

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพ
ดาวเทียมเซนติเนล 2 และวิธีการป่าสุ่มบนภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน



ไกรวี อ่อนล้อม

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

กุมภาพันธ์ 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลสภาพดาวเทียมเซนทิเนล
2 และวิธีการป่าสุ่มบนภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน



ไกรวี อ่อนล้อม

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

กุมภาพันธ์ 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

CLASSIFICATION OF INDUSTRIAL SUGARCANE PLANTATION AREAS IN ONE GROWING
SEASON USING SENTINEL-2 SATELLITE IMAGERY AND RANDOM FOREST METHOD ON
GOOGLE EARTH ENGINE



A Thesis Submitted to University of Phayao
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Applied Geoinformatics
February 2025
Copyright 2025 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเซนติเนล
2 และวิธีการป่าสุมบนภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน

ของ ไกรวี อ่อนล้อม

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งสรรค์ เกตุอ้อต)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาพ แพงวังทอง)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. จิราพร กุลสุนทรรัตน์)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล จี๊ฟู)

..... คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ ไรจนวสุ)

- เรื่อง:** การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 และวิธีการป่าล้อมบนภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน
- ผู้วิจัย:** ไกรวิ อ่อนล้อม, วิทยานิพนธ์: วท.ม.(ภูมิสารสนเทศประยุกต์), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567
- อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาพ พงษ์วังทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.จิราพร กุลสุนทรรัตน์
- คำสำคัญ:** การสำรวจระยะไกล, แพลตฟอรม์ภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน, อัลกอริทึมป่าล้อม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรายเดือนด้วยวิธีการป่าล้อมจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 บนแพลตฟอร์มภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน และ 2) ระบุระยะเวลาการเติบโตของอ้อยตลอดช่วงหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกใน 4 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคือระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2567 ผลลัพธ์จากเซนติเนล 2 ที่นำมาใช้ในการจำแนก ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณแบบนอนมอลโลซ์ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นที่ 2 3 4 5 6 7 8 8A 11 และ 12 ผลการจำแนกแสดงให้เห็นว่า เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยมีค่าต่ำสุดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 (111,200.85 ไร่) และสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 (237,717.88 ไร่) การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรายเดือนทั้งหมดได้รับค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเกินกว่า 90% และ 75% ตามลำดับ และพบอีกว่าอ้อยมีช่วงอายุการเพาะปลูกอยู่ระหว่าง 10 ถึง 16 เดือน โดยที่อำเภอบางระกำมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดในช่วงเริ่มต้นแต่ลดลงมากในภายหลัง ขณะที่อำเภอวัดโบสถ์ พรหมพิราม และบางกระทุ่ม มีเนื้อที่เพาะปลูกน้อยกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า



Title: CLASSIFICATION OF INDUSTRIAL SUGARCANE PLANTATION AREAS IN ONE GROWING SEASON USING SENTINEL-2 SATELLITE IMAGERY AND RANDOM FOREST METHOD ON GOOGLE EARTH ENGINE

Author: Kraivee Onlom, Thesis: M.Sc. (Applied Geoinformatics), University of Phayao, 2024

Advisor: Assistant Professor Dr. Wipop Paengwangthong Co-advisor Dr.Jiraporn Kulsoontornrat

Keywords: Remote sensing, Google Earth Engine, Random Forest

ABSTRACT

This research aimed to 1) investigate the accuracy of monthly sugarcane cultivation area classification using the Random Forest algorithm with Sentinel-2 satellite imagery on the Google Earth Engine platform, and 2) identify the growth duration of sugarcane throughout one growing season in four districts of Phitsanulok province: Bang Rakam, Bang Krathum, Phrom Phiram, and Wat Bot. The study period was from April 2023 to March 2024. Sentinel-2 products used for classification included Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and spectral bands B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 and B12. The results showed the lowest sugarcane cultivation area in April 2023 (177.92 Square Kilometer) and the highest in November 2023 (380.35 Square Kilometer). All monthly classifications achieved overall accuracy and Kappa coefficient values exceeding 90% and 75%, respectively. The sugarcane growth duration ranged from 10 to 16 months, with Bang Rakam district having the largest initial cultivation area but experiencing a significant decrease later. In contrast, Wat Bot, Phrom Phiram, and Bang Krathum districts had smaller cultivation areas with less fluctuation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เกตุอืด ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภพ แพงวังทอง ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.จิราพร กุลสุนทรรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล จิ์ฟู อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ การปรับปรุงแก้ไข และชี้แนะให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบคุณ อาจารย์ประจำสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้ให้ความรู้วิชาการแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้ความรู้และคำปรึกษา รวมถึงครอบครัวที่สนับสนุนด้านการศึกษาตลอดมา ผู้เขียนมีความคาดหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการต่อยอดแนวความคิด และนำไปพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ไกรวี อ่อนล้อม



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
1. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information Technology)	7
2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย	13
3. ดัชนีพืชพรรณ.....	15
4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล	16
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	26
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	30
1. จุดสำรวจภาคสนามสำหรับการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน.....	30

2. การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ. 2567.....	32
3. การประเมินแบบด์ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยวิธีอัลกอริทึมป่าส้ม	49
4. ผลการประเมินการตรวจสอบความถูกต้องในศักยภาพของการจำแนกพื้นที่เพาะปลูก อ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าส้ม.....	57
5. ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยโรงงาน.....	65
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	71
สรุปผลการศึกษา.....	71
อภิปรายผลการศึกษา.....	72
ข้อเสนอแนะ.....	75
ภาคผนวก.....	77
บรรณานุกรม.....	85
ประวัติผู้วิจัย.....	89

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ความละเอียดจุดภาพและช่วงคลื่นของดาวเทียม เซนทิเนล 2A และ 2B ระบบ Multispectral (MSI).....	10
ตาราง 2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด	16
ตาราง 3 ตารางรูปแบบการอ้างอิง	25
ตาราง 4 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานรายเดือน	33
ตาราง 5 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มกราคม พ.ศ.2566	49
ตาราง 6 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566	50
ตาราง 7 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มีนาคม พ.ศ.2566	50
ตาราง 8 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน เมษายน พ.ศ.2566	51
ตาราง 9 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566	51
ตาราง 10 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566	52
ตาราง 11 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566	52
ตาราง 12 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กันยายน พ.ศ.2566	53
ตาราง 13 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566	53
ตาราง 14 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566	54
ตาราง 15 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566	54
ตาราง 16 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มกราคม พ.ศ.2567	55
ตาราง 17 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567	55
ตาราง 18 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มีนาคม พ.ศ.2567	56
ตาราง 19 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน เมษายน พ.ศ.2567	56
ตาราง 20 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มกราคม พ.ศ.2566	57

ตาราง 21 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566	58
ตาราง 22 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มีนาคม พ.ศ.2566.....	58
ตาราง 23 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน เมษายน พ.ศ.2566	59
ตาราง 24 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566.....	59
ตาราง 25 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566	60
ตาราง 26 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566	60
ตาราง 27 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กันยายน พ.ศ.2566.....	61
ตาราง 28 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566	61
ตาราง 29 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566	62
ตาราง 30 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566.....	62
ตาราง 31 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มกราคม พ.ศ.2567	63
ตาราง 32 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567	63
ตาราง 33 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มีนาคม พ.ศ.2567.....	64
ตาราง 34 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน เมษายน พ.ศ.2567.....	64
ตาราง 35 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยรายเดือนทั้ง 4 อำเภอ จังหวัด พิษณุโลก	66

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา	4
ภาพ 2 องค์ประกอบของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	9
ภาพ 3 กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจ	12
ภาพ 4 กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยป่าสุ่ม	13
ภาพ 5 ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย	15
ภาพ 6 ตัวอย่างการคำนวณค่าความถูกต้องของผู้ผลิตและค่าความถูกต้องของผู้ใช้	17
ภาพ 7 กรอบแนวความคิด	29
ภาพ 8 ตัวอย่างจุดสำรวจภาคสนาม	31
ภาพ 9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย NDVI รายเดือน	31
ภาพ 10 กราฟแสดงปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรายเดือน	33
ภาพ 11 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มกราคม พ.ศ.2566	34
ภาพ 12 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566	35
ภาพ 13 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มีนาคม พ.ศ.2566	36
ภาพ 14 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน เมษายน พ.ศ.2566	37
ภาพ 15 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566	38
ภาพ 16 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566	39
ภาพ 17 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566	40
ภาพ 18 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กันยายน พ.ศ.2566	41
ภาพ 19 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566	42
ภาพ 20 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566	43
ภาพ 21 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566	44

ภาพ 22 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มกราคม พ.ศ.2567	45
ภาพ 23 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567.....	46
ภาพ 24 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มีนาคม พ.ศ.2567.....	47
ภาพ 25 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน เมษายน พ.ศ.2567	48
ภาพ 26 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางระกำ จังหวัด พิษณุโลก	67
ภาพ 27 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอพรหมพิราม จังหวัด พิษณุโลก	68
ภาพ 28 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัด พิษณุโลก	69
ภาพ 29 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัด พิษณุโลก	70



บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้กล่าวถึงพืชเศรษฐกิจประเทศไทยที่เป็นปัจจัยหลักสำคัญทั้งทางด้านการสร้างรายได้ให้กับภาคเกษตรกร การเสริมสร้างเศรษฐกิจภายในประเทศ การสร้างโอกาสในการจ้างงาน การส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม การพัฒนาชุมชนและสังคม การกระจายรายได้สู่ชนบท และการสนับสนุนภาคอุตสาหกรรม ความเหมาะสมทางภูมิประเทศของไทยมีศักยภาพที่สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด การแปรรูปจากผลิตผลดั้งเดิมให้เป็นรูปแบบใหม่เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ และการส่งออกผลิตผลทั้งแบบสดและไม่ใช้แบบสด รวมถึงการส่งออกแบบแปรรูปแล้วด้วย 6 ชนิด ได้แก่ ข้าว ยางพารา มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อย ในอนาคตมีแนวคิดผลักดันพืชเศรษฐกิจอีก 4 ชนิด ได้แก่ พริกชี้ฟ้า ไข่ไก่ ผักกาดเขียว และโกโก้ (กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

อ้อย (Sugarcane) การปลูกอ้อยในประเทศไทยไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่าเริ่มตั้งแต่สมัยใด อ้อยได้เข้ามามีบทบาทในชนบทรวมเนียมประเพณีไทยมาช้านาน นอกจากอ้อยเป็นผลผลิตตั้งต้นแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นน้ำตาลมาจนถึงทุกวันนี้ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2535)

กระบวนการเจริญเติบโตของอ้อยได้แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ได้แก่ ระยะงอก ระยะแตกกอ ระยะย่างปล้อง ระยะสร้างน้ำตาล และระยะสุก การเจริญเติบโตของอ้อยสามารถระบุถึงความต้องการของปุ๋ยเพื่อกำหนดชนิดของแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของอ้อยในแต่ละระยะได้ สูตรปุ๋ยที่ใช้สำหรับการปลูกอ้อยคือ ไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม (N-P-K) แต่ผลสัดส่วนมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของอ้อย ณ ระยะการเจริญเติบโตนั้นๆ โดยการใส่ปุ๋ยสามารถเริ่มตั้งแต่อ่อนปลูกอ้อย เพื่อปรับหน้าดินในกรณีที่มีการปลูกอ้อยรอบฤดูกลก่อนหน้า หรือหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จในรอบฤดูกลก่อนหน้า เพื่อเติมแร่ธาตุในดินที่ขาดหาย ระยะงอก มีความต้องการแร่ธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อส่งเสริมการดูดซับน้ำและอาหารในดิน ระยะแตกกอและระยะย่างปล้อง มีความต้องการแร่ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เพื่อเสริมสร้างรากและใบให้มีความแข็งแรง ระยะสร้างน้ำตาลและระยะเก็บเกี่ยวมีความต้องการแร่ธาตุ โพแทสเซียมสูงเพื่อใช้ในการสร้างน้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอ้อยใน

การเพาะปลูก ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (กลุ่มพัฒนาด้านอ้อย สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง, 2567)

สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก ได้ข้อมูลการปลูกพืชอ้อยโรงงานของจังหวัดพิษณุโลก ปีการผลิต พ.ศ. 2565/2566 อ้อยโรงงาน (สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก, 2566) ซึ่งพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานเหล่านี้กระจายอยู่ทั่วทั้งจังหวัดพิษณุโลก ทั้งพื้นที่ราบลุ่ม พื้นที่ดอน และพื้นที่ลาดชันสูง ส่งผลให้การจำแนกพืชอ้อยโรงงานมีความท้าทายที่สำคัญ ด้วยเหตุผลนี้ การนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) มาประยุกต์ใช้การจำแนกพืชพรรณจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถตรวจจับข้อมูลในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่และพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากต่อการสำรวจภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้ในการระบุและจำแนกพืชพรรณที่มีลักษณะคล้ายกันได้ เพื่อพัฒนาการจัดการพื้นที่การเกษตรและเพิ่มประสิทธิภาพของผลลัพธ์ทางการเกษตรได้อย่างแม่นยำ

การใช้เทคโนโลยีเชิงพื้นที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) และการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีบทบาทสนับสนุนการตัดสินใจการสำรวจทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ หรือข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การใช้เทคโนโลยีเชิงพื้นที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีความน่าสนใจหรือเข้าถึงได้ยากด้วยการสำรวจระยะไกลที่ช่วยลดทรัพยากรการสำรวจ ลดระยะเวลา และครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ปัจจุบันการจำแนกพืชพรรณในประเทศไทยมีข้อจำกัดทางด้านข้อมูลและทรัพยากรการจัดทำข้อมูล ทำให้พืชพรรณที่ผ่านการวิเคราะห์มีจำกัดเฉพาะบางหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาบางแห่งที่ใช้ในการศึกษาเรียนรู้ การสำรวจระยะไกลจึงจำกัดเฉพาะกลุ่มที่เข้าใจกระบวนการวิเคราะห์และกระบวนการที่สามารถจัดทำารจำแนกพืชพรรณได้

การวิเคราะห์และการคำนวณของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ใช้แพลตฟอร์มคลาวด์กูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine) เป็นแพลตฟอร์มที่ให้บริการฟรี สามารถใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและเรียกใช้เครื่องมือได้หลากหลายชนิดโดยไม่ต้องสำรองข้อมูลลงบนพื้นที่จัดเก็บบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล การคำนวณบนคลาวด์มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ทั้งนี้ยังสามารถวิเคราะห์เชิงลึกหรือการแสดงผลอย่างง่ายที่เพียงพอในการทำความเข้าใจ การจำแนกก็เป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่มีให้ใช้บนแพลตฟอร์มรวมถึงรูปแบบการจำแนกที่มีให้เลือกหลากหลาย ในบทความนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นเจาะจงไปที่การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีการป่าสุ่ม (Random Forest) มาใช้ในการจำแนกพืชพรรณ

อ้อยโรงงาน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 (Sentinel-2) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผลิตภัณฑ์กูเกิ้ลเอิร์ธเอนจินกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามที่มากกว่า 80% ขึ้นไป เพื่อระบุระยะการเจริญเติบโตของพืชอ้อยโรงงาน ตลอดระยะเวลา 1 ฤดูกาลเพาะปลูก การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้อัลกอริทึมป่าสุม ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน โดยใช้แพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน ที่มีความสามารถคำนวณบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ที่สะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน และการระบุระยะการเจริญเติบโตอ้อยโรงงานมุ่งหมายให้เป็นประโยชน์ในการติดตามพืชอ้อยในแต่ละช่วงอายุการเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้จัดการการวางแผนทางการเกษตรในอนาคต เช่น การบริหารจัดการน้ำ การคำนวณปริมาณปุ๋ยต่อไร่ การติดตามความสมบูรณ์ของพืช และการคาดการณ์ผลผลิต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

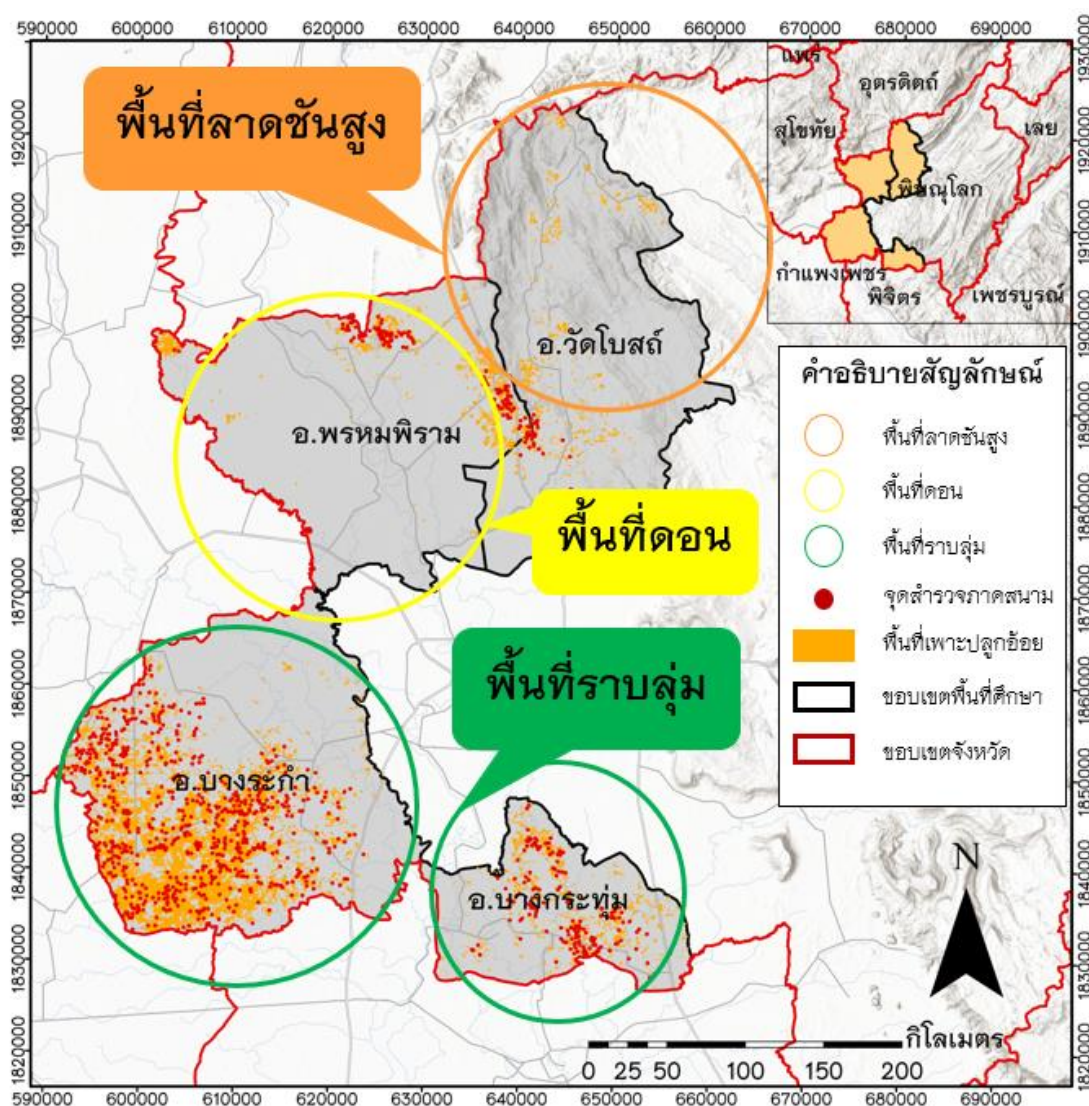
1. ศึกษาความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยด้วยวิธีการป่าสุมจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ด้วยแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน
2. ระบุระยะเวลาการเติบโตของการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน ตลอดระยะเวลา 1 ฤดูกาลเพาะปลูก

ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ในการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ.2567 เพื่อระบุระยะการเจริญเติบโตของอ้อยโรงงาน

ขอบเขตด้านพื้นที่ พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจังหวัดพิษณุโลก กระจายตัวอยู่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอบางระกำ บางกระทุ่ม พรหมพิราม และวัดโบสถ์ รวมพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอ้อยทั้งหมดในพื้นที่ 246,300 ไร่ (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2566)

ข้อจำกัดด้านข้อมูล ข้อมูลจุดสำรวจภาคสนามในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้จำนวนจุดทั้งหมด 1,006 จุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโมเดลและทดสอบโมเดลด้วยอัลกอริทึมป่าสุมโดยแบ่งออกเป็น 70% และ 30% ตามลำดับ จำนวนจุดทดสอบทั้งหมดเป็นการเก็บข้อมูลในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566 เพียงเดือนเดียว เนื่องการลงภาคสนามมีระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัด ทำให้ข้อมูลไม่สามารถระบุพื้นที่เพาะปลูกตลอดระยะเวลาทั้ง 16 เดือนได้ ทั้งนี้จึงตัดสินใจใช้ข้อมูลเพียงเดือนเดียวเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด



นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เป็นการดูสถานะของพืช ณ ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในการเปลี่ยนสถานะจากพื้นที่ที่ยังไม่มีการเพาะปลูก สู่พื้นที่ที่มีการเพาะปลูก จากการศึกษา การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อย เพื่อบ่งชี้ถึงศักยภาพของโมเดลในการจำแนกพื้นที่ทั้งสองรูปแบบมีศักยภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. ระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อย การเปลี่ยนของอ้อยตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกในแต่ละช่วงอายุพืชอ้อยในแต่ละเดือน มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ จากการศึกษา ระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อยสามารถระบุอายุของอ้อยได้ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจการจัดการเชิงพื้นที่ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สนับสนุนลดการใช้ทรัพยากรเพื่อประหยัดเวลาและบุคลากร จากการใช้เทคโนโลยี AI
2. สามารถติดตามสถานะพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างได้ทุกช่วงเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มฤดูกาล – สิ้นสุดฤดูกาลเพาะปลูก
3. สามารถนำอัลกอริทึมป่าส้ม ที่วิเคราะห์บนแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ปลูกอ้อยอื่นได้



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้อธิบายถึงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีความสำคัญในการศึกษาใน
ครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information Technology)
 - 1.1. เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing : RS)
 - 1.2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information System : GIS)
 - 1.3. ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลก (Global Navigation Satellite System : GNSS)
 - 1.4. ดาวเทียมเซนทิเนล (Sentinel Satellites)
 - 1.5. แพลตฟอร์มคลาวด์กูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน (Google Earth Engine : GEE)
 - 1.6. การจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย
 - 2.1. ช่วงเวลาปลูก
 - 2.2. กระบวนการเจริญเติบโตของอ้อย
3. ดัชนีพืชพรรณ
 - 3.1. ดัชนีพืชพรรณเชิงสเปกตรัม
4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
 - 4.1. ตารางความคลาดเคลื่อน
 - 4.2. ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต
 - 4.3. ค่าความถูกต้องของผู้ใช้
 - 4.4. ค่าความถูกต้องโดยรวม
 - 4.5. ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information Technology)

เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงได้บนพื้นผิวโลก และในชั้นบรรยากาศโลก เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเป็นการรวมเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องด้วยกัน 3 อย่างไว้ด้วยกัน (นครินทร์ ชัยแก้ว, 2560) ดังแสดงในภาพ 2

1.1. เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing: RS)

เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะในการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านทางการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการบันทึกด้วยเครื่องมือโดยไม่ได้สัมผัสกับวัตถุโดยตรง มีคุณภาพข้อมูลที่มีความถูกต้องสูงและความแม่นยำ โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่างที่เกี่ยวข้อง คือ

1.1.1. พลังงานที่สะท้อนหรือแผ่รังสีออกมาจากวัตถุ การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งการสะท้อนและการแผ่รังสีจากตัววัตถุ เป็นแหล่งพลังงานในการจัดเก็บข้อมูล แหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

- การรับรู้ระยะไกลแบบพาสซีฟ (Passive remote sensing) เป็นระบบโดยใช้แหล่งพลังงานจากธรรมชาติ คือดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน โดยการใช้การแผ่รังสีไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์สะท้อนและแผ่รังสีจากวัตถุในการจัดเก็บข้อมูล โดยระบบใช้แหล่งพลังงานจากธรรมชาติ มีข้อจำกัดทางด้านสภาวะอากาศที่บดบังพื้นผิวโลกและทางด้านเวลาเป็นอุปสรรคในการจัดเก็บข้อมูล

- การรับรู้ระยะไกลแบบแอคทีฟ (Active remote sensing) เป็นระบบโดยใช้แหล่งพลังงานจากการสร้างขึ้นในตัว โดยไม่มีข้อจำกัดในด้านสภาวะอากาศและด้านเวลา มีความสามารถในการส่งพลังงานทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอกและฝนได้

1.1.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าการสะท้อนและแผ่รังสีออกมาจากวัตถุ อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซ็นเซอร์ (Sensor) คืออุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับสัญญาณปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส โดยวัดค่าจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนอากาศยานที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า แพลตฟอร์ม (Platform) หรือยานสำรวจ เครื่องบิน ยานอวกาศ ดาวเทียม เป็นต้น

1.1.3. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มี 2 วิธีการ คือ

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา เป็นการแปลตีความจากองค์ประกอบของภาพ โดยพิจารณาปัจจัยด้านต่าง ๆ ของภาพ สี รูปทรง เงาม ขนาดของวัตถุ ลักษณะเฉพาะ และองค์ประกอบทางพื้นที่ เป็นหลักการในการแปลตีความ

– การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นการแปลตีความโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติ โดยใช้ข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์

1.2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information System : GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่างที่เกี่ยวข้อง คือ

1.2.1. ภูมิศาสตร์ (Geographic : G)

