สิทธิพร พันธูระ, 2558)

$$\text{ความคลาดเคลื่อนในการวัดมุม} = 75'' \cdot \sqrt{N} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยที่ 75'' คือ ค่ามุม 75 พิลิปดา, N คือ จำนวนหมุดที่ตั้งกล้องทั้งหมด

$$\text{Latitude} = L \cdot \cos(AZ) \quad (\text{สมการที่ 2})$$

$$\text{Departure} = L \cdot \sin(AZ) \quad (\text{สมการที่ 3})$$

โดยที่  $L$  คือ ระยะระหว่างหมุด,  $Az$  คือ ค่าภาคของทิศ (Azimuth) ระหว่างหมุด  
ทั้งนี้งานวงรอบปิดผลรวมของค่า Latitude และค่า Departure จะเท่ากับศูนย์

$$Correct\ Latitude = (\sum Lat * L) / \sum L \quad (\text{สมการที่ 4})$$

$$Correct\ Departure = (\sum Dep * L) / \sum L \quad (\text{สมการที่ 5})$$

โดยที่ Correct Latitude, Departure คือ ค่าปรับแก้ระยะเหนือ และตะวันออก ตามลำดับ

$$Latitude_i = Latitude + Latitude_j + Correct\ Latitude \quad (\text{สมการที่ 6})$$

$$Departure_i = Departure + Departure_j + Correct\ Departure \quad (\text{สมการที่ 7})$$

โดยที่  $Latitude_i$  คือ ค่าพิกัดเหนือที่จุดใด,  $Latitude_j$  คือ ค่าพิกัดเหนือที่จุดก่อนหน้า

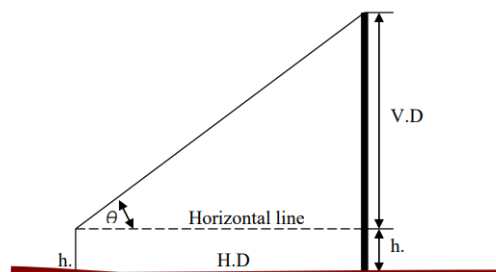
และ  $Departure_i$  คือ ค่าพิกัดตะวันออกที่จุดใด,  $Departure_j$  คือ ค่าพิกัดตะวันออกจุดก่อนหน้า

สำหรับการรังวัดค่าพิกัดทางตั้งเป็นการหาค่าความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม โดยอาศัยหลักการตรีโกณมิติในการหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้ ดังสมการ 8-9 และรูปที่ 2 ซึ่งการศึกษานี้สำรวจรังวัดค่าพิกัดทางตั้งจากอาคารสูงที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษาและมีฐานข้อมูลพิมพ์เขียวแสดงความสูงของอาคาร (มานัส ยอดตรง, 2564)

$$V.D = (H.D * \tan \theta) \quad (\text{สมการที่ 8})$$

$$\text{ความสูงของวัตถุ} = V.D + h \quad (\text{สมการที่ 9})$$

โดยที่  $V.D$  คือ ระยะตั้ง (เมตร),  $H.D$  คือ ระยะราบ (เมตร),  $h$  คือ ความสูงของกล้องสำรวจ (เมตร)



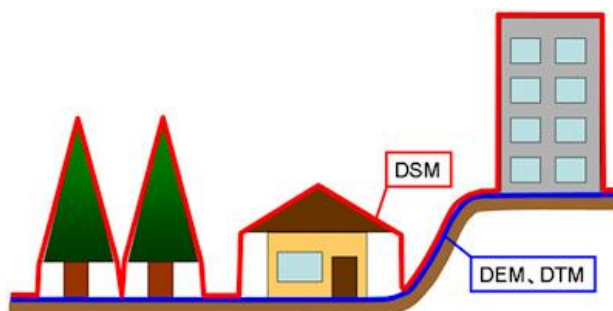
รูปที่ 2 การรังวัดความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้ [6]

### ข้อมูลการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ

วิธีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) รุ่น DJI Phantom 4 ในการศึกษาเลือกพื้นที่สำรวจเป็นพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา โดยทำการวางแผนแนวการบินแบบ Grid ซึ่งเป็นการวางแผนการบินในรูปแบบสี่เหลี่ยมมุมฉากที่เหมาะสมสำหรับการทำแผนที่แบบ 2D และทำการกำหนดค่าความสูงบิน (Flight Height) ที่ระดับ 120 เมตร ค่ามุมมอง (Viewing Angle) ขณะถ่ายภาพ เท่ากับ 90 องศา ในขณะเดียวกันกำหนดค่าอัตราส่วนของส่วนซ้อนระหว่างแนวลบิน (Side Lap) และส่วนซ้อนในแนวลบิน (Overlap) อยู่ที่ร้อยละ 70 นอกจากนี้ในการสำรวจครั้งนี้กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points: GCPs) จำนวน 11 จุด (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2562) จากนั้นนำข้อมูลจากการสำรวจทั้งหมดมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4D เพื่อสร้าง

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศแบบออร์โธ (Orthophoto) และใช้ในการสกัดข้อมูลพิกัดทางราบ (X, Y) ณ จุดที่มีการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ รวมถึงใช้แสดงตำแหน่งที่สกัดความสูงของอาคารเพื่อหาค่าความสูง (Z)

ทั้งนี้กระบวนการประมวลผลข้อมูลจาก UAV ด้วยโปรแกรม Pix4D จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลแบบจำลองความสูงพื้นผิวเชิงเลข (DSM) ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิประเทศที่แสดงพื้นผิวของโลกที่สามารถแสดงบนคอมพิวเตอร์ได้ โดยรวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพของโลกด้วย เช่น สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ และพุ่มไม้ เป็นต้น และได้ข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) โดยเป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่มีความหมายใกล้เคียงกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) (รูปที่ 3) อย่างไรก็ตามข้อมูล DTM จะไม่รวมค่าความสูงของพืชพันธุ์ อาคาร สิ่งปลูกสร้าง

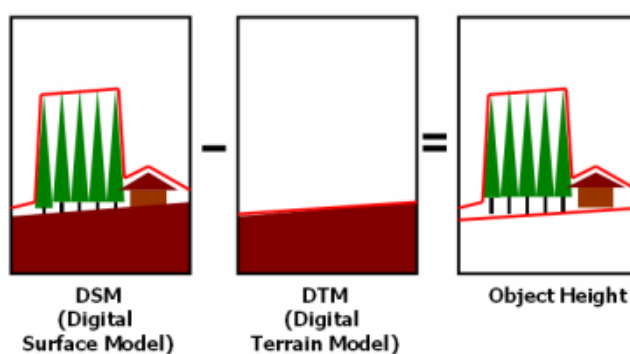


รูปที่ 3 แบบจำลองความสูง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2555)

อย่างไรก็ตามข้อมูล DSM และ DTM สามารถนำผลต่างของความสูงมาประยุกต์ใช้ในการหาความสูงของวัตถุ (Object Height Model) ได้ดังสมการ 10 และรูปที่ 4 (จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล และคณะ, 2561) โดยตำแหน่งที่ใช้สกัดข้อมูลความสูงจะเป็นตำแหน่งเดียวกันที่สำรวจจริงวัดความสูงอาคารด้วยกล้องวัดมุม

$$\text{Object Height Model} = \text{DSM} - \text{DTM} \quad (\text{สมการที่ 10})$$

10)



รูปที่ 4 การหาความสูงของวัตถุ [9]

### การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของค่าพิกัดแผนที่

การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของค่าพิกัดแผนที่เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัด โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal Positional Accuracy) และความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง (Vertical Positional Accuracy) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพิกัดระหว่างข้อมูล 2 ชุด (ข้อมูล

จากการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ และข้อมูลจากการสำรวจด้วย UAV) โดยตัวชี้วัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลจาก UAV ในการศึกษานี้ ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) โดยค่า RMSE มีค่ายิ่งต่ำยิ่งดี ดังสมการที่ 11 และมาตรฐาน National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) ของ Federal Geographic Data Committee (FGDC) ในประเทศไทย ซึ่งใช้มาตรฐานตาม ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้รายงานความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อิงหลักการทางสถิติ แสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ตามระดับความเชื่อมั่นหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็นระยะภาคพื้นดิน (กาญจน์เขจร ชูชีพ, 2561) สำหรับค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของพิกัดแกน X พิกัดแกน Y และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานทางราบ (XY) ของจุดใดๆ เป็นดังสมการที่ 12-14 ตามลำดับ

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Estimated\ value - Observed\ value]^2} \quad (\text{สมการที่ 11})$$

โดย Estimated value คือ ค่าข้อมูลสำรวจด้วยกล้องสำรวจ, Observed value คือ ค่าข้อมูล UAV และ n คือ จำนวนจุดที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Xdata - Xcheck]^2} \quad (\text{สมการที่ 12})$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Ydata - Ycheck]^2} \quad (\text{สมการที่ 13})$$

โดย  $RMSE_x$  คือ RMSE ทางแกน X,  $RMSE_y$  คือ RMSE ทางแกน Y

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \quad (\text{สมการที่ 14})$$

โดย  $RMSE_r$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานทางราบ

อย่างไรก็ตาม การคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) เชิงตำแหน่งทางราบตามมาตรฐาน NSSDA สามารถคำนวณได้จากสมการโดยจำแนกเป็น 2 กรณี ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนแกน X และ Y ที่ใกล้เคียงกันกระจายตัวเป็นโค้งปกติ ( $RMSE_{min}/RMSE_{max} \approx 0.6-1.0$ ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความถูกต้องเป็นดังสมการที่ 15 และ ความคลาดเคลื่อนแกน X และ Y ที่ไม่ใกล้เคียงกัน คือมีการเบ้ไปในทิศทางใดทางหนึ่ง ( $RMSE_{min}/RMSE_{max} < 0.6$ ) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความถูกต้องเป็นดังสมการที่ 16 ในอีกทางหนึ่ง การคำนวณความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง ตามมาตรฐาน NSSDA ค่าความถูกต้องเป็นดังสมการที่ 17 (Authority, T. V, 1998)

$$Accuracy = 1.7308(RMSE_r) \quad (\text{สมการที่ 15})$$

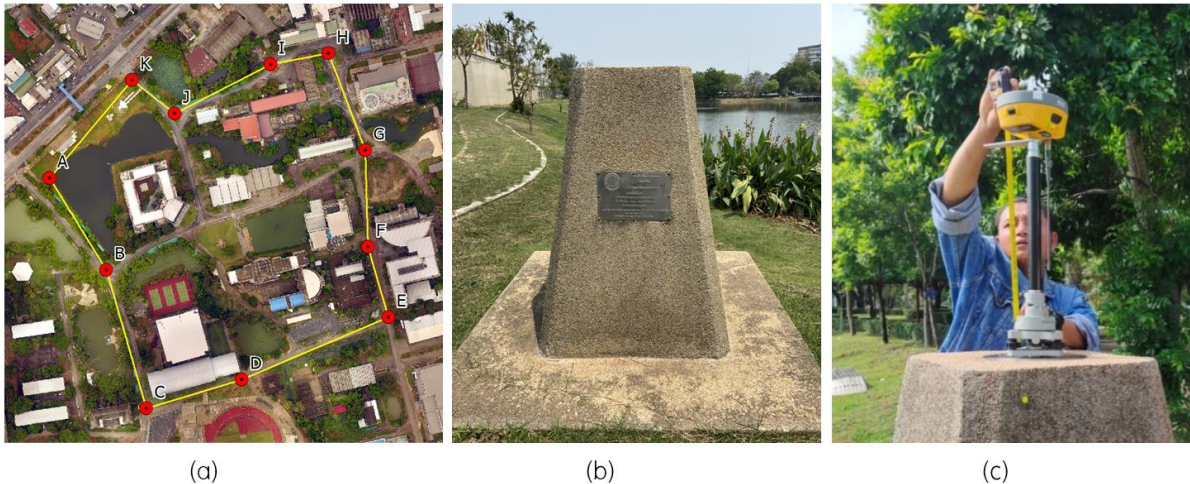
$$Accuracy = 1.22385(RMSE_r) \quad (\text{สมการที่ 16})$$

$$Accuracy = 1.96(RMSE_z) \quad (\text{สมการที่ 17})$$

## ผลการศึกษา

### ข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจ

การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่ทางราบ ด้วยงานวงรอบปิด (Closed-loop Traverse) ด้วยกล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 11 หมุด ได้แก่ หมุด A-K โดยหมุดอ้างอิงเป็นหมุดของกรมที่ดินที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา (หมุด A) และกำหนดพิกัดทางราบของหมุดอ้างอิงด้วยจีพีเอสจากการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) (รูปที่ 5) ได้ค่าพิกัดในระบบพิกัดอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48 คือ  $X = 189,878.11$  และ  $Y = 1,659,001.44$



รูปที่ 5 (a) หมุดวงรอบปิด A-K, (b) หมุดหลักฐานกรมที่ดิน (หมุด A) และ (c) การรังวัดแบบสถิตด้วยจีพีเอส

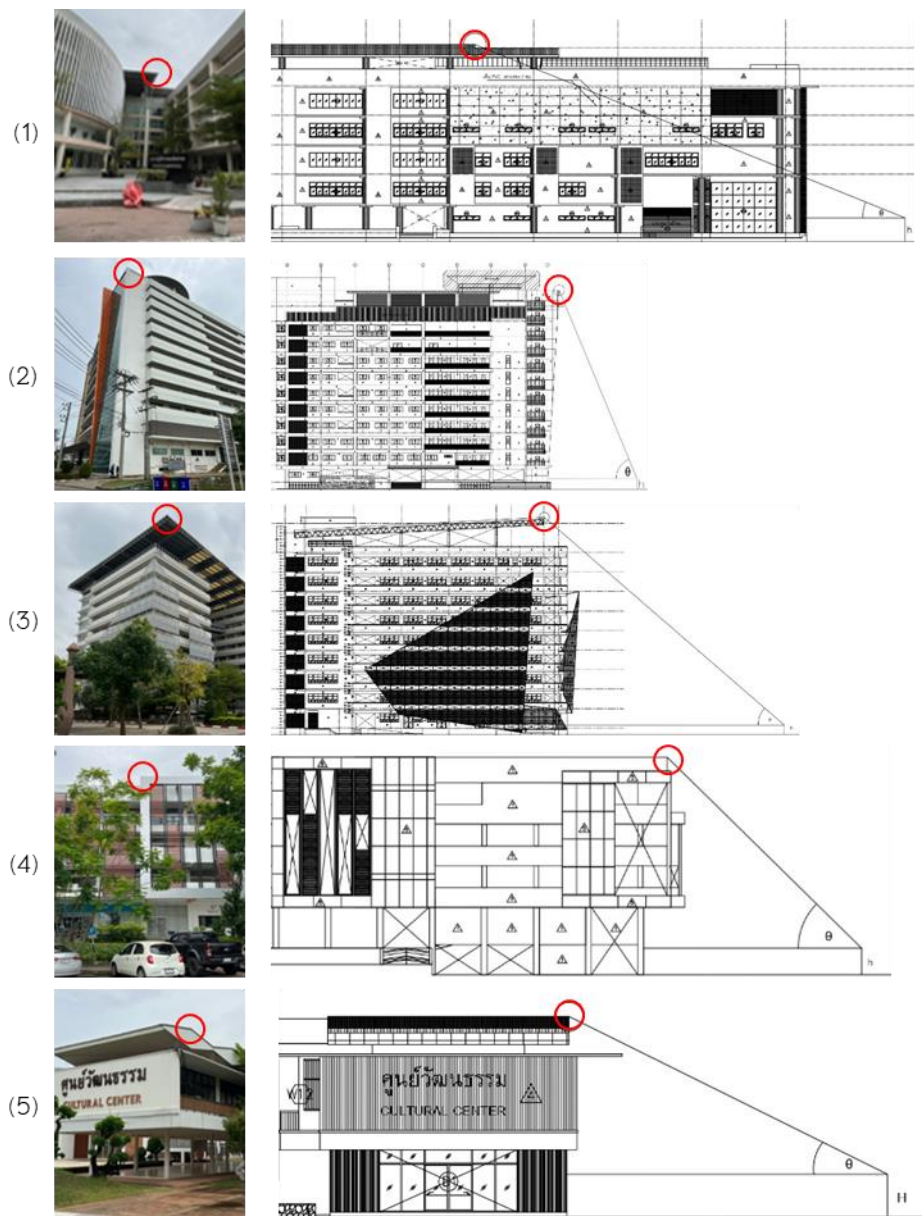
ผลการปรับแก้มุมภายในได้ความคลาดเคลื่อนของวงรอบปิด เท่ากับ 37 พิลิปดา ซึ่งไม่เกินค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ของกรมที่ดิน และผลการปรับแก้ภาคของทิศหรืออะซิมุท ได้ค่าอะซิมุทเข้าบรรจบเท่ากับค่าอะซิมุทเริ่มแรก ตรงตามเกณฑ์ของการปรับแก้อะซิมุทของงานวงรอบปิด สำหรับผลการคำนวณระยะฉากของเส้นวงรอบที่เป็นระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก (Departure) รวมทั้งผลการปรับแก้ค่าระยะฉากและคำนวณพิกัดฉากของหมุดวงรอบ เพื่อให้ได้ค่าพิกัดของหมุดสำรวจทั้ง 11 หมุด เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณค่าพิกัดของหมุดวงรอบปิด

| Sta.  | Dist.   | Az.    | Sin (Az.) | Cos (Az.) | Lat.    | Corr. (Lat.) | Dep.    | Corr. (Dep.) | X         | Y          |
|-------|---------|--------|-----------|-----------|---------|--------------|---------|--------------|-----------|------------|
| A     |         |        |           |           |         |              |         |              | 189878.11 | 1659001.44 |
| B     | 130.72  | 148.81 | 0.52      | -0.86     | 67.70   | -0.002       | -111.82 | 0.002        | 189945.80 | 1658889.62 |
| C     | 174.78  | 164.58 | 0.27      | -0.96     | 46.47   | -0.003       | -168.49 | 0.003        | 189992.27 | 1658721.14 |
| D     | 121.13  | 74.21  | 0.96      | 0.27      | 116.56  | -0.002       | 32.97   | 0.002        | 190108.82 | 1658754.11 |
| E     | 194.25  | 67.72  | 0.93      | 0.38      | 179.74  | -0.004       | 73.66   | 0.004        | 190288.56 | 1658827.78 |
| F     | 88.86   | 344.35 | -0.27     | 0.96      | -23.97  | -0.002       | 85.56   | 0.002        | 190264.59 | 1658913.34 |
| G     | 116.49  | 359.15 | -0.02     | 1.00      | -1.72   | -0.002       | 116.48  | 0.002        | 190262.87 | 1659029.82 |
| H     | 125.94  | 339.95 | -0.34     | 0.94      | -43.18  | -0.002       | 118.31  | 0.002        | 190219.68 | 1659148.13 |
| I     | 71.90   | 260.28 | -0.99     | -0.17     | -70.86  | -0.001       | -12.14  | 0.001        | 190148.81 | 1659135.99 |
| J     | 131.02  | 243.64 | -0.90     | -0.44     | -117.40 | -0.002       | -58.17  | 0.002        | 190031.42 | 1659077.82 |
| K     | 66.16   | 308.51 | -0.78     | 0.62      | -51.78  | -0.001       | 41.19   | 0.001        | 189979.64 | 1659119.01 |
| A     | 155.34  | 220.84 | -0.65     | -0.76     | -101.58 | -0.003       | -117.52 | 0.003        | 189878.06 | 1659001.49 |
| Total | 1376.57 |        |           |           | -0.03   |              | 0.03    |              |           |            |

