



การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบไฮบริด บนฐานข้อมูล  
ภาพถ่ายดาวเทียม sentinel

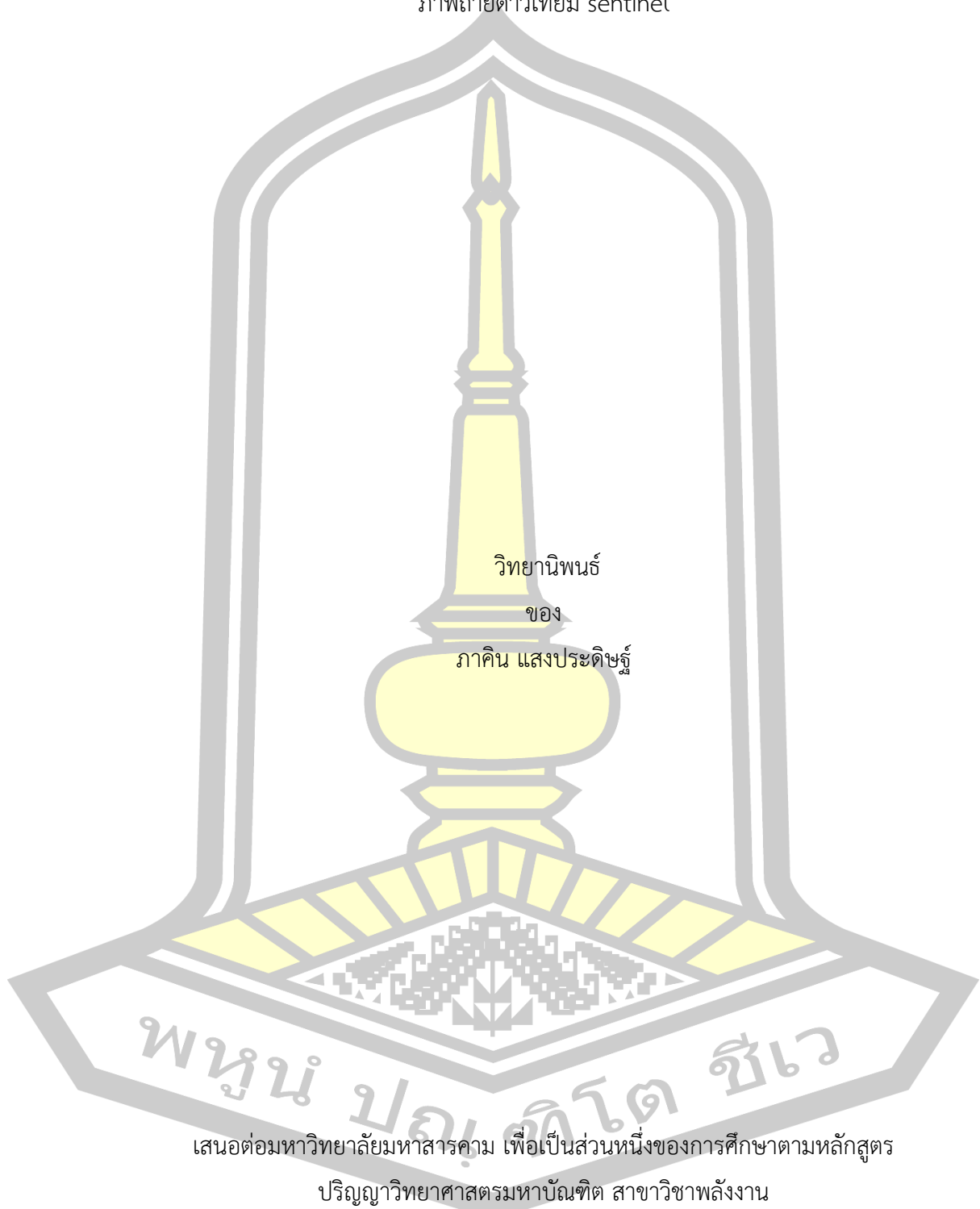
วิทยานิพนธ์  
ของ  
ภาคิน แสงประดิษฐ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน

กันยายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบไฮบริด บนฐานข้อมูล  
ภาพถ่ายดาวเทียม sentinel



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

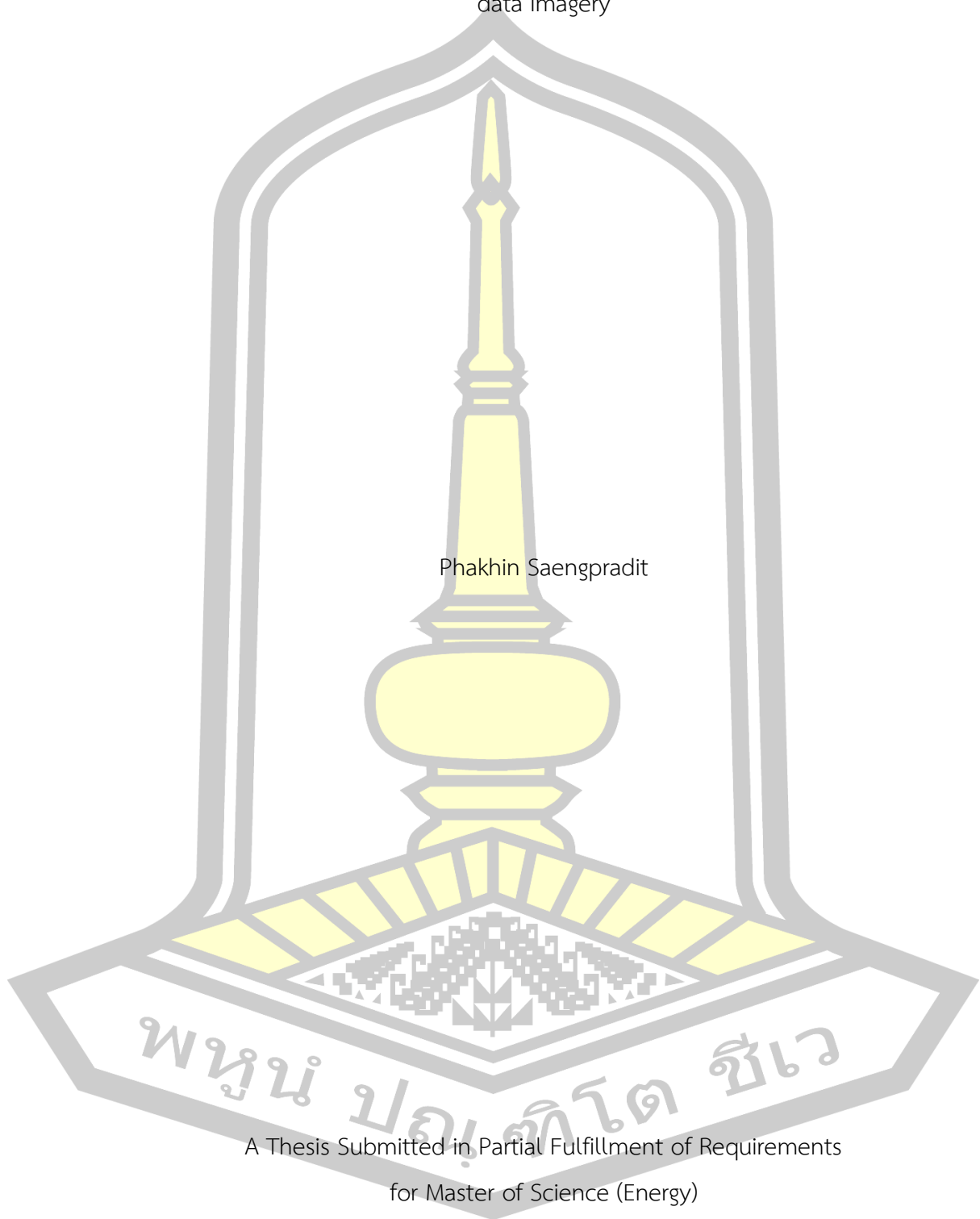
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน

กันยายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

estimate the above ground biomass using hybrid machine learning based on sentinel  
data imagery

Phakhin Saengpradit



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for Master of Science (Energy)

September 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายภาคิน แสงประดิษฐ์  
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาพลังงาน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ไพศาล จิ์ฟู )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. สาธิต แสงประดิษฐ์ )

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ประเมษฐ์ จันทรเพ็ง )

.....กรรมการ

(รศ. ดร. สิริยาภรณ์ แสงอรุณ )

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงาน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....  
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล )

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....  
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

|                  |                                                                                                                 |            |         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|
| ชื่อเรื่อง       | การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบไฮบริด<br>บนฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม sentinel |            |         |
| ผู้วิจัย         | ภาคิน แสงประดิษฐ์                                                                                               |            |         |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร. อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ<br>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาทิต แสงประดิษฐ์                              |            |         |
| ปริญญา           | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต                                                                                             | สาขาวิชา   | พลังงาน |
| มหาวิทยาลัย      | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม                                                                                            | ปีที่พิมพ์ | 2567    |

### บทคัดย่อ

วนอุทยานภูแฝกลักษณะทางกายภาพเป็นภูเขาสลับ เนินเขาไม่สูงมาก มีพันธุ์ไม้ชนิดต่าง ๆ จำนวนมาก ซึ่งสามารถช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ด้วยการกักเก็บคาร์บอนในภาคป่าไม้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจข้อมูลในเขตวนอุทยานภูแฝก จังหวัดกาฬสินธุ์ และ เพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีไฮบริด จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วิธีการศึกษาโดยการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยวิธีการตีแปลงเพื่อสำรวจพรรณไม้จำนวน 50 แปลงตัวอย่าง ขนาด  $40 \times 40$  เมตร และทำการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยสมการอัลโลเมตรี สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (DT) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) และวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (k-NN)

ผลการสำรวจพบพรรณไม้ทั้งหมด 4,602 ต้น 121 ชนิดพรรณไม้ที่พบในพื้นที่สามารถเรียงลำดับตามจำนวนที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ โมกมัน จำนวน 446 ต้น ประดู่จำนวน 316 ต้น แดงจำนวน 326 ต้น รังจำนวน 246 ต้น และ เต็งจำนวน 155 ต้น ผลการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยสมการอัลโลเมตรีพบว่า น้ำหนักของส่วนลำต้น ( $W_s$ ) เป็น 3,457,246.62 กิโลกรัม น้ำหนักของส่วนกิ่ง ( $W_b$ ) เป็น 784,801.01 กิโลกรัม และ น้ำหนักของส่วนใบ ( $W_L$ ) เป็น 64,093.83 กิโลกรัม ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ ทั้งหมดเป็น 1,882,886.49 กิโลกรัมคาร์บอน หรือ 1,882.88 ตันคาร์บอน

ผลการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการเรียนรู้ด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด ปริมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมีค่าสูงสุดเป็น 2.542 0.550 และ

1.434 ตันคาร์บอนต่อพื้นที่  $10 \times 10$  เมตร ตามลำดับ สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธีการไฮบริดด้วย ต้นไม้ตัดสินใจกับซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (DT\_SVM) มีค่าสูงสุดเป็น 0.389 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ วิธีการไฮบริดด้วย ต้นไม้ตัดสินใจกับการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (DT\_k-NN) มีค่าสูงสุดเป็น 0.420 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ วิธีการไฮบริดด้วย ต้นไม้ตัดสินใจ ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน และการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (DT\_SVM\_k-NN) มีค่าสูงสุดเป็น 0.420 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่

ผลการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ค่าเฉลี่ยของผลต่างสัมบูรณ์ (MAE) ค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) และ ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MSE) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากที่สุดคือ วิธีการ DT\_SVM และ DT\_SVM\_k-NN มีค่าเป็น 0.803 ค่าเฉลี่ยของผลต่างสัมบูรณ์ที่น้อยที่สุดคือวิธีการ DT\_k-NN เป็น 0.278 ค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าน้อยที่สุดคือ DT\_SVM เป็น 0.383 และ ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยค่าน้อยที่สุดคือ DT\_SVM เป็น 0.147

คำสำคัญ : การกักเก็บคาร์บอน, มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน, ภูแฝก, การเรียนรู้เครื่องจักร, Sentinel-2, ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree), ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine), การค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor), ดัชนีพืชพรรณ, คาร์บอนเครดิต, เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล, สมการอัลโลเมตริก, พลังงานชีวมวล, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

พญนุ ปณฺ ทิโต ชีเว

|                   |                                                                                                  |              |        |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------|
| <b>TITLE</b>      | estimate the above ground biomass using hybrid machine learning<br>base on sentinel data imagery |              |        |
| <b>AUTHOR</b>     | Phakhin Saengpradit                                                                              |              |        |
| <b>ADVISORS</b>   | Associate Professor Teerawong Laosuwan , Ph.D.<br>Assistant Professor Satith Saengpradit , Ph.D. |              |        |
| <b>DEGREE</b>     | Master of Science                                                                                | <b>MAJOR</b> | Energy |
| <b>UNIVERSITY</b> | Maharakham<br>University                                                                         | <b>YEAR</b>  | 2024   |

### ABSTRACT

Phu Paek National Park features a varied physical landscape with alternating hills and low mountains. It is characterized by a diverse array of tree species, which can aid in greenhouse gas reduction through carbon sequestration in the forest sector. Therefore, the objective of this research is to study the amount of above-ground carbon sequestration through data survey within Phu Paek National Park, Kalasin Province. Additionally, it aims to estimate the above-ground carbon sequestration values using the relationship of vegetation index derived from hybrid machine learning algorithms based on satellite image data. The study involves field data collection through transect surveys to assess vegetation in 50 sample plots, each measuring 40 \* 40 meters. Furthermore, carbon sequestration estimates will be analyzed using the algebraic equation. For estimation, machine learning techniques such as Decision Trees (DT), Support Vector Machines (SVM), and k-Nearest Neighbors (k-NN) will be employed.

The survey found a total of 4,602 trees belonging to 121 different species of vegetation in the area. The top 5 most commonly found species, ranked by quantity, are as follows: *Wrightia pubescens* R. Br. with 446 trees, *Pterocarpus indicus* Willd. with 316 trees, *Xylia xylocarpa* with 326 trees, *Shorea siamensis* Miq. with 246 trees, and *Shorea obtusa* Wall. ex Blume with 155 trees. The analysis of carbon sequestration quantity using the algebraic equation revealed that the weight of stem

( $W_s$ ) is 3,457,246.62 kilograms, the weight of branch ( $W_b$ ) is 784,801.01 kilograms, and the weight of leaves ( $W_l$ ) is 64,093.83 kilograms. The total carbon sequestration quantity of all trees is 1,882,886.49 kilograms of carbon, or 1,882.88 metric tons of carbon.

The estimated above-ground carbon sequestration values, derived from the relationship of vegetation indices using machine learning methods such as Decision Trees (DT), Support Vector Machine (SVM), and k-Nearest Neighbors (k-NN), have maximum values of 2.542, 0.550, and 1.434 tons of carbon per 10\*10 square meters, respectively. For the hybrid method estimation, the Decision Trees with Support Vector Machine (DT\_SVM) approach yielded the highest value of 0.389 tons of carbon per area. The Decision Trees with k-Nearest Neighbors (DT\_k-NN) hybrid method produced the highest value of 0.420 tons of carbon per area. Finally, the hybrid approach of Decision Trees with Support Vector Machine and k-Nearest Neighbors (DT\_SVM\_k-NN) also resulted in a maximum value of 0.420 tons of carbon per area.

The results of comparing the performance of the models using correlation coefficient ( $r$ ), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), and mean squared error (MSE) reveal that the highest correlation coefficient value is achieved by the DT\_SVM and DT\_SVM\_k-NN methods, with a value of 0.803. The method with the lowest of MAE value is DT\_k-NN, with a value of 0.278. The method with the lowest average root mean square error is DT\_SVM, with a value of 0.383, and the method with the lowest mean squared error is also DT\_SVM, with a value of 0.147.

Keyword : Carbon sequestration, Above-ground biomass, Phu Paek National Park, Machine learning, Sentinel-2, Decision Tree, Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), Vegetation index, Carbon credit, Remote sensing technology, Allometric equations, Biomass energy, Climate change

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยข้อมูลดัชนีพืชพรรณจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอาจารย์รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำโครงการ และอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาธิต แสงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่คอยให้คำแนะนำแนวทางในการวางแผนการทำงานเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ และบุคลากร คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการครั้งนี้ ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ทำให้การดำเนินโครงการประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ที่คอยให้กำลังใจและทั้งให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ด้วยดีเสมอ

ภาคิน แสงประดิษฐ์



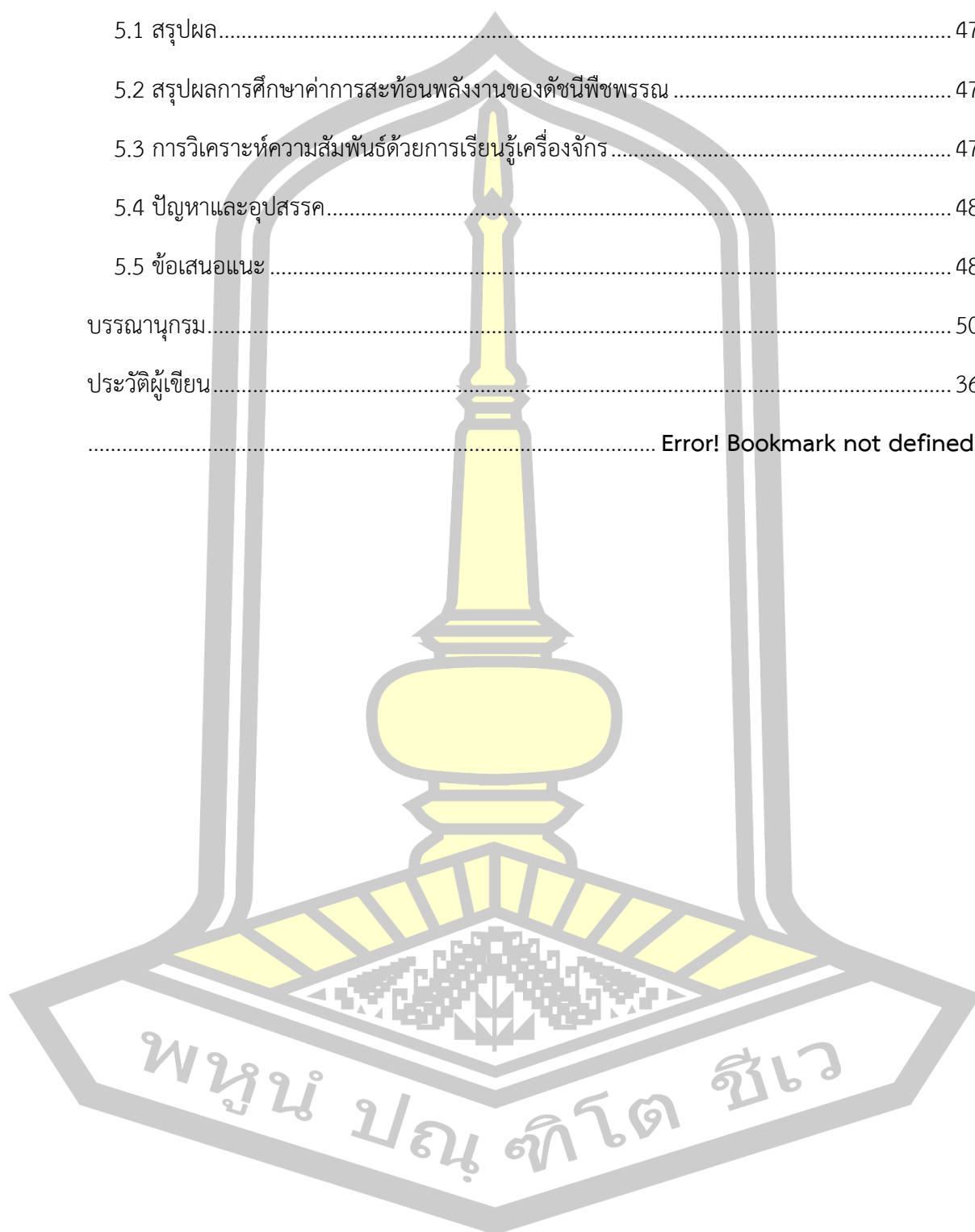
## สารบัญ

|                                                    | หน้า |
|----------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                            | ฉ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                               | ช    |
| สารบัญ.....                                        | ฅ    |
| สารบัญภาพ .....                                    | 1    |
| สารบัญตาราง.....                                   | 1    |
| บทที่ 1 .....                                      | 2    |
| บทนำ .....                                         | 2    |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....              | 2    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ .....                             | 3    |
| 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ .....                      | 3    |
| 1.4 ผังการดำเนินงาน.....                           | 4    |
| บทที่ 2 .....                                      | 5    |
| หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....       | 5    |
| 2.1 พื้นที่วนอุทยานภูแฝก .....                     | 5    |
| 2.2 การเกิดเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศฉบับพลัน .....      | 6    |
| 2.3 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน .....  | 6    |
| 2.3.2 ประโยชน์ของชีวมวล .....                      | 7    |
| 2.4 ข้อมูลดาวเทียม Sentinel – 2.....               | 11   |
| 2.5 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลดาวเทียม..... | 12   |
| 2.5.4 ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI).....           | 13   |