ลักษณะทางกายภาพของสิ่งต่างๆ บนพื้นโลก พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อื่นๆ เป็นต้น สิ่งที่แสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ด้านแผนที่ (Map) สามารถจัดหมวดหมู่ได้ 3 ลักษณะ คือ

- ลักษณะที่เป็นจุด (Point) เช่น สถานที่ตั้งของบ้าน โรงเรียน ศาสนสถาน เป็นต้น
- ลักษณะที่เป็นเส้น (Lines) เช่น เส้นทางถนน เส้นทางแม่น้ำหรือลำน้ำ ทางรถไฟ และเส้นชั้นความสูงหรือความลึก เป็นต้น
- ลักษณะที่เป็นพื้นที่รูปปิด (Polygons) เช่น พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อื่นๆ เป็นต้น

1.2.2. สารสนเทศหรือข้อมูล (Information : I)

คำอธิบายข้อมูลเชิงบรรยายที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นการบ่งบอกถึงคุณลักษณะของสิ่งนั้น ที่ผ่านการประมวลและวิเคราะห์ เช่น ปริมาณข้อมูลคร่าวๆ ในพื้นที่ ข้อมูลการกระจายตัวของโรค และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

1.2.3. ระบบ (System : S)

ระบบในการจัดการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลชุดข้อมูลทางภูมิศาสตร์และสารสนเทศ โดยใช้เพื่อการตัดสินใจเชิงพื้นที่

1.3. ระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลก (Global Navigation Satellite System : GNSS)

ระบบดาวเทียมที่ใช้ดาวเทียมหลายดวงในการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง เวลา และความเร็วของวัตถุบนพื้นผิวโลกหรืออวกาศ โดยมีองค์ประกอบ 3 อย่างที่เกี่ยวข้อง คือ

1.3.1. ส่วนอวกาศ มีเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย ได้แก่

– สหรัฐอเมริกา จากดาวเทียม NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) จำนวนดาวเทียม 24 – 31 ดวงโคจรรอบโลก

– สหพันธรัฐรัสเซีย จากดาวเทียม GLONASS (Global Navigation Satellite System) จำนวนดาวเทียม 24 ดวง

– สหภาพยุโรป จากดาวเทียม Galileo (Galileo Positioning System) จำนวนดาวเทียม 30 ดวง

– สาธารณรัฐประชาชนจีน จากดาวเทียม BeiDou (BDS – BeiDou Navigation Satellite System) จำนวนดาวเทียม 44 ดวง

– ประเทศญี่ปุ่น จากดาวเทียม QZSS (Quasi – Zenith Satellite System) จำนวนดาวเทียม 7 ดวง

– สาธารณรัฐอินเดีย จากดาวเทียม IRNSS หรือ NavIC (Indian Regional Navigation Satellite System) จำนวนดาวเทียม 7 ดวง

1.3.2. ส่วนควบคุม สถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน กระจายทั่วภูมิภาคต่างๆ ของพื้นผิวโลก เพื่อรองรับสัญญาณดาวเทียมที่ครอบคลุมทั้งโลก

1.3.3. ส่วนผู้ใช้งาน เครื่องมือรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นสัญญาณดาวเทียมได้เพื่อนำมาแปลรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียมในการประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก



ภาพ 2 องค์ประกอบของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ที่มา: (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน, 2558)

1.4. ดาวเทียมเซนทิเนล 2 (Sentinel-2 Satellites)

ดาวเทียมเซนทิเนล (Sentinel Satellites) เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Copernicus ที่ใช้ในการสังเกตการณ์โลก (Earth Observation Program) ดูแลโดยองค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency : ESA) และคณะกรรมการยุโรป (European Commission : EC) ดาวเทียมเซนทิเนล 2A และ เซนทิเนล 2B เข้าสู่วงโคจรวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2558 และ 7 มีนาคม พ.ศ. 2560 ตามลำดับ ดาวเทียมทั้ง 2 ดวงใช้ระบบบันทึกภาพแบบ MSI (Multispectral Instrument) เป็นการบันทึกแบบทั้งหมด 13 แถบความถี่ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ความละเอียดจุดภาพและช่วงคลื่นของดาวเทียม เซนทิเนล 2A และ 2B ระบบ Multispectral (MSI)

	Resolution (m)	Wavelength (nm)		Description
		Sentinel-2A	Sentinel-2B	
Band 1	60	443.9	442.3	Coastal Aerosol
Band 2	10	496.6	492.1	Blue
Band 3	10	560	559	Green
Band 4	10	664.5	665	Red
Band 5	20	703.9	703.8	Vegetation Red-edge
Band 6	20	740.2	739.1	Vegetation Red-edge
Band 7	20	782.5	779.7	Vegetation Red-edge
Band 8	10	835.1	833	Near-infrared
Band 8A	20	864.8	864	Vegetation Red-edge
Band 9	60	945	943.2	Water Vapor Retrieval
Band 10	60	1373.5	1376.9	Cirrus Cloud Detection
Band 11	20	1613.7	1610.4	Short-wave Infrared
Band 12	20	2202.4	2185.7	Short-wave Infrared

ที่มา: (European Space Agency, 2019)

1.5. แพลตฟอร์มคลาวด์ กูเกิ้ล เอิร์ธ เอนจิน (Google Earth Engine : GEE)

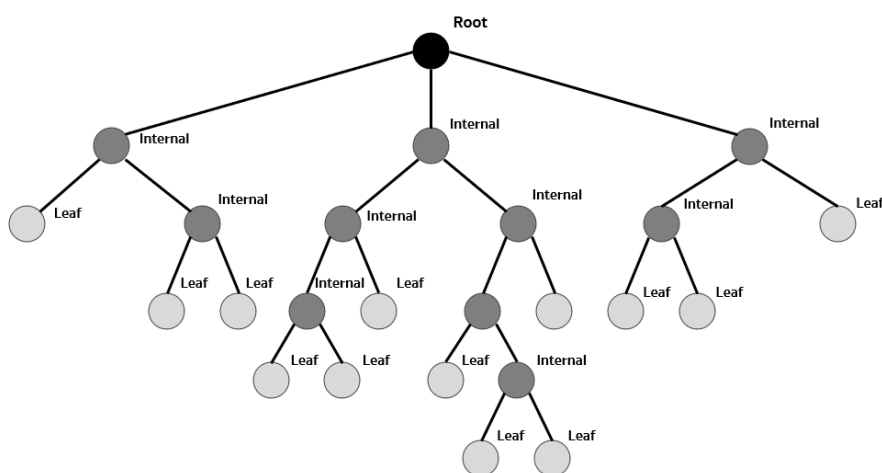
คือแพลตฟอร์มสำหรับการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลข้อมูลภาพเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับภูมิสารสนเทศ สามารถประมวลผลชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ (Geospatial Big data) เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลน้ำท่วม ข้อมูลทางการเกษตรกรรม เป็นต้น ทั้งนี้แพลตฟอร์มคลาวด์ กูเกิ้ล เอิร์ธ เอนจิน ได้ให้บริการบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ควอนตัม (Quantum Computing) ทำให้ผู้ใช้บริการสามารถจัดทำและนำเสนอข้อมูลทางภูมิศาสตร์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การใช้งานกูเกิ้ล เอิร์ธ เอนจิน เป็นการส่งการชุดคำสั่งต่างๆ ด้วยภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Python และ JavaScript เพื่อเชื่อมต่อแพลตฟอร์มกูเกิ้ล เอิร์ธ เอนจิน ในการใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Noel Gorelick และคณะ, 2017)

1.6. การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)

วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นการจำแนกข้อมูลเชิงภาพ โดยการจำแนกประเภทข้อมูลนั้น ผู้แปลต้องกำหนดตัวอย่างของประเภทข้อมูลให้แก่คอมพิวเตอร์ โดยใช้การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Areas) ซึ่งข้อมูลตัวอย่างที่ผู้แปลเป็นผู้กำหนดนั้นได้จากการตีความหมายภาพถ่ายดาวเทียมที่ถูกต้องด้วยสายตาโดยอาศัยประสบการณ์ ความเข้าใจและความรู้ที่มีอยู่ ตลอดจนกระบวนการต่างๆ ในการตีความหมาย เช่น การสำรวจภาคสนาม การใช้แผนที่ภาพถ่ายต่างๆ และสถิติอื่นๆ เป็นต้น ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง ควรใช้ภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite) ที่ผ่านการเน้นความคมชัดของข้อมูล ไปตรวจสอบกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ โดยคอมพิวเตอร์คำนวณหาค่าสถิติต่างๆ จากพื้นที่ตัวอย่างที่กำหนด เพื่อจำแนกประเภทของข้อมูล และสุดท้ายดำเนินการรวมประเภทข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกันจัดกลุ่มข้อมูลเป็นกลุ่มเดียวกัน

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ใช้สำหรับการจำแนกประเภท (Classification) และการถดถอย (Regression) ไม่อ้างอิงค่าพารามิเตอร์ การตัดสินใจและการทำนายอ้างอิงจากค่าแบนด์โดยเรียนรู้กฎการตัดสินใจอย่างง่ายของลักษณะของข้อมูลด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นต้นไม้ (Tree Structure) หลักการสร้างต้นไม้ที่ใช้ในการตัดสินใจมีวิธีพื้นฐานวิธีการของเอนโทรปี (Entropy : ID3) คือการสร้างต้นไม้จากบนลงล่างหรือต้นไม้กลับหัว โดยเลือกลักษณะใดที่ดีที่สุดและแตกกิ่งออกไป (John Ross Quinlan, 1986) ดังแสดงในภาพ 3 องค์ประกอบของต้นไม้ตัดสินใจ มีดังนี้

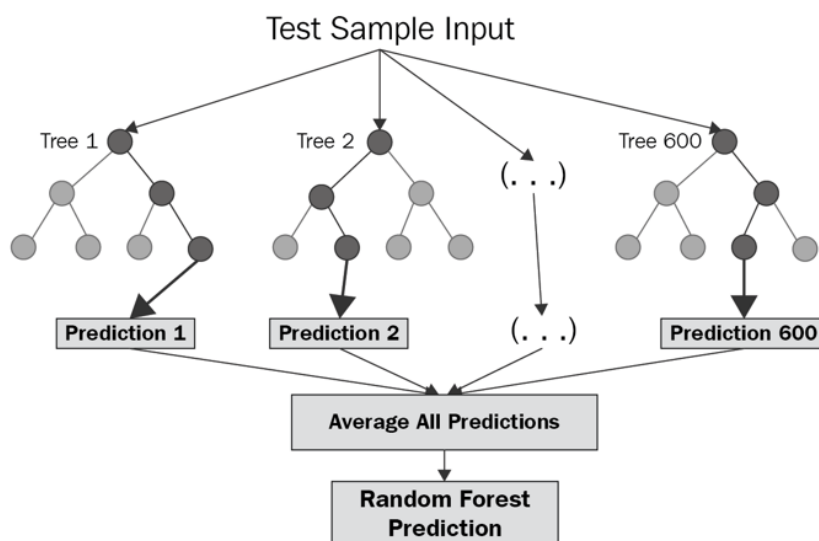
1. โหนดราก (Root Node) เป็นโหนดแรกของต้นไม้ ที่ระบุถึงแบนด์หรือคุณลักษณะหลักในการแบ่งข้อมูล
2. โหนดภายใน (Internal Nodes) เป็นโหนดที่ทำการแบ่งข้อมูลเพิ่มเติม โดยอาศัยแบนด์รวมถึงคุณลักษณะต่าง ๆ
3. โหนดใบ (Leaf Nodes) เป็นโหนดที่แสดงถึงผลลัพธ์หรือการตัดสินใจ



ภาพ 3 กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจ

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Mengxia Zhu และ Richard R. Brooks, 2009)

ป่าสุ่ม (Random Forest) เป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่ใช้สำหรับการจำแนกประเภท (Classification) และการถดถอย (Regression) โดยการสร้างกลุ่มของต้นไม้ตัดสินใจ (decision trees) หลายต้นแล้วรวมผลลัพธ์ของต้นไม้เหล่านั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำขึ้น อัลกอริทึมนี้ทำงานโดยการเลือกชุดตัวอย่างข้อมูลแบบสุ่ม (Bootstrap sampling) สำหรับการสร้างแต่ละต้นไม้ และใช้การสุ่มเลือกคุณสมบัติ (Features) สำหรับการตัดสินใจในแต่ละหมวดของต้นไม้ การรวมผลลัพธ์ของการจำแนกได้จากค่าโหวตส่วนใหญ่ (Majority Vote) หรือการเฉลี่ยผลลัพธ์ในกรณีของการถดถอยของป่าสุ่ม มีความทนทานต่อข้อมูลที่มีความเหมาะสมเกินไป (Overfitting) และมีประสิทธิภาพดีเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ เนื่องจากการสุ่มเลือกตัวอย่างและคุณสมบัติช่วยลดความสัมพันธ์ระหว่างต้นไม้ นอกจากนี้วิธีการป่าสุ่มยังสามารถจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ได้ดีป่าสุ่มถูกใช้งานในหลากหลายด้าน



ภาพ 4 กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยป่าสุ่ม
ที่มา: (Elizabeth Champa-Bujaico และคณะ, 2024)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย

อ้อย (Sugarcane) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum Officinarum* L. มีลักษณะเด่นในการแตกรากจากข้อต่อของลำต้นใต้ดิน ที่เป็นบทบาทสำคัญในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุ ลำต้นเป็นแบบเหง้าสำหรับส่วนใต้ดินและข้อปล้องเหนือพื้นดิน มีลักษณะทรงกระบอกตั้งตรงเปลือกแข็ง เนื้อภายในใช้สำหรับสะสมน้ำตาล ขนาดและสีแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวลักษณะยาวเรียว ขอบใบเรียบมีขนเล็กน้อย มีแกนกลางใบชัดเจนขนานไปกับเส้นใบย่อย ดอกและช่อดอกเป็นแบบช่อกระจุก ดอกมีขนาดเล็กสีขาวหรือชมพูอ่อนมีขนปกคลุมทั่วทั้งดอก และพบเห็นดอกได้น้อย การขยายพันธุ์ของอ้อยอาศัยการแตกรากจากข้อต่อลำต้น และเก็บเกี่ยวอ้อยก่อนถึงระยะออกดอก ผลเป็นแบบแห้งเมล็ดเดี่ยวมีขนาดเล็ก และไม่นิยมใช้ในการขยายพันธุ์ (กลุ่มพัฒนาอ้อย สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง, 2567)

2.1. ช่วงเวลาปลูก

2.1.1. ปลูกอ้อยต้นฝน เริ่มปลูกระหว่างเดือน เมษายน – มิถุนายน ควรเลือกพันธุ์อ้อยที่โตเร็ว สะสมน้ำตาลเร็ว มีอายุการเก็บเกี่ยว 9 – 10 เดือน (พันธุ์เบา)

2.1.2. ปลูกอ้อยน้ำราด หรือน้ำสุม เริ่มปลูกระหว่างเดือน มกราคม – มีนาคม ควรเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว-ปานกลาง มีอายุการเก็บเกี่ยว 11 – 12 เดือน (พันธุ์กลาง)

2.1.3. ปลูกลำต้นชำแช่โคลน เริ่มปลูกระหว่างเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม ควรเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วง 4 เดือนแรกช้า แต่มีการพัฒนาระบบรากที่ดี เพราะในช่วงฤดูแล้งดินมักมีความชื้นน้อย หากเลือกใช้พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงแรกเร็ว พืชต้องการน้ำและธาตุอาหารมาก พืชมีโอกาสได้รับน้ำและธาตุอาหารในช่วง 4 เดือนแรกไม่เพียงพอ ชะงักการเจริญเติบโต ควรเป็นพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 13 – 15 เดือน (พันธุ์หนัก)

2.2. กระบวนการเจริญเติบโตของอ้อย

2.2.1. ระยะงอก หลังปลูกลำต้น 30 วัน (Germination Phase) ขั้นตอนการงอกมาจากการงอกของตา เริ่มตั้งแต่ 7-10 วัน และไปสิ้นสุดที่ 30 วัน อุณหภูมิประมาณ 28 – 30 องศา และความชื้นที่เหมาะสม และการระบายอากาศในดินที่ดีช่วยให้การงอกดีขึ้น

2.2.2. ระยะแตกกอ 90 วัน (Tillering Phase) เป็นกระบวนการทางชีวพลักษณ์ (Phenology) ของอ้อยที่แตกข้อตาเป็นหน่อ โดยการแตกกอให้มีจำนวนข้อที่เหมาะสม แสงและอุณหภูมิที่เหมาะสมมีอิทธิพลต่อการแตกกอ ซึ่งช่วยให้มีหน่อลูกที่เหมาะสม จำนวนหน่ออ้อยที่แตกระยะนี้เหลือลำต้นที่เก็บเกี่ยวเป็นผลผลิตได้แค่ครั้งเดียว

2.2.3. ระยะย่นปล้อง 120 วัน (Elongation Phase) เริ่มจากประมาณ 120 วัน หลังปลูกลำต้นจนถึงประมาณ 270 วัน ช่วงนี้ ข้ออ้อยเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกือบ 4-5 ปล้องต่อเดือน

2.2.4. ระยะสร้างน้ำตาล 90 วัน (Grand Growth Period) ในช่วง 270 – 330 วัน หลังปลูกลำต้นสังเคราะห์น้ำตาลและสะสมน้ำตาลอย่างรวดเร็วในช่วงนี้ การเจริญเติบโตสูงสุด หยุดลงและน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ได้แก่ กลูโคสและฟรุคโตส ก็ถูกแปลงเป็นน้ำตาล โมเลกุลคู่ (Disaccharide) ได้แก่ ซูโครส อ้อยโตเต็มที่จากข้างล่างขึ้นไปข้างบนข้อด้านล่างมีน้ำตาลมากกว่าข้อด้านบน

2.2.5. ระยะสุก 30 วัน (Ripening Phase) อัตราการเจริญเติบโตช้าลงมากจึงมีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น โดยเฉพาะถ้ามีอุณหภูมิลดลงช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปสะสมที่ต้นได้ดีขึ้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ทั้งช่วงระยะเวลาในการปลูกและกระบวนการเจริญเติบโตของอ้อย ดังแสดงในภาพ 5



สายพันธุ์	ระยะงอก	ระยะแตกกอ	ระยะย่างปล้อง	ระยะสร้างน้ำตาล	ระยะสุก
อ้อยต้นฝน	1-30 (1 เดือน)	31-90 (2 เดือน)	91-180 (3 เดือน)	181 -270 (3 เดือน)	270-300 (1 เดือน)
อ้อยน้ำราด	1-30 (1 เดือน)	31-120 (3 เดือน)	121-240 (4 เดือน)	241-330 (3 เดือน)	330-360 (1 เดือน)
อ้อยข้ามแล้ง	1-30 (1 เดือน)	31-150 (4 เดือน)	151-270 (4 เดือน)	270-390 (4 เดือน)	390-420 (1 เดือน)

ภาพ 5 ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย

ที่มา: ดัดแปลงจาก (Felipe Cardoso de Oliveira Maia, Vinícius Bof Bufon และTairone Paiva Leão, 2023)

3. ดัชนีพืชพรรณ

3.1. ดัชนีพืชพรรณเชิงสเปกตรัม

การประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีพืชพรรณในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการสกัดสารสนเทศจากสิ่งปกคลุมดิน โดยอาศัยค่าการสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ 2 ช่วงคลื่นขึ้นไป ซึ่งผลลัพธ์ที่สามารถอธิบายถึงสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นผิวของพื้นที่ เช่น พืชพรรณ (Vegetation) และมวลชีวภาพ (Biomass)

3.1.1. ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 พื้นที่ที่ไม่ใช่พืชพรรณมีค่าเชิงลบ ส่วนพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมมีค่าเชิงบวก (J. W. Rouse และคณะ, 1973) ดังสมการ 1

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

โดยที่

NIR

หมายถึง ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

Red

หมายถึง ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง

4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

4.1. ตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลที่ได้รับจากการจำแนก กับข้อมูลการสำรวจ เนื่องจากเป็นการคำนวณทางสถิติที่ไม่ซับซ้อน และอธิบายค่าความแม่นยำโดยรวม ดังตาราง 2

ตาราง 2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด

Classified Data	Reference Data		
	อ้อย	ไม่ใช่อ้อย	Row Total
อ้อย	N_{11}	N_{12}	N_{1+}
ไม่ใช่อ้อย	N_{21}	N_{22}	N_{2+}
Column Total	N_{+1}	N_{+2}	N

หมายเหตุ: (วิภาพ แพงวังทอง และวันฉัตร เทพวงศ์ (ผู้บรรยาย), 6-7 พฤษภาคม 2564)

4.2. ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy : PA) วัดความแม่นยำของตัวจำแนก (Classifier) ในการระบุหมวดหมู่ข้อมูล โดยคำนวณจากสัดส่วนของจุดที่จำแนกถูกต้องเทียบกับจำนวนจุดของหมวดหมู่นั้น แสดงถึงความสามารถของตัวจำแนกในการระบุหมวดหมู่ที่มีอยู่จริง ซึ่งแสดงถึง ความแม่นยำของตัวจำแนก หากค่าต่ำแสดงว่ามีข้อผิดพลาดของข้อมูล (Omission Error) ดังสมการ 2 และภาพ 6

$$PA = \frac{n_{kk}}{n_{+i}} \quad (2)$$

โดยที่

PA

หมายถึง ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต

n_{kk}

หมายถึง จุดภาพจากการจำแนกของข้อมูล

n_{+i}

หมายถึง ผลรวมของจุดภาพจากการจำแนกของข้อมูลในคอลัมน์

4.3. ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy : UA) วัดความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จำแนกได้ โดยคำนวณจากสัดส่วนของจุดที่จำแนกถูกต้องเทียบกับจำนวนจุดทั้งหมดที่ถูกระบุว่าเป็นหมวดหมู่นั้น แสดงถึงความแม่นยำของข้อมูลเมื่อนำไปใช้ ซึ่งแสดงถึง ความน่าเชื่อถือ

ของข้อมูลที่จำแนกเมื่อนำไปใช้ หากค่าต่ำแสดงว่ามีข้อผิดพลาดจากการจำแนกเกินจริง (Commission Error) ดังสมการ 3 และภาพ 6

$$PA = \frac{n_{kk}}{n_{i+}} \quad (3)$$

โดยที่

PA หมายถึง ค่าความถูกต้องของผู้ใช้

n_{kk} หมายถึง จุดภาพจากการจำแนกของข้อมูล

n_{i+} หมายถึง ผลรวมของจุดภาพจากการจำแนกของข้อมูลในแถว

		Reference			Σ Row	
		H	C	O		
Classification	H	28	14	15	57	User's Accuracies: Hardwood = 28/57 = 49% Conifer = 15/21 = 71% Other = 20/22 = 91%
	C	1	15	5	21	
	O	1	1	20	22	
	Σ Col	30	30	40	100	Producer's Accuracies: Hardwood = 28/30 = 93% Conifer = 15/30 = 50% Other = 20/40 = 50%

ภาพ 6 ตัวอย่างการคำนวณค่าความถูกต้องของผู้ผลิตและค่าความถูกต้องของผู้ใช้

ที่มา: (วันรัชชา เทพวงศ์, 2565)

4.4. การคำนวณค่าความแม่นยำโดยรวม (Overall Accuracy : OA) เป็นการหาอัตราส่วนระหว่างผลรวมของจำนวนจุดที่จำแนกและจำนวนจุดทั้งหมดที่นำมาตรวจสอบสามารถคำนวณได้ ดังสมการ 4

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^K N_{ii}}{N} \quad (4)$$

โดยที่

OA หมายถึง ความแม่นยำโดยรวม

K หมายถึง จำนวนแถว

N_{ii} หมายถึง จำนวนจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละ

ประเภท

N หมายถึง จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมด

4.5. ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เป็นการคำนวณโดยใช้วิธีทางสถิติในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลสองชุด โดยไม่อาศัยสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติหรือไม่ โดยแบ่งตามเกณฑ์ตาม (Congalton และ Green R., 2001) ดังสมการ 4

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ตั้งแต่ 0.81 ขึ้นไป	คือ มีความสอดคล้องสูงมาก
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ตั้งแต่ 0.61 ถึง 0.80	คือ มีความสอดคล้องสูง
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.60	คือ มีความสอดคล้องปานกลาง
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา น้อยกว่า 0.21 ถึง 0.40	คือ มีความสอดคล้องต่ำ
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา น้อยกว่า 0.20	คือ ไม่มีความสอดคล้อง

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^K N_{ii} - \sum_{i=1}^K (x_i + x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^K (x_i + x_{+i})} \quad (5)$$

โดยที่

Kappa

หมายถึง สัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง

N

หมายถึง จำนวนความคลาดเคลื่อน

X_{ij}

หมายถึง ผลรวมของแนวทแยงของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนที่ i

และคอลัมน์ที่ i

X_{i+}

หมายถึง ผลรวมในแถวที่ i ของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน

X_{+i}

หมายถึง ผลรวมในคอลัมน์ที่ i ของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Thamh Noi Phan, Verena Kuch และ Lukas W. Lehnert (2020) ได้ทำการศึกษา การจำแนกสิ่งปกคลุมดินโดยใช้แพลตฟอร์มคลาวด์กูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน ด้วยวิธีการป่าสุ่ม และการจัดองค์ประกอบภาพ ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ตั้งแต่แบนด์ 1 ถึง 7 และดัชนีสเปกตรัมเพิ่มเติม 10 แบบ และ ดัชนีภูมิประเทศ 3 ชนิด ดังนี้ NDVI EVI SAVI MSAVI2 NDWI mNDWI NDWBI NDBI SR Entropy Elavation Slope และ Aspect ตามลำดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการจัดองค์ประกอบของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีที่แตกต่างกันในการจำแนกประเภทของสิ่งปกคลุมดิน โดยแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลดังนี้ ชุดที่ 1 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทุกภาพถ่ายในปี ค.ศ. 2019 โดยการรวมภาพหาค่ามัธยฐานของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 196 ภาพ ให้เหลือเพียง 1 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณ ชุดที่ 2 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน ในปี ค.ศ. 2019 โดยการรวมภาพหาค่ามัธยฐานของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 61 ภาพ ให้เหลือเพียง 1 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการ

คำนวณ ชุดที่ 3 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการคัดกรองที่มีความหนาแน่นของเมฆน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปี ค.ศ. 2019 โดยการรวมภาพหาค่ามัธยฐานของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 130 ภาพ ให้เหลือเพียง 1 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณ ชุดที่ 4 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน ในปี ค.ศ. 2018 และ 2019 โดยการรวมภาพหาค่ามัธยฐานของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 126 ภาพ ให้เหลือเพียง 1 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณ ชุดที่ 5 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแนวที่ 137 และแถวที่ 27 ในปี ค.ศ. 2019 ในพื้นที่การศึกษา 1 ภาพ ให้เหลือเพียง 1 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณ ชุดที่ 6 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแนวที่ 137 และแถวที่ 27 ในปี ค.ศ. 2019 โดยการรวมภาพหาค่ามัธยฐานของภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 7 ภาพ ชุดที่ 7 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนกันยายน ในปี ค.ศ. 2019 ของทุกภาพทั้งหมด 61 ภาพ ให้เหลือเพียง 4 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณของแต่ละเดือนทั้ง 4 เดือน ชุดที่ 8 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแนวที่ 137 และแถวที่ 27 ของทุกภาพถ่ายทั้ง 7 ภาพ ให้เหลือเพียง 4 ภาพภาพถ่ายดาวเทียมตัวแทนการคำนวณ โดยทั้ง 8 ชุดข้อมูลถูกเพิ่มข้อมูลสเปกตรัมและดัชนีภูมิประเทศ 13 แบบ ต่อตัวแทนภาพ 1 ภาพ โดยมีการกำหนดตัวแทนของอัลกอริทึมป่าสุม ออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ เกษตรกรรม พื้นที่ถูกเผา พื้นที่ว่างเปล่า ทุ่งหญ้า ทุ่งหญ้าผสม แหล่งที่อยู่อาศัย ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ในการฝึกอบรม ผลที่ได้จากการศึกษา ชุดข้อมูลที่มีความถูกต้องโดยรวมจากมากที่สุดไปน้อยสุด ดังนี้ ชุดที่ 7 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 89.80% ชุดที่ 8 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 89.70% ชุดที่ 2 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 88.74% ชุดที่ 1 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 85.95% ชุดที่ 6 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 85.66% ชุดที่ 5 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 85.27% ชุดที่ 3 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 85.08% และ ชุดที่ 4 มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 84.31%

Jie Wang และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษา การทำแผนที่พลวัตของการปลูกอ้อยในกวางสี ประเทศจีน ตามอนุกรมเวลา ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1, Sentinel-2 และ Landsat-7/8 มีวัตถุประสงค์เพื่อ ติดตามการเจริญเติบโตของอ้อยโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI LSWI EVI และ mNDWI แบบอนุกรมเวลาด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี ค.ศ. 2018 เพื่อสร้างแผนที่ในปี ค.ศ. 2019 โดยแบ่งขั้นตอนเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่หนึ่ง กำหนดขอบเขตพื้นที่การเพาะปลูกอ้อยโดยใช้กูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน ในการสร้างพื้นที่การเพาะปลูก ส่วนที่สอง กำหนดพื้นที่เพาะปลูกอ้อยหนึ่งครั้ง สองครั้ง และสามครั้งในรอบ 1 ปี จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากข้อมูลการสำรวจภาคสนาม ส่วนที่สาม ใช้ดัชนีพืชพรรณในการหาพื้นที่การ

เพาะปลูกย่อยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนผู้ใช้ (User) งานจากข้อมูลการสำรวจภาคสนาม และส่วนผู้ผลิต (Product) จากดัชนีพืชพรรณ 4 แบบ ผลการศึกษาในปี ค.ศ. 2018 การระบุพื้นที่เพาะปลูกย่อยสำหรับผู้ใช้งานมีความแม่นยำอยู่ที่ 96 % ส่วนผู้ผลิตความแม่นยำระบุพื้นที่เพาะปลูกย่อยอยู่ที่ 88% ความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 96% พื้นที่เพาะปลูกย่อยในพื้นที่กว้างทั้งหมด 8,940 ตารางกิโลเมตร ซึ่งสูงกว่าการประมาณการจากรายงานสถิติการเกษตรกว้างสี่อยู่ที่ 1% การระบุพื้นที่เพาะปลูกย่อยตามการศึกษานี้มีศักยภาพเพียงพอต่อการสร้างแผนที่อนุกรมเวลาการปลูกย่อยประจำปีได้

Felipe Cardoso de Oliveira Maia, Vinícius Bof Bufon และ Tairone Paiva Leão (2023) ได้ทำการศึกษา การใช้เครื่องมือดัชนีพืชพรรณในการจัดทำแผนที่บริหารจัดการย่อยในพื้นที่ Cerrado ประเทศบราซิล โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ระหว่างปี ค.ศ. 2015 ถึง ปี ค.ศ. 2018 โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI และ EVI2 มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินความสามารถของดัชนีพืชพรรณถึงความแตกต่างของทั้ง 2 ดัชนีพืชพรรณกับข้อมูลภาคสนาม โดยใช้กฎเกิ้ล เอิร์ธเอนจิน ด้วยการจำแนกแบบแบ่งเขตบริหาร (Management Zones : MZs) ในพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อเปรียบเทียบข้อมูล NDVI กับ MZ ไม่มีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สอดคล้องกัน และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูล EVI2 กับ MZ มีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องได้ดีกว่า ทำให้เมื่อวัดค่าของพืชย่อยในช่วงอายุ 180 ถึง 240 วัน ดัชนีพืชพรรณ EVI2 มีค่าอยู่ที่ 0.37 0.36 0.34 0.33 และ 0.32 ตามลำดับของแต่ละพื้นที่การศึกษา สรุปได้ว่า ดัชนีพืชพรรณ EVI2 มีศักยภาพมากกว่า NDVI ในการสำรวจระยะไกลพื้นที่การเพาะปลูกย่อย

Tri Muji Susantoro และคณะ (2018) ได้ทำการศึกษา การเลือกใช้ดัชนีพืชพรรณเพื่อจัดทำแผนที่พืชย่อยรอบแหล่งน้ำมันและก๊าซ ลุ่มแม่น้ำชวา ตะวันตกเฉียงเหนือ ประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI/TIRS ในการเลือกหาดัชนีพืชพรรณทั้ง 23 ดัชนี ดังนี้ EVI GDVI GRVI ARVI DVI GEMI GNDVI GARI GVI IPVI LAI MNLI MSR NLI NDVI OSAVI RDVI SAVI SR VARI TDVI SIPI และ ENDVI มีวัตถุประสงค์เพื่อ หาดัชนีพืชพรรณที่มีคุณสมบัติในการทำแผนที่ย่อยโดยประเมินจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ขั้นตอนแรก เลือกกลุ่มตัวอย่าง 27 กลุ่มตัวอย่าง เลือกดัชนีพืชพรรณที่มีค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีความผิดปกติหรือค่าดัชนีพืชพรรณที่ใกล้เคียงกับแหล่งน้ำมันและใกล้แหล่งก๊าซเพื่อคัดออก ขั้นตอนที่สอง เลือกกลุ่มตัวอย่าง 280 กลุ่มตัวอย่าง เพื่อเลือกดัชนีพืชพรรณจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยค่าสัมประสิทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับ 0.8 มี

ความสัมพันธ์กันระหว่างดัชนีพืชพรรณกับข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ขั้นตอนที่สาม รวมผลของการวิเคราะห์จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและความสัมพันธ์การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเพื่อเลือกดัชนีพืชพรรณที่ใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่ที่มีผลกระทบของแหล่งน้ำและก๊าซที่ส่งผลกับอ้อย ผลที่ได้จากการศึกษา ดัชนีพืชพรรณที่มีศักยภาพในการจัดทำแผนที่อ้อยมี 6 ดัชนี ได้แก่ NDVI ENDVI GDVI VARI LAI และ SIPI

Shuai Xie และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การทำแผนที่สิ่งปกคลุมดินอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 แบบอนุกรมเวลา 3 ภาพ ได้แก่ Scene_123032 Scene_125034 และ Scene_125033 ด้วย ภูเขา เอิร์ธ เอน จีน ประเทศจีน มีการใช้ International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) เป็นตัวอย่างในการฝึกอบรมสำหรับ อัลกอริทึมป่าชุ่ม สำหรับการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดิน แบ่งออกเป็น 10 ประเภท ดังนี้ ป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบ ป่าผสม พุ่มไม้ ทุ่งหญ้าสะวันนาแบบป่า ทุ่งหญ้าสะวันนา ทุ่งหญ้า พื้นที่เพาะปลูก เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และน้ำ โดยตัวอย่างของการฝึกอบรมมีจำนวนประเภทละ 100 ตัวอย่าง มีความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 99.2% ผลลัพธ์จากการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วย อัลกอริทึมป่าชุ่ม มีความเชื่อมั่นที่ 95% มีความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 79% 80% และ 80% ตามลำดับ และลักษณะเด่นของเปอร์เซ็นต์โพลีอยู่ที่ 75% 78% และ 77% ตามลำดับ การจำแนกสิ่งปลูกคลุมได้ดีที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ ทุ่งหญ้า และป่าผลัดใบ ตามลำดับ สำหรับการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) มีความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 78%

Humberto Cruz-Sanabria และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การจัดทำแผนที่การเพาะปลูกอ้อยโดยใช้ดัชนีพืชพรรณและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 แบบอนุกรมเวลา Zapotiltic รัฐ Jalisco ประเทศเม็กซิโก ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการปรับแก้และประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ขั้นตอนที่สองเป็นการคำนวณดัชนี PVI และ LAI และขั้นตอนที่สามเป็นการตรวจสอบความผิดปกติ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวน 390 วัน นับตั้งแต่ 2 กุมภาพันธ์ 2019 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2020 โดยแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ศึกษาใกล้กัน เพื่อค้นหาความผิดปกติที่เกิดขึ้นจึงเลือกตัวอย่างของข้อมูลเป็น 6 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 60, 120, 230, 276 และ 390 ซึ่งสอดคล้องกับวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2019 วันที่ 3 เมษายน 2019 วันที่ 2 มิถุนายน 2019 วันที่ 20 กันยายน 2019 วันที่ 4 พฤศจิกายน 2019 และวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2020 ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าพืชอ้อยในพื้นที่ศึกษาอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ได้จากค่าดัชนีทั้ง

สองดัชนี โดยอ้างอิงจากพื้นที่ปลูกอ้อยในพื้นที่ศึกษาอื่นที่สามารถปลูกอ้อยที่ได้ผลผลิตสูง 153.755 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าประสิทธิภาพในระดับฤดูกาลของประเทศเม็กซิโก ประสิทธิภาพของอ้อยเติบโตได้ดีตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 120 และหลังจากวันที่ 230 ประสิทธิภาพเริ่มลดลง

Sudianto Sudianto, Yeni Herdiyeni และ Lilik Budi Prasetyo (2023) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้ดาวเทียม Landsat-8 และป่าสุม ด้วยความรู้ทางฟิโนโลยี ประเทศอินโดนีเซีย โดยมีมุ่งหมายเพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้การสำรวจระยะไกลและการเรียนรู้เครื่องจักรบนแพลตฟอร์มคลาวด์ ภูเกิ้ล เอิร์ธ เอน จิน เพื่อดูค่าสเปกตรัมของดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) เพื่อสร้างแบบจำลองฮาร์โมนิก และยังวิธีการแบ่งประเภทการจำแนกด้วยอัลกอริทึม Simple Non-Iterative Clustering (SNIC) สำหรับการระบุคลัสเตอร์เชิงพื้นที่ในการปรับปรุงของกลุ่มพิกเซลที่มีความใกล้เคียงกันของความหนาแน่นสิ่งปกคลุมดิน ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะความเข้มของสีพิกเซล Gary-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) เพื่อกำหนดทิศทางและระยะห่างของพิกเซลตามที่กำหนด โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 70% สำหรับการฝึกอบรม และ 30% สำหรับการทดสอบแบบทดสอบ จากจำนวนจุดทั้งหมด 85 จุด แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ สิ่งปลูกสร้าง 7 จุด พื้นดิน 24 จุด พื้นที่ปลูกอ้อย 30 จุด และพื้นที่ปลูกพืชอื่นๆ 24 จุด ในพื้นที่ศึกษา Djengkol Kediri ประเทศอินโดนีเซีย โดยหาช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2561 ถึง พฤศจิกายน 2563 และได้ภาพรวมการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มปลูก เดือน ตุลาคม 2561 ถึง กันยายน 2563 โดยมีการแบ่งระยะการเจริญเติบโตออกเป็น 6 ระยะ ได้แก่ ระยะหวานเมล็ด ระยะต้นกล้า ระยะยี่ดลำต้น ระยะสะสมน้ำตาล ระยะเติบโตเต็มที่ และระยะเก็บเกี่ยว จากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยอัลกอริทึมป่าสุม มีพื้นที่ปกคลุมดินมีความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 95.9% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.92

Aman Lonare, Basant Maheshwari และ Pennan Chinnasamy (2022) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การระบุพืชอ้อยในระดับหมู่บ้านใน สาขาสถิติ รัฐมหาราษฏระ ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลโอเพ่นซอร์ส โดยมีมุ่งหมายในการใช้แพลตฟอร์มคลาวด์ภูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) ของอัลกอริทึม 3 แบบ ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจแบบจำแนก (Classification and Regression Tree : CART) เครื่องจักรเวกเตอร์สนับสนุน (Support Vector Machine : SVM) และป่าสุม (Random Forest :

RF) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 และ Sentinel-2 และดัชนี 3 ชนิด ได้แก่ NDVI EVI และ LSWI พื้นที่ศึกษาทั้งหมดรวมพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตร อยู่ที่ 452 เฮกตาร์ จากผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบ พบว่า อัลกอริทึม SVM มีค่าคะแนน F1 อยู่ที่ 0.80 และค่าความแม่นยำโดยรวม อยู่ที่ 78% เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลดาวเทียมเซนทิเนล 2 ซึ่งได้พื้นที่ปลูกอ้อย อยู่ที่ 271.73 เฮกตาร์ อัลกอริทึม RF มีค่าคะแนน F1 อยู่ที่ 0.79 และค่าความแม่นยำโดยรวม อยู่ที่ 78% เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลดาวเทียมเซนทิเนล 2 ซึ่งได้พื้นที่ปลูกอ้อย อยู่ที่ 298.41 เฮกตาร์ และอัลกอริทึม CART มีค่าคะแนน F1 อยู่ที่ 0.72 และค่าความแม่นยำโดยรวม อยู่ที่ 63% เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลดาวเทียมเซนทิเนล 2 ซึ่งได้พื้นที่ปลูกอ้อย อยู่ที่ 267.59 เฮกตาร์ ผลสรุป อัลกอริทึม SVM มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการศึกษานี้ แต่ใช้เวลาในการประมวลผลที่นานกว่าอัลกอริทึม RF อีกทั้งอัลกอริทึม SVM มีการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ที่ซับซ้อนกว่า ทำให้การใช้ต้องเข้าใจลักษณะพื้นที่ศึกษาเพื่อปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมด้วย

Ming Wang และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การจัดทำแผนที่ปลูกอ้อยในภูมิภาคที่ซับซ้อนโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 หลายช่วงเวลาและอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร พื้นที่ศึกษาอยู่ที่เขตหลงโจว มณฑลกวางสี ประเทศจีน โดยเขตหลงโจวนี้มีภูเขาสูงชันหลายพื้นที่ จึงทำให้เกิดความหลากหลายของภูมิประเทศมากมาย ช่วงระยะเวลาการศึกษาตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561 ถึง วันที่ 30 มกราคม 2562 การศึกษานี้ได้ใช้ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) พร้อมด้วยข้อมูลจุดตัวอย่างจำนวน 6,000 จุด โดยแบ่งเป็น 4,000 จุด สำหรับฝึกโมเดล และ 2,000 จุด โดยคิดเป็นสัดส่วน 67% และ 33% สำหรับทดสอบโมเดล ข้อมูลสำหรับการจำแนกของเครื่องจักรแต่ละตัว ดังนี้ ป่าสน (RF) เวกเตอร์สนับสนุนสองตัว (Polynomial-SVM และ RBF-SVM) ตัวจำแนกเครือข่ายประสาทเทียม (ANN) และ ตัวจำแนกต้นไม้ตัดสินใจ (CART-DT) จากผลลัพธ์ของการศึกษานี้พบว่า การจำแนกด้วยอัลกอริทึม Polynomial-SVM มีประสิทธิภาพสูงสุดอันดับที่หนึ่ง ได้ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 95.20 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.88 อันดับที่สองอัลกอริทึม RBF-SVM ได้ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 94.60 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.87 อันดับที่สามอัลกอริทึม RF ได้ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 91.30 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.80 อันดับที่สี่อัลกอริทึม CART-DT ได้ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 91.10 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.7919 อันดับที่ห้าอัลกอริทึม ANN ได้ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 77.55 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.5757 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่จำแนกอ้อยพบว่า 75% ของพื้นที่ศึกษาที่มีการปลูกอ้อยในพื้นที่ราบที่มีความลาดชันน้อยกว่า 10 องศา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงตัดสินใจใช้อัลกอริทึมป่าสุ่ม เนื่องจากอัลกอริทึมป่าสุ่มมีศักยภาพใกล้เคียงกับอัลกอริทึมเครื่องจักรเวกเตอร์สนับสนุน แต่มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่น้อยกว่า รวมถึงการลดระยะเวลาการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาที่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับอัลกอริทึมเครื่องจักรเวกเตอร์สนับสนุน แต่ในทางกลับกันอัลกอริทึมป่าสุ่มไม่จำเป็นต้องใช้ในส่วนนี้ การปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมป่าสุ่ม จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจึงเลือกใช้ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ มาเป็นตัวเลือกในการตัดสินใจในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อย (ดังตาราง 3) ร่วมกับแบนด์ปกติของภาพดาวเทียมเซนทิเนล 2 ได้แก่ แบนด์ B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B8A B11 และ B12 ในงานวิจัยฉบับนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการตัดสินใจของอัลกอริทึมป่าสุ่มในแบนด์มีส่วนเกี่ยวข้องกับดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณหรือไม่



ตาราง 3 ตารางรูปแบบการอ้างอิง

ผู้เขียน	Thamh Noi Phan, et al. (2020)	Jie Wang, et al. (2020)	Felipe Cardoso de Oliveira Maia, et al. (2023)	Tiri Muji Susantoro, et al. (2018)	Shuai Xie, et al. (2019)	Humberto Cruz-Sandbria, et al. (2019)	Sudianto Sudianto, et al. (2023)	Aman Lonare, et al. (2022)	Ming Wang, et al. (2019)
NDVI	X	X	X	X	X		X	X	X
ENDVI				X					
GDVI				X					
EVI	X	X						X	
EVI2			X						
SAVI	X								
MSAVI2	X								
NDWI	X								
mNDWI	X	X							
NDWBI	X								
NDBI	X								
LSWI		X						X	
VARI				X					
LAI				X		X			
SIPI				X					
PVI						X			

หมายเหตุ : x หมายถึง การระบุของงานวิจัยใดก็ได้ใช้ดัชนีเชิงสเปกตรัม

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาสำหรับการวิเคราะห์การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกย่อยโรงงาน โดยวิธีอัลกอริทึมป่าสุ่ม ด้วยแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอดุสิต จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย ในการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 แบบอนุกรมเวลา เพื่อนำไปสู่การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกย่อยโรงงาน ในบทนี้กล่าวถึง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และวิธีการวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 ในการเรียกใช้บนแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนติเนล 2 ด้วย 2 ข้อมูล ได้แก่ Top-of-Atmosphere Reflectance (TOA) และ Surface Reflectance (SR) โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ข้อมูล SR เนื่องจากประเภทของข้อมูลชนิดนี้ได้ผ่านการปรับแก้ในชั้นบรรยากาศแล้ว ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นค่าการสะท้อนบนพื้นผิวของวัตถุจริง

ข้อมูลจุดสำรวจภาคสนาม ได้มีการสำรวจภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษาอำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอดุสิต จังหวัดพิษณุโลก รวมทั้งสิ้น 1,006 จุด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำเข้าโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุ่ม ที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลแบบฝึกหัด และแบบทดสอบของข้อมูลอย่างน้อย 2 ชุดข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจำแนกตามวัตถุประสงค์

วิธีการวิเคราะห์

การศึกษาวิจัยในฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน (ดังภาพ 7) ดังต่อไปนี้

ส่วนที่หนึ่ง การนำเข้าข้อมูลจุดสำรวจภาคสนามและการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านการปรับแก้พื้นที่ที่มีความผิดปกติที่เกิดจากเมฆที่ปกคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา

1. การนำเข้าข้อมูลจากแหล่งภายนอกแพลตฟอร์มต้องมีนามสกุลของชุดข้อมูลดังต่อไปนี้ shp, zip, dbf, prj, shx, cpj, fix, qix, sbn และ shp.xml ต่อ 1 ชุดข้อมูล สำหรับข้อมูลประเภทเวกเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลจุดสำรวจภาคสนาม ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ศึกษา ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทย่อย

2. เรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ด้วยแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน โดยใช้คอลเลคชัน COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED

3. กำหนดขอบเขตด้านเวลาของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยแพลตฟอร์มกูเกิลเอิร์ธเอนจิน ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ. 2567

4. กำหนดขอบเขตด้านพื้นที่โดยใช้ข้อมูลจากแหล่งภายนอกแพลตฟอร์มในบริเวณพื้นที่ศึกษา อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อลดระยะเวลาการคำนวณในบริเวณที่ไม่เกี่ยวข้อง

5. กำหนดปริมาณความหนาแน่นของเมฆ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 แบนด์ SCL ที่มีคุณสมบัติแบ่งหมวดหมู่ประเภทของข้อมูลไว้ 11 ประเภท ดังนี้

- 0 คือ ไม่มีข้อมูล
- 1 คือ พื้นที่ที่มีความผิดปกติ
- 2 คือ พื้นที่ที่มีความเป็นสีดำ
- 3 คือ เงาเมฆ
- 4 คือ พืชพรรณ
- 5 คือ พื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณปกคลุม
- 6 คือ พื้นที่แหล่งน้ำ
- 7 คือ พื้นที่ที่ไม่สามารถจำแนกได้
- 8 คือ พื้นที่ที่มนุษย์สร้างขึ้น
- 9 คือ พื้นที่ที่หิมะปกคลุม
- 10 คือ พื้นที่ที่มีเมฆปกคลุมหนาแน่น
- 11 คือ พื้นที่ที่มีเมฆปกคลุมชั้นบาง

เพื่อใช้ในการตัดส่วนที่เป็นพื้นที่เมฆออกจากภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการเข้าโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุ่ม การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ตัดส่วนพื้นที่ที่ 3 9 10 และ 11 ออกจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ออก

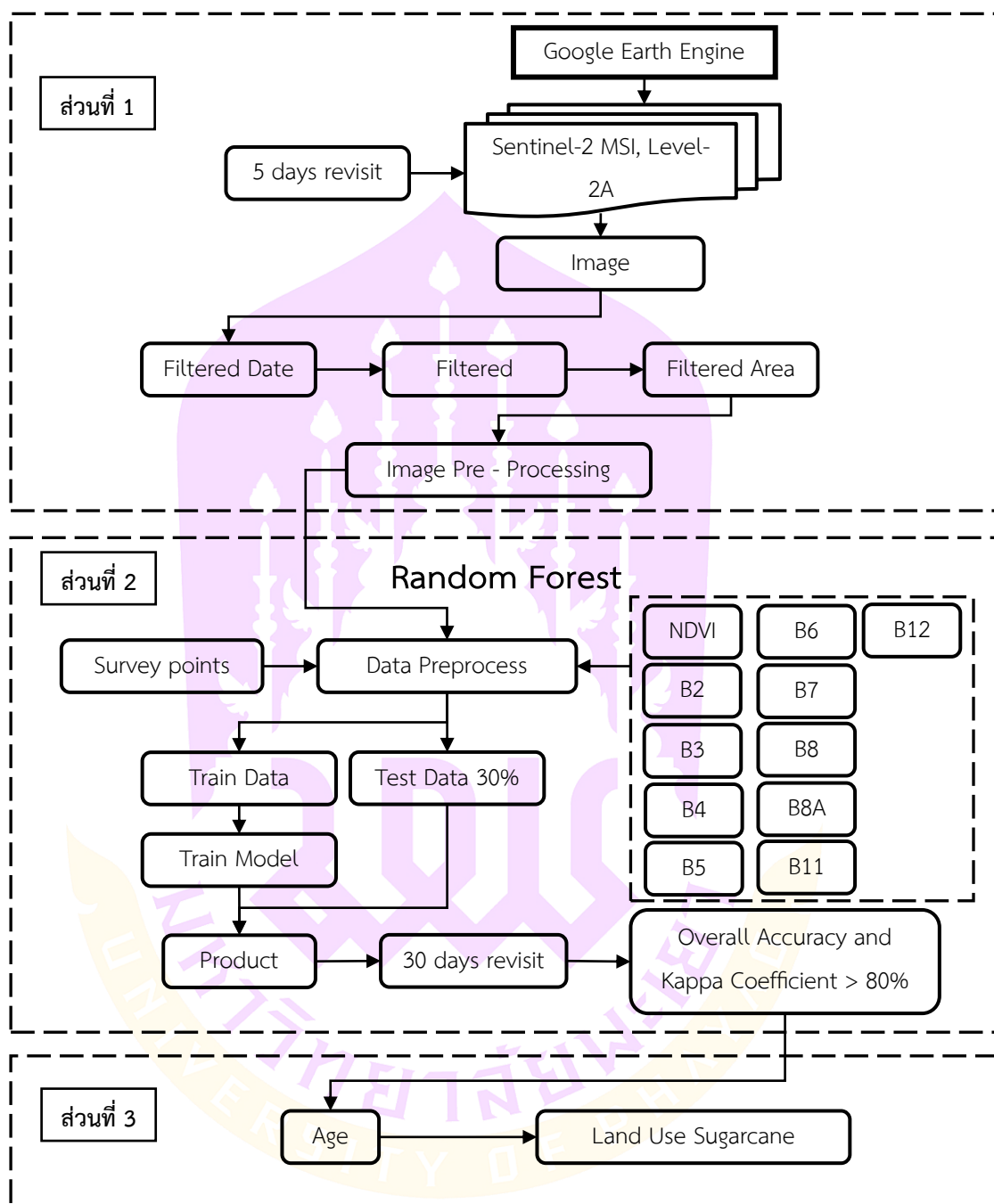
6. การรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ทั้ง 1 เดือนให้เหลือเพียง 1 ภาพ เป็นตัวแทนในการประมวลผลของแต่ละเดือน โดยใช้ข้อมูลภาพล่าสุดเสมอ ในบริเวณที่ขาดหายไป ได้กำหนดให้ใช้ภาพรอบเก่าถัดไปของแต่ละเดือน