โดย Sta. = หมุดสำรวจ, Dist. = ระยะทางการรังวัดระหว่างหมุด, Az. = ภาคของทิศ หรือ Azimuth,  
 $\sin(Az.) = \text{ค่า } \sin(\text{Azimuth}), \cos(Az.) = \text{ค่า } \cos(\text{Azimuth}), \text{Lat.} = \text{ระยะเหนือ หรือ Latitude หาได้จาก } \sin(Az.) \times \text{Dist.},$   
 Dep. = ระยะตะวันออก หรือ Departure หาได้จาก  $\cos(Az.) \times \text{Dist.},$   
 Corr.(Lat.) = ค่าปรับแก้ระยะเหนือ หาได้จากผลรวมของ Lat. x ระยะทาง / ระยะทางทั้งหมด,  
 Corr.(Dep.) = ค่าปรับแก้ระยะตะวันออก หาได้จากผลรวมของ Dep. x ระยะทาง / ระยะทางทั้งหมด,  
 X = ค่าพิกัดแกน X ในระบบ UTM หาได้จากค่าพิกัดเริ่มต้น + Lat. + Corr.(Lat.),  
 Y = ค่าพิกัดแกน Y ในระบบ UTM หาได้จากค่าพิกัดเริ่มต้น + Dep. + Corr.(Dep.)

สำหรับผลการรังวัดค่าทางตั้ง หรือค่าความสูงของอาคาร เป็นการรังวัดความสูงของอาคารจำนวน 5 อาคาร ได้แก่ (1) อาคารคณะศิลปกรรมและออกแบบ (2) อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี (3) อาคารคณะวิทยาศาสตร์ (4) อาคารสำนักงานอธิการบดี (5) อาคารศูนย์วัฒนธรรม ซึ่งเป็นอาคารที่มีแบบพิมพ์เขียวแสดงความสูงตามแบบก่อสร้าง (รูปที่ 6) และค่าความสูงเป็นดังตารางที่ 3



รูปที่ 6 อาคารที่ทำการรังวัดความสูงและแบบพิมพ์เขียวอาคาร

### ข้อมูลการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ

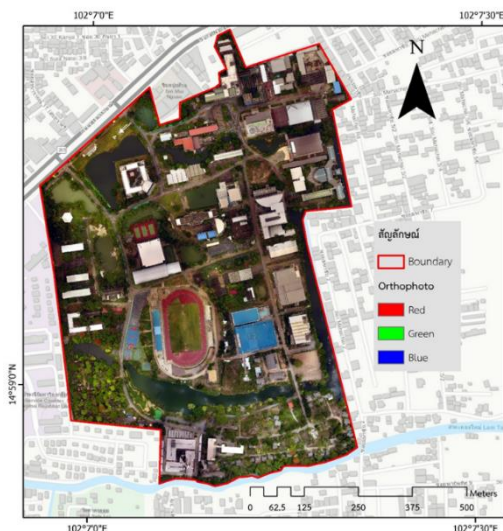
ผลการสำรวจด้วย UAV ข้อมูลที่ได้จากการบินถ่ายภาพด้วย UAV ที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4D จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูล 3 รูปแบบ ได้แก่

1) ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง (รูปที่ 7) เป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (Visible Band) หรือช่วงคลื่นสีแดง เขียวและน้ำเงิน (Blue, Green, and Red: RGB) ซึ่งมีค่าพิกัดสามมิติที่ถูกต้อง หรือเรียกว่า ภาพออร์โธ (Orthophotograph)

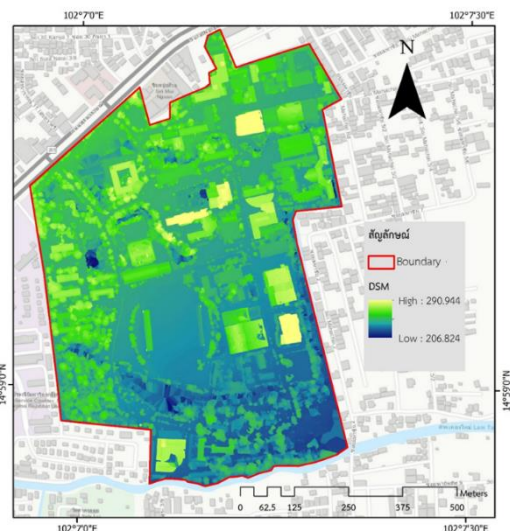
2) ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM) เป็นข้อมูลที่ให้ค่าความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าความสูงอยู่ระหว่าง 206.82-290.94 เมตร (รูปที่ 8)

3) ข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) เป็นข้อมูลความสูงที่ไม่รวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าความสูงอยู่ระหว่าง 206.82-287.53 เมตร (รูปที่ 9)

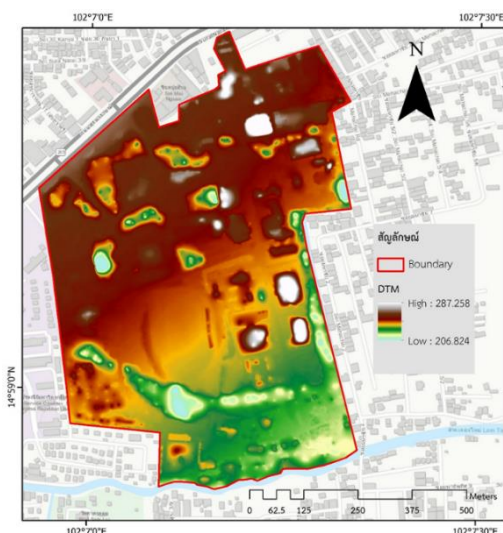
ทั้งนี้ข้อมูล DSM และ DTM สามารถประยุกต์ใช้ในการหาความสูงของวัตถุโดยใช้แบบจำลองความสูงของวัตถุ (Object Height Model) ซึ่งมีค่าความสูงของวัตถุในพื้นที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 0-53.45 เมตร (รูปที่ 10)



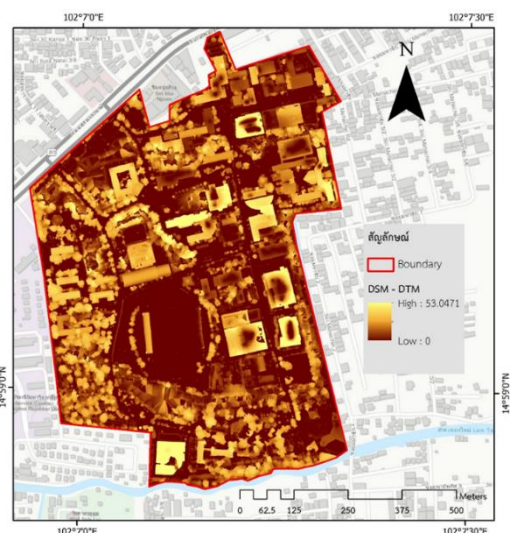
รูปที่ 7 ภาพถ่ายออร์โธ แบบภาพสีผสมจริง (RGB)



รูปที่ 8 แบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM)



รูปที่ 9 แบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DTM)



รูปที่ 10 ข้อมูลความสูงของวัตถุ



ผลการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง (Vertical Positional Accuracy) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพิกัดของข้อมูล 2 ชุด ระหว่างความสูงจากแบบพิมพ์เขียวกับข้อมูลจากการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ และระหว่างข้อมูลจากแบบพิมพ์เขียวกับข้อมูลจาก UAV ดังตารางที่ 3 และมีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 2.34 และ 8.21 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง

| อาคาร             | (A) แบบพิมพ์เขียว | (B) กล้องสำรวจ | (C) ข้อมูล UAV | $\Delta AB$ | $\Delta AC$ | $\Delta AB^2$ | $\Delta AC^2$ |
|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| (1)               | 23.00             | 23.23          | 24.69          | -0.23       | -1.69       | 0.053         | 2.856         |
| (2)               | 46.90             | 46.95          | 49.79          | -0.05       | -2.89       | 0.003         | 8.352         |
| (3)               | 36.73             | 36.02          | 38.77          | 0.71        | -2.04       | 0.504         | 4.162         |
| (4)               | 19.60             | 18.67          | 18.14          | 0.93        | 1.46        | 0.865         | 2.132         |
| (5)               | 8.20              | 8.25           | 8.39           | -0.05       | -0.19       | 0.003         | 0.036         |
| Total             |                   |                |                |             |             | 1.48          | 17.54         |
| RMSE              |                   |                |                |             |             | 1.19          | 4.19          |
| RMSE <sub>z</sub> |                   |                |                |             |             | 2.34          | 8.21          |

### สรุปและอภิปรายผล

การประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่ (XYZ) ของข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับ กับข้อมูลการสำรวจรังวัดภาคพื้นดินด้วยกล้องสำรวจ สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

การสำรวจและคำนวณค่าพิกัดแผนที่ด้วยกล้องสำรวจ ใช้วิธีการรังวัดมุมหลักฐานทางราบด้วยงานวงรอบปิด จากนั้นปรับแก้และคำนวณค่าพิกัดของมุมหลักฐานทางราบจำนวน 11 มุม ในขณะที่การรังวัดค่าความสูงของอาคาร จำนวน 5 อาคาร ใช้หลักการสามเหลี่ยมตรีโกณมิติในการหาความสูงของวัตถุที่สามารถวัดระยะไปยังฐานวัตถุได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าพิกัดสามมิติเพื่อใช้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนทางราบกับข้อมูล UAV และค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้งกับข้อมูลพิมพ์เขียวของอาคาร ซึ่งการใช้กล้องสำรวจรังวัดพิกัดแผนที่นี้ให้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงตามมาตรฐานงานสำรวจ เพียงแต่ใช้เครื่องมือ บุคลากร และเวลาในการปรับแก้และคำนวณค่าพิกัดมาก

การสำรวจและสร้างข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ได้ผลลัพธ์ของการสำรวจเป็นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง ที่บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น มีค่าพิกัดแผนที่ที่ถูกต้องจากกระบวนการสร้างภาพภาพออร์โธ ผลลัพธ์อีกประเภทหนึ่ง เป็นข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ประกอบด้วยแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM) ที่ให้ค่าความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิว และแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) ที่ไม่รวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิว ทั้งนี้ข้อมูล DSM และ DTM สามารถใช้ในการหาความสูงของวัตถุได้ โดยการหาค่าผลต่างของข้อมูล DSM และ DTM ของแต่ละจุดภาพ จะได้ค่าความสูงของวัตถุ ซึ่งผลลัพธ์ทั้งหมดนี้จะใช้ข้อมูลภาพออร์โธ กำหนดค่าพิกัดแกน X, Y เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนทางราบกับข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจ และใช้ข้อมูลความสูงของวัตถุ (Z) เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้งกับข้อมูลการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจและพิมพ์เขียวของอาคาร ซึ่งการใช้ UAV สำรวจและสร้างข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ฐานข้อมูลที่มีความละเอียดสูง แต่ต้องผ่านการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์เฉพาะทาง ข้อดีคือได้ข้อมูลที่ให้ขอบเขตของการสำรวจที่กว้างกว่า รวมถึงใช้บุคลากรและเวลาในการสำรวจน้อยกว่าการสำรวจภาคพื้นดิน

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดแผนที่ หรือการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งและความสูง (XYZ) แบ่งเป็นการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (XY) และทางตั้ง (Z) โดยการวัดความถูกต้องเชิง

ตำแหน่ง พบว่า ความคลาดเคลื่อนแกน X และ Y มีค่า RMSE เท่ากับ 1.22 และ 3.44 ซึ่งหมายความว่าในแกน Y มีความคลาดเคลื่อนระหว่างการสำรวจด้วยกล้องสำรวจและ UAV มากกว่าแกน X ซึ่งหากพิจารณาจากตารางที่ 3 จะพบว่าในแกน Y จะมีค่าพิสัยของมุม G ที่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด หากตัดจุดนี้ออกไปค่า RMSE ของแกน Y ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากแกน X สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งทางราบ สามารถสรุปได้ว่า ในการศึกษาความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบระหว่างข้อมูลการรังวัดด้วยกล้องสำรวจและการสำรวจด้วย UAV มีความคลาดเคลื่อนระหว่างกัน เท่ากับ 3.65 เมตร ดังนั้น การเลือกใช้ข้อมูลตำแหน่งทางราบหากมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกินผลการศึกษาที่ได้ ก็สามารถเลือกใช้วิธีการสำรวจได้ทั้งสองรูปแบบ

สำหรับความคลาดเคลื่อนในแกน Z หรือความสูง โดยเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสูงระหว่างข้อมูล 2 ชุด โดยยึดความสูงของแบบพิมพ์เขียวของอาคารเป็นหลัก ได้แก่ การตรวจสอบความสูงจากแบบพิมพ์เขียวกับความสูงจากการรังวัดด้วยกล้องสำรวจ พบว่า ค่า RMSE เท่ากับ 1.19 ส่วนในมาตรฐาน NSSDA มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.34 เมตร และความสูงจากแบบพิมพ์เขียวกับความสูงจาก UAV พบว่า มีค่า RMSE เท่ากับ 4.19 และความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน NSSDA เท่ากับ 8.21 เมตร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การรังวัดความสูงด้วยกล้องสำรวจมีความถูกต้องหรือมีความใกล้เคียงกับความสูงในแบบพิมพ์เขียวมากกว่าการสำรวจด้วย UAV แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาตามตารางที่ 3 จะพบว่า ยิ่งอาคารที่มีความสูงไม่มาก เช่น อาคาร (4) และ (5) ค่าความแตกต่างของการรังวัดด้วยกล้องสำรวจและ UAV จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง หรือกล่าวอีกทางหนึ่งได้ว่า ยิ่งอาคารที่มีความสูงไม่มาก (สูงต่ำกว่า 10 เมตรลงมา) สามารถเลือกใช้การรังวัดความสูงได้ทั้งการสำรวจด้วยกล้องสำรวจ และการสำรวจด้วย UAV

## เอกสารอ้างอิง

- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2564). *การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)*. สืบค้นจาก [http://oldoffice.dpt.go.th/km/images/pdf/paper\\_km\\_6\\_63.pdf](http://oldoffice.dpt.go.th/km/images/pdf/paper_km_6_63.pdf).
- กัญญารัตน์ วัลภา. (2564). *การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)*. สืบค้นจาก <http://gungunyarat.blogspot.com>.
- กาญจน์เพชร ชูชีพ. (2561). การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment): Remote Sensing Technical. Note NO.3 (2018). Faculty of Forestry, Kasetsart University.
- จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล, วิลาศลักษณ์ วงศ์เยาว์ฟ้า และ สุกิจ วิเศษสินธุ์. (2561). *การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วย LIDAR: ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูง*. กรุงเทพฯ: บริษัท ESRI (ประเทศไทย) จำกัด.
- นภัสวรรณ บุญทวีสวัสดิ์. (2562). *ความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อผลิตแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูง (Spatial accuracy of applying unmanned aerial vehicle to produce high – resolution map)* (บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- มานัส ยอดธง. (2564). *การหาความสูงของวัตถุด้วยกล้องวัดมุม [เอกสารประกอบการสอน]*. ขอนแก่น: สาขาวิชาช่างสำรวจ, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (2562). *มาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม (ฉบับเทคนิคพิจารณา)*. สืบค้นจาก <https://onedrive.live.com/?authkey=%21ALmUKv3xryMXbMo&cid=46DDF7F825C74B24&id=46DDF7F825C74B24%211028&parId=46DDF7F825C74B24%211027&o=OneUp>.
- สมบัติ อยู่เมือง. (2564). *ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)*. สืบค้นจาก <http://www.gisthai.org/about-gis/remote-sensing.html>.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2555). *ความหมายของข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่ใช้บริการ การเผยแพร่และบริการข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศ (DEM)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการยุทธศาสตร์เพื่อวางระบบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (กยน.).