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6 อัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้เครื่องจักร ( Machine learning Algorithm) .....                                                             | 14 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                                                                            | 17 |
| บทที่ 3 .....                                                                                                                              | 19 |
| ขั้นตอนการดำเนินงาน .....                                                                                                                  | 19 |
| 3.1 พื้นที่การศึกษา .....                                                                                                                  | 19 |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....                                                                                                              | 20 |
| 3.3 วิธีการดำเนินการ .....                                                                                                                 | 21 |
| 3.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....                                                                                                        | 21 |
| 3.3.2 กำหนดขนาดแปลง .....                                                                                                                  | 21 |
| 3.3.4 เครื่องมือวางแผนสำรวจ .....                                                                                                          | 22 |
| 3.3.5 การรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์.....                                                                                                   | 23 |
| 3.3.6 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของข้อมูลภาพถ่ายเทียม .....                                                                                  | 24 |
| 3.4 วิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน .....                                                                                           | 28 |
| 3.5 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยการเรียนรู้<br>เครื่องจักร.....                                   | 29 |
| 3.5.1.ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินด้วยแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision<br>Tree) .....                                             | 29 |
| 3.5.2 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการ<br>ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)..... | 30 |
| 3.5.3 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการ<br>ค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) ..... | 31 |
| 3.5.4 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการ<br>ค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) ..... | 32 |
| บทที่ 4 .....                                                                                                                              | 34 |
| ผลการดำเนินงาน .....                                                                                                                       | 34 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 ผลการดำเนินงาน.....                                                                                                                                                                                                                                               | 34 |
| 4.1.1 ผลของการวิเคราะห์ค่าคาร์บอนของพรรณไม้.....                                                                                                                                                                                                                      | 34 |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ.....                                                                                                                                                                                                                                | 34 |
| 4.2.1 ผลดัชนีความต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) .                                                                                                                                                                                         | 36 |
| 4.2.2 ผลดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ Ratio Vegetation Index (RVI).....                                                                                                                                                                                                       | 37 |
| 4.2.3 ผลดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-Adjusted Vegetation Index: SAVI).....                                                                                                                                                                                            | 38 |
| 4.2.4 ผลดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณ (Transformed Normalized Difference Vegetation Index: TNDVI).....                                                                                                                                                               | 39 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree).....                                                                                                                       | 40 |
| 4.4 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine).....                                                                                                                                | 41 |
| 4.5 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor).....                                                                                                                                 | 42 |
| 4.6 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine).....                                                            | 43 |
| 4.7 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor).....                                                             | 44 |
| 4.8 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) ..... | 45 |
| 4.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล.....                                                                                                                                                                                                                             | 46 |
| บทที่ 5 .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 47 |

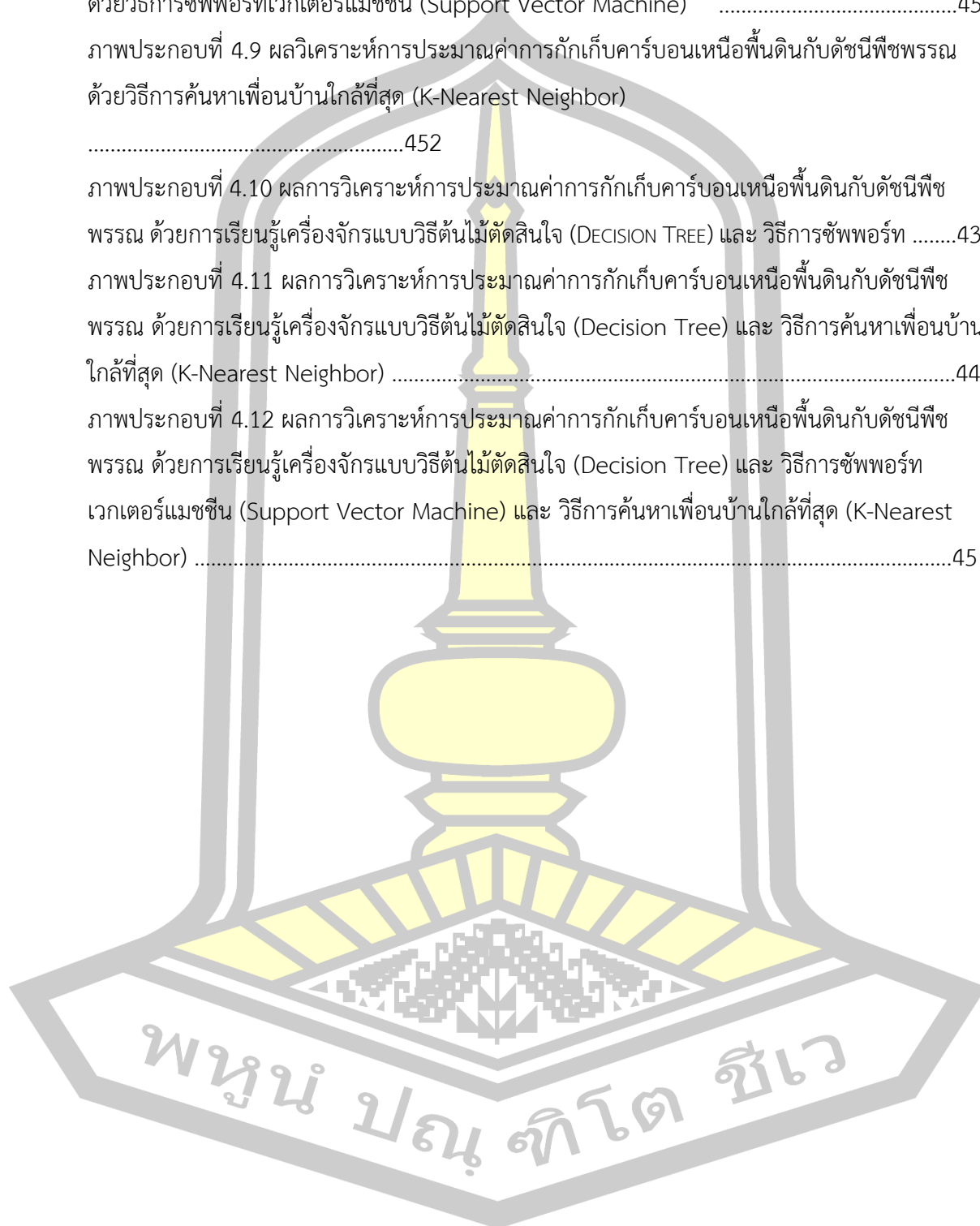
|                                                              |                              |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|
| สรุปและอภิปรายผล.....                                        | 47                           |
| 5.1 สรุปผล.....                                              | 47                           |
| 5.2 สรุปผลการศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของดัชนีพีชพรรณ .....   | 47                           |
| 5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักร ..... | 47                           |
| 5.4 ปัญหาและอุปสรรค.....                                     | 48                           |
| 5.5 ข้อเสนอแนะ .....                                         | 48                           |
| บรรณานุกรม.....                                              | 50                           |
| ประวัติผู้เขียน.....                                         | 36                           |
| .....                                                        | Error! Bookmark not defined. |



## สารบัญภาพ

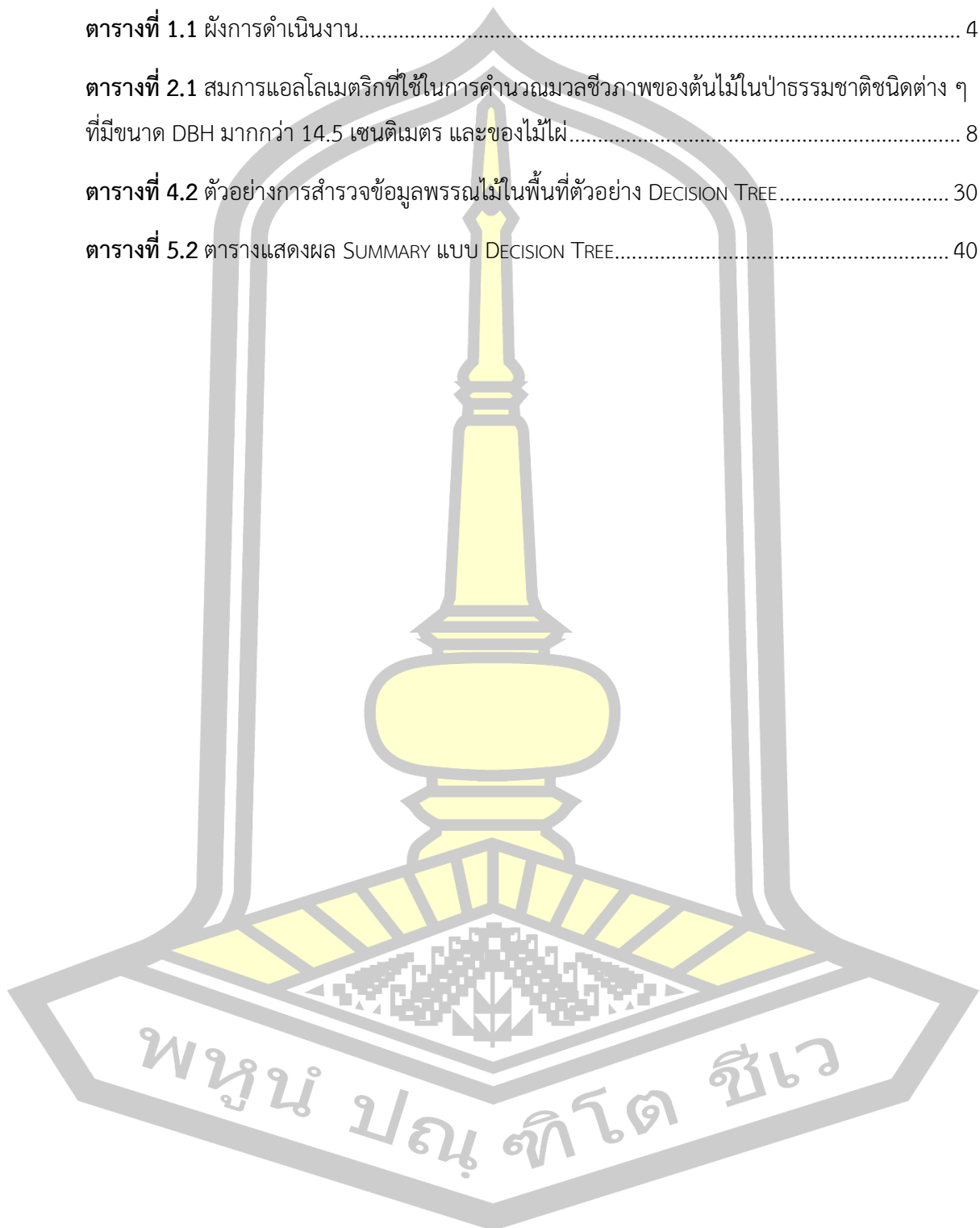
|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพประกอบที่ 2.1 แสดงรูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพ                                                                                    | 7   |
| ภาพประกอบที่ 2.2 ต้นไม้ตัดสินใจ                                                                                                                         | 15  |
| ภาพประกอบที่ 2.3 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                                                                                                 | 16  |
| ภาพประกอบที่ 2.4 วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด                                                                                                       | 16  |
| ภาพประกอบที่ 3.1 พื้นที่การศึกษา                                                                                                                        | 19  |
| ภาพประกอบที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน                                                                                                                    | 23  |
| ภาพประกอบที่ 3.3 กำหนดแปลงตัวอย่าง                                                                                                                      | 23  |
| ภาพประกอบที่ 3.4 วิธีการวางแผนแปลงสำรวจพรรณไม้                                                                                                          | 25  |
| ภาพประกอบที่ 3.5 ตัวอย่างเครื่องมือวางแผนสำรวจ เก็บข้อมูล                                                                                               | 25  |
| ภาพประกอบที่ 3.6 กำหนดข้อมูลของชุดดาวเทียมที่ต้องการ                                                                                                    | 26  |
| ภาพประกอบที่ 3.7 การดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A                                                                                                | 27  |
| ภาพประกอบที่ 3.8 ผลการคำนวณ NDVI                                                                                                                        | 27  |
| ภาพประกอบที่ 3.9 ผลการคำนวณ SAVI                                                                                                                        | 28  |
| ภาพประกอบที่ 3.10 ผลการคำนวณ RVI                                                                                                                        | 26  |
| ภาพประกอบที่ 3.11 ผลการคำนวณ TNDVI                                                                                                                      | 27  |
| ภาพประกอบที่ 3.12 วิธีการ Extract Multi Values to Points                                                                                                | 27  |
| ภาพประกอบที่ 3.13 แสดงผล Extract Multi Values to Points                                                                                                 | 28  |
| ภาพประกอบที่ 3.14 ผลการ Classify Random tree                                                                                                            | 30  |
| ภาพประกอบที่ 4.1 แสดงแปลงย่อย ขนาด 10x10 เมตร                                                                                                           | 35  |
| ภาพประกอบที่ 4.2 แสดงค่าในแต่ละจุดของดัชนีแปลงย่อย 10x10 เมตร                                                                                           | 35  |
| ภาพประกอบที่ 4.3 แผนที่แสดงผลดัชนีความต่างพืชพรรณ NDVI                                                                                                  | 396 |
| ภาพประกอบที่ 4.4 แผนที่แสดงผลดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ RVI                                                                                                  | 37  |
| ภาพประกอบที่ 4.5 แผนที่แสดงผลดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน SAVI                                                                                                | 38  |
| ภาพประกอบที่ 4.6 แผนที่แสดงผลดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณ TNDVI                                                                                       | 39  |
| ภาพประกอบที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) | 440 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพประกอบที่ 4.8 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ<br>ด้วยวิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) .....                                                                                                                                       | 45  |
| ภาพประกอบที่ 4.9 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ<br>ด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)<br>.....                                                                                                                                     | 452 |
| ภาพประกอบที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืช<br>พรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (DECISION TREE) และ วิธีการซัพพอร์ท .....                                                                                                         | 43  |
| ภาพประกอบที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืช<br>พรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้าน<br>ใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) .....                                                               | 44  |
| ภาพประกอบที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืช<br>พรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ท<br>เวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest<br>Neighbor) ..... | 45  |



## สารบัญตาราง

|              |                                                                                                                                     |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตารางที่ 1.1 | ผังการดำเนินงาน.....                                                                                                                | 4  |
| ตารางที่ 2.1 | สมการแอลโลเมตริกที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติชนิดต่าง ๆ<br>ที่มีขนาด DBH มากกว่า 14.5 เซนติเมตร และของไม้ไผ่..... | 8  |
| ตารางที่ 4.2 | ตัวอย่างการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ตัวอย่าง DECISION TREE.....                                                                   | 30 |
| ตารางที่ 5.2 | ตารางแสดงผล SUMMARY แบบ DECISION TREE.....                                                                                          | 40 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าปกติ โดยในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติ 1.07 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเป็นอันดับ 2 ของประเทศไทยในรอบ 70 ปี (พ.ศ.2494-2563) รองจากปี พ.ศ.2562 ซึ่งเป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของประเทศไทย คือ 28.22 องศาเซลเซียส (สูงกว่าค่าปกติ 1.18 องศาเซลเซียส) โดยปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับถัดมา คือ ปี พ.ศ.2559 พ.ศ.2541 และ พ.ศ.2553 ตามลำดับ ปี 2563 โดยเฉพาะภาคเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดในรอบ 70 ปี ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติ 0.97 และ 0.82 องศาเซลเซียส สำหรับภาคใต้ทางฝั่งตะวันตกของภาคมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติ 0.72 องศาเซลเซียสสูงกว่าทางฝั่งตะวันออกที่สูงกว่าค่าปกติ 0.62 องศาเซลเซียส ประเทศไทยมีอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในรอบ 70 ปี เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ในชั้นบรรยากาศ

พลังงานความร้อนที่ก๊าซเรือนกระจกดูดซับไว้จะสร้างความอบอุ่นให้กับโลกและทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกนี้ได้ แต่หากมีก๊าซเรือนกระจกมากเกินไปก็จะเกิดการกักเก็บและสะท้อนความร้อนกลับลงมายังพื้นโลกซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยในปี 2559 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกราว 354 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่ป่าไม้และการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมสามารถดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้ราว 91 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิของไทยอยู่ที่ 263 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นเรื่องที่ต้องนำมาใช้ในการสร้างภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการสร้างสังคมที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำตามแนวทางของการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน

การกักเก็บคาร์บอนในภาคป่าไม้ จึงมีบทบาทสำคัญในการกักเก็บและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บหรือดูดซับ  $\text{CO}_2$  ด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะสมบูรณ์เมื่อต้นไม้นำ  $\text{CO}_2$  มาใช้ในการดูดซับอาหาร การผลิต และสร้างมวลชีวภาพ ดังนั้น ป่าไม้มีบทบาทสำคัญสามประการต่อภาวะโลกร้อน ได้แก่ 1) ป่าไม้สามารถดูดซับ  $\text{CO}_2$  จากชั้นบรรยากาศและช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกให้คงที่ ผลกระทบประการที่สองคือป่าช่วยปล่อยไอระเหยสู่ชั้นบรรยากาศและเพิ่มความชุ่มชื้น ผลที่สามคือป่าปกคลุมพื้นที่ทั้งหมดจากดวงอาทิตย์ซึ่งช่วยลดความร้อนที่ผิวโลกด้วย สำหรับการสำรวจหรือการ

วัดปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าที่สำรวจโดยการลงพื้นที่ใช้เวลาค่อนข้างนานโดยเฉพาะพื้นที่ป่าขนาดใหญ่ทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานในการสำรวจข้อมูล ในปัจจุบันมีนักวิจัยได้นำการใช้เทคโนโลยีระยะไกล (Remote Sensing) มาใช้ในการประเมินการกักเก็บคาร์บอน สำหรับเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลที่นำมาศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างบนผิวโลกมีการดำเนินการได้ง่ายขึ้นและข้อมูลที่ได้อ่อนช้งเป็นปัจจุบัน โดยนำเอาการสะท้อนเชิงคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับพืชพรรณมาใช้ในการประเมินคาร์บอนเช่น ดัชนีพืชพรรณ เป็นต้น

วิธีการประมาณค่าความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณกับการกักเก็บคาร์บอนด้วยการสร้างสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการสำรวจร่วมกับดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสกัดพื้นที่ป่าไม้กับความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น หรือวิธีการการถดถอยแบบถ่วงน้ำหนักทางภูมิศาสตร์ (Geographically Weighted Regression; GWR) มาใช้ในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 โดยดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน เช่น ความต่างพืชพรรณ ดัชนีพืชพรรณ และ ดัชนีสัดส่วนพืชพรรณ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดของการนำเอาวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรมาประยุกต์ใช้ในการนำไปใช้สำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรเป็นวิธีการที่ปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการงานทางด้านต่างอย่างแพร่หลายในงานด้านการรับรู้ระยะไกลและงานด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่นการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดนำเอาวิธีการทำงานของเรียนรู้เครื่องจักรมาใช้งานร่วมกันเพื่อใช้สำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในเขตพื้นที่วนอุทยานภูแฝก จังหวัดกาฬสินธุ์

## 1.2 วัดอุปสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจข้อมูลในเขตวนอุทยานภูแฝก จังหวัดกาฬสินธุ์

1.2.2 เพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีไฮบริด จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

## 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

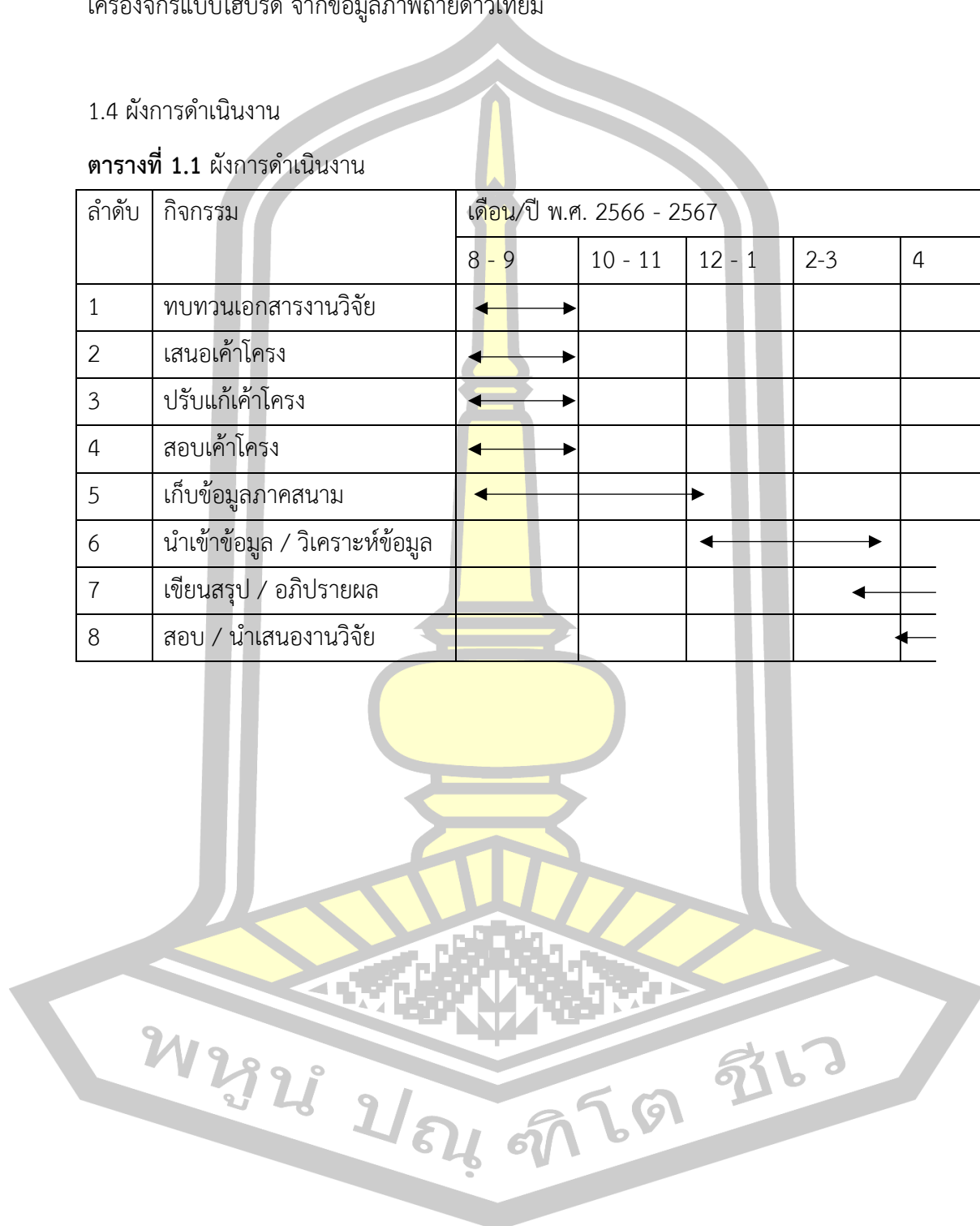
1.3.1 ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจข้อมูลในเขตวนอุทยานภูแฝก จังหวัดกาฬสินธุ์