ส่วนที่สอง การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่า
สุม

1. การกำหนดแบนด์ที่ใช้ในการเข้าโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุม ได้แก่ NDVI B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B8A B11 และ B12
2. การคำนวณดัชนี NDVI โดยใช้เครื่องมือ image.normalizedDifference ในการคำนวณดัชนี NDVI
3. การแบ่งประเภทของข้อมูลออกเป็นสัดส่วนที่ 70 % สำหรับใช้ในการฝึกโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุม และ 30% สำหรับการทดสอบโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุม จากจำนวนจุดข้อมูลทั้ง 1,006 จุด โดยผ่านการสุ่มของแบบจำลอง
4. การตรวจสอบความถูกต้องและประเมินศักยภาพของแบนด์ที่ใช้ในโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุม ได้ใช้ข้อมูลจากจุดสำรวจภาคสนามของ 30 % ในการทดสอบโมเดลแบบจำลองมาตรวจสอบ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อน ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ค่าความแม่นยำโดยรวม สำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง และสัดส่วนความสำคัญการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานสำหรับประเมินศักยภาพของแบนด์

ส่วนที่สาม การนำออกข้อมูลที่ได้จากการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานในโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุมที่ระบุระยะการเจริญเติบโตของพืชอ้อย

1. การระบุระยะการเจริญเติบโตของพืชอ้อย โดยใช้ผลลัพธ์ของแต่ละเดือนทั้ง 16 เดือน มาซ้อนทับกัน แล้วคำนวณพื้นที่ที่มีการซ้อนทับกันออกมาในแต่ละพิกเซลโดยจะถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 16 ชั้นข้อมูล พื้นที่ใดที่มีการซ้อนทับจะได้ผลสรุปของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานที่มีการซ้อนทับกันตามจำนวนที่ถูกซ้อนทับ
2. การส่งออกในรูปแบบของแรสเตอร์ เป็นรูปแบบพื้นที่ของข้อมูลในแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน



ภาพ 7 กรอบแนวความคิด

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษางานวิจัยเรื่อง การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในช่วงหนึ่งฤดูเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเซนติเนล 2 ด้วยวิธีการป่าสุ่มบนแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน ในพื้นที่ศึกษา อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ.2567 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. จุดสำรวจภาคสนามสำหรับการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจและจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยใน 4 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ การสำรวจภาคสนามครอบคลุมพื้นที่ที่หลากหลาย โดยแบ่งเป็นจุดที่มีการเพาะปลูกอ้อย 600 จุด และจุดที่ไม่มีการเพาะปลูก 406 จุด ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเบื้องต้นแสดงให้เห็นถึงช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของอ้อยในพื้นที่ศึกษา โดยส่วนใหญ่พบว่าการเพาะปลูกในระยะเตรียมดิน ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการปลูก ในขณะที่บางส่วนพบว่าอ้อยอยู่ในระยะแตกกอ ย่างปล้อง และสร้างน้ำตาล ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยมีการเจริญเติบโตเต็มที่และเตรียมพร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว การกระจายของระยะการเจริญเติบโตนี้สะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายในการจัดการการเพาะปลูกของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในภาพ 8

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของอ้อยตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา ได้มีการใช้ค่าดัชนี NDVI ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความเขียวขจีและความหนาแน่นของพืชพรรณ ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า NDVI มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตามฤดูกาล โดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.297 ในเดือนเมษายน 2566 ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการเพาะปลูก ในทางตรงกันข้าม ค่า NDVI สูงสุดอยู่ที่ 0.656 ในเดือนตุลาคม 2566 ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยมีการเจริญเติบโตสูงสุดและมีความหนาแน่นของใบมากที่สุด จากนั้น ค่า NDVI ค่อยๆ ลดลงมาอยู่ที่ 0.336 ในเดือนมีนาคม 2567 (ภาพ 9) ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นส่วนใหญ่ การเปลี่ยนแปลงของค่า NDVI นี้เป็นหลักฐานที่ชัดเจนที่แสดงให้เห็นถึงวงจรการเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่การเตรียมดิน การเจริญเติบโต ไปจนถึงการเก็บเกี่ยว



ภาพ 8 ตัวอย่างจุดสำรวจภาคสนาม



ภาพ 9 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย NDVI รายเดือน

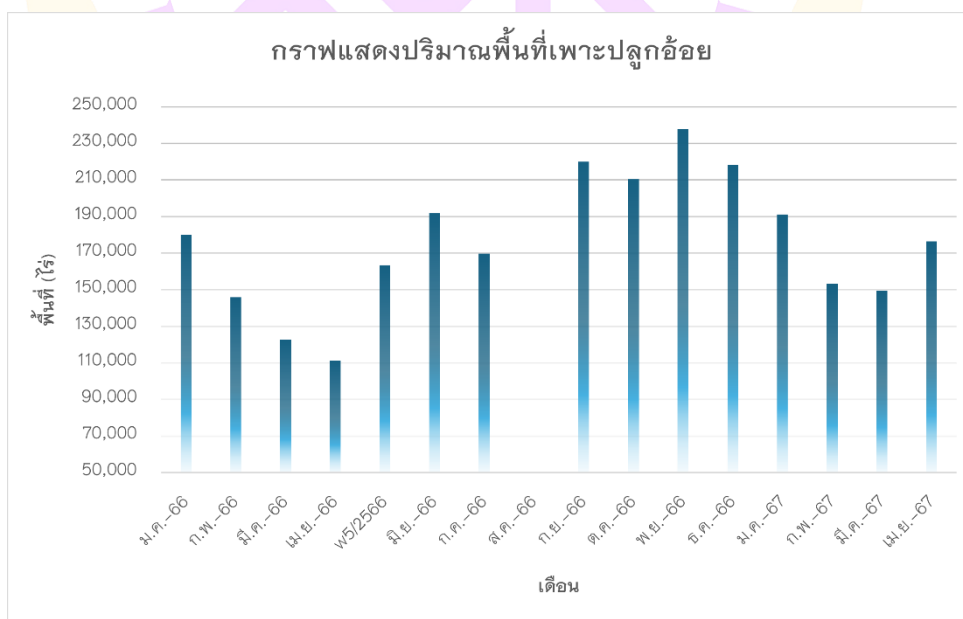
2. การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2566 - เมษายน พ.ศ.2567

การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่ม ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ.2566 - เมษายน พ.ศ.2567 ในพื้นที่ อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 มีรายละเอียดดังนี้

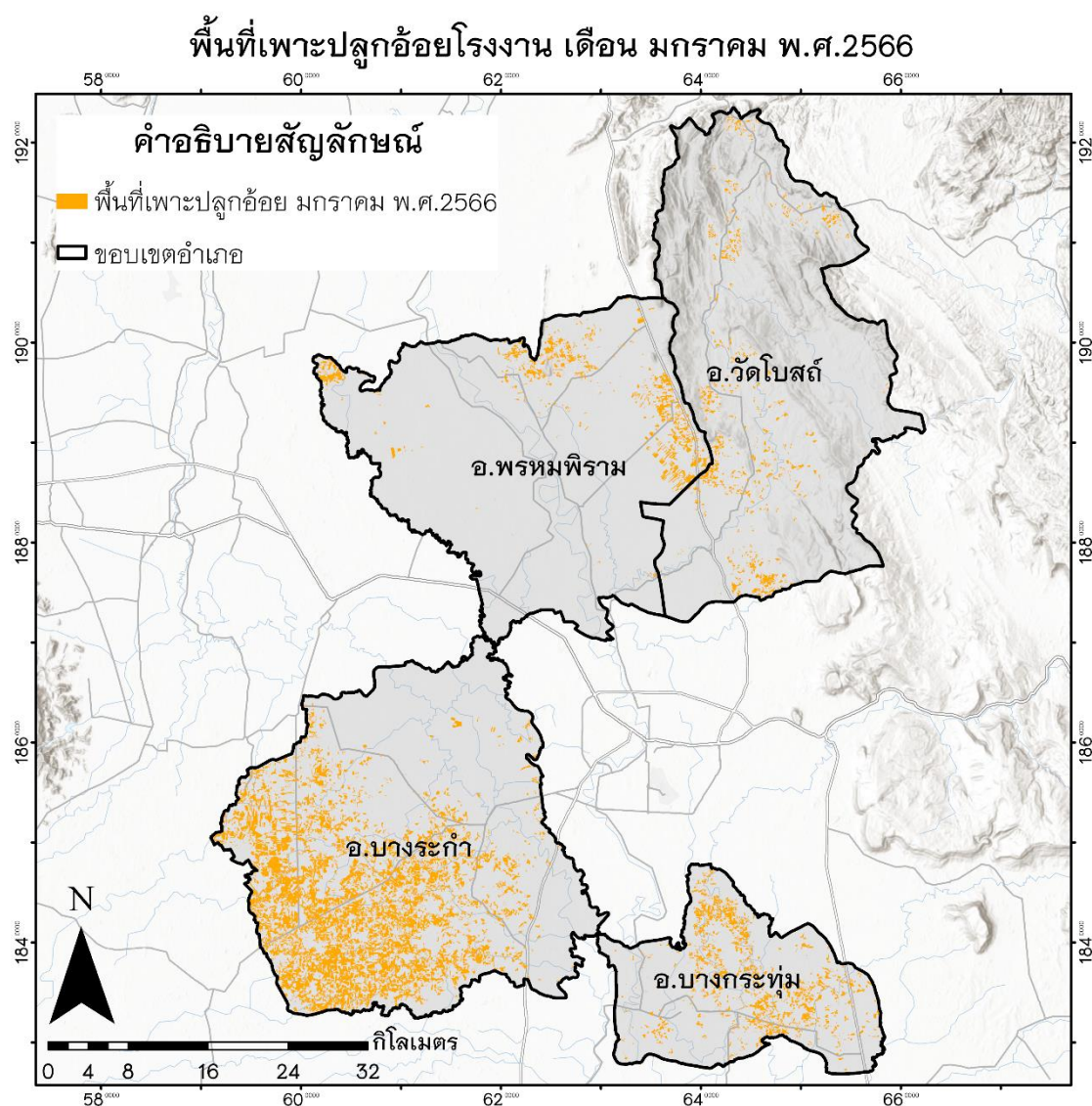
การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานที่มีพื้นที่น้อยที่สุดคือ เดือน เมษายน พ.ศ. 2566 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 111,200.85 ไร่ และพื้นที่มากที่สุดคือ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 237,717.88 ไร่ และมีพื้นที่ลดลงน้อยที่สุดอีกครั้งคือ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2567 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 149,369.09 ไร่ ซึ่งเป็นไปตามข้อมูลการเพาะปลูกอ้อย และผลผลิตเก็บเกี่ยวฤดูกาล พ.ศ.2566/2567 (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2567) ฤดูกาลเพาะปลูกอ้อยโรงงานเริ่มเดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566 จนถึงฤดูเก็บเกี่ยวเริ่มเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2566 ถึง เมษายน พ.ศ.2567 ซึ่งทำให้พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานเริ่มลดลงตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566 ที่เข้าสู่ช่วงของการปิดหีบรับอ้อยจนถึงเดือน เมษายน พ.ศ.2567 จึงทำให้มีบางพื้นที่มีการเพาะปลูกอ้อยหลงเหลืออยู่ ดังแสดงในตาราง 4 และภาพ 10 ถึง 25

ตาราง 4 ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานรายเดือน

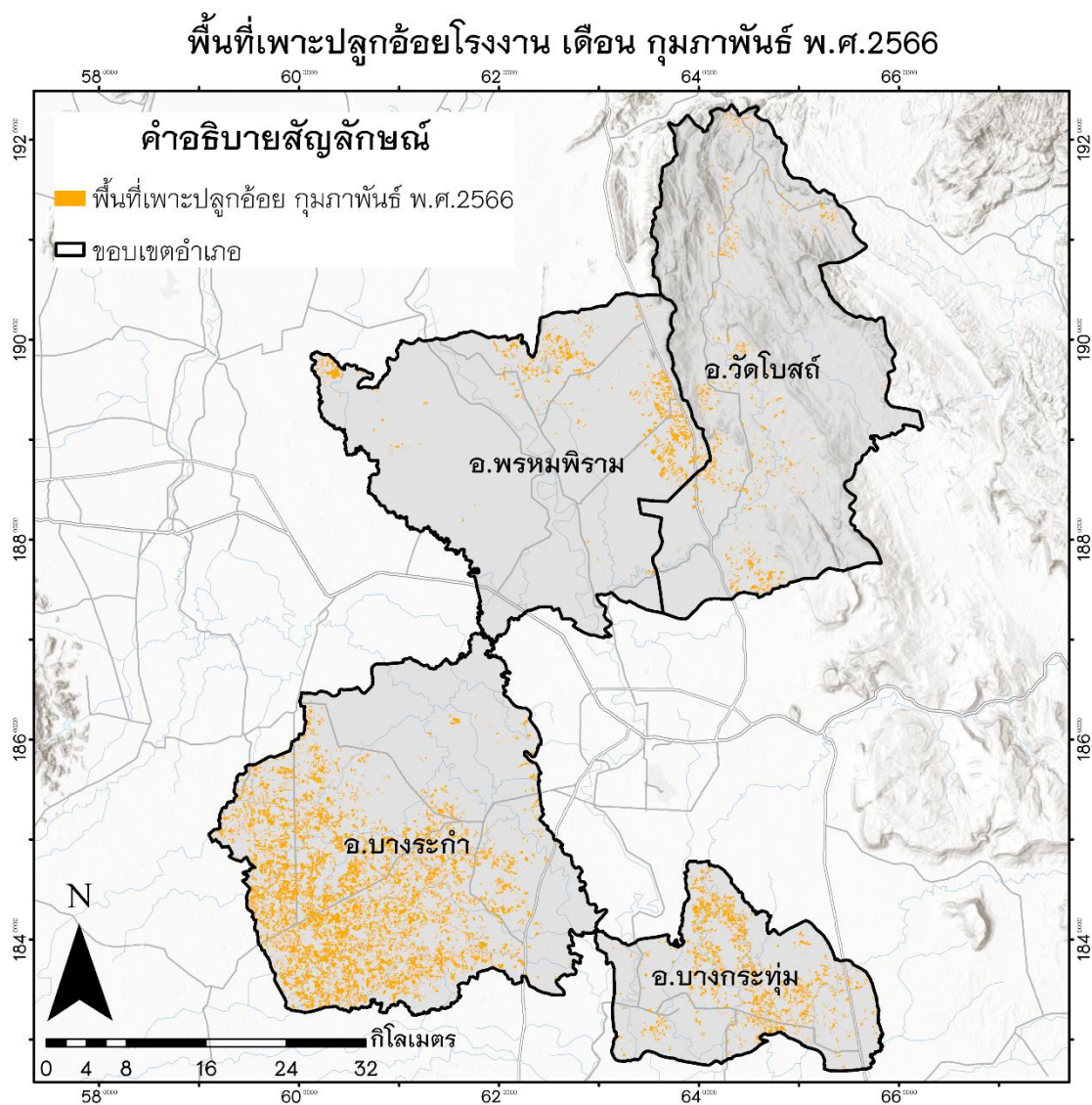
Date	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)
ม.ค. 2566	287.63	179,771.79
ก.พ. 2566	233.26	145,790.19
มี.ค. 2566	196.28	122,679.62
เม.ย. 2566	177.92	111,200.85
พ.ค. 2566	261.34	163,342.51
มิ.ย. 2566	306.90	191,814.09
ก.ค. 2566	271.56	169,729.03
ส.ค. 2566	-	-
ก.ย. 2566	351.78	219,865.25
ต.ค. 2566	336.54	210,338.24
พ.ย. 2566	380.34	237,717.88
ธ.ค. 2566	349.01	218,132.72
ม.ค. 2567	305.67	191,045.67
ก.พ. 2567	245.10	153,188.31
มี.ค. 2567	238.99	149,369.09
เม.ย. 2567	282.12	176,326.94



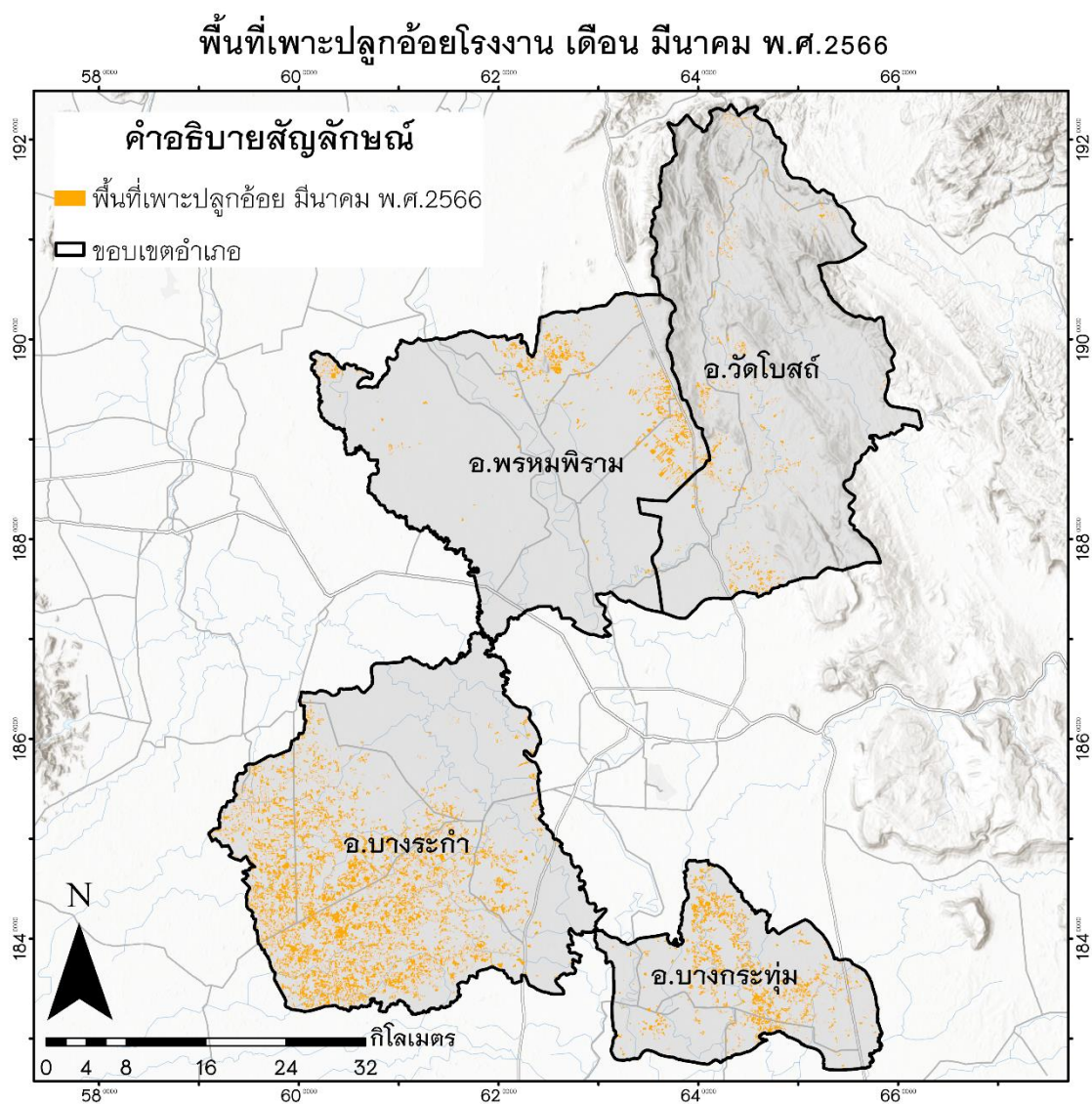
ภาพ 10 กราฟแสดงปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยรายเดือน



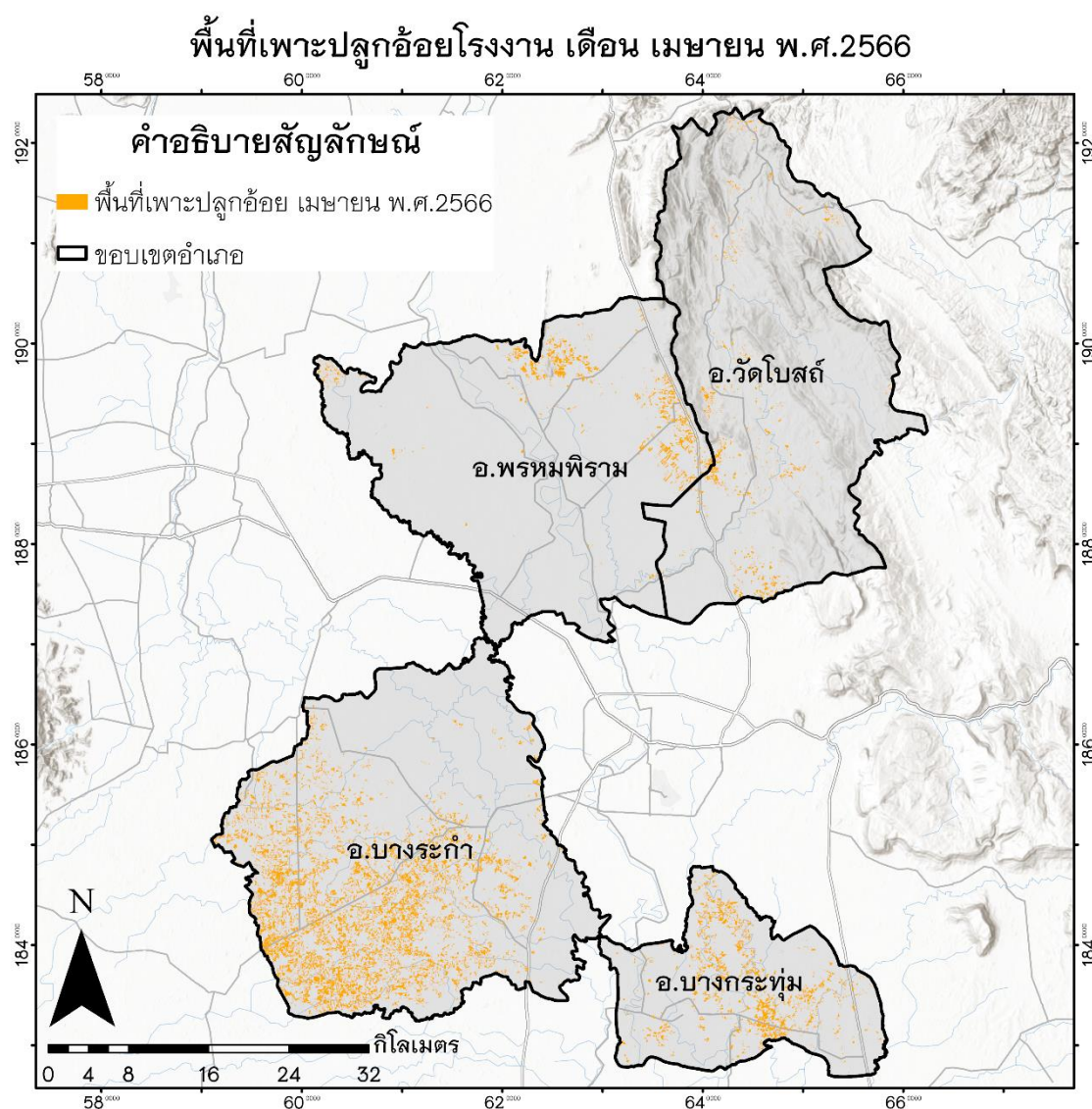
ภาพ 11 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มกราคม พ.ศ.2566