สิทธิพร พันธุระ. (2558). *รายวิชาวิศวกรรมสำรวจ (Survey Engineering)* [เอกสารประกอบการสอน]. อุตรธานี: สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.

Authority, T. V. (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. *National Aeronautics and Space Administration: Virginia, NV, USA*.

## Development of Smart Agricultural Monitoring and Irrigation System using IoT and Mobile Applications

Sittichai Choosumrong<sup>1\*</sup>, Rhutairat Hataitara<sup>1</sup> and Thitisak Pothong<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agriculture Natural Resources and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Naresuan University, 99 Moo 9 Tha Pho, Muang, Phisanulok, Thailand 65000

\*Corresponding author: sittichaic@nu.ac.th

*Received: April 12, 2022; Revised: May 17, 2022; Accepted: May 24, 2022*

### Abstract

Nowadays, identifying and quantifying significant spatial and temporal variability in agricultural field has been a crucial factor for improving agricultural production and management. With the development of modern sensors and sensing technology, field information collection in precision agriculture could be achieved by a multiplicity of technologies, including Wireless Network Sensors (WSNs), Remote Sensing (RS), Global Navigation Satellite System (GNSS), and Geographic Information System (GIS). Among them, for the low-cost and low-energy consumption sensor nodes deployment, the WNSs have been widely used in agriculture for automated irrigation management, fertilization, pesticide detection and control, as well as environmental monitoring and greenhouse controlling.

In this work, we have introduced a way to apply IoT Sensor technology to mobile applications for field data collection, monitoring and controlling for agriculture. To collect data, the WSNs system was designed and developed for remote real-time monitoring and collection of the parameters. The parameters used in this experiment are temperature, humidity, and soil moisture. The developed devices and applications allow users to save data directly to the database, reducing the time it takes to complete the task. The data will have the coordinates from mobile GPS, sensor data, and its will be displayed through the Web Map Application to display the data in real-time.

**Keywords:** WSNs, IoT, Mobile GIS, Spatial web service, Geo-processing

### Introduction

Digital technology and the internet have been recently a part of our daily life. Internet of Things (IoT) is that things are all linked to the Internet. One of the famous digital technologies is wireless communicative devices. There have been research studies on Wireless Sensor Networks (WSNs) concerning water, soil, and air quality verifications (Pule et al, 2017; Ojha et al, 2015; Aroonjit, 2015; Karimi et al, 2018; Mokhtary, 2012) Those studies have some developments in the data logger, real-time monitoring, etc. However, most of those developed systems have been only for verification and data recording only. There are still not analyses and spatial results shown.

Therefore, this study presents the application of IoT and Sensor technologies integrating with mobile applications to record the field data, verify, and control the data for the agricultural section. WSNs system has been designed and developed to monitor environmental data and collect real-time parameters. The parameters in this experiment included temperature, relative humidity, and soil moisture. The tool and application have been developed to be able to record the data into the database directly which can reduce the work period. The data will include the coordinates of where they have been collected.

WSNs when used in any circumstances, the sensor node will collect and process their data. This tool is connected to smartphones through wireless technology (wireless internet). WSNs have been the new interesting computer technology for agro-industry, especially the expansion of Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS). This technology is useful for making a small and cheap sensor which leads to the development of a sensor system for agriculture using standard and cheap sensors with open hardware and open-source software.

Sensor Observation Service (SOS) is the standard web service interface used to request, filter, and retrieve observations and sensor system information. This is the intermediary between a client and an observation repository in real or near real-time sensor network. Since SOS provides accessibility to the required information, decision-makers can make the right decision in terms of critical situations. This study has developed the WebGIS Application which has been designed to show the data from field database in a map and graph format for users to access and follow up the sensor data (Choosumrong et al, 2016)

Thailand is an agricultural country including both major and minor agricultures. Those who do the minor agriculture usually face the problems of cost and labor as well as the weather changes that result in productivity directly and indirectly (Wan 2008). Due to the fact that collecting field data regarding agriculture needs a big data because of the area changes which is the key factor in doing modern agriculture, new technology and solutions have been considered for the best choice of collecting and processing data to improve the potential (Kaivosoja et al, 2014)

Despite many applications or sensor systems, e.g. WSNs for multipurpose agriculture including WSNs for environmental verification, and soil humidity will be applied to predict the plant's demand of water and the plant's health, some of the collected data are stored in data logger which is difficult to access and takes a long time. In addition, the tool is highly required to be accurate. In order to solve those issues, the researcher team has developed modern sensor technology to collect field data in agriculture more accurately. This technology can be applied by several tools such as WSNs, RS, GPS, and GIS.

The aim of this study is to develop a real-time weather monitoring and evaluation using sensor technology and deploy the system through Web Processing Service and to develop applications that can control sensor devices.

## Conceptual Framework and Methodology

In this section, the research team will explain the sensor network for agricultural field data collection, emphasizing sensor technology about agriculture. The development of a sensor system to collect field data consists of 3 main parts as follows:

### Wireless Sensor networks

WSNs are the sensor network using a battery. This network connects to each other through a wireless connection and works in the specific purpose. Data received from these sensors will connect to each other and work according to the written program to process and send the data to the user's smartphone. The set of field data collecting sensor consists of the followings:

Temperature & Humidity Sensor (DHT22) is the sensor for measuring temperature and relative humidity in the air which has been designed for accurate measurement. Its accuracy for humidity measurement is  $\pm 2\%$  RH, temperature measurement is  $\pm 0.2$  degree Celsius. The sensor can measure relative humidity between 0–100% RH, and temperature between  $-40$  to  $80$  degree Celsius.

Soil Moisture Sensor is applied to measure the soil moisture which can be connected to the microcontroller by using input analog to read the humidity sent from the module. The sensor works with PCB plate to measure the soil moisture and connects with WemosD1 R2 board.

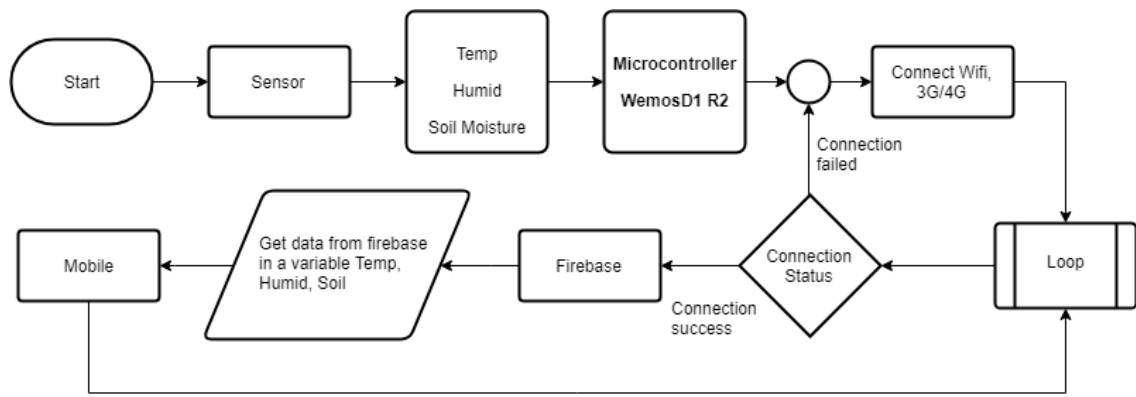
WemosD1 R2 Micro Controller Board is developed as an open source board controller which reveals both hardware and software information. Its size and stands were designed to be similar to Arduino Uno board in order to be able to receive–transfer data through internet network i.e. Wi-Fi, 3G, and 4G. This board can be written via the Arduino IDE program.

### Mobile Application

This is a part of adapted mobile program development such as mobile phones and tablets. The program responds to the consumer's demand and is easy to use. This study has developed an Android application to be able to show the data measured by the sensor and to transfer it into the database through Wi-Fi, 3G/4G networks.

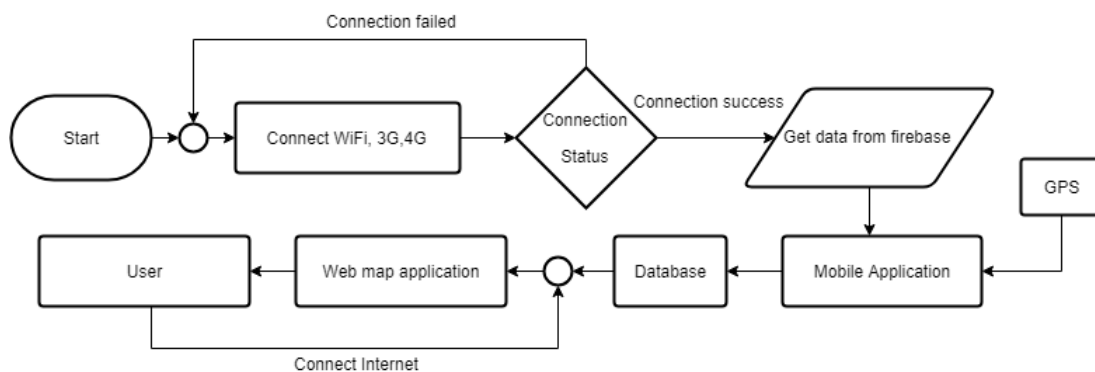
### Web Application

At the present, web applications have been very popular because of their effective response to the users' demands. Web applications work as a client/server which has been set up in the server of the user's device or the client device connected with the network. Users can work through a web browser immediately without downloading any other applications.



**Figure 1.** Diagram of WemosD1 R2 microcontroller board

The WemosD1 R2 operation began with the setting up of the sensor and connecting to Wi-Fi, 3G, or 4G network. When the connection is done, the controller board will collect the data measured by the sensor and store them in Temperature, humid, and soil parameters. Then, these values will be transferred to the Firebase and the mobile application will finally show the results.



**Figure 2.** Mobile Application Diagram

The operation on a smartphone begins with connecting to an internet network. When it is completed, the application will take the data from Firebase to preview and show the real-time location data. Users can send the data with the location data from the sensor through the application to the database. The data will be later processed and shown through the web map.

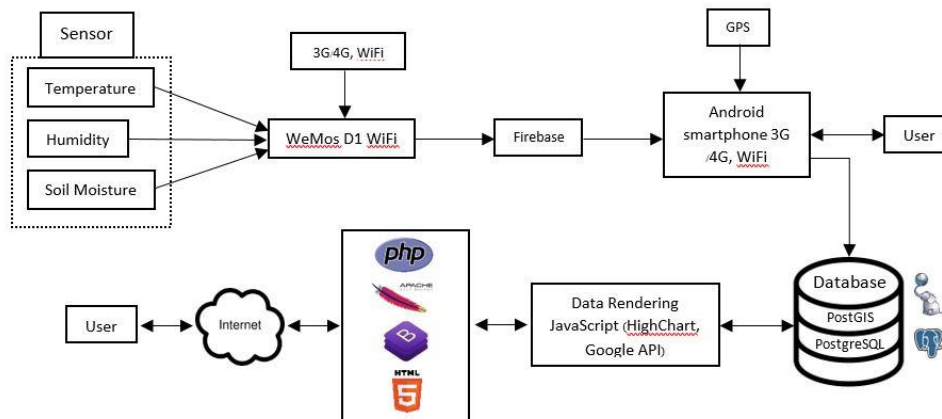


Figure 3. Design of sensor network

### System Investigation Scenario

The examination of sensor operation for agricultural data collection and the application operation is divided into 2 phases: 1) sensor system to monitor the environment and collect field data through a wireless network; and 2) sensor system to track the environment and control the microcontroller and other devices through a wireless network.

#### Sensor system to monitor the environment and collect field data through a wireless network.

In the accuracy examination, the sensor results have been calibrated and compared for the soil moisture with HydroSense II which is a high accuracy sensor as shown in Figure 4. The cloud system has used Firebase service, while the connection with users has used a smartphone application. Users use a smartphone application to monitor the real-time data and send them to the database. The developed system has been examined for its real-time monitored data transfer to the database. The received data included the location of the data collection area. The data stored in the database will be shown on the website which has been developed to monitor and a map of the collected data. The correcting Soil Moisture (SM) data of this equipment after celebrate is  $SM = SM - 40$ . WSNs have proved that it is important to monitor real-time data.

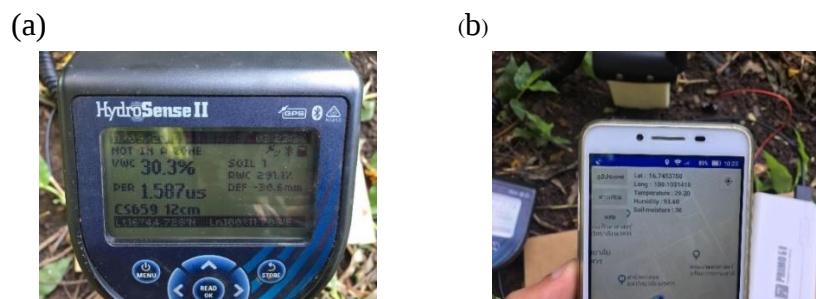
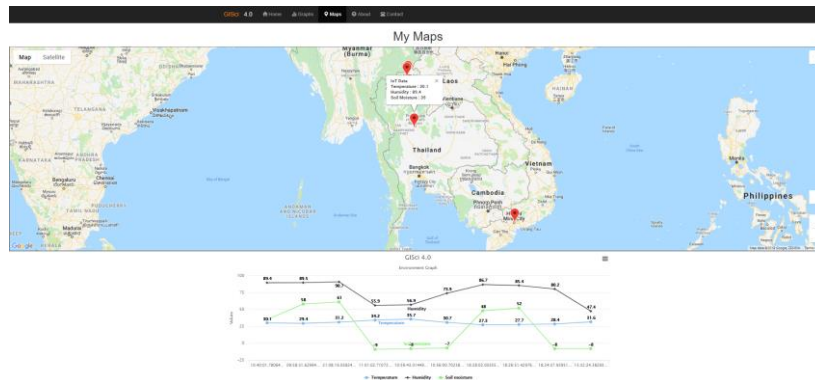


Figure 4. Shows the comparison of the values measured by the sensor with corrected values. (a) HydroSense II

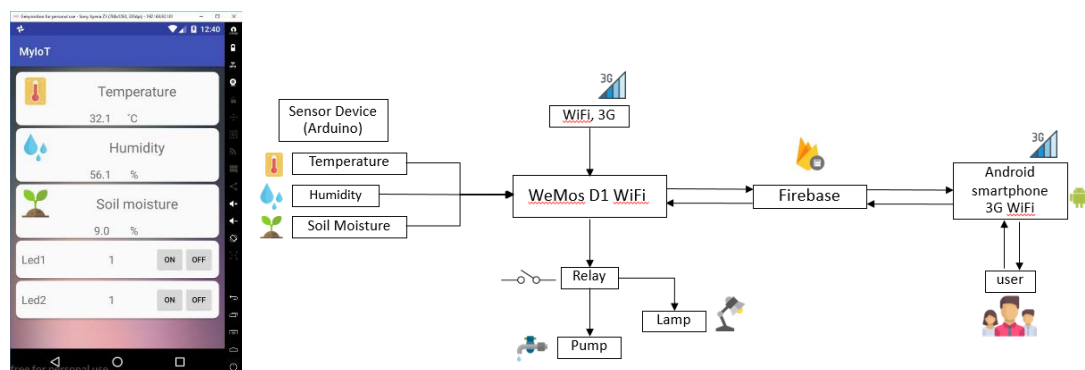
(b) The collected data from Arduino sensor



**Figure 5.** The web browser displays the environment information and the location map

**Sensor system to track the environment and control the microcontroller and other devices through a wireless network.**

This system is the development of the sensor system and the application for measuring the environment of an agricultural area. It also controls the on/off of electric devices such as water pumps, lights, etc. The examination has been a monitored in the real-time situation. The sensor could monitor and transfer the data to the application screen. Users can also turn on/off the electric devices through internet network.



**Figure 6.** Smartphone application preview page for displaying environmental information and controlling electrical devices

## Discussion and Conclusion

According to the sensor system development for environment monitoring, open source software has been employed in every process. The design of sensor system to be effective and able to apply to various kinds of work has made this study better than Aroonjit (2015); So-In et al. (2013) and Wan et al. (2008) whose studies have applied sensor system to the smart farm agriculture. The disadvantage of the previous studies shows that users cannot see the data through smartphones, nor can they control the electric devices. Therefore, the researcher has developed this system to solve that problem by integrating a sensor system to a website application in which its raw data could be processed and analyzed on the website.

As mentioned earlier, this application and sensor system, developed for farmers to be able to access the data and buy at a lower price rate, would help farmers to improve their productivity. The application can be integrated with any sensor system according to the farmer's desire. Moreover, this system is applicable to any version of smartphones.