1.3.2 ได้ค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการเรียนรู้เครื่องจักรแบบไฮบริด จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

#### 1.4 ผังการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ผังการดำเนินงาน

| ลำดับ | กิจกรรม                        | เดือน/ปี พ.ศ. 2566 - 2567 |         |        |     |   |
|-------|--------------------------------|---------------------------|---------|--------|-----|---|
|       |                                | 8 - 9                     | 10 - 11 | 12 - 1 | 2-3 | 4 |
| 1     | ทบทวนเอกสารงานวิจัย            | ←→                        |         |        |     |   |
| 2     | เสนอเค้าโครง                   | ←→                        |         |        |     |   |
| 3     | ปรับแก้เค้าโครง                | ←→                        |         |        |     |   |
| 4     | สอบเค้าโครง                    | ←→                        |         |        |     |   |
| 5     | เก็บข้อมูลภาคสนาม              | ←→                        |         | →      |     |   |
| 6     | นำเข้าข้อมูล / วิเคราะห์ข้อมูล |                           |         | ←→     | →   |   |
| 7     | เขียนสรุป / อภิปรายผล          |                           |         |        | ←   |   |
| 8     | สอบ / นำเสนองานวิจัย           |                           |         |        |     | ← |



## บทที่ 2

### หลักทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 พื้นที่วนอุทยานภูแฝก

วนอุทยานภูแฝกอยู่ในท้องที่บ้านน้ำคำ ตำบลภูแล่นช้าง กิ่งอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าดงห้วยผา มีเนื้อที่ประมาณ 4,062.50 ไร่ จึงได้รับการจัดตั้งเป็นวนอุทยาน โดยกรมป่าไม้ได้ประกาศ เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2540 และต่อมาในวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ.2563 ได้มีประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดบริเวณพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าดงห้วยผา ในท้องที่ตำบลนิคมห้วยผึ้ง อำเภอห้วยผึ้ง และตำบลภูแล่นช้าง อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ ให้เป็นวนอุทยาน เนื้อที่ 6,656 ไร่ โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 138 ตอนพิเศษ 3 วันที่ 5 มกราคม 2564

##### 2.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

โดยทั่วไปเป็นภูเขาสูง สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 200-475 เมตร มีแหล่งน้ำซับขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นน้ำแร่ มีน้ำตลอดปี ใช้อุปโภคบริโภคได้และใช้ในการเกษตรท้องถิ่นใกล้เคียง ลักษณะธรณีวิทยาและดิน แหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์ มีสภาพเป็นพลาญหินที่เป็นทางน้ำของห้วยน้ำยังมีรอยเท้าฝังอยู่ในผิวหน้าของชั้นหินทรายที่แกร่งของหมวดหินพระวิหาร ซึ่งตามลำดับชั้นหินจะวางตัวอยู่ได้ชั้นหินของหมวดหินเสา ซึ่งชั้นหินที่พบกระดูกไดโนเสาร์มากที่สุดของประเทศไทย การพบรอยเท้าไดโนเสาร์ทำให้เราทราบว่า ชั้นหินทรายในบริเวณนี้ในอดีต มีสภาพเป็นหาดทรายริมน้ำ เป็นที่ที่ไดโนเสาร์เดินผ่าน หรือเที่ยวหากินอยู่ในบริเวณหาดทรายชุ่มน้ำ รอยเท้าที่เกิดขึ้นไม่ได้ถูกคลื่นซัดให้ลบเลือน โดยอาจไหลพันน้ำ ทำให้แตกเฉพาะจนคงรูปร่างอยู่ หลังจากนั้นกระแสน้ำได้พัดพาเอาตะกอนมาปิดทับลงไปเป็นชั้นตะกอนใหม่รอยเท้านั้นจึงยังคงอยู่ในชั้นตะกอนเดิม ต่อมาชั้นตะกอนแข็งตัวกลายเป็นหิน รอยเท้านั้นจึงปรากฏอยู่ในชั้นหินนั้น ปัจจุบันธรรมชาติได้ทำลายชั้นหินส่วนที่ปิดทับรอยเท้าออกไป เผยให้เห็นรอยเท้าที่ไดโนเสาร์ได้ทิ้งเอาไว้เป็นประจักษ์พยานถึงการมีตัวตนในอดีต

##### 2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 17.2 - 23.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 32.6 - 35.7 องศาเซลเซียส มี 3 ฤดู คือ

- ฤดูร้อน เริ่มต้นประมาณเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม
- ฤดูฝน เริ่มต้นประมาณเดือนมิถุนายน - ตุลาคม
- ฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณเดือนพฤศจิกายน - มกราคม

### 2.1.3 ทรัพยากรป่าไม้

สภาพป่าเป็นป่าเต็งรังมีพันธุ์ไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น ไม้มะค่าโมง ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้ประดู่ สัตว์ป่า ที่พบ เช่น กระรอก กระแต อีเห็น กระต่ายป่า หมูป่า เก้ง ไก่ป่า ลิ่น บ่าง

### 2.1.4 เขตการปกครอง

วนอุทยานภูแฝก ตั้งอยู่ใน ตำบล ภูแล้งช้าง อำเภอ นาาคู จังหวัด กาฬสินธุ์ ซึ่งมีพื้นที่ อุทยานอยู่ที่ 6,656 ไร่ โดยทั่วไปเป็นภูเขาสูง สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 200-475 เมตร มีแหล่งน้ำ ชัยขนาดใหญ ซึ่งเป็นน้ำแร่ มีน้ำตลอดปี ใช้อุปโภคบริโภคได้และใช้ในการเกษตรท้องถิ่นใกล้เคียง 2.2 การเกิดเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศฉบับพลัน

## 2.2 การเกิดเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศฉบับพลัน

### 2.2.1 การเปลี่ยนแปลงระบบภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงระบบภูมิอากาศ (climate system) โดยมนุษย์เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ออกสู่บรรยากาศโลกในช่วง 150 กว่าปีที่ผ่านมา ก๊าซ เรือนกระจกดูดซับและกักเก็บความร้อนที่แผ่ออกจากโลก ผลคือโลกร้อนขึ้น กิจกรรมของมนุษย์ทั้ง จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การตัดไม้ทำลายป่า และการทำปศุสัตว์เชิงอุตสาหกรรมเร่งให้เกิดภาวะ โลกร้อนและในที่สุดนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นอันตราย

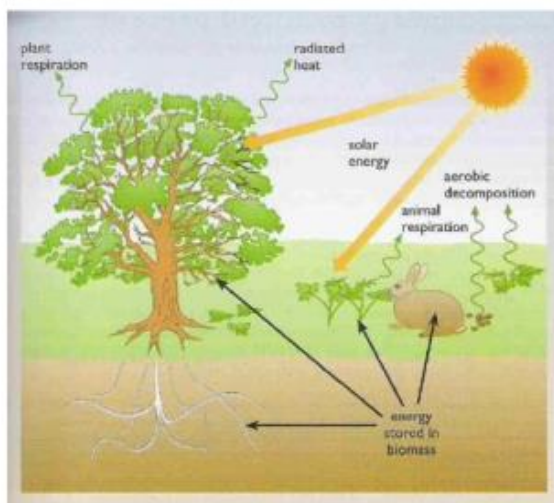
### 2.2.2 คาร์บอนเครดิต

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก หรือจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ ที่กำหนดให้บริษัทสามารถปล่อยได้ต่อปี หากปล่อยมลภาวะนั้นน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็สามารถนำส่วนต่างไปจำหน่ายให้กับบริษัทอื่นๆใน ภาคอุตสาหกรรมได้ ซึ่งสิ่งนี้เองที่เราเรียกว่า "คาร์บอนเครดิต" โดยการซื้อขายคาร์บอนเครดิตถูก นำมาใช้เป็นแรงจูงใจและเป็นส่วนหนึ่งของกลไกตลาดเพื่อโน้มน้าวให้โรงงานอุตสาหกรรมและผู้ผลิต รายใหญ่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ

## 2.3 การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

การใช้พืชเป็นแหล่งพลังงานเสมือนเป็นการนำเอาแหล่งพลังงานสำรองจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ นั้นเองเพราะการที่พืชเจริญเติบโตได้จะต้องอาศัยการสังเคราะห์แสงในการสร้างอาหารซึ่งอยู่ในรูป ของคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชนั้นคือสามารถกล่าวได้ว่าพืชเป็นแหล่งสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ ดีที่สุด เพราะสามารถเก็บสำรองพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทาง กายภาพไว้นานนับสิบล้านปี และไม่มีการสูญเสียเหมือนกับแหล่งเก็บพลังงานสำรองอื่นๆ (Boyle, 2004) รูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพในธรรมชาติดังแสดงไว้ในภาพที่

### 2.1



ภาพประกอบที่ 2.1 แสดงรูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพ  
ที่มา : (Boyle, 2004)

### 2.3.1 แหล่งกำเนิดของชีวมวล (Biomass)

ชีวมวลที่มาจากพืชนั้นถ้าจะแบ่งตามแหล่งที่มา สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ชีวมวลที่ปลูกใหม่เพื่อเป็นพลังงานโดยเฉพาะเช่นการปลูกไม้โตเร็วเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิต
2. ชีวมวลที่หาได้จากโรงงานแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เช่น
  - ชานอ้อยได้จากโรงงานน้ำตาล
  - แกลบได้จากโรงสีข้าว
  - ปีกไม้ เศษไม้และขี้เลื่อยได้จากโรงเลื่อยไม้โรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้
3. ชีวมวลที่ได้จากตามไร่ สวน นาข้าว ป่าไม้ เช่น
  - ฟางข้าวในนาข้าว
  - ปรายไม้และรากไม้หรือตอไม้ กิ่ง ใบ ลำต้น ราก ในป่าไม้

### 2.3.2 ประโยชน์ของชีวมวล

มนุษย์ได้รู้จักนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว จนต่อมาโลกได้มีการพัฒนาเจริญมากขึ้น ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงได้นำเชื้อเพลิงเช่นน้ำมันดิบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติมาทดแทน ทำให้พลังงานจาก ชีวมวลมีบทบาทน้อยลงมากในปัจจุบันนี้การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีหลายประการคือ

- (1) การเผาไหม้สารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งลอยลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลกรังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้โลกร้อนขึ้นจึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกแต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวล

จะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง ดังนั้นการเผาชีวมวลไม่ถือว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

(2) ชีวมวลจะมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้ จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านหินมีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.3-3.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน)

(3) ขี้เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรด แต่ขี้เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสารโลหะหนักปนอยู่ ดังนั้นต้องนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธี

### 2.3.3 สมการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติ

สมการแอลโลเมตริกสำหรับใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ 2.1 โดยใช้คำนวณจากข้อมูลต้นไม้ที่มีขนาด DBH มากกว่า 14.5 เซนติเมตรขึ้นไป และจำเป็นต้องทราบความสูงของต้นไม้ด้วย

**ตารางที่ 2.1** สมการแอลโลเมตริกที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ที่มีขนาด DBH มากกว่า 14.5 เซนติเมตร และของไม้ไผ่

| ชนิดป่า               | สมการ                                                                                                                           | ที่มา                  |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ป่าดิบแล้งป่าดิบเขา   | $Ws = 0.0509 D^2 H^{0.919}$<br>$Wb = 0.00893 D^2 H^{0.977}$<br>$Wl = 0.0140 D^2 H^{0.669}$<br>$Wr = 0.0313 D^2 H^{0.805}$       | Tsutsumi et al. (1983) |
| ป่าเบญจพรรณป่าเต็งรัง | $Ws = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$<br>$Wb = 0.003487 D^2 H^{1.0270}$<br>$Wl = (28.0/Wtc + 0.025) - 1$<br>$Wr = 0.0264 D^2 H^{0.775}$  | Ogawa et al. (1965)    |
| ป่าดิบชื้น            | $Ws = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$<br>$Wb = 0.006003 D^2 H^{1.0270}$<br>$Wl = (28.0/Wtc + 0.025) - 1$<br>$Wr = 0.0264 D^2 H^{0.7750}$ | Ogawa et al. (1965)    |
| ป่าสนเขา(ป่าสนสองใบ)  | $Ws = 0.2141 D^2 H^{0.9814}$<br>$Wb = 0.00002 D^2 H^{1.4561}$<br>$Wl = 0.00072 D^2 H^{1.0138}$                                  | สุนันทา (2531)         |
| ป่าสนเขา(ป่าสนสามใบ)  | $Ws = 0.02698 D^2 H^{0.946}$                                                                                                    |                        |

| ชนิดป่า                                                                                                                                                                                                                  | สมการ                                                                                                                             | ที่มา                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                          | $Wb = 0.00018 D^2 H^{1.455}$<br>$Wl = 0.00072 D^2 H^{1.094}$                                                                      | พงษ์ศักดิ์ (2524)                               |
| ไม้รวก<br>ไม้เบงก่า<br>ไม้ข้าวหลาม                                                                                                                                                                                       | $Wt = 0.022187 (D^2)^{2.2749}$<br>$Wt = 0.049522 (D^2)^{0.8726}$<br>$Wt = 0.17446 (D^2)^{1.0437}$<br>$Wt = 0.2425 (D^2)^{1.0751}$ | Suwannapinunt (1983)<br>Kutintara et al. (1995) |
| D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร) H = ความสูง (เมตร)<br>Ws = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม) Wb = มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)<br>Wl = มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม) Wtc = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น + กิ่ง (กิโลกรัม) |                                                                                                                                   |                                                 |

การวิเคราะห์มวลชีวภาพของไม้สักเหนือดินใช้สมการ พิทยา และพงษ์ศักดิ์, (2523)

$$\log Ws = 0.9797 \log (D2H) - 1.6902; r^2 = 0.9930$$

$$\log Wb = 1.0605 \log (D2H) - 2.6326; r^2 = 0.9567$$

$$\log Wl = 0.7088 \log (D2H) - 1.7383; r^2 = 0.8523$$

เมื่อ D = Diameter at breast height (cm)

H = Height of tree (m)

Ws = Stem biomass (kg)

Wb = Branch biomass (kg)

Wl = Leaf biomass (kg)

การคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass: AGB) ของต้นไม้จากแปลงตัวอย่าง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามประกอบด้วย ความสูงต้นไม้ (H) เส้นผ่าศูนย์กลาง (DBH) และ จำนวนต้น จากนั้นคำนวณหาปริมาณการกักคาร์บอนเหนือพื้นดิน มีสมการคำนวณดังนี้

$$Ws = 0.0396 * (D^2 H^{0.9326})$$

$$Wb = 0.003487 * (D^2 H^{1.0270})$$

$$Wl = ([28.0 / (Ws + Wb + 0.025)]^{-1})$$

$$AGB = Ws + Wb + Wl \text{ (กิโลกรัม)}$$

โดย Ws = มวลชีวภาพส่วนลำต้น (กิโลกรัม)

Wb = มวลชีวภาพส่วนกิ่ง (กิโลกรัม)

Wl = มวลชีวภาพส่วนใบ (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

เนื่องจากการเก็บข้อมูลกายภาพต้นไม้ในพื้นที่บริเวณกว้างเพื่อวิเคราะห์มวลชีวภาพต้องใช้เวลานานและยากลำบาก การวิจัยครั้งนี้ทำการใช้ข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าทั้งหมด การศึกษาจึงทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณและปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ที่เก็บรวบรวมจากการออกภาคสนามจากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient correlation : R) เป็นการนำค่าดัชนีกับปริมาณมวลชีวภาพต้นไม้จากแปลงตัวอย่างมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรทั้งสอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่ามวลชีวภาพและประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ป่าทั้งหมดดังนั้นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์มีสมการดังนี้

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

โดย r หมายถึง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

X หมายถึง ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ

Y หมายถึง ตัวแปรตาม

$\bar{X}$  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ

$\bar{Y}$  หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

$\Sigma$  หมายถึง ผลรวม

การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยทั่วไปค่ามวลชีวภาพจะมีปริมาณคาร์บอนสะสมอยู่ประมาณร้อยละ 47 ของมวลชีวภาพ<sup>19</sup> คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) จึงทำการกำหนดสมการคำนวณปริมาณคาร์บอนของพื้นที่ป่าด้วยค่ามวลชีวภาพที่ได้จากสมการแอลเมตรี โดยใช้ค่ามวลชีวภาพคูณกับ 0.47 เพื่อทราบปริมาณการกักเก็บคาร์บอน มีสมการ คือ

$$\text{Carbon Stock} = \text{AGB} \times 0.47$$

0.47 หมายถึง สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ

เมื่อทราบถึงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ศึกษาและทำการจัดทำแผนที่กริดแสดงคาร์บอนครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยทำการแบ่งกลุ่มปริมาณการกักเก็บต่อแปลงที่แตกต่างกัน การวิจัยทำการแบ่งแปลงออกทั้งหมด 10 กลุ่ม ต่อปริมาณการกักเก็บที่แตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ป่าวนอุทยานภูแฝก

## 2.4 ข้อมูลดาวเทียม Sentinel – 2

กลุ่มดาวเทียม Sentinel-2 ประกอบด้วย ดาวเทียม Sentinel-2A และดาวเทียม Sentinel-2B เป็นดาวเทียมที่บันทึกข้อมูลค่าสะท้อนของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวโลก มีเป้าหมายคือ การตรวจสอบทางบกและทางทะเลการทำแผนที่ภัยธรรมชาติการสังเกตการณ์น้ำแข็งในทะเลการตรวจจับเรือ ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 60 เมตร ระบบในการบันทึกค่าการสะท้อนของกลุ่มดาวเทียม Sentinel-2 เก็บรวบรวมภาพอย่างต่อเนื่องจากดาวเทียมสังเกตการณ์โลกสองดวงซึ่งสามารถส่งข้อมูลภาพไปยังสถานีฐานที่ตั้งบนโลกทุก 5 – 7 วัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2 ตารางที่ 2.2 ระบบในการบันทึกค่าการสะท้อนของกลุ่มดาวเทียม Sentinel-2

| SENTINEL-2 BANDS            | SENTINEL-2A             |                | SENTINEL-2B             |                |                        |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|
|                             | Central Wavelength (nm) | Bandwidth (nm) | Central wavelength (nm) | Bandwidth (nm) | Spatial resolution (m) |
| Band 1 – Coastal AEROSOL    | 442.7                   | 21             | 442.2                   | 21             | 60                     |
| BAND 2 – BLUE               | 492.4                   | 66             | 492.1                   | 66             | 10                     |
| BAND 3 – GREEN              | 559.8                   | 36             | 559.0                   | 36             | 10                     |
| BAND 4 – RED                | 664.6                   | 31             | 664.9                   | 31             | 10                     |
| Band 5– Vegetation Red EDGE | 704.1                   | 15             | 703.8                   | 16             | 20                     |
| Band 6– Vegetation Red EDGE | 740.5                   | 15             | 739.1                   | 15             | 20                     |
| Band 7– Vegetation Red EDGE | 782.8                   | 20             | 779.7                   | 20             | 20                     |

| SENTINEL-2 BANDS       | SENTINEL-2A             |                | SENTINEL-2B             |                |                        |
|------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|------------------------|
|                        | Central Wavelength (nm) | Bandwidth (nm) | Central wavelength (nm) | Bandwidth (nm) | Spatial resolution (m) |
| BAND 8 – NIR           | 832.8                   | 106            | 832.9                   | 106            | 10                     |
| Band 8A NIR            | 864.7                   | 21             | 864.0                   | 22             | 20                     |
| Band 9–Water VAPOUR    | 945.1                   | 20             | 943.2                   | 21             | 60                     |
| Band 10– SWIR – CIRRUS | 1373.5                  | 31             | 1376.9                  | 30             | 60                     |
| BAND 11 – SWIR         | 1613.7                  | 91             | 1610.4                  | 94             | 20                     |
| BAND 12 – SWIR         | 2202.4                  | 175            | 2185.7                  | 185            | 20                     |

## 2.5 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลดาวเทียม

### 2.5.1 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices)

ดัชนีพืชพรรณเป็นเทคนิคแบบง่ายสำหรับใช้เพื่อสกัดสารสนเทศเชิงปริมาณของปริมาณพืชพรรณหรือความเป็นสีเขียว (Greenness) ในแต่ละจุดภาพของข้อมูลภาพดัชนีพืชพรรณจะเกี่ยวข้องกับสารสนเทศเชิงคลื่นของ 2 แบนด์ หรือมากกว่า โดยแบนด์หนึ่งจะเป็นข้อมูลจากความยาวคลื่นช่วงแสงสีแดง (RED) ซึ่งคลอโรฟิลล์ของพืชสีเขียวจะดูดกลืนพลังงานและอีกแบนด์หนึ่งจะเป็นข้อมูลจากความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ที่พืชพรรณไม่ดูดกลืนพลังงานแต่จะเกิดการกระเจิงจากโครงสร้างของใบ การรวมข้อมูลจาก 2 แบนด์จะช่วยเพิ่มสัญญาณของพืชพรรณและลดอิทธิพลของสิ่งที่มีใช้พืชพรรณให้น้อยที่สุด

