การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น

ศิริวรรณ รื่นรมย์

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น

ศิริวรรณ รื่นรมย์

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์
เมษายน 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

DROUGHT RISK PREDICTION BASED ON LAND USE MODELING IN MAE NA RUE WATERSHED UNDER A SHORTAGE OF ESSENTIAL INDICATORS

SIRIWAN RUENROM

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

Copyright 2025 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น

ของ ศิริวรรณ รื่นรมย์

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

.... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ เกตุอ๊อต)

.... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ เอี่ยมชื่น)

.... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภพ แพงวังทอง)

.... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ์)

.... คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ โรจนวสุ)

เรื่อง: การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น

ผู้วิจัย: ศิริวรรณ รื่นรมย์, วิทยานิพนธ์: วท.ม.(ภูมิสารสนเทศประยุกต์), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2567

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติ เอี่ยมชื่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภพ แพงวังทอง

คำสำคัญ: ความเสี่ยงจากภัยแล้ง, ความเปราะบางตามฤดูกาล, ดัชนีพืชพรรณ, แบบจำลองการใช้ที่ดิน , เวก้า

บทคัดย่อ

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อภาคการเกษตรและการดำรงชีวิตของประชาชน โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน และการพึ่งพาทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำขนาดเล็กเป็นหลัก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมร่วมกับดัชนีเชิงพื้นที่ ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI ซึ่งสะท้อนระดับความชื้นและความแห้งแล้งในพื้นที่ศึกษาตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา และการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลการใช้ที่ดิน (2) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของดัชนี และปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่แห้งแล้ง โดยใช้วิธีคิดแบบหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) และแบบจำลอง Weka การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเชิงพื้นที่กับปัจจัยทางกายภาพในพื้นที่ เพื่อประเมินระดับความสัมพันธ์ของข้อมูล และการพัฒนารูปแบบจำแนกประเภทพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้โปรแกรม Weka และ (3) เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกับการใช้ที่ดินที่จะเกิดขึ้น การคาดการณ์แนวโน้มการเกิดภัยแล้งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2575 ผลการวิจัยพบว่า ดัชนี NDVI และ VCI มีความสัมพันธ์ในระดับนัยสำคัญทางสถิติกับปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สันเผยให้เห็นข้อมูลที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของดัชนีกับปัจจัยต่าง ๆ ในพื้นที่ ขณะที่การใช้โปรแกรม Weka สามารถแสดงผลการคาดการณ์ความแห้งแล้งและระบุข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับภัยแล้งในพื้นที่ได้ ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมประเภทพื้นที่นา พืชไร่ ไม้ยืนต้น และไม้ผล มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้ง โดยเฉพาะในฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งสะท้อนถึงความเปราะบางของระบบการผลิตทางการเกษตรที่พึ่งพาทรัพยากรน้ำจากธรรมชาติเป็นหลัก ข้อมูลจากการวิจัยสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การกำหนดระยะเวลาการเพาะปลูกที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ และการเตรียมความพร้อมของชุมชนในการรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งในอนาคตอย่างยั่งยืน

Title: DROUGHT RISK PREDICTION BASED ON LAND USE MODELING IN MAE NA RUE WATERSHED UNDER A SHORTAGE OF ESSENTIAL INDICATORS
Author: Siriwan Ruenrom, Thesis: M.Sc. (Applied Geoinformatics), University of Phayao, 2024
Advisor: Assistant Professor Dr. Niti Iamcheun Co-advisor Assistant Professor Dr.Wipop Paengwangthong
Keywords: Drought Risk, Seasonal Uulnerable, Vegetation Index, Land Use Model, WEKA

ABSTRACT

Drought is a natural disaster that severely impacts the agricultural sector and people's livelihoods, especially in northern Thailand, where the terrain consists of complex mountains and communities rely primarily on small water resources. This research has three main objectives: (1) to analyze satellite imagery for drought risk areas using spatial indices such as NDVI, VCI, NMDI, and NDWI, which reflect moisture and drought levels in the study area of Mae Na Ruea Subdistrict, Mueang Phayao District, Phayao Province, combined with rainfall and land-use data; (2) to examine the correlation between these indices and factors influencing drought-prone areas using Pearson’s correlation and the Weka model, assessing the relationship between spatial indices and physical factors, as well as developing a drought risk classification model using Weka; and (3) to predict future drought risk areas and their impact on land-use changes, including forecasting drought trends and land-use patterns for the year 2032. The results indicate that NDVI and VCI indices exhibit statistically significant correlations with the physical factors of the area and can be effectively applied to assess drought risk. Pearson’s correlation analysis revealed relationships between the indices and various influencing factors, while the Weka model demonstrated predictive capabilities for drought conditions and identified key drought-related variables. Land-use trend analysis showed that agricultural areas, including paddy fields, croplands, perennial trees, and orchards, are at high risk of drought, particularly during summer and winter, highlighting the vulnerability of agricultural systems dependent on natural water resources. The findings of this study can serve as a guideline for efficient water resource management, crop planning aligned with climatic conditions, and community preparedness to sustainably mitigate future drought risks.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณอย่างสุดซึ้งต่อบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การสนับสนุนทั้งในด้านความรู้ คำแนะนำ และกำลังใจอันดีเยี่ยม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิติ เอี่ยมชื่น ที่ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด ตั้งใจ และอดทนตลอดกระบวนการวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งในด้านวิชาการและการสนับสนุนทางด้านจิตใจ

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันมีค่า ซึ่งช่วยให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์และคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาภูมิสารสนเทศประยุกต์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มอบความรู้และเป็นแรงบันดาลใจในการศึกษาและการทำวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ เพื่อน ๆ และรุ่นพี่รุ่นน้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ แบ่งปันประสบการณ์ และเป็นกำลังใจในยามท้อแท้

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และสนับสนุนทั้งกำลังใจและทรัพยากรต่าง ๆ ในการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากความร่วมมือและความเมตตาของทุกท่าน ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณอย่างยิ่ง พร้อมทั้งขออภัยหากมีสิ่งใดที่ไม่สมบูรณ์หรือขาดตกบกพร่องในระหว่างการดำเนินงานนี้ ขอกล่าวคำขอบคุณและขออภัย ณ โอกาสนี้ด้วย

ศิริวรรณ รื่นรมย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ .... ฉ
สารบัญ .... ช
สารบัญตาราง .... ฌ
สารบัญภาพ .... ฐ
บทที่ 1 บทนำ 1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ 3
ขอบเขตการศึกษา 3
พื้นที่ศึกษา 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 เอกสารอ้างอิง 5
ภัยแล้ง (Drought) 5
การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) 6
ดาวเทียมแลนด์แซท (Landsat) 9
ดาวเทียมเซนติเนล (Sentinel) 12
แพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) 14
ดัชนี (Index) 15
การหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) 25
แบบจำลอง WEKA 26

การใช้ที่ดิน (Land use) 27
แบบจำลองการคาดการณ์ (Model) 28
การประมาณค่าด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน Inverse Distance Weighting (IDW)....33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 43
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 43
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 44
การดำเนินงานด้านภูมิสารสนเทศ 48
วิธีการวิเคราะห์ 49
ขั้นตอนวิธีการทำ 53
บทที่ 4 ผลการวิจัย (Results) 58
บทที่ 5 บทสรุป (Conclusions) 150
สรุปผลการวิจัย 150
อภิปรายผลการวิจัย 159
ข้อเสนอแนะ 169
ภาคผนวก 171
บรรณานุกรม 180
ประวัติผู้วิจัย 189

มหาวิทยาลัยพะเยา UNIVERSITY OF PHAYAO

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท 5 ระบบ Thematic Mapper (TM) และ Multispectral Scanner (MSS) 11

ตาราง 2 ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท 8 ระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) 12

ตาราง 3 ข้อมูลภาพกลุ่มดาวเทียม Sentinel-2 14

ตาราง 4 แสดงค่าดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ Vegetation Condition Index (VCI) (Kogan, 1995; Kogan, 2003) 18

ตาราง 5 แสดงค่าพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI (Aziz, 2018) 19

ตาราง 6 แสดงค่าการแบ่งระดับความรุนแรงของสภาวะแห้งแล้งตามดัชนีมาตรฐาน หยาดน้ำฟ้า Standardized Precipitation Index (SPI) 20

ตาราง 7 แสดงค่าการแบ่งระดับของดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) 20

ตาราง 8 แสดงค่าการแบ่งระดับความรุนแรงของสภาวะแห้งแล้งตามดัชนีความแห้งของพืช อุณหภูมิ Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) 21

ตาราง 9 แสดงค่าการแบ่งระดับของดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (NMDI) ใช้เกณฑ์สำหรับพืช 24

ตาราง 10 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน 27

ตาราง 11 ข้อมูลที่รวบรวมจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 39

ตาราง 12 ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา 45

ตาราง 13 คำอธิบายข้อมูลปัจจัย 46

ตาราง 14 การแบ่งค่าของแต่ละช่วงดัชนี NDVI และ VCI 55

ตาราง 15 การแบ่งค่าของแต่ละช่วงดัชนี NMDI และ NDWI 55

ตาราง 16 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) 63

ตาราง 17 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 63

ตาราง 18 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย).....63

ตาราง 19 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)........64

ตาราง 20 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 64

ตาราง 21 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)........64

ตาราง 22 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) 65

ตาราง 23 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 65

ตาราง 24 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) 65

ตาราง 25 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ... 66

ตาราง 26 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 66

ตาราง 27 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)... 66

ตาราง 28 ข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) และปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)..................................... 68

ตาราง 29 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 71

ตาราง 30 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 73

ตาราง 31 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 75

ตาราง 32 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)...77

ตาราง 33 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 79

ตาราง 34 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 81

ตาราง 35 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 83

ตาราง 36 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 85

ตาราง 37 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 87

ตาราง 38 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 89

ตาราง 39 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 91

ตาราง 40 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 93

ตาราง 41 ลักษณะของดัชนีทั้ง4ดัชนีแต่ละประเภทของการใช้ที่ดิน....112

ตาราง 42 ตารางการแบ่งเกณฑ์เพื่อวัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัว 122

ตาราง 43 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก และความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก (0.5 – 1.0 สีเขียวเข้ม และ –0.5 ถึง –1.0 สีแดงเข้ม)........... 126

ตาราง 44 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง และความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.3 – 0.5 สีเขียวสด และ –0.3 ถึง –0.5 สีส้ม)........ 127

ตาราง 45 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง และความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.1 – 0.3 สีเขียวอ่อน และ –0.1 ถึง –0.3 สีเหลือง).. 128

ตาราง 46 การทวนสอบของแบบจำลอง แบบ User's Accuracy และแบบ Producer's Accuracy 137

ตาราง 47 การเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2565 ของแบบจำลองและกรมพัฒนาที่ดิน 139

ตาราง 48 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากแบบจำลอง PLUS ปี พ.ศ.2565 และปี พ.ศ.2575 142

ตาราง 49 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2575 (ปริมาณน้ำฝนมาก) (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)..... 145

ตาราง 50 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2575 (ปริมาณน้ำฝนมาก) (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว) 147

ตาราง 51 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของแบบจำลอง 163

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา....4

ภาพ 2 กระบวนการและองค์ประกอบรับรู้ระยะไกล....7

ภาพ 3 กระบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล....9

ภาพ 4 รูปแบบของกลุ่มเซลล์ในแบบจำลอง CA....30

ภาพ 5 ขั้นตอนการศึกษา....49

ภาพ 6 การนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี และวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการใช้ที่ดิน....50

ภาพ 7 การหาความสัมพันธ์ของดัชนีและหาความสัมพันธ์แบบ 2 วิธีการ....51

ภาพ 8 คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงแห้งแล้งและคาดการณ์การใช้ที่ดิน....52

ภาพ 9 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)....59

ภาพ 10 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 59

ภาพ 11 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)....59

ภาพ 12 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)....60

ภาพ 13 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ..60

ภาพ 14 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)....60

ภาพ 15 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) 61

ภาพ 16 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 61

ภาพ 17 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) 61

ภาพ 18 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) 62

ภาพ 19 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) 62

ภาพ 20 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย).......62

ภาพ 21 พื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2548 ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2562.............................. 69

ภาพ 22 การใช้ที่ดิน (LU1) พื้นที่นา 96

ภาพ 23 การใช้ที่ดิน (LU2) พืชไร่ 98

ภาพ 24 การใช้ที่ดิน (LU3) ไม้ยืนต้น.. 99

ภาพ 25 การใช้ที่ดิน (LU4) ไม้ผล 101

ภาพ 26 การใช้ที่ดิน (LU5) พื้นที่ป่าไม้.. 103

ภาพ 27 การใช้ที่ดิน (LU6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด 105

ภาพ 28 การใช้ที่ดิน (LU7) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 107

ภาพ 29 การใช้ที่ดิน (LU8) พื้นที่แหล่งน้ำ 109

ภาพ 30 การใช้ที่ดิน (LU9) พื้นที่เกษตรอื่นๆ 111

ภาพ 31 ปัจจัย...121

ภาพ 32 โหนดแรกที่เริ่มต้นการตัดสินใจ ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม WEKA 130

ภาพ 33 โหนดภายในที่ทำหน้าที่เป็นจุดแบ่งข้อมูลเพิ่มเติม 130

ภาพ 34 โหนดใบที่แสดงผลลัพธ์ของการตัดสินใจ 131

ภาพ 35 เส้นเชื่อมแสดงเงื่อนไขในการแบ่งข้อมูล...131

ภาพ 36 การตัดสินใจในรูปแบบ Decision Tree ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม WEKA................ 132

ภาพ 37 พื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2545 ปี พ.ศ.2555 และปี พ.ศ.2565 134

ภาพ 38 กราฟพื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2545 ปี พ.ศ.2555 และปี พ.ศ.2565 135

ภาพ 39 การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2565 ของกรมพัฒนาที่ดินและแบบจำลองPLUS................. 139

ภาพ 40 การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2565 และปี พ.ศ.2575 142

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ภัยแล้งเป็นหนึ่งในภัยธรรมชาติที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ตั้งแต่หลายเดือนจนถึงหลายปี โดยส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่เคยได้รับอย่างสม่ำเสมอลดลงต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ระบบนิเวศ รวมถึงภาคเกษตรกรรม ซึ่งเป็นภาคส่วนที่ได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน สาเหตุของภัยแล้งสามารถเกิดได้ทั้งจากปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ความเปลี่ยนแปลงของระบบหมุนเวียนในบรรยากาศหรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลกที่ส่งผลให้เกิดสภาพอากาศที่ร้อนจัดในช่วงฤดูร้อน ปริมาณฝนลดลงหรือเกิดฝนทิ้งช่วง ดินมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นต่ำ รวมทั้งปริมาณน้ำใต้ดินลดลง และจากปัจจัยทางมนุษย์ เช่น การใช้น้ำอย่างสิ้นเปลืองหรือไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งในการอุปโภค บริโภค และกิจกรรมทางการเกษตร ส่งผลให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและน้ำใต้ดินลดลงอย่างต่อเนื่อง

ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดพะเยา ได้ประสบปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรง ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2562 ถึงต้นปี พ.ศ. 2563 มีรายงานว่ามีพื้นที่ประสบภัยแล้งจำนวน 66 ตำบล ครอบคลุม 723 หมู่บ้าน มีครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบจำนวน 58,369 ครัวเรือน คิดเป็นประชากรที่ได้รับผลกระทบกว่า 149,498 คน พื้นที่ทางการเกษตรเสียหายมากกว่า 120,000 ไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายหลายร้อยล้านบาท (สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพะเยา, 2564) พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ตั้งอยู่ในตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยพบว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พื้นที่ตำบลแม่นาเรือประสบภัยแล้งรวมทั้งสิ้น 6 ครั้ง ครอบคลุมพื้นที่จำนวน 20,406 ไร่ โดยในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ที่ประสบภัยแล้ง 4–5 ครั้ง จำนวน 12,186 ไร่ และพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งไม่เกิน 3 ครั้ง จำนวน 8,024 ไร่ พื้นที่ดังกล่าวมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่สำคัญ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำแม่นาเรือ ความจุ 2,030,000 ลูกบาศก์เมตร ให้ประโยชน์พื้นที่เกษตร 6,000 ไร่ อ่างเก็บน้ำห้วยถ้ำ ความจุ 550,000 ลูกบาศก์เมตร ให้ประโยชน์พื้นที่ 2,160 ไร่ และอ่างเก็บน้ำห้วยโซ่ ความจุ 294,700 ลูกบาศก์เมตร ให้ประโยชน์พื้นที่ 1,000 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564) อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเหล่านี้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมการเกษตร ส่งผลให้ผลผลิต

ทางการเกษตรลดลง รายได้ของเกษตรกรหดหาย และประชาชนในพื้นที่ได้รับความเดือดร้อนเป็นวงกว้าง

การประเมินสภาพภัยแล้งด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลปัจจุบันมีการนำเทคนิคการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) มาใช้ในการประเมินสภาพภัยแล้งอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้ดัชนีทางสเปกตรัม (Spectral Indices) ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความชื้นในพืชพรรณและดินได้อย่างแม่นยำ ดัชนีที่นิยมใช้ในการประเมินสภาพภัยแล้งมีหลายชนิด ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นดัชนีที่ใช้วัดความเขียวของพืชพรรณ โดยพิจารณาจากค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดงและอินฟราเรดใกล้ Normalized Difference Infrared Index (NDII) เป็นดัชนีที่ใช้วิเคราะห์ความชื้นของพืช โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้น 1 Normalized Difference Water Index (NDWI) ใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำในพืชหรือพื้นผิว โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงของช่วงอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้น 2 Normalized Multiband Drought Index (NMDI) เป็นดัชนีที่พัฒนาเพิ่มเติมจากการรวมคลื่นหลายช่วง ได้แก่ อินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดคลื่นสั้นทั้ง 1 และ 2 เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ความชื้น

จากการศึกษาของ (Hardisky, 1983) พบว่าดัชนี NDII สามารถใช้ประเมินสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าดัชนี NDVI, NDWI และ NMDI โดยมีความสอดคล้องกับปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ต่อมา (Welikhe, 2017) ได้พัฒนาดัชนี Moisture Stress Index (MSI) โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงของช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นและอินฟราเรดใกล้ ซึ่งพบว่าดัชนี MSI มีความสัมพันธ์สูงกับความชื้นในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นดินลึก

การวิเคราะห์ภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการนำดัชนีต่าง ๆ ที่กล่าวมาใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในบริเวณตำบลแม่นาเรือ เพื่อประเมินระดับความรุนแรงของภัยแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนเป็นตัวเปรียบเทียบและพิจารณาในแต่ละฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ทั้งนี้ หากค่าดัชนีต่าง ๆ แสดงผลสอดคล้องกับเกณฑ์ภัยแล้งที่กำหนด และสามารถบูรณาการร่วมกับข้อมูลการใช้ที่ดินได้อย่างเหมาะสม ก็จะสามารถระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งได้อย่างชัดเจน ข้อมูลที่ได้สามารถ

นำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการเพาะปลูก การจัดการทรัพยากรน้ำ และการเตรียมความพร้อมของชุมชนต่อภัยแล้งในอนาคต

วัตถุประสงค์

1.เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี

2.เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของดัชนี และปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่แห้งแล้ง โดยใช้วิธีคิดแบบหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) และแบบจำลอง WEKA

3.เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกับการใช้ที่ดินในอนาคตที่จะเกิดขึ้น

ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

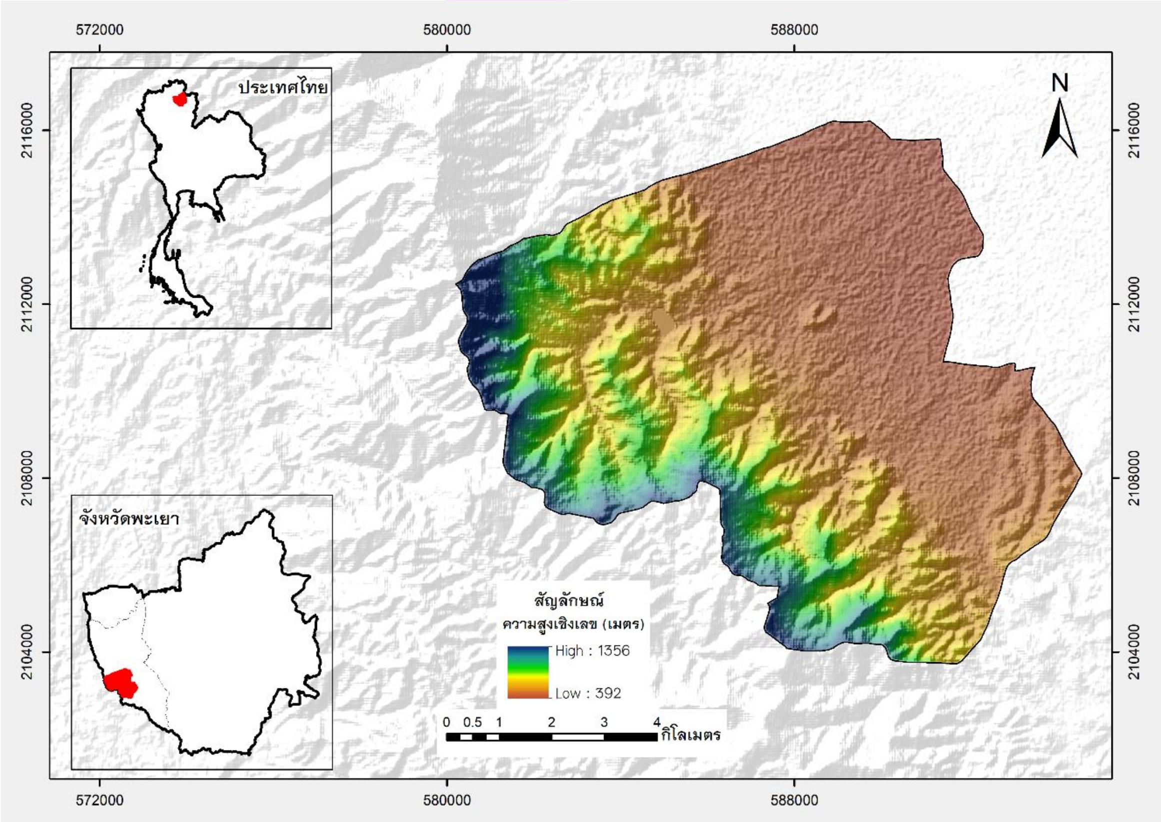
ตำบลแม่นาเรือตั้งอยู่ทางตอนใต้ของอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา มีพื้นที่รวมทั้งสิ้นประมาณ 117.17 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 73,231 ไร่ ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปมีความหลากหลาย ประกอบด้วยพื้นที่ราบ พื้นที่ค่อนข้างราบ และพื้นที่เนินเขาสลับภูเขา โดยมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 450–1,000 เมตร ภูมิประเทศทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นที่เนินเขาสูง ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำแม่นาเรือและแม่น้ำแม่ใส ซึ่งเป็นลำน้ำสาขาที่ไหลลงสู่กว๊านพะเยาทางทิศเหนือ บ่งชี้ถึงบทบาทของพื้นที่ในฐานะพื้นที่ต้นน้ำลำธารในระบบนิเวศของลุ่มน้ำกว๊านพะเยา ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีความลาดชันน้อย เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จากการจำแนกประเภทพื้นที่ พบว่าประมาณร้อยละ 64 ของพื้นที่ทั้งหมดมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบถึงค่อนข้างราบ โดยมีลักษณะการไหลของน้ำบนผิวดินอยู่ในระดับปานกลาง ขณะที่พื้นที่ที่เหลือส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณตอนใต้และตะวันตกของตำบล ซึ่งมีลักษณะเป็นภูเขาและเทือกเขาที่ทอดตัวในแนวเหนือ–ใต้ ในด้านทรัพยากรน้ำ ตำบลแม่นาเรือมีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญจำนวน 8 แห่ง ทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำต้นทุนเพื่อการเกษตรและอุปโภคบริโภคของชุมชน ตำบลแม่นาเรือมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่โดยรอบ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับตำบลบ้านตุ่นและตำบลแม่ใส อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง และตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ทิศตะวันออก ติดต่อกับตำบลแม่ใสและตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ทิศตะวันตก ติดต่อกับตำบลบ้านตุ่น อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ตำบลวังทอง อำเภอวังเหนือ และตำบลบ้านร้อง อำเภองาว จังหวัดลำปาง จากลักษณะทางภูมิศาสตร์ดังกล่าว ตำบลแม่นาเรือจึงจัดเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญเชิงภูมิทัศน์ ทั้งในด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการน้ำต้นทุน และการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน



ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งในพื้นที่ รู้เท่าทันว่าจะเกิดพื้นที่สภาพแห้งแล้งในพื้นที่
2. ประชาชนในพื้นที่สามารถวางแผนเรื่องการเพาะปลูกพืชในพื้นที่เพื่อลดผลกระทบต่อสภาพแห้งแล้ง

บทที่ 2

เอกสารอ้างอิง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง “การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น” ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องอย่างครอบคลุม ทั้งในส่วนของแนวคิด ทฤษฎี ตลอดจนกระบวนการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ โดยเนื้อหาที่ศึกษาครอบคลุมถึง ประเด็นด้านภัยแล้ง (Drought) การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซท (Landsat) และดาวเทียมเซนติเนล (Sentinel) การประมวลผลข้อมูลผ่านแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) การประยุกต์ใช้ดัชนีจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Index) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติแบบเพียร์สัน (Pearson’s Correlation) การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม WEKA การจำแนกการใช้ที่ดิน (Land Use Classification) การคาดการณ์แนวโน้มในอนาคตด้วยแบบจำลอง (Model) รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Validation) การประมาณค่าด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน Inverse Distance Weighting (IDW) และการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งองค์ความรู้และแนวทางที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว ได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้อย่างเหมาะสม

ภัยแล้ง (Drought)

ภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นระยะเวลานาน จนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และสังคม โดยเฉพาะด้านการเกษตรกรรม สำหรับประเทศไทย สาเหตุหลักของการเกิดภัยแล้งมักเกิดจากภาวะฝนแล้งและฝนทิ้งช่วง โดยฝนแล้งหมายถึงภาวะที่มีปริมาณฝนตกน้อยกว่าค่าปกติหรือไม่ตกต้องตามฤดูกาล ส่วนฝนทิ้งช่วง ตามนิยามของกรมอุตุนิยมวิทยา คือ ช่วงเวลาที่มีปริมาณฝนตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรต่อวัน ติดต่อกันเกิน 15 วันในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีโอกาสเกิดฝนทิ้งช่วงในระดับสูง ภัยแล้งสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ ภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ซึ่งเกิดจากปริมาณฝนที่ตกน้อยกว่าค่ามาตรฐานหรือมีฝนทิ้งช่วงในช่วงฤดูฝน ภัยแล้งทางการเกษตรกรรม (Agricultural Drought) ที่เกิดจากความชื้นในดินลดลงจนส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของ

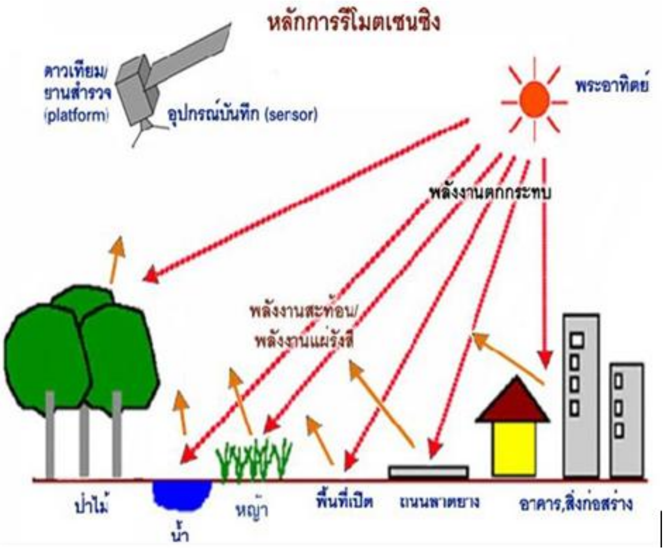
พืชผลทางการเกษตร ภัยแล้งทางอุทกวิทยา (Hydrological Drought) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากระดับน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั้งน้ำใต้ดินและผิวน้ำ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หรืออ่างเก็บน้ำที่ลดลงต่ำกว่าระดับวิกฤต ภัยแล้งทางเศรษฐกิจและสังคม (Socio-economic Drought) ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำจนกระทบต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ ความรุนแรงของภัยแล้งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความชื้นในบรรยากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง รวมถึงขนาดพื้นที่ที่ประสบภัย โดยในประเทศไทย ภัยแล้งมักเกิดขึ้นในสองช่วงเวลาหลัก ได้แก่ ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน โดยเริ่มตั้งแต่ครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกจะมีปริมาณฝนลดลงอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ลักษณะภัยแล้งในช่วงนี้มักเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ช่วงกลางฤดูฝน โดยเฉพาะช่วงปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม มักเกิดฝนทิ้งช่วง ส่งผลให้เกิดภัยแล้งในลักษณะเฉพาะพื้นที่ซึ่งในบางปีอาจขยายวงกว้างและส่งผลกระทบเกือบทั่วประเทศ (พลพืชน์, 2547)

การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)

รีโมตเซนซิง (Remote Sensing) เป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยคำว่า "รีโมตเซนซิง" เป็นคำศัพท์ทางเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1960 หมายถึง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการได้มาซึ่งข้อมูลของวัตถุ (Object) หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัตถุสะท้อนหรือแผ่ออกมา ซึ่งถูกบันทึกผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่กับยานสำรวจ เช่น ดาวเทียมหรืออากาศยาน โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุเป้าหมายโดยตรง การใช้เทคโนโลยีรีโมตเซนซิงเริ่มเป็นที่แพร่หลายในระดับนานาชาติ หลังจากที่สหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกคือ LANDSAT-1 ขึ้นสู่วงโคจรในปี ค.ศ. 1972 ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการใช้รีโมตเซนซิงในงานด้านการสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างเป็นระบบ นิยามของรีโมตเซนซิงในปัจจุบันสามารถอธิบายได้ว่าเป็น “วิทยาศาสตร์และศิลปะแห่งการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยตรง โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อกลางในการรับรู้ข้อมูล” ทั้งนี้ วัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่รังสีของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่งสามารถใช้จำแนกและวิเคราะห์ลักษณะของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ การได้มาของข้อมูลจากรีโมตเซนซิงสามารถจำแนกออกเป็น 3 มิติหลัก ได้แก่ Spectral Resolution คือ

ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลจากช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน Spatial Resolution คือ ความละเอียดของภาพที่เกี่ยวข้องกับรูปร่าง ลักษณะ และขนาดของวัตถุบนพื้นผิวโลก Temporal Resolution คือ ความสามารถในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ

ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว รีโมตเซนซิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษา วิเคราะห์ และติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และการใช้ที่ดินในพื้นที่ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2561)



ภาพ 2 กระบวนการและองค์ประกอบรับรู้ระยะไกล

ที่มา: (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2561)

กระบวนการรับรู้ระยะไกล (Process and Elements of Remote Sensing) เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีในการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลจากวัตถุหรือปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลก โดยไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับวัตถุเป้าหมายโดยตรง โดยกระบวนการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

กระบวนการได้รับข้อมูล (Data Acquisition)

กระบวนการเริ่มต้นจากพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก แล้วเกิดปฏิสัมพันธ์กับวัตถุหรือปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลก เช่น การสะท้อนหรือการดูดกลืนพลังงานบางช่วงความยาวคลื่น จากนั้นพลังงานที่ถูกสะท้อนจะเดินทางเข้าสู่อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ซึ่งติดตั้งอยู่กับยาน

สำรวจ (Platform) เช่น ดาวเทียมหรืออากาศยาน ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จะถูกแปลงเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ และส่งต่อไปยังสถานีรับภาคพื้นดิน (Receiving Station) เพื่อประมวลผลและจัดเก็บให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงอนุมาน (Analog Data) และข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) ตามลำดับ

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

เมื่อได้รับข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ

การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) เป็นการแปลความหมายจากภาพถ่ายหรือข้อมูลที่แสดงผลด้วยสายตามนุษย์ โดยมักให้ผลลัพธ์ในเชิงคุณภาพ ไม่สามารถระบุเป็นค่าตัวเลขได้อย่างชัดเจน

การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถประมวลผลข้อมูลในเชิงปริมาณ และแสดงผลออกมาในรูปของตัวเลขหรือตารางทางสถิติ ซึ่งมีความแม่นยำและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงลึกได้มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ องค์ประกอบหลักของการรับรู้ระยะไกลสามารถจำแนกได้เป็น 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

แหล่งข้อมูลของการตรวจวัด (Sources) ได้แก่ พื้นผิวและบรรยากาศของโลก ซึ่งเป็นแหล่งที่เกิดการสะท้อนหรือแผ่รังสีพลังงาน

อุปกรณ์การตรวจวัดจากระยะไกล (Remote Sensor) ที่ใช้ในการตรวจวัดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ

ระบบการประมวลผลข้อมูล (Data Processing System) ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรที่ทำหน้าที่ในการแปลความหมายข้อมูล และระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล (รุ่งเรือง, 2556)

ภาพ 3 กระบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

ที่มา: กิตติคุณ รุ่งเรือง, 2556

ดาวเทียมแลนด์แซท (Landsat)

ดาวเทียมแลนด์แซท (Landsat) เป็นชุดของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาพื้นผิวโลกอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลากว่า 4 ทศวรรษ โดยดาวเทียมดวงแรกในโครงการถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 (ค.ศ. 1972) และในเวลาต่อมาในปี พ.ศ. 2518 (ค.ศ. 1975) ได้มีการกำหนดชื่อโครงการอย่างเป็นทางการว่า "Landsat" โดยในระยะเริ่มต้น โครงการนี้อยู่ภายใต้การดูแลขององค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) ของสหรัฐอเมริกา ก่อนจะถ่ายโอนให้บริษัท Earth Observing Satellite Company (EOSAT) รับช่วงดูแลในปี พ.ศ. 2527 (ค.ศ. 1984)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2535 (ค.ศ. 1992) รัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ตระหนักถึงความสำคัญของการดำเนินภารกิจสำรวจทรัพยากรโลกอย่างต่อเนื่อง จึงได้ตรากฎหมายชื่อ The Land Remote Sensing Policy Act of 1992 ซึ่งกำหนดให้การจัดการโครงการ Landsat กลับมาอยู่ภายใต้หน่วยงานรัฐบาลกลาง ได้แก่ สำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) และองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) ภายใต้โครงการ U.S. Global Change Research Program

ดาวเทียม Landsat ที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันได้แก่ Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 และ Landsat 9 โดยมีข้อยกเว้นคือ Landsat 6 ที่ไม่สามารถเข้าสู่วงโคจรได้สำเร็จเนื่องจากเกิดความล้มเหลวระหว่างกระบวนการนำส่ง ทั้งนี้ดาวเทียม Landsat 7 ได้รับการส่งขึ้นสู่วงโคจรในเดือนเมษายน พ.ศ. 2542 (ค.ศ. 1999) เพื่อทดแทนความล้มเหลวดังกล่าว

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาดาวเทียม Landsat ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง โดยดาวเทียมในรุ่นแรก ได้แก่ Landsat 1, 2 และ 3 ติดตั้งเครื่องมือสำรวจที่เรียกว่า Multi-Spectral Scanner (MSS) ส่วนดาวเทียมในรุ่นถัดมา ได้แก่ Landsat 4 และ 5 ใช้เครื่องมือที่มีความสามารถสูงขึ้น คือ Thematic Mapper (TM) ขณะที่ Landsat 7 ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) ซึ่งมีความละเอียดในการตรวจวัดสูงยิ่งขึ้น และในดาวเทียมรุ่นใหม่ ได้แก่ Landsat 8 และ Landsat 9 มีการติดตั้งเครื่องมือที่มีความทันสมัย คือ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) สำหรับการตรวจวัดในช่วงคลื่นแสงที่ตามนุษย์มองเห็นและช่วงคลื่นความร้อนอินฟราเรดตามลำดับ

Landsat 9 ได้รับการส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2564 โดยมีระบบเซนเซอร์แบบ OLI-2 และ TIRS-2 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเดียวกันกับ Landsat 8 ทั้งนี้ Landsat 8 และ Landsat 9 ถูกกำหนดให้มีรอบการโคจรที่กลับมาบันทึกข้อมูล ณ ตำแหน่งเดิมทุก 16 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ข้อมูลจากดาวเทียมทั้งสองดวงร่วมกัน จะสามารถบันทึกข้อมูลในพื้นที่เดียวกันได้ทุก ๆ 8 วัน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเวลาต่อเนื่องที่มีความละเอียดด้านเวลาเพิ่มขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5 ซึ่งติดตั้งเซนเซอร์ MSS และ TM รวมถึงดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งติดตั้งเซนเซอร์ OLI และ TIRS โดยข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมช่วงระยะเวลาศึกษาให้เหมาะสมต่อเป้าหมายของการวิจัย ทั้งนี้รายละเอียดของข้อมูล Landsat 5 และ Landsat 8 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ ("องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ National Aeronautics and Space Administration (NASA)," 2561)

ตาราง 1 ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท 5 ระบบ Thematic Mapper (TM) และ Multispectral Scanner (MSS)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดจุดภาพ (เมตร)	ระบบ
Band 1 (Blue)	0.45 – 0.52	30	TM
Band 2 (Green)	0.52 – 0.60	30	TM
Band 3 (Red)	0.60 – 0.69	30	TM
Band 4 (NIR)	0.77 – 0.90	30	TM
Band 5 (SWIR)	1.55 – 1.75	30	TM
Band 6 (TIRS)	10.40 – 12.50	30	TM
Band 7 (Panchromatic)	2.08 – 2.35	30	TM
Band 4 (Blue-Green)	0.5 – 0.6	80	MSS
Band 5 (Red)	0.6 – 0.7	80	MSS
Band 6 (NIR)	0.7 – 0.8	80	MSS
Band 7 (NIR)	0.8 – 1.1	80	MSS

ที่มา: ("องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ National Aeronautics and Space Administration (NASA)," 2561)

ตาราง 2 ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท 8 ระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดจุดภาพ (เมตร)	ระบบ
Band 1 (Coastal/Aerosol)	0.435 – 0.451	30	OLI
Band 2 (Blue)	0.452 – 0.512	30	OLI
Band 3 (Green)	0.533 – 0.590	30	OLI
Band 4 (Red)	0.636 – 0.673	30	OLI
Band 5 (NIR)	0.851 – 0.879	30	OLI
Band 6 (SWIR-1)	1.566 -1.651	30	OLI
Band 7 (SWIR-2)	2.107 – 2.294	30	OLI
Band 8 (Pan)	0.503 - 0.676	15	OLI
Band 9 (Cirrus)	1.363 – 1.384	30	OLI
Band 10 (TIR-1)	10.60 – 11.19	100	TIRS
Band 11 (TIR-2)	11.50 – 12.51	100	TIRS

ที่มา: ("องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ National Aeronautics and Space Administration (NASA)," 2561)

ดาวเทียมเซนติเนล (Sentinel)

ดาวเทียม Sentinel-1 เป็นระบบดาวเทียมสำรวจที่ใช้เรดาร์เป็นเครื่องมือหลักในการบันทึกข้อมูล โดยเริ่มปฏิบัติการครั้งแรกในปี พ.ศ. 2557 ประกอบด้วยดาวเทียมจำนวนสองดวง ได้แก่ Sentinel-1A และ Sentinel-1B ซึ่งเป็นดาวเทียมชุดแรกภายใต้โครงการ Copernicus ขององค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency: ESA) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการสังเกตการณ์โลกในลักษณะต่อเนื่องและมีความแม่นยำสูง ภารกิจของ Sentinel-1 มุ่งเน้นไปที่การติดตามการเปลี่ยนแปลงของที่ดิน ป่าไม้ ทรัพยากรน้ำ ดิน และการเกษตร ตลอดจนสนับสนุนการจัดทำแผนที่เพื่อการจัดการภัยพิบัติในสถานการณ์ฉุกเฉิน การตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางทะเล การสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งในทะเล รวมไปถึงการผลิตแผนภูมิและพยากรณ์น้ำแข็งทางทะเล การตรวจจับการรั่วไหลของน้ำมัน และการตรวจสอบเรือเดินทะเล

ระบบเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม Sentinel-1 คือ C-band Synthetic Aperture Radar (C-SAR) ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลภาพได้ในทุกสภาพแสงและทุกสภาพอากาศ โดยโหมดการทำงานของเซนเซอร์มีหลากหลายรูปแบบ ได้แก่

Strip Map Mode: ความกว้างภาพ (swath width) 80 กิโลเมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่ 5 × 5 เมตร

Interferometric Wide Swath Mode: ความกว้างภาพ 250 กิโลเมตร ความละเอียด 5 × 20 เมตร

Extra-Wide Swath Mode: ความกว้างภาพ 400 กิโลเมตร ความละเอียด 25 × 100 เมตร

Wave Mode: ขนาดภาพ 20 × 20 กิโลเมตร ความละเอียด 5 × 20 เมตร

Sentinel-1 ปฏิบัติการในวงโคจรแบบ Sun-synchronous, near-polar, circular ที่ระดับความสูง 693 กิโลเมตร มีความเอียงของวงโคจร (inclination) เท่ากับ 98.18 องศา และมีรอบการโคจรซ้ำ (orbit repeat cycle) จำนวน 175 วงโคจรภายในระยะเวลา 12 วัน

นอกจาก Sentinel-1 แล้ว กลุ่มดาวเทียม Sentinel-2 ยังเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Copernicus ซึ่งออกแบบมาเพื่อการสังเกตการณ์แบบพาสซีฟ โดยมีระบบเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดค่าการสะท้อนของรังสีดวงอาทิตย์จากพื้นผิวโลก กลุ่มดาวเทียมนี้ประกอบด้วย Sentinel-2A และ Sentinel-2B ซึ่งมีเป้าหมายหลักในการตรวจสอบทรัพยากรทางบกและทางทะเล การทำแผนที่ภัยธรรมชาติ การตรวจสอบน้ำแข็งในทะเล และการติดตามเรือเดินทะเล

ระบบเซนเซอร์ของ Sentinel-2 ให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในหลายช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ครอบคลุมแถบคลื่นที่มองเห็นได้จนถึงอินฟราเรดใกล้ โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ตั้งแต่ 10 เมตร 20 เมตร จนถึง 60 เมตร ขึ้นอยู่กับแถบสเปกตรัมที่บันทึก ทั้งนี้ ดาวเทียม Sentinel-2 สามารถเก็บภาพได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีรอบการบันทึกซ้ำที่จุดเดิมทุก 5–7 วัน เมื่อใช้งานร่วมกันระหว่าง Sentinel-2A และ Sentinel-2B ซึ่งช่วยเพิ่มความถี่ในการได้รับข้อมูลภาพที่ทันต่อเหตุการณ์ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2564)

ตาราง 3 ข้อมูลภาพกลุ่มดาวเทียม Sentinel-2

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดจุดภาพ (เมตร)
Band 1 (Coastal/Aerosol)	0.443	60
Band 2 (Blue)	0.490	10
Band 3 (Green)	0.560	10
Band 4 (Red)	0.665	10
Band 5 – Vegetation Red Edge	0.708	20
Band 6– Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7– Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A – Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 – Water Vapor	0.945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

ที่มา: (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2564)

แพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE)

Earth Engine เป็นแพลตฟอร์มที่พัฒนาโดย Google ซึ่งออกแบบมาเพื่อการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และการสร้างภาพ (Visualization) จากชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) โดยเฉพาะ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จากทั้งภาควิชาการ องค์กรไม่แสวงหากำไร ธุรกิจ และรัฐบาลแพลตฟอร์มนี้ได้จัดทำและเก็บรักษาภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่สามารถเข้าถึงและใช้ได้อย่างเสรี โดยมีภาพบันทึกประวัติศาสตร์ของโลกที่ย้อนกลับไปไกลกว่า 40 ปี ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโลกในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้

Earth Engine มี API และเครื่องมือเพิ่มเติมที่ช่วยให้สามารถดำเนินการ Data Mining และวิเคราะห์ข้อมูลจากทั่วโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้เครื่องมือนี้ผู้ใช้สามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในระยะเวลาอันสั้น ไม่เพียงแต่สามารถใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงของป่าไม้และแหล่งน้ำ หรือการประเมินพื้นที่เกษตรกรรม แต่ยังช่วยให้สามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางธรรมชาติและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ได้

อย่างไรก็ตาม Earth Engine แตกต่างจาก Google Earth โดยสิ้นเชิง แม้ว่าแพลตฟอร์มทั้งสองจะใช้ข้อมูลจากดาวเทียมและมีจุดประสงค์ในการสำรวจและศึกษาโลก แต่ Google Earth เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสำรวจโลกเสมือนจริงได้ โดยการดูภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ ภูมิประเทศ สิ่งปลูกสร้าง 3 มิติ และภาพอื่น ๆ ในขณะที่ Earth Engine เป็นเครื่องมือที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกในเชิงพื้นที่ เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินหรือการติดตามการเปลี่ยนแปลงในระดับภูมิภาค ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานทางวิทยาศาสตร์และการวิจัยที่ต้องการการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่

จากการศึกษาของ (Gorelick, 2017) พบว่า Earth Engine ได้เปลี่ยนวิธีการในการเข้าถึงและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างสิ้นเชิง และมีศักยภาพในการใช้สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์และการพัฒนาที่ยั่งยืน

ดัชนี (Index)

การใช้ ดัชนี ในงานการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง ตัวบ่งชี้หรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เทคนิคหรือเครื่องมือในการรับรู้และรับส่งข้อมูลของวัตถุ โดยการส่องสว่างหรือการวัดคลื่นอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนหรือถ่ายทอดผ่านอากาศ ข้อมูลเหล่านี้ถูกเก็บรวบรวมโดยเครื่องมือหรือเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม อากาศยาน หรือพื้นผิวโลก เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ พื้นที่ หรือวัตถุที่ต้องการศึกษาและวิเคราะห์

ดัชนีในการสำรวจข้อมูลระยะไกลสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ของสภาพแวดล้อม อัตราการเปลี่ยนแปลง หรือคุณสมบัติอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อม การทำนายสภาพอากาศและการประเมินผลกระทบในบริบทที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจระยะไกลสามารถทำได้โดยวิธีการหลัก 2 วิธี คือ

การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis): เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขที่ชัดเจนได้ เหมาะสำหรับการประเมินภาพรวมของพื้นที่ที่ศึกษา

การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis): ใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ให้ผลในเชิงปริมาณ (Quantitative) และสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปของค่าตัวเลขที่เป็นมาตรฐานได้

การใช้เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลในภาคการเกษตร ในปัจจุบัน เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลได้ถูกนำมาใช้ในภาคการเกษตรอย่างแพร่หลาย โดยการใช้ โดรน (Drone) ที่ติดกล้องถ่ายภาพในการเก็บข้อมูลจากพื้นดิน (Aerial Photo) และการใช้ภาพถ่ายจาก ดาวเทียม (Satellite Image) เพื่อเก็บข้อมูลในระดับสูง ซึ่งทั้งสองแหล่งข้อมูลนี้จะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลสามารถนำมาใช้ในงานเกษตรแม่นยำ (Precision Farming) เพื่อช่วยเกษตรกรในการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญ เช่น การจำแนกประเภทพืช การประเมินจำนวนต้นพืชในพื้นที่เพาะปลูกที่หนาแน่น การประเมินสุขภาพของพืช การประมาณค่าคลอโรฟิลล์ การปริมาณไนโตรเจน และการประเมินความชื้นของดิน โดยการใช้ ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) ซึ่งใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงความเขียว (Greenness) ของพืชในช่วงเวลาแตกต่างกัน

การใช้ดัชนีพืชช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามสถานะการณ์การเจริญเติบโตของพืชในช่วงเริ่มต้นจนถึงช่วงสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว รวมถึงการประเมินผลผลิตก่อนการเก็บเกี่ยวและการปรับปรุงการจัดการที่ดินตามข้อมูลที่ได้รับ

การใช้ดัชนีในการติดตามภัยแล้งทางการเกษตร การใช้ดาวเทียมในการติดตามภัยแล้งทางการเกษตรเป็นอีกหนึ่งแอปพลิเคชันสำคัญของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล โดยการใช้ ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศและความชื้นในดิน เพื่อประเมินสถานการณ์ภัยแล้งและผลกระทบต่อการเกษตร ตัวอย่างดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) หรือ Vegetation Condition Index (VCI) ที่สามารถบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในช่วงภัยแล้ง ("การสำรวจข้อมูลระยะไกล เพื่อเกษตรแม่นยำด้วยเทคโนโลยี Remote Sensingสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล," ม.ป.ป.)