According to the results, it can be concluded that the system to monitor the field environmental data through wireless connection could monitor the environmental data and transfer it to the smartphone application in real-time. Users can apply this system to collect the field data and send them to the database. The web browser can preview the collected field data and process in a real-time situation. The smartphone application for showing the environmental data and controlling electric devices can monitor real-time data and control the electric devices via the internet network.

## References

- Aroonjit, W. (2015). Automatic control plant and automatic monitoring system through network. *The 16<sup>th</sup> TSAE Natural Conference and the 8<sup>th</sup> TSAE International Conference*. Bangkok.
- Choosumrong, S., Raghavan, V., Jeefoo, P., & Vaddadi, N. (2016). Development of Service Oriented Web-GIS Platform for Monitoring and Evaluation using FOSS4G. *International Journal of Geoinformatics*, 12(3), 67–77.
- Kaivosoja, J., Jackenkroll, M., Linkolehto, R., Weis, M., & Gerhards, R. (2014). Automatic control of farming operations based on spatial web services. *Computers and electronics in agriculture*, 100, 110–115.
- Karimi, N., Arabhosseini, A., Karimi, M., & Kianmehr, M. H. (2018). Web-based monitoring system using Wireless Sensor Networks for traditional vineyards and grape drying buildings. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 269–283.
- Mokhtary, M. (2012). *Sensor observation service for environmental monitoring data* (Independent thesis Advanced level Master's thesis). School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- Ojha, T., Misra, S., & Raghuwanshi, N. S. (2015). Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. *Computers and electronics in agriculture*, 118, 66–84.
- Pule, M., Yahya, A., & Chuma, J. (2017). Wireless sensor networks: A survey on monitoring water quality. *Journal of applied research and technology*, 15(6), 562–570.
- So-In, C., Poolsanguan, S., Poonriboon, C., Rujirakul, K., Phasuk, Y., & Haitook, T. (2013). Smart mobile poultry farming systems in Tmote sky WSNs. *International Journal Of Digital Content Technology And Its Applications*, 7(9), 508.
- Wan, Y., Yu, S., Huang, J., Yang, J., & Tsai, C. (2008). Automation integration for taiwan country chicken farm management using field server. *Proceedings of the IAALD AFITA WCCA*.

## Development of Near Real–Time analysis of Heatstroke Risk Information Service that affects to the elderly person based on Web Map Service

Sittichai Choosumrong<sup>1\*</sup>, Venkatesh Raghavan<sup>2</sup> and Chidchanok Kerdyord<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Agriculture Natural Resources and Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Naresuan University, 99 Moo 9 Tha Pho, Muang, Phisanulok, Thailand 65000

<sup>2</sup> Graduated School of Science, Osaka City University, 3–3–138, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558–8585, Japan.

<sup>3</sup> Tak Land Development Station, Mae Tho, Mueang Tak District, Tak 63000

\*Corresponding author: sittichaic@nu.ac.th

*Received: April 12, 2022; Revised: May 17, 2022; Accepted: May 24, 2022*

### Abstract

The number of elderly or citizen who is over 60 years old has been increasing every year which results in Thailand's turning into aging society and the population structure change. In addition, the labor structure has changed in order for elderlies to work. The majority work in agriculture and fishing fields.

According to the global warming, the temperature keeps higher every year. Thailand as the tropical country has been effected by the higher temperature. The disease found in summer is heatstroke, the sickness ever occurred only in summer. The elderly who are in the risk group must be taken care of.

The objective of this study is to present the application of Open Data Kit (ODK) technology to collect the elderly data which can reduce the error and time period to record the data. It also helps the data surveying and collecting to be effective and accurate based on the clients' demands. Moreover, the application supports the development of heat index resulting in heatstroke in elderly, higher than 32 degrees Celsius, which makes elderly to be in the risk group. The data analysis will employ the developed Open Source Software and support projects. FOSS4G is the GRASS GIS, ZOO, and Web Processing Service that have been developed to be the web application, which can present the data in graph and map on the internet. The clients can monitor the real–time risk point of heatstroke through the internet without any payments.

**Keywords:** Web Processing Service, Open Data kit, Heat Index, Zoo–Project Platform, Foss4G

### Introduction

The number of the elderly or citizen who is over 60 years old has been increasing every year due to the fact that the birth rate has been reduced. This situation results in Thailand's turn into an aging society and the change in population structure. In addition, the labor structure has been changed to those elderly to work. According to the survey of labor in 2017, it was found that there are 2.36 million male elderlies working, and 1.70 million female elderlies working, 4.06 million elderlies in total, or 35.8 percent of the total number of elderly, 11.35 million people. Considering the elderly's work since 2013–2017, it was found that the number of working elderly

keeps increasing every year, from 3.45 million people in 2013 to 4.06 million people in 2017. The elderly's career in 2017 was found to be agriculture and fishery, 56.5 percentage (National Statistical Office, 2017)

Heatstroke is the recent issue because of the changing weather that generally happens in summer. Heatstroke is the symptom of a body receiving higher than 40 degrees Celsius, the maximum temperature a body can bare, by being in the sunlight, doing exercises, or playing sports in hot weather for a long time. The obvious symptoms are being exhausted, languishing, queasy, headache, dropping blood pressure, fainted, faster breathing, and arrhythmia. People with these symptoms who cannot be helped and treated in time, it may cause to death. The risk group includes general labor and farmers. The other risk group who is in need to be more taken care of because of the heat includes children, elderlies, expecting mothers, and patients with heart diseases and blood pressure. Summer in Thailand faces higher temperature and continuing heat during daytime. Meteorological Department has forecasted that the temperature in Thailand in summer will be 35–37 degree Celsius around the country, and the highest temperature will be 42–43 degree Celsius in April, especially in Northern and Northeastern regions. Heat is one of the reasons effecting on people's health, from the general sickness to death. Regarding the heatstroke situation from 2014 to 2016, it has been reported that there were about 2,500–3,000 patients each year, tending to be higher and the highest number was in April–May (Department of Health, 2017). It was also found that the number of patients with heatstroke in 2013 was 98 and in 2016 was 2,457. The number of patients was higher especially in April every year. (Strategy and Planning Division, Ministry of Public Health 2016)

The evolution of information technology has changed according to the era. At the present, various kinds of information science have taken a role in daily life. Computers have been used in workplaces. Advanced science and technology have developed the facilities for the more convenient, faster, and more accurate works, as well as for supporting the analysis and decision making to access the data more conveniently and faster. Geographic Information Science is one of the important factors that has taken a role in working, planning, and accessing data for supporting any decision making and distributing geographic information science data, especially Web Processing Service (WPS) that is the standard protocol of OGC. It cooperates with other service protocols such as WMS, WFS, WCS, and SOS. This technology can access the area-based analysis from web interface that can receive and transfer data through the internet. Clients using this technology do not need to adhere with the format and type of the software.

Therefore, the researcher is interested to study the integration of Geographic Information System (GIS) by using Open Data Kit (ODK) to store the elderly's data. This is because this ODK can reduce the error and time period of data collecting. The study also investigated and developed the heat index measuring system, which affects of heatstroke in the elderly.

## Methodology

### Field data collection of elderly using ODK

Before installing ODK Aggregate, clients have to install Tomcat, Java, PostgreSQL/PostGIS. After installing ODK Aggregate, clients have to set up the instructions for managing area-based data such as creating a database and username/password to control the right to access the database. Then, clients have to design the form to survey and collect the field data and the form to store the field data of the elderly. The design has been done from the consult between researchers from Thai Health Promotion Foundation, hospitals, Sub-district Health Promoting Hospitals, Sub-district Administrative Organizations, and youths from Kho Rum Sub-district, Phichai District, Uttaradit Province. Then, ODK Collect have been installed on the smartphone and connected to the server (Figure 2).

The screenshot shows a form titled 'Elderly' with a menu bar (File, Edit, View, Help) and a toolbar (+ Add new, Text, Numeric, Date/Time, Time, Location, Media, Barcode, Choose One, Select Multiple, Minibits, Group). The form contains five sections, each with a title, icon, and a close button (X):

- Data Elderly** (gendata): display on one screen
- Name** (name): text input field
- ID Card** (id\_card): required text input field
- My Birthday** (birthday): date/time picker
- Phone** (phone): text input field
- Gender** (gender): required dropdown menu

Figure 1 The form for the elderly in the storage field

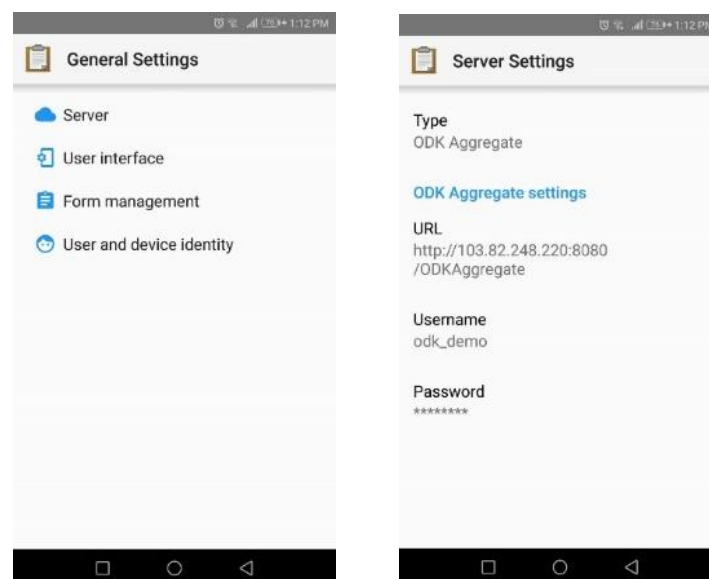


Figure 2 Connecting ODK COLLECT with SERVER

Finally, the created form have been downloaded to ODK application for exploring the field of data storage into the ODK Collect application ,which the survey form for storage elderly include General information, Diseases, Risk behavior, the location, and the picture of the elderly

Figure 3 For example, the form used to survey the elderly

### Near Real-time Temperature and Humidity data acquire from TMD.

To access the data of temperature and relative humidity in XML format to be stored as the area-based database in PostgreSQL/PostGIS by using PHP language, it is operated by inserting into the area-based database. The operation starts when the computer connects to the internet. The system will access the data service website <http://data.tmd.go.th/api/Weather3Hours/V1/>, through API (Thailand Meteorological Department API: TMDAPI). The data from TMD will update every 3 hours. The system will ask for the temperature and relative humidity values in XML service formats, which its instruction was written with PHP and SQL. After getting XML, PHP. XML parser will read and convert the data into columns and rows before transferring it into the database, as shown in Figure 4.

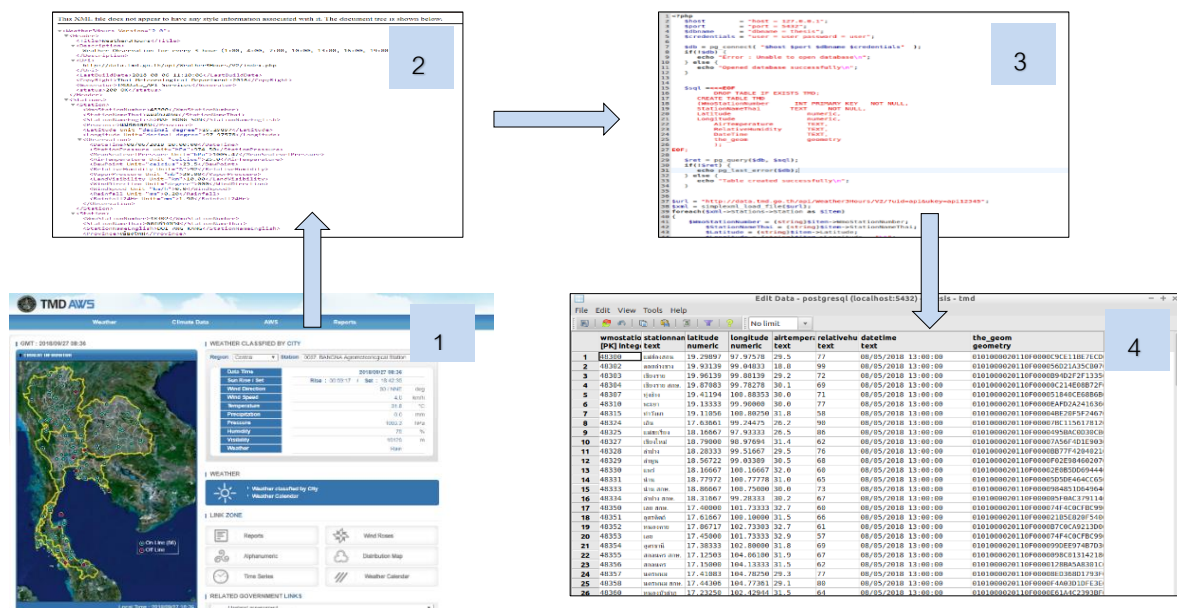


Figure 4 Temperature and humidity are stored in a spatial database

### The development of system analysis heat index affecting heat stroke among the elderly on web map service.

In this step will be the development of a system for Elderly Data Analysis and Heat index as automated processing on Web Processing Service, which it is designed to standardize in the development of web map service

Principles of Data Analysis Heat index on the web processing service to start from. GRASS GIS connection with PostgreSQL/PostGIS to retrieve the temperature in air and relative humidity, using the module is in the program, which is a module that is used to connect to the database is db.connect and r.mapcal for calculating the approximate heat index values that affect the disease heat stroke in seniors. From recipes to estimate the heat index of Stedman (National Weather Service, 2021)

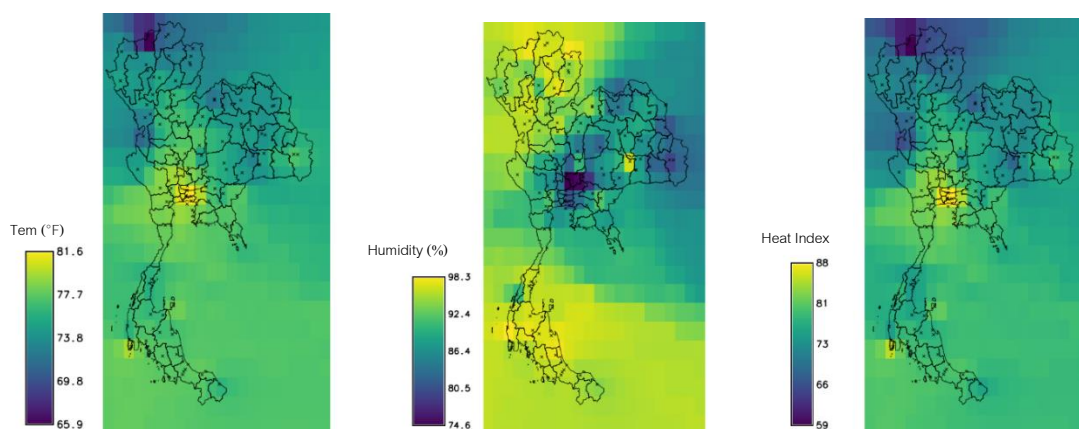
$$HI = -42.379 + 2.04901523 \times T + 10.1433127 \times RH - 0.22475541 \times T \times RH - 6.83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \times RH^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times RH + 8.5282 \times 10^{-4} \times T \times RH^2 - 1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times RH^2$$

T = the temperature in air (°F)

RH = relative humidity (%)

Since Stedman has stated that the equation of heat index of Stedman is appropriate and can be adapted to the sultry weather in summer when the temperature is 26.7 degrees Celsius and relative humidity is 40 percent (National Weather Service, 2021) Thailand is a Tropical Savanna Climate country, so the temperature in summer is approximately 26 degrees Celsius and the relative humidity is approximately 45 percent (Meteorological Department), which follows Stedman's statement.

Area-based data are analyzed by accessing the module to process the heat index data (v.surf.idw). The data are analyzed by Inverse Distance Weighted (IDW) by using heat index calculated in PostgreSQL/PostGIS. It will show the results of heat index that cause heatstroke in elderly. The system analyzes heat index automatically, as shown in Figure 5.

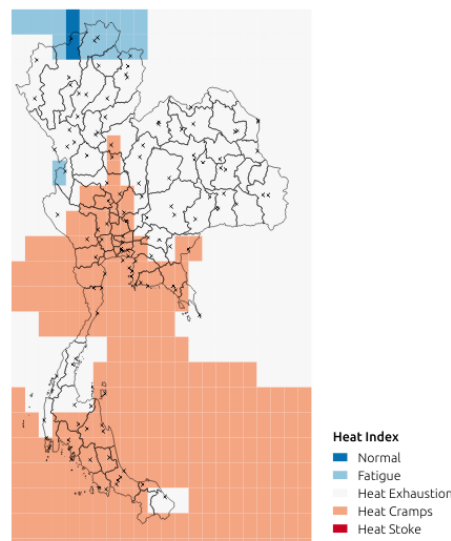


**Figure 5** Analysis of temperature, humidity, and heat index by using the v.surf.idw module

Data classification, the heat index. There are 5 levels using modules `r.reclass` in Table 1. (Gadiwala et al, 2008) Then remove the output that is sent to PostgreSQL/PostGIS. The heat index data is then analyzed against the position of the elderly with field recordings with ODK, as shown in Figure 6.