### 2.5.2 ดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ Ratio Vegetation Index (RVI)

เป็นการทำสัดส่วนระหว่างสองช่วงคลื่นอย่างง่าย ๆ คือ นำเอาช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาหารด้วยช่วงคลื่นตามองเห็นสี มีสมการดังนี้ (1)

$$RVI = \frac{NIR}{RED} \quad (1)$$

โดยที่ RVI = ดัชนีพืชพรรณ

NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

2.5.3 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

Rouse, et al. (1974) ได้พัฒนาค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ขึ้นเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง (Jensen, 2007) เพราะสามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชในช่วงเวลาระหว่างฤดูกาลและในช่วงแต่ละปีได้ใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพและค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบในสังคมพืชได้ดีและในการใช้งานไม่ต้องการข้อมูลอย่างอื่นประกอบ เช่น ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลปรับแก้ค่าต่าง ๆ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในเก็บข้อมูลเพิ่มในการคำนวณใช้ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาคำนวณ ดังสมการ (2)

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

เมื่อ NIR คือค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band)

R คือค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)

2.5.4 ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI)

ซึ่งพัฒนาจากดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อแก้ปัญหาค่าสะท้อนพลังงานแสงของดิน ดังสมการ (3)

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} (1 + L) \quad (3)$$

โดยที่ L มีค่าเป็น 0 สำหรับพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่นและค่าเป็น 1 สำหรับพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมเบาบาง

2.5.5 ดัชนีวัดถึงปริมาณมวลชีวภาพ (transformed normalized difference vegetation index: TNDVI)

เป็นการศึกษาถึงคุณภาพการปกคลุมของพืชขาว โดย TNDVI จากข้อมูลภาพดาวเทียมแล้วทำการคำนวณภายใต้ รากที่สองที่มีการนำเอาผลต่างระหว่างแบนด์อินฟราเรดกับ แบนด์สีแดงหารด้วยผลรวมระหว่างแบนด์อินฟราเรดกับแบนด์สีแดง จากนั้นนำผลหารมาบวกด้วย ค่าคงที่ 0.5 (Deering et al., 1975) การคำนวณดัชนีพืชพรรณ โดยปกติให้ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.2247 (ดวงรัตน์, 2556) ดังสมการต่อไปนี้ ดังสมการที่ (4)

$$TNDVI = \sqrt{\frac{NIR-RED}{NIR+RED}} + (0.5) \quad (4)$$

เมื่อ NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

RED = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

## 2.6 อัลกอริทึมสำหรับการเรียนรู้เครื่องจักร ( Machine learning Algorithm)

### 2.6.1 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

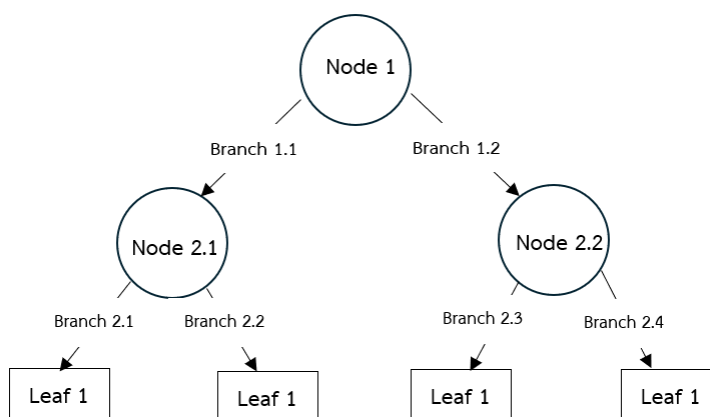
ต้นไม้จะประกอบด้วยโหนดแทนคุณลักษณะและโหนดล่างสุดแทนหมวดหมู่ การสร้างกิ่งสาขาจะพิจารณาจากค่าความจริงของคุณลักษณะ โดยค่าที่ใช้จะมาจากการคำนวณจากค่า Information Gain การสร้างต้นไม้ตัดสินใจ C4.5 ใช้ค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain Ratio) เพื่อเลือกคุณลักษณะที่จะใช้เป็นรากหรือโหนด ถ้าให้ชุดข้อมูล M ประกอบด้วยค่าที่เป็นไปได้คือ  $\{m_1, m_2, \dots, m_n\}$  และให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่า  $m_1$  มีค่าเท่ากับ  $P(m_1)$  จะได้ว่าค่าเกนสารสนเทศ (Information Gain) ของ M เขียนแทนด้วย  $I(M)$  คำนวณได้ดัง (พรพล ธรรมรงค์รัตน์, 2008) สมการ (5)

$$E(M) = \sum_{i=1}^M -P(m_i) \log_2 P(m_i) \quad (5)$$

จากนั้นคำนวณค่าสารสนเทศของการแบ่งแยก (Split information) ของคุณลักษณะแต่ละตัว ถ้าให้ T คือ ชุดของตัวอย่าง เมื่อแบ่งตัวอย่างนี้ตามคุณลักษณะ x จะได้ชุดของตัวอย่างย่อยในแต่ละกิ่ง คือ  $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  จำนวน n ชุด ตามค่าที่เป็นไปได้ในคุณสมบัติ x เมื่อคำนวณค่าสารสนเทศของการแบ่งแยกได้ดังสมการ (6)

$$\text{Split Infomation} = \sum_{i=1}^n \frac{|t_i|}{|T|} \log_2 \frac{|t_i|}{|T|} \quad (6)$$

คำนวณค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain ratio) ได้จาก  $\text{Gain Ratio} = \text{Gain} - \text{Split Information}$  ท้ายสุดจึงเลือกค่า Gain ratio สูงสุดเป็นคุณลักษณะเริ่มต้น และเลือกคุณสมบัติถัดไปตามค่า Gain ratio น้อยลงตามลำดับ

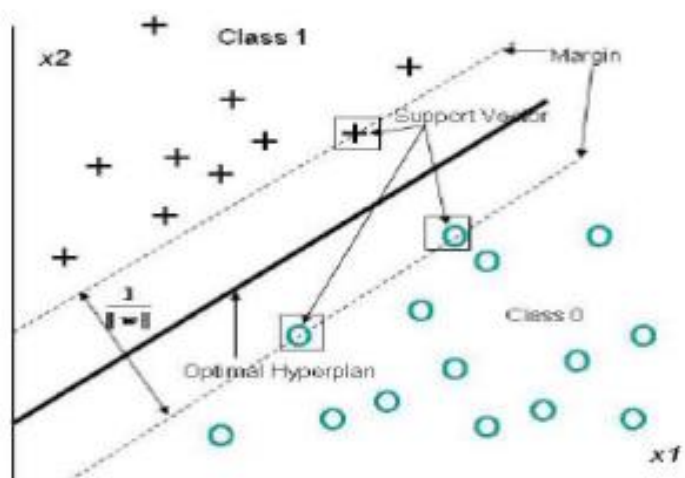


ภาพประกอบที่ 2.2 ต้นไม้ตัดสินใจ

## 2.6.2 ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

หลักการของวิธีการนี้ใช้เพื่อหาระนาบการตัดสินใจในการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน โดยใช้สมการเส้นตรงเพื่อแบ่งเขตข้อมูล 2 กลุ่มออกจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์ที่พยายามที่จะทำการลดความผิดพลาดจากการทำนาย (Minimize error) พร้อมกับเพิ่มระยะแยกแยะให้มากที่สุด (Maximized Margin) ซึ่งต่างจากเทคนิคโดยทั่วไปเช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ที่มุ่งเพียงทำให้ความผิดพลาดจากการทำนายให้ต่ำที่สุดเพียงอย่างเดียว โดยจะใช้ฟังก์ชันแมปข้อมูลจาก Input Space ไปยัง Feature Space และสร้างฟังก์ชันวัดความคล้ายที่เรียกว่าเคอร์เนลฟังก์ชัน (Kernel Function) บน Feature Space เหมาะใช้สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะมิติของข้อมูลที่มีปริมาณมาก โดยกำหนดให้  $(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$  เป็นตัวอย่างที่ใช้สำหรับการสอน  $n$  คือ จำนวนข้อมูล ตัวอย่าง  $m$  คือ จำนวนมิติข้อมูลเข้า และ  $y$  คือ ผลลัพธ์มีค่า  $+1$  หรือ  $-1$  (พรพล ธรรมรงค์รัตน์, 2008) ดังสมการ  $(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$  เมื่อ  $x \in R^m$ ,  $y \in \{+1, -1\}$

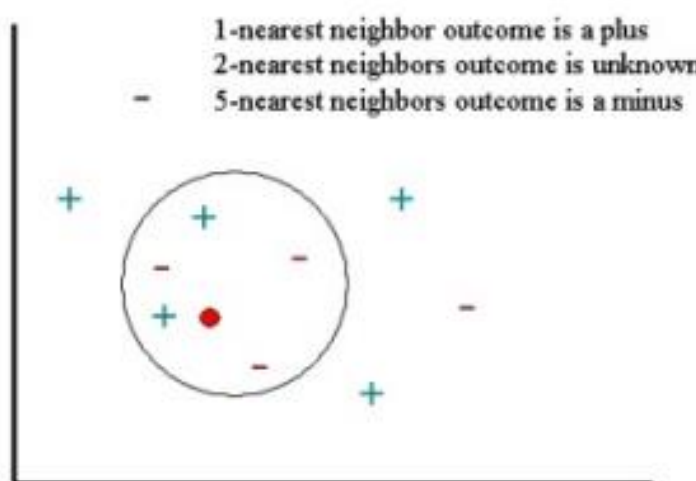
สำหรับปัญหาเชิงเส้น มิติข้อมูลขนาดสูงได้ถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยระนาบตัดสินใจ ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ และเมื่อ  $w$  คือ ค่าน้ำหนักและ  $b$  คือค่า bias สมการ ใช้สำหรับจำแนกประเภทของข้อมูล  $(w \cdot x) + b = 0$  โดย  $(w \cdot x) + b > 0$  ถ้า  $y_i = +1$  และ  $(w \cdot x) + b < 0$  ถ้า  $y_i = -1$  อย่างไรก็ตามซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนมีเคอร์เนลฟังก์ชัน (Kernel Function) ที่ผู้สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลายวิธีโดยผู้วิจัยต้องเลือกเคอร์เนลให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล



ภาพประกอบที่ 2.3 ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

### 2.6.3 วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

หลักการของวิธีการนี้จะจำแนกประเภทข้อมูลโดยขึ้นกับข้อมูลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงที่สุด K ตัวจากข้อมูลบนชุดข้อมูลตัวอย่างทำงานโดยขึ้นกับระยะทางน้อยสุดจากสมาชิกใหม่ หรือข้อมูลที่ป้อนถาม (input query instance) กับข้อมูลตัวอย่างฝึกฝน จะคำนวณหาเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว หลังจากนั้นเราจะรวบรวมสมาชิกที่ใกล้เคียงที่สุด K ตัวแล้วเลือกคลาสที่สมาชิกส่วนใหญ่ที่สุดในกลุ่ม K ดังกล่าวสังกัดอยู่มากที่สุดให้กับสมาชิกใหม่ การนำระยะทางที่หาได้จากสมาชิกใน ข้อมูลตัวอย่างฝึกฝน มาเรียงลำดับจากน้อยไปหามากแล้วเลือกสมาชิกที่มีระยะทาง (Distance) ใกล้เคียงที่สุดออกมา K ตัว โดยใช้การวัดระยะทางแบบ Euclidean distance มี หลักการคือ การวัดระยะทางระหว่างสองวัตถุ ถ้าวัตถุห่างกันมากแสดงว่าวัตถุนั้นมีความคล้ายกันน้อย ถ้ามีค่าน้อยก็แสดงว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก



ภาพประกอบที่ 2.4 วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jensen and Binford (2004) ใช้ดาวเทียม Landsat TM ทำการหาค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบโดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยทำการเปรียบเทียบกรณีที่ใช้ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน ดัชนีพืชพรรณสัดส่วนธรรมชาติและดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Greenness Vegetation Index: GVI) ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุและโครงข่ายประสาทเทียม โดยสองกรณีหลังได้ใช้ช่วงคลื่นที่ 1 -5 และ 7 ในการสร้างแบบจำลองผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถประมาณ 17 ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบได้ละเอียดที่สุด ซึ่งให้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.672

Heiskanen (2006) ทำการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและดัชนีพื้นที่ผิวใบของต้นไม้บนภูเขา ในประเทศฟินแลนด์ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในหลายระบบนิเวศ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม ASTER ทำการเก็บข้อมูลสนาม 128 จุด และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ป่าและข้อมูลจากดาวเทียม ASTER ทำการคำนวณโดยใช้การวิเคราะห์แบบ Linear and Non - Linear Regression Analysis ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพ ดัชนีพื้นที่ผิวใบและข้อมูลจากดาวเทียม ASTER พบว่า การประมาณค่ามวลชีวภาพโดยการวิเคราะห์แบบ Non-Linear Regression ให้ค่าที่ดีกว่า โดยมีค่าจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์ที่สูง ( $r^2=0.85$ ) รองลงมา คือค่าจากดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน ( $R^2= 0.83$ ) ส่วนการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยค่าจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์ค่าความสัมพันธ์สูงที่สุดเช่นเดียวกัน ( $R^2= 0.83$ ) รองลงมาคือค่าจากดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน ( $R^2= 0.81$ )

Cho, et al. (2007) ทำการศึกษาการใช้งานเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งส่วนเปรียบเทียบกับประมาณโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบตัวแปรเดียว (Univariate linear Regression) ซึ่งใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์และตำแหน่งขอบแดง (REP) ในการทำการประมาณค่ามวลชีวภาพของทุ่งหญ้า/สมุนไพรรในการวิเคราะห์จะแบ่งข้อมูลมวลชีวภาพที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเป็น 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Calibration Data Set) จำนวน 30 ค่า และชุดข้อมูลในการทดสอบแบบจำลอง (Test Data Set) จำนวน 12 ค่าผลการทดลองจากการวิเคราะห์การถดถอยจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์ซึ่งคำนวณจากช่วงคลื่น 740 และ 771 nm ให้ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard Error of Prediction, SEP) เท่ากับ 264  $g\ m^{-2}$  ซึ่งมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับผลการทดลองจากการวิเคราะห์การถดถอยจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์ทั่วไป ซึ่งใช้ช่วงความยาวคลื่น 665 และ 801 nm ซึ่งได้ค่า SEP เท่ากับ 331  $g\ m^{-2}$  ในขณะที่การประมาณค่ามวลชีวภาพโดยการวิเคราะห์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งส่วนให้ค่า SEP อยู่ในช่วง 149 ถึง 256  $g\ m^{-2}$  ซึ่งมีค่าต่ำ

กว่า กรณีใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มัลไลซ์และตำแหน่งขอบแดง จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการวิเคราะห์การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งส่วนเป็นทางเลือกที่ดีกว่า การใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบตัวแปรเดียว

โชติการ ดิขลิกุล และคณะ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา Sentinel-1 : พื้นที่ศึกษา อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ด้วยซอฟต์แวร์ SNAP (ESASentinel Application Platform) จากองค์การอวกาศยุโรป (ESA) ซึ่งเป็น Open Source Software โดยทำการจำแนกข้อมูลโดยใช้ RandomForest ทดลองว่า polarization ใดให้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดผลการวิจัยพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มข้อมูลสามารถจำแนกได้ดีโดยเฉพาะ Polarization VH กับ VV เมื่อนำมาประมวลผลด้วยโมเดล Random Forest โดยได้ผลการทดสอบโมเดล Correct Prediction 88.74 %สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวด้วยความถูกต้อง 88.86 % และมีค่า Error Rate น้อยที่สุดในการกลุ่มทดสอบ ที่ 11.14 % เมื่อทดสอบความถูกต้องกับข้อมูลภาคสนาม มีความถูกต้องที่ร้อยละ 87.65

Clauss et al. (2561) ได้ทำการศึกษาการประเมินผลผลิตข้าว ช่วงเวลา 3 ฤดูกาลของปีพ.ศ. 2558 ในพื้นที่ปากแม่น้ำโขง ประเทศเวียดนาม โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-1 ในการจำแนกข้อมูลโดยใช้ Random Forest เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวและคาดการณ์ของผลผลิตที่จะได้ในฤดูกาลนั้น ๆ โดยค่าที่ได้มีความสอดคล้องกับข้อมูลในระดับอำเภอที่รวบรวมจากสำนักงานสถิติจังหวัดที่มี R<sup>2</sup>s สำหรับฤดูหนาวถึงฤดูใบไม้ผลิมีค่าเท่ากับ 0.93, สำหรับฤดูร้อนถึงฤดูใบไม้ร่วง เท่ากับ 0.86 สำหรับฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว 0.87

ศศิธร ฉัตรสุภารัตน์ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกอ้อย ในพื้นที่อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat ในปีพ.ศ.2540 พ.ศ.2549 พ.ศ.2556 และ พ.ศ.2559 ซึ่งใช้วิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification) และทำการตรวจสอบความ ถูกต้องของการจำแนกจากภาพ Google earth กรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลการลงสำรวจภาคสนาม ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า พื้นที่อ้อย ในปีพ.ศ.2559 มีพื้นที่สูงสุดเท่ากับ 171,200.27 ไร่ ในปีพ.ศ.2540 มีพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าธรรมชาติสูงสุดเท่ากับ 124,773.12 และ 30,902.1 ไร่ ตามลำดับ การปลดปล่อยก๊าซ พบว่า พื้นที่ เกษตรกรรมปีพ.ศ.2540 กับ พ.ศ.2559 มีค่าเท่ากับ - 0.44 เทระกรัม ส่วนพื้นที่อ้อยและป่าธรรมชาติกักเก็บก๊าซ เท่ากับ 0.47 เทระกรัม (Tg) และ 0.26 เทระกรัม (Tg) ตามลำดับ

วิภารัตน์ อัมพะวัน (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณสภาพกายภาพต้นยางพาราจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับในการประมาณสภาพกายภาพของต้นยางพารา มุ่งเน้นไปที่การประมาณค่าความสูง การใช้ภาพถ่ายออร์โธตรวจสอบค่าดัชนีความเขียว โดยจะใช้ข้อมูล Digital Surface Model (DSM) Digital Terrain

Model(DTM) และภาพสือโอไรท์ได้จากภาพถ่ายของอากาศยานไร้คนขับ ผลการศึกษาพบว่าความสูงของต้นยางพาราในสวนยางพาราที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์( $r$ ) แปลงที่ 1 2 และ 3 คือ 0.401 , 0.772 และ 0.932 ตามลำดับ ส่วนค่า  $r$  ในสวนยางพาราที่ 2 แปลงที่ 1 2 และ 3 คือ 0.853 , 0.524 และ 0.620ตามลำดับต้น ค่า RMSEกลุ่มตัวอย่างของสวนยางพาราที่ 1 มีค่า  $\pm 1.009$  เมตร ค่าRMSEกลุ่มตัวอย่างของสวนยางพาราที่ 2 มีค่า  $\pm 1.129$  เมตร

หทัยทิพย์ เงินอิน (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกเพื่อตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้ คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม และเพื่อใช้ในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก โดยใช้ข้อมูลความสูงจากแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (DSM) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DEM)แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) ที่ได้จากการประมวลผลของภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้ คนขับ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้ คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้นมีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยที่ค่า  $R$  เท่ากับ 0.97 และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนามนั้น มีค่า  $\pm 0.51$  เมตร