Moisture Stress Index (MSI) หรือดัชนีความเครียดจากความชื้น เป็นดัชนีที่ใช้ในการวัดค่าการสะท้อนที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในใบพืช ดัชนีนี้มีช่วงค่าตั้งแต่ 0 จนถึงมากกว่า 3 โดยทั่วไปแล้ว ค่าของ MSI สำหรับพืชพรรณจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.4 ถึง 2 ซึ่งค่าที่สูงขึ้นบ่งชี้ถึงภาวะการขาดน้ำที่มากขึ้น หรือหมายความว่าพืชมีปริมาณน้ำในใบพืชน้อยลง การคำนวณ MSI สามารถทำได้โดยใช้สูตรที่ระบุโดย (Ceccato, 2001) ซึ่งใช้ค่าการสะท้อนจากแถบแสงที่พืชสะท้อนออกมาเพื่อประเมินระดับความชื้นในใบพืชและระบุสภาวะความเครียดจากความชื้น

$$MSI = \frac{SWIR\ 1}{NIR} \qquad \textbf{(สมการที่ 1)}$$

โดยที่ NIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

SWIR1= ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ใน Landsat 8 จะใช้แบนด์ 6 ในการคำนวณ)

Normalized Difference Infrared Index (NDII) เป็นดัชนีที่คำนวณจากการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ที่มีความยาวคลื่น 0.82 ไมโครเมตร กับช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (Shortwave Infrared) ที่มีความยาวคลื่น 1.65 ไมโครเมตร ดัชนีนี้ใช้วัดการสะท้อนของแสงที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในเรือนยอดของพืช ซึ่งสามารถใช้เพื่อตรวจสอบสภาวะความเครียดของพืช

ช่วงค่าของดัชนี NDII มีค่าตั้งแต่ –1 ถึง 1 โดยค่าปกติสำหรับพืชพรรณจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.02 ถึง 0.6 ซึ่งค่าที่สูงขึ้นบ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่เพียงพอในพืช ขณะที่ค่าต่ำอาจแสดงถึงความเครียดจากการขาดน้ำ การคำนวณค่า NDII สามารถทำได้โดยใช้สูตรที่อ้างอิงจาก (Hardisky, 1983) ซึ่งระบุไว้ในงานวิจัยของ (Geospatial, 2016)

$$NDII = \frac{NIR - SWIR\ 1}{NIR + SWIR\ 1} \qquad \textbf{(สมการที่ 2)}$$

โดยที่ NIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

SWIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

Vegetation Condition Index (VCI) เป็นการปรับค่าดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) โดยการทำให้ค่าของพืชพรรณมีความสว่างขึ้น เพื่อสะท้อนถึงสภาพความสมบูรณ์ของพืชในพื้นที่ศึกษาผ่านการใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของค่า NDVI

ในช่วงเวลาที่กำหนดมาใช้ในการคำนวณ (Vallejo-Villalta, 2019) สมการในการคำนวณ VCI สามารถคำนวณได้ตามที่แสดงในสูตรดังต่อไปนี้

$$VCI = (NDVI_j - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) * 100 \quad \text{(สมการที่ 3)}$$

โดยที่ $NDVI_j$= ค่า NDVI ปกติ

$NDVI_{max}$= ค่า NDVI สูงสุด

$NDVI_{min}$= ค่า NDVI ต่ำสุด

ตาราง 4 แสดงค่าดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ Vegetation Condition Index (VCI) (Kogan, 1995; Kogan, 2003)

ค่า VCI (%)	ความหมาย
80-100	ชื้นมาก
60-80	ชื้น
40-60	ปานกลาง
20-40	แห้งแล้ง
0-20	แห้งแล้งมาก

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) คือดัชนีที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์ความแตกต่างของการสะท้อนแสงจากพื้นผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) และช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) โดยการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนในสองช่วงคลื่นดังกล่าวมาทำสัดส่วนกับผลบวกของค่าการสะท้อนในทั้งสองช่วงคลื่น เพื่อให้ได้ค่าดัชนีที่มีลักษณะการกระจายแบบปกติ ค่าของ NDVI จะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งช่วยให้ง่ายต่อการแปลผล โดยค่าที่ใกล้ 0 แสดงถึงพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณหรือใบเขียว และค่าที่ใกล้ 0.8 หรือ 0.9 จะบ่งชี้ถึงการมีพืชพรรณใบเขียวหนาแน่นในพื้นที่นั้น (Aziz, 2018) สมการในการคำนวณ NDVI มีดังนี้

$$NDVI = \frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR}+\text{RED}} \quad \text{(สมการที่ 4)}$$

โดยที่ NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index

NIR คือ ช่วงคลื่นใต้แดงใกล้หรืออินฟราเรดใกล้

RED คือ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง

ตาราง 5 แสดงค่าพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI (Aziz, 2018)

ค่า NDVI	**ความหมาย**
0.6–1	ชื้นมาก
0.4–0.6	ชื้น
0.2–0.4	ปานกลาง
0–0.2	แห้งแล้ง
(–1) – 0	แห้งแล้งมาก

Standardized Precipitation Index (SPI) หรือ ดัชนีแห้งแล้ง ได้รับการพัฒนาขึ้นจากแนวความคิดของ Mckee et al. (1993) เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังและประเมินสภาวะแห้งแล้งในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่กำหนด โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งอาจมีช่วงเวลาตั้งแต่ 1 เดือน, 2 เดือน, 3 เดือน ไปจนถึง 72 เดือน ตัวดัชนีนี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบสถานะความแห้งแล้งในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย SPI มีค่าเป็นจำนวนมาตรฐาน ซึ่งค่าดังกล่าวจะสะท้อนถึงระดับการแห้งแล้งในแต่ละช่วงเวลา สำหรับการคำนวณ SPI จะใช้สมการดังนี้

$$SPI = \frac{X_{ij}+X_{im}}{Q} \quad \textbf{(สมการที่ 5)}$$

โดยที่ X_{ij} คือ ปริมาณหยาดน้ำฟ้า ณ ตำแหน่ง i ที่วัดค่าได้และในช่วงเวลา j ของข้อมูล

X_{im} คือ ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยของช่วงเวลาระยะยาวที่เราสนใจ

Q คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 6 แสดงค่าการแบ่งระดับความรุนแรงของสภาวะแห้งแล้งตามดัชนีมาตรฐานหยาดน้ำฟ้า Standardized Precipitation Index (SPI)

ค่า SPI	ความหมาย
มากกว่าหรือเท่ากับ 2	ฝนชุกมากที่สุด
1.50 – 1.99	ฝนชุกมาก
1.00 – 1.49	ฝนชุกปานกลาง
–0.99 – 0.99	ฝนใกล้เคียงค่าปกติ
–1.00 – 1.49	ฝนแห้งแล้งปานกลาง
–1.50 – 1.99	ฝนแห้งแล้งรุนแลง
น้อยกว่าหรือเท่ากับ –2	ฝนแห้งรุนแรงมากที่สุด

Normalized Difference Water Index (NDWI) หรือ ดัชนีความแตกต่างความชื้น เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพรรณ โดยการวัดค่าความสะท้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินสถานะของน้ำในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ ค่า NDWI จะอยู่ในช่วงระหว่าง –1 ถึง +1 โดยที่ค่า +1 บ่งชี้ถึงบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำ ในขณะที่ค่า –1 จะบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่ไม่ใช่น้ำ เช่น พื้นที่ที่มีพืชพรรณหรือพื้นที่เปิดโล่ง (Gao, 1996) สมการของ NDWI มีดังนี้

$$NDWI = \frac{\text{NIR}-\text{SWIR}}{\text{NIR}+\text{SWIR}}$$ **(สมการที่ 6)**

โดยที่ NIR คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

SWIR คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ดัดแปลงมาจาก (Gulacsi A, 2015)

ตาราง 7 แสดงค่าการแบ่งระดับของดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI)

ค่า NDWI	ความหมาย
0.6–1	ชื้นมาก
0.4–0.6	ปานกลาง
0.2–0.4	แห้งแล้ง
(–1) – 0.2	แห้งแล้งมาก

ดัชนีความแห้งของพืชอุณหภูมิ (Temperature Vegetation Dryness Index; TVDI) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินสถานะความแห้งแล้งของพืช โดยมีค่าดัชนีสูงสุดเท่ากับ 1 ซึ่งแทนค่าที่อยู่ตามแนวเส้นขอบแห้ง (Dry Edge) ในพื้นที่ลักษณะฟีเจอร์ (Feature Space) ซึ่งหมายถึงสถานะที่ไม่มีการคายระเหยน้ำหรือมีความชื้นในดินจำกัด ในขณะที่ค่าดัชนี TVDI ต่ำสุดเท่ากับ 0 ซึ่งแทนค่าที่อยู่ตามแนวเส้นขอบเปียก (Wet Edge) ในพื้นที่ฟีเจอร์ ซึ่งหมายถึงการคายระเหยน้ำสูงสุดหรือมีความชื้นในดินไม่จำกัด (Son, 2012)

$$TVDI = \frac{A}{B} = \frac{T_S - T_{smin}}{\text{a+bNDVI} - T_{smin}} \qquad \textbf{(สมการที่ 7)}$$

โดยที่ T_s คือ ค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ตำแหน่งใดๆ ใน NDVI-T_sFeature Space

T_{smin} คือค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดในพื้นที่สามเหลี่ยมใน NDVI-T_s Feature Space

NDVI คือค่าดัชนีพืชพรรณแตกต่างแบบนอร์มัลไลซ์

a, b คือพารามิเตอร์สำหรับนิยามค่า Dry Edge ที่ได้จากการประมาณค่าสมการถดถอยเชิงเส้น ในรูป T_{smax}=a+bNDVIโดย T_{smax} คือค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุด

ตาราง 8 แสดงค่าการแบ่งระดับความรุนแรงของสภาวะแห้งแล้งตามดัชนีความแห้งของพืช อุณหภูมิ Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI)

ค่า TVDI	ความหมาย
0.0 – 0.2	ชุ่มชื้น
0.2 – 0.4	ปกติ
0.4 – 0.6	แห้งแล้ง
0.6 – 0.8	แห้งแล้งมาก
0.8 – 1.0	แห้งแล้งรุนแรง

เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำฝนต่อเดือน (NPA) หรือที่เรียกว่า PA (Precipitation Anomaly) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาเดียวกันในปีที่ผ่านมา โดยการคำนวณค่า NPA นี้จะใช้สูตรที่ได้จาก (Shao-E, 2010) ซึ่งเป็นการวัดการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยดังกล่าว

$$PA = \frac{P-P}{BP} * 100\% \qquad \textbf{(สมการที่ 8)}$$

โดยที่ P หมายถึงปริมาณน้ำฝนในปัจจุบัน P คือปริมาณน้ำฝนที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน

PA

สามารถใช้เพื่อติดตามแห้งแล้งได้ในระดับหนึ่งค่าเบี่ยงเบนเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ค่าของ PA สามารถเป็นบวกหรือลบ เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติของฝนที่มีค่าต่อเดือน (NPA) ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หาได้จาก

$$PA = \frac{PA - PA_{min}}{PA_{max} - PA_{min}} \quad \textbf{(สมการที่ 9)}$$

โดยที่ PA min และ PA max เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของ NPA ตามลำดับ นำปริมาณน้ำฝนจากสถานีมาคำนวณตามสูตรโดยใช้ โปรแกรม Microsoft Excel 2013 นำข้อมูลฝนจากสถานีมาคำนวณโดยนำข้อมูลฝนแต่ละสถานีมาหาเฉลี่ยในแต่ละปี และนำมารวมกันเพื่อหาค่าฝนของลุ่มน้ำน่านจากนั้นจึงนำมาใส่ในดัชนี

Vegetation Health Index (VHI) ดัชนีความความสมบูรณ์ของพืชพรรณ สามารถใช้ข้อมูล NDVI และ LST ได้สร้างดัชนีสำหรับการตรวจสอบแห้งแล้ง VCI แสดงให้เห็นถึงภาวะปกติของค่า NDVI เทียบกับค่าสูงสุดและต่ำสุดของ NDVI TCI ใช้ค่าความสว่างเพื่อประเมินแห้งแล้งแทนของระดับอุณหภูมิของพืช ค่า VHI คำนวณโดยการรวม VCI และ TCI คำนวณ VCI, TCI และ VHI ด้วยสูตร (Kogan, 1998)

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad \textbf{(สมการที่ 10)}$$

$$TCI = \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad \textbf{(สมการที่ 11)}$$

$$VHI = \mathrm{a} * \mathrm{VCI} + \mathrm{b} * \mathrm{TCI} \quad \textbf{(สมการที่ 12)}$$

โดยที่ $NDVI_{min}$ และ $NDVI_{max}$ เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของ NDVI ตามลำดับ

LST_{min} และ LST_{max} มีค่าต่ำสุดและสูงสุด ค่า LST ตามลำดับ

a และ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักของ VCI

TCI เนื่องจากมีส่วนร่วมของความชื้นและอุณหภูมิในช่วงพืชที่ไม่ทราบแน่ชัดจึงต้องสมมติว่าค่าของ VCI และ TCI เท่ากับ (a = b = 0.5) VHI ของการศึกษาโดยใช้เครื่องมือในโปรแกรมทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ ไปที่ Spatial Analyst Tools >

Extraction > Map Algebra > Raster Calculator เลือกข้อมูลและคำนวณตามสูตรดัชนีที่กำหนด

ดัชนีน้ำอุปทานพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Vegetation Supply Water Index; NVSWI) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินสถานะการขาดแคลนน้ำของพืชพรรณในช่วงที่ประสบภัยแล้ง เมื่อพืชขาดน้ำจะทำให้ปากใบของพืชปิดเพื่อรักษาปริมาณน้ำในพืช ทำให้กระบวนการคายระเหยลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการลดลงของพืชพรรณที่เกิดจากการคายระเหยจากพื้นดินที่น้อยลง ดัชนี NVSWI ถูกพัฒนาขึ้นและคำนวณโดยใช้สูตรที่เสนอโดย (Carlson, 1994)

$$VSWI = \frac{NDVI}{LST} \quad \textbf{(สมการที่ 13)}$$

เนื่องจาก VSWI สามารถแสดงตำแหน่งเชิงสัมพัทธ์ได้และไม่สามารถเทียบได้กับชุดข้อมูลเวลา NVSWI จึงถูกนำมาใช้และคำนวณโดยใช้สูตร (Abbas, 2014)

$$NVSWI = \frac{VSWI - VSWI_{min}}{VSWI_{max} - VSWI_{min}} \quad \textbf{(สมการที่ 14)}$$

โดยที่ $VSWI_{min}$และ $VSWI_{max}$ เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของ VSWI ในช่วงระยะเวลาการศึกษา

Land Surface Temperature (LST) ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน เป็นความร้อนที่สะท้อนจากพื้นผิวของสภาพภูมิประเทศรวมทั้งเรือนยอดที่ปกคลุมดิน และบริเวณที่ไม่มีพืชปกคลุมดิน อุณหภูมิพื้นผิวจำกภาพถ่ายดาวเทียมได้จากค่ารังสีความร้อนที่ตรวจ โดยดาวเทียมแสดงในรูปแบบของอุณหภูมิ (Petchsawang, 2015) ดัชนี LST ได้จากข้อมูลผลิตภัณฑ์ระดับที่สามของภาพดาวเทียม โดยอุณหภูมิพื้นผิวบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าศักย์การคายระเหยของพืช Potential Evapotranspiration (PET) และมีความสัมพันธ์โดยอ้อมกับปริมาณความชื้นในดินบริเวณรากพืช สามารถคำนวณได้จากสมการ (Z, 2013)

$$LST = \mathrm{SDS} * \mathrm{SF} \quad \textbf{(สมการที่ 15)}$$

โดยที่ SDS = ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Scientific Data Sets) Uint 16 LST ช่วงกลางวัน

SF = Scale Factor ของผลิตภัณฑ์ LST มีค่า 0.02

ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (Normalized Multi-Band Drought Index; NMDI) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินสถานะภัยแล้ง โดยดัชนีนี้ไม่ถูกกระทบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเมฆหรือการสะท้อนจากพื้นผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากดินที่มีความชื้นบริเวณผิวดินสูง ซึ่งส่งผลให้ความชื้นในดินถูกรวมในการประเมินสภาพภัยแล้งที่เกิดกับพืชพรรณ การคำนวณดัชนี NMDI จะใช้สูตรเกณฑ์สำหรับพืชที่เสนอโดย (Wang, 2016)

$$NMDI = \frac{NIR-(SWIR1-SWIR2)}{NIR+(SWIR1-SWIR2)}$$ **(สมการที่** 16)

โดยที่ NMDI คือ ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้งโดยวิธี Normalized Multi-Band Drought Index (NMDI)

NIR คือ ช่วงคลื่นใต้แดงใกล้หรืออินฟราเรดใกล้

SWIR1 คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ความยาวคลื่นอยู่ที่ 1.57 – 1.65

SWIR2 คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ความยาวคลื่นอยู่ที่ 2.11 – 2.29

ตาราง 9 แสดงค่าการแบ่งระดับของดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (NMDI) ใช้เกณฑ์สำหรับพืช

ค่า NMDI	ความหมาย
0.6–1	ชื้นมาก
0.4–0.6	ปานกลาง
0.2–0.4	แห้งแล้ง
(–1) – 0.2	แห้งแล้งมาก

ดัชนีผลต่างแห้งแล้ง (Normalized Difference Drought Index; NDDI) เป็นตัวชี้วัดที่ได้จากการหาสัดส่วนระหว่างดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ (NDVI) และดัชนีความชื้นของน้ำ (NDWI) เพื่อประเมินสถานะความแห้งแล้งในพื้นที่ต่างๆ การคำนวณ NDDI ถูกนำเสนอโดย (Gu, 2007) ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความแห้งแล้งโดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของทั้งปริมาณพืชพรรณและความชื้นในดิน

$$NDDI = \frac{(NDVI-NDWI)}{(NDVI+NDWI)}$$ **(สมการที่** 17)

โดยที่ NDDI คือ ดัชนีผลต่างแห้งแล้ง โดยวิธี Normalized Difference Drought Index (NDDI)

NDVI คือ ดัชนีความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิว

NDWI คือ ดัชนีความแตกต่างความชื้น

การหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่อยู่ในมาตรการวัดระดับ Interval หรือ Ratio Scale สามารถทำได้โดยการคำนวณ "สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์" (Correlation Coefficient) ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง –1.00 ถึง 1.00 โดยค่าที่ติดลบหมายความว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ขณะที่ค่าบวกหมายถึงตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และค่าที่เป็น 0 หมายถึงตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

การวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ชัดเจนนี้สามารถทำได้โดยใช้ Pearson's Correlation ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัว หากปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (linear relationship) เช่น ความลาดชันของพื้นที่และการระบายน้ำ หรือระยะทางจากเส้นทางน้ำและการตั้งถิ่นฐาน Pearson's Correlation จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตีความผลได้ง่าย ค่าความสัมพันธ์ที่ได้จาก Pearson's Correlation จะอยู่ในช่วง [–1, 1] ซึ่ง 1 หมายถึงการสัมพันธ์เชิงบวกอย่างสมบูรณ์ (เมื่อหนึ่งตัวแปรเพิ่มขึ้น ตัวแปรอื่นก็เพิ่มขึ้นด้วย) ส่วน –1 หมายถึงการสัมพันธ์เชิงลบอย่างสมบูรณ์ (เมื่อหนึ่งตัวแปรเพิ่มขึ้น ตัวแปรอื่นจะลดลง) และ 0 หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร

การใช้ Pearson's Correlation มีข้อดีในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นปริมาณต่อเนื่อง (Continuous Data) เช่น ความสูงเชิงเลข (Elevation), ความลาดชัน (Slope), หรือระยะทางจากถนน ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์มีความแม่นยำสูงและง่ายต่อการตีความ นอกจากนี้ Pearson's Correlation ยังมีความยืดหยุ่นในการใช้กับข้อมูลจากหลายปัจจัย ทั้งข้อมูลเชิงกายภาพ เช่น ความสูง, ความลาดชัน, ระยะทางจากเส้นทางน้ำ และข้อมูลเชิงโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระยะทางจากถนน และตำแหน่งหมู่บ้าน ซึ่งทำให้สามารถมองภาพรวมของความสัมพันธ์ได้หลากหลายมิติ

การใช้ Pearson's Correlation เหมาะสำหรับการประเมินสมมติฐานเบื้องต้น เช่น "ความลาดชันของพื้นที่อาจมีผลต่อการไหลของน้ำ" หรือ "การตั้งถิ่นฐานอาจได้รับผลกระทบจากระยะทางจากถนน" โดยสามารถใช้ Pearson's Correlation ในการประเมินความสัมพันธ์ของสมมติฐานเหล่านี้ได้ในเชิงปริมาณ นอกจากนี้ การคำนวณค่าความสัมพันธ์ของ Pearson

ยังมีความเร็วสูงและสามารถทำได้ด้วยซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูล เช่น SPSS, Minitab, Excel, Python หรือ R ซึ่งเหมาะสมกับงานวิจัยที่มีข้อมูลจำนวนมาก