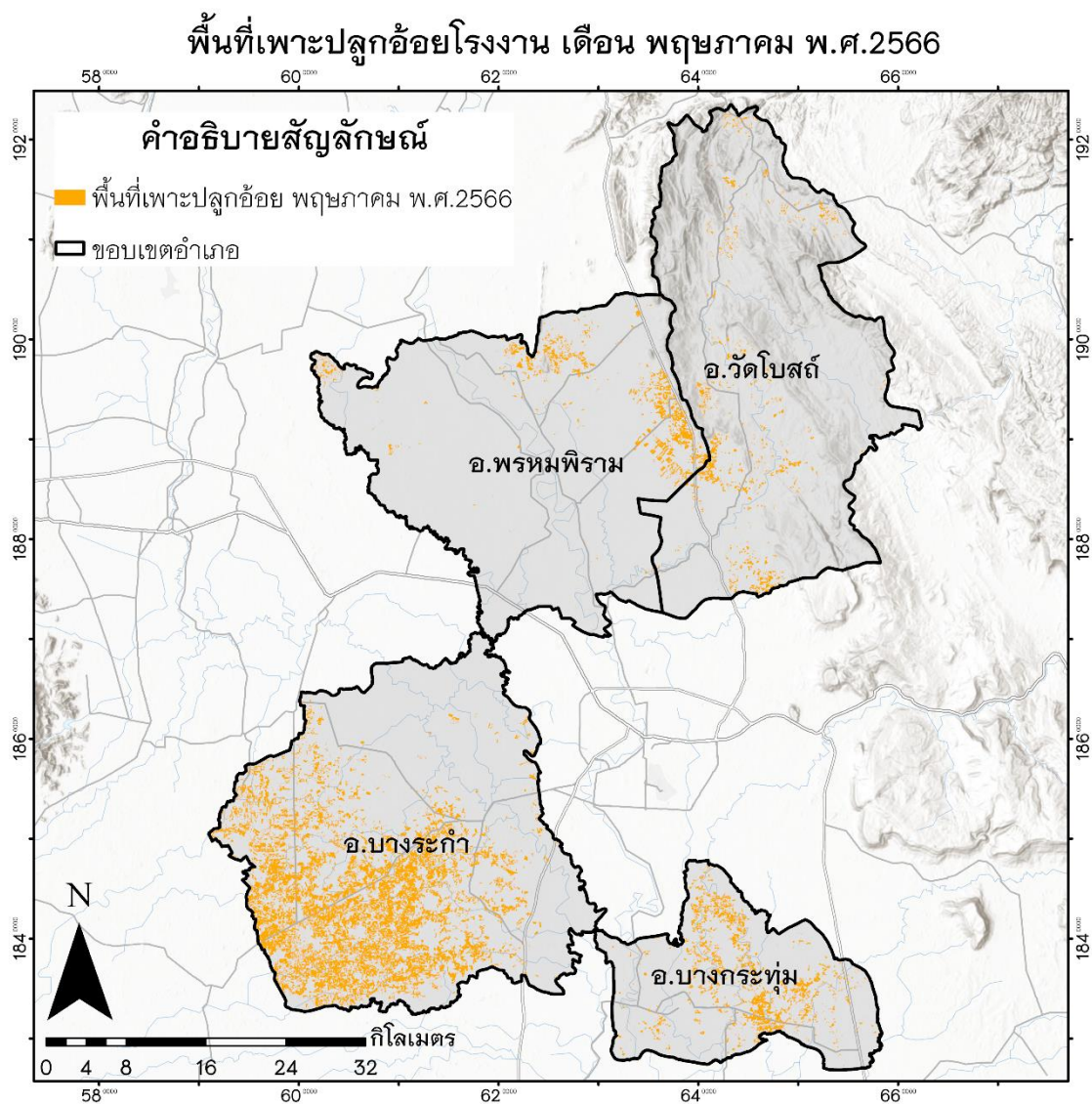
ภาพ 12 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566



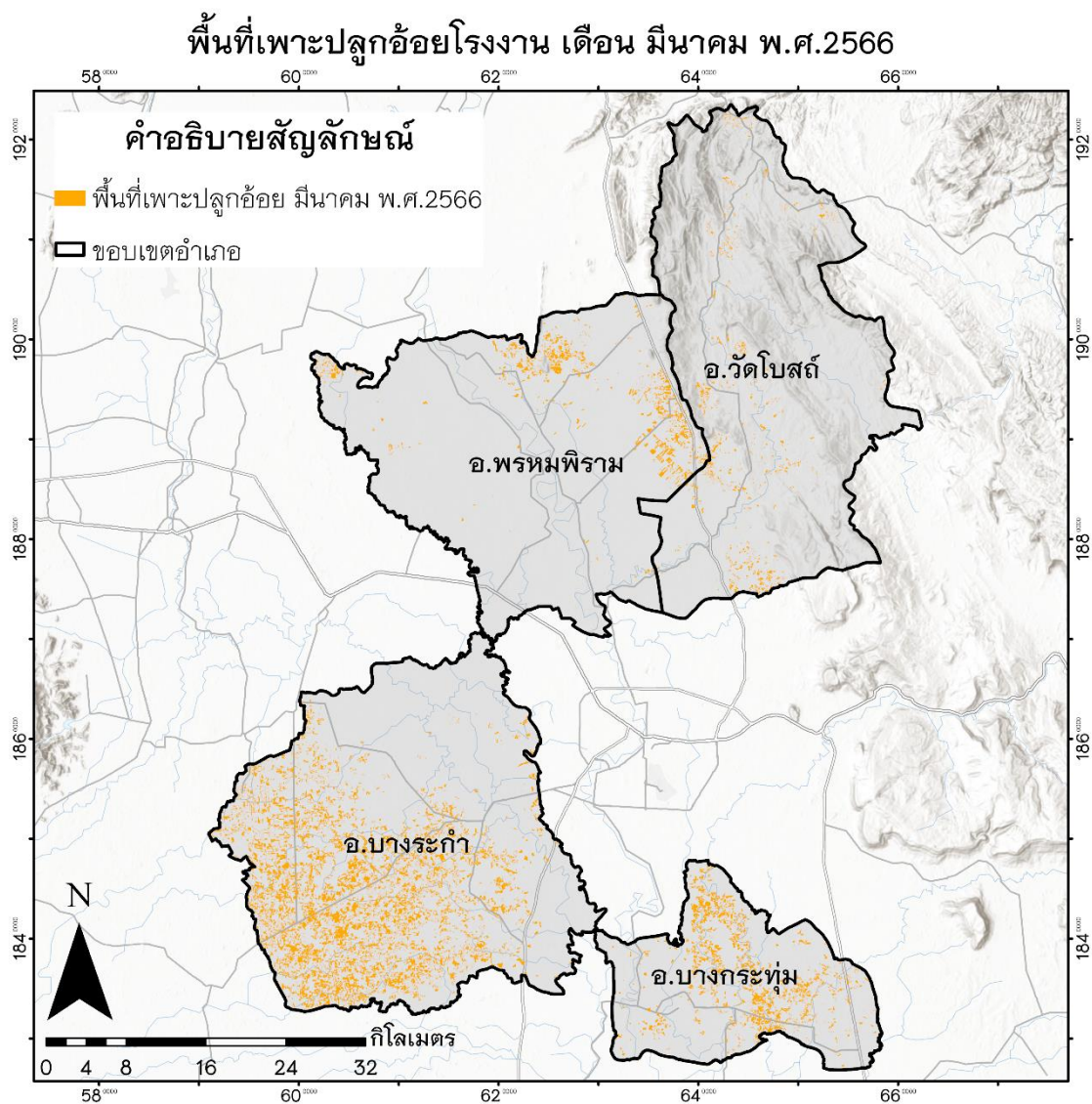
ภาพ 13 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มีนาคม พ.ศ.2566



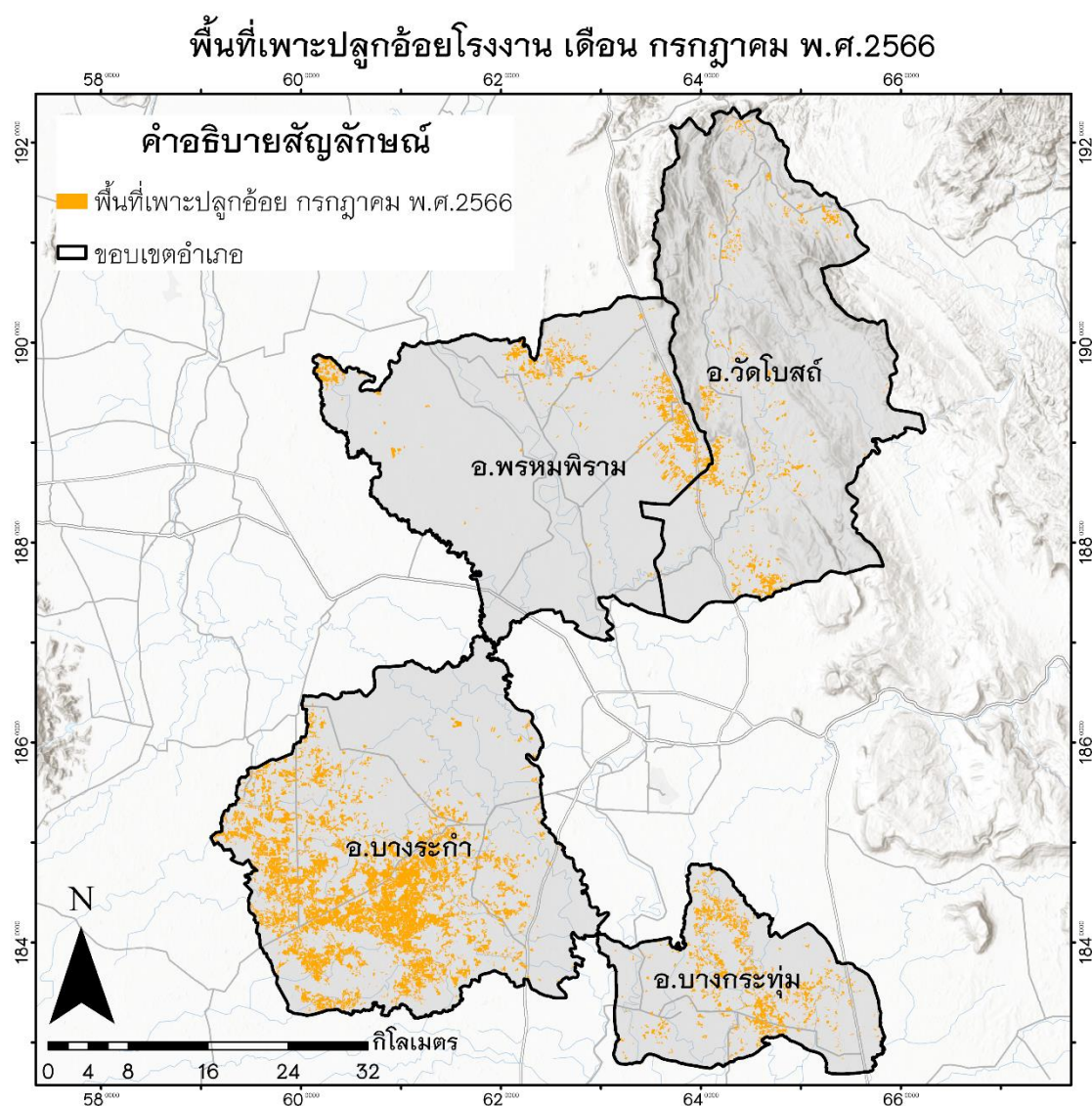
ภาพ 14 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน เมษายน พ.ศ.2566



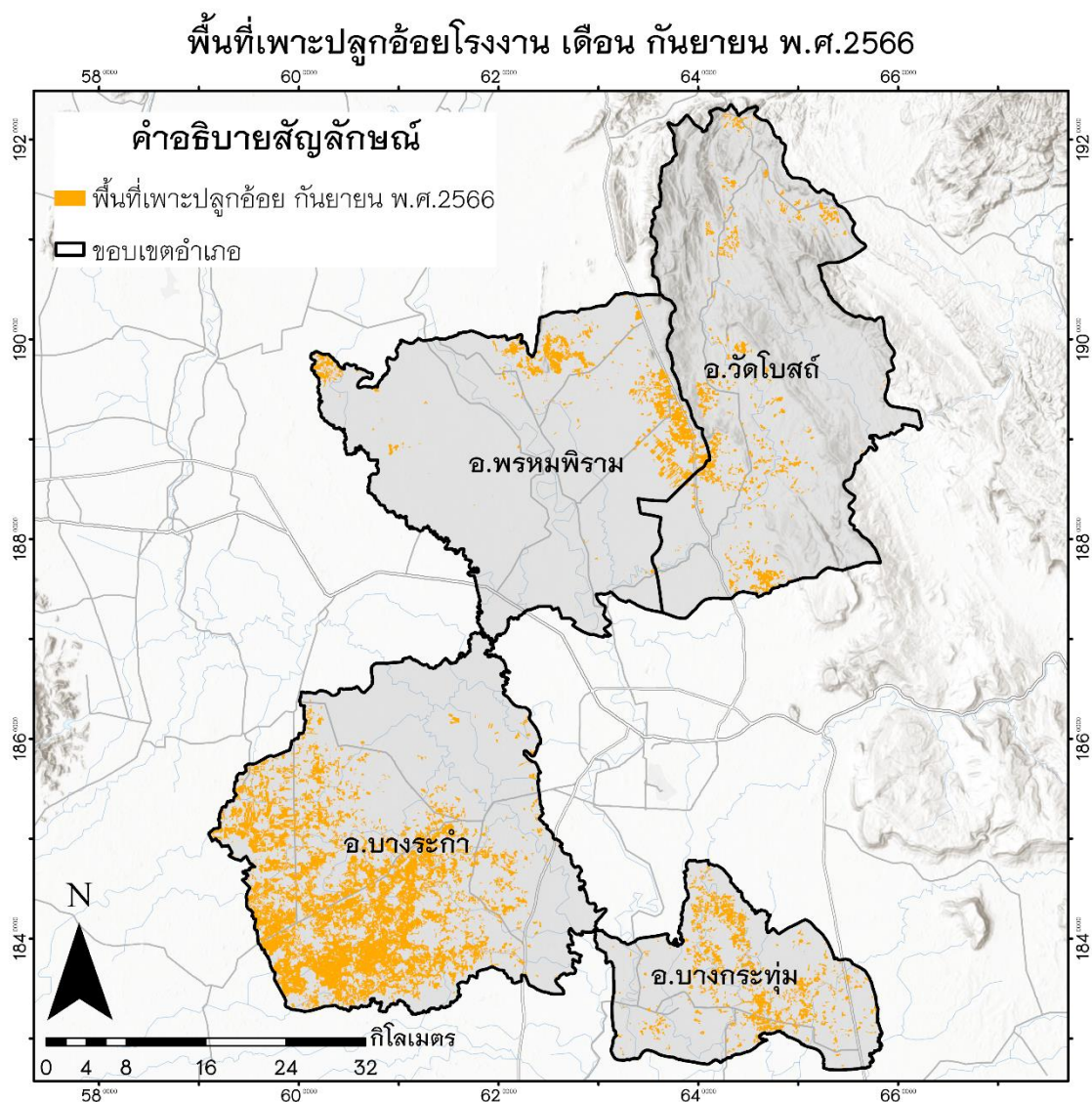
ภาพ 15 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566



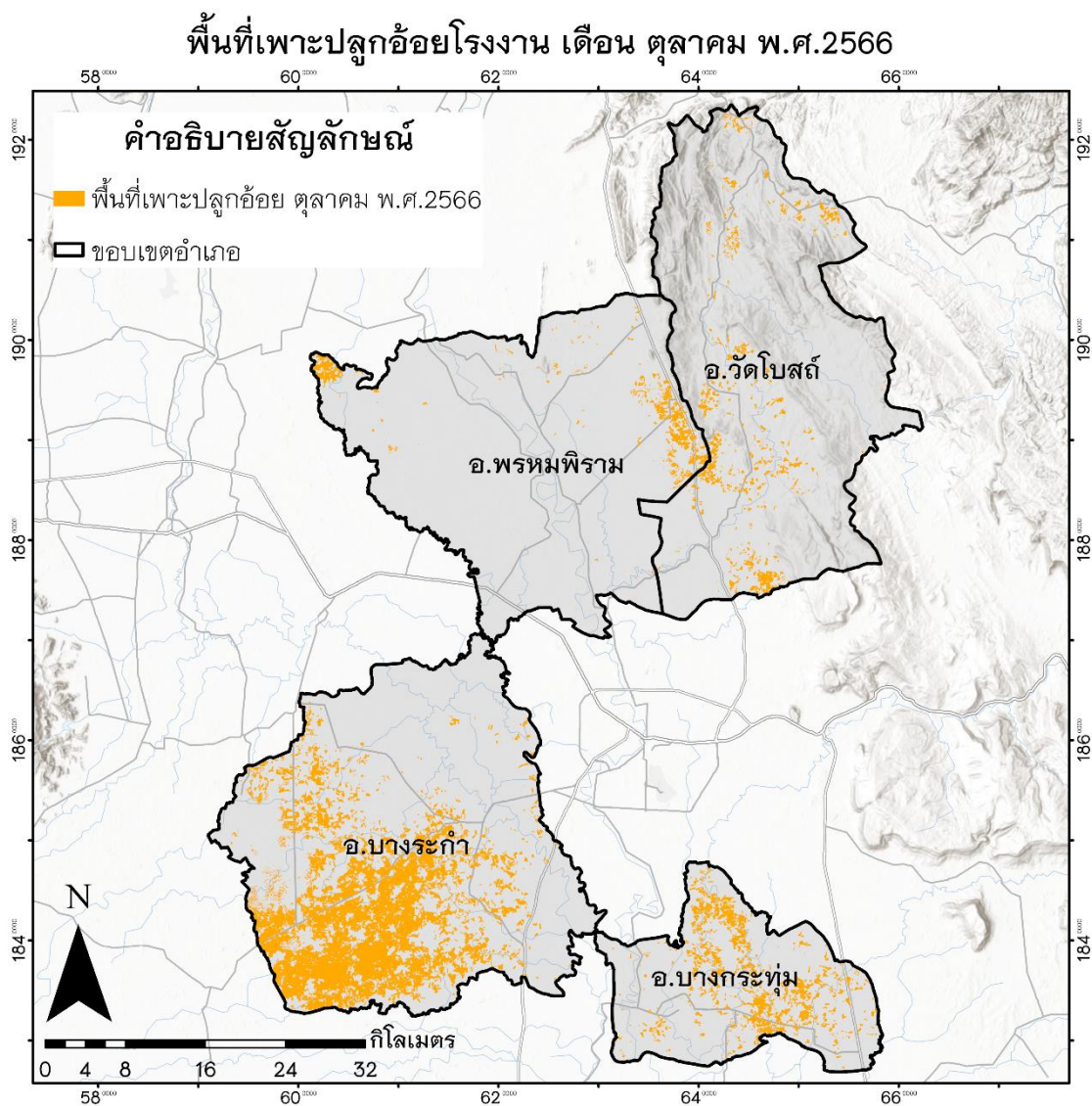
ภาพ 16 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566



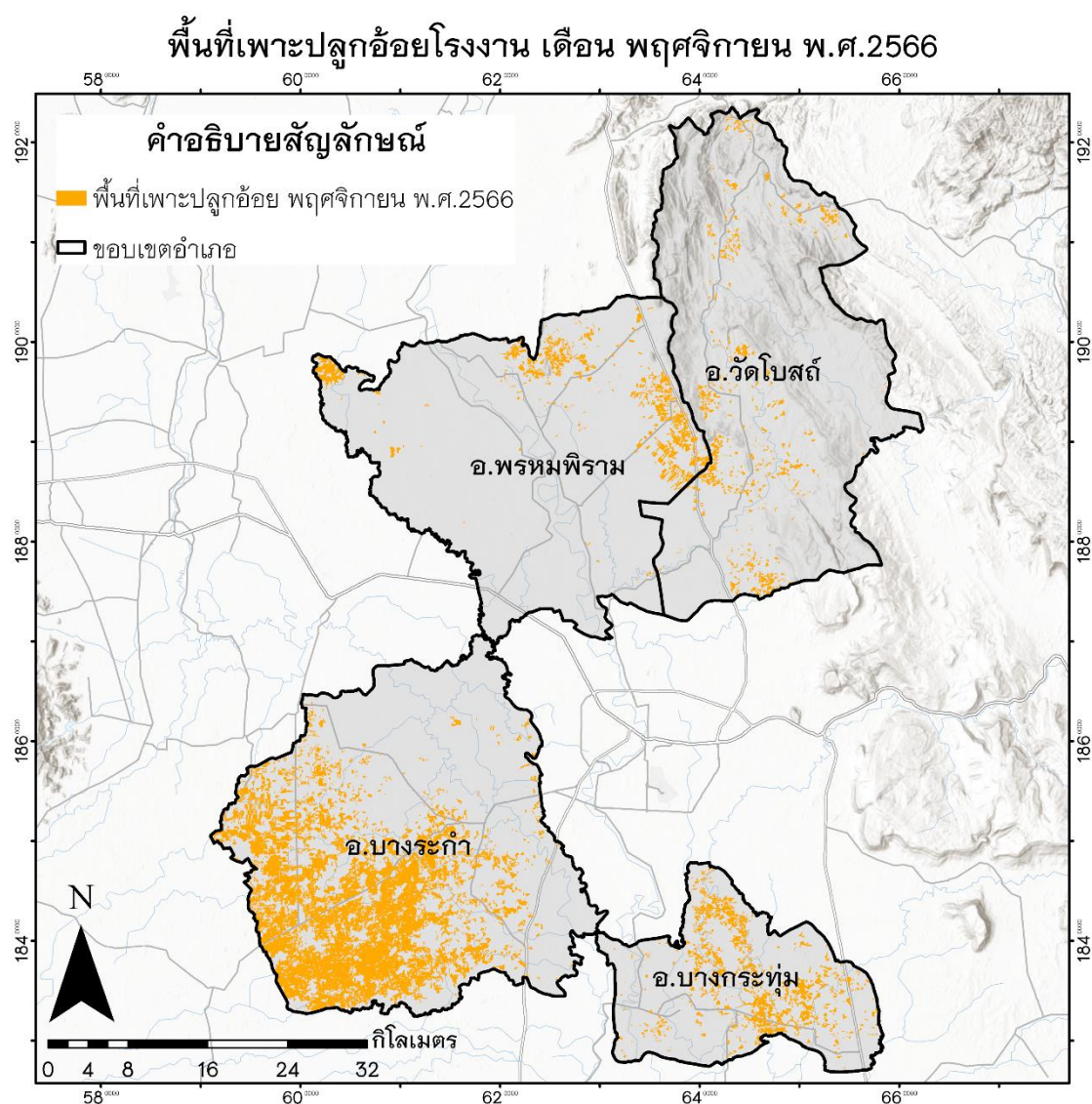
ภาพ 17 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566



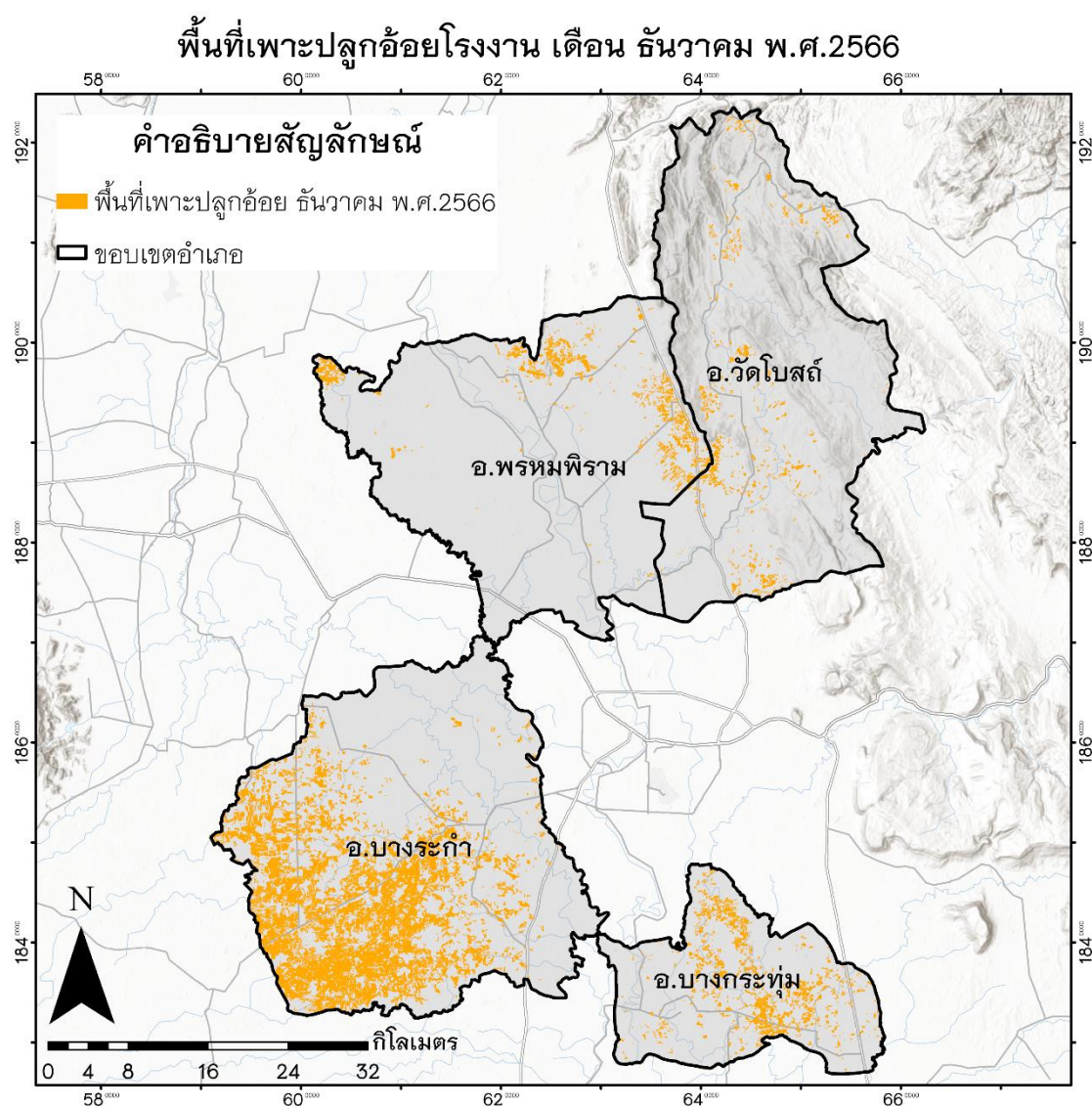
ภาพ 18 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กันยายน พ.ศ.2566