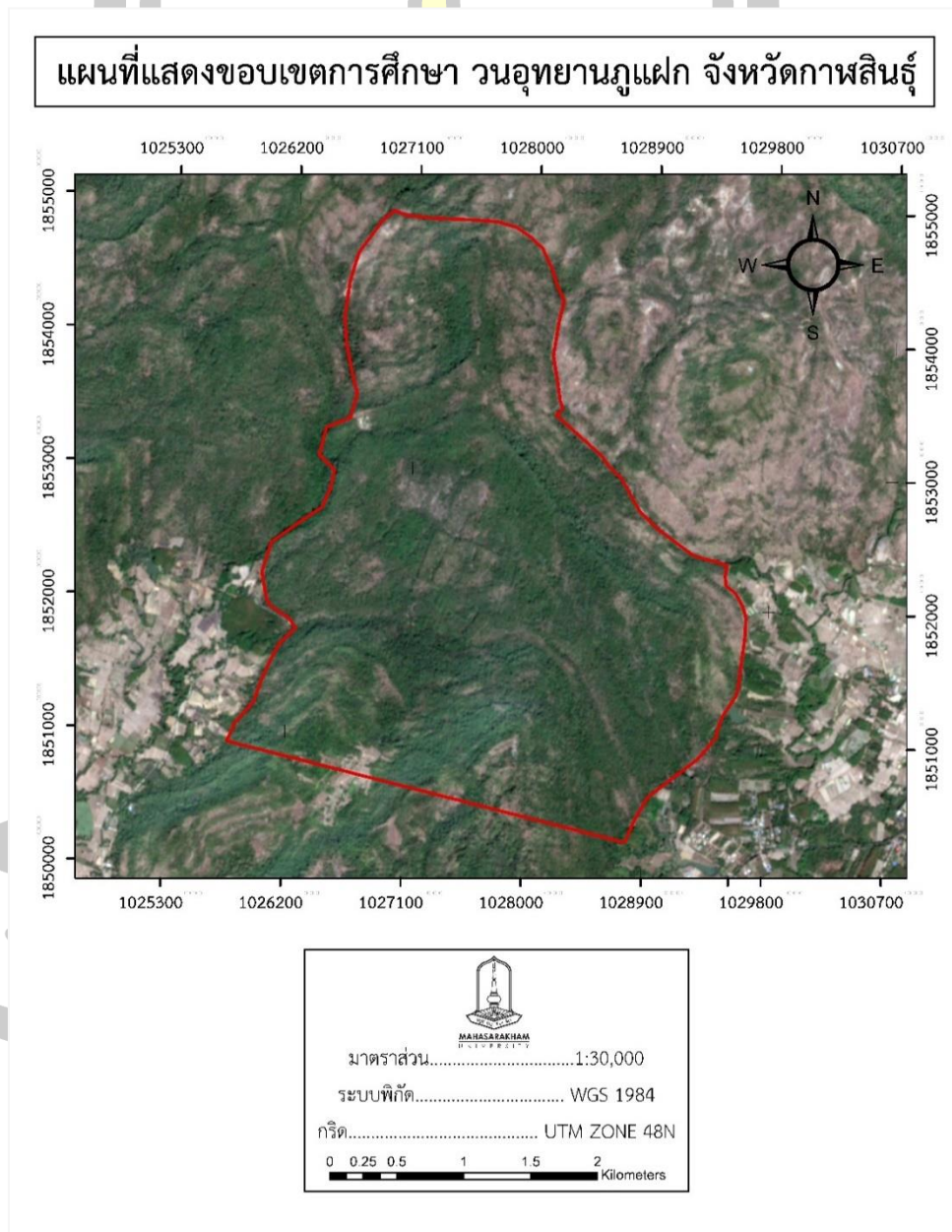


## บทที่ 3

### ขั้นตอนการดำเนินงาน

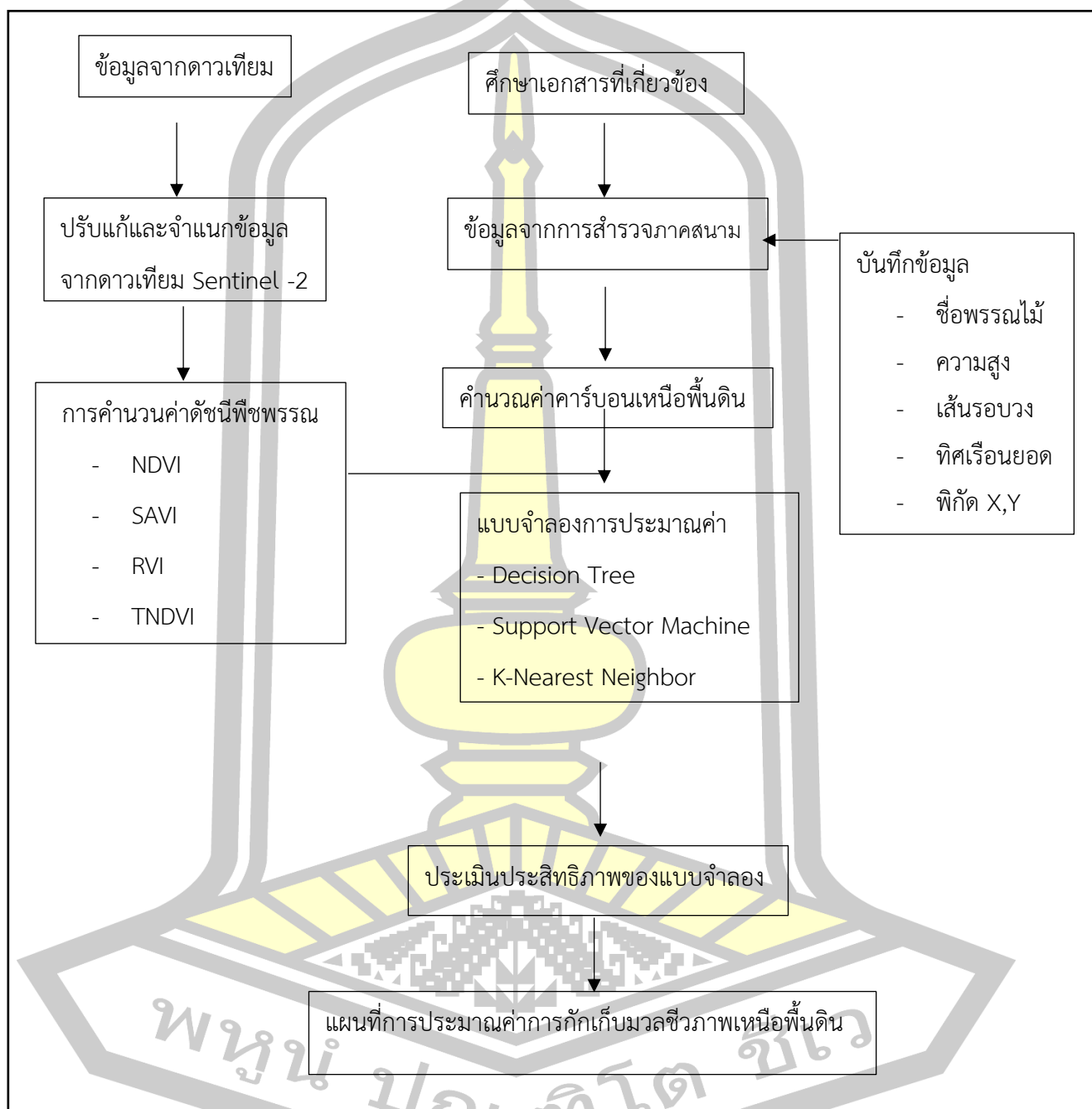
#### 3.1 พื้นที่การศึกษา

วนอุทยานภูแฝกอยู่ในท้องที่บ้านน้ำคำ ตำบลภูแล่นช้าง กิ่งอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าดงห้วยผา มีเนื้อที่ประมาณ 4,062.50 ไร่ จึงได้รับการจัดตั้งเป็นวนอุทยาน โดยกรมป่าไม้ได้ประกาศ เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2540



ภาพประกอบที่ 3.1 พื้นที่การศึกษา

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพประกอบที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.3 วิธีการดำเนินการ

#### 3.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

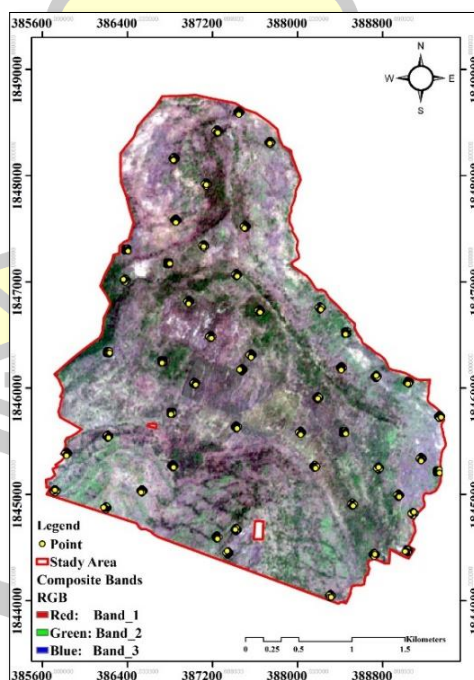
ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับที่ตั้ง อาณาเขต ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และ ลักษณะพืชพรรณป่าไม้ เพื่อกำหนดขอบเขตในพื้นที่การศึกษาวิจัยและเพื่อบางแบบแผนการดำเนินงานในการสำรวจความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่เพื่อใช้เก็บข้อมูลของพรรณไม้ในขอบเขตการศึกษา

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจพรรณไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในพื้นที่ทำการศึกษของการวิจัยและพื้นที่ใกล้เคียงมีการศึกษาพรรณไม้สำหรับการวิเคราะห์ในด้านคาร์บอนหรือกลุ่มงานวิจัยที่มีการวิจัยศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพสำหรับพรรณไม้ ตลอดจนงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลการลงภาคสนาม ผู้วิจัยลงพื้นที่เพื่อทำการวางแผนสำรวจพรรณไม้และหาค่าพิกัด ในบริเวณพื้นที่ป่าวนอุทยานภูแฝก เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.3.2 กำหนดขนาดแปลง

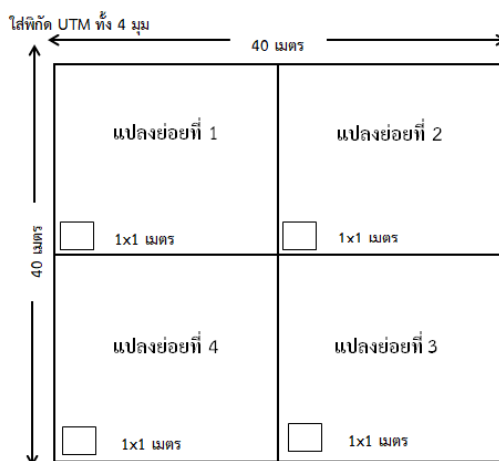
การกำหนดขนาดแปลงตัวอย่างโดยกำหนดขนาดของแปลง เป็น 40x40 เมตร จำนวน 50 แปลง ดังภาพประกอบที่ 3.3



ภาพประกอบที่ 3.3 กำหนดแปลงตัวอย่าง

สำรวจพื้นที่ป่าเพื่อหาตำแหน่งการวางแปลง จึงตีแปลงรอบบริเวณป่าไม้และวางแปลงเก็บและรวบรวมข้อมูล ขนาด 40 x 40 เมตร โดยหันหน้าแปลงไปทางทิศเหนือ บันทึกตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (UTM) ทั้ง 4 มุมของแปลงหลัก เมื่อตีแปลงหลักแล้วทำการตีแปลงย่อยภายในแปลงย่อยอีก 4 แปลงขนาด 20 x 20 เมตร ทำแปลงทดสอบทั้งหมด 50 แปลง

บันทึกข้อมูลพรรณไม้โดยจำแนกจากขนาดเส้นรอบวง (DBH) มากกว่า 30 ซม. เป็นไม้ใหญ่ ส่วนไม้ที่เส้นรอบวงน้อยกว่า 30 ซม. และมีความสูงเกิน 1.30 เมตร เป็นไม้หนุม โดยวัดความสูงจากพื้นดินจนถึงกิ่งแรกโดยวัดที่ระดับความสูง 1.50 ซม. จาก ความสูงทั้งหมด ความกว้างของใบ ลักษณะของต้นไม้ พื้นที่ปกคลุม

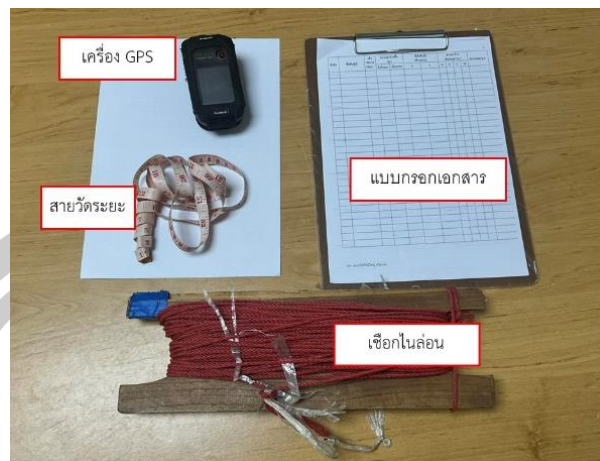


ภาพประกอบที่ 3.4 วิธีการวางแปลงสำรวจพรรณไม้

#### 3.3.4 เครื่องมือวางแปลงสำรวจ

3.3.4.1 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ และแสดงข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม Microsoft Office โปรแกรมทางภูมิสารสนเทศ

3.3.4.2 เครื่องมือวางแปลงสำรวจ เก็บข้อมูล ได้แก่ แผนที่แสดงพื้นที่ป่าไม้ สายวัดระยะ อุปกรณ์ในการจดบันทึกข้อมูล แบบกรอกเอกสาร กล้องถ่ายรูป เชือกไนลอน ไม้แปลง เครื่องระบุ ตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ดังภาพประกอบที่ 3.5



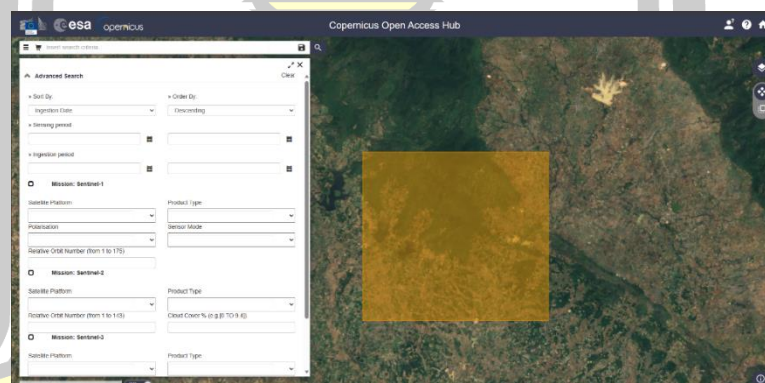
ภาพประกอบที่ 3.5 ตัวอย่างเครื่องมือวางแปลงสำรวจ เก็บข้อมูล

### 3.3.5 การรวบรวมข้อมูลในการวิเคราะห์

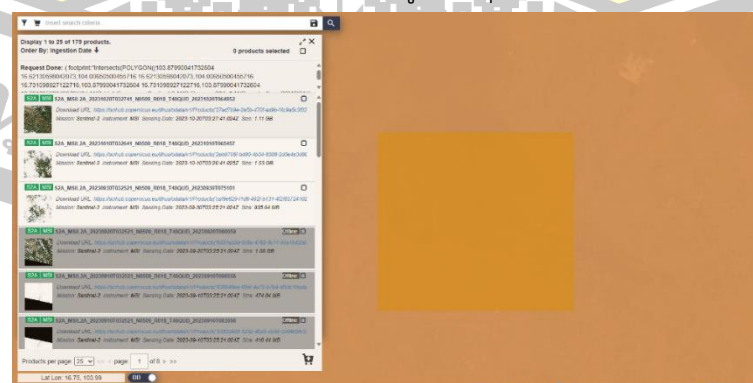
#### 3.3.5.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม Sentinel-2A ข้อมูลพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่

Lat 16.690235 LONG 103.938970 โดย เข้าเว็บไซต์ของ ESA(<https://scihub.copernicus.eu/> )

>>>เลือกพื้นที่ศึกษา >>>กำหนดชุดข้อมูลดาวเทียม >>>ดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ดังภาพประกอบที่ 3.6และ3.7



ภาพประกอบที่ 3.6 กำหนดข้อมูลของชุดดาวเทียมที่ต้องการ



ภาพประกอบที่ 3.7 การดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ตัวอย่าง

| ลำดับ | ชื่อพรรณไม้  | รายละเอียดแปลง |          | เส้นรอบวง | ความสูง | พิกัด  |         |
|-------|--------------|----------------|----------|-----------|---------|--------|---------|
|       |              | แปลง           | แปลงย่อย |           |         | X      | Y       |
| 1     | มะกอกเกลื้อน | 1              | 1.1      | 58        | 9.3     | 389039 | 1846066 |
| 2     | มะกอกเหลี่ยม | 1              | 1.1      | 110       | 7.5     | 389043 | 1846067 |
| 3     | รัง          | 1              | 1.4      | 21        | 9       | 389032 | 1846056 |
| 4     | รัง          | 2              | 2.1      | 95        | 12      | 388741 | 1846110 |
| 5     | ติ้วขาว      | 2              | 2.1      | 30        | 12      | 388742 | 1846122 |
| 6     | มะกอกเกลื้อน | 3              | 3.3      | 99        | 10      | 388397 | 1846175 |
| 7     | ประดู่       | 3              | 3.3      | 40        | 8       | 388397 | 1846180 |
| 8     | หมักม่อ      | 5              | 5.4      | 18        | 9       | 387628 | 1846744 |
| 9     | อ้อยช้าง     | 5              | 5.4      | 20        | 9       | 387628 | 1846738 |
| 10    | รัง          | 7              | 7.2      | 38        | 10      | 387253 | 1844595 |
| 11    | ประดู่       | 7              | 7.2      | 34        | 10      | 387254 | 1844609 |
| 12    | ประดู่       | 8              | 8.4      | 51        | 5       | 386209 | 1845531 |
| 13    | ซาก          | 8              | 8.4      | 85        | 7       | 386211 | 1845536 |

### 3.3.6 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

3.3.6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดัชนีความต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) โดยใช้โปรแกรมทางระบบภูมิสารสนเทศ

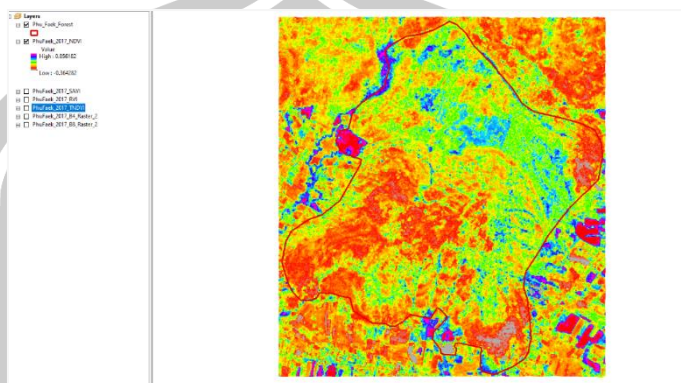
- Add Data ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A >>> คลิก ArcToolbox ไปที่ Spatial Analyst Tools >>> Map Algebra >>> Raster Calculation ทำการคำนวณ ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A จากสูตรการคำนวณคือ

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{NIR+RED}$$

หรือ

$$NDVI = \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)}$$

- Add ภาพ Band8 และ Band4 จากนั้นทำการ คำนวณภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A โดยเลือก Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculation >>> Output Raster เพื่อบันทึกผลการคำนวณ แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3.8



ภาพประกอบที่ 3.8 ผลการคำนวณ NDVI

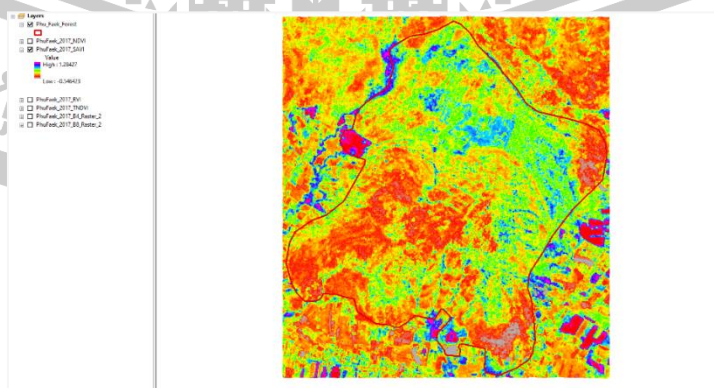
- 3.3.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-Adjusted Vegetation Index: SAVI) โดยใช้โปรแกรมทางระบบภูมิสารสนเทศ - Add Data ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A >>> คลิก ArcToolbox ไปที่ Spatial Analyst Tools >>> Map Algebra >>> Raster Calculation ทำการคำนวณภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A จากสูตรการคำนวณ

$$SAVI = \frac{(1+L) * NIR-RED}{NIR + RED + L}$$

หรือ

$$SAVI = \frac{(1+0.5) * B8 - B4}{B8 + B4 + 0.5}$$

- Add ภาพ Band8 และ Band4 >>> คำนวณภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A >>> Output Raster เพื่อทำการเลือกพื้นที่ทำการบันทึกผลการคำนวณ แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3.9



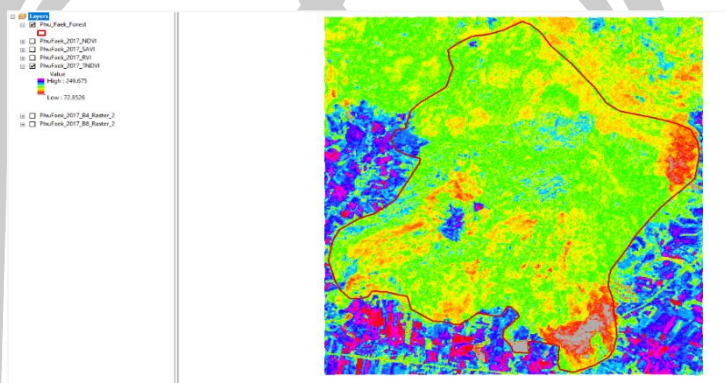
ภาพประกอบที่ 3.9 ผลการคำนวณ SAVI



หรือ

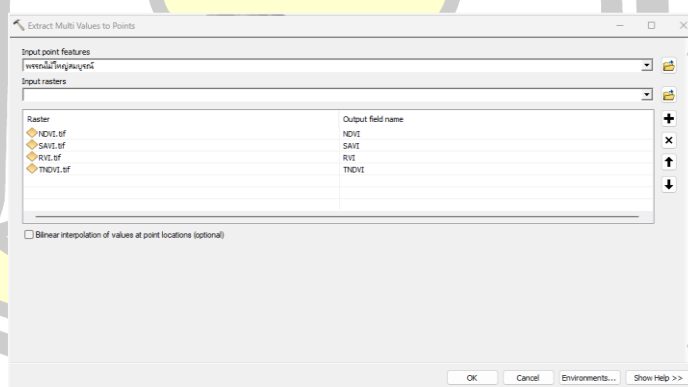
$$TNDVI = \sqrt{\frac{B8 - B4}{B5 + B4}} + 0.5$$

- Add ภาพ Band8 และ Band4 จากนั้นคำนวณภาพถ่ายดาวเทียม sentinel-2A ไปที่ Output Raster ทำการบันทึกผลการคำนวณ แสดงผลดังภาพประกอบที่ 3.11



ภาพประกอบที่ 3.11 ผลคำนวณ TNDVI

3.3.6.5 การดึงค่าข้อมูลจากดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI ของจุดภาพไปยังจุดด้วยโปรแกรม ArcGIS - Extraction ไปที่ Arc Toolbox >>> Spatial Analyst Tools >>> Extraction >>> Extract Multi Values to Points จากนั้นก็ Double Click ไปที่ Extract Values to Points