ตัวอย่างการใช้งานของ Pearson's Correlation ได้แก่ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ถนนสายหลักกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการพัฒนาเมือง เช่น การใช้ Pearson's Correlation เพื่อตรวจสอบว่าระยะทางจากถนนหรือเส้นทางน้ำมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของหมู่บ้าน (ชิษณุ อัมพรายน์, 2560) หรือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการระบายน้ำในดินและความลาดชันของพื้นที่ในงานศึกษาการเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชัน (รัตนานิคม, 2561) และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพื้นที่และการใช้ที่ดินกับความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม (ผมทอง & อัศวสุธีรกุล, 2560)

แบบจำลอง WEKA

แบบจำลอง WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี 1997 โดยมหาวิทยาลัย Waikato ประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ GPL License และพัฒนาขึ้นจากภาษาจาวา (Java) ทั้งหมด โดยมีจุดประสงค์ในการรองรับการทำงานด้านการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) และการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) แบบจำลองนี้ประกอบด้วยโมดูลต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการข้อมูล โดยสามารถใช้งานผ่าน Graphic User Interface (GUI) หรือผ่านคำสั่งในการประมวลผลข้อมูลได้ และรองรับการทำงานบนหลายระบบปฏิบัติการ

WEKA ใช้สำหรับสร้างและฝึกแบบจำลองจากชุดข้อมูล โดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การจำแนก (Classification) ซึ่งใช้กับอัลกอริธึมต่างๆ เช่น Decision Tree, Naive Bayes, และ Random Forest, การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster Analysis) เช่น การจัดกลุ่มลูกค้า, เอกสาร, หรือผู้ป่วย, การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Association Analysis) ซึ่งเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะข้อมูล, และการพยากรณ์ (Prediction) ซึ่งทำนายค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) โดยใช้วิธีต่างๆ เช่น การวัดค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) หรือความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) (รุ่งรัตนาอุบล., 2566)

กระบวนการพัฒนาแบบจำลองใน WEKA ประกอบด้วยการแบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ และใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยการพยากรณ์จะใช้เกณฑ์ในการวัดความแม่นยำที่แตกต่างจากการจำแนก เช่น การใช้ RMSE หรือ MAE เพื่อประเมินความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ที่คาดการณ์ WEKA จึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการสร้าง

และทดสอบแบบจำลองเพื่อทำนายหรือวิเคราะห์ข้อมูลในหลากหลายบริบท (ชัยวนารมย์, 2558)

การใช้ที่ดิน (Land use)

การใช้ที่ดินหมายถึงลักษณะของพื้นที่ที่มนุษย์เข้าครอบครองและดำเนินกิจกรรมต่างๆ โดยมีการจัดการหรือเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การใช้พื้นที่ในภาคเกษตรกรรม การใช้เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำ การพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัย หรือการใช้เป็นที่ตั้งของเขตอุตสาหกรรม การจำแนกการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินได้รับการดัดแปลงมาจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) โดยแบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 3 ระดับหลัก ได้แก่

ระดับที่ 1 (Level 1) ซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็นประเภทหลัก 5 ประเภท ได้แก่
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) พื้นที่เกษตรกรรม (A) พื้นที่ป่าไม้ (F) พื้นที่แหล่งน้ำ (W) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)

ระดับที่ 2 (Level 2) เป็นการจำแนกประเภทในระดับที่ 1 ซึ่งให้รายละเอียดลึกขึ้นเกี่ยวกับลักษณะการใช้ที่ดินในแต่ละประเภท

ระดับที่ 3 (Level 3) เป็นการจำแนกรายละเอียดลึกลงไปถึงชนิดของพืชหรือประเภทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ

การจำแนกการใช้ที่ดินตามลำดับขั้นดังกล่าวช่วยให้สามารถเข้าใจลักษณะการใช้ที่ดินในระดับต่างๆ ได้อย่างละเอียด และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนการจัดการที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2565)

ตาราง 10 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน

อักษรย่อ	ความหมาย	ความหมาย (ภาษาไทย)
A	Agricultural land	พื้นที่เกษตรกรรม
F	Forest land	พื้นที่ป่าไม้
M	Miscellaneous land	พื้นที่เบ็ดเตล็ด
U	Urban and Built-up land	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง
W	Water body	พื้นที่แหล่งน้ำ

ที่มา: กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, 2565

แบบจำลองการคาดการณ์ (Model)

การพัฒนา Patch-generating Land Use Simulation model (PLUS) เวอร์ชัน V1.25 ได้รับการพัฒนาโดย (Liang, 2020) ภายในคณะวิชาภูมิศาสตร์และวิศวกรรมสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธรณีศาสตร์จีน หวู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย ประเทศจีน ปัจจุบันเวอร์ชัน V1.4 ของ PLUS ถูกใช้เพื่อการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land Use and Land Cover: LULC) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง LULC ต่อเศรษฐกิจ สังคม และกระบวนการทางนิเวศวิทยา รวมถึงการเติบโตของประชากร การพัฒนาเศรษฐกิจ และปัจจัยพลวัตของภูมิทัศน์ (Li, 2017) Pontius, Peethambaram, & Castella, 2011; Sohl, Loveland, Sleeter, Sayler, & Barnes, 2010) โดยมีการใช้เทคนิค เซลลูลาร์ ออโตมาตา (Cellular Automata: CA) ซึ่งได้รับการยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลายในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระดับต่างๆ (Basse, 2014; Dong, 2018; Liang, 2020; Liang, 2020) เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีความเรียบง่ายและสามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chaudhuri, 2013; He, 2020; White, 1997)

แบบจำลอง PLUS ยังมีเครื่องมือสำหรับการประมวลผลและแปลงข้อมูล เช่น การแยกการขยายตัวของที่ดิน (Land Expansion Analysis Strategy: LEAS) และการสกัดการขยายตัวของดินแดนจากข้อมูลการใช้ที่ดินในสองช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของที่ดิน โดยใช้ แพทช์โมเดล CA Based on Multitype Random Seeds (CARS) ในการจำลองการเปลี่ยนแปลงที่ดินและตรวจสอบความถูกต้องของการจำลอง (Accuracy Validation of Simulation) ผ่านเครื่องมือสถิติ FoM Statistic Tool ซึ่งมีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa และการประเมินความแม่นยำ (Overall Accuracy) ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง นอกจากนี้ ยังมีการคาดการณ์ความต้องการใช้ที่ดินในอนาคต (Projecting Future Land Use Demand) และการคำนวณความหลากหลายของสถานการณ์ (Calculation of Scenario Diversity) โดยการใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2545, 2555 และ 2565

ในการศึกษาโดย (Peng, 2022) ได้ใช้แบบจำลอง CA-Markov FLUS และ PLUS เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่มณฑลยูนนาน ลุ่มน้ำทะเลสาบฝู่เซียน ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง PLUS มีความแม่นยำสูงสุด โดยมีค่า Overall Accuracy อยู่ในช่วง 0.89 – 0.96 และค่า Kappa Coefficient อยู่ในช่วง 0.85 – 0.95 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดิน

การใช้แบบจำลอง PLUS ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะต้องใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินจากสองปี คือ ปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2555 พร้อมกับปัจจัยต่างๆ เพื่อหาสัดส่วนความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะต้องได้รับการทวนสอบความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2565 หากค่าความถูกต้องมีมากกว่า 40% ตามเกณฑ์ของ Kappa Statistic (Fleiss, 2003) จะถือว่าแบบจำลองมีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง และสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต เช่น ในปี พ.ศ. 2575 ได้

Cellular Automata คือ

Cellular Automata (CA) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยอ้างอิงแนวคิดของ Von Neumann ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายตั้งแต่ทศวรรษที่ 1960 เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ไม่ยึดติดกับข้อจำกัดจากสมมติฐานเชิงทฤษฎีมากนัก (Batty, 1997) แบบจำลอง CA ประกอบด้วยเซลล์ที่จัดเรียงในรูปตารางสองมิติ (2–Dimensional Lattice) ซึ่งแต่ละเซลล์สามารถมีลักษณะที่แตกต่างกันและสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะได้ตามกฎการเปลี่ยนแปลง (Transition Rule) ที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง (White, 1997) ในแต่ละเซลล์จะหมายถึงพื้นที่ที่ดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน

แบบจำลอง CA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงถึงพลวัตเชิงพื้นที่ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งดำเนินการในลักษณะไม่ต่อเนื่อง (Discrete) โดยสามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงได้ตามกฎการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้ในแต่ละระยะเวลา (White, 1997) การใช้แบบจำลอง CA จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา โดยสามารถจำลองและทำนายการขยายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงของที่ดินในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการคิดของ Cellular automata

แนวคิดของ Cellular Automata (CA) ในรูปแบบของแบบจำลองคอมพิวเตอร์สามารถอธิบายหลักการคำนวณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้อย่างชัดเจนและเรียบง่าย โดยการพิจารณาแต่ละเซลล์ (ซึ่งแทนพื้นที่ในรูปตารางกริดเซลล์) ภายใต้กฎการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง คือ "หากเซลล์ใดมีสถานะเหมือนกับกลุ่มเซลล์ที่อยู่ติดกัน (Neighboring Cells) ให้คงสถานะของเซลล์นั้นไว้ หากไม่ใช่ ให้เปลี่ยนสถานะของเซลล์นั้นให้ตรงกับสถานะหลักของ

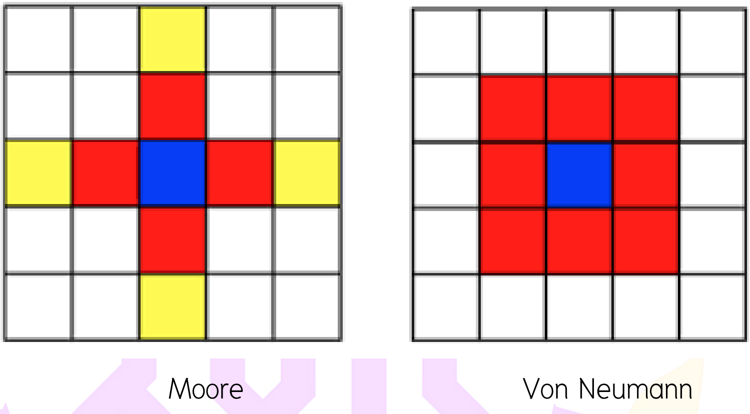
กลุ่มเซลล์ที่อยู่รอบข้าง" การพิจารณานี้จะถูกทำซ้ำไปเรื่อยๆ สำหรับเซลล์ทั้งหมดในพื้นที่ที่จำลอง จนครบทุกเซลล์ตามลำดับ

ในการกำหนดกลุ่มเซลล์ที่อยู่ติดกันนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะหลัก ได้แก่:

กลุ่มเซลล์แบบ Moore's Neighborhood: การพิจารณาเซลล์ที่อยู่ติดกันทั้ง 8 ทิศทางรอบเซลล์นั้น (รวมถึงเซลล์ที่อยู่ตรงกลาง)

กลุ่มเซลล์แบบ Von Neumann Neighborhood: การพิจารณาเซลล์ที่อยู่ติดกันในทิศทางสี่ทิศ (เหนือ, ใต้, ซ้าย, ขวา)

การเลือกใช้รูปแบบการกำหนดกลุ่มเซลล์เหล่านี้จะส่งผลต่อการจำลองและคำนวณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเชิงพื้นที่ โดยสามารถปรับเลือกใช้ตามลักษณะเฉพาะของปัญหาหรือพื้นที่ศึกษาที่ต้องการ



ภาพ 4 รูปแบบของกลุ่มเซลล์ในแบบจำลอง CA

ที่มา: (โลศิริ., 2559)

Markov คือ

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของมาร์คอฟ (Markov Land Use/Land Cover Model) เป็นแบบจำลองที่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งเชิงพื้นที่และเวลา โดยอิงตามกระบวนการ Markov (Markovian Process) ซึ่งกำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงสถานะของพื้นที่ในอนาคต (ช่วงเวลา t+1) ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่นั้นในช่วงเวลาปัจจุบัน (ช่วงเวลา t) เท่านั้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับสถานะในอดีต การคำนวณการเปลี่ยนแปลงนี้ใช้ ตารางความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability Matrix) ซึ่งแสดงถึงความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังสถานะอื่นในช่วงเวลาถัดไป

ดังนั้น กระบวนการ Markov จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินในปัจจุบันเพื่อพยากรณ์สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (Hyandye, 2017) แบบจำลองนี้จึงมีความสำคัญในการศึกษาและทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะเชิงพื้นที่และเวลา

กระบวนการคิด Markov

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่งของแบบจำลอง Markov นั้นอยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability) (Kumar, 2014) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของแบบจำลอง Markov ดังสมการดังต่อไปนี้

สมมติ P คือ ความน่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบ Matrix ได้ดังนี้

$$P = P_{ij} = \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nn} \end{matrix}$$ **(สมการที่ 18)**

โดย P_{ij} หมายถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนจากสถานะ i ไปเป็นสถานะ j และต้องมีคุณสมบัติดังนี้

$$\sum_{j=1}^{n} P_{ij} = 1$$ **(สมการที่ 19)**

$$0 \leq P_{ij} \leq 1$$ **(สมการที่ 20)**

แบบจำลอง Markov จึงมีคุณสมบัติดังนี้

$$P_{(n)} = P_{(n-1)} P_{ij} = P_{(0)} P_{ij}$$ **(สมการที่ 21)**

โดย $P_{(n)}$ หมายถึง ความน่าจะเป้นของสถานะในเวลา n และ $P_{(0)}$ หมายถึง ความน่าจะเป็นของสถานะที่มาจากข้อมูล

ที่มา:(Kumar, 2014)

กระบวนการในแบบจำลอง Markov ชี้ให้เห็นว่ามิติของเวลาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอดีต ซึ่งหมายความว่า เพื่อให้สามารถใช้แบบจำลอง Markov ได้ จำเป็นต้องมีข้อมูลการใช้ที่ดินจากอย่างน้อย 2 ช่วงเวลา (เช่น ช่วงเวลาปัจจุบันและช่วงเวลาก่อนหน้า) เพื่อใช้ในการคำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังสถานะอื่นในอนาคต

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การสุ่มจุดในแบบการสุ่มแบบสัดส่วน (Stratified Random Sampling) หมายถึง การเลือกจุดสุ่มในแต่ละประเภทพื้นที่โดยมีการจัดสรรจุดสุ่มให้สอดคล้องกับจำนวนของพื้นที่ในแต่ละประเภท ซึ่งในกรณีที่มีจำนวนพื้นที่ในประเภทแห้งแล้งมาก จำนวนจุดสุ่มจะสูงขึ้นตามสัดส่วนของพื้นที่นั้นๆ นอกจากนี้ การกำหนดจำนวนจุดสุ่มทั้งหมดจะพิจารณาจากโอกาสความถูกต้องที่ต้องการ (P=80) และยอมให้มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 โดยผลลัพธ์ที่ได้คือจำนวนจุดสุ่มทั้งหมดที่ 256 จุด

ในการประเมินความถูกต้องของการสุ่มจุดนั้น ใช้สองวิธีหลัก ได้แก่: 1) ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ซึ่งคำนวณจากการนับจำนวนจุดสุ่มที่มีค่าถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน แล้วนำมาหารกับจำนวนจุดสุ่มทั้งหมด (Fitzpatrick-Lins, 1981)

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{e^2} \qquad \textbf{(สมการที่ 22)}$$

เมื่อ

n = จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ (จุดสำรวจ)

p = โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1)

q = โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (มีค่าเท่ากับ 0-p)

Z = ค่าจากตารางแจกแจงปกติมาตรฐาน Z

e = ค่าความคลาดเคลื่อนจากการสุ่ม

การประเมินความถูกต้องและการแปลตีความ มี 2 วิธี

Kappa Coefficient

Cohen's Kappa Coefficient เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบความสอดคล้อง (Consistency) ระหว่างข้อมูล 2 กลุ่ม ซึ่งสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบการประเมินค่าของข้อมูลชุดเดียวกันจากผู้ประเมิน 2 คนในบางกรณี โดย Kappa Coefficient ไม่จำเป็นต้องอาศัยสมมุติฐานที่ข้อมูลนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งทำให้เป็น Non-Parametric Statistic ที่ไม่ต้องการสมมติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จาก Kappa Coefficient จะสะท้อนถึงระดับความสอดคล้องระหว่าง 2 ชุดข้อมูล (Fleiss, Levin, & Paik, 2003)

Overall Accuracy

ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) คือ การวัดความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนของจุดตรวจสอบที่มีความสอดคล้องตรงกันระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำแนกกับข้อมูลอ้างอิง โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของจุดตรวจสอบทั้งหมด โดยไม่พิจารณาถึงลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น กล่าวคือ การประเมินความถูกต้องจะพิจารณาผลลัพธ์จากการจำแนกข้อมูลทั้งหมดในทุกชั้นข้อมูลและแสดงออกเป็นค่าความถูกต้องเดียว (ชูชีพ, 2561)

การประมาณค่าด้วยวิธีถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน Inverse Distance Weighting (IDW)

ความหมายและหลักการของ Inverse Distance Weighting (IDW) Inverse Distance Weighting (IDW) เป็นวิธีการประมาณค่าพื้นที่ (spatial interpolation) ที่ใช้ในการประมาณค่าจุดที่ไม่รู้จักจากจุดข้อมูลที่รู้จักโดยอาศัยหลักการที่ว่าจุดที่อยู่ใกล้กันจะมีค่าคล้ายคลึงกันมากกว่าจุดที่อยู่ห่างกัน (Shepard, 1968) วิธีการนี้กำหนดน้ำหนัก (weight) ให้กับแต่ละจุดข้อมูลโดยผกผันกับระยะทางที่จุดนั้นอยู่ห่างจากจุดที่ต้องการประมาณค่า
หลักการพื้นฐานของ IDW สามารถแสดงได้ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\hat{Z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z(x_i)}{d(x_0,x_i)^p}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d(x_0,x_i)^p}}$$

(สมการที่ 23)

เมื่อ

$\hat{Z}(x_0)$ = ค่าประมาณที่จุด x_0

$\hat{Z}(x_i)$ = ค่าที่จุดข้อมูลที่รู้จัก x_i

$d(x_0, x_i)$ = ระยะทางระหว่างจุด x_0 และ x_i

p = พารามิเตอร์กำลัง (power parameter) ที่ควบคุมอิทธิพลของระยะทาง

n = จำนวนจุดข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่า

พารามิเตอร์สำคัญในวิธีการ IDW พารามิเตอร์กำลัง (Power Parameter) พารามิเตอร์กำลัง (p) เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดลักษณะการลดลงของน้ำหนักตามระยะทาง โดยทั่วไปค่าที่นิยมใช้คือ 2 (เรียกว่า IDW with power 2) ซึ่งทำให้น้ำหนักลดลงแบบกำลังสอง (Lu, 2008)

เมื่อค่า p สูงขึ้น จุดที่อยู่ใกล้จะมีอิทธิพลมากขึ้น ในขณะที่จุดที่อยู่ไกลจะมีอิทธิพลน้อยลงอย่างรวดเร็ว

รัศมีค้นหา (Search Radius) รัศมีค้นหากำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะนำจุดข้อมูลมาประมาณค่า โดยอาจกำหนดเป็นรัศมีคงที่ (fixed radius) หรือใช้จุดข้อมูลจำนวนหนึ่งที่ใกล้ที่สุด (nearest neighbors) (LandisLi, 2014) การเลือกรัศมีค้นหาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลและความละเอียดที่ต้องการ

ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการ IDW ง่ายต่อการเข้าใจและใช้งาน IDW มีแนวคิดที่ตรงไปตรงมาและง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ ไม่ต้องการสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายตัวของข้อมูล ต่างจากวิธีการทางสถิติบางวิธีที่ต้องการสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายตัวของข้อมูล เหมาะสมกับข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ ให้ผลลัพธ์ที่ดีเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปในพื้นที่

ข้อจำกัดปัญหา Bull's-eye effect อาจเกิดผลลัพธ์ที่ดูเหมือนวงกลมรอบจุดข้อมูลเมื่อใช้ค่า P สูง ความไวต่อจุดข้อมูลที่กระจุกตัว หากจุดข้อมูลกระจุกตัวในบางพื้นที่ อาจทำให้ผลลัพธ์เอนเอียงไปทางพื้นที่นั้น ไม่สามารถประมาณค่าสูงสุดหรือต่ำสุดนอกช่วงข้อมูลได้ ค่าประมาณจะอยู่ระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของจุดข้อมูลเท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ศรีวงศิตานนท์, 2562) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพแห้งแล้งในประเทศไทยโดยใช้ดัชนี MSI (Moisture Stress Index) ผลการศึกษานี้ได้แบ่งระดับค่าดัชนี MSI ออกเป็น 8 ระดับ ได้แก่ (1) $0.2 \leq MSI < 0.4$ (2) $0.4 \leq MSI < 0.6$ (3) $0.6 \leq MSI < 0.8$ (4) $0.8 \leq MSI < 1$ (5) $1 \leq MSI < 1.2$ (6) $1.2 \leq MSI < 1.4$ (7) $1.4 \leq MSI < 1.6$ และ (8) $1.6 \leq MSI < 1.9$ โดยค่าดัชนี MSI ที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับสภาพการใช้ที่ดินและปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ โดยพบว่าพื้นที่ที่ประสบปัญหาภาวะแห้งแล้งมากที่สุดได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก ส่วนภาคใต้ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดเนื่องจากมีฤดูฝนยาวนานถึง 8 เดือนและฤดูร้อน 4 เดือน จึงไม่พบสภาพแห้งแล้งในภาคใต้ นอกจากนี้ พื้นที่ป่าไม้ยังพบสภาพความชุ่มชื้นที่สูงกว่าพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตรกรรมหรือการพัฒนาอื่นๆ

(Wang, 2014) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของภาวะแห้งแล้งต่อระบบนิเวศพืชในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลระยะไกลในการสำรวจพื้นที่ เนื่องจากภาค

ตะวันตกเฉียงใต้ของจีนประสบปัญหาภาวะแห้งแล้งที่รุนแรง ซึ่งเกิดขึ้นในฤดูกาลที่ไม่เคยเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันของปีที่ผ่านมาซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของพืชในพื้นที่อย่างมาก ในการศึกษานี้ได้ใช้ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) เพื่อติดตามความแตกต่างในสถานการณ์ต่างๆ ของระบบนิเวศพืชในแต่ละปี ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินผลกระทบจากภาวะแห้งแล้งที่มีต่อระบบนิเวศ ผลการศึกษาพบว่า ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2552 ถึงมีนาคม 2553 พืชในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีนได้รับผลกระทบจากภาวะแห้งแล้งอย่างรุนแรง โดยพบว่าภาวะแห้งแล้งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ดังกล่าว พื้นที่ของระบบนิเวศพืชที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติในมณฑลยูนาน มณฑลกวางสี และมณฑลกุ้ยโจวมีมากกว่า 80% ของพื้นที่ทั้งหมดในเขตปกครองสามเขตนี้ ซึ่งส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกพืชเกิดความเสียหาย พืชที่ปลูกไว้ตายและการลดลงของผลผลิต ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการตรวจสอบข้อมูลจาก NDVI ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างปีและการตอบสนองอย่างรวดเร็วของพื้นที่ต่อภาวะแห้งแล้งในด้านเวลาและพื้นที่ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ในการวิเคราะห์การเกิดแห้งแล้งและการกระจายของแห้งแล้งในพื้นที่อื่นๆ ที่อาจมีลักษณะเช่นเดียวกัน