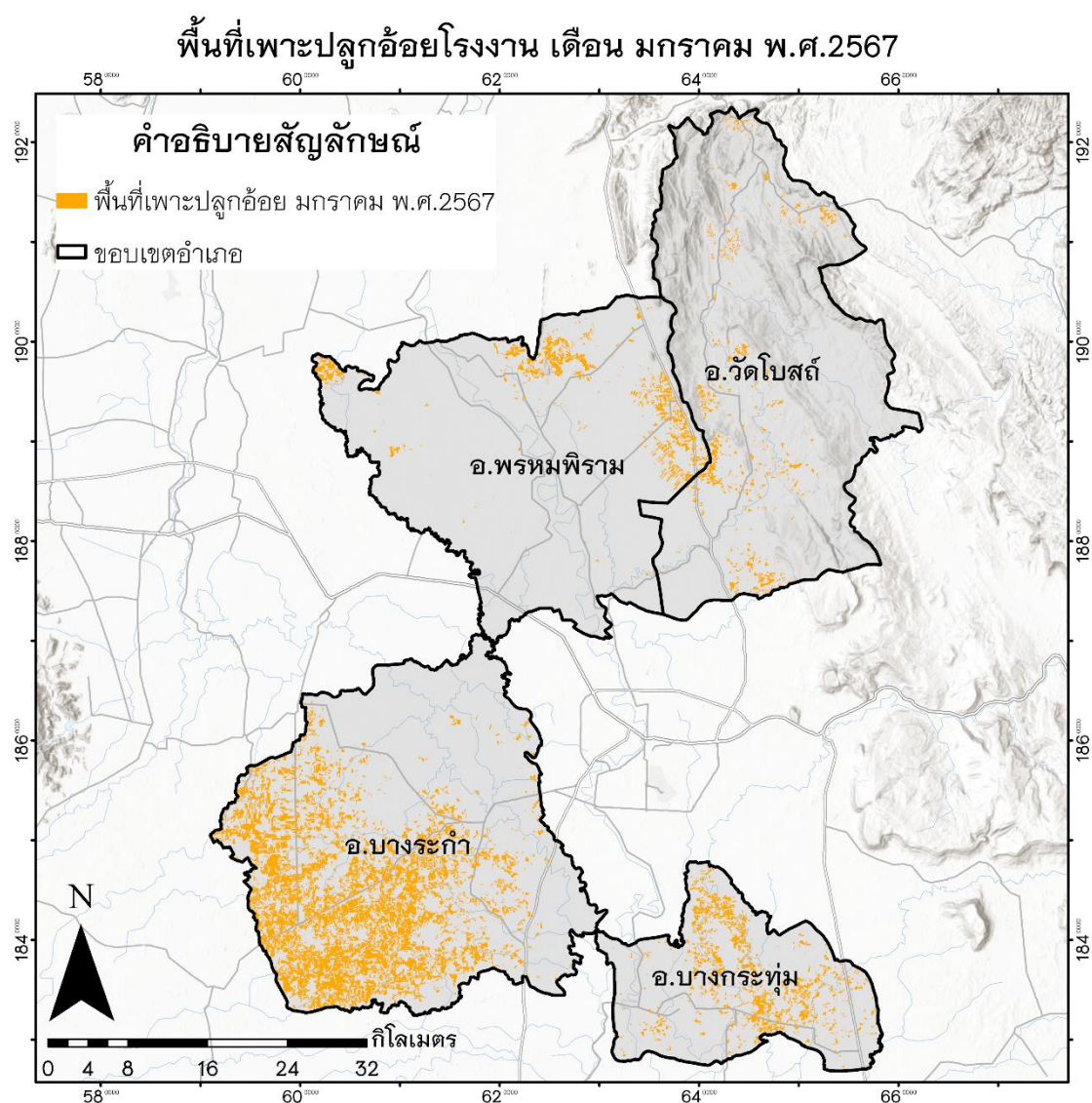
ภาพ 19 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566



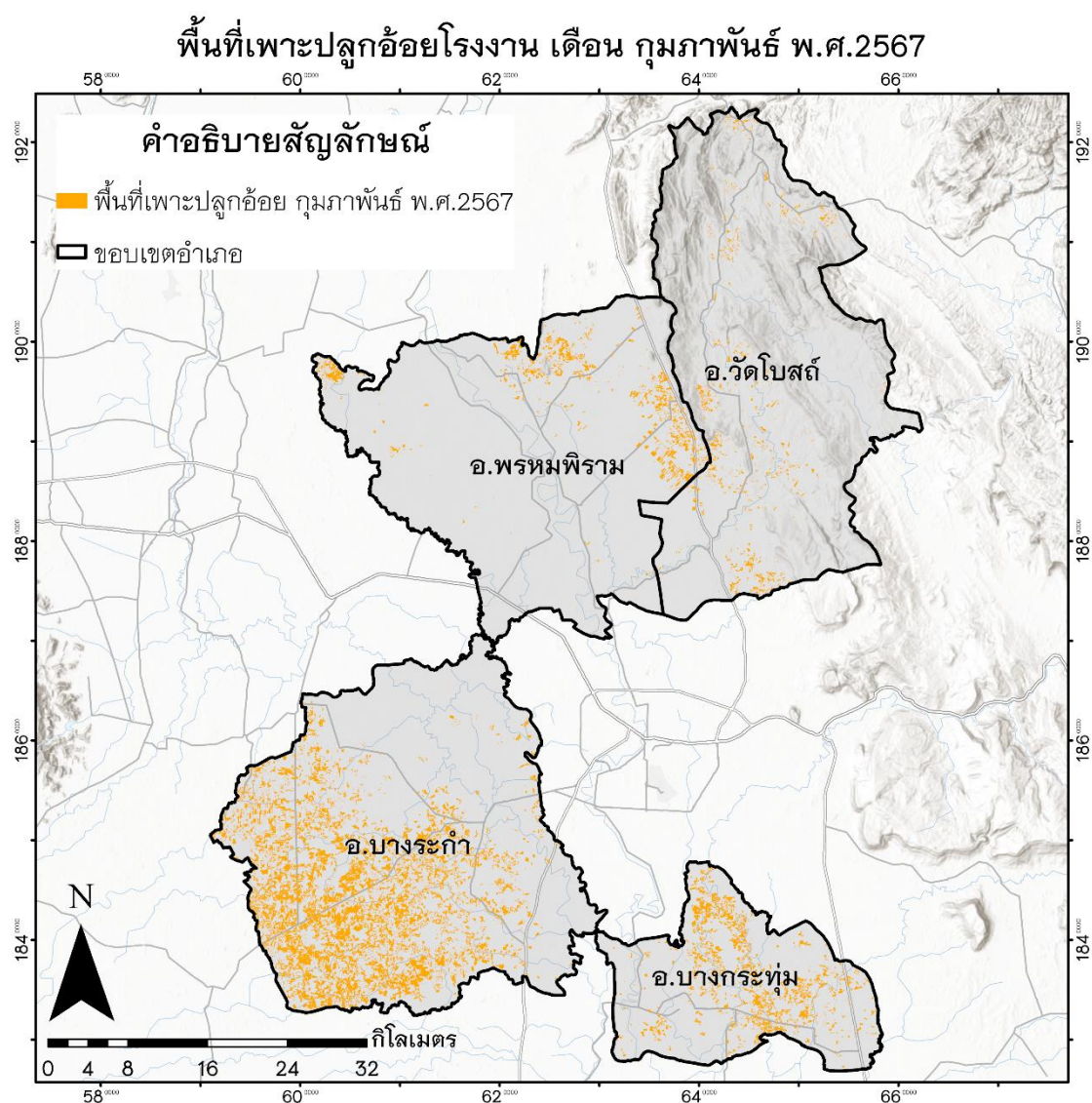
ภาพ 20 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566



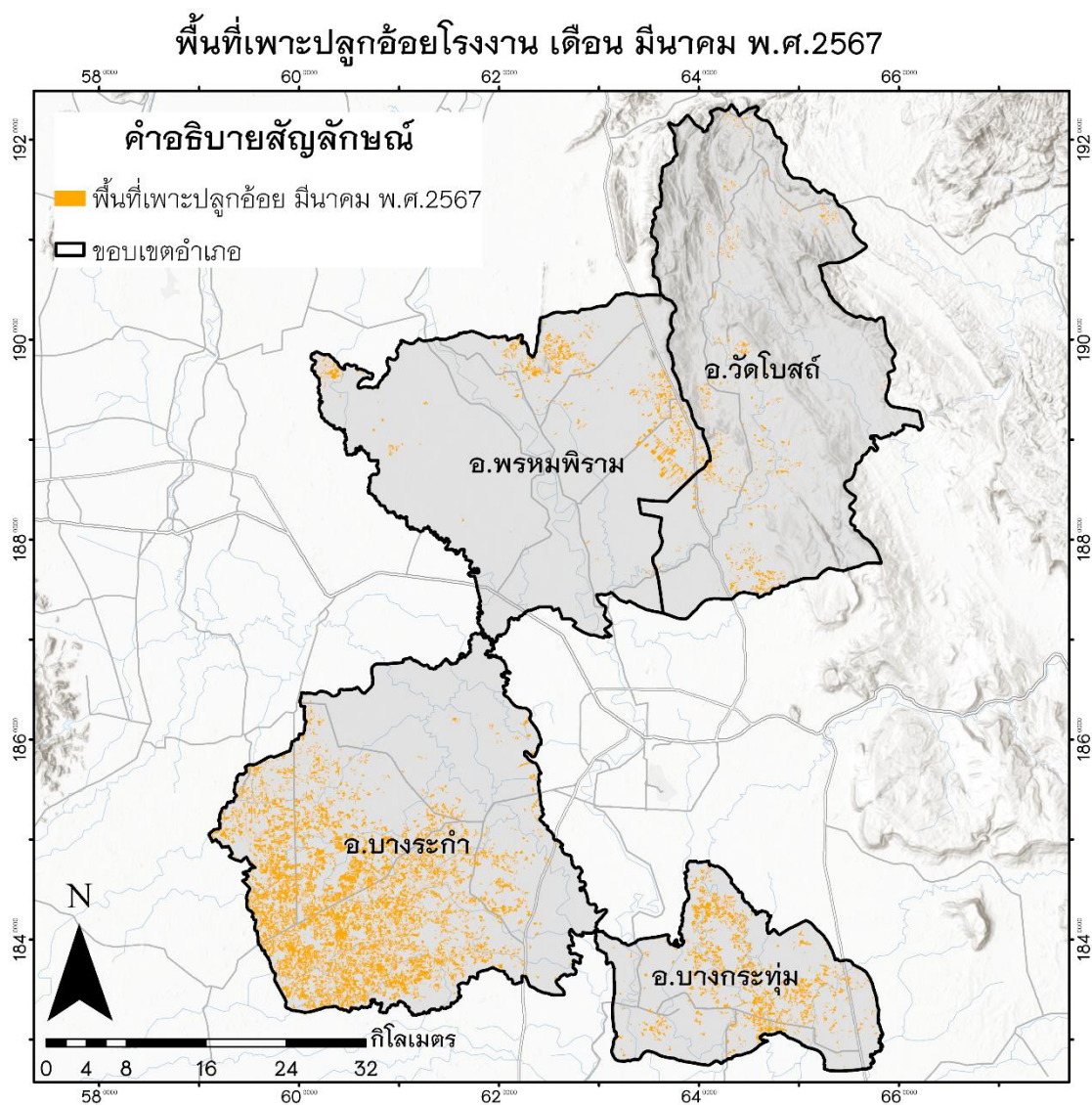
ภาพ 21 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566



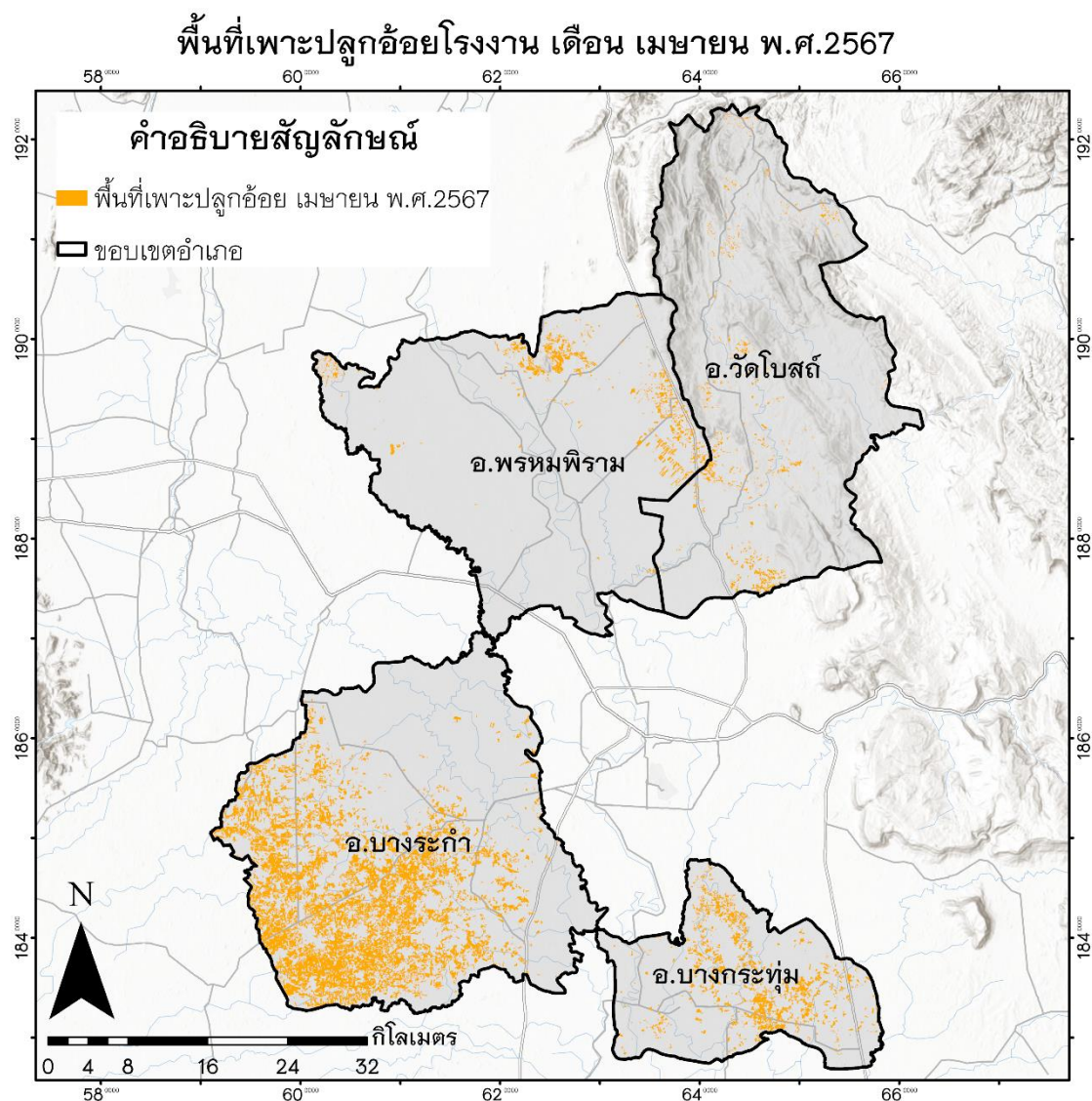
ภาพ 22 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มกราคม พ.ศ.2567



ภาพ 23 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567



ภาพ 24 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน มีนาคม พ.ศ.2567



ภาพ 25 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน เดือน เมษายน พ.ศ.2567

3. การประเมินแบนด์ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกด้วยวิธี

อัลกอริทึมป่าสุ่ม

แบนด์ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกด้วยวิธีอัลกอริทึมป่าสุ่ม มีดังนี้ NDVI B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B8A B11 และ B12 รวมทั้งหมด 11 แบนด์ ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ. 2567 ในพื้นที่ศึกษา อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอฟาร์มโพธิ์ และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดพิษณุโลก โดยเรียงลำดับแบนด์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังตาราง 5 ถึงตาราง 19

การประเมินแบนด์ของทั้ง 16 เดือน ทั้ง 16 เดือน จากการศึกษาพบว่า เมื่อรวมข้อมูลสัดส่วนความสำคัญทั้งหมดของแบนด์ที่มีสัดส่วนความสำคัญมากที่สุดอันดับ 1 คือ ดัชนี NDVI ที่มีสัดส่วนความสำคัญในการตัดสินใจด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่มต่อการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกด้วยโรงงานในพื้นที่ศึกษา และอันดับรองลงมาคือ แบนด์ B8A B8 B4 B12 B5 B6 B7 B3 B2 และ B11 ตามลำดับ

ตาราง 5 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มกราคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	53.12	18.27
2	B2	29.14	10.02
3	B7	25.74	8.85
4	B3	23.69	8.14
5	B8	23.59	8.11
6	B4	23.48	8.07
7	B8A	23.41	8.05
8	B11	23.25	7.99
9	B6	22.03	7.58
10	B5	21.82	7.50
11	B12	21.57	7.42

ตาราง 6 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	69.65	16.85
2	B12	39.20	9.48
3	B4	38.97	9.43
4	B8A	37.90	9.17
5	B11	37.39	9.04
6	B7	35.90	8.68
7	B5	34.41	8.32
8	B8	32.47	7.85
9	B3	31.13	7.53
10	B2	28.66	6.93
11	B6	27.78	6.72

ตาราง 7 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มีนาคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	74.21	14.94
2	B4	47.26	9.51
3	B2	46.58	9.38
4	B8A	44.40	8.94
5	B5	43.20	8.70
6	B12	42.60	8.57
7	B7	41.85	8.42
8	B6	40.49	8.15
9	B8	39.80	8.01
10	B11	39.47	7.94
11	B3	36.95	7.44

ตาราง 8 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน เมษายน พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	80.97	13.41
2	B12	59.90	9.92
3	B3	57.42	9.51
4	B8	56.56	9.36
5	B7	55.23	6.14
6	B6	52.41	8.68
7	B4	51.71	8.56
8	B5	51.14	8.47
9	B11	47.75	7.91
10	B2	45.48	7.53
11	B8A	45.39	7.52

ตาราง 9 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	64.80	17.73
2	B12	35.08	9.60
3	B7	34.14	6.34
4	B5	31.98	8.75
5	B4	31.92	8.74
6	B2	31.86	8.72
7	B3	29.93	8.19
8	B8	27.74	7.59
9	B6	26.73	7.31
10	B8A	25.89	7.08
11	B11	25.35	6.94

ตาราง 10 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	57.87	17.47
2	B4	32.53	9.82
3	B2	31.35	9.47
4	B12	31.29	9.45
5	B8	30.10	9.09
6	B7	27.08	8.18
7	B5	26.67	8.05
8	B3	26.25	7.93
9	B8A	25.25	7.62
10	B11	24.50	7.40
11	B6	18.28	5.52

ตาราง 11 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	39.76	16.29
2	B12	28.60	11.72
3	B11	22.88	9.38
4	B5	21.69	8.89
5	B8	21.18	8.68
6	B8A	19.59	8.03
7	B4	19.54	8.01
8	B3	19.28	7.90
9	B2	18.64	7.64
10	B7	16.96	6.95
11	B6	15.91	6.52

ตาราง 12 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กันยายน พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	31.47	19.99
2	B4	21.69	13.78
3	B5	14.13	8.98
4	B8	13.61	8.65
5	B12	12.37	7.86
6	B2	11.84	7.52
7	B8A	11.59	7.36
8	B3	11.50	7.31
9	B6	10.80	6.86
10	B7	9.50	6.03
11	B11	8.92	5.67

ตาราง 13 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	21.18	23.20
2	B3	10.16	11.13
3	B5	8.73	9.56
4	B8A	8.63	9.45
5	B7	8.03	8.80
6	B4	7.21	7.90
7	B6	6.97	7.63
8	B2	6.40	7.01
9	B11	5.04	5.52
10	B12	4.73	5.18
11	B8	4.22	4.62

ตาราง 14 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	29.46	14.57
2	B12	24.26	12.00
3	B5	18.76	9.28
4	B8	18.01	8.91
5	B7	17.80	8.81
6	B4	7.64	8.73
7	B8A	17.33	8.57
8	B2	16.93	8.37
9	B3	15.03	7.44
10	B11	13.83	6.84
11	B6	13.10	6.48

ตาราง 15 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	35.85	17.02
2	B2	21.22	10.07
3	B8	20.50	9.73
4	B8A	19.97	9.48
5	B4	19.35	9.19
6	B6	18.98	9.01
7	B5	18.68	8.87
8	B7	16.64	7.90
9	B3	15.57	7.39
10	B12	12.65	6.01
11	B11	11.23	5.33

ตาราง 16 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มกราคม พ.ศ.2567

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	49.43	18.11
2	B4	31.18	11.42
3	B6	24.55	8.99
4	B3	23.92	8.76
5	B8A	23.83	8.73
6	B12	23.67	8.67
7	B8	23.34	8.55
8	B5	21.95	8.04
9	B2	21.44	7.85
10	B11	15.13	5.54
11	B7	14.52	5.32

ตาราง 17 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	60.75	15.84
2	B8	36.42	9.49
3	B5	35.65	9.29
4	B4	35.63	9.29
5	B6	35.13	9.16
6	B12	34.17	8.91
7	B8A	32.00	8.34
8	B11	30.36	7.91
9	B2	28.99	7.56
10	B7	27.56	7.18
11	B3	26.93	7.02

ตาราง 18 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน มีนาคม พ.ศ.2567

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	92.03	16.77
2	B4	58.53	10.67
3	B8	51.18	9.33
4	B2	51.17	9.33
5	B8A	46.33	8.44
6	B5	45.02	8.20
7	B12	43.58	7.94
8	B7	43.40	7.91
9	B11	42.56	7.76
10	B3	38.41	7.00
11	B6	36.49	6.65

ตาราง 19 สัดส่วนความสำคัญของแบนด์เดือน เมษายน พ.ศ.2567

ลำดับที่	แบนด์	สัดส่วนความสำคัญ	สัดส่วนความสำคัญ (%)
1	NDVI	69.79	16.10
2	B4	42.94	9.91
3	B8A	40.89	9.43
4	B8	39.45	9.10
5	B7	37.57	8.67
6	B12	37.39	8.63
7	B2	35.42	8.17
8	B5	34.99	8.07
9	B6	33.02	7.62
10	B11	32.70	7.54
11	B3	29.27	6.75

4. ผลการประเมินการตรวจสอบความถูกต้องในศักยภาพของการจำแนกพื้นที่ เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่ม

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานได้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุ่ม (จำนวน 30 เพอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดทั้งหมดที่ใช้ในโมเดลแบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุ่มในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน) โดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ค่าความแม่นยำโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2566 ถึง เมษายน พ.ศ.2567 ดังตาราง 20 ถึงตาราง 34

การตรวจสอบความถูกต้องของทั้ง 16 เดือน จากการศึกษาพบว่า ค่าความแม่นยำโดยรวมสูงที่สุดคือเดือน กันยายน และ ตุลาคม พ.ศ.2566 มีค่าอยู่ที่ 0.98 และค่าความแม่นยำโดยน้อยที่สุดคือ เดือน เมษายน พ.ศ.2566 มีค่าอยู่ที่ 0.93 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงที่สุดคือ เดือน มกราคม พ.ศ.2567 มีค่าอยู่ที่ 0.95 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาน้อยที่สุดคือ เดือน กันยายน พ.ศ.2566

ตาราง 20 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มกราคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่อ้อย	อ้อย	Row total
ไม่ใช่อ้อย	116	3	119
อ้อย	5	165	170
Column total	121	168	289
Producer Accuracy	0.97		
User Accuracy	0.97		
Overall Accuracy	0.97		
Kappa	0.94		

ตาราง 21 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	179	9	188
ข้อย	9	109	118
Column total	188	118	306
Producer Accuracy		0.93	
User Accuracy		0.93	
Overall Accuracy		0.94	
Kappa		0.87	

ตาราง 22 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มีนาคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	174	6	180
ข้อย	9	112	121
Column total	183	118	301
Producer Accuracy		0.94	
User Accuracy		0.94	
Overall Accuracy		0.95	
Kappa		0.89	

ตาราง 23 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน เมษายน พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	146	12	158
ข้อย	8	122	130
Column total	154	134	288
Producer Accuracy		0.93	
User Accuracy		0.92	
Overall Accuracy		0.93	
Kappa		0.86	

ตาราง 24 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	98	10	108
ข้อย	9	174	183
Column total	107	184	291
Producer Accuracy		0.92	
User Accuracy		0.93	
Overall Accuracy		0.93	
Kappa		0.85	

ตาราง 25 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มิถุนายน พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	64	10	74
ข้อย	5	244	249
Column total	69	254	323
Producer Accuracy		0.91	
User Accuracy		0.94	
Overall Accuracy		0.95	
Kappa		0.86	

ตาราง 26 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	27	6	33
ข้อย	7	222	229
Column total	34	228	262
Producer Accuracy		0.89	
User Accuracy		0.88	
Overall Accuracy		0.95	
Kappa		0.77	

ตาราง 27 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กันยายน พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	27	1	28
ข้อย	2	253	255
Column total	29	254	283
Producer Accuracy		0.97	
User Accuracy		0.96	
Overall Accuracy		0.98	
Kappa		0.94	

ตาราง 28 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน ตุลาคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	7	3	10
ข้อย	1	242	243
Column total	8	245	253
Producer Accuracy		0.84	
User Accuracy		0.93	
Overall Accuracy		0.98	
Kappa		0.76	