ภาพประกอบที่ 3.12 วิธีการ Extract Multi Values to Points

| ID | Shape | OBJECTID | perimeter | NDVI     | RVI      | SAVI     | TNDVI    |
|----|-------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 0  | Point | 1        | 540209    | 0.25644  | 0.92791  | 0.570495 | 0.572202 |
| 1  | Point | 2        | 540330    | 0.252358 | 0.947317 | 0.565393 | 0.568043 |
| 2  | Point | 3        | 540331    | 0.239803 | 0.942076 | 0.548575 | 0.549878 |
| 3  | Point | 4        | 540332    | 0.247596 | 0.943805 | 0.558978 | 0.559111 |
| 4  | Point | 5        | 540333    | 0.242838 | 0.952196 | 0.553244 | 0.551928 |
| 5  | Point | 6        | 540334    | 0.202358 | 0.936033 | 0.502887 | 0.483304 |
| 6  | Point | 7        | 540335    | 0.174258 | 1.00141  | 0.467778 | 0.454825 |
| 7  | Point | 8        | 540336    | 0.171491 | 0.981552 | 0.464318 | 0.450901 |
| 8  | Point | 9        | 540337    | 0.165808 | 0.997634 | 0.457216 | 0.443302 |
| 9  | Point | 10       | 540338    | 0.163822 | 1.00709  | 0.454857 | 0.440792 |
| 10 | Point | 11       | 540339    | 0.162336 | 0.999534 | 0.452876 | 0.43869  |
| 11 | Point | 12       | 540340    | 0.165221 | 0.994364 | 0.456481 | 0.442519 |
| 12 | Point | 13       | 540341    | 0.180012 | 0.98721  | 0.474866 | 0.462416 |
| 13 | Point | 14       | 540342    | 0.170647 | 1.00605  | 0.463264 | 0.449768 |
| 14 | Point | 15       | 540343    | 0.153631 | 1.01435  | 0.441995 | 0.427234 |
| 15 | Point | 16       | 540344    | 0.168116 | 0.980286 | 0.462597 | 0.470755 |
| 16 | Point | 17       | 540345    | 0.168878 | 0.970532 | 0.466048 | 0.474553 |
| 17 | Point | 18       | 540346    | 0.175233 | 0.988582 | 0.468985 | 0.45946  |
| 18 | Point | 19       | 540347    | 0.178131 | 0.990254 | 0.472617 | 0.459861 |
| 19 | Point | 20       | 540348    | 0.181265 | 0.98809  | 0.480034 | 0.477848 |
| 20 | Point | 21       | 540349    | 0.194785 | 0.986177 | 0.493433 | 0.482726 |

ภาพประกอบที่ 3.13 แสดงผล Extract Multi Values to Points

### 3.4 วิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

จากการสำรวจข้อมูลวนอุทยานภูแฝกอยู่ในท้องที่บ้านน้ำคำ ตำบลภูแล่นช้าง กิ่งอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ วิเคราะห์ด้วยสมการอัลโลเมตรี

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในต้นไม้โดยวิธีวัดสต็อกของคาร์บอนโดยตรง สมการในการหาน้ำหนักแห้งต้นไม้ (Ogawa et al., 1965)

สมการอัลโลเมตรี

$$W_s = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$$

$$W_b = 0.003489 D^2 H^{1.0270}$$

$$W_{tc} = W_s + W_b$$

$$W_L = (28.0 / W_{tc} + 0.025)^{-1}$$

สูตรคำนวณคาร์บอน

$$= \text{คาร์บอนทั้งสามส่วน (GB)} = (W_s + W_b + W_L)$$

$$= \text{Carbon sequestration} = GB \times 0.47$$

โดย

|          |   |                                              |
|----------|---|----------------------------------------------|
| $W_s$    | = | มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)             |
| $W_b$    | = | มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)              |
| $W_L$    | = | มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)                |
| $W_{tc}$ | = | มวลชีวภาพของลำต้นและกิ่ง (กิโลกรัม)          |
| $D$      | = | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับของ (เซนติเมตร) |
| $H$      | = | ความสูงของต้นไม้ถึงเรือนยอด (เมตร)           |

การคำนวณคาร์บอนด้วยโปรแกรม Microsoft office Excel โดยทำการวิเคราะห์จากข้อมูลพรรณไม้ที่ทำการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม ซึ่งประกอบไปด้วย กันคือ จำนวนรวมแปลงที่ใช้ในการวิเคราะห์

ผลรวมของจำนวนเส้นรอบวงต้นไม้ คือ  $D$  มีหน่วย เป็น Cm.

ผลรวมของจำนวนความสูงของต้นไม้ คือ  $H$  มีหน่วย เป็น m.

### 3.5 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยการเรียนรู้เครื่องจักร

ในกระบวนการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ มีกระบวนการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

เตรียมข้อมูล (Preprocessing): นำเข้าข้อมูลในรูปแบบที่ WEKA รองรับ เช่น ARFF (Attribute-Relation File Format), CSV, เป็นต้น และทำการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) เช่น การจัดการกับค่าที่ขาดหาย (Missing Values), การแปลงข้อมูล (Transformation), และการเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection)

เลือกวิธีการสร้างแบบจำลอง (Selecting a Modeling Technique): เลือกอัลกอริทึมสำหรับการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมกับปัญหา เช่น การจัดหมวดหมู่ (Classification), การถดถอย (Regression), การจัดกลุ่ม (Clustering), การทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining), เป็นต้น

ฝึกแบบจำลอง (Training the Model): ใช้ข้อมูลฝึกอบรม (Training Data) ในการฝึกอัลกอริทึมที่เลือกเพื่อสร้างแบบจำลอง

ประเมินแบบจำลอง (Evaluating the Model): ใช้ข้อมูลทดสอบ (Test Data) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยใช้มาตรวัดเช่น Accuracy, Precision, Recall, F-Measure, เป็นต้น หรือใช้การตรวจสอบไขว้ (Cross-Validation) หรือวิธีการแบ่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อประเมินความเสถียรของแบบจำลอง

ปรับปรุงแบบจำลอง (Improving the Model): ทำการปรับพารามิเตอร์ (Parameter Tuning) หรือเปลี่ยนอัลกอริทึม หากผลการประเมินยังไม่เป็นที่น่าพอใจ และทำการเลือกคุณลักษณะใหม่หรือปรับข้อมูลให้เหมาะสมขึ้น

การนำไปใช้งาน (Deployment)

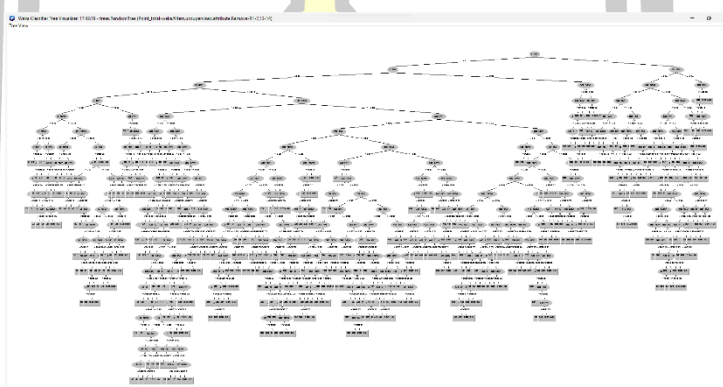
สำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรของแต่ละวิธีมีวิธีการดังนี้

#### 3.5.1. ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินด้วยแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 800 แปลงย่อย และข้อมูลดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ดัชนี คือ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI จากนั้นนำมาวิเคราะห์การประมาณค่า โดยใช้โปรแกรม WAKA ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการสำรวจข้อมูลพรรณไม้ในพื้นที่ตัวอย่าง Decision Tree

| Preprocess                               |                |                  |
|------------------------------------------|----------------|------------------|
| Open file                                | ไฟล์           | Decission.csv    |
| Classify                                 |                |                  |
| Choose                                   | Tree           | Random Tee       |
| Test                                     | ปรับเป็น       | Use training set |
| Select the attribute to use as the Class | Class การทำนาย | Start            |



ภาพประกอบที่ 3.14 ผลการ Classify Random tree

### 3.5.2 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการ

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 800 แปลงย่อย และข้อมูลดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ดัชนี คือ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI จากนั้นนำมาวิเคราะห์การประมาณค่า โดยใช้โปรแกรม WAKA ในการวิเคราะห์

- เลือก Choose ตรงช่อง Classifier และเลือก functions จากนั้นเลือก SMO (ซึ่งเป็นการใช้ SVM ใน WEKA)

- ปรับพารามิเตอร์ของ SVM (Parameter Tuning): คลิกที่ตัวเลือกด้านข้าง SMO เพื่อเปิดหน้าต่างการตั้งค่าพารามิเตอร์ โดย ปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าของ C (Complexity parameter), Kernel Type (เช่น Polynomial, RBF, ฯลฯ) และพารามิเตอร์อื่นๆ ตามความเหมาะสม

- สมการของไฮเปอร์เพลน: โมเดล SVM สามารถแสดงผลได้ในรูปของสมการของไฮเปอร์เพลน สำหรับกรณีที่ใช้ Kernel แบบเชิงเส้น สมการนี้จะมีรูปแบบ

$$w * x + b = 0$$

ค่าของ  $w$  และ  $b$  จะถูกกำหนดจากกระบวนการฝึกโมเดล

- แบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Data Splitting): เลือกวิธีการประเมินผล (Evaluation) ที่ช่อง Test options เลือกใช้ Cross-validation (เช่น 10-fold cross-validation) หรือ Percentage split (เช่น 70% สำหรับการฝึก และ 30% สำหรับการทดสอบ)

- ฝึกและประเมินแบบจำลอง (Training and Evaluation)

- วิเคราะห์ผลลัพธ์ (Result Analysis): ดูผลการประเมินผลจากการทดสอบ เพื่อเข้าใจถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง SVM หากผลลัพธ์ไม่เป็นที่พอใจ สามารถปรับพารามิเตอร์และทำการฝึกใหม่

- การนำแบบจำลองไปใช้งาน (Deployment):

3.5.3 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 800 แปลงย่อย และข้อมูลดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ดัชนี คือ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI จากนั้นนำมาวิเคราะห์การประมาณค่า โดยใช้โปรแกรม WAKA ในการวิเคราะห์ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- เตรียมข้อมูล (Data Preparation)

- เลือกอัลกอริธึม K-NN (Selecting K-NN Algorithm): ไปที่แท็บ Classify เลือก Choose ตรงช่อง Classifier และเลือก lazy จากนั้นเลือก IBk (ซึ่งเป็นการใช้ K-NN)

- ปรับพารามิเตอร์ของ K-NN (Parameter Tuning): ปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่า K (จำนวนของเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด), วิธีการวัดระยะทาง (เช่น Euclidean, Manhattan), และวิธีการลงคะแนนเสียง (เช่น majority voting, weighted voting)

- สมการของไฮเปอร์เพลน: โมเดล SVM สามารถแสดงผลได้ในรูปของสมการของไฮเปอร์เพลน สำหรับกรณีที่ใช้ Kernel แบบเชิงเส้น สมการนี้จะมีรูปแบบ

$$w * x + b = 0$$

- ค่าของ  $w$  และ  $b$  จะถูกกำหนดจากกระบวนการฝึกโมเดล

- แบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Data Splitting): เลือกวิธีการประเมินผล (Evaluation) ที่ช่อง Test options เลือกใช้ Cross-validation (เช่น 10-fold cross-validation) หรือ Percentage split (เช่น 70% สำหรับการฝึก และ 30% สำหรับการทดสอบ)

- ฝึกและประเมินแบบจำลอง (Training and Evaluation)

- วิเคราะห์ผลลัพธ์ (Result Analysis) ดูผลการประเมินผลจากการทดสอบ เพื่อเข้าใจถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง SVM หากผลลัพธ์ไม่เป็นที่พอใจ สามารถปรับพารามิเตอร์และทำการฝึกใหม่

- การนำแบบจำลองไปใช้งาน (Deployment)

3.5.4 วิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 800 แปลงย่อย และข้อมูลดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ดัชนี คือ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI จากนั้นนำมาวิเคราะห์การประมาณค่า โดยใช้โปรแกรม WAKA ในการวิเคราะห์ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

เตรียมข้อมูล (Data Preparation)

เลือกอัลกอริธึม K-NN (Selecting K-NN Algorithm) ไปที่แท็บ Classify เลือก Choose ตรงช่อง Classifier และเลือก lazy จากนั้นเลือก IBk (ซึ่งเป็นการใช้ K-NN)

ปรับพารามิเตอร์ของ K-NN (Parameter Tuning): ปรับพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่า K (จำนวนของเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด), วิธีการวัดระยะทาง (เช่น Euclidean, Manhattan), และวิธีการลงคะแนนเสียง (เช่น majority voting, weighted voting)

แบ่งข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Data Splitting): เลือกวิธีการประเมินผล (Evaluation) ที่ช่อง Test options เลือกใช้ Cross-validation (เช่น 10-fold cross-validation) หรือ Percentage split (เช่น 70% สำหรับการฝึก และ 30% สำหรับการทดสอบ)

ฝึกและประเมินแบบจำลอง (Training and Evaluation)

วิเคราะห์ผลลัพธ์ (Result Analysis): ดูผลการประเมินผลจากการทดสอบ เพื่อเข้าใจถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง K-NN หากผลลัพธ์ไม่เป็นที่พอใจ สามารถปรับพารามิเตอร์และทำการฝึกใหม่

ลักษณะการทำงานของ K-NN

เมื่อมีข้อมูลใหม่ K-NN จะหาค่าความคล้ายคลึง (หรือระยะทาง) ระหว่างข้อมูลใหม่นี้กับข้อมูลในชุดฝึก

ค่า K กำหนดจำนวนเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดที่ต้องพิจารณา

K-NN จะดูคลาสของเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด K ตัว และใช้วิธีการลงคะแนนเสียง (voting) เพื่อพิจารณาคลาสของข้อมูลใหม่

การทำนายจะเป็นไปตามคลาสที่ได้รับคะแนนเสียงมากที่สุด หรือคลาสที่มีน้ำหนักรวมมากที่สุดในการถ่วงน้ำหนักของ weighted voting

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงาน

ในการศึกษาการประมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยดัชนีพืชพรรณและการเรียนรู้ของซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนวิธีการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์เทคนิคของงานด้านระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ การรับรู้ระยะไกล เข้ามาช่วยในการจัดการกับข้อมูล และวิเคราะห์เชิงข้อมูล และได้ลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้ ในเขตพื้นที่วนอุทยานภูแฝกอยู่ในท้องที่บ้านน้ำคำ ตำบลภูแล่นช้าง กิ่งอำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยมีวิธีการดำเนินงานดังนี้

#### 4.1 ผลการดำเนินงาน

##### 4.1.1 ผลของการวิเคราะห์ค่าคาร์บอนของพรรณไม้

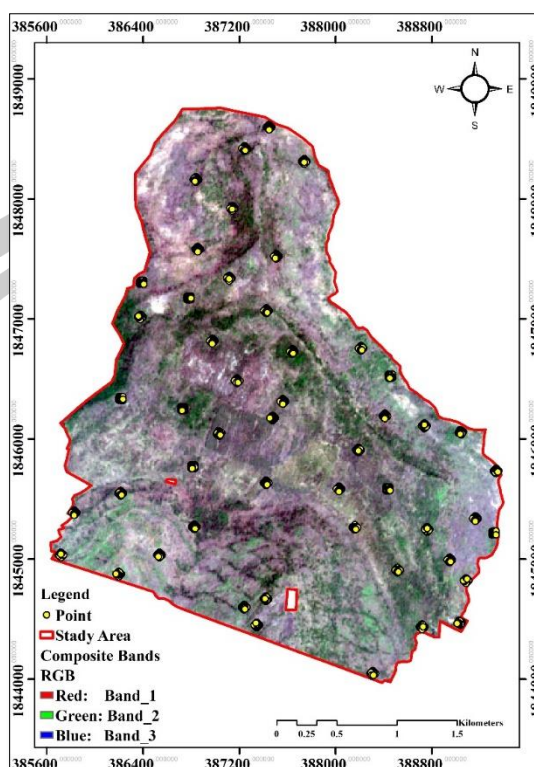
สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการลงภาคสนามเก็บข้อมูลโดยการวางแผนแปลงตัวอย่างสำรวจทั้งหมด 50 แปลงหลัก และแปลงย่อย ขนาด 10x10 เมตร จำนวน 800 แปลงย่อยซึ่งคำนวณค่าน้ำหนักของต้นไม้ตามสมการอัลโลเมตรีสามารถหาน้ำหนัก ดังตารางที่ 4.1 แสดงผลรวมการคำนวณคาร์บอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลรวมการคำนวณคาร์บอนรวม

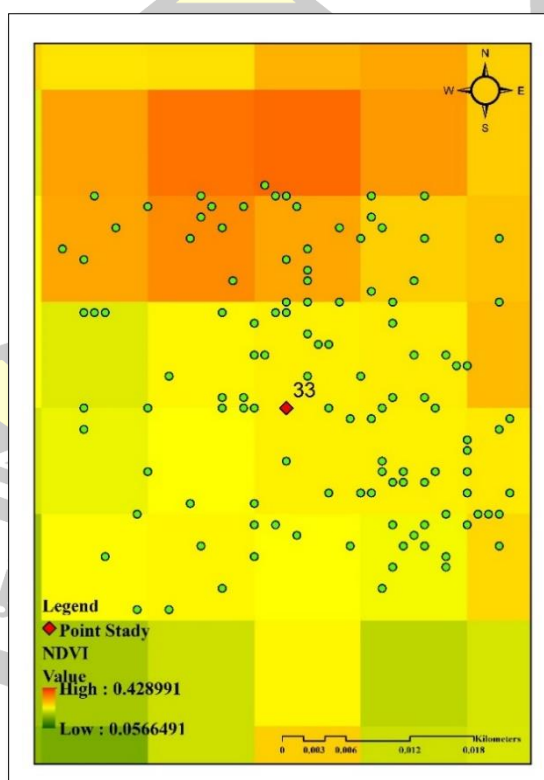
|                        |                        |              |            |
|------------------------|------------------------|--------------|------------|
| มวลชีวภาพส่วนของลำต้น  | $W_s$                  | 3,157,246.62 | กิโลกรัม   |
| มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง   | $W_b$                  | 784,801.01   | กิโลกรัม   |
| มวลชีวภาพส่วนของใบ     | $W_l$                  | 64,093.83    | กิโลกรัม   |
| มวลชีวภาพของลำต้น+กิ่ง | $W_{tc}$               | 3,942,047.64 | กิโลกรัม   |
| AGB                    | $W_s, W_b, W_l$        | 4,006,141.48 | กิโลกรัม   |
| Carbon Sequestration   | $(W_s, W_b, W_l)*0.47$ | 1,882,886.49 | กิโลกรัม   |
| ผลรวม Carbon           |                        | 1,882.88     | ตันคาร์บอน |

##### 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ

การวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณ จากข้อมูลภาพถ่ายทางดาวเทียม Sentinel-2A ข้อมูลพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่ Lat 16.690235 LONG 103.938970 โดยการวิเคราะห์ดัชนี NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าของแต่ละจุด จากแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร ทั้งหมด 800 แปลง ดังภาพประกอบที่ 4.2 แสดงค่าในแต่ละจุดของดัชนีพืชพรรณ

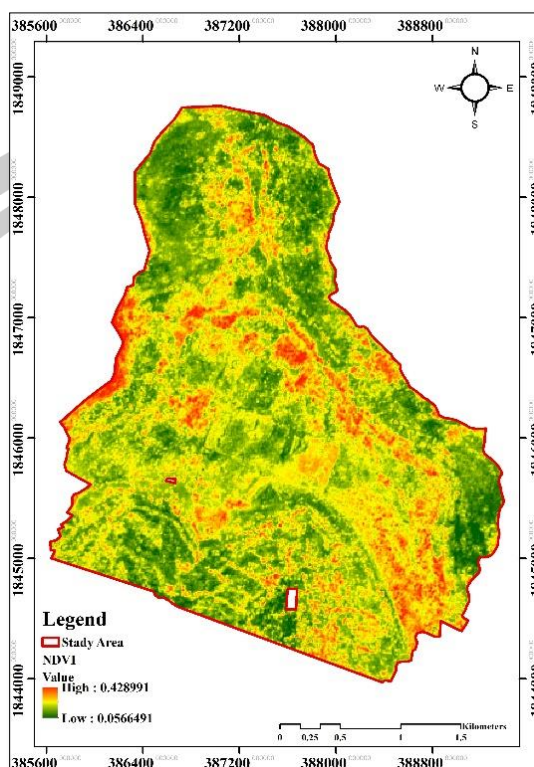


ภาพประกอบที่ 4.1 แสดงแปลงย่อย ขนาด 10x10 เมตร



ภาพประกอบที่ 4.2 แสดงค่าในแต่ละจุดของดัชนีแปลงย่อย 10x10 เมตร

#### 4.2.1 ผลดัชนีความต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

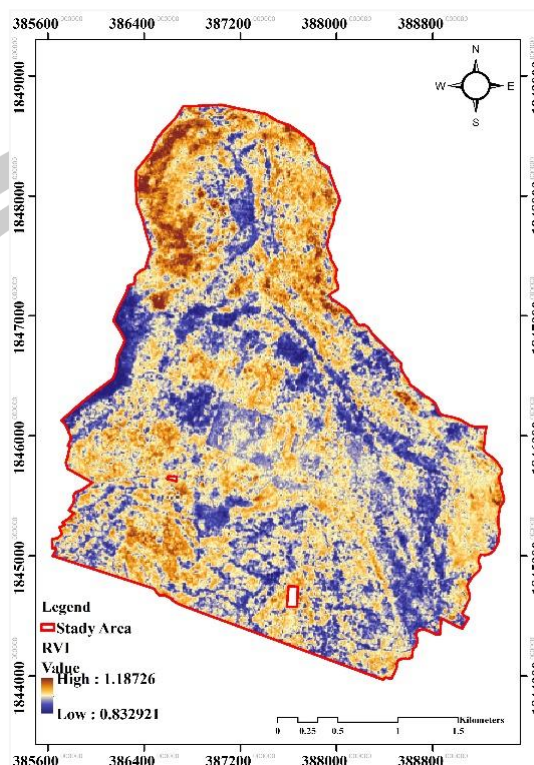


ภาพประกอบที่ 4.3 แผนที่แสดงผลดัชนีความต่างพืชพรรณ NDVI

จากภาพประกอบที่ 4.3 แผนที่แสดงผลดัชนีความต่างพืชพรรณ NDVI จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.0566491 ถึง 0.428991 และได้จำแนกออกได้เป็น 3 ช่วง คือ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.05 - 0.17 โดยพบพรรณไม้ค่อนข้างน้อยมากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โล่งหรือพืชพรรณเกิดขึ้น ณ บริเวณนั้นน้อย หรือเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ บ่อน้ำ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.17 - 0.24 โดยพรรณไม้พบค่อนข้างกลาง พบในบริเวณพื้นที่รอบ ๆ แนวเขตเพื่อการศึกษา หรือเป็นพื้นที่ที่พบพรรณไม้เป็นบางชนิดพรรณ