**Table 1** The effect occurs because of the heat. (Gadiwala et al, 2008)

| Heat Index (°C) | HeatIndex (°F) | Effect                           |
|-----------------|----------------|----------------------------------|
| Less than 27    | Less than 80   | Normal is not harmful            |
| 27–32           | 80–90          | Fatigue                          |
| 32–41           | 90–105         | Be very careful. Heat Exhaustion |
| 41–55           | 105–130        | Heat cramps.                     |
| More than 55    | More than 130  | Heatstroke .                     |



**Figure 6** Classification of heat index to disease, heatstroke that affects the elderly

## Conclusion and Discussion

ODK can be adapted for surveying and collecting field data of elderly through portable devices with Android and ODK operations. ODK is easy to install because it follows the OGC standard and it connects to the database directly. The form will automatically create the database so clients do not need to create it again and it can be developed with GeoServer, MapServer, and PostgreSQL/PostGIS. Clients can design the form as their desire when background knowledge and skills in advanced program writing are not necessary. The ODK can work both online and offline. In addition, it accepts image file, video file, audio file, and location-based data, as well as presents the data surveyed on the online map. This reduces the period of data collecting and saves costs for collecting field data.

The development of the analysis system of heat index that causes heatstroke in elderly is the operation of analyzing temperature and relative humidity by using Inverse Distance Weighted (IDW). The heat index will be analyzed with the location of the elderly collected by ODK. The system will categorize elderly according to their diseases that are risk for heatstroke. The heat index that is higher than 32 degrees Celsius will cause the elderly to be at risk of heatstroke. The system was developed through ZOO and WPS systems without any payments for software. Clients can also check the real-time risk point of heatstroke in elderly via internet.

## References

- Bandara, N., Fenoy, G., Raghavan, V., & Yoshida, D. (2016). *Simplifying integration of field data and GIS: A WPS approach*. International Conference on GeoInformatics for Spatial–Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences (GIS–IDEAS).
- Bandara, N., Jayasingh, Raghavan, V & Yoshida, D. (2016). *Development of Field Data Monitoring and Evaluation Platform using Customizable Mobile Application and Web–Mapping Tool*. Thesis, Osaka City University.
- Basinger, M., Jeffrey–Coker, F., & Mod, V. (2013). *Open Data Kit: Implications for the Use of Smartphone Software Technology for Questionnaire Studies in International Development*. Retrieved August 5, 2017, Retrieved from <https://fsg.afre.msu.edu/Mozambique/>.
- Department of Health, 2017.
- Gadiwala, M. S., & Sadiq, N. (2008). The apparent temperature analysis of Pakistan using bio–meteorological indices. *Pakistan Journal of Meteorology*, 4(8). 15–26.
- National Statistical Office, (2017).
- National Weather Service. (2021).  
Retrieved from [https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex\\_equation.shtml](https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml).
- Sittichai Choosumrong. (2022). *The Online GIS*. Geographic Association of Thailand, Phitsanulok.
- Strategy and Planning Division, Ministry of Public Health 2016.

## รูปแบบการจัดทำและตัวอย่างการอ้างอิง

การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทย

ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา

นิตี เอี่ยมชื่น<sup>1\*</sup>, ภูมิพัฒน์ อุ่นบ้าน<sup>1</sup>, วันฉันทชา เทพวงศ์<sup>1</sup> และ ธิดาภัทร อนุชาญ<sup>2</sup>

Geo-Informatics Technology for Management of Thai Peafowl Conservation

Areas in the area of Wiang Lo Wildlife Sanctuary, Phayao Province

Niti Iamchuen<sup>1\*</sup>, Phummipat Oonban<sup>1</sup> Wannutcha Thepwong<sup>1</sup> and Thidapath Anucharn<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

<sup>2</sup> Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla, 90000

\* Corresponding author: [niti018@hotmail.com](mailto:niti018@hotmail.com)

Received: August 16, 2022; Revised: August 29, 2022; Accepted: August 30, 2022

### บทคัดย่อ

การสำรวจวิจัยเพื่อจัดการพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทย และการจัดทำขอบเขตโซนนิ่งพื้นที่ปักษาทรัพยากรนกยูง: ช่วงนกยูงกับรอยต่อพื้นที่ชุมชนและป่าอนุรักษ์เป็นการสำรวจภาคสนามและรวบรวมข้อมูลบริบทของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา ปัจจัยทางกายภาพที่ใช้มาวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ตำแหน่ง/ร่องรอยของนกยูง ระดับความสูงของภูมิประเทศ ความลาดชัน เส้นทางน้ำ แหล่งน้ำ แหล่งโป่ง และแหล่งอาหาร เส้นทางเดิน พื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และหมู่บ้าน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยโลจิสติกเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความเหมาะสมสำหรับขั้นตอนการตัดสินใจพิจารณาแบบหลายกฎเกณฑ์ด้วยการถ่วงน้ำหนักอย่างง่ายและตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม ผลความถูกต้องเฉลี่ยมีค่า 91.43% จากนั้นนำข้อมูลความเหมาะสมในการจัดทำโซนนิ่งไปประชุมร่วมกับกลุ่มประชาชนในพื้นที่ เพื่อกำหนดพื้นที่อนุรักษ์และปักป้ายแสดงพื้นที่ต่อไป

**คำสำคัญ:** นกยูงไทย, การจัดทำขอบเขต, เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ, ภูมิสารสนเทศ, สมการถดถอยโลจิสติก

<sup>1</sup> หน่วยวิจัยการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

<sup>2</sup> คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

## Abstract

This research survey aimed to manage and allocate the zoning for Thai peafowl conservation area in Wiang Lo Wildlife Sanctuary, Phayao. The survey and collected context data of the area were conducted. The physical factors were comprised of the location/traces of the peafowl, elevation, slope, streamline, water and food resources, natural trail, agricultural area, building zone, and village. Logistic Regression Analysis was processed in order to determine the factor affecting the peafowl's existence. The suitable factor for the peafowl was evaluated by using Simple Additive Weighting (SAW), and the overall accuracy was 91.43 percentage. Eventually, the appropriate data was raised to discuss with the community for determining the conservation area and placing a sign in the area.

**Keywords:** Thai peafowl, Zoning, Wiang Lo Wildlife Sanctuary, GIS, Logistic regression

## บทนำ

จากข้อสั่งการของการประชุมคณะรัฐมนตรี (ครม.สัญจร) ณ จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2561 ด้านการขับเคลื่อนนโยบายเชิงพื้นที่และด้านการท่องเที่ยวให้ดำเนินงานเร่งด่วนในเรื่องเส้นทางการท่องเที่ยวเชื่อมโยงอารยธรรมล้านนา ล้านช้าง (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2561) โดยให้มีการอนุรักษ์นกยูงไทยแล้วพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อันจะเป็นจุดเด่น อัตลักษณ์หนึ่งสำคัญของพื้นที่ที่เป็นความงามทางธรรมชาติและสัมพันธ์กับวัฒนธรรมท้องถิ่นกับประเทศเพื่อนบ้าน จังหวัดพะเยา ถือเป็นดินแดนที่มีจุดเด่นทางธรรมชาติสูง หนึ่งในทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพนั้นคือ “นกยูงไทย” หรือนกยูงเขียว (Green peafowl) ซึ่งมีการกระจายพันธุ์อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ จังหวัดพะเยา ในขณะที่สถานะตามกฎหมาย เป็นสัตว์ป่าที่จัดอยู่ในบัญชีสัตว์ป่าคุ้มครองตามกฎหมายสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่าของไทย และ IUCN จัดอยู่ในบัญชี Red-List สัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (Endangered species) และจัดเป็นสัตว์ป่าในบัญชี 2 (Appendix II) แห่งไซเตส (CITES) ซึ่งในนานาประเทศนกยูงไทยพบวาลดน้อยลงจนมาก เช่น ประเทศจีนเหลืออยู่ไม่เกิน 500 ตัว ประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซียได้สูญพันธุ์ไปแล้ว แต่กลับปรากฏว่า ในพื้นที่ล้านนาตะวันออกมีนกยูงไทยแพร่กระจายพันธุ์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะที่จังหวัดพะเยา ซึ่งผู้เชี่ยวชาญระดับสากลได้ระบุว่า พื้นที่ผืนป่าเหล่านี้ถือเป็น The last stronghold of green peafowl in the world หรือ สถานที่มั่นสุดท้ายของเหล่านกยูงสีเขียวในโลกที่มีอาณาเขตติดต่อกันเป็นดินแดนกว้างใหญ่ (มหาวิทยาลัยพะเยา, 2563) อีกทั้งมีความสัมพันธ์กับชุมชนทั้งด้านบวกและลบ ซึ่งพบว่า นกยูงไทยได้ลงมารบกวนพื้นที่เกษตรกรรมของประชาชน ก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างคนกับสัตว์ป่า เป็นวิกฤตการณ์ที่จำเป็นต้องหาแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาให้ “คนอยู่ได้ นกยูงอยู่ได้” การอนุรักษ์สัตว์ป่าอย่างบูรณาการ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเป็นพื้นที่อยู่อาศัยของนกยูงไทย
2. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และจัดทำขอบเขตพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทย

## แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัยเพื่อพัฒนาจัดการพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทยในถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอในครั้งนี้ได้ศึกษานิยาม และความหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) การตรวจสอบความถูกต้อง (Overall accuracy) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการประยุกต์ใช้งานทางด้านภูมิสารสนเทศทั้งในและนอกประเทศ และปัจจัยหรือเหตุผลในการพิจารณาเลือกปัจจัยในการวิเคราะห์ โดยรายละเอียดดังนี้

### การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple additive weighting)

การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple additive weighting: SAW) เป็นการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายคุณลักษณะ มีวิธีการที่ไม่ซับซ้อนในการวิเคราะห์การตัดสินใจพิจารณาแบบหลายกฎเกณฑ์ โดยใช้แนวคิดการรวมค่าน้ำหนักเชิงเส้นตรง ในการให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย และจะถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกันตามความสำคัญ ซึ่งวิธีการให้ค่าน้ำหนักอย่างง่ายถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญในการให้ค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยเพื่อช่วยในการตัดสินใจ

### การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic regression analysis) เป็นการวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจโดยอาศัยสมการโลจิสติกที่สร้างขึ้นจากชุดตัวแปรทำนาย ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ทวิ (Binary logistic) และการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์พหุกลุ่ม (Multinomial logistic) โดยทั่วไปแล้ว จะแบ่งเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ ซึ่งอาจมีตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณและ ตัวแปรเชิงกลุ่ม ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย มีรูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้ (นิตี เี่ยมชื่น, และคณะ, 2563)

$$\log\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} \dots \beta_n X_{n,i} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

|     |         |                                     |
|-----|---------|-------------------------------------|
| โดย | $P_i$   | = ค่าความน่าจะเป็นของกริดที่พิจารณา |
|     | $i$     | = พื้นที่ที่ทำการศึกษา              |
|     | $x$     | = ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง   |
|     | $\beta$ | = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ           |

การตรวจสอบความถูกต้อง (Overall accuracy)

เมื่อได้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แล้ว การนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้ จำเป็นต้องทราบความถูกต้องที่เชื่อถือของข้อมูล โดยปกติมักจะประเมินความถูกต้องด้วยการวิเคราะห์เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error matrix) ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด

| Classified data | Reference data |          |          |          | Row total |
|-----------------|----------------|----------|----------|----------|-----------|
|                 | 1              | 2        | 3        | K        |           |
| 1               | $n_{11}$       | $n_{12}$ | $n_{13}$ | $n_{1k}$ | $n_{k+}$  |
| 2               | $n_{21}$       | $n_{22}$ | $n_{23}$ | $n_{2k}$ | $n_{k+}$  |
| 3               | $n_{31}$       | $n_{32}$ | $n_{33}$ | $n_{3k}$ | $n_{k+}$  |
| K               | $n_{k1}$       | $n_{k2}$ | $n_{k3}$ | $n_{kk}$ | $n_{k+}$  |
| Colum total     | $n_{+1}$       | $n_{+2}$ | $n_{+3}$ | $n_{+k}$ | n         |

ที่มา: (Congalton, 2001)

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องทั้งหมด คำนวณจากผลรวมทั้งหมดของจำนวนจุดภาพที่ได้ และหารด้วยจำนวนทั้งหมด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการแพร่กระจาย ลักษณะทางชีววิทยาพฤติกรรม และถิ่นที่อยู่อาศัยของประชากรนกยูง พบว่ามีงานวิจัยที่มีพื้นที่ศึกษาอยู่ในประเทศไทย และอยู่ในภาคเหนือทั้งหมด 7 งานวิจัยประกอบไปด้วย จังหวัดพะเยา 3 งานวิจัย จังหวัดอุทัยธานี 3 งานวิจัย และจังหวัดเชียงใหม่ 1 งานวิจัย และงานวิจัยในต่างประเทศ 2 งานวิจัยประกอบไปด้วย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศเวียดนาม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและปัจจัยที่มีการใช้ในการศึกษาออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ปัจจัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยของนกยูง

| บทความเกี่ยวกับนกยูง     | ความสูงต้นไม้ (ม.) | หญ้า | พุ่มไม้ | อุณหภูมิ (°C) | ระยะห่างน้ำ (กม.) | แหล่งโป่ง | ป่าไม้ | ความสูงเชิงเลข (ม.) | ทิศทางความลาด | ความลาดชัน | ทางน้ำ (ม.) | ชุมชน (กม.) |
|--------------------------|--------------------|------|---------|---------------|-------------------|-----------|--------|---------------------|---------------|------------|-------------|-------------|
| สิริรักษ์ (2544)         |                    | X    |         |               |                   |           |        | 100-900             |               |            |             |             |
| กาญจน์ (2554)            |                    |      |         |               | 0-2.8             |           |        | 400-600             |               | 0-10 %     | 0-900       | 0.25-5      |
| Saridnirun et al. (2016) |                    |      |         |               | 0-1               |           |        |                     |               |            | 100-300     | 1-2         |
| Pongsak (1988)           | > 20               |      |         |               |                   | X         |        |                     |               |            | < 1,000     | X           |
| ธัญวรัตน์ (2552)         |                    |      |         |               |                   |           | X      |                     |               |            | X           | X           |
| Thunhikorn (2018)        |                    |      |         |               |                   |           |        | X                   | X             | X          |             |             |
| Hemowo et al. (2018)     | X                  |      | X       | X             |                   |           | X      |                     |               |            | X           |             |
| รวม                      | 2                  | 1    | 1       | 2             | 2                 | 1         | 2      | 4                   | 1             | 2          | 7           | 6           |

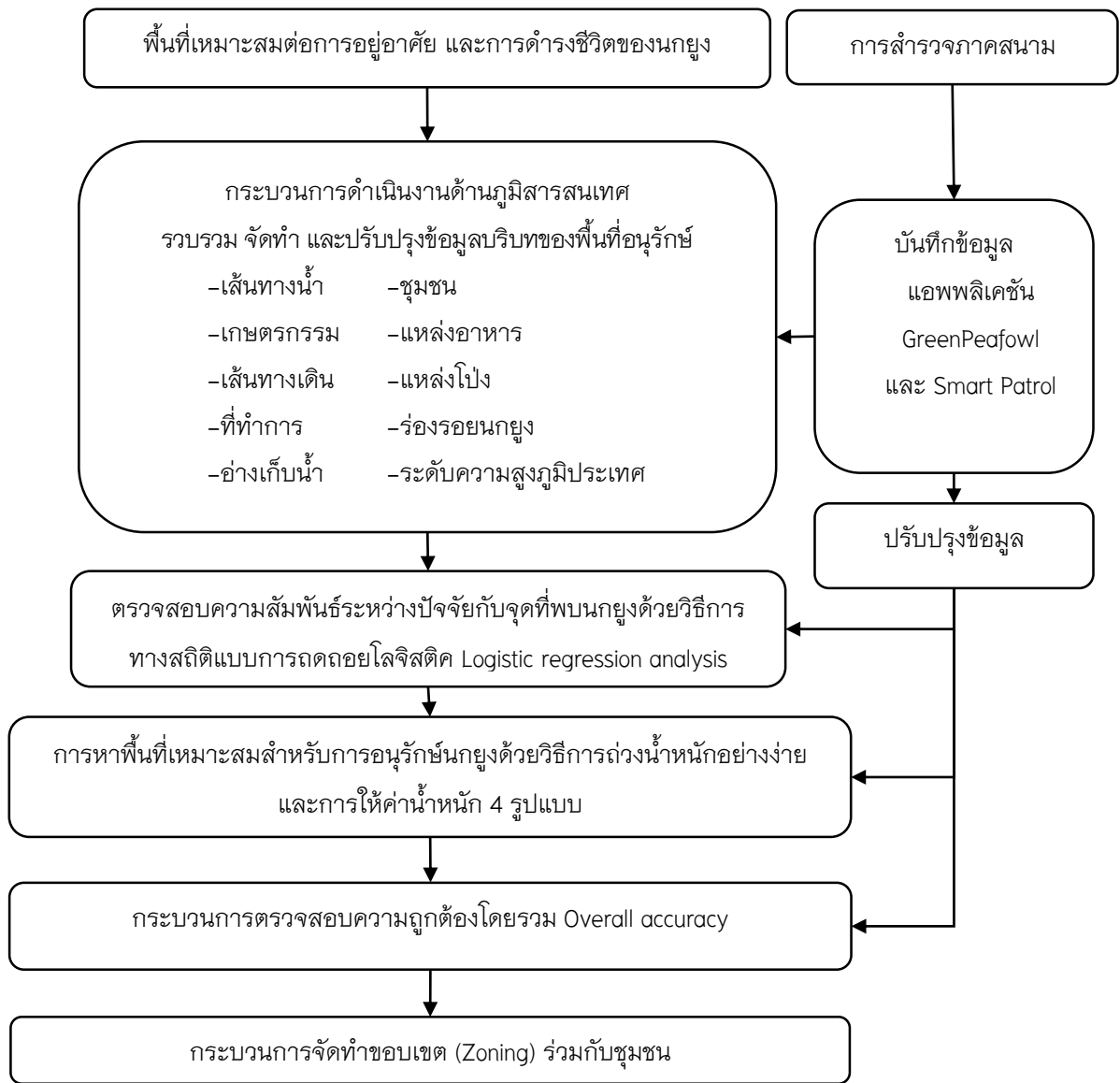
หมายเหตุ : หมายถึง x ระบุว่าใช้ปัจจัย แต่ไม่ได้ระบุเชิงปริมาณ (ตัวเลข) และเหตุผลในการพิจารณาเลือกปัจจัยในการวิเคราะห์