ตาราง 29 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	52	5	57
ข้อย	1	251	252
Column total	53	256	309
Producer Accuracy		0.95	
User Accuracy		0.98	
Overall Accuracy		0.98	
Kappa		0.93	

ตาราง 30 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน ธันวาคม พ.ศ.2566

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	56	6	62
ข้อย	1	217	218
Column total	57	223	280
Producer Accuracy		0.94	
User Accuracy		0.97	
Overall Accuracy		0.97	
Kappa		0.92	

ตาราง 31 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มกราคม พ.ศ.2567

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	77	5	82
ข้อย	5	205	210
Column total	82	210	292
Producer Accuracy		0.95	
User Accuracy		0.95	
Overall Accuracy		0.96	
Kappa		0.91	

ตาราง 32 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2567

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	187	4	191
ข้อย	3	132	135
Column total	190	136	326
Producer Accuracy		0.97	
User Accuracy		0.97	
Overall Accuracy		0.97	
Kappa		0.95	

ตาราง 33 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน มีนาคม พ.ศ.2567

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	143	5	148
ข้อย	8	145	153
Column total	151	150	301
Producer Accuracy		0.95	
User Accuracy		0.95	
Overall Accuracy		0.95	
Kappa		0.91	

ตาราง 34 การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล เดือน เมษายน พ.ศ.2567

Quartile			
Binary	ไม่ใช่ข้อย	ข้อย	Row total
ไม่ใช่ข้อย	68	6	74
ข้อย	9	212	221
Column total	77	218	295
Producer Accuracy		0.93	
User Accuracy		0.92	
Overall Accuracy		0.94	
Kappa		0.86	

5. ระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อยโรงงาน

ระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อยโรงงานในพื้นที่ศึกษา อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2566 – เมษายน พ.ศ.2567

ข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานใน 4 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ วัดโบสถ์ พรหมพิราม บางระกำ และบางกระทุ่ม ในช่วงอายุการเติบโตของอ้อยตั้งแต่ 10 ถึง 16 เดือน ข้อมูลเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อที่เพาะปลูกในแต่ละอำเภอ และภาพรวมของการเพาะปลูกอ้อยในจังหวัด

ดังตาราง 35 แสดงให้เห็นว่า อำเภอบางระกำมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดในช่วงเริ่มต้น โดยมีเนื้อที่ถึง 149,835 ไร่ในเดือนที่ 10 อย่างไรก็ตาม เนื้อที่เพาะปลูกในอำเภอนี้ลดลงอย่างมากในช่วงเดือนถัดมา ซึ่งแสดงถึงการเก็บเกี่ยวอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ในช่วงนั้น

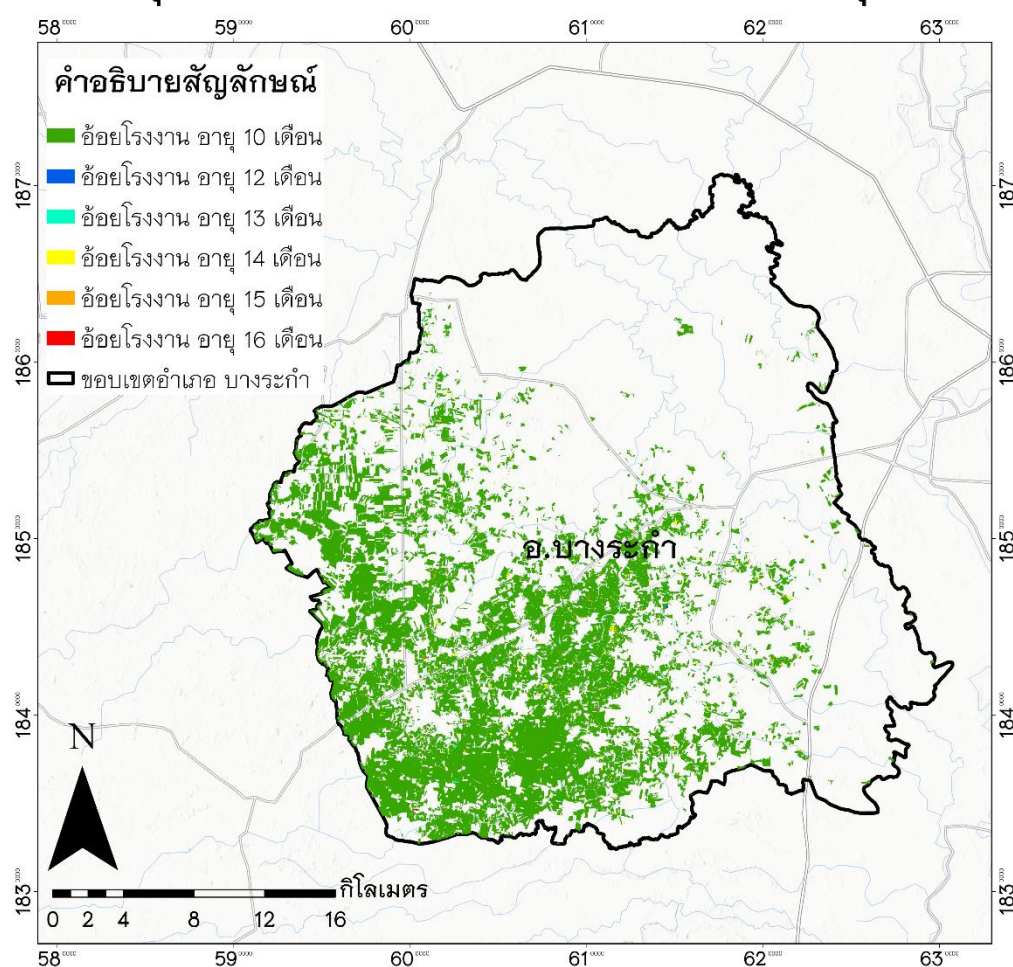
ในขณะที่อำเภอวัดโบสถ์ พรหมพิราม และบางกระทุ่ม มีเนื้อที่เพาะปลูกน้อยกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า โดยอำเภอวัดโบสถ์เริ่มต้นจากเนื้อที่ 14,202.73 ไร่ และลดลงเหลือ 389.44 ไร่ อำเภอพรหมพิรามจากเนื้อที่ 22,065.56 ไร่ เหลือ 156.25 ไร่ และอำเภอบางกระทุ่มจากเนื้อที่ 21,985.25 ไร่ เหลือ 160.38 ไร่ ตัวเลขผลรวมเนื้อที่เพาะปลูกทั้ง 4 อำเภอ แสดงแนวโน้มลดลงอย่างมากจาก 208,088.66 ไร่ เหลือเพียง 1,063.44 ไร่ ในเดือนสุดท้าย ซึ่งบ่งชี้ถึงภาพรวมของการลดลงของเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยในระดับจังหวัด ดังภาพ 26 ถึงภาพ

ตาราง 35 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยรายเดือนทั้ง 4 อำเภอ จังหวัด
พิษณุโลก

	อายุ 10 เดือน	อายุ 11 เดือน	อายุ 12 เดือน	อายุ 13 เดือน	อายุ 14 เดือน	อายุ 15 เดือน	อายุ 16 เดือน
วัดโบสถ์	14,202.73	2,909.48	95.67	155.96	251.91	262.06	389.44
พรหมพิราม	22,065.56	1,245.32	-	125.57	280.74	85.43	156.25
บางระกำ	149,835.13	-	292.80	787.93	1,095.19	593.31	357.38
บางกระทุ่ม	21,985.25	5,635.13	116.87	228.81	253.25	186.01	160.38
ผลรวม	208,088.66	9,789.93	505.35	1,298.27	1,881.09	1,126.82	1,063.44

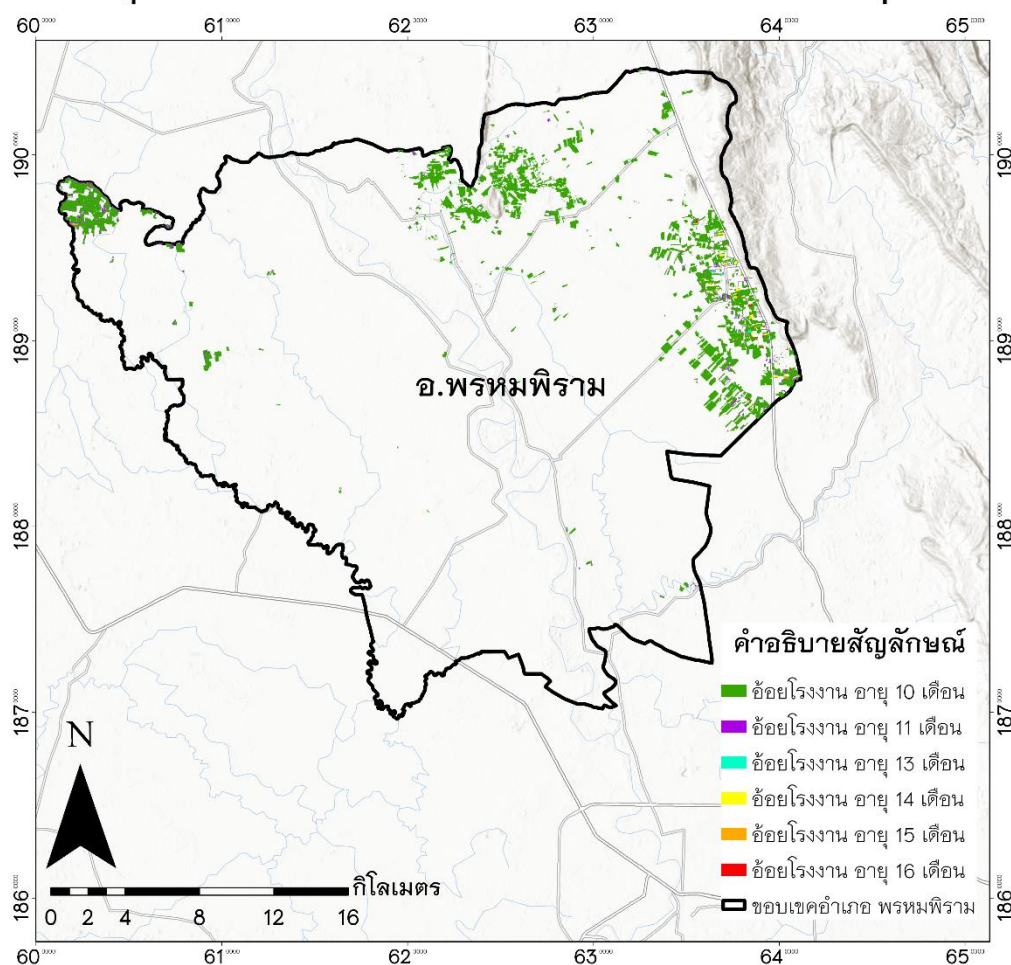
หมายเหตุ : หน่วยไร่

อายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก



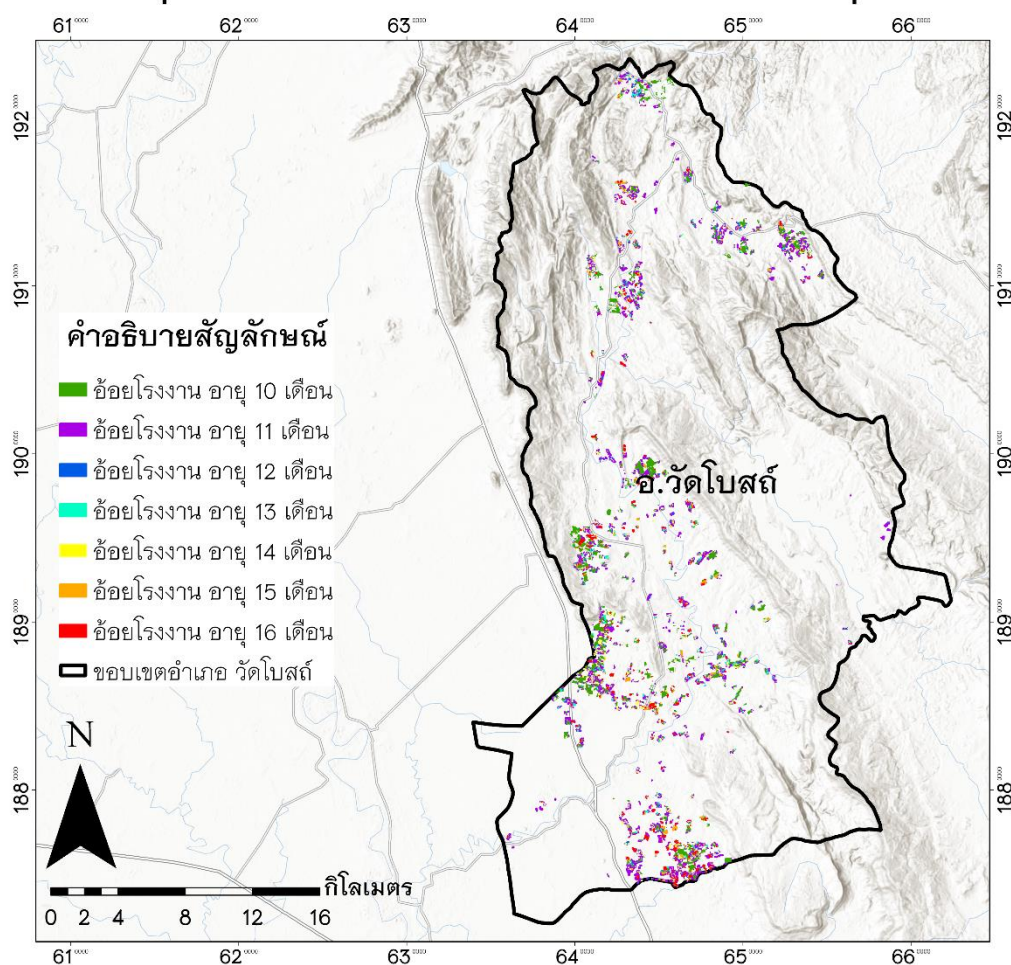
ภาพ 26 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางระกำ
จังหวัดพิษณุโลก

อายุอ้อยโรงงาน อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก



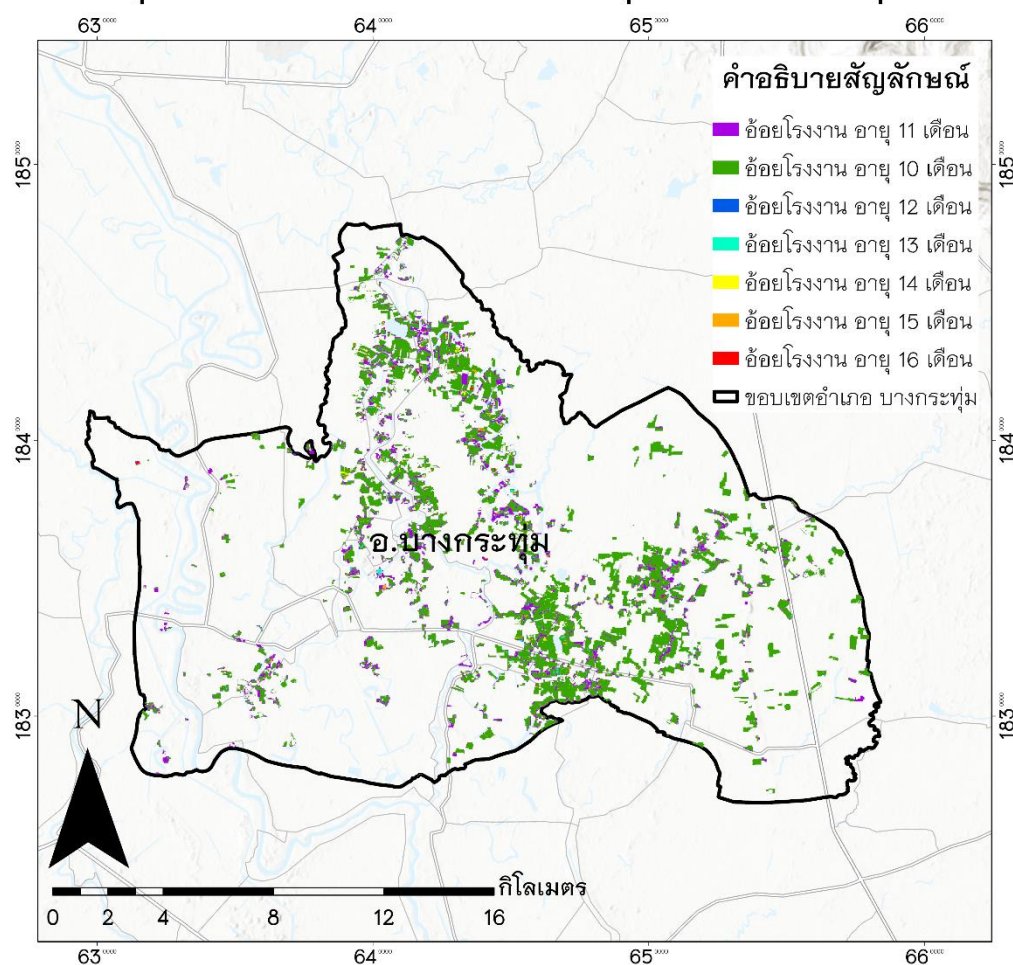
ภาพ 27 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอพรหมพิราม
จังหวัดพิษณุโลก

อายุอ้อยโรงงาน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก



ภาพ 28 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอวัดโบสถ์
จังหวัดพิษณุโลก

อายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก



ภาพ 29 เนื้อที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานจำแนกตามอายุอ้อยโรงงาน อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษากาการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในช่วงหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ด้วยวิธีการป่าสุ่มบนแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้วิธีอัลกอริทึมป่าสุ่มจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ด้วยแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจินในการระบุระยะเวลาการเติบโตของการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน ตลอดระยะเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกในพื้นที่ศึกษา อำเภอบางระกำ อำเภอบางกระทุ่ม อำเภอพรหมพิราม และอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2566 – เมษายน พ.ศ.2567 ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI ตลอด 16 เดือน พบว่าฤดูกาลเพาะปลูกอ้อยโรงงานปี 2566/2567 ส่วนใหญ่เริ่มต้นในเดือนเมษายน 2566 และสิ้นสุดในเดือนมีนาคม พ.ศ.2567 โดยมีช่วงเวลาเพาะปลูกรวม 12 เดือน ซึ่งในเดือนเมษายน พ.ศ.2566 มีพื้นที่เพาะปลูกน้อยที่สุดประมาณ 111,200 ไร่ ที่สอดคล้องกับค่า NDVI ที่ต่ำที่สุดคือ 0.297 พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2566 ที่ประมาณ 237,717 ไร่ มีค่า NDVI สูงสุดอยู่ที่ 0.643 จากนั้นพื้นที่เพาะปลูกลดลงอีกครั้งในเดือนมีนาคม พ.ศ.2567 เหลือประมาณ 149,363 ไร่ มีค่าดัชนี NDVI อยู่ที่ 0.338

2. การศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพของแบนด์ข้อมูลจากดาวเทียมเซนทิเนล 2 จำนวน 11 แบนด์ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานโดยใช้แบบจำลองอัลกอริทึมป่าสุ่มครอบคลุมระยะเวลา 16 เดือน ผลการศึกษาชี้ชัดว่าดัชนี NDVI มีความสำคัญสูงสุดในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อย รองลงมาได้แก่ แบนด์ B8A B8 และ B4 ซึ่งล้วนแต่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการสะท้อนแสงของพืชพรรณ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง NDVI แสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่เหนือกว่าการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการจำแนกพื้นที่ นอกจากนี้ ยังพบว่าแบนด์ข้อมูลทั้งสี่อันดับแรกนี้มีคุณสมบัติที่สัมพันธ์กับดัชนี NDVI โดยตรง ซึ่งบ่งชี้ถึงความสำคัญของข้อมูลการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดและสีแดงในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่มในช่วง 16 เดือน มีความถูกต้องสูง โดยค่าความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในช่วง 0.84–0.97 ค่าความถูกต้องของผู้ใช้

อยู่ในช่วง 0.88–0.98 ค่าความแม่นยำโดยรวมอยู่ที่ 0.93–0.98 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.76–0.95 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีของแบบจำลองในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อย

4. การเติบโตของอ้อยโรงงานใน 4 อำเภอของพิษณุโลกถูกวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกในช่วงอายุ 10 ถึง 16 เดือนของอ้อย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอำเภอบางระกำมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุดในช่วงเริ่มต้น แต่มีการลดลงอย่างมากในภายหลัง สะท้อนถึงการเก็บเกี่ยว ในขณะที่อำเภออื่นๆ ได้แก่ อำเภอวัดโบสถ์ พรหมพิราม และบางกระทุ่ม มีเนื้อที่น้อยกว่าและเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอย่างสม่ำเสมอ ภาพรวมของจังหวัดชี้ให้เห็นการลดลงของเนื้อที่เพาะปลูกอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาศึกษา บ่งชี้ถึงวงจรการเก็บเกี่ยวและเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยที่เหลืออยู่

อภิปรายผลการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้อัลกอริทึมป่าสุ่ม เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการจำแนกที่เทียบเท่ากับอัลกอริทึมอื่นๆ และการตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังไม่ต้องศึกษาข้อมูลพื้นที่เพิ่มเติมอีกด้วย ข้อมูลที่เราใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI และแบนด์ B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B11 และ B12

ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยรายเดือนด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่มให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเกินกว่า 80% และ 70% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aman Lonare, Basant Maheshwari และ Pennan Chinnasamy (2022) ที่ได้ทำการศึกษาการจำแนกอ้อยในระดับหมู่บ้านของประเทศอินเดียโดยใช้ข้อมูลโอเพ่นซอร์สจากแพลตฟอร์มคลาวด์กูเกิลเอิร์ธเอนจิน และใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องจักรของอัลกอริทึม 3 แบบ ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจแบบจำแนก เครื่องจักรเวกเตอร์สนับสนุน และป่าสุ่ม โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และ Sentinel 2 และพบว่าอัลกอริทึมป่าสุ่มมีศักยภาพเมื่อใช้คู่กับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel 2 โดยมีค่า F1 score 0.79 และค่าความแม่นยำโดยรวม 78%

2. แบนด์ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่ม ได้แก่ NDVI B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B8A B11 และ B12 ผลการประเมินศักยภาพพบว่า แบนด์ที่มีสัดส่วนความสำคัญมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ NDVI B8A B8 B4 B12 B5 B6 B7 B3 B2 และ B11 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลสรุปในการเลือกใช้ดัชนีในงานวิจัยอื่นๆ (ตาราง 3) ที่ดัชนี NDVI มีความสำคัญต่อการจำแนกอ้อยมากที่สุด และแบนด์อันดับที่ 2 ถึง 4 ได้แก่ B8A B8 และ B4 ซึ่งเป็นแบนด์ที่เกี่ยวข้องกับสมการดัชนี NDVI

3. จำนวนต้นไม้ตัดสินใจที่ใช้ในอัลกอริทึมป่าสุ่มในการศึกษาวิจัยฉบับนี้กำหนดไว้ที่ 100 ต้น จากการศึกษา พบว่า จำนวนต้นไม้ตัดสินใจจำนวน 100 ต้น มีผลต่อค่าการตรวจสอบความถูกต้องของค่าความแม่นยำโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการทดลองใช้ต้นไม้ที่จำนวน 200 ต้น แต่ในทางกลับกันการใช้จำนวนต้นไม้ตัดสินใจจำนวน 50 ต้น ทำให้การตรวจสอบความถูกต้องของค่าความแม่นยำโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาลดลง เนื่องจากจำนวนต้นไม้ที่น้อยมีผลต่อปริมาณข้อมูลที่นำไปใช้ในโมเดลไม่สอดคล้องกัน ทำให้การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมีความถูกต้องลดลง ดังนั้นการใช้จำนวนต้นไม้ตัดสินใจที่ 100 ต้น สำหรับอัลกอริทึมป่าสุ่ม แสดงให้เห็นว่าจำนวนต้นไม้ตัดสินใจมีผลต่อการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงาน นอกจากนี้การใช้จำนวนต้นไม้ตัดสินใจที่มากเกินไปจนเกินความจำเป็น เช่น 200 ต้น จะส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่นานขึ้น แต่ได้ผลลัพธ์ความถูกต้องการจำแนกเท่าเดิม

4. การแบ่งชุดข้อมูลจุดสำรวจภาคสนามสำหรับการฝึกและทดสอบโมเดลในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลแบ่งออกเป็นสัดส่วน 70% และ 30% เนื่องจากการแบ่งข้อมูลเป็น 80% และ 20% ทำให้โมเดลมีข้อมูลในการทดสอบมากเกินไปทำให้ลดอคติ (bias) ของข้อมูล หรือการฟิตของข้อมูลมากเกินไป (Overfitting) คือการที่โมเดลมีข้อมูลสำหรับการเรียนรู้มากเกินไปทำให้โมเดลไม่ได้เรียนรู้ข้อมูลในรูปแบบอื่นหรือความผิดพลาดอื่นของข้อมูลจึงทำให้การทดสอบมีความถูกต้องสูงเกินจริง ในทางกลับกันการแบ่งข้อมูลเป็น 60% และ 40% ทำให้โมเดลมีข้อมูลในการทดสอบมากเกินไปทำให้ลดความแปรปรวน (Variance) ของข้อมูล หรือการฟิตของข้อมูลน้อยเกินไป (Underfitting) คือการที่โมเดลมีข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ไม่เพียงพอจนทำให้การเรียนรู้ไม่ครอบคลุมรูปแบบอื่นจึงทำให้การทดสอบมีความถูกต้องต่ำ