(มงคลสวัสดิ์, 2556) ได้ทำการประเมินดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อใช้ในการสำรวจแห้งแล้งในเชิงเวลาและพื้นที่ โดยเน้นการวิเคราะห์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การศึกษานี้ได้ใช้ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา (SPI) และดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เช่น NDVI, NDWI, NDDI, VCI และ NMDI เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากระบบ MODIS ของดาวเทียม Terra รวมถึงข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วง 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณค่าสหสัมพันธ์เพียรสัน (Pearson's Correlation) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนกับดัชนีต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีแต่ละตัวมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน แม้ว่าค่าความสัมพันธ์ในเชิงเวลาจะมีความแตกต่างกันไป โดยดัชนี NDWI พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนได้ดีที่สุด รองลงมาคือดัชนี NDDI, NDVI, VCI และ NMDI ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในระดับที่น้อยที่สุด การศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลดาวเทียมในการติดตามและประเมินสถานการณ์แห้งแล้งในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

(แก้วจำปา, 2561) ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในบริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Aqua/MODIS ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน และข้อมูลการใช้ที่ดินในการวิเคราะห์ โดยใช้ดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิว (LST) ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI) และดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ข้อมูลพื้นที่ชลประทานและข้อมูลการใช้ที่ดิน ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDWI) แปรผกผันกับภัยแล้ง ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิว (LST) แปรผกผันตามพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI) แปรผกผันกับภัยแล้ง และดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) ก็แปรผกผันกับภัยแล้งเช่นเดียวกัน โดยการตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งกับแผนที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซากของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy; OA) ของการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในครั้งนี้มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 96.17 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในการวิเคราะห์สถานการณ์ภัยแล้งในพื้นที่ดังกล่าว

(บุญแย้ม, 2562) ได้ทำการเปรียบเทียบภัยแล้งด้านการเกษตรกรรมโดยใช้เทคนิคดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ (VCI) และดัชนีมาตรฐานหยาดน้ำฟ้า (SPI) ในเขตอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการวิเคราะห์ดัชนี VCI และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในการวิเคราะห์ดัชนี SPI โดยมีการเลือกช่วงเวลาหลายฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อศึกษาผลกระทบที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ดัชนี VCI ซึ่งได้จากการวิเคราะห์พื้นปกคลุมพื้นผิวที่สะท้อนจากข้อมูลดาวเทียมมีความแม่นยำและความเบี่ยงเบนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณเชิงสถิติของ SPI ซึ่งใช้ข้อมูลน้ำฝนเพียงอย่างเดียวและไม่มีการพิจารณาปัจจัยเกี่ยวกับพืชพรรณ การใช้ SPI จึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายเนื่องจากไม่สามารถสะท้อนสถานการณ์ภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณได้อย่างครบถ้วน จากผลการศึกษา ข้อสรุปคือ ดัชนี VCI เหมาะสมกว่าในการใช้เป็นดัชนีชี้วัดภัยแล้งในด้านการเกษตรกรรม เนื่องจากสามารถรวมข้อมูลจากพืชพรรณและการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ได้อย่างแม่นยำและมีความเชื่อถือสูงกว่าการใช้วิธีการ SPI เพียงอย่างเดียว

(แมะกัน, 2558) ได้ทำการประเมินค่า NMDI และ VCI เพื่อใช้ในการติดตามภัยแล้งโดยใช้เทคนิคการรับรู้ระยะไกลในการวิเคราะห์ดัชนีทั้งสอง (NMDI และ VCI) เพื่อประเมินและจัดลำดับความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นของพื้นที่ การศึกษานี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบการ

ประเมินค่าดัชนีทั้งสองและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีโดยใช้สหสัมพันธ์เพียรสัน (Pearson's Correlation) ผลการศึกษาพบว่า ดัชนี NMDI สามารถประเมินภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ และดัชนี VCI สามารถประเมินความชุ่มชื้นและภัยแล้งได้ดีทั้งสองดัชนี การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NMDI และ VCI แสดงให้เห็นว่าดัชนี NMDI สามารถสะท้อนสภาพแห้งแล้งและความชุ่มชื้นได้ดีเมื่อนำมาประเมินเปรียบเทียบกับลำดับของสภาพความชุ่มชื้นและสภาพแห้งแล้งในช่วงทั้งปี ฤดูฝน และฤดูแล้ง ดังนั้นดัชนี NMDI จึงเหมาะสมในการใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามภัยแล้งและประเมินสภาพความชุ่มชื้นในพื้นที่ที่ศึกษา

(ดกพฤกษ์, 2561) ได้ทำการประเมินความถูกต้องของดัชนีภัยแล้งด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์จากดาวเทียมในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยใช้ดัชนี Normalized Monthly Precipitation Anomaly Percentage (NPA), Vegetation Health Index (VHI) และ Normalized Vegetation Supply Water Index (NVSWI) ซึ่งได้จากข้อมูลดาวเทียม TRMM ในการประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของดัชนีภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ดัชนี NVSWI เป็นดัชนีที่มีความเหมาะสมที่สุดในการประเมินภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยมีความสัมพันธ์ที่ดีกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งและพื้นที่ชลประทาน ในขณะที่ดัชนี VHI มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ –0.311 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบกับสถานการณ์ภัยแล้ง และดัชนี NPA แม้ว่าจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.299 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในการตรวจสอบภัยแล้ง แต่ดัชนีนี้ไม่สามารถสะท้อนการกระจายเชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน จากผลการศึกษานี้ สรุปได้ว่าดัชนี NVSWI เหมาะสมที่สุดในการใช้ประเมินภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน เนื่องจากสามารถสะท้อนถึงสถานการณ์ภัยแล้งได้อย่างครบถ้วนและแม่นยำ

(สุขสาโรจน์, 2556) ได้ทำการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อศึกษาภัยแล้งในจังหวัดสงขลา โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM ในช่วงปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2553 การศึกษานี้ใช้ดัชนี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบภาวะของพืชพรรณในช่วงที่เกิดภาวะแห้งแล้ง ผลการศึกษาพบว่า ค่า NDVI ในปี พ.ศ. 2548 เท่ากับ 0.04 และค่า NDVI ในปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 0.80 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในสถานการณ์ของพืชพรรณในช่วงที่เกิดภัยแล้งและในช่วงเวลาปกติ การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการนำข้อมูลการสำรวจระยะไกลมาใช้ในการติดตามภัยแล้งในพื้นที่มีประสิทธิภาพที่ดี และสามารถนำข้อมูลที่ได้รับมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาและต่อยอดงานด้านการศึกษาและการจัดการภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิผล

(จันทร์สุริย์., 2559) ได้ทำการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ โดยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการวิเคราะห์ดัชนี NDWI และ NDVI รวมถึงการแบ่งพื้นที่การใช้ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีในแต่ละประเภทพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เมือง และพื้นที่ปลูกข้าว การศึกษาได้ทำการสุ่มจุดเก็บข้อมูลจำนวน 100 จุดในแต่ละสัปดาห์ตามการใช้ที่ดินที่ได้แบ่งไว้ ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลดัชนี NDWI และ NDVI จากพื้นที่ทั้งสามประเภทมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จึงได้เลือกพื้นที่ป่าไม้มาใช้ในการสร้างสมการเพื่อสร้างแผนที่คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์ เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีพืชพรรณปกคลุม ซึ่งทำให้ค่า NDWI และ NDVI สามารถบ่งบอกระดับแห้งแล้งในพื้นที่ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดัชนี NDWI ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความชื้นในดินหรือพืชพรรณ หากมีค่าสูงแสดงถึงความชื้นมาก และหากมีค่าต่ำแสดงถึงความชื้นน้อย การศึกษานี้จึงสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระยะสัปดาห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(ชมภูจันทร์., 2563) ได้ทำการวิเคราะห์ภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีโดยใช้ดัชนีแห้งแล้งแบบ TVDI จากข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ในการวิเคราะห์ดัชนี TVDI เพื่อประเมินความชื้นในดินและติดตามสภาพแห้งแล้งในพื้นที่ ผลการวิจัยพบว่า ดัชนี TVDI มีค่าตั้งแต่ 0.19 ถึง 0.91 และแสดงความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความชื้นในดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ –0.82 ในพื้นที่ที่มีความชื้นในดินสูง เช่น พื้นที่นาข้าวในเขตชลประทาน มีค่า TVDI เฉลี่ย 0.23 ส่วนในพื้นที่ที่มีความชื้นในดินต่ำ เช่น พื้นที่ปลูกอ้อยนอกเขตชลประทาน มีค่า TVDI เฉลี่ย 0.88 จากผลการศึกษานี้ ดัชนี TVDI สามารถนำมาใช้ในการประเมินความชื้นในดินและติดตามสภาพแห้งแล้งทางการเกษตรในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถสะท้อนถึงความแตกต่างในระดับความชื้นของดินในพื้นที่ต่างๆได้ชัดเจน

ตาราง 11 ข้อมูลที่รวบรวมจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียน	เรื่อง	ดัชนี	ปัจจัย	ข้อเสนอแนะ
(ศรีวงศิตานนท์, 2562)	การตรวจสอบสภาพแห้งแล้งของประเทศไทย โดย Moisture Stress Index (MSI)	Moisture Stress Index (MSI)	-	-
(Wang, 2014)	ผลกระทบของแห้งแล้งต่อระบบนิเวศของพืช ในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของจีนโดยอาศัยการสำรวจระยะไกล	NDVI	-	-
(มงคลสวัสดิ์, 2556)	การประเมินดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการสำรวจแห้งแล้งเชิงเวลาและพื้นที่	ดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา SPI และดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม NDVI, NDWI, NDDI, VCI และ NMDI	ปริมาณน้ำฝน	-ควรนำข้อมูลปริมาณน้ำในแห่งน้ำ น้ำใต้ดิน อุณหภูมิ ความชื้น อัตราการระเหยของน้ำ และข้อมูลทางชลประทาน มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการตัดสินใจ
(แก้วจำปา,	การประเมิน	ดัชนีความ	ข้อมูลพื้นที่	-

ผู้เขียน	เรื่อง	ดัชนี	ปัจจัย	ข้อเสนอแนะ
2561)	พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ	แตกต่างความชื้น NDWI ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิว LST ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ VHI และดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน SPI	ชลประทาน และข้อมูลการใช้ที่ดิน พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำ ซากของกรมพัฒนาที่ดิน	
(บุญแย้ม, 2562)	การเปรียบเทียบภัยแล้งด้านการเกษตรกรรมด้วยเทคนิคดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ VCI และดัชนีมาตรฐานหยาดน้ำฟ้า SPI ในเขตอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก	VCI และข้อมูลปริมาณน้ำฝน วิเคราะห์ SPI	ปริมาณน้ำฝน	-ควรนำข้อมูลดิน ขอบเขตชลประทาน ข้อมูลน้ำใต้ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำกับขอบเขตลุ่มน้ำมาประยุกต์ใช้ -ควรมีการออกสำรวจพื้นที่จริงว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษาหรือไม่
(แมะกัน, 2558)	การประเมินค่า NMDI และ VCI เพื่อการติดตามภัยแล้ง (ลุ่มน้ำปิงตอนบน)	NMDI และ VCI	-	- NMDI เหมาะสมติดตามสภาพภัยแล้ง ได้ดีกว่า VCI - NMDI

ผู้เขียน	เรื่อง	ดัชนี	ปัจจัย	ข้อเสนอแนะ
				สามารถแยกสภาพภัยแล้งที่เกิดจากดินและพืชพรรณได้
(ดกพฤกษ์, 2561)	เกี่ยวกับการประเมินความถูกต้องดัชนีภัยแล้ง ด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์ดาวเทียม:พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน่าน	NPA, VHI และ NVSWI	ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิของผิวดินและข้อมูลพื้นที่ชลประทาน	
(สุขสาโรจน์, 2556)	การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อศึกษาภัยแล้ง จังหวัดสงขลา	NDVI	-	-
(จันทร์สุริย์., 2559)	การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ	NDWI และ NDVI	การใช้ที่ดิน	เพิ่มปัจจัยหลายๆตัวที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้ง
(ชมภูจันทร์., 2563)	การวิเคราะห์แห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยดัชนีแห้งแล้งแบบ TVDI	TVDI	อุณหภูมิพื้นผิวดิน และความชื้นในดิน	-

ผู้เขียน	เรื่อง	ดัชนี	ปัจจัย	ข้อเสนอแนะ
	จากข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS			

ข้อสรุปในการเลือกใช้ดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI มีหลักเกณฑ์สำคัญที่พิจารณาจากการศึกษาค้นคว้าและการอ้างอิงถึงในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการใช้ดัชนีเหล่านี้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม สภาพพืชพรรณ ภาวะแห้งแล้ง และความชื้นในพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะในประเทศไทยและงานวิจัยระดับสากล การตัดสินใจเลือกใช้ดัชนีเหล่านี้มาจากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการประเมินและติดตามสภาพต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ดังนี้

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): ดัชนีนี้ได้รับความนิยมในการวิเคราะห์ความเขียวขจีและสุขภาพของพืชพันธุ์ โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของพืชในพื้นที่ต่างๆ ผู้ศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (Wang, 2014; มงคลสวัสดิ์, 2556; สุขสาโรจน์, 2556) และ (จันทร์สุริย์., 2559) รวมทั้งสิ้น 4 เรื่อง

VCI (Vegetation Condition Index): ใช้ในการประเมินสภาพพืชพันธุ์ในช่วงเวลาต่างๆ โดยเฉพาะในการระบุสภาพแห้งแล้งหรือความผิดปกติของพืชพันธุ์ในพื้นที่ที่สนใจ ผู้ศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (บุญแย้ม, 2562; มงคลสวัสดิ์, 2556) และ (แมะกัน, 2558) รวม 3 เรื่อง

NMDI (Normalized Multi-band Drought Index): การศึกษาด้วยดัชนีนี้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์ระดับแห้งแล้งของพื้นที่โดยใช้ข้อมูลจากหลายช่วงคลื่นเพื่อวัดความชื้นในดินและพืชพันธุ์ ผู้ศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (มงคลสวัสดิ์, 2556) และ (แมะกัน, 2558) รวม 2 เรื่อง

NDWI (Normalized Difference Water Index): ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้นในพืชและน้ำในพื้นที่ โดยมุ่งเน้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำและสภาพความชื้นในพืช ผู้ศึกษาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (แก้วจำปา, 2561; มงคลสวัสดิ์, 2556) และ (จันทร์สุริย์., 2559) รวม 3 เรื่อง

การเลือกใช้ดัชนีเหล่านี้จึงเป็นผลมาจากการพิจารณาในด้านความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และติดตามภัยแล้ง รวมถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและแหล่งน้ำในพื้นที่ต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งในระดับพื้นที่ขนาดใหญ่และในกรอบเวลาที่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยเรื่อง "การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้การขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น" จะมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลกระทบของภัยแล้งต่อการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม โดยใช้ดัชนีที่สามารถประเมินสถานการณ์ภัยแล้ง เพื่อคาดการณ์พื้นที่ที่เสี่ยงต่อภัยแล้งในอนาคต โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในการสร้างแบบจำลอง คาดการณ์พื้นที่ที่เสี่ยง ซึ่งจะช่วยในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการวางแผนการใช้ที่ดินได้อย่างแม่นยำและยั่งยืน.

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตประกอบด้วยโปรแกรมและแบบจำลองที่สำคัญในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. แบบจำลอง PLUS (Projection of Land Use Scenarios) ใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต โดยพิจารณาจากข้อมูลเชิงพื้นที่และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
2. โปรแกรมทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) ใช้ในการเตรียมข้อมูลทางภูมิศาสตร์และพื้นที่ที่จำเป็นต้องใช้ในการนำเข้าแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพ
3. แพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) ใช้ในการประมวลผลข้อมูลพื้นที่แห้งแล้งและการแปลข้อมูลการใช้ที่ดิน โดยสามารถจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ
4. Pearson's Correlation ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ที่ดินและปัจจัยเชิงภูมิศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ
5. แบบจำลอง WEKA ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยการใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายการใช้ที่ดินในอนาคตได้

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแห้งแล้งในอนาคตภายใต้บริบทของการใช้ที่ดิน โดยข้อมูลหลักที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ใช้สำหรับการวิเคราะห์ดัชนีทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความแห้งแล้งในปริมาณน้ำฝนที่ต่างกัน 3 ปี ข้อมูลปัจจัยที่เหมาะสมกับบริบทในพื้นที่การศึกษา ข้อมูลการใช้ที่ดินในการคาดการณ์การใช้ที่ดิน เลือกใช้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ที่ดินในอดีตและปัจจุบัน เพื่อนำมาประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเลือกประเภทการใช้ที่ดิน ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คัดเลือกประเภทการใช้ที่ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมภายในตำบลแม่นาเรือ จังหวัดพะเยา โดยอ้างอิงข้อมูลจาก แผนการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2563 ของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดพะเยา ซึ่งระบุว่าพื้นที่เกษตรกรรมครอบคลุมเนื้อที่ 26,504 ไร่ หรือคิดเป็น ร้อยละ 38.11 ของพื้นที่ตำบล ประเภทการใช้ที่ดินเดิม (ตามข้อมูลสำรวจ) ข้อมูลการใช้ที่ดินดั้งเดิมที่สำรวจโดย กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน (2561) ภายใต้กองนโยบายและการใช้ที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา (2563) ประกอบด้วยประเภทต่างๆ คือ พื้นที่นา พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ไร่หมุนเวียน ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ

การปรับประเภทการใช้ที่ดินเพื่อการวิเคราะห์เนื่องจากบางประเภทการใช้ที่ดินมีพื้นที่น้อยและไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา จึงได้ทำการรวมกลุ่มประเภทที่ใกล้เคียงกันและตัดประเภทที่มีสัดส่วนต่ำออก โดยปรับเหลือ 9 ประเภทหลักคือ พื้นที่นา พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่อื่นๆ (พืชสวน , ไร่หมุนเวียน, ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์, และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่มุ่งเน้น การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม จึงได้เลือกวิเคราะห์เฉพาะการใช้ที่ดินใน ระดับ Level 2 ซึ่งครอบคลุมประเภทเกษตรกรรมหลักที่อาจได้รับผลกระทบจากสภาพความแห้งแล้ง

การปรับลดกลุ่มประเภทการใช้ที่ดินในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์แบบจำลอง และลดความซับซ้อนของข้อมูล โดยยังคงรักษาความถูกต้องและความครอบคลุมของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ศึกษา

ตาราง 12 ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

อักษรย่อ	ความหมาย	ความหมาย (ภาษาไทย)	เนื้อที่	
			ไร่	ร้อยละ
A1	Paddy field	พื้นที่นา	11,029	15.86
A2	Field crop	พืชไร่	7,971	11.46
A3	Field crop	ไม้ยืนต้น	3,795	5.46
A4	Orchard	ไม้ผล	3,577	5.14
F	Forest land	พื้นที่ป่าไม้	37,838	54.44
M	Miscellaneous land	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	1,020	1.47
U	Urban and Built-up land	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	3,361	4.83
W	Water body	พื้นที่แหล่งน้ำ	802	1.15
A5, A6, A7, A9	Horticulture, Swidden cultivation, Pasture and farm house, Aquacultural land	พืชสวน, ไร่หมุนเวียน, ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์, สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	132	0.19
รวมเนื้อที่ทั้งหมด			**69,525**	**100.00**

ที่มา: (สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา, 2563)

การเลือกปีของพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้ง

งานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์การคัดเลือกปีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีของกรมอุตุนิยมวิทยาระหว่างปี พ.ศ. 2534–2564 โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามระดับความผิดปกติของปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด (พ.ศ. 2548 1,564 มิลลิเมตร) ปีที่มีปริมาณน้ำฝนปานกลางใกล้เคียงค่าเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2550 1,157 มิลลิเมตร) และปีที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยสุด (พ.ศ. 2562 741 มิลลิเมตร) การเลือกปีตัวอย่างทั้งสามกลุ่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนกับระดับความเสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา

การเลือกข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแห้งแล้ง และปัจจัยที่ใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดิน

การคัดเลือกปัจจัยสำหรับการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการผ่านกระบวนการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเชิงพื้นที่ (Spatial Drought Risk Assessment) ที่สัมพันธ์กับพลวัตการใช้ที่ดิน (Land Use Dynamics) ปัจจัยเชิงชี้วัด (Indicators) ที่ผ่านการคัดเลือกประกอบด้วยตัวแปรหลัก 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปัจจัยก่อกำเนิดภัยแล้ง (Drought Drivers) ปริมาณน้ำฝนสะสม (Cumulative Precipitation) ลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ความลาดชัน (Slope) และทิศทางความลาด (Aspect) ลักษณะทางอุทกวิทยา: เส้นทางน้ำ (Stream) และศักยภาพการระบายน้ำของดิน (Soil Drainage) กลุ่มปัจจัยความเปราะบาง (Vulnerability Factors) โครงสร้างพื้นฐาน: ถนน (Road) ปัจจัยทางสังคม: ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) การคัดเลือกปัจจัยดังกล่าวคำนึงถึงเกณฑ์ 3 ประการ คือ (1) ความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดภัยแล้งเชิงบูรณาการ (Integrated Drought Framework) (2) ความเป็นตัวแทนลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา (Spatial Heterogeneity) (3) ความสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ (Data Availability) ดังตาราง 13

ตาราง 13 คำอธิบายข้อมูลปัจจัย

ข้อมูลที่ใช้	แหล่งที่มา
ความสูงเชิงเลข	USGS (SRTM DLOBAL DEM)
ความลาดชัน	สร้างจากความสูงเชิงเลข
ทิศทางความลาด	สร้างจากความสูงเชิงเลข
เส้นทางน้ำ	กรมแผนที่ทหาร
การระบายน้ำของดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
ปริมาณน้ำฝนสะสม	กรมอุตุนิยมวิทยา
ถนน	กรมแผนที่ทหาร
ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย	กรมพัฒนาที่ดิน

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาและเหตุผลในการเลือกใช้

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คัดเลือกปัจจัยทั้งสิ้น 8 ปัจจัย เพื่อนำมาวิเคราะห์ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเมืองและการใช้ประโยชน์ที่ดินทางเกษตรกรรม โดยมีรายละเอียดของแต่ละปัจจัยและเหตุผลในการเลือกใช้ ดังนี้

1. ความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ข้อมูลความสูงเชิงเลขได้มาจากเว็บไซต์ของกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey: USGS) หรือ Earth Explorer ปัจจัยนี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การขยายตัวของเมือง เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศส่งผลต่อความเหมาะสมในการพัฒนาพื้นที่
2. ความลาดชัน (Slope) ข้อมูลความลาดชันได้มาจากการประมวลผลข้อมูล DEM ด้วยโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ปัจจัยนี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านการเกษตร เพื่อจำแนกความเหมาะสมของการใช้ที่ดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน เช่น พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 8% เหมาะสมสำหรับการเกษตร ในขณะที่พื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35% ควรสงวนไว้เป็นพื้นที่ป่าไม้
3. ทิศทางความลาด (Aspect) ข้อมูลทิศทางความลาดได้มาจากการประมวลผล DEM เช่นเดียวกัน โดยปัจจัยนี้มีบทบาทในการวิเคราะห์ด้านการเกษตร เนื่องจากทิศทางของความลาดชันส่งผลต่อการรับแสงอาทิตย์และความชื้นในดิน พื้นที่ที่หันไปทางทิศที่มีแสงแดดมากอาจมีความแห้งแล้งมากกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศและความเหมาะสมในการเพาะปลูก
4. ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (Stream) ปัจจัยนี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านการเกษตร เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีแนวโน้มที่จะได้รับน้ำเพียงจากปริมาณน้ำฝน ซึ่งอาจส่งผลต่อความเหมาะสมในการทำเกษตรกรรม
5. การระบายน้ำของดิน (Soil Drainage) ลักษณะการระบายน้ำของดินเป็นปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ด้านการเกษตร เนื่องจากประสิทธิภาพการระบายน้ำส่งผลโดยตรงต่อความเหมาะสมในการเพาะปลูกและการจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

6. ปริมาณน้ำฝนสะสม (Cumulative Precipitation) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านการจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภค–บริโภค และการบริหารจัดการลุ่มน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดความเพียงพอของทรัพยากรน้ำในพื้นที่
7. ระยะห่างจากถนน (Road) ปัจจัยนี้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การขยายตัวของเมือง เนื่องจากโครงข่ายถนนเป็นตัวกำหนดความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่และส่งผลต่อการพัฒนาที่อยู่อาศัยและเศรษฐกิจ
8. ระยะห่างจากหมู่บ้าน (Village) ระยะห่างจากชุมชนเดิมถูกนำมาใช้ในการศึกษาการขยายตัวของเมือง เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชุมชนมีแนวโน้มที่จะถูกพัฒนาเป็นพื้นที่เมืองมากกว่าพื้นที่ห่างไกล

   การเลือกใช้ปัจจัยทั้ง 8 ประการข้างต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อให้การวิเคราะห์มีความครอบคลุมทั้งในมิติทางกายภาพและสังคม ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการขยายตัวของเมืองและความเหมาะสมของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรต่อไป

การดำเนินงานด้านภูมิสารสนเทศ

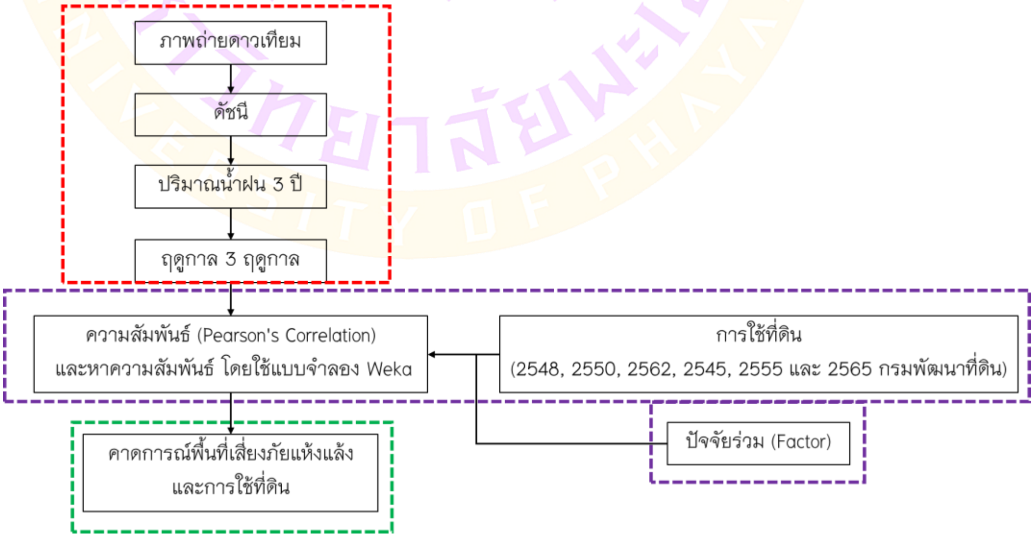
กระบวนการดำเนินงานด้านภูมิสารสนเทศประกอบด้วยขั้นตอนการรวบรวมและเตรียมข้อมูลเพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์ โดยมีการจัดระเบียบข้อมูลในรูปแบบเชิงพื้นที่ (spatial data) ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลด้วยโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geoinformatics) โดยชั้นข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1. ข้อมูลดัชนีพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะแห้งแล้ง (Drought Risk Areas) ได้มาจากการประมวลผลด้วยระบบคลาวด์บนแพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) โดยใช้ดัชนีทางภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินความเสี่ยงและการกระจายตัวของพื้นที่แห้งแล้ง
2. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Data) เป็นข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งแสดงลักษณะการใช้งานที่ดินในรูปแบบเชิงพื้นที่ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่นๆ
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภาวะแห้งแล้งและปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง PLUS ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้ง เช่น ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ และข้อมูล

ที่ใช้เป็นอินพุตในแบบจำลอง PLUS (Land Use Prediction Model) เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

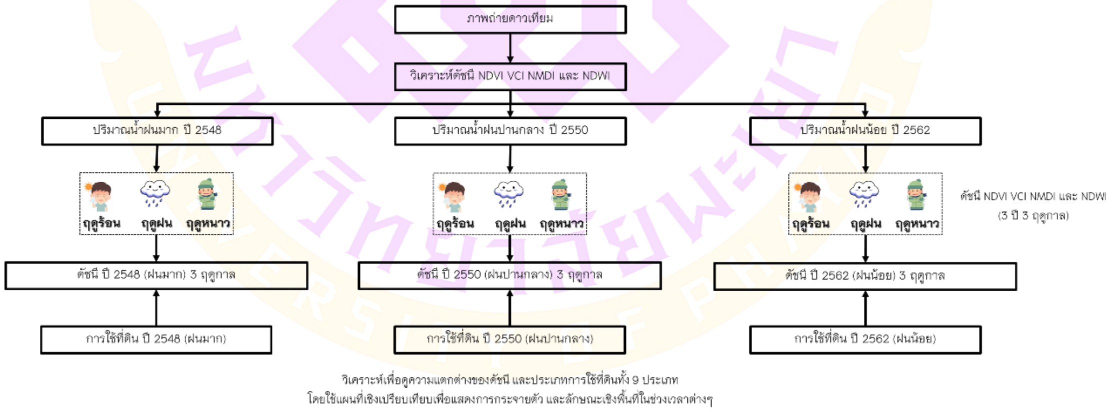
วิธีการวิเคราะห์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ดังนี้ วัตถุประสงค์ที่ 1: การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการคำนวณดัชนี ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI โดยทำการคัดเลือกข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลังระยะเวลา 30 ปี (พ.ศ. 2534–2564) เพื่อจำแนกปีที่มีลักษณะปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ปีที่มีปริมาณน้ำฝนมาก (พ.ศ. 2548; 1,564 มม.), ปีที่มีปริมาณน้ำฝนปานกลาง (พ.ศ. 2550; 1,157 มม.) และปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ (พ.ศ. 2562; 741 มม.) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ข้อมูลตามฤดูกาล (3 ฤดู) พร้อมทั้งประเมินค่าดัชนีของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา วัตถุประสงค์ที่ 2: การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางชีวฟิสิกส์ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI กับปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) และการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ด้วยเครื่องมือ WEKA เพื่อประเมินความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ได้จากดัชนีภาพถ่ายดาวเทียมกับปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ของพื้นที่ วัตถุประสงค์ที่ 3: การทำนายพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตโดยใช้แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดิน (Land Use Prediction Model: PLUS) เพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต และคาดการณ์แนวโน้มการเกิดภัยแล้งภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังภาพ 5



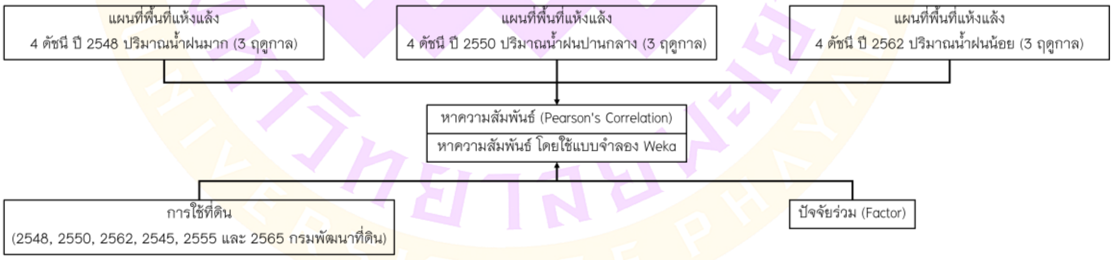
ภาพ 5 ขั้นตอนการศึกษา

<u>วัตถุประสงค์ 1</u> การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านกระบวนการประมวลผลบนแพลตฟอร์ม Google Earth Engine โดยเลือกศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมจาก 3 ปีที่มีลักษณะปริมาณฝนแตกต่างกัน ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548 (ปีที่มีปริมาณฝนมาก), ปี พ.ศ. 2550 (ปีที่มีปริมาณฝนปานกลาง) และปี พ.ศ. 2562 (ปีที่มีปริมาณฝนน้อย) เพื่อประเมินดัชนีทางชีวภาพและอุทกวิทยา ได้แก่ NDV, VCI, NMDI และ NDWI ในแต่ละช่วงฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม), ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) และ ฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) ตามประกาศ(กรมอุตุนิยมวิทยา, 2566) ในการคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียม จะใช้ เทคนิคผลต่างภาพแบบภาพผสม (Composite Image Technique) ตามหลักการของ (Holben, 1986) เพื่อเลือกภาพที่มีคุณภาพดีที่สุดในแต่ละฤดูกาล จากนั้นจะนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ด้วยการเปรียบเทียบกับ แผนที่พื้นที่แห้งแล้งของกรมพัฒนาที่ดิน และทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีในประเภทการใช้ที่ดินทั้ง 9 ประเภท เพื่อจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในแต่ละปีและฤดูกาล นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างปีที่มีปริมาณฝนน้อย ปีที่มีปริมาณฝนปกติ และปีที่มีปริมาณฝนมาก เพื่อให้ได้ข้อสรุปเชิงลึกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและความเสี่ยงภัยแล้งในบริเวณศึกษาต่อไป ดังภาพ 6



ภาพ 6 การนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี และวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการใช้ที่ดิน

<u>วัตถุประสงค์ที่ 2</u> การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางอุทกวิทยาและพืชพรรณ ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณแบบปกติ NDVI, VCI, NMDI และNDWI ในช่วงปี พ.ศ. 2548, 2550 และ 2562 ซึ่งมีลักษณะปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน โดยครอบคลุมการวิเคราะห์ใน 3 ฤดูกาล เพื่อศึกษาผลกระทบของความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แห้งแล้งในแต่ละช่วงเวลา การศึกษาใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อประเมินความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างดัชนีทั้งสี่ ซึ่งจะช่วยระบุถึงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อกันและกันหรือไม่ ตลอดจนความสามารถในการใช้ตัวแปรหนึ่งเพื่อทำนายค่าของตัวแปรอื่นได้ การวิเคราะห์ดังกล่าวมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น เกษตรกรรมแม่นยำ (Precision Farming), การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาในพื้นที่ศึกษา อาทิ การประเมินสถานภาพของพืชผลทางการเกษตร หรือการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติของดินและน้ำ นอกจากนี้ ยังมีการนำข้อมูลดัชนีต่าง ๆ ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดความแห้งแล้ง เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน มาใช้ในการจำแนกประเภท (Classification) ผ่านซอฟต์แวร์ WEKA เพื่อพัฒนาตัวแบบทำนาย (Predictive Model) สำหรับประเมินความเสี่ยงของการเกิดพื้นที่แห้งแล้ง จากข้อมูลดัชนีทางอุทกวิทยาและพืชพรรณ รวมถึงปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังภาพ 7

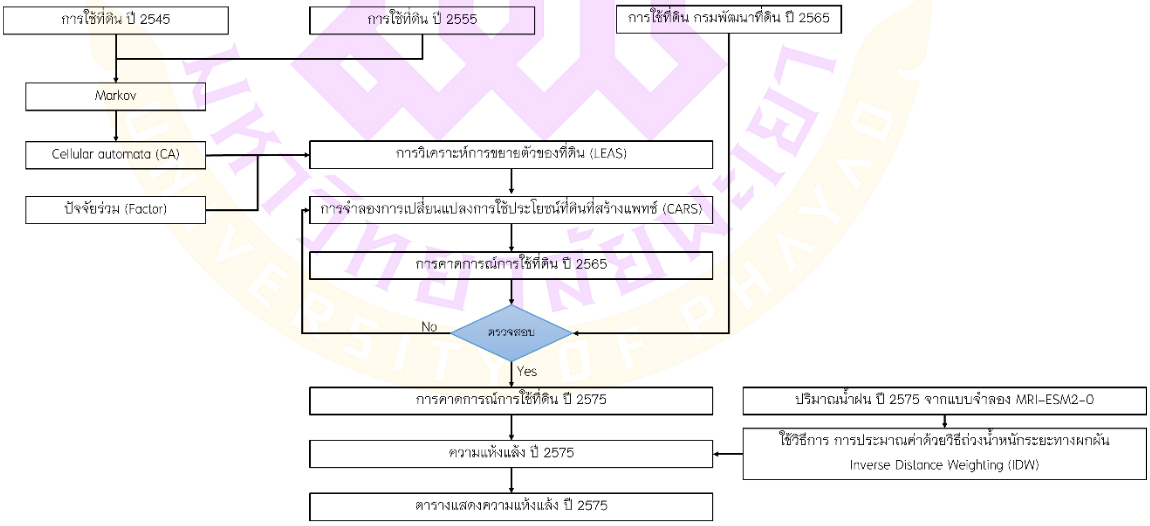


ภาพ 7 การหาความสัมพันธ์ของดัชนีและหาความสัมพันธ์แบบ 2 วิธีการ

<u>วัตถุประสงค์ 3</u> การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคต โดยวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝน ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1: การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต ดำเนินการโดยนำข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ 2555 มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง เพื่อคาดการณ์รูปแบบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยข้อมูลจริงจากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2565 เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง หลังจากนั้นนำแบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2575 ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปประเมินผลกระทบต่อการเกิดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ส่วนที่ 2: การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนและการประเมินความเสี่ยงภัยแล้ง ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 30 ปี มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผัน (Inverse Distance Weighting: IDW) เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2575 โดยผลลัพธ์จะถูกจำแนกตามช่วงความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ระดับน้อย ปานกลาง และมาก จากนั้นนำผลการคาดการณ์ทั้งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปริมาณน้ำฝนมาบูรณาการเพื่อระบุพื้นที่ที่มีแนวโน้มจะประสบภัยแล้งในอนาคต โดยพิจารณาจากปัจจัยทั้งสองร่วมกัน ผลการศึกษาคาดว่าจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถวางแผนรับมือและลดผลกระทบจากภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอ้างอิงจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และการคาดการณ์เชิงพื้นที่ที่ทันสมัย ดังภาพ 8



ภาพ 8 คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงแห้งแล้งและคาดการณ์การใช้ที่ดิน

ขั้นตอนวิธีการทำ

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่หนึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อสร้างดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมและการสร้างดัชนี

1. ดัชนีที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และNDWI การประมวลผลภาพใช้แพลตฟอร์ม Google Earth Engine โดยประยุกต์เทคนิค ผลต่างภาพแบบภาพผสม (Composite) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมถูกเรียกผ่าน ภาษาจาวาสคริปต์ (JavaScript) โดยเลือกช่วงเวลาการศึกษาตามลักษณะปริมาณฝน 3 ช่วง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548 (ปีที่มีปริมาณฝนมาก) ปี พ.ศ. 2550 (ปีที่มีปริมาณฝนปานกลาง) และปี พ.ศ. 2562 (ปีที่มีปริมาณฝนน้อย) แต่ละปีถูกแบ่งย่อยตามฤดูกาล 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคม) ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคม – กลางเดือนตุลาคม) ฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคม – กลางเดือนกุมภาพันธ์) เพื่อลดผลกระทบจากสัญญาณรบกวน (Noise) เนื่องจากสภาพอากาศใช้ แถบการประเมินคุณภาพเมฆ (QA60) ในการกรองข้อมูลที่ได้รับผลกระทบจากเมฆและสิ่งปิดบังทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ กระบวนการดังกล่าวมุ่งเน้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของดัชนีทั้ง 4 ในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปีและฤดูกาลต่างๆ

2. การปรับข้อมูลด้วยวิธีคำนวณอัตราส่วนช่วงคลื่นเพื่อประเมินสถานการณ์ความแห้งแล้งของพื้นที่ การประเมินความแห้งแล้งโดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากระยะไกล มักใช้ดัชนีทางสเปกตรัมที่คำนวณจากอัตราส่วนช่วงคลื่น electromagnetic reflectance ซึ่งมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสภาพพืชพรรณ ความชื้น และคุณลักษณะของดิน โดยมีดัชนีสำคัญที่นิยมใช้ประกอบด้วย: ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เป็นดัชนีพื้นฐานที่ใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและการเจริญเติบโตของพืช โดยอาศัยความแตกต่างของการสะท้อนแสงระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near-Infrared: NIR) และช่วงคลื่นสีแดง (Red) ผ่านการคำนวณให้เป็นค่าที่มีการกระจายแบบปกติ (normalized) ทำให้ NDVI มีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ซึ่งช่วยให้การแปลผลมีความชัดเจนและเป็นมาตรฐาน ดัชนีการปรับค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) เป็นดัชนีที่พัฒนาต่อยอดจาก NDVI เพื่อประเมินสภาวะความเครียดของพืชพรรณโดยเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐานทางสถิติในระยะยาว โดย VCI ช่วยลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่และช่วงเวลา ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดัชนีความแตกต่างจากค่าปกติของแบนด์ผสมของภัยแล้ง (Normalized Multi-band Drought Index: NMDI) เป็นดัชนีที่มีลักษณะเฉพาะคือมีความทนทานต่อการรบกวนจากเมฆ และสามารถแยกการ

ประเมินความแห้งแล้งของดินออกจากความแห้งแล้งของพืชพรรณได้อย่างชัดเจน โดยอาศัยข้อมูลจากหลายช่วงคลื่น (multi-band) ทำให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ภัยแล้งในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index: NDWI) เป็นดัชนีที่ออกแบบมาเพื่อตรวจสอบระดับความชื้นในแหล่งน้ำ ดิน และพืชพรรณ โดยอาศัยความแตกต่างของการสะท้อนแสงระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดและคลื่นสั้นอินฟราเรด (Short-Wave Infrared: SWIR) ทำให้สามารถประเมินสถานการณ์ความชื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนที่ 2: การวิเคราะห์การใช้ที่ดินและดัชนีเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อภาวะแห้งแล้ง เน้นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินกับภาวะแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเลือกปีการศึกษาตามลักษณะปริมาณน้ำฝน 3 ช่วง ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548 (ปีที่มีปริมาณฝนมาก) ปี พ.ศ. 2550 (ปีที่มีปริมาณฝนปานกลาง) และปี พ.ศ. 2562 (ปีที่มีปริมาณฝนน้อย) ประเภทการใช้ที่ดิน จำแนกข้อมูลการใช้ที่ดินระดับ Level 2 ตามระบบมาตรฐานสากล โดยเน้นกลุ่มพื้นที่เกษตรกรรมเป็นหลัก ประกอบด้วย 9 ประเภทหลัก ได้แก่ พื้นที่นาข้าว พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ยืนต้น พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ การคำนวณดัชนีทางอุทกวิทยาในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนี 4 ชนิด เพื่อประเมินภาวะแห้งแล้งในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน ดังนี้ ค่าดัชนี NDVI อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ซึ่งถูกจำแนกเป็น 5 ระดับของความรุนแรงตามเกณฑ์ที่เสนอโดย Vallejo-Villalta et al. (2019): ชื้นมาก (Maximum Moisture) ชื้น (High Moisture) ปานกลาง (Moderate Moisture) แห้งแล้ง (Drought) และแห้งแล้งมาก (Severe Drought) ค่าดัชนี VCI ได้รับการปรับแก้จาก NDVI อยู่ในช่วง 0 ถึง 100 และจำแนกเป็น 5 ระดับความรุนแรง ซึ่งมีความหมายที่สอดคล้องกับการจำแนกระดับความชื้นในดัชนี NDVI เช่นเดียวกัน NMDI และNDWI ค่าดัชนีทั้งสองอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 (คล้ายกับ NDVI) แต่ได้รับการปรับระดับความรุนแรงให้เหลือ 4 ระดับตามเกณฑ์ที่ได้เสนอโดย (Wang, 2016) ระดับความรุนแรงประกอบด้วย: ชื้นมาก (Maximum Moisture) ปานกลาง (Moderate Moisture) แห้งแล้ง (Drought) และแห้งแล้งมาก (Severe Drought) โดยที่ช่วงค่าของ NMDI และ NDWI ระหว่าง -1 ถึง 0.2 จะถูกจัดอยู่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ซึ่งรวมถึงระดับ "แห้งแล้งมาก" และ "แห้งแล้ง" ของ NDVI เข้าด้วยกัน แบ่งระดับได้ดังนี้

ตาราง 14 การแบ่งค่าของแต่ละช่วงดัชนี NDVI และ VCI

ค่า NDVI	ค่า VCI (%)	ความหมาย	สี
0.6-1	80-100	ชื้นมาก	
0.6-0.4	60-80	ชื้น	
0.2-0.4	40-60	ปานกลาง	
0-0.2	20-40	แห้งแล้ง	
0- (-1)	0-20	แห้งแล้งมาก	

ตาราง 15 การแบ่งค่าของแต่ละช่วงดัชนี NMDI และ NDWI

ค่า NMDI และ NDWI	ความหมาย	สี
0.6-1	ชื้นมาก	
0.4-0.6	ปานกลาง	
0.2-0.4	แห้งแล้ง	
(-1) - 0.2	แห้งแล้งมาก	

ส่วนที่ 3: ส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทั้ง 4

1. ดัชนีทั้ง 4 ได้แก่ ดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งใน 3 ปี และ 3 ฤดูกาล โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี Pearson's Correlation ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’s Correlation) เพื่อประเมินความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรทีละคู่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยไม่ขึ้นกับหน่วยวัดของตัวแปร ตัวอย่างเช่น หากตัวแปร X แทนความสูงเชิงเลข (หน่วย: เมตร) และตัวแปร Y แทนระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (หน่วย: เมตร) การแปลผลค่าสหสัมพันธ์มีเกณฑ์ดังนี้

ค่าบวก ($R > 0$): แสดงความสัมพันธ์ทางบวก (ตัวแปรเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน)

ค่าลบ ($R < 0$): แสดงความสัมพันธ์ทางลบ (ตัวแปรเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้าม)

ระดับความสัมพันธ์: กำหนดตามเกณฑ์ของ (Field, 2013) โดยมีการดัดแปลงดังนี้

0.5-1	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงสูง
0.3-0.5	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงปานกลาง
0.1-0.3	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงต่ำ
(-0.1)-(-0.3)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่ำ
(-0.3)-(-0.5)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันปานกลาง

(-0.5)-(-1) ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันสูง

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทใน WEKA ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยอาศัย แบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นจากเทคนิคการจำแนกประเภท (Classification) ในซอฟต์แวร์ WEKA เพื่อการเรียนรู้และประมวลผลข้อมูล แบบจำลองที่ได้จะประกอบด้วยโครงสร้างข้อมูลและกระบวนการคำนวณที่จำเป็นสำหรับการทำนายหรือวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและดัชนีผลลัพธ์ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองนี้พัฒนาจากชุดข้อมูลที่ประกอบด้วย 8 ปัจจัยนำเข้า (Input Variables) และ 4 ดัชนีผลลัพธ์ (Output Indices) โดยข้อมูลทั้งหมดต้องอยู่ในรูปแบบตัวเลข (Numeric Data) เพื่อให้เหมาะสมกับการประมวลผลด้วยเครื่องมือทางสถิติและ machine learning สำหรับข้อมูลเชิงหมวดหมู่ (Categorical Data) ที่ไม่ใช่ตัวเลขโดยธรรมชาติ ผู้วิจัยกำหนดให้แปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Numeric Encoding) ก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง ตัวอย่างเช่น ข้อมูล การใช้ที่ดิน (Land Use: LU) ซึ่งแบ่งออกเป็น 9 ประเภท ได้รับการกำหนดค่าเป็นตัวเลขดังนี้: 1: พื้นที่นาข้าว 2: พื้นที่พืชไร่ 3: ไม้ยืนต้น 4: ไม้ผล 5: พื้นที่ป่าไม้ 6: พื้นที่เบ็ดเตล็ด 7: พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 8: พื้นที่แหล่งน้ำ 9: พื้นที่อื่นๆ การเข้ารหัสดังกล่าวช่วยให้แบบจำลองสามารถประมวลผลข้อมูลเชิงหมวดหมู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอำนวยความสะดวกในการตีความผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) แปลงข้อมูลเชิงหมวดหมู่เป็นตัวเลขตามเงื่อนไขที่กำหนด ตรวจสอบความสมบูรณ์และคุณภาพของข้อมูล การเลือกเทคนิคการจำแนกประเภท (Classification Technique) การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluation) วัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยมาตรฐานทางสถิติ เช่น ความแม่นยำ (Accuracy), ความไว (Recall), และค่า F1-Score และการนำแบบจำลองไปใช้งาน (Model Deployment) ประยุกต์ใช้แบบจำลองสำหรับการทำนายหรือวิเคราะห์ข้อมูลใหม่

ส่วนที่ 4: การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตและผลกระทบต่อการใช้ที่ดิน

1. การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ส่วน ได้แก่ การคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2575 การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตแบ่งออกเป็น 9 ประเภทหลัก ได้แก่ พื้นที่นาข้าว พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไม้ยืนต้น พื้นที่ไม้ผล พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินดังกล่าวจะช่วยประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อมในอนาคต

2. การประเมินปริมาณน้ำฝนในอนาคตด้วยวิธี IDW เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2575 ยังไม่สามารถเข้าถึงได้ การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจึงอาศัยการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนเป็นหลัก โดยใช้วิธีการประมาณค่าพื้นที่ (Inverse Distance Weighting: IDW) เพื่อประเมินปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2575 จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลในอดีต เพื่อประเมินว่าพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในอนาคตมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด ในการศึกษานี้ ได้อ้างอิงงานวิจัยของ (ก้องภพ ลีราช, 2567) ซึ่งประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) ในการจำลองปริมาณน้ำฝนของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง MRI-ESM2-0 ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Scaled Distribution Mapping (SDM) และประเมินประสิทธิภาพด้วย Ranking Scores Method (RS) พร้อมใช้สถิติเชิงพื้นที่และเชิงเวลา 8 ตัวชี้วัด ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง MRI-ESM2-0 มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับการประเมินปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการประเมินปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2575 ในพื้นที่ศึกษา ได้นำข้อมูลจุดวัดปริมาณน้ำฝน (prcp) จำนวน 16 จุด ซึ่งประกอบด้วยจุดภายในพื้นที่ตำบลแม่นาเรือ 3 จุด และจุดรอบนอกบริเวณศึกษา 13 จุด มาวิเคราะห์ด้วยวิธี IDW เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝนทั้งพื้นที่

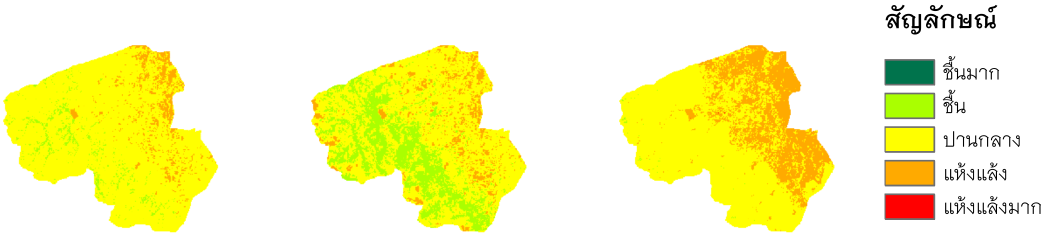
บทที่ 4

ผลการวิจัย (Results)

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้น “การคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยใช้แบบจำลองการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำแม่นาเรือภายใต้เงื่อนไขการขาดแคลนตัวชี้วัดที่จำเป็น” โดยประยุกต์เทคนิค การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ในการประเมินผลกระทบของภาวะแห้งแล้งต่อการใช้ที่ดินโดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้ ดัชนีชี้ที่สะท้อนระดับความรุนแรงของภัยแล้ง ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) เพื่อประเมินสภาพปัจจุบันและคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมที่อาจได้รับผลกระทบจากภาวะแห้งแล้งในอนาคต ผลการวิเคราะห์พบ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับระดับความเสี่ยงภัยแล้ง โดยสามารถระบุพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้งได้อย่างชัดเจนโดยมีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

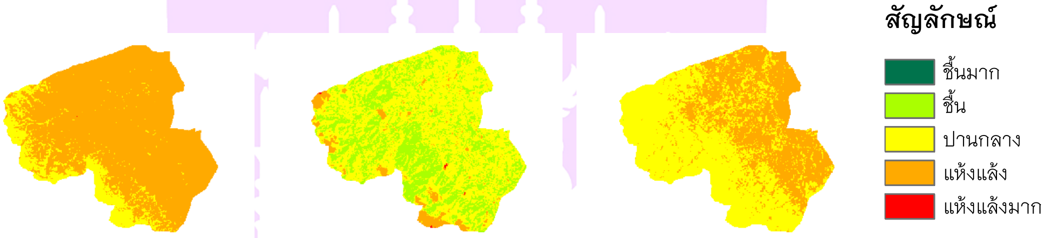
1.เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี

1.1 เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้งโดยการประยุกต์ใช้ดัชนีทางภูมิศาสตร์สารสนเทศจากภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และNDWI โดยเลือกศึกษาปีที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก), ปี พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) และ ปี พ.ศ. 2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) รวมทั้งวิเคราะห์ใน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาวผลลัพธ์ได้ดังนี้



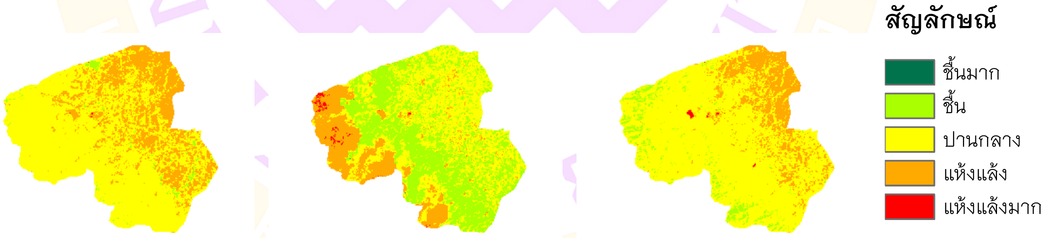
(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

ภาพ 9 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)



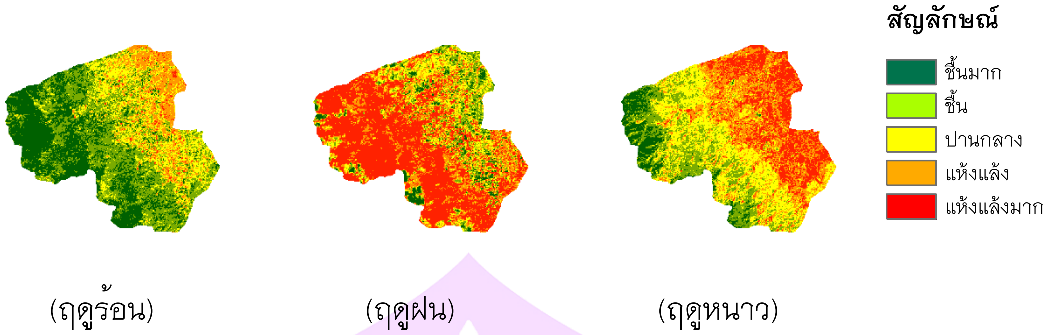
(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

ภาพ 10 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

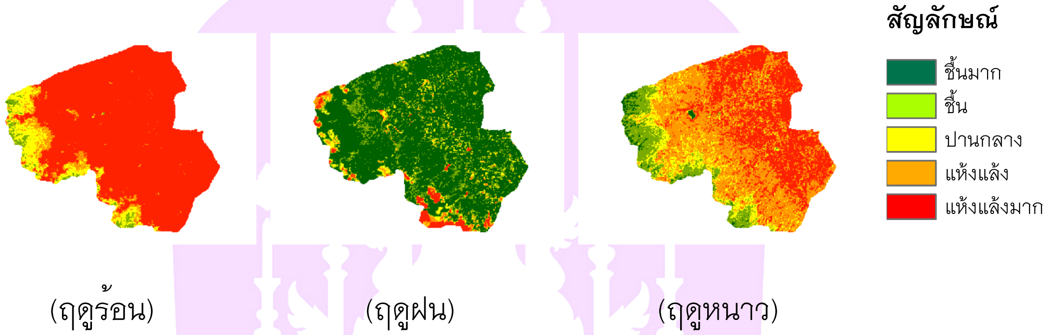


(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

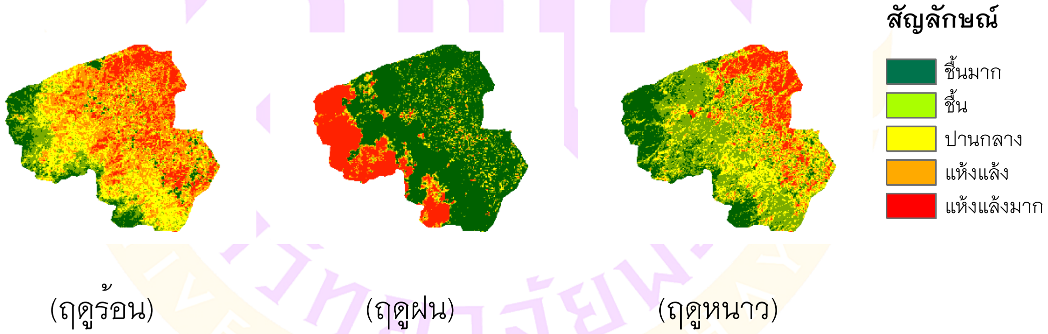
ภาพ 11 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)



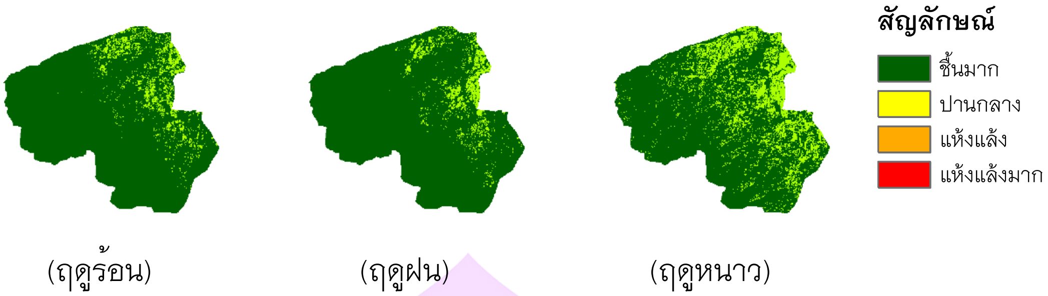
ภาพ 12 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)



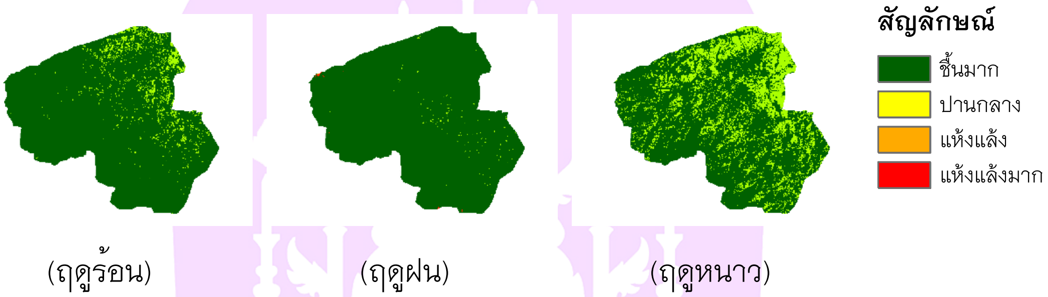
ภาพ 13 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)



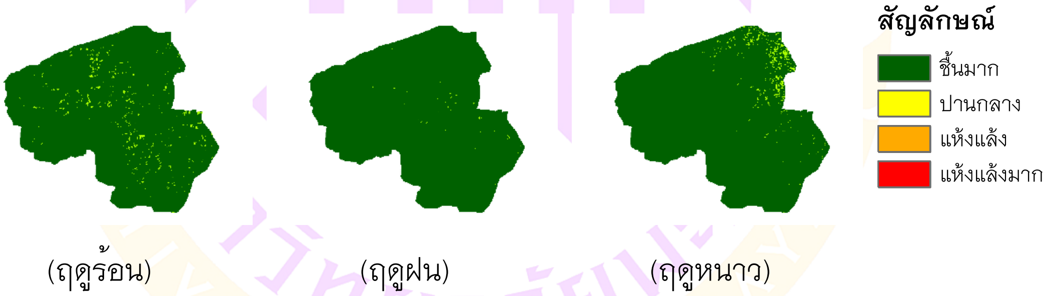
ภาพ 14 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)



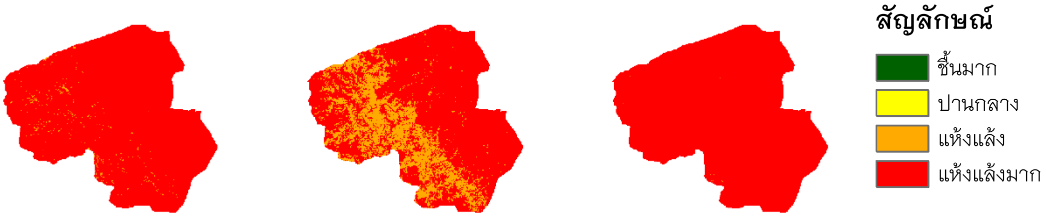
ภาพ 15 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)



ภาพ 16 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

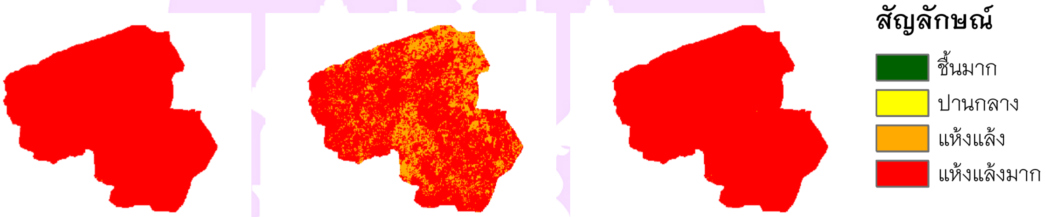


ภาพ 17 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)



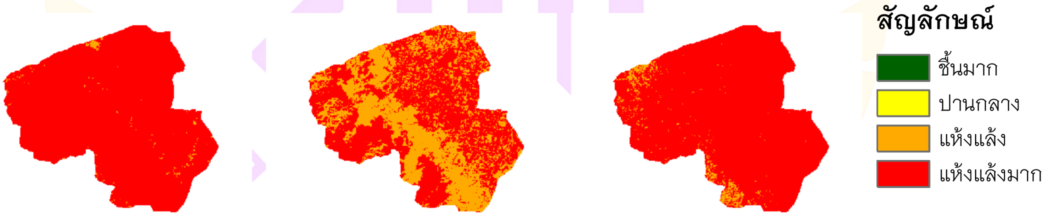
(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

ภาพ 18 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)



(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

ภาพ 19 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)



(ฤดูร้อน) (ฤดูฝน) (ฤดูหนาว)

ภาพ 20 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

ตาราง 16 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	–	–	–	–
ชื้น	2,602	3.77	17,260	24.99	114	0.17
ปานกลาง	61,694	89.32	45,753	66.24	49,504	71.67
แห้งแล้ง	4,775	6.91	6,058	8.77	19,448	28.16
แห้งแล้งมาก	–	–	–	–	5	0.01
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 17 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	–	–	–	–
ชื้น	–	–	23,532	34.07	1	0.00
ปานกลาง	10,619	15.37	41,985	60.79	40,783	59.05
แห้งแล้ง	58,450	84.62	3,505	5.07	28,286	40.95
แห้งแล้งมาก	2	0.00	49	0.07	1	0.00
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 18 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	4	0.01	–	–
ชื้น	933	1.35	27,250	39.45	3,215	4.65
ปานกลาง	50,349	72.89	29,082	42.10	54,115	78.35
แห้งแล้ง	17,772	25.73	12,310	17.82	11,621	16.82
แห้งแล้งมาก	17	0.02	425	0.62	120	0.17
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 19 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	22,115	32.02	3,330	4.82	4,923	7.13
ชื้น	23,056	33.38	7,046	10.20	12,367	17.90
ปานกลาง	14,127	20.45	10,502	15.20	20,360	29.48
แห้งแล้ง	8,702	12.60	14,321	20.73	17,146	24.82
แห้งแล้งมาก	1,071	1.55	33,872	49.04	14,275	20.67
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 20 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	11	0.02	51,252	74.20	1,209	1.75
ชื้น	1,366	1.98	10,242	14.83	6,775	9.81
ปานกลาง	5,593	8.10	3,350	4.85	7,818	11.32
แห้งแล้ง	3,897	5.64	1,993	2.89	28,529	41.30
แห้งแล้งมาก	58,204	84.27	2,234	3.23	24,740	35.82
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 21 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	6,148	8.90	44,422	64.31	12,225	17.70
ชื้น	8,349	12.09	5,178	7.50	24,310	35.20
ปานกลาง	19,476	28.20	3,141	4.55	16,012	23.18
แห้งแล้ง	23,190	33.57	2,783	4.03	8,155	11.81
แห้งแล้งมาก	11,908	17.24	13,547	19.61	8,369	12.12
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 22 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	63,991	92.65	64,405	93.24	54,599	79.05
ชื้น	5,080	7.35	4,665	6.75	14,472	20.95
แห้งแล้ง	–	–	–	–	–	–
แห้งแล้งมาก	–	–	1	0.00	–	–
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 23 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	65,062	94.20	68,778	99.58	51,402	74.42
ชื้น	4,009	5.80	237	0.34	17,669	25.58
แห้งแล้ง	–	–	2	0.00	–	–
แห้งแล้งมาก	–	–	54	0.08	–	–
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 24 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	67,810	98.17	68,994	99.89	67,889	98.29
ชื้น	1,261	1.83	77	0.11	1,182	1.71
แห้งแล้ง	–	–	–	–	–	–
แห้งแล้งมาก	–	–	–	–	–	–
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 25 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	–	–	–	–
ชื้น	–	–	–	–	–	–
แห้งแล้ง	826	1.20	17,380	25.16	20	0.03
แห้งแล้งมาก	68,245	98.80	51,691	74.84	69,051	99.97
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 26 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	–	–	–	–
ชื้น	–	–	–	–	–	–
แห้งแล้ง	4	0.01	16,408	23.76	6	0.01
แห้งแล้งมาก	69,067	99.99	52,663	76.24	69,065	99.99
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

ตาราง 27 พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

ฤดูกาล	ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ชื้นมาก	–	–	–	–	–	–
ชื้น	–	–	12	0.02	–	–
แห้งแล้ง	675	0.98	28,874	41.80	2,507	3.63
แห้งแล้งมาก	68,396	99.02	40,185	58.18	66,564	96.37
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00	69,071	100.00

1.2 การตรวจสอบพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการแห้งแล้งที่มีผลกระทบต่อการใช้ที่ดินได้ดำเนินการวิเคราะห์เพื่อคำนวณค่าดัชนีจำนวน 4 ดัชนี โดยพิจารณาประเภทการใช้ที่ดินในช่วงระยะเวลา 3 ปี และ 3 ฤดูกาล การวิเคราะห์ดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อแห้งแล้งซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ที่ดินจำนวน 9 ประเภท เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่มีความแม่นยำสำหรับการประเมินและจัดการพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการลดผลกระทบจากสถานการณ์แห้งแล้งที่มีผลต่อการใช้ที่ดินในแต่ละประเภททั้ง 9 ดังนี้

1.2.1 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2548, พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2562 ภายใต้สภาพปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกันจากข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก), พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง), และ พ.ศ. 2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ได้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงปริมาณและสัดส่วนของพื้นที่ในประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน ซึ่งส่งผลต่อการใช้ที่ดินในแต่ละปี การวิเคราะห์นี้ช่วยให้เข้าใจถึงแนวโน้มและความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ดังนี้

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในพื้นที่ต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาหลายปี (พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2562) พบว่า (LU1) พื้นที่นา (A1) มีการลดลงทั้งในเชิงปริมาณและสัดส่วนอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ 11,483 ไร่ (16.62%) และลดลงเหลือ 10,765 ไร่ (15.59%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของพื้นที่สำหรับการปลูกข้าว อันอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำฝนและการจัดสรรที่ดินเพื่อวัตถุประสงค์อื่น

(LU2) พื้นที่พืชไร่ (A2) มีการลดลงอย่างชัดเจนจาก 9,970 ไร่ (14.43%) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เหลือ 7,188 ไร่ (10.41%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งแสดงถึงการลดลงของพื้นที่ปลูกพืชไร่ที่อาจเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนของน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงในการใช้ที่ดิน

(LU3) พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3) และ (LU4) พื้นที่ไม้ผล (A4) พบว่า พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 247 ไร่ (0.36%) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เป็น 3,610 ไร่ (5.23%) ในปี พ.ศ. 2562 ขณะที่พื้นที่ไม้ผล (A4) เพิ่มขึ้นจาก 3,855 ไร่ (5.58%) เป็น 4,039 ไร่ (5.85%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สำหรับพืชเศรษฐกิจ

(LU5) พื้นที่ป่าไม้ (F) ลดลงเล็กน้อยจาก 38,652 ไร่ (55.96%) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เป็น 37,530 ไร่ (54.34%) ในปี พ.ศ. 2562 แม้ว่าจะมีการลดลง แต่พื้นที่ป่ายังคงมีสัดส่วนสูงสุดในโครงสร้างการใช้ที่ดิน