การเลือกปัจจัยในการศึกษาในครั้งนี้ ได้มาจากการศึกษาบทความวิจัย 9 บทความ ดังตารางที่ 2 ที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ จะเห็นได้ว่าในแต่ละปัจจัยจะมีความถี่ของการใช้ปัจจัยในการศึกษา ทางที่ผู้วิจัยจึงเลือกปัจจัยจากความถี่ที่มีมากกว่า 1 ครั้งในการนำมาใช้จากทั้ง 9 บทความ พบว่ามีทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงของต้นไม้ อุณหภูมิ อ่างเก็บน้ำ ป่าไม้ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางน้ำ และชุมชน แต่เนื่องด้วยปัจจัยความสูงของต้นไม้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ในภาพรวม (ไม่ได้สำรวจทั้งพื้นที่ศึกษา) ส่วนปัจจัยด้านป่าไม้ไม่ควรนำมาวิเคราะห์เนื่องจากพื้นที่อนุรักษ์ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ทั้งหมด และปัจจัยด้านอุณหภูมิมิข้อมูลไม่เพียงพอ ที่ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคัดออกให้เหลือเพียง 5 ปัจจัย ประกอบไปด้วย ชั้นข้อมูลอ่างเก็บน้ำ ระดับความสูงเชิงเลข ความลาดชัน เส้นทางน้ำ และชุมชน

## วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานสำหรับการสำรวจวิจัยเพื่อพัฒนาจัดการพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทยในถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลก่อนนำข้อมูลมาใช้ในการบวกรวบรวมการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยโลจิสติกเพื่อคัดกรองปัจจัยที่จะนำมาใช้ และแยกค่าของเซลล์การกระจายตัวของแต่ละปัจจัย เพื่อจึงนำไปสู่ขั้นตอนการตัดสินใจพิจารณาแบบหลายกฎเกณฑ์ ด้วยการถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย และใช้วิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลด้วยการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือทางวิชาการ และนำผลลัพธ์ไปให้ชุมชนเพื่อคัดกรองพื้นที่ในการจัดทำช่วงอนุรักษ์นกยูงต่อไป

ภาพรวมของขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจวิจัยเพื่อพัฒนาจัดการพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทยในถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาตินั้นจะมีขั้นตอนหลัก ประกอบไปด้วย กระบวนการดำเนินงานด้านภูมิสารสนเทศ คือการรวบรวมและจัดข้อมูลบริบทของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างจุดที่พบนกยูงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องและคัดกรองแต่ละปัจจัยก่อนนำไปวิเคราะห์ผลลัพธ์แบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่ายเพื่อหาพื้นที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของนกยูง ภายหลังจากผลลัพธ์มาตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม โดยทุกขั้นตอนข้างต้นได้นำข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามที่ผ่านการปรับปรุงข้อมูลมาพิจารณาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ (รูปที่ 1) ก่อนขั้นตอนสุดท้ายจะนำข้อมูลเชิงวิชาการจากกระบวนการทางภูมิสารสนเทศผลิตเป็นแผนที่ไปใช้ในการวางแผนร่วมกับชุมชนในการกำหนด เขตพื้นที่อนุรักษ์นกยูง (ช่วง) ก่อนนำเทคนิควิธีและผลลัพธ์ไปถ่ายทอด (ข้อมูลป้อนกลับ) สู่เจ้าหน้าที่ป่าไม้ คณะกรรมการชุมชนและผู้สนใจต่อไป



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

## การเตรียมข้อมูล

ในขั้นการเตรียมความพร้อมของข้อมูล ทีมผู้วิจัยได้รวบรวม ตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล (Data scrubbing) เพื่อแยกการข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออกจากชุดข้อมูลที่ใช้งาน เช่น พบนกยูงที่ระดับความสูงเกินกว่าระดับความสูงในพื้นที่หรือพิกัดที่พบตกอยู่ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ (เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวนค่าพิกัดผิดพลาด) รวมไปถึงปรับรูปแบบของข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกันทั้งหมด และการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดระบบเส้นโครงแผนที่ (Map projection) ให้กับทุกชั้นข้อมูลเป็นระบบ World geodetic system : WGS 1984 Zone 47 ซึ่งจะมีปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ปัจจัย ที่ได้จากการทบทวนเอกสาร 5 ปัจจัยและจากการสำรวจภาคสนามโดยเจ้าหน้าที่ป่าไม้ในพื้นที่ผ่านแอปพลิเคชัน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ความลาดเท (Slope) ความสูงเชิงเลข (Dem) อ่างเก็บน้ำ (Water) ระยะห่างจากหมู่บ้าน (Village) ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (Stream) 2) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) เส้นทางสำรวจธรรมชาติ (Line transect) ระยะห่างจากที่ทำการ (Office) กับตำแหน่งที่พบนกยูงและร่องรอยของนกยูง ตามลำดับ จากนั้นนำปัจจัยทั้งหมดมาสร้างระยะห่างจากแนวเขตของพื้นที่อนุรักษ์ออกไป 5 กิโลเมตรโดยกำหนดขนาดจุดภาพ เท่ากับ 40 เมตรทุกปัจจัย

## การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับจุดตำแหน่งที่พบนกยูงและร่องรอยต่าง ๆ ของนกยูง โดยการวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัย โดยข้อมูลตำแหน่งจะทำการสร้างระยะห่างจากตำแหน่ง 4 ระยะ ประกอบไปด้วย ระยะห่างจากตำแหน่ง 40 เมตร 100 เมตร 500 เมตร และ 1,000 เมตร เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย กับแต่ละช่วงระยะห่างที่กำหนด โดยมีวิธีการวิเคราะห์คือ ทำการสุ่มจุด และดึงค่าระยะห่างจากไฟล์ข้อมูลระยะห่าง ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ของแต่ละปัจจัย โดยใช้โปรแกรมแปลง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้สมการที่ 1

## การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Simple additive weighting)

การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย เป็นการให้ค่าถ่วงค่าน้ำหนักค่าคะแนน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสม โดยการให้ค่าคะแนนได้มาจากการแบ่งช่วงของกราฟจากการ Reclassify และให้คะแนนช่วงที่มีการพบของแต่ละปัจจัย โดยให้ช่วงที่มีการพบจำนวนมากที่สุด คือ 5 รองลงมา คือ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยปัจจัยที่จะนำเข้ามาวิเคราะห์ผ่านการคัดกรองจากขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการถดถอยโลจิสติกซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับวิเคราะห์การตัดสินใจพิจารณาแบบหลายกฎเกณฑ์ โดยใช้หลักการการให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สมการที่ 1

## การตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy)

กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องจากการวิเคราะห์เป็นกระบวนการที่นำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์มาตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้การวิเคราะห์ (Error matrix) เพื่อหาความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องจากทั้งสองชุดข้อมูล (ข้อมูลอ้างอิง และจุดตรวจสอบ) ว่ามีความสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด วิธีการ คือ นำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ทั้ง 4 ระยะ มาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลตำแหน่งที่พบนกยูงและร่องรอยที่ได้จากการสำรวจ โดยจะนำผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 แบบมาแบ่งช่วงความเหมาะสมออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด จากนั้นจะนำจุดตำแหน่งที่พบนกยูงและร่องรอย มาซ้อนทับเพื่อดึงค่าความเหมาะสม มาคำนวณร้อยละความถูกต้อง โดยการคำนวณความถูกต้องจะคิดเพียงช่วงความเหมาะสมปานกลาง มาก มากที่สุด เท่านั้น และนำไปตรวจสอบแล้วพบว่าความถูกต้องโดยใช้สมการที่ 1

## กระบวนการจัดทำขอบเขต (Zoning) ร่วมกับชุมชนและการถ่ายทอดข้อมูลป้อนกลับ

การจัดทำขอบเขต (Zoning) คือ การคัดเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดทำขอบเขต โดยทีมผู้วิจัยได้ติดต่อพบปะและพูดคุยกับกลุ่มแกนนำช่วงนกกุง 6, 9 ชุมชนต้นแบบอนุรักษ์นกกุงไทย ตำบลห้วยข้าวเก่า อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ซึ่งเป็นชุมชนที่มีการจัดการแหล่งท่องเที่ยวและเฝ้าดูนกกุงอยู่แล้ว นอกจากนี้ช่วง 6, 9 ยังเป็นพื้นที่ที่มีรอยต่อกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลออีกด้วย ในการพบปะพูดคุยกับแกนนำ ทีมผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ของพื้นที่ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่ายให้เป็นข้อมูลแก่แกนนำเพื่อประกอบการตัดสินใจระบุตำแหน่งพื้นที่ Zoning จากข้อมูลที่มีหลังจากนั้นจะร่วมกันออกแบบป้ายพร้อมด้วยข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ เช่นแหล่งอาหาร เส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติของชุมชน เป็นต้น

ในขณะที่การถ่ายทอดข้อมูลป้อนกลับ จะเป็นการอธิบายเชิงวิชาการถึงที่มาของการเลือกพื้นที่ในกระบวนการทางภูมิสารสนเทศและเทคนิควิธีการได้มาของข้อมูล การวิเคราะห์จนได้มาซึ่งเขตพื้นที่ในแผนที่ ก่อนเข้าสู่กระบวนการชุมชนเพื่อคัดเลือก (กรองพื้นที่ที่ชุมชนเห็นว่ามีความเหมาะสม) ซึ่งนำไปถ่ายทอดทั้งฝั่งชุมชน (ชาวบ้าน คณะกรรมการชุมชน และรวมไปถึงเจ้าหน้าที่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ) เพื่อเป็นการส่งต่อองค์ความรู้ในการบริหารจัดการพื้นที่เชิงวิชาการในการอนุรักษ์นกกุงไทยร่วมกันในรูปแบบประชารัฐและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ ต่อไปอย่างยั่งยืน

## ผลการศึกษา

จากวัตถุประสงค์การจัดทำขอบเขต (Zoning) เพื่อปกป้องทรัพยากรฯ นกกุง : ช่วงนกกุงกับรอยต่อพื้นที่ชุมชนและป่าอนุรักษ์ (Buffer zone) และการจัดการพื้นที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติในพื้นที่ โดยการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการอยู่อาศัยของนกกุง เพื่อพยากรณ์แหล่งที่อยู่อาศัยของนกกุง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอสามารถแบ่งผลการศึกษาหลักออกเป็น 5 หัวข้อได้แก่ **ส่วนแรก** ประกอบไปด้วยลักษณะ บริบททั่วไปของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ **ส่วนที่สอง** ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกกุงในรูปแบบสถิติเชิงพื้นที่ (Geostatistics) เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยที่ทำการคัดเลือกมานั้นสัมพันธ์ต่อการพบนกกุง **ส่วนที่สาม** คือ การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสม (Site suitability analysis) ของที่อยู่อาศัยของนกกุง **ส่วนที่สี่** คือ การนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทวนสอบความถูกต้อง (Validation) เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มามีความน่าเชื่อถือ **ส่วนที่ห้า** คือ การจัดทำขอบเขต (Zoning) เพื่อจัดทำพื้นที่อนุรักษ์นกกุงในพื้นที่เวียงลอ (ช่วง 6, 9) และถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและหน่วยงานภาครัฐในการบริหารจัดการร่วมกันเพื่อ คนป่าและนกกุงสามารถอยู่ร่วมกันได้

### บริบททั่วไปของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ ตั้งอยู่ทางตอนกลางของจังหวัดพะเยา มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ อำเภอเชียงคำ อำเภอจุน อำเภอปง และอำเภอดอกคำใต้ มีพื้นที่ทั้งหมด 236,738 ไร่ หรือ 379 ตารางกิโลเมตร มีระยะทางจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออกโดยประมาณ 15 กิโลเมตร และมีระยะทางจากทิศเหนือไปยังทิศใต้โดยประมาณ 25 กิโลเมตร มีหมู่บ้านที่อยู่รอบ ๆ มีทั้งหมด 202 หมู่บ้าน มีลำห้วยทั้งหมด 2,417 สาย ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงสลับเนินเขาเป็นลูกกระนาบตลอดพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่อยู่ในช่วงประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์ มีระดับความสูงอยู่ระหว่าง 354-1,146 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง (Mean sea level: MSL) ประกอบด้วยป่า 2 ชนิด คือ ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีอ่างเก็บน้ำทั้งหมด 23 อ่าง และแบ่งลักษณะอากาศออกเป็น 3 ฤดู ในแต่ละฤดูจะมีอุณหภูมิ ดังนี้ ฤดูร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 28 องศาเซลเซียส ฤดูฝน มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส และฤดูหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 21 องศาเซลเซียส

### ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกยูง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกยูง เป็นการคัดกรองและตรวจสอบปัจจัยที่ได้ทำการคัดเลือกจากการทบทวนงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าปัจจัยที่ได้เลือกมานั้นเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับพื้นที่ศึกษา โดยหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกและพื้นที่ใต้โค้งที่หาได้จาก (Receiver operating characteristic curve: ROC) โดยค่า ROC เป็นค่าที่บ่งบอกความถูกต้องในการพยากรณ์ของข้อมูลในพื้นที่ใต้โค้ง จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 โดยที่หากค่าเข้าใกล้ 0 คือ ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือต่ำ แต่หากค่าเข้าใกล้ 1 คือ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือสูง ขณะที่ค่าของแต่ละปัจจัยกับระยะทางจะมีค่าบวก (แปรผันตรง) และค่าลบ (แปรผกผัน) เช่น ความลาดชัน ค่าเป็นลบหมายถึงยิ่งความลาดชันมีค่ามาก (พื้นที่ชันมาก) จะพบนกยูงน้อยลง เป็นต้น พบว่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้าน ความลาด ความสูงเชิงเลข เส้นทางน้ำ แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับระยะทางการพบนกยูงในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

| ปัจจัย               | ตำแหน่งนกยูงกับระยะกันชน (Buffer) |        |       |         |
|----------------------|-----------------------------------|--------|-------|---------|
|                      | 40 m                              | 100 m  | 500 m | 1,000 m |
| ความลาด              | -.004                             | -.007  | -.015 | -.031   |
| ความสูงเชิงเลข       | .000                              | .000   | .000  | .001    |
| อ่างเก็บน้ำ          | .000                              | .000   | .000  | .000    |
| พื้นที่เกษตรกรรม     | .000                              | .000   | .000  | .000    |
| เส้นทางลำน้ำธรรมชาติ | .000                              | .000   | .000  | .000    |
| ขอบเขตที่ทำการอุทยาน | .000                              | .000   | .000  | .000    |
| หมู่บ้าน             | .000                              | .000   | .000  | .000    |
| เส้นทางน้ำ           | .000                              | .000   | .000  | -.001   |
| ค่าคงที่ (Constant)  | -4.289                            | -3.180 | -.421 | 1.421   |
| ROC                  | .720                              | .703   | .685  | .755    |

### การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยของนกยูง

จากการนำปัจจัยมาซ้อนทับกับตำแหน่งของจุดที่พบนกยูงจะทำให้ทราบว่า ณ ปัจจัยต่าง ๆ นกยูงมีการกระจายไปในลักษณะใดบ้าง และจะพบว่าสามารถแบ่งช่วงของปัจจัยให้เหมาะสมได้ตามตารางที่ 4 จะทราบความถี่ในแต่ละช่วงของการแบ่งในแต่ละปัจจัย เพื่อกำหนดค่าคะแนนตามความถี่ที่แตกต่างกันออกไป

ภายหลังได้ช่วงการแบ่งค่าคะแนนของปัจจัย จากการเปรียบเทียบและพิจารณาจากตารางข้างต้น จะทำให้ได้ค่าช่วงหรือค่าคะแนนของแต่ละช่วงของปัจจัยที่สัมพันธ์กับความถี่แล้วจะนำปัจจัยมาทำการหาค่าน้ำหนักเปรียบเทียบต่อไป โดยในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยของนกยูง จะแบ่งการให้ค่าน้ำหนักออกเป็น 4 แบบได้แก่

แบบที่ 1) ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพทั้ง 6 ปัจจัยที่มีข้อมูลครบทุกพื้นที่