พหุ ประถมศึกษา

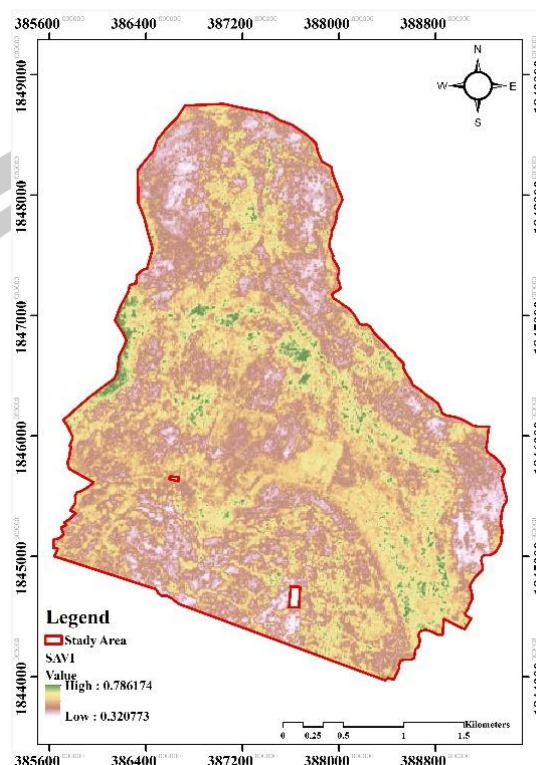
#### 4.2.2 ผลดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ Ratio Vegetation Index (RVI)



ภาพประกอบที่ 4.4 แผนที่แสดงผลดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ RVI

จากภาพประกอบที่ 4.4 แผนที่แสดงผลดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ (Ratio Vegetation Index: RVI) จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.832921 ถึง 1.18726 ในพื้นที่ศึกษามีอัตราส่วนของพืชพรรณ ค่า RVI สูงบ่งบอกถึงสุขภาพพืชพรรณที่ดี ซึ่งหมายถึงการเจริญเติบโตของพืชที่มีประสิทธิภาพและมีคลอโรฟิลล์มาก พืชที่มีสุขภาพดีสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น ซึ่งทำให้พวกมันสามารถดูดซับและกักเก็บคาร์บอนจากบรรยากาศในรูปของคาร์โบไฮเดรตในเนื้อเยื่อพืช สำหรับพื้นที่ที่มี พืชที่มีค่า RVI สูงมักจะมีการผลิตชีวมวลที่สูงขึ้น ซึ่งหมายถึงการสะสมคาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืชทั้งในส่วนเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) เช่น ลำต้น ใบ และผล และในส่วนใต้ดิน (below-ground biomass) เช่น ราก จากภาพประกอบ พบว่าค่า RVI ส่วนมากจะมีค่าสูงอยู่บริเวณตอนเหนือ และค่าที่มี RVI จะอยู่บริเวณพื้นที่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษา

#### 4.2.3 ผลดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-Adjusted Vegetation Index: SAVI)

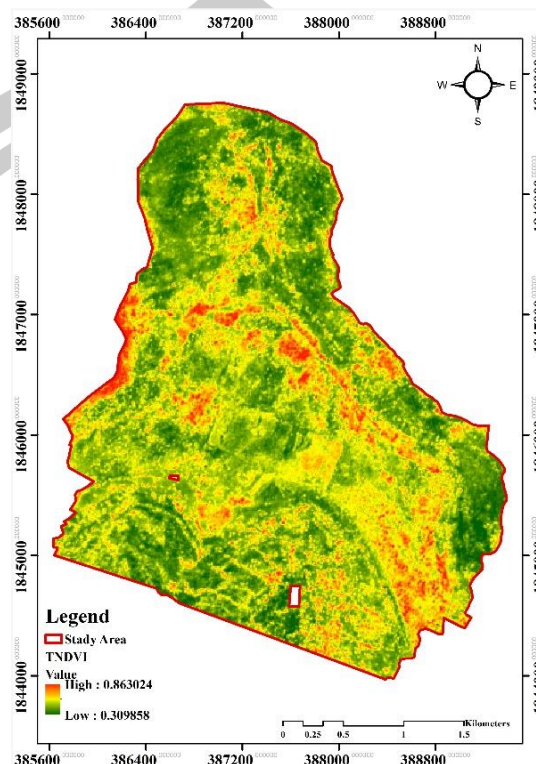


ภาพประกอบที่ 4.5 แผนที่แสดงผลดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน SAVI

จากภาพประกอบที่ 4.5 แผนที่แสดงผลดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-Adjusted Vegetation Index: SAVI) จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.786174 ถึง 0.320773 ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-Adjusted Vegetation Index: SAVI) เป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาของดัชนีพืชพรรณอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบจากการสะท้อนแสงจากพื้นดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีพืชพรรณเบาบางหรือมีพื้นที่เปิดโล่งมาก ค่า SAVI สูงบ่งบอกถึงพืชพรรณที่มีสุขภาพดีและมีการเจริญเติบโตที่ดี การใช้ SAVI ช่วยให้การประเมินสุขภาพพืชพรรณในพื้นที่ที่มีดินเปิดโล่งมีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับดัชนีพืชพรรณอื่น ๆ เช่น NDVI

เนื่องจาก SAVI ให้ค่าที่แม่นยำกว่าในพื้นที่ที่มีพืชพรรณเบาบาง การใช้ SAVI ในการประเมินสุขภาพพืชพรรณจึงช่วยให้การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เหล่านี้ถูกต้องมากขึ้น พืชพรรณที่มีสุขภาพดีมักมีการสะสมคาร์บอนในชีวมวลมากขึ้น ดังนั้น ค่า SAVI สูงจึงสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนที่สูงขึ้น จากภาพประกอบที่ 4.5 พื้นที่ส่วนมากค่า SAVI มีค่าปริมาณปานกลาง ค่อนไปทางค่า SAVI ค่อนข้างต่ำ

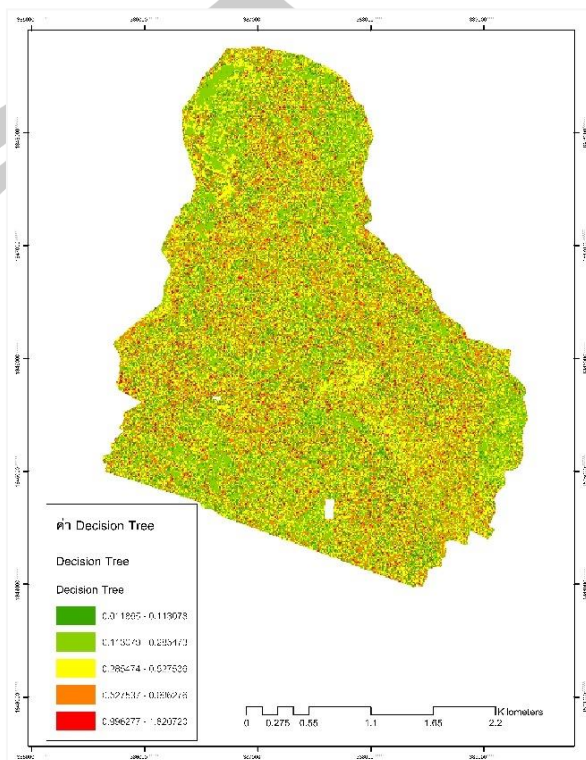
#### 4.2.4 ผลดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณ (Transformed Normalized Difference Vegetation Index: TNDVI)



ภาพประกอบที่ 4.6 แผนที่แสดงผลดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณ TNDVI

จากภาพประกอบที่ 4.6 แผนที่แสดงผลดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณ (Transformed Normalized Difference Vegetation Index: TNDVI) จากการวิเคราะห์ในพื้นที่ทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.309858 ถึง 0.863024 จากการวิเคราะห์ในรายแปลงย่อยขนาด 10X10 เมตร ค่าของดัชนีการเปลี่ยนความต่างพืชพรรณต่ำ อยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.45 ค่า TNDVI สูง บ่งบอกถึงสุขภาพพืชพรรณที่ดีและมีการเจริญเติบโตที่ดี เนื่องจากพืชพรรณที่มีสุขภาพดีจะมีการสะท้อนแสงในช่วง NIR สูงและดูดซับแสงในช่วง RED มาก เนื่องจาก TNDVI มีความสัมพันธ์กับสุขภาพพืชพรรณ ค่า TNDVI สูงจึงบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตที่ดีและสุขภาพพืชพรรณที่ดี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกักเก็บคาร์บอน พืชพรรณที่มีสุขภาพดีสามารถดูดซับและกักเก็บคาร์บอนจากบรรยากาศในรูปของชีวมวล เช่น ลำต้น ใบ และราก ได้มากขึ้น ค่า TNDVI สูง บ่งบอกถึงสุขภาพพืชพรรณที่ดีและมีการเจริญเติบโตที่ดี ซึ่งสัมพันธ์กับการกักเก็บคาร์บอนที่สูงขึ้น จากภาพประกอบที่ 4.6 พบว่า มีค่า TNDVI ต่ำอยู่บริเวณส่วนมากของพื้นที่

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)



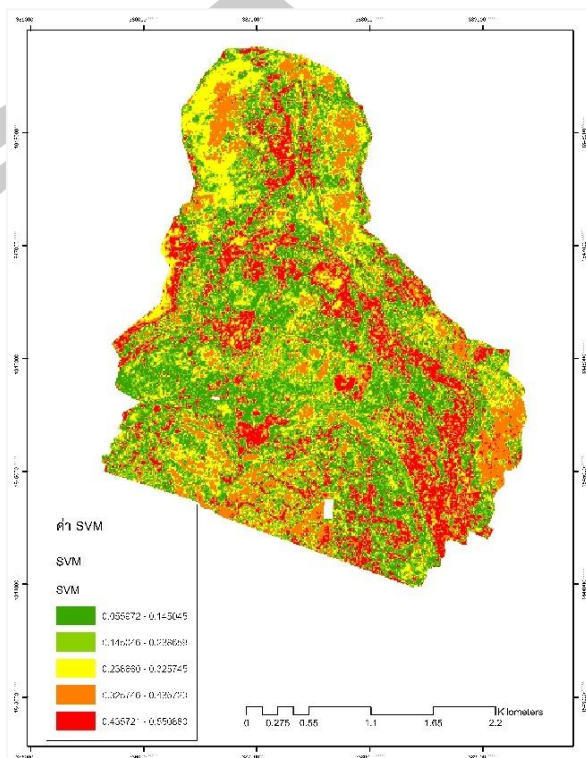
ภาพประกอบที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree การวิเคราะห์แบบ โมเดลของต้นไม้ Random Tree ที่ได้จากการ Classifier model จากค่าของความลึกของต้นไม้อยู่ และค่าผล Prediction จาก Random Tree มีค่า Value high เท่ากับ 2.54218 ต้น/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.0410395 ต้น/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นของค่าคาร์บอนต่อพื้นที่ได้ ผลการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) แสดงดังภาพประกอบที่ 4.7 และผลการตรวจสอบความแม่นยำของโมเดลแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผล Summary แบบ Decision Tree

| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.782 |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.448 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.557 |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.31  |

#### 4.4 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)



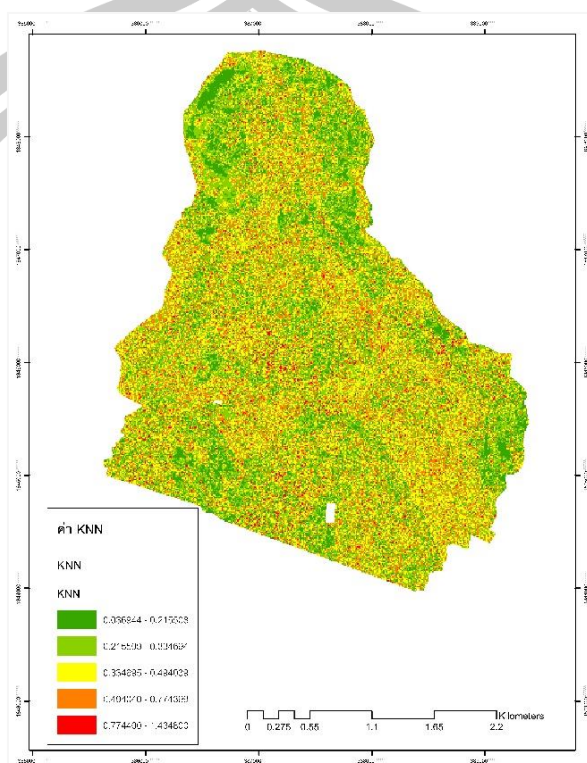
ภาพประกอบที่ 4.8 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

ผลการวิเคราะห์ Support Vector Machine การวิเคราะห์หลักการของวิธีการนี้ใช้เพื่อหาระนาบการตัดสินใจในการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน โดยใช้สมการ เส้นตรงเพื่อแบ่งเขตข้อมูล 2 กลุ่มออกจากกัน มีค่า Value high เท่ากับ 0.550880 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.055572 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นของค่าคาร์บอนต่อพื้นที่ได้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผล Summary แบบ Support Vector Machine

| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.693 |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.298 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.397 |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.158 |

#### 4.5 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)



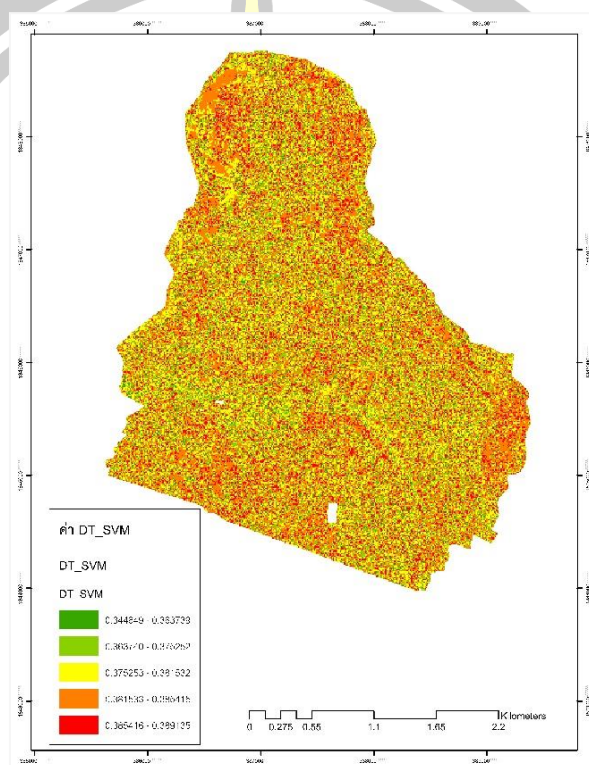
ภาพประกอบที่ 4.9 ผลวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

ผลการวิเคราะห์ K-Nearest Neighbor หลักการของวิธีการนี้จะจำแนกประเภทข้อมูลโดยขึ้นกับข้อมูลที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงที่สุด K ตัว มีค่า Value high เท่ากับ 1.434800 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.039644 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นของค่าคาร์บอนต่อพื้นที่ได้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผล Summary แบบ K-Nearest Neighbor

| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.63  |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.318 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.404 |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.163 |

4.6 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

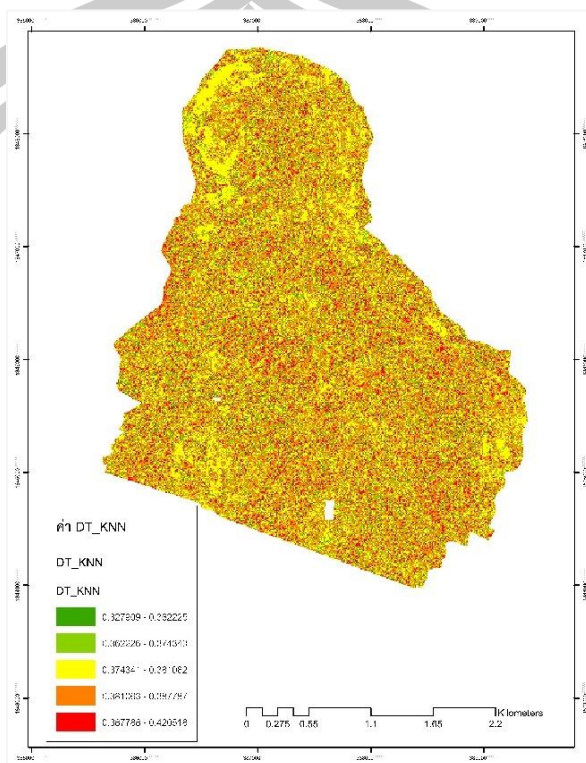


ภาพประกอบที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine)

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ Support Vector Machine มีค่า Value high เท่ากับ 0.389135 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.344649 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผล Summary แบบ Decision Tree และ Support Vector Machine

| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.803 |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.279 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.383 |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.147 |

4.7 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)



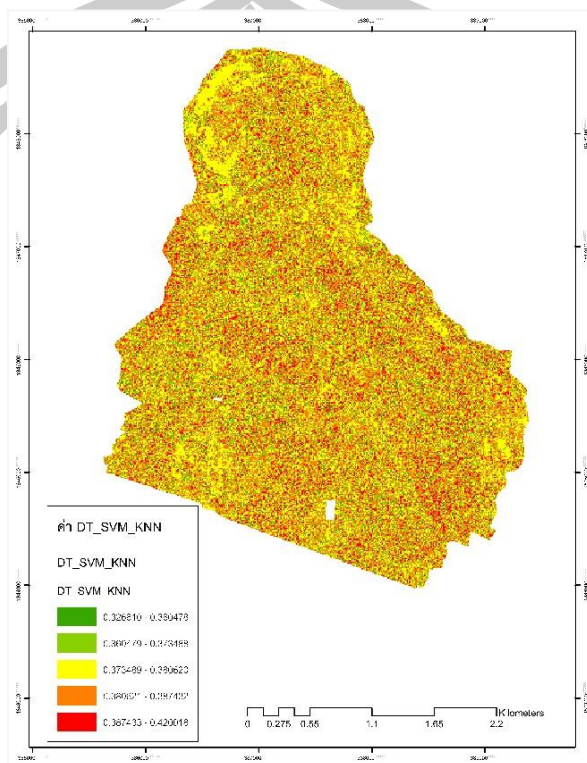
ภาพประกอบที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ Support Vector Machine และ K-Nearest Neighbor มีค่า Value high เท่ากับ 0.420518 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.327909 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นของค่าคาร์บอนต่อพื้นที่ได้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผล Summary แบบ Decision Tree และ K-Nearest Neighbor

| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.785 |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.278 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.39  |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.152 |

4.8 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)



ภาพประกอบที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับดัชนีพืชพรรณ ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ วิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor)

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ Support Vector Machine และ K-Nearest Neighbor มีค่า Value high เท่ากับ 0.420018 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ และ Low เท่ากับ 0.326610 ตัน/คาร์บอนต่อพื้นที่ ทำให้ทราบถึงความหนาแน่นของค่าคาร์บอนต่อพื้นที่ได้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผล Summary แบบ Decision Tree และ Support Vector Machine และ K-Nearest Neighbor

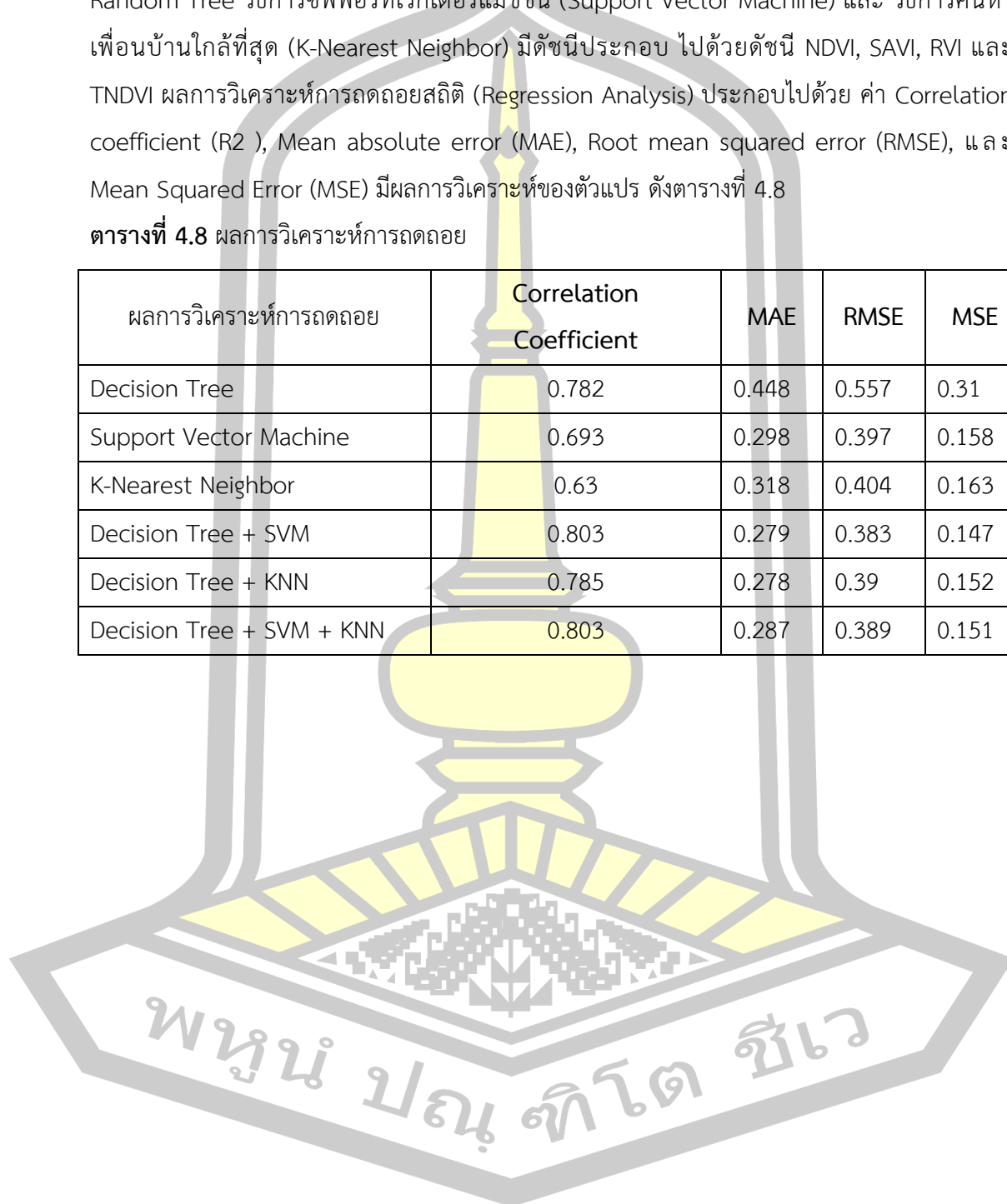
| การวัดประสิทธิภาพ              | ค่า   |
|--------------------------------|-------|
| Correlation coefficient        | 0.803 |
| Mean absolute error (MAE)      | 0.287 |
| Root mean squared error (RMSE) | 0.389 |
| Mean Squared Error (MSE)       | 0.151 |