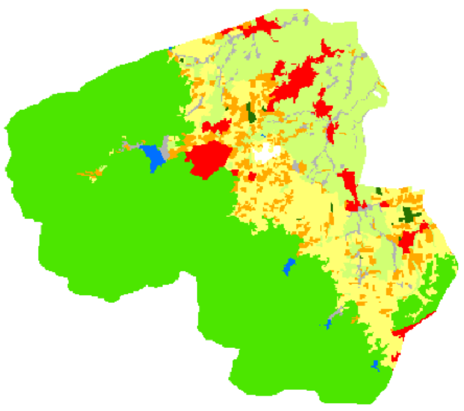
(LU7) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) มีการเพิ่มขึ้นจาก 3,013 ไร่ (4.36%) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เป็น 3,557 ไร่ (5.15%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งสะท้อนถึงการขยายตัวของชุมชน

(LU8) พื้นที่แหล่งน้ำ (W) มีการเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดจาก 331 ไร่ (0.48%) ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เป็น 883 ไร่ (1.28%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งอาจแสดงถึงความพยายามในการเพิ่มพื้นที่เก็บน้ำหรือการจัดการน้ำ

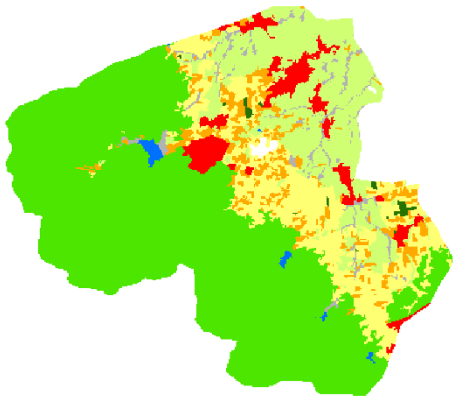
(LU6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) และ (LU9) พื้นที่อื่น ๆ (A5) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ดในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 เพิ่มขึ้นจาก 1,299 ไร่ (1.88%) เป็น 1,330 ไร่ (1.93%) ในปี พ.ศ. 2562 ขณะที่พื้นที่อื่น ๆ ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 ลดลงจาก 221 ไร่ (0.32%) เป็น 169 ไร่ (0.24%) ในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในการใช้ที่ดินในส่วนนี้ ดังตาราง 20

ตาราง 28 ข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ปี พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) และปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)

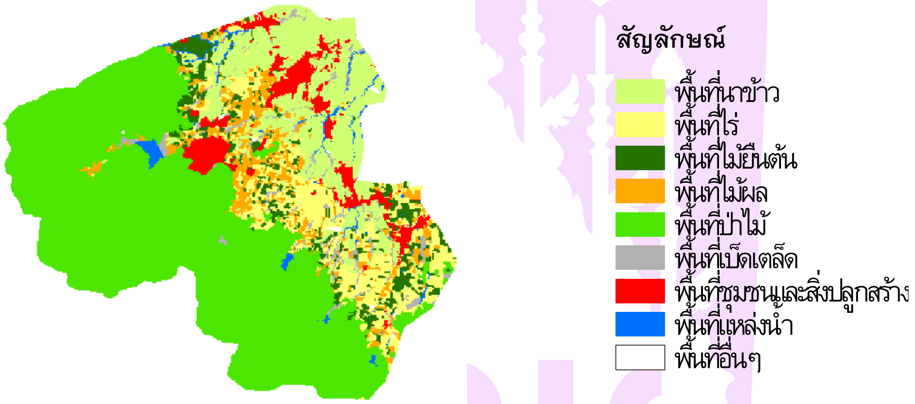
การใช้ที่ดิน	ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก)		ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง)		ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย)	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่นา (A1)	11,483	16.62	11,485	16.63	10,765	15.59
พื้นที่พืชไร่ (A2)	9,970	14.43	9,970	14.43	7,188	10.41
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	247	0.36	247	0.36	3,610	5.23
พื้นที่ไม้ผล (A4)	3,855	5.58	3,855	5.58	4,039	5.85
พื้นที่ป่าไม้ (F)	38,652	55.96	38,652	55.96	37,530	54.34
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	1,299	1.88	1,299	1.88	1,330	1.93
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	3,013	4.36	3,013	4.36	3,557	5.15
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	331	0.48	331	0.48	883	1.28
พื้นที่อื่นๆ (A5)	221	0.32	221	0.32	169	0.24
รวม	**69,071**	**100.00**	**69,073**	**100.00**	**69,071**	**100.00**



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2548



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2550



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2562

ภาพ 21 พื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2548 ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2562

1.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปรียบเทียบดัชนีเชิงพื้นที่ด้วย NDVI, VCI, NMDI และ NDWI มุ่งเน้นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยใช้ดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินสภาพพื้นที่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันระหว่างปี พ.ศ. 2548, 2550 และ 2562 ซึ่งเป็นปีที่มีลักษณะของปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนมาก, ปานกลาง และน้อยตามลำดับ การวิเคราะห์ได้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและความชื้นในพื้นที่

จากการวิเคราะห์ข้อมูล NDVI VCI NMDI และNDWI ในปี พ.ศ. 2548, 2550 และ 2562 ซึ่งสะท้อนถึงสภาพการใช้ที่ดิน (Land Use; LU) ในพื้นที่ตามช่วงเวลาและปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน (มาก, ปานกลาง, และน้อย) พบว่าในพื้นที่ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของ

ความชื้นและภาวะแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในช่วง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว โดยการวิเคราะห์นี้ช่วยให้เห็นถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนที่มีต่อความชื้นและความแห้งแล้งในพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาล

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI จำแนกตามฤดูกาลในปี 2548 ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว พบความแตกต่างของระดับความชื้นในแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ฤดูร้อน ประเภทการใช้ที่ดินที่มีพื้นที่อยู่ในระดับ “ชื้น” มากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (F) คิดเป็นร้อยละ 97.09 ของพื้นที่ชื้นทั้งหมด และร้อยละ 61.68 อยู่ในระดับ “ปานกลาง”

พื้นที่เกษตรกรรม (A1–A5) มีสัดส่วนพื้นที่อยู่ในระดับ “แห้งแล้ง” ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะ A1 ร้อยละ 57.72 และ A2 ร้อยละ 19.19 แสดงถึงความเสี่ยงต่อภัยแล้งในช่วงฤดูร้อน

พื้นที่เมือง (U) และพื้นที่น้ำ (W) มีค่าดัชนีอยู่ในระดับ “ปานกลาง” และ “แห้งแล้ง” ในสัดส่วนที่น่าสังเกต ร้อยละ 4.32 และ ร้อยละ 3.79 ตามลำดับ

ฤดูฝน มีพื้นที่อยู่ในระดับ “ชื้น” สูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ (F) ซึ่งเพิ่มเป็นร้อยละ 94.37 ของพื้นที่ชื้น และยังคงมีสัดส่วน “ปานกลาง” สูงสุดเช่นเดิม ร้อยละ 50.39

พื้นที่เกษตรกรรมถาวรยังคงกระจายอยู่ในระดับ “ปานกลาง” และ “แห้งแล้ง” โดย A1 มี ร้อยละ 21.36 อยู่ในระดับปานกลาง และ ร้อยละ 37.96 อยู่ในระดับแห้งแล้ง

พื้นที่เมือง (U) และพื้นที่น้ำ (W) ยังคงมีค่าดัชนีในระดับ “ปานกลาง” ถึง “แห้งแล้ง” โดยเฉพาะ W ที่มีร้อยละ 3.36 ในระดับแห้งแล้ง

ฤดูหนาว สภาพความชื้นโดยรวมลดลงอย่างชัดเจน โดยไม่มีพื้นที่อยู่ในระดับ “ชื้นมาก” และ “ชื้น” ยกเว้นเพียงพื้นที่ป่าไม้ (F) ที่พบเพียง 114 ไร่ หรือ 100% ของระดับ “ชื้น” ทั้งหมด

พื้นที่เกษตรกรรมเกือบทั้งหมดอยู่ในระดับ “ปานกลาง” และ “แห้งแล้ง” โดย A1 และ A2 มีค่าดัชนีในระดับแห้งแล้ง ร้อยละ 44.67 และ ร้อยละ 31.11 ตามลำดับ

พื้นที่เมือง (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบค่าดัชนีในระดับ “แห้งแล้งมาก” เพียงเล็กน้อย ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 40 ตามลำดับของพื้นที่ที่ปรากฏ

ตาราง 29 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDVI ฤดูร้อน 2548									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	4.00	0.16	8,600.00	14.68	2,879.00	57.72	–	–
(A2)	–	–	18.00	0.71	8,995.00	15.35	957.00	19.19	–	–
(A3)	–	–	–	–	242.00	0.41	242.00	4.85	–	–
(A4)	–	–	–	–	1,244.00	2.12	118.00	2.37	–	–
(F)	–	–	2,473.00	97.09	36,147.00	61.68	32.00	0.64	–	–
(M)	–	–	3.00	0.12	528.00	0.90	90.00	1.80	–	–
(U)	–	–	13.00	0.51	2,532.00	4.32	468.00	9.38	–	–
(W)	–	–	36.00	1.41	106.00	0.18	189.00	3.79	–	–
(A5)	–	–	–	–	208.00	0.35	13.00	0.26	–	–
รวม	–	–	2,547.00	100.00	58,602.00	100.00	4,988.00	100.00	–	–
	NDVI ฤดูฝน 2548									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	64.00	0.38	9,158.00	21.36	2,261.00	37.96	–	–
(A2)	–	–	522.00	3.08	7,682.00	17.92	1,766.00	29.65	–	–
(A3)	–	–	17.00	0.10	17.00	0.04	10.00	0.17	–	–
(A4)	–	–	35.00	0.21	1,176.00	2.74	151.00	2.53	–	–
(F)	–	–	15,973.00	94.37	21,601.00	50.39	1,078.00	18.10	–	–
(M)	–	–	13.00	0.08	605.00	1.41	57.00	0.96	–	–
(U)	–	–	114.00	0.67	2,467.00	5.75	432.00	7.25	–	–
(W)	–	–	60.00	0.35	71.00	0.17	200.00	3.36	–	–
(A5)	–	–	128.00	0.76	91.00	0.21	2.00	0.03	–	–
รวม	–	–	16,926.00	100.00	42,868.00	100.00	5,957.00	100.00	–	–
	NDVI ฤดูหนาว 2548									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	–	–	2,795.00	5.90	8,688.00	44.67	–	–
(A2)	–	–	–	–	1,766.00	3.73	6,050.00	31.11		–

(A3)	–	–	–	–	109.00	0.23	138.00	0.71	–	–
(A4)	–	–	–	–	2,493.00	5.27	1,362.00	7.00	–	–
(F)	–	–	114.00	100.00	38,006.00	80.27	532.00	2.74	–	–
(M)	–	–	–	–	624.00	1.32	675.00	3.47	–	–
(U)	–	–	–	–	1,308.00	2.76	1,702.00	8.75	3.00	60.00
(W)	–	–	–	–	62.00	0.13	267.00	1.37	2.00	40.00
(A5)	–	–	–	–	187.00	0.39	34.00	0.17		–
รวม	–	–	114.00	100.00	47,350.00	100.00	19,448.00	100.00	5.00	100.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI จำแนกตามฤดูกาลในปี พ.ศ. 2550 พบว่า พื้นที่แต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีระดับความชื้นแตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดู โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ฤดูร้อน จากข้อมูลพบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับ "ปานกลาง" และ "แห้งแล้ง" โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ (F) มีพื้นที่อยู่ในระดับแห้งแล้งถึงร้อยละ 43.91 และปานกลางมากถึงร้อยละ 97.29 ของพื้นที่ทั้งหมดในกลุ่มนี้ รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่ (A1) (A2) และ (A4) มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับแห้งแล้งประมาณร้อยละ 17.73, 15.39 และ 5.82 ตามลำดับ โดยแทบไม่พบพื้นที่ที่อยู่ในระดับชื้นหรือชื้นมาก

ฤดูฝน

ในฤดูฝน พบว่าพื้นที่ป่าไม้ (F) มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้งเป็นส่วนใหญ่ โดยอยู่ในระดับชื้นร้อยละ 65.36 และปานกลางร้อยละ 42.44 ขณะที่พื้นที่แห้งแล้งและแห้งแล้งมากคิดเป็นร้อยละ 74.23 และ 48.98 ของแต่ละประเภทตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรม (A1), (A2) และ (A4) มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลางในสัดส่วนที่สูง โดยเฉพาะพื้นที่ (A1) และ (A2) คิดเป็นร้อยละ 18.10 และ 15.16 ตามลำดับ

ฤดูหนาว ในฤดูหนาว พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลางและแห้งแล้ง โดยพื้นที่ป่าไม้ (F) พบค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุดถึงร้อยละ 79.85 ขณะที่พื้นที่แห้งแล้งอยู่ที่ร้อยละ 14.17 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม เช่น (A1), (A2), และ (A4) พบค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับแห้งแล้งเกินร้อยละ 25 โดยไม่ปรากฏพื้นที่ที่มีความชื้นในระดับชื้นหรือชื้นมากอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเพียงกรณีพื้นที่ป่าไม้ (F) ที่มีพื้นที่ขนาดเล็กอยู่ในระดับชื้น 1 ไร่

ตาราง 30 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDVI ฤดูร้อน 2550									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	57.00	0.54	11,428.00	17.73	-	-
(A2)	-	-	-	-	49.00	0.46	9,921.00	15.39	-	-
(A3)	-	-	-	-	1.00	0.01	246.00	0.38	-	-
(A4)	-	-	-	-	104.00	0.98	3,749.00	5.82	-	-
(F)	-	-	-	-	10,357.00	97.29	28,300.00	43.91	-	-
(M)	-	-	-	-	25.00	0.23	1,273.00	1.98	-	-
(U)	-	-	-	-	13.00	0.12	2,997.00	4.65	-	-
(W)	-	-	-	-	13.00	0.12	315.00	0.49	2.00	100.00
(A5)	-	-	-	-	-	-	221.00	0.34	-	-
รวม	-	-	-	-	10,645.00	100.00	64,444.00	100.00	2.00	100.00
	NDVI ฤดูฝน 2550									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	2,977.00	12.26	8,490.00	18.10	18.00	0.47	-	-
(A2)	-	-	2,622.00	10.80	7,113.00	15.16	235.00	6.12	-	-
(A3)	-	-	45.00	0.19	202.00	0.43	-	-	-	-
(A4)	-	-	990.00	4.08	2,854.00	6.08	9.00	0.23	-	-
(F)	-	-	15,871.00	65.36	19,911.00	42.44	2,851.00	74.23	24.00	48.98
(M)	-	-	516.00	2.13	780.00	1.66	2.00	0.05	-	-
(U)	-	-	375.00	1.54	2,467.00	5.26	168.00	4.37	-	-
(W)	-	-	12.00	0.05	77.00	0.16	216.00	5.62	25.00	51.02
(A5)	-	-	124.00	0.51	91.00	0.19	6.00	0.16	-	-
รวม	-	-	24,282.00	100.00	46,919.00	100.00	3,841.00	100.00	49.00	100.00
	NDVI ฤดูหนาว 2550									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	1,843.00	4.32	9,642.00	29.73	-	-
(A2)	-	-	-	-	1,731.00	4.06	8,239.00	25.40	-	-

(A3)	–	–	–	–	19.00	0.04	228.00	0.70	–	–
(A4)	–	–	–	–	1,751.00	4.11	2,102.00	6.48	–	–
(F)	–	–	1.00	100.00	34,059.00	79.85	4,597.00	14.17	–	–
(M)	–	–	–	–	395.00	0.93	903.00	2.78	–	–
(U)	–	–	–	–	936.00	2.19	2,073.00	6.39	1.00	100.00
(W)	–	–	–	–	34.00	0.08	296.00	0.91	–	–
(A5)	–	–	–	–	15.00	0.04	206.00	0.64	–	–
รวม	–	–	1.00	100.00	42,655.00	100.00	32,432.00	100.00	1.00	300.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI) ตามฤดูกาลในปี พ.ศ. 2562 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับความชื้นในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยจำแนกออกเป็นฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ดังนี้

ฤดูร้อน ในฤดูร้อน พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลางและแห้งแล้ง โดยพื้นที่ป่าไม้ (F) มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70.39 รองลงมาคือระดับแห้งแล้งร้อยละ 10.81 ซึ่งบ่งชี้ถึงความเขียวของพืชพรรณที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในบางพื้นที่ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม เช่น (A1) และ (A2) มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับแห้งแล้งสูงถึงร้อยละ 40.50 และ 26.07 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) พบค่าดัชนี NDVI ในระดับแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 88.24 ซึ่งสะท้อนถึงการขาดแคลนพืชพรรณโดยทั่วไปในบริเวณดังกล่าว

ฤดูฝน ในฤดูฝน พื้นที่ป่าไม้ (F) ยังคงเป็นพื้นที่ที่มีความเขียวชอุ่มมากที่สุด โดยพบค่าดัชนี NDVI ในระดับชื้นถึงร้อยละ 62.33 และปานกลางร้อยละ 30.43 ขณะเดียวกันพื้นที่เกษตรกรรม เช่น (A1) และ (A2) มีแนวโน้มของค่าดัชนี NDVI เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (ร้อยละ 27.06 และ 16.61 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับฤดูร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการฟื้นตัวของพืชพรรณในช่วงฤดูฝน สำหรับพื้นที่ที่มีค่าดัชนี NDVI ในระดับแห้งแล้งมาก พบได้ในพื้นที่ป่าไม้ถึงร้อยละ 95.06 และในพื้นที่ชุมชนร้อยละ 3.29 ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับลักษณะของพืชพรรณชนิดต่าง ๆ หรือกิจกรรมการใช้ที่ดินในพื้นที่นั้น ๆ

ฤดูหนาว ในฤดูหนาว พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าดัชนี NDVI อยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ (F) ที่มีสัดส่วนร้อยละ 63.71 ตามมาด้วยพื้นที่เกษตรกรรม เช่น (A4) และ (A2) ที่อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 7.16 และ 10.09 ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่แห้งแล้งเริ่มปรากฏเพิ่มขึ้น

โดยพื้นที่ (A1) มีสัดส่วนค่าดัชนี NDVI ในระดับแห้งแล้งถึงร้อยละ 69.16 ซึ่งสะท้อนถึงความแห้งแล้งของพืชพรรณหลังฤดูฝน นอกจากนี้ยังพบค่าดัชนี NDVI ในระดับแห้งแล้งมากในพื้นที่ชุมชนและแหล่งน้ำ เช่น (U) และ (W) คิดเป็นร้อยละ 20.83 และ 79.17 ตามลำดับ

ตาราง 31 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDVI ฤดูร้อน 2562									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	1.00	0.11	3,566.00	7.08	7,198.00	40.50	–	–
(A2)	–	–	13.00	1.39	2,541.00	5.05	4,634.00	26.07	–	–
(A3)	–	–	724.00	77.60	2,215.00	4.40	671.00	3.78	–	–
(A4)	–	–	10.00	1.07	3,229.00	6.41	800.00	4.50	–	–
(F)	–	–	166.00	17.79	35,442.00	70.39	1,922.00	10.81	–	–
(M)	–	–	1.00	0.11	1,015.00	2.02	314.00	1.77	–	–
(U)	–	–	18.00	1.93	1,854.00	3.68	1,670.00	9.40	15.00	88.24
(W)	–	–	–	–	413.00	0.82	468.00	2.63	2.00	11.76
(A5)	–	–	–	–	74.00	0.15	95.00	0.53	–	–
รวม	–	–	933.00	100.00	50,349.00	100.00	17,772.00	100.00	17.00	100.00
NDVI ฤดูฝน 2562										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	2,842.00	10.43	7,869.00	27.06	54.00	0.44	–	–
(A2)	–	–	2,056.00	7.54	4,830.00	16.61	302.00	2.45	–	–
(A3)	–	–	2,388.00	8.76	1,209.00	4.16	12.00	0.10	1.00	0.24
(A4)	–	–	1,515.00	5.56	2,467.00	8.48	57.00	0.46	–	–
(F)	4.00	100.00	16,986.00	62.33	8,849.00	30.43	11,287.00	91.69	404.00	95.06
(M)	–	–	680.00	2.50	635.00	2.18	15.00	0.12	–	–
(U)	–	–	456.00	1.67	2,709.00	9.32	378.00	3.07	14.00	3.29
(W)	–	–	279.00	1.02	395.00	1.36	203.00	1.65	6.00	1.41
(A5)	–	–	48.00	0.18	119.00	0.41	2.00	0.02	–	–
รวม	4.00	100.00	27,250.00	100.00	29,082.00	100.00	12,310.00	100.00	425.00	100.00
NDVI ฤดูหนาว 2562										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	

	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	–	–	2.00	0.06	2,726.00	5.04	8,037.00	69.16	–	–
(A2)	–	–	12.00	0.37	5,462.00	10.09	1,714.00	14.75	–	–
(A3)	–	–	187.00	5.82	3,335.00	6.16	88.00	0.76	–	–
(A4)	–	–	21.00	0.65	3,873.00	7.16	145.00	1.25	–	–
(F)	–	–	2,970.00	92.38	34,478.00	63.71	82.00	0.71	–	–
(M)	–	–	4.00	0.12	1,213.00	2.24	113.00	0.97	–	–
(U)	–	–	13.00	0.40	2,314.00	4.28	1,205.00	10.37	25.00	20.83
(W)	–	–	6.00	0.19	605.00	1.12	177.00	1.52	95.00	79.17
(A5)	–	–	–	–	109.00	0.20	60.00	0.52	–	–
รวม	–	–	3,215.00	100.00	54,115.00	100.00	11,621.00	100.00	120.00	100.00

การวิเคราะห์ดัชนี VCI ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าระดับความชื้นของพืชพรรณมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามฤดูกาลและประเภทการใช้ที่ดิน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ฤดูร้อน ในฤดูร้อน พื้นที่ป่าไม้ (F) ส่วนใหญ่มีค่าดัชนี VCI อยู่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 91.39 และชื้นร้อยละ 70.28 สะท้อนให้เห็นถึงสภาพพืชพรรณที่อุดมสมบูรณ์แม้อยู่ในช่วงฤดูแล้ง ตรงกันข้ามกับพื้นที่เกษตรกรรมประเภท (A1) และ (A2) ที่มีแนวโน้มค่าดัชนี VCI ในระดับปานกลางถึงแห้งแล้งมาก โดย (A1) มีค่าดัชนี VCI ในระดับแห้งแล้งร้อยละ 57.49 และแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 62.37 ขณะที่พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W) มีการกระจายค่าดัชนี VCI ค่อนข้างหลากหลาย โดยส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในระดับปานกลางถึงแห้งแล้ง

ฤดูฝน ในฤดูฝน พื้นที่ส่วนใหญ่เริ่มแสดงถึงการฟื้นตัวของพืชพรรณ โดยพื้นที่เกษตรกรรมประเภท (A1) มีค่าดัชนี VCI ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 30.72 และชื้นร้อยละ 48.82 ส่วนพื้นที่ป่าไม้ (F) มีค่าดัชนี VCI ในระดับแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 80.13 ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะของระบบนิเวศป่าที่ตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลอย่างรวดเร็ว พื้นที่เกษตรกรรม (A2) มีแนวโน้มกระจายตัวของค่าดัชนี VCI ค่อนข้างหลากหลาย โดยอยู่ในทุกระดับตั้งแต่ชื้นมากจนถึงแห้งแล้งมาก แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของพืชผลและวิธีการจัดการพื้นที่