แบบที่ 2) ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย เช่นเดียวกันกับแบบที่ 1 แต่เพิ่มปัจจัยแต่ละพื้นที่เข้ามา โดยพื้นที่ไหนมีข้อมูลมากใช้มาก พื้นที่ไหนมีน้อยใช้น้อย

แบบที่ 3) เป็นการให้ค่าน้ำหนักตามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกยูง ซึ่งการให้จะดูจากปัจจัยในช่วงระยะรัศมี 40 เมตร 100 เมตร 500 เมตร และ 1,000 เมตร โดยปัจจัยตัวใดสัมพันธ์กับช่วงรัศมีทั้งหมด 4 ช่วง จะให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 5 หากปัจจัยสัมพันธ์กับช่วงรัศมี เพียง 3 ช่วง การให้ค่าน้ำหนักก็จะลดลงมาเป็น 4 ปัจจัยสัมพันธ์กับช่วงรัศมี เพียง 2 ช่วง ค่าน้ำหนักก็จะให้เป็น 3 ปัจจัยสัมพันธ์กับช่วงรัศมี เพียง 1 ช่วง ค่าน้ำหนักก็จะให้เป็น

2 และหากปัจจัยสัมพันธ์กับช่วงรัศมี เพียง 0 ช่วง คำน้่านักก็จะให้เป็น 1 ซึ่งในการดูความสัมพันธ์จะพิจารณาจากจุด ทศนิยม 3 ตำแหน่งเท่านั้น

แบบที่ 4) เป็นการให้ค่าน้ำหนักตามปัจจัยที่ได้จากการทบทวนบทความวิจัยทั้ง 9 งาน จะคล้ายกับแบบที่ 3 โดยพิจารณาจากปัจจัยตัวใดที่มีการนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับนกยูง หากมีการใช้มากจะให้ค่าน้ำหนักมาก ถ้าปัจจัย ถูกนำมาใช้ในการศึกษาน้อย การให้ค่าน้ำหนักก็จะลดลงมา โดยปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ 7 งานขึ้นไป จะให้ค่าน้ำหนัก เท่ากับ 5 หากถูกนำมาใช้ 5-6 งาน จะให้ค่าน้ำหนัก 4 ถูกนำมาใช้ 3-4 จะให้ค่าน้ำหนัก 3 ถูกนำมาใช้ 2 จะให้ค่าน้ำหนัก 2 และหากถูกนำมาใช้ 1 จะให้ค่าน้ำหนัก 1 ซึ่งจะแสดงการให้คะแนนทั้ง 4 ระยะ ดังตารางที่ 5 รูปที่ 2

**ตารางที่ 4** ช่วงการพบนกยูงในแต่ละปัจจัยและจำนวนร้อยละ

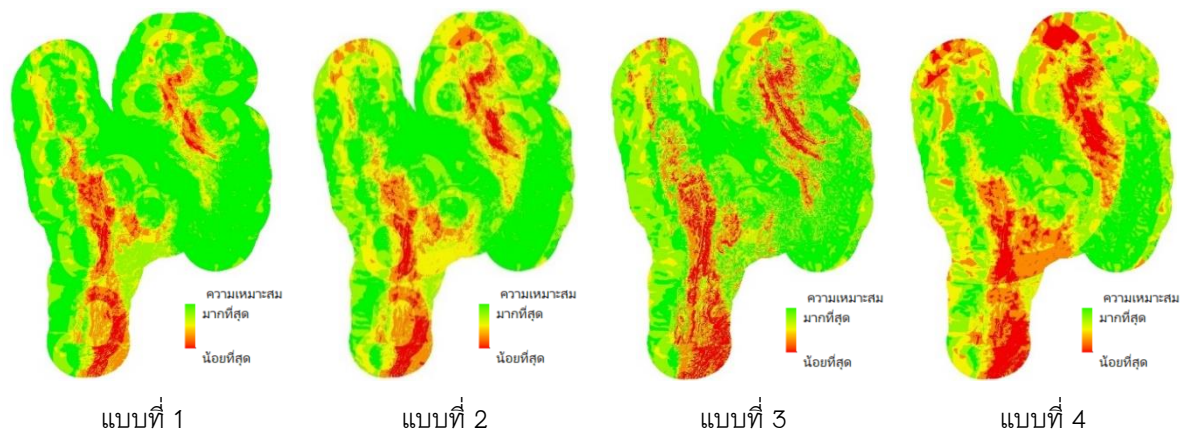
| ความลาด              |                  |            |            | ความสูงเชิงเลข       |                  |            |            | อ่างเก็บน้ำ |                  |            |            | พื้นที่เกษตรกรรม |                  |            |            |
|----------------------|------------------|------------|------------|----------------------|------------------|------------|------------|-------------|------------------|------------|------------|------------------|------------------|------------|------------|
| ช่วง                 | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง                 | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง        | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง             | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก |
|                      | N                | %          |            |                      | N                | %          |            |             | N                | %          |            |                  | N                | %          |            |
| 0-10                 | 40               | 19         | 4          | 0-200                | -                | 1          | 1          | 0-1,000     | 33               | 15         | 4          | 0-500            | 129              | 61         | 5          |
| 10-20                | 80               | 38         | 5          | 200-400              | 9                | 4          | 4          | 1,000-2,000 | 47               | 22         | 3          | 500-1,000        | 33               | 15         | 4          |
| 20-30                | 44               | 21         | 3          | 400-600              | 164              | 77         | 5          | 2,000-3,000 | 48               | 23         | 1          | 1,000-1,500      | 21               | 10         | 4          |
| 30-40                | 34               | 16         | 2          | 600-800              | 35               | 16         | 3          | 3,000-4,000 | 57               | 27         | 2          | 1,500-2,000      | 13               | 6          | 3          |
| > 40                 | 15               | 7          | 1          | > 800                | 5                | 2          | 2          | > 4,000     | 28               | 13         | 5          | > 2,000          | 17               | 8          | 2          |
| <b>รวม</b>           | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>           | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>  | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>       | <b>213</b>       | <b>100</b> |            |
| เส้นทางสำรวจธรรมชาติ |                  |            |            | ขอบเขตที่ทำการอุทยาน |                  |            |            | หมู่บ้าน    |                  |            |            | เส้นทางน้ำ       |                  |            |            |
| ช่วง                 | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง                 | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง        | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก | ช่วง             | นกยูง+<br>ร้อยละ |            | ค่าน้ำหนัก |
|                      | N                | %          |            |                      | N                | %          |            |             | N                | %          |            |                  | N                | %          |            |
| 0-5,000              | 117              | 55         | 5          | 0-1,0000             | 129              | 61         | 5          | 0-1,000     | 43               | 20         | 3          | 0-200            | 134              | 63         | 5          |
| 5,000-10,000         | 23               | 11         | 3          | 1,0000-20000         | 65               | 31         | 4          | 1,000-2000  | 87               | 41         | 5          | 200-400          | 56               | 26         | 4          |
| 1,0000-15000         | 36               | 17         | 2          | 20000-30000          | 19               | 9          | 2          | 2000-3000   | 39               | 18         | 4          | 400-600          | 12               | 6          | 3          |
| 15000-20000          | 16               | 8          | 1          | 30000-40000          | -                | -          | 3          | 3000-4000   | 29               | 14         | 3          | 600-800          | 6                | 3          | 2          |
| > 20000              | 21               | 10         | 4          | > 40000              | -                | -          | 1          | > 4000      | 15               | 7          | 2          | > 800            | 5                | 2          | 1          |
| <b>รวม</b>           | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>           | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>  | <b>213</b>       | <b>100</b> |            | <b>รวม</b>       | <b>213</b>       | <b>100</b> |            |

หมายเหตุ : N คือ จำนวน, % คือ ร้อยละ

ตารางที่ 5 ปัจจัยและรูปแบบการให้ค่าน้ำหนักที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยนถุยงในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

| ปัจจัย               | ช่วง          | คะแนน | แบบที่ 1  | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | แบบที่ 4 |
|----------------------|---------------|-------|-----------|----------|----------|----------|
| ความลาด              | 0-10          | 4     |           |          |          |          |
|                      | 10-20         | 5     |           |          |          |          |
|                      | 20-30         | 3     | 1         | 1        | 5        | 2        |
|                      | 30-40         | 2     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 40    | 1     |           |          |          |          |
| ความสูงเชิงเลข       | 0-200         | 1     |           |          |          |          |
|                      | 200-400       | 4     |           |          |          |          |
|                      | 400-600       | 5     | 1         | 1        | 2        | 3        |
|                      | 600-800       | 3     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 800   | 2     |           |          |          |          |
| อ่างเก็บน้ำ          | 0-1,000       | 4     |           |          |          |          |
|                      | 1,000-2000    | 3     |           |          |          |          |
|                      | 2000-3000     | 1     | 1         | 1        | 1        | 2        |
|                      | 3000-4000     | 2     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 4000  | 5     |           |          |          |          |
| พื้นที่เกษตรกรรม     | 0-500         | 5     |           |          |          |          |
|                      | 500-1,000     | 4     |           |          |          |          |
|                      | 1,000-1500    | 4     | 1         | 1        | 1        | 4        |
|                      | 1500-2000     | 3     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 2000  | 2     |           |          |          |          |
| เส้นทางสำรวจธรรมชาติ | 0-5000        | 5     |           |          |          |          |
|                      | 5000-1,0000   | 3     |           |          |          |          |
|                      | 1,0000-15000  | 2     | ไม่ได้ใช้ | 1        | 1        | 5        |
|                      | 15000-20000   | 1     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 20000 | 4     |           |          |          |          |
| ขอบเขตที่ทำการอุทยาน | 0-1,0000      | 5     |           |          |          |          |
|                      | 1,0000-20000  | 4     |           |          |          |          |
|                      | 20000-30000   | 2     | ไม่ได้ใช้ | 1        | 1        | 5        |
|                      | 30000-40000   | 3     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 40000 | 1     |           |          |          |          |
| หมู่บ้าน             | 0-1,000       | 3     |           |          |          |          |
|                      | 1,000-2000    | 5     |           |          |          |          |
|                      | 2000-3000     | 4     | 1         | 1        | 1        | 4        |
|                      | 3000-4000     | 3     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 4000  | 2     |           |          |          |          |
| เส้นทางน้ำ           | 0-200         | 5     |           |          |          |          |
|                      | 200-400       | 4     |           |          |          |          |
|                      | 400-600       | 3     | 1         | 1        | 2        | 5        |
|                      | 600-800       | 2     |           |          |          |          |
|                      | มากกว่า 800   | 1     |           |          |          |          |

หมายเหตุ : แบบที่ 1 ใช้ 6 ปัจจัยเท่า ๆ กัน ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย), แบบที่ 2 (ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย), แบบที่ 3 (ให้ค่าน้ำหนักตาม Logistic), แบบที่ 4 (ให้ค่าน้ำหนักตามการทบทวนบทความ)



รูปที่ 2 พื้นที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยนกยูงในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

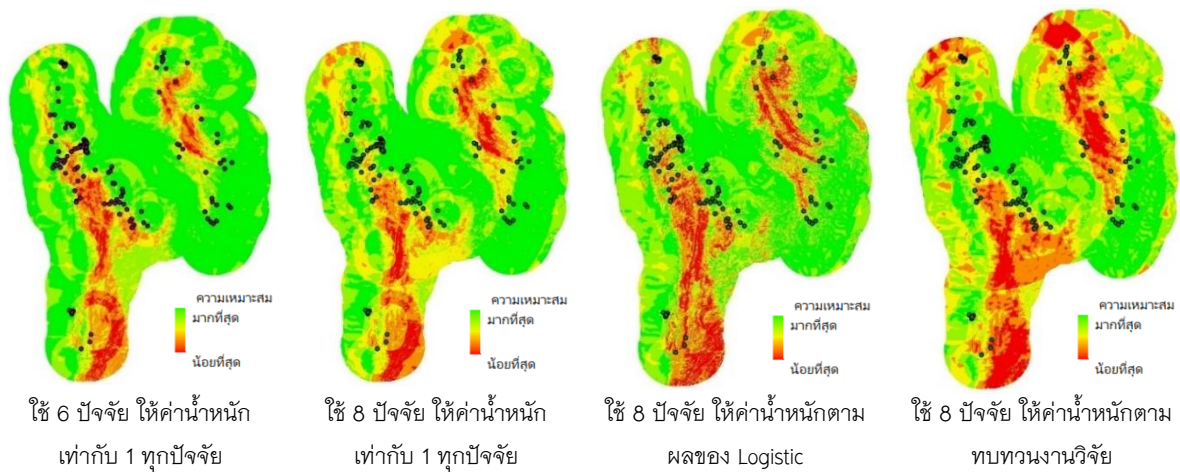
### การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยนกยูง จะทำการตรวจโดยใช้ข้อมูลตำแหน่งที่พบนกยูงและร่องรอยต่าง ๆ ของนกยูงที่ได้จากการสำรวจจาก แอปพลิเคชัน Green Peafowl และ Smart Patrol โดยจำนวนที่ใช้ในการทวนความถูกต้องของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ 213 จุด แล้วนำมาตรวจสอบกับผลการวิเคราะห์ทั้ง 4 ระยะ โดยนำมาพิจารณาเพียงช่วงความเหมาะสมที่มากที่สุด พบว่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ แบบที่ 1 มีร้อยละอยู่ที่ 41.78 แบบที่ 2 มีร้อยละอยู่ที่ 56.34 แบบที่ 3 มีร้อยละอยู่ที่ 38.03 และในแบบที่ 4 มีร้อยละอยู่ที่ 58.69 ดังตารางที่ 6 และรูปที่ 3

ตารางที่ 6 ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย

| แบบถ่วงน้ำหนัก          | Slope | Dem | Water | Agriculture | Village | Stream | line | office | น้อยที่สุด | น้อย | ปานกลาง | มาก  | มากที่สุด | ค่าเฉลี่ย | ผลรวม |
|-------------------------|-------|-----|-------|-------------|---------|--------|------|--------|------------|------|---------|------|-----------|-----------|-------|
| แบบที่ 1                | ใช้   | ใช้ | ใช้   | ใช้         | ใช้     | ใช้    |      |        | 0          | 6.57 | 15.49   | 36.2 | 41.78     | 31.16     | 93.47 |
| แบบที่ 2                | ใช้   | ใช้ | ใช้   | ใช้         | ใช้     | ใช้    | ใช้  | ใช้    | 0          | 5.63 | 20.19   | 17.8 | 56.34     | 31.44     | 94.33 |
| แบบที่ 3                | ใช้   | ใช้ | ใช้   | ใช้         | ใช้     | ใช้    | ใช้  | ใช้    | 0.47       | 9.39 | 29.11   | 23   | 38.03     | 30.05     | 90.14 |
| แบบที่ 4                | ใช้   | ใช้ | ใช้   | ใช้         | ใช้     | ใช้    | ใช้  | ใช้    | 1.88       | 10.3 | 16.9    | 12.2 | 58.69     | 29.26     | 87.79 |
| จุดที่พบนกยูงและร่องรอย |       |     |       |             |         |        |      |        |            |      |         | 213  |           |           |       |

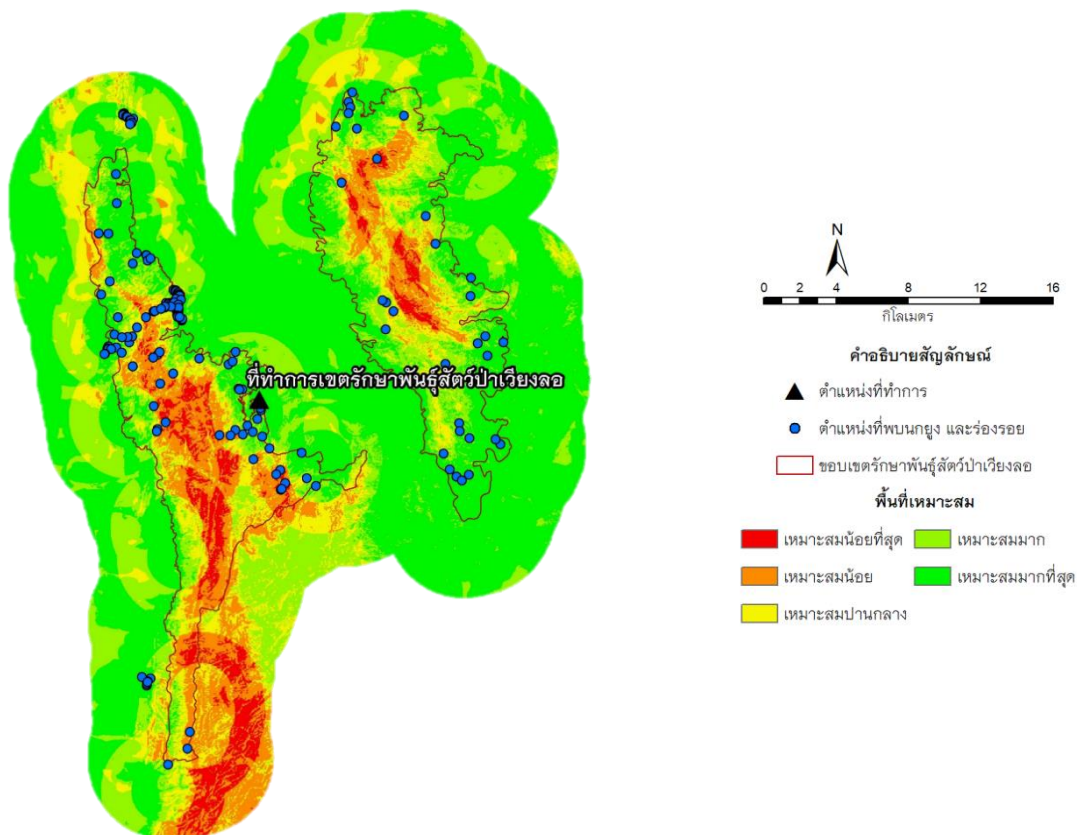
หมายเหตุ : แบบที่ 1 (ใช้ 6 ปัจจัยเท่า ๆ กัน ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย), แบบที่ 2 (ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ทุกปัจจัย), แบบที่ 3 (ให้ค่าน้ำหนักตาม Logistic), แบบที่ 4 (ให้ค่าน้ำหนักตามทบทวนบทความวิจัยทางด้านปัจจัย) ค่าเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมปานกลาง มาก และมากที่สุด ผลรวม คือ ผลรวมของความเหมาะสมปานกลาง มาก และมากที่สุด