#### 4.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล

ผลการวิเคราะห์เครื่องจักร ทั้ง 6 แบบ คือ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ Decision Tree ด้วยเทคนิค Random Tree วิธีการซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) และ วิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbor) มีดัชนีประกอบไปด้วยดัชนี NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI ผลการวิเคราะห์การถดถอยสถิติ (Regression Analysis) ประกอบไปด้วย ค่า Correlation coefficient ( $R^2$ ), Mean absolute error (MAE), Root mean squared error (RMSE), และ Mean Squared Error (MSE) มีผลการวิเคราะห์ของตัวแปร ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์การถดถอย

| ผลการวิเคราะห์การถดถอย    | Correlation Coefficient | MAE   | RMSE  | MSE   |
|---------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| Decision Tree             | 0.782                   | 0.448 | 0.557 | 0.31  |
| Support Vector Machine    | 0.693                   | 0.298 | 0.397 | 0.158 |
| K-Nearest Neighbor        | 0.63                    | 0.318 | 0.404 | 0.163 |
| Decision Tree + SVM       | 0.803                   | 0.279 | 0.383 | 0.147 |
| Decision Tree + KNN       | 0.785                   | 0.278 | 0.39  | 0.152 |
| Decision Tree + SVM + KNN | 0.803                   | 0.287 | 0.389 | 0.151 |



## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

#### 5.1 สรุปผล

จากการศึกษา ใช้แปลงตัวอย่างจำนวน 50 แปลง ขนาด 40x40 เมตร โดยภายในแปลงตัวอย่างหลักมีการตีแปลงย่อยขนาด 20x20 เมตร พบพรรณไม้ทั้งหมดจำนวน 4,602 ต้น พรรณไม้ที่พบในพื้นที่สามารถเรียงลำดับตามจำนวนที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ โมกมัน จำนวน 446 ต้น ประดู่จำนวน 316 ต้น แดงจำนวน 326 ต้น รังจำนวน 246 ต้น และ เต็งจำนวน 155 ต้น สำหรับพรรณไม้ที่พบน้อยที่สุดจำนวน 1 ต้นมีทั้งหมด 16 ชนิดเช่น รักใหญ่ ตั้วแดง เป็นต้น จากการคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass) สามารถจำแนกน้ำหนักของแต่ละส่วน คือ น้ำหนักของส่วนลำต้น ( $W_s$ ) = 3,457,246.62 กิโลกรัม หรือ 3,457.24662 ตัน น้ำหนักของส่วนกิ่ง ( $W_b$ ) = 784,801.01 กิโลกรัม หรือ 784.80101 ตัน น้ำหนักของส่วนใบ ( $W_l$ ) = 64,093.83 กิโลกรัม หรือ 64.09383 ตัน และมวลชีวภาพของลำต้น+กิ่ง ( $W_{tc}$ ) = 3,942,047.64 กิโลกรัม หรือ 3,942.04764 ตัน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ ( $C_s$ ) = ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน  $\times 0.47$  จะได้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ ทั้งหมด = 1,882,886.49 กิโลกรัม คาร์บอน หรือ 1,882.88 ตันคาร์บอน การวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ดัชนีพืชพรรณและการเรียนรู้เครื่องจักรในการประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและการบริหารจัดการป่าไม้ในอนาคตได้ นอกจากนี้ ยังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการพัฒนานโยบายด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน.

#### 5.2 สรุปผลการศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของดัชนีพืชพรรณ

จากการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI, SAVI, RVI และ TNDVI พบว่า ดัชนีพืชพรรณ NDVI มีค่าสูงสุด 0.428991 ค่าต่ำสุด 0.0566491, SAVI มีค่าสูงสุด 0.786174 ค่าต่ำสุด 0.320773, RVI มีค่าสูงสุด 1.18726 ค่าต่ำสุด 0.832921 และ TNDVI มีค่าสูงสุด 0.863024 ค่าต่ำสุด 0.309858 เมื่อนำค่าดัชนีพืชพรรณมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากข้อมูลภาคสนาม

#### 5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยการเรียนรู้เครื่องจักร

ผลการวิเคราะห์พบว่าการเรียนรู้เครื่องจักรแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) วิเคราะห์ 800 แปลง โดยมีแปลงย่อยขนาด 10x10 เมตร พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation

coefficient) เท่ากับ 0.782 ค่า Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.448 ค่า Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.557 และ ค่า Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.31

ผลการวิเคราะห์ Support Vector Machine พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient เท่ากับ 0.693 Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.298 Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.397 และ Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.158

ผลการวิเคราะห์ K-Nearest Neighbor พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient เท่ากับ 0.63 Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.318 Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.404 และ Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.163

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ Support Vector Machine พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient เท่ากับ 0.803 Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.279 Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.383 และ Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.147

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ K-Nearest Neighbor พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient เท่ากับ 0.785 Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.278 Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.39 และ Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.152

ผลการวิเคราะห์ Decision Tree และ Support Vector Machine และ K-Nearest Neighbor พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation coefficient เท่ากับ 0.803 Mean absolute error (MAE) เท่ากับ 0.287 Root mean squared error (RMSE) เท่ากับ 0.389 และ Mean Squared Error (MSE) เท่ากับ 0.151

#### 5.4 ปัญหาและอุปสรรค

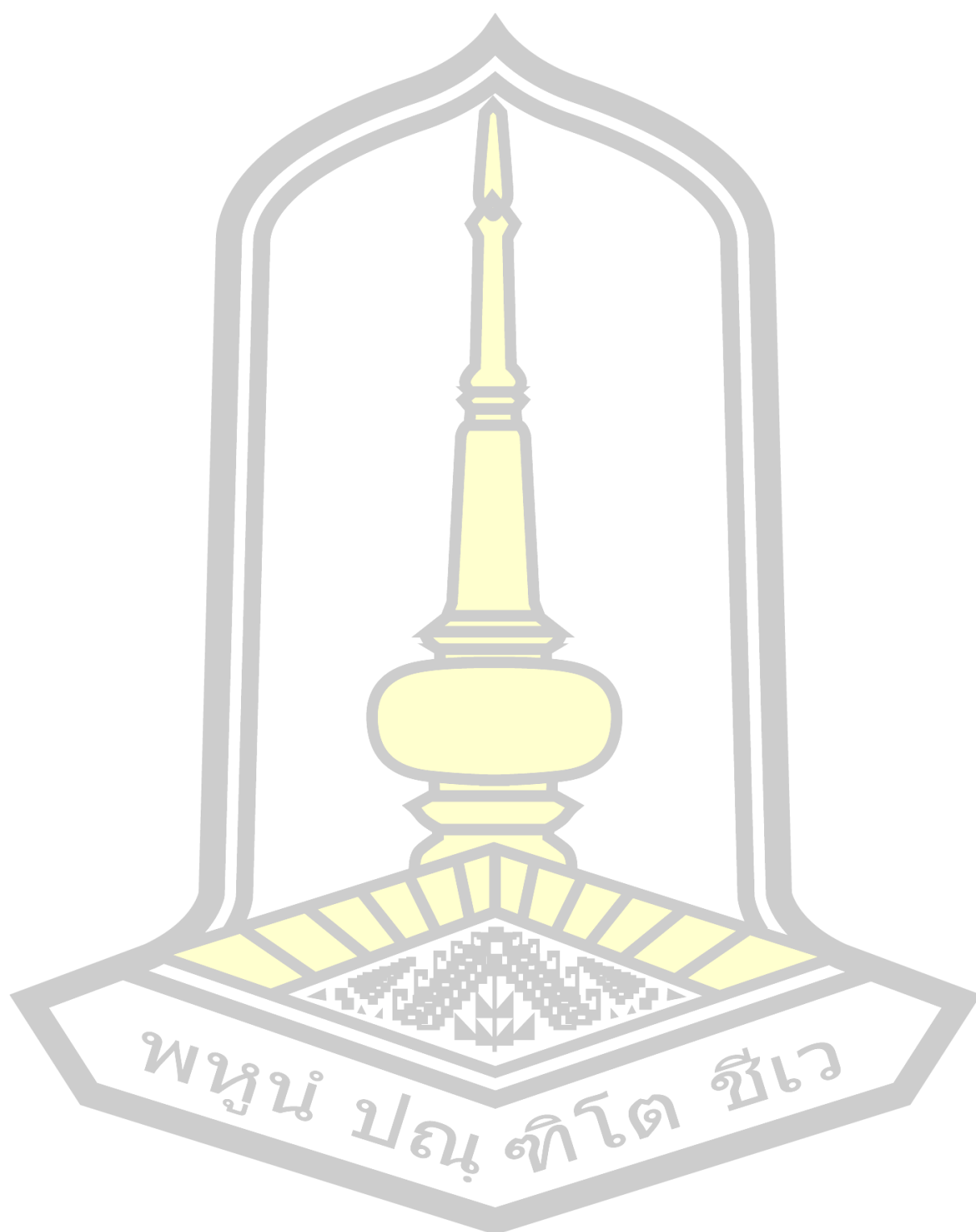
1. การลงสำรวจภาคสนาม มีการเข้าถึงตำแหน่งที่กำหนดในการสำรวจเบื้องต้นยากเนื่องจากการกำหนดพิกัดสำรวจจากการสุ่มตำแหน่งทำให้การเข้าถึงพื้นที่ยาก

2. ตำแหน่งการวางแปลงไม่ตรง ไม่ตรงกับพิกัดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากการวางแผนในเบื้องต้นไม่ได้กำหนดตำแหน่งที่ตรงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม อาจทำให้การประเมินผลของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับความสัมพันธ์ของข้อมูลดัชนีพืชพรรณมีข้อผิดพลาดได้

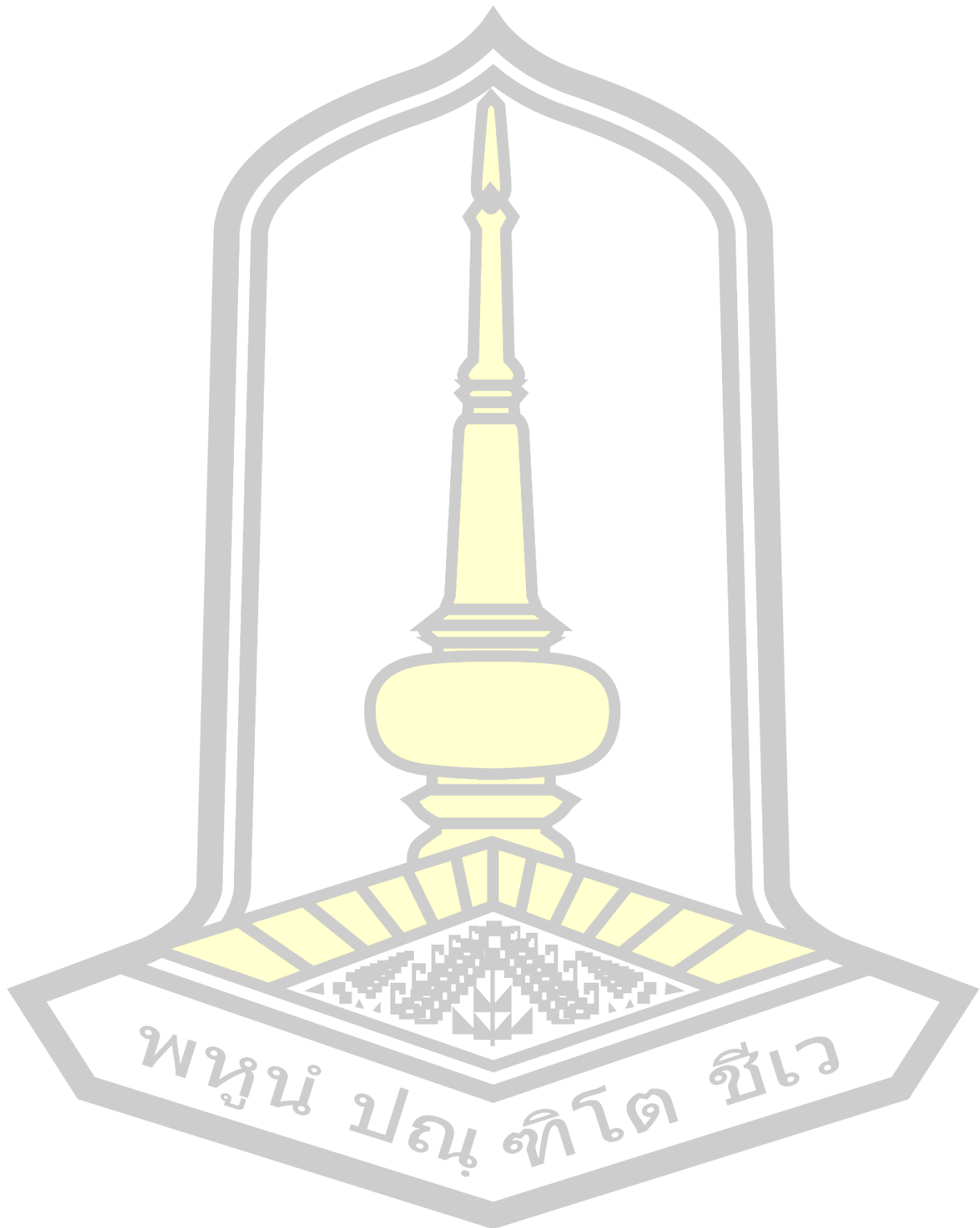
#### 5.5 ข้อเสนอแนะ

1. ในการสำรวจแต่ละครั้งต้องมีการวางแผนเพื่อระบุตำแหน่งให้สอดคล้องกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะนำมาใช้เพื่อหาความสัมพันธ์กับการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

2. การเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจำเป็นต้องเลือกในช่วงที่มีการสำรวจข้อมูลภาคสนามจริง



บรรณานุกรม



กรมอุตุนิยมวิทยา. ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2563. ศูนย์ภูมิอากาศ  
กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. 2564.

พัชร เกษรบัว, อนุชสร หงษ์แก้ว, เอกลักษณ์ สลักคำ. การสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณค่าการกัก  
เก็บคาร์บอนในสวนยางพาราด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2A.

ดิณณ์ ธิรกุลโตมร, อภิชาติ คำภาหาล้า, วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์สฤชดี, ดิยะวงศ์สุวรรณ. การประเมินค่า  
มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A โดยใช้การวิเคราะห์  
ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานความก้าวหน้ารายสองปี  
ฉบับที่ 3 ภายใต้สนธิสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.  
<https://climate.onep.go.th>

ธนวุฒิ ทองมี, จตุรงค์ สมอาจ, วรวิทย์ จิตรสุखा. การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของ  
พื้นที่ป่ามหาวิทยาลัยมหาสารคามด้วยข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล.

Ilada Aroosri, Satith Sangpradid. Orchard Classification from Satellite Image Data using  
Fuzzy K-mean to Estimate of Carbon Sequestration. Ecology, Environment  
and Conservation. 2021. 27(3): 1432-1438.

Imagery in Tad Sung WaterFall Park Forest, Thailand. International Journal of  
Conservation Science. 2022. 13(2):695-704.

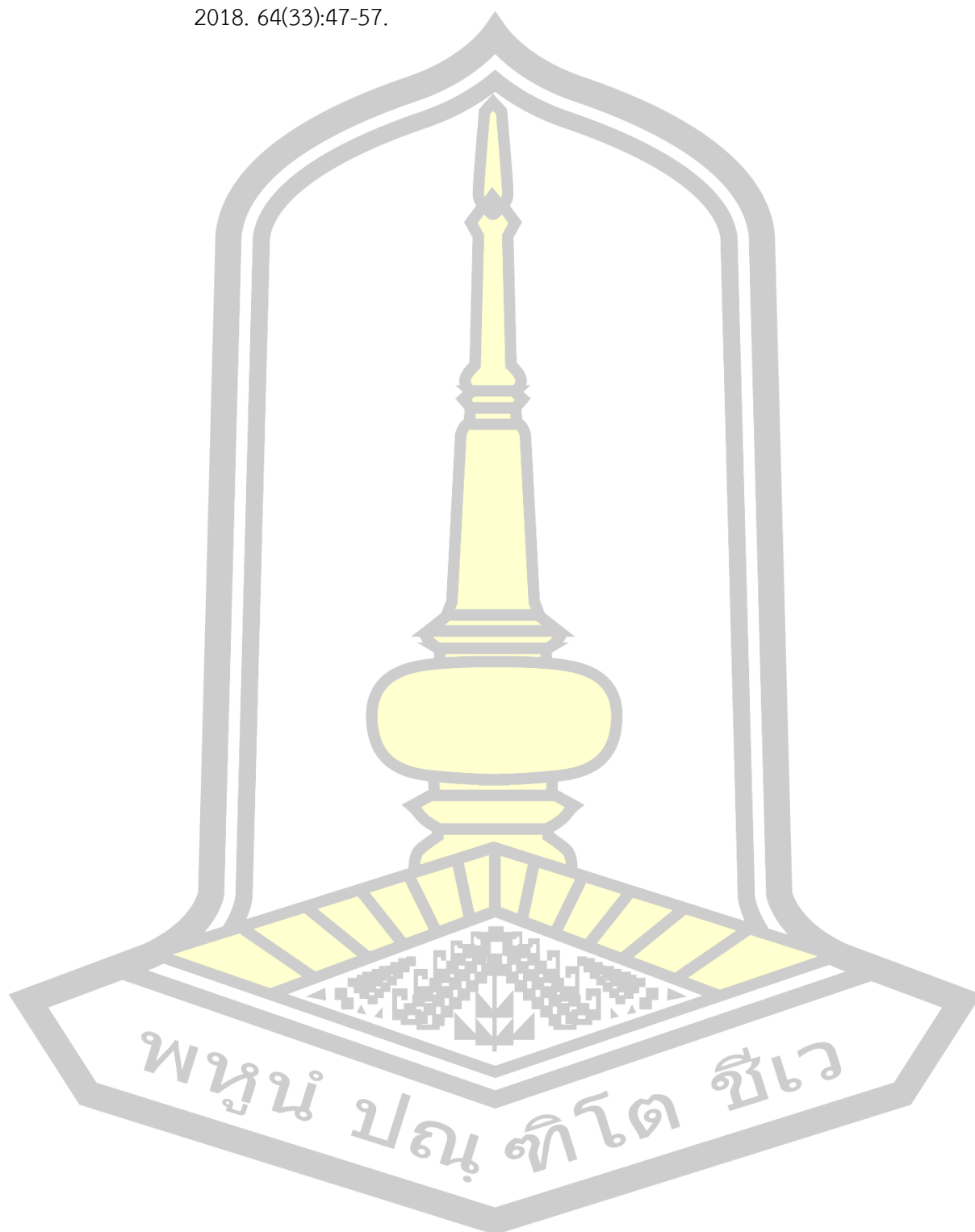
Satith Sangpradid, Naruset Prasertsri, Ilada Aroonsri. Geographically Weighted  
Regression Model for Above Ground Biomass Assessment form Satellite  
Teerawong Laosuwan, Yannawut Uttaruk. Application of Geo-informatics and  
Vegetation Indices to Estimate Above-ground Carbon stock. Studia  
Universitatis Vasile Goldis Arad, Seria Stiintele Vietii, 2016. 26(4), 449-454.

Yannawut Uttaruk, Teerawong Laosuwan. Carbon Sequestration Assesment of the  
Orchards using Satellite Data, Journal of Ecological Engineering. 2017.  
18(1):11-17.

Yannawut Uttaruk, Teerawong Laosuwan. Methods of Estimation Above Ground  
Carbon Stock in Nonnbua-nonmee Community Forest, Maha Sarakham  
Province, Thailand. Agriculture and Forestry. 2020. 66(33):183-195.

Yannawut Uttaruk, Teerawong Laosuwan. Community Forest for Above Global  
Warming Mitigation: The Technique for Estimatisation of Biomass and Above

Ground Carbon Storage using Remote Sensing. Agriculture and Forestry.  
2018. 64(33):47-57.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ภาคิน แสงประดิษฐ์  
วันเกิด 23 พ.ค. 2540  
สถานที่เกิด จังหวัดขอนแก่น  
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 324 หมู่ที่ 20 ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150  
ประวัติการศึกษา 2556-2558 โรงเรียนเทพศิรินทร์ เชียงใหม่  
2558-2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์สารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
2564 - ปัจจุบัน วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