5. สัดส่วนความสำคัญของแบนด์สเปกตรัมในอัลกอริทึมป่าสุ่ม ซึ่งอาศัยต้นไม้ตัดสินใจหลายต้นในการจำแนกประเภทของข้อมูล สามารถระบุความสำคัญของแต่ละแบนด์สเปกตรัมในกระบวนการจำแนกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย RF สุ่มเลือกตัวแปรบางส่วนในการสร้างต้นไม้แต่ละต้น ทำให้สามารถลดอคติของแบบจำลองและเพิ่มเสถียรภาพของผลลัพธ์ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความสำคัญของแบนด์ พบว่าแบนด์ที่มีผลต่อความแม่นยำของโมเดลมากที่สุดมักเป็นแบนด์ที่ส่งผลให้เกิดการลดลงของค่าความไม่บริสุทธิ์ของข้อมูล (Gini Impurity) มากที่สุด หรือมีผลต่อความแม่นยำของการจำแนกในชุดข้อมูลทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ แบนด์เหล่านี้จึงมีบทบาทสำคัญในการจำแนกอ้อยโดยตรงงาน และประเภทที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULC) และควรถูกนำมาพิจารณาเป็นตัวแปรหลักในการพัฒนาโมเดลที่มีความแม่นยำสูงขึ้น

6. การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกย่อยโดยใช้อัลกอริทึมป่าสุ่ม (Random Forest, RF) พบว่าจำนวนจุดที่ใช้สำหรับการตรวจสอบในแต่ละเดือนมีความแปรผัน โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 253 จุด และสูงสุดที่ 326 จุด ความแตกต่างนี้เกิดจากการกรองข้อมูลที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละเดือน ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความหนาแน่นของเมฆ หรือความแตกต่างของค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่ส่งผลให้ข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องแตกต่างกัน

7. ข้อมูลในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 ไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลได้ เนื่องจากเป็นฤดูฝน ทำให้มีปริมาณเมฆปกคลุมหนาแน่นตลอดทั้งเดือน ส่งผลให้ข้อมูลขาดความสมบูรณ์ ไม่สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกย่อยได้ นอกจากนี้ เดือนใกล้เคียง ได้แก่ กรกฎาคมและตุลาคม พ.ศ. 2566 ยังได้รับผลกระทบจากเมฆปกคลุมด้วยเช่นกัน ทำให้ข้อมูลจากจุดสำรวจภาคสนามลดลง เนื่องจากมีบางส่วนถูกกรองข้อมูลออก ส่งผลให้ค่าความแม่นยำลดลง โดยเดือนกรกฎาคมมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเหลือ 0.77 และเดือนตุลาคมลดลงเหลือ 0.76

8. การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกย่อยโรงงานในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่น้อยที่สุดในเดือนเมษายน พ.ศ.2566 อยู่ที่ 111,200.85 ไร่ และมีพื้นที่มากที่สุดในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566 อยู่ที่ 237,717.88 ไร่ ซึ่งเป็นเนื้อที่เพาะปลูกย่อยในปี พ.ศ.2566 หากนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทย่อยของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งได้ข้อมูลดาวเทียมปี 2565 ที่มีเนื้อที่เท่ากับ 246,300 ไร่ นั้น จะพบว่ามีเนื้อที่ขาดหายไปเท่ากับ 8,582.12 ไร่ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ณ เวลาการศึกษา เป็นข้อมูลของฤดูกาลเพาะปลูกที่ต่างช่วงเวลากัน

9. ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยโรงงานในพื้นที่ศึกษา เป็นการระบุอายุของอ้อยทั้ง 16 เดือน พบว่า อำเภอบางระกำเป็นพื้นที่ราบลุ่มที่มีอ้อยอายุ 10 เดือนมากที่สุด อยู่ที่ 149,835.13 ไร่ รองลงมาคือ อำเภอพรหมพิรามเป็นพื้นดอน บางกระทู้เป็นพื้นที่ราบลุ่ม และวัดโบสถ์เป็นพื้นที่ลาดชันสูง โดยมีเนื้อที่อยู่ที่ 22,065.56 ไร่ 21,985.25 ไร่ และ 14,202.73 ไร่ ตามลำดับ ในบางพื้นที่ของอำเภอวัดโบสถ์ยังพบอ้อยที่มีอายุถึง 16 เดือน ทั้งนี้เกิดจากการเข้าถึงของแหล่งน้ำ หรือสภาพอากาศจากปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นในประเทศไทย (วัชรภรณ์ หวังพงษ์, 2567) ที่คาดการณ์ว่าเกิดขึ้นตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566 ถึง เมษายน พ.ศ.2567 ทำให้บางพื้นที่มีการเจริญเติบโตของอ้อยช้าลงและไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้

10. ข้อมูลการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานของเดือน เมษายน พ.ศ.2566 และ เมษายน พ.ศ.2567 มีความแตกต่างของพื้นที่จำแนกเกิดจากทั้ง 2 เดือน เจอสภาพอากาศที่

แตกต่าง ปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นเดือน กรกฎาคม พ.ศ.2566 ถึง เมษายน พ.ศ.2567 ทำให้พืชอ้อยในพื้นที่ศึกษาช่วงปี พ.ศ.2567 ที่เข้าสู่ช่วงของการเปิดหีบรับอ้อย แต่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ เนื่องจากสภาพอากาศที่แห้งแล้งทำให้ปริมาณความหวานไม่ผ่านเกณฑ์ในการเข้ารับอ้อย ทำให้อ้อยในบางพื้นที่ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ รวมถึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตที่ซ้ำจากสภาพอากาศ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2567)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานไปใช้ประโยชน์

1. ควรพิจารณาใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 1 ที่มีความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ทะลุชั้นบรรยากาศสู่พื้นดินได้ เนื่องจากบางเดือนของพื้นที่ศึกษามีปริมาณของเมฆปกคลุมหนาแน่นตลอดทั้งเดือน จึงทำให้ข้อมูล ณ ช่วงเวลานั้น ไม่สามารถเก็บข้อมูลหรือคำนวณได้
2. ควรพิจารณาการใช้ดัชนีเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับดัชนีพืชพรรณ เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินสัดส่วนความสำคัญในการจำแนกอ้อย ดัชนีพืชพรรณให้ค่าสัดส่วนความสำคัญมากที่สุด นอกจากนี้การใช้ดัชนีที่มีความหลากหลายร่วมด้วย จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกมากขึ้น

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

1. การศึกษาในครั้งนี้ใช้ความละเอียดจุดภาพอยู่ที่ 10 เมตร ซึ่งมีความละเอียดสูงสุดของภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 จึงทำให้การคำนวณตลอด ทั้ง 16 เดือนใช้เวลาในการประมวลผลนาน มากกว่า 30 นาที ทำให้ API key หรือการเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหมดอายุก่อนการคำนวณเสร็จ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรพิจารณาลดขนาดพื้นที่ศึกษา หรือพิจารณาเพิ่มขนาดของพิกเซล เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผล
2. การศึกษาในครั้งนี้ บางพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาได้ปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบอื่นบางส่วน การนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินควรตรวจสอบข้อมูลก่อนนำมาใช้ เนื่องจากพื้นที่ทางการเกษตรประเทศมีการเปลี่ยนทุกปี
3. ควรเก็บข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติมตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษาให้กระจายตัวในทุกช่วงระยะเวลาการศึกษา เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลในการจำแนกภายหลัง เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของข้อมูล พร้อมทั้งเก็บรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติม เช่น อายุของอ้อย วันที่เริ่มปลูก เป็นต้น เพื่อสามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อการจัดการทางการเกษตร เช่น การบริหาร

จัดการน้ำ การคำนวณปริมาณปุ๋ยต่อไร่ ความสมบูรณ์ของพืช และการคาดการณ์ผลผลิต เป็นต้น



ภาคผนวก

ส่วนนี้เป็นการอธิบายสคริปต์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูล การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่ม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการระบุอายุการเจริญเติบโตของอ้อยโรงงาน มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง การจัดเตรียมข้อมูล เป็นเรียกใช้บริการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเซนทิเนล 2 เพื่อใช้ในวิเคราะห์ข้อมูลโดยผ่านการกรองข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา (area) กำหนดระยะเวลาการศึกษา (startDate, endDate) และกำหนดปริมาณความหนาแน่นของเมฆ (Cloudy) เพื่อใช้ในการตัดส่วนที่เป็นพื้นเมฆออกด้วยแบนด์ SCL สำหรับคลาส 3 8 9 และ 10

```
function calculateMonthlyNDVIWithMetrics(startDate, endDate, name) {
  var collection = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
    .filterBounds(Area)
    .filterDate(startDate, endDate)
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 100))
    .map(function(image) {
      var scl = image.select('SCL');
      var cloudMask = scl.neq(3).and(scl.neq(8)).and(scl.neq(9)).and(scl.neq(10));
      return image.updateMask(cloudMask);
    })
    .median();
  var ImageS2 = collection.updateMask(LandUse);
```

ส่วนที่สอง การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานด้วยอัลกอริทึมป่าสุ่ม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

– กำหนดแบนด์ที่ใช้ในอัลกอริทึมป่าสุ่ม ได้แก่ NDVI B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B8A B11 และ B12

- สุ่มจำนวนจุดออกเป็น 70% สำหรับการฝึกโมเดล และ 30% สำหรับการทดสอบโมเดล
- กำหนดต้นไม้ตัดสินใจของอัลกอริทึมป่าสุ่มที่ 100 ต้น
- การตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล ได้แก่ ตารางความคลาดเคลื่อน ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ค่าความแม่นยำโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
- สัดส่วนความสำคัญจากการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกโดยการเรียกดูจากข้อมูลทดสอบโมเดลที่ใช้ในอัลกอริทึมป่าสุ่ม
- การจำแนกพื้นที่เพาะปลูกย่อยโรงงานให้ผลลัพธ์ออกเป็น 2 คลาสของแต่ละเดือน ได้แก่ คลาสที่ 0 คือ ไม่มีการเพาะปลูกย่อยโรงงาน และคลาสที่ 1 คือ มีการเพาะปลูกย่อยโรงงาน

```

var addIndices = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI');
  return image.addBands(ndvi);
};

var imageWithIndices = addIndices(ImageS2);
var trainingPointsWithClass = Point.map(function(feature) {
  var classId = feature.get('Class_ID');
  return feature.set('Class_ID', classId);
});

var trainingPointsFiltered = trainingPointsWithClass.filter(ee.Filter.neq('Class_ID', null));
var featureNDVI = ['NDVI'];
var featureSpace = ['B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7', 'B8', 'B8A', 'B11', 'B12',
  'NDVI'];
var classField = 'Class_ID';
var trainingData = imageWithIndices.select(featureSpace).sampleRegions({
  collection: trainingPointsFiltered,
  properties: [classField],
  scale: 10
});

```

```

var withRandom = trainingData.randomColumn('random');
var trainingSet = withRandom.filter(ee.Filter.lt('random', 0.7));
var testingSet = withRandom.filter(ee.Filter.gte('random', 0.7));
var classifier = ee.Classifier.smileRandomForest(100).train({
  features: trainingSet,
  classProperty: classField,
  inputProperties: featureSpace
});
var trainingDataSize = trainingData.size();
var trainingSetSize = trainingSet.size();
var testingSetSize = testingSet.size();
var classified = imageWithIndices.classify(classifier);
var test = testingSet.classify(classifier);
var confusionMatrix = test.errorMatrix(classField, 'classification');
var kappa = confusionMatrix.kappa();
var overallAccuracy = confusionMatrix.accuracy();
var producersAccuracy = confusionMatrix.producersAccuracy();
var usersAccuracy = confusionMatrix.consumersAccuracy();
var usersAccuracy_flat = usersAccuracy.getInfo()[0];
var producersAccuracy_flat = producersAccuracy.getInfo().map(function(value) {
  return value[0];
});
function calculateFilteredMean(list) {
  var filteredList = list.filter(function(value) {
    return value > 0;
  });
  var sum = filteredList.reduce(function(a, b) {
    return a + b;
  }, 0);
  var count = filteredList.length;

```

```

    return count > 0 ? sum / count : null;
  }

  var overallProducersAccuracy = calculateFilteredMean(producersAccuracy_flat);
  var overallUsersAccuracy = calculateFilteredMean(usersAccuracy_flat);
  var importance = ee.Dictionary(classifier.explain().get('importance'));
  var features = importance.keys();
  var importances = importance.values();
  var pairedList = features.zip(importances);
  var sortedPairedList = pairedList.sort(pairedList.map(function(item) {
    return ee.Number(ee.List(item).get(1));
  }));
  var reversedPairedList = sortedPairedList.reverse();
  var sortedFeatures = reversedPairedList.map(function(item) {
    return ee.List(item).get(0);
  });
  var sugarcane = classified.eq(1);
  var Other = classified.eq(0);
  var validPixelMask = LandUse.neq(0).and(LandUse.mask());
  var sugarcaneClass = LandUse.updateMask(sugarcane).updateMask(validPixelMask);
  var sugarcaneArea = pixelArea.updateMask(sugarcaneClass);
  var sugarcaneAreaSum = sugarcaneArea.reduceRegion({
    reducer: ee.Reducer.sum(),
    geometry: sugarcaneClass.geometry(),
    scale: 10,
    maxPixels: 1e13
  });
  var sugarcaneAreaSqM = sugarcaneAreaSum.get('area');
  var sugarcaneAreaSqKm = ee.Number(sugarcaneAreaSqM).divide(1e6);
  var sugarcaneAreaRai = ee.Number(sugarcaneAreaSqM).divide(1600);
  var feature = ee.Feature(null, {

```

```

'Month': name,
'Kappa': kappa,
'OverallAccuracy': overallAccuracy,
'ProducersAccuracy': overallProducersAccuracy,
'UsersAccuracy': overallUsersAccuracy,
'ErrorMatrix': confusionMatrix,
'Input Value': importances,
'Sorted Value': sortedFeatures,
'Training Data': trainingDataSize,
'Training Set': trainingSetSize,
'Testing Set': testingSetSize,
'Area KM2': sugarcaneAreaSqKm,
'Area Rai': sugarcaneAreaRai
});
return ee.Dictionary({
  'image': SugarcaneEndviClass,
  'Sugar' : sugarcaneClass,
  'feature': feature.getInfo().properties
});
}
var months = [
  ['2023-01-01', '2023-02-01', 'January_2023'],
  ['2023-02-01', '2023-03-01', 'February_2023'],
  ['2023-03-01', '2023-04-01', 'March_2023'],
  ['2023-04-01', '2023-05-01', 'April_2023'],
  ['2023-05-01', '2023-06-01', 'May_2023'],
  ['2023-06-01', '2023-07-01', 'June_2023'],
  ['2023-07-01', '2023-08-01', 'July_2023'],
  ['2023-08-01', '2023-09-01', 'August_2023'],
  ['2023-09-01', '2023-10-01', 'September_2023'],

```

```

['2023-10-01', '2023-11-01', 'October_2023'],
['2023-11-01', '2023-12-01', 'November_2023'],
['2023-12-01', '2024-01-01', 'December_2023'],
['2024-01-01', '2024-02-01', 'January_2024'],
['2024-02-01', '2024-03-01', 'February_2024'],
['2024-03-01', '2024-04-01', 'March_2024'],
['2024-04-01', '2024-05-01', 'April_2024']
];
var monthlyMetrics = ee.FeatureCollection(
  months.map(function(month) {
    var result = calculateMonthlyNDVIWithMetrics(month[0], month[1], month[2]);
    var properties = result.get('feature');
    return ee.Feature(null, properties);
  })
);
var metricsCollection = ee.FeatureCollection(monthlyMetrics);
print('Monthly Metrics', metricsCollection);

```

ส่วนที่หนึ่ง และส่วนที่สอง เป็นการทำงานผ่านการทำซ้ำในแต่ละเดือน โดยให้การทำงานเป็นขั้นตอนที่ละเอียดที่ละเอียดของแต่ละเดือนจนสิ้นสุดกระบวนการ และเริ่มกระบวนการใหม่ในเดือนถัดไปจนครบทั้ง 16 เดือน เพื่อเรียกดูผลลัพธ์ที่ได้ในภายหลัง ในบรรทัดสุดท้าย (print)

ส่วนที่สาม การระบุระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยโรงงาน เมื่อได้ผลลัพธ์ของของ**ส่วนที่สอง** แล้วจะเป็นการนำข้อมูลไปซ้อนทับข้อมูลทั้ง 16 เดือน เพื่อได้ข้อมูลที่มีการซ้อนทับกันตั้งแต่ 2 ถึง 16 เดือน และการนำออกข้อมูลในรูปแบบเรสเตอร์ในภายหลังกระบวนการเสร็จสิ้น

```

var cumulativeRaster = ee.Image(0);
var monthList = ee.Image(0);

```

```

months.forEach(function(month, index) {
  if (!month) return;
  var result = calculateMonthlyNDVIWithMetrics(month[0], month[1], month[2]);
  if (!result) return;
  var sugarcaneClass = ee.Image(ee.Dictionary(result).get('Sugar')).eq(1);
  cumulativeRaster = cumulativeRaster.add(sugarcaneClass);
  var monthIndex = index + 1;
  monthList = monthList.add(sugarcaneClass.multiply(monthIndex));
});

var monthEncoded = monthList.rename('month_list');
var finalRaster = cumulativeRaster.rename('month_count').addBands(monthEncoded);
Map.centerObject(Area, 10);
Map.addLayer(finalRaster.select('month_count'),
  {min: 1, max: 16, palette: ['blue', 'green', 'yellow', 'red']},
  'รวมจำนวนเดือน');
for (var i = 16; i >= 1; i--) {
  var cumulativeRasterTemp = ee.Image(0);
  var monthListTemp = ee.Image(0);
  for (var j = 0; j < i; j++) {
    var month = months[j];
    if (!month) continue;
    var result = calculateMonthlyNDVIWithMetrics(month[0], month[1], month[2]);
    if (!result) continue;
    var sugarcaneClass = ee.Image(ee.Dictionary(result).get('Sugar')).eq(1);
    cumulativeRasterTemp = cumulativeRasterTemp.add(sugarcaneClass);
    var monthIndex = j + 1;
    monthListTemp = monthListTemp.add(sugarcaneClass.multiply(monthIndex));
  }
  var monthEncodedTemp = monthListTemp.rename('month_list');

```

```

var finalRasterTemp = cumulativeRasterTemp.rename('month_count')
    .addBands(monthEncodedTemp);
Map.addLayer(finalRasterTemp.select('month_count'),
    {min: 1, max: 16, palette: ['blue', 'green', 'yellow', 'red']},
    'รวม ' + i + ' เดือน');
Export.image.toDrive({
    image: finalRasterTemp,
    description: 'Sugarcane_Age_Analysis_' + i + '_Months',
    scale: 10,
    region: Area,
    fileFormat: 'GeoTIFF'
});
}
months.forEach(function(month) {
    var monthName = month[2];
    var result = calculateMonthlyNDVIWithMetrics(month[0], month[1], monthName);
    var sugarcaneNDVI = result.get('image');
    Export.image.toDrive({
        image: sugarcane,
        description: 'Sugarcane_' + monthName,
        scale: 10,
        region: Area.geometry(),
        maxPixels: 1e13,
        fileFormat: 'GeoTIFF',
        crs: 'EPSG:4326'
    });
});
});

```

บรรณานุกรม

- Aman Lonare, Basant Maheshwari และPennan Chinnasamy. (2022). Village level identification of sugarcane in Sangali, Maharashtra using open source data. **Journal of Agrometeorology**(24(3)), 249–254. doi:10.54386/jam.v24i3.1688.
- Congalton และR. G. (2001). Accuracy Assessment and Validation of Remotely Sensed and Other Spatial Information. **International Journal of Wildland Fire**, 10(4), 321–328.
- Elizabeth Champa–Bujaco, Ana M. Díez–Pascual, Alba Lomas Redondo และPilar Garcia–Diaz. (2024). Optimization of mechanical properties of multiscale hybrid polymer nanocomposites: A combination of experimental and machine learning techniques. **Elsevier Composites Part B: Engineering**(269). doi:10.1016/j.compositesb.2023.111099.
- European Space Agency. (2019). **Sentinel–2 Mission**. from <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>
- Felipe Cardoso de Oliveira Maia, Vinícius Bof Bufon และTairone Paiva Leão. (2023). Vegetation indices as a Tool for Mapping Sugarcane Management Zones. **Precision Agriculture**(24), 213–234. doi:10.1007/s11119-022-09939-7.
- Humberto Cruz–Sanabria, Mar'ia Guadalupe S'anchez, Juan Pablo Rivera–Caicedo และHimer Avila–George. (2019). Mapping Sugarcane using Vegetation Indices and Time Series of Sentinel–2 Images. **IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, 6781–6784.
- J. W. Rouse, Jr, R. H. Haas, J. A. Schell และD. W. Deering. (1973). Monitoring Vegetation Systems in The Great Plains With ERTs. 20.
- Jie Wang Xiangming Xiao Luo Liu Xiaocui Wu Yuanwei Qin Jean L. Steiner และคณะ. (2020). Mapping Sugarcane Plantation Dynamics in Guangxi China By Time Series Sentinel–1 Sentinel–2 and Landsat Images. **Elsevier Remote Sensing of Environment**(247). doi:10.1016/j.rse.2020.111951.

- John Ross Quinlan. (1986). Induction of Decision Trees. **Machine Learning**(1), 81–106.
- Mengxia Zhu และRichard R. Brooks. (2009). Comparison of Petri Net and Finite State Machine Discrete Event Control of Distributed Surveillance Networks. **International Journal of Distributed Sensor Networks**(5:5), 480–501. doi:10.1080/15501320903048753.
- Ming Wang, Zhengjia Liu, Muhammad Hasan Ali Baig, Yongsheng Wang, Yurui Li และ Yuanyan Chen. (2019). Mapping sugarcane in complex landscapes by integrating multi-temporal Sentinel-2 images and machine learning algorithms. **Elsevier Land Use Policy**(88). doi:10.1016/j.landusepol.2019.104190.
- Noel Gorelick, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau และRebecca Moore. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Elsevier Remote Sensing of Environment**(202), 18–27. doi:10.1016/j.rse.2017.06.031.
- Shuai Xie, Liangyum Liu, Xiao Zhang, Jiangning Yang, Xidong Chen และYuan Gao. (2019). Automatic Land-Cover Mapping using Landsat Time-Series Data based on Google Earth Engine. **MDPI Remote Sensing**(11). doi:10.3390/rs11243023.
- Sudianto Sudianto, Yeni Herdiyeni และLilik Budi Prasetyo. (2023). Classification of Sugarcane Area Using Landsat 8 and Random Forest based on Phenology Knowledge. **JOIV Empowering the Future: The Role of Information Technology in Building Resilience**, 1974–1981.
- Thamh Noi Phan, Verena Kuch และLukas W. Lehnert. (2020). Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier–The Role of Image Composition. **MDPI Remote Sensing**(12). doi:10.3390/rs12152411.
- Tri Muji Susantoro, Ketut Wikantika, Asep Saepuloh และAgus Handoyo Harsolumakso. (2018). Selection of Vegetation Indices for Mapping The Sugarcane Condition Around The Oil and Gas Field of North West Java Basin, Indonesia. **IOP Earth and Environmental Science**(149). doi:10.1088/1755-1315/149/1/012001.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2535). พฤติกรรมและรูปแบบการใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าว. (2535).
- กลุ่มพัฒนาด้านข้าว สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมข้าว น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง. (2567). คู่มือ

การจัดการไร้อย่างยั่งยืน.

กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. (2566). ระบบบัญชีข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน. จาก

https://liddcatalog.ldd.go.th/dataset/lidd_21_01

กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). Agricultural Economic Outlook ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2565 และแนวโน้มปี 2566.

นครินทร์ ชัยแก้ว. (2560). **Geographic Information Systems** ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

วัชรภรณ์ หวังพงษ์. (2567). บทความวิชาการ เอลนีโญ ผลกระทบจากภัยแล้งต่อเศรษฐกิจไทย. สำนักงานงบประมาณรัฐสภา.

วันฉัตร เทพวงศ์. (2565). แบบจำลองการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

วิภาพ แพงวังทอง และวันฉัตร เทพวงศ์ (ผู้บรรยาย). (6-7 พฤษภาคม 2564). ศักยภาพของดัชนีความแตกต่างความชื้นแบบนอร์มัลไลซ์จากดาวเทียมเซนติเนล-2 เพื่อการกำหนดความเสี่ยงไฟป่าด้านความชื้นในอุทยานแห่งชาติแก่งซ้อน. ใน การประชุมวิชาการ "ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5". ภาควิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก. (2566). ข้อมูลด้านการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2558). องค์ประกอบของเทคโนโลยี

ภูมิสารสนเทศ. กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. from

https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2449&lang=TH

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นาย ไกรวี อ่อนล้อม
วัน เดือน ปี เกิด	16 มกราคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	พิษณุโลก
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2562 วท.บ. (ภูมิสารสนเทศศาสตร์), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	74 หมู่ 3 ต.วังพิณูล อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65130
ผลงานตีพิมพ์	ไกรวีอ่อนล้อม วิภพ แพงวังทอง และไพศาล จีฟู. (2568). การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงานในช่วงหนึ่งฤดูเพาะปลูกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเซนติเนล-2 ด้วยวิธีการป่าสุ่มบนแพลตฟอร์มกูเกิ้ลเอิร์ธเอนจิน. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 พ.ศ. - ส.ศ.2568 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา. 123-138. วิภพ แพงวังทอง และไกรวี อ่อนล้อม. (2564). ศักยภาพของดัชนีความแตกต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์แมลไลซ์และอุณหภูมิพื้นผิวแผ่นดินจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 เพื่อการจำแนกพื้นที่เมืองในอำเภอเมืองพิษณุโลก. การประชุมวิชาการ "ทรัพยากรธรรมชาติ สารสนเทศ ภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5" (NATGEN 2019). 6-7 พฤษภาคม 2564. ณ ภาควิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 397-404.