รูปที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ

#### กระบวนการจัดทำขอบเขต (Zoning) ร่วมกับชุมชน

การจัดทำขอบเขต (Zoning) เป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่อนุรักษ์นกยูง โดยจะดำเนินการใน 2 พื้นที่ ได้แก่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ (บริเวณช่วง 6,9) จากการวิเคราะห์การรวมแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่ายให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นพื้นที่ที่เหมาะสม โดยแบ่งสีตามความเหมาะสมของพื้นที่ประกอบไปด้วย สีเขียวอ่อน หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด สีเขียวแก่ หมายถึง มีความเหมาะสมมาก สีเหลือง หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง สีส้ม หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย และ สีแดง หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุดดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลลัพธ์ของพื้นที่ที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์

จากนั้นจึงนำข้อมูลจากแผนที่ความเหมาะสมเข้าพบปะพูดคุยกับแกนนำชุมชนเพื่อร่วมกันคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะจัดทำเป็นพื้นที่อนุรักษ์นกยูง (ขอบเขต Zoning) และสะดวกต่อการบริหารจัดการของชุมชนรวมถึงการร่วมกันออกแบบป้ายและข้อมูลที่สำคัญสำหรับติดตั้งในบริเวณ พื้นที่อนุรักษ์นกยูง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเสวนาเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำพื้นที่ปกป้องทรัพยากรนกยูงบริเวณชุมชน



พื้นที่ที่เหมาะสมที่คัดเลือกร่วมกับชุมชน



แบบป้ายพื้นที่อนุรักษ์นกยูง

รูปที่ 6 พื้นที่เหมาะสมจากการคัดเลือกร่วมกับชุมชนให้จัดตั้งเป็นบริเวณช่วนนกยูง และแบบป้ายพื้นที่อนุรักษ์นกยูง

จากกระบวนการจัดทำขอบเขต (Zoning) ได้ข้อสรุปว่าบริเวณช่วง 6,9 ต.ห้วยข้าวกล้า อ.จุน ต้องการติดตั้งป้ายแสดงเพื่อระบุพื้นที่อนุรักษ์นกยูง จำนวน 2 ป้าย ได้แก่บริเวณสามแยกเข้าทางเดินศึกษาธรรมชาติด้านทิศเหนือและบริเวณจุดรวมพลก่อนทางเข้าสู่จุดส่งนกยูง ซึ่งบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ที่พบนกยูงลงมาหาอาหารค่อนข้างบ่อย และจากการสำรวจภาคสนามที่ทีมวิจัยก็ได้พบเห็นเช่นเดียวกัน ท้ายที่สุดเป็นการติดตั้งป้ายพื้นที่อนุรักษ์นกยูงในพื้นที่จริงที่ทีมวิจัย และผู้นำชุมชน ร่วมกันติดตั้งป้าย โดยในพื้นที่ช่วง 6,9 ต.ห้วยข้าวกล้า อ.จุน ติดตั้งจำนวน 2 แผ่นป้าย

#### กระบวนการป้อนคืนข้อมูลสู่ชุมชนและหน่วยงาน

จากกระบวนการทำ Zoning หรือพื้นที่อนุรักษ์ช่วนนกยูงจากข้อมูลเชิงวิชาการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งเทคนิควิธีการทางภูมิสารสนเทศตลอดจนการนำเอาข้อมูลปัจจัยมาใช้เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักค่าคะแนนและการทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ทั้งหมดจะนำมาถ่ายทอดย้อนกลับหรือการป้อนคืนข้อมูลสู่ชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ให้สามารถเข้าใจ และนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความร่วมมือร่วมกันในการอนุรักษ์นกยูงภายใต้หลักคิดเชิงวิชาการและการอยู่ร่วมกันได้ จึงเกิดการอบรมเชิงบูรณาการถ่ายทอดวิชาการองค์ความรู้ขึ้น และร่วมแลกเปลี่ยนในและมีการประเมินการอบรมเพื่อนำมาปรับใช้และสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และมีการปรับปรุงเพื่อให้ผลงานออกมาดียิ่ง ๆ ขึ้นไปในอนาคตเพื่อสร้างความยั่งยืน โดยมีการอบรม (รูปที่ 7) หลังการอบรมมีการแจกแบบสอบถามออนไลน์สำหรับผู้เข้าร่วมอบรมใช้ในการประเมินผล (ภาคผนวก

แบบสอบถามออนไลน์) โดยผลการประเมินมีดังนี้ (รูปที่ 8) กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุระหว่าง 26-60 ปี เป็นเพศชายทั้งหมด มีทั้งเป็นเจ้าของพื้นที่ของภาครัฐและเอกชน อัตราส่วน 9:1 เมื่อสอบถามเรื่อง ความรู้พื้นฐานทาง GIS ก่อนเข้ารับการอบรม พบว่า มากกว่าร้อยละ 50 มีความเข้าใจเป็นอย่างดี ที่เหลือพอมีความเข้าใจบ้าง (ร้อยละ 40) หลังอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในส่วนของ Zoning ภาพรวมก่อนและหลังความรู้มีความรู้ที่เพิ่มขึ้น จากก่อนเข้ารับการอบรม เข้าใจเล็กน้อย และเข้าใจระดับปานกลาง หลังการอบรมเข้าใจดีขึ้น (มาตราส่วนวัดจากค่าน้อยไปมาก จาก ระดับ 2 และระดับ 3 หลังอบรมปรับมาที่ระดับ 4) ในส่วนของความน่าเชื่อถือของกระบวนการการดำเนินงาน และความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ภาพรวม ส่วนมากมีความเชื่อถือในระดับมาก (ระดับที่ 4) และมากที่สุด (ระดับ 5) ส่วนปัจจัยที่นำมาใช้ส่วนใหญ่ให้ความน่าเชื่อถือในระดับมาก โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับความน่าเชื่อถือระดับมากและมากที่สุด และเมื่อสอบถามเป็นรายปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์พื้นที่ Zoning ผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละปัจจัยก็อยู่ในเกณฑ์ความน่าเชื่อถือในระดับมาก



รูปที่ 7 การอบรมเชิงปฏิบัติการ Zoning และการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนและหน่วยงานของรัฐ



รูปที่ 8 สรุปผลข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามออนไลน์

## สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการรวบรวมงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับนกยูง เพื่อใช้ในการเลือกปัจจัยมาใช้ในการศึกษาการจัดทำขอบเขต (Zoning) โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกยูง การวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยของนกยูง การตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อประโยชน์ในการประกอบการตัดสินใจ ในการเลือกพื้นที่อนุรักษ์นกยูง และการจัดทำขอบเขต (Zoning) เพื่อจัดทำพื้นที่อนุรักษ์นกยูงไทย จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการพบนกยูง พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์มีทั้งหมด 9 ปัจจัย คือ ความลาด ความสูงเชิงเลข อ่างเก็บน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม แหล่งอาหาร ขอบเขตที่ทำการอุทยาน หมู่บ้าน และเส้นทางน้ำ ซึ่งในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีความสัมพันธ์ทั้งแบบแปรผันตรงและแปรผกผัน โดยพบว่ามียูง 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทุกพื้นที่อนุรักษ์ ได้แก่ ความลาด ความสูงเชิงเลข และเส้นทางน้ำ สอดคล้องกับงานของ (Thunhikorn et al., 2018)

จากการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยของนกยูงทั้ง 4 ระยะ และการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งจากการเปรียบเทียบตามรายพื้นที่อนุรักษ์ จะพบว่า แบบที่ 1 แบบที่ 2 แบบที่ 3 และแบบที่ 4 นั้นให้ค่าร้อยละความถูกต้อง โดยคิดเพียงช่วงความเหมาะสมที่มากที่สุด มีร้อยละของความถูกต้องอยู่ที่ 41.78, 56.34, 38.03, และ 58.69 ตามลำดับ โดยคิดผลรวมความเหมาะสม ปานกลาง มาก และมากที่สุด พบว่า แบบที่ 1 แบบที่ 2 แบบที่ 3 และแบบที่ 4 มีความถูกต้องร้อยละ 93.47, 94.33, 90.14, และ 87.79 ตามลำดับ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมของที่อยู่อาศัยของนกยูงได้นำไปรวมหารือกับแกนนำชุมชนของ 2 พื้นที่ ได้แก่ ชุมชนอนุรักษ์นกยูง 6, 9 ต.ห้วยข้าวเก่า อ.จุน จ.พะเยา (บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ) โดยได้ข้อสรุปว่าพื้นที่ช่วงอนุรักษ์นกยูง 6, 9 ต้องการติดตั้งป้ายเพื่อระบุเป็นพื้นที่ Zoning พื้นที่ละ 2 แผ่นป้าย การถ่ายทอดข้อมูลและผลลัพธ์สู่ชุมชนและหน่วยงานผ่านการอบรม เพื่อความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ต่อยอดได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในหลักคิด “คนอยู่ได้ นกยูงอยู่ได้” พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประเมินผลการอบรมโดยใช้แบบสอบถามเพื่อนำไปพัฒนาผลงานต่อยอดหลักการและความคิดในอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการบูรณาการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัด ตามงบประมาณ พ.ศ. 2563 กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน 2 เรื่องการอนุรักษ์นกยูงไทยด้วยนวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ให้ทุนวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- กาญจน์ สถยดีนิรันดร์. (2554). การแพร่กระจายตามฤดูกาลและถิ่นที่อยู่ของนกยูงเขียว *Pavo muticus Linnaeus, 1766* ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเวียงลอ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. กรุงเทพฯ: สาขาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรวุฒิ คำแก้ว. (2552). การแพร่กระจายตามฤดูกาลและโครงสร้างประชากรของนกยูงเขียว *Pavo muticus linnaeus, 1766* ตำบลป่าเมี่ยง อำเภอดอนสะแก จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: สาขาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญวรัตน์ ปิ่นทอง. (2552). ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมและการใช้พื้นที่ของมนุษย์ต่อความชุกชุมของประชากรนกยูง *Pavo muticus* บริเวณห้วยเสลาและห้วยสองทาง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิติ เอี่ยมชื่น และ วันณัชชา เทพวงศ์. (2563). การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUondo กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัฒนธรรมเชิงพื้นที่, 1(2), 1–13.

ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (2561). “ปีกตู” ลงพื้นที่โครม. สัมภาษณ์เชิงลึก-พะเยา 29-30 ต.ค. นี้.

สืบค้นจาก <https://www.prachachat.net/politics/news-239279>

มหาวิทยาลัยพะเยา. (2563). *ฐานที่มั่นสุดท้ายนกยูงไทย*. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.

สิริรักษ์ อารทรากร. (2544). *นิเวศวิทยาการสืบพันธุ์และการใช้พื้นที่เกษตรกรรมของนกยูง Pavo muticus Linnaeus, 1766 ที่อุทยานแห่งชาติดอยภูนาง*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Brickle, N. W. (2002). Habitat use, predicted distribution and conservation of green peafowl (*Pavo muticus*) in Dak Lak Province, Vietnam. *Biological Conservation*, 105(2), 189–197.

Congalton, R. G. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. *International Journal of Wildland Fire*, 10(4), 321–328.

Hernowo, J. B., Kusmana, C., Alikodra, H. S., & Mardiasuti, A. (2018). Analysis of The Javan Green Peafowl (*Pavo muticus muticus* Linnaeus 1758) Habitat in Baluran and Alas Purwo National Park, East Java. *Hayati Journal of Biosciences*, 25(3), 101–101.

Ponsena, P. (1988). Biological characteristics and breeding behaviours of green peafowl (*Pavo muticus* (Linnaeus)) in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary. *Thai Journal of Forestry*, 7(3), 303–313.

Saridhirun, G., Dumrongrojwatthana, P., Meckvichai, W., Nispa, S., & Khuntathongsakudi, K. (2016). Seasonal Distribution and Habitat Use of Green Peafowl *Pavo muticus* Linnaeus, 1766, in Nam Whean Forest Protection Unit, Northern Thailand. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 13(9), 729–744.

Thunhikorn, S., Grainger, M. J., McGowan, P. J., & Savini, T. (2018). Spatial distribution of display sites of Grey Peacock-pheasant in relation to micro-habitat and predators during the breeding season. *Avian Research*, 9, 1–12.

### **ตัวอย่างเพิ่มเติมอ้างอิง**

#### **ตัวอย่างอ้างอิงวารสารไทย**

วีระภาส คุณรัตน์ศิริ. (2563). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 19(2), 78–100.

#### **ตัวอย่างการอ้างอิงวารสารต่างประเทศ**

Wang, H., Jin, Y., Hong, X., Tian, F., Wu, J., & Nie, X. (2022). Integrating IPAT and CLUMondo models to assess the impact of carbon peak on land use. *Land*, 11(4), 573.

#### **ตัวอย่างการอ้างอิงการประชุมวิชาการ**

จันจิรา แก้วอ่อน. (2565). การสำรวจและทำแผนที่การท่องเที่ยวบ้านนาคูหา จังหวัดแพร่. *การประชุมวิชาการ (Proceedings) ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 6 (NatGen 6th)*, วันที่ 24 – 25 กุมภาพันธ์ 2565 (น. 279 – 291). กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

### ตัวอย่างการอ้างอิงข่าว

มิ่งสรรพ ขาวสะอาด. (2560, 24 พฤศจิกายน). ท่องเที่ยวไทย อาานิสงส์ถั่วหน้า. *มติชนออนไลน์*. สืบค้นจาก [https://www.matichon.co.th /columnists/news\\_740965](https://www.matichon.co.th /columnists/news_740965).

### ตัวอย่างการอ้างอิงบทความจากเว็บไซต์

อารยา จันทร์สกุล. (2561). *Overtourism ผลกระทบและแนวทางการจัดการเพื่อความยั่งยืน*. สืบค้นจาก <https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/ResearchPaper/Overtourism.pdf>.

### ตัวอย่างการอ้างอิงบทความจากหน่วยงาน

กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัดแพร่. (2564). *แผนการพัฒนาจังหวัด พ.ศ. 2561 – 2565 ฉบับ ทบทวนพ.ศ. 2564 เล่ม 2. แพร่: สำนักงานจังหวัดแพร่*.

### ตัวอย่างอ้างอิงวิทยานิพนธ์

ชุติพงศ์ ร่มสนธิ. (2551). *การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

### ตัวอย่างการอ้างอิง . เอกสารจัดพิมพ์ไม่เป็นทางการ (จุลสาร, แผ่นพับ, ใบปลิว, เอกสารประกอบการสอน)

คณะกรรมการนโยบายการท่องเที่ยวแห่งชาติ. (2559). *แผนพัฒนาการท่องเที่ยวแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2560-2564)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

พยอม ธรรมบุตร. (2549). *องค์ประกอบของการท่องเที่ยว* [เอกสารประกอบการเรียนการสอน]. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

### ตัวอย่างอ้างอิงรายงาน

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2562). *Tourism economic review รายงานสถานะเศรษฐกิจการท่องเที่ยว* (ฉบับที่ 1 ปี 2562).

### ตัวอย่างการอ้างอิงคู่มือ

ยงยุทธ ไตรสุรัตน์. (2558). *The CLUMondo Land Use Change Model คู่มือการใช้โปรแกรมและแบบฝึกหัด*. *คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 61น*.

### ตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือ

พิมพ์ระวี ไรจน์รุ่งสัจย์. (2553). *การท่องเที่ยวชุมชน* (พิมพ์ครั้งที่ 1) . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

Hickey, A. J., & Ganderton, D. (2016). *Pharmaceutical Process Engineering* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.

ตัวอย่างการอ้างอิงราชกิจจานุเบกษา

พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550. (2550, 4 มิถุนายน). ราชกิจจานุเบกษา (เล่ม 24 ตอนที่ 27ก, น. 4-13).

ตัวอย่างการอ้างอิงหนังสือรวมบทความ

วนิดา เหมะกุล. (2555). การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์. ใน คณิตศาสตร์สำหรับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (หน่วยที่ 4, น. 50-55). นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

# วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการเชิงพื้นที่ (JSID)

ประจำปี 3 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2565 (Vol.3, No.1, January-April, 2022)



กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการเชิงพื้นที่

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 2314 Email: [rusid@up.ac.th](mailto:rusid@up.ac.th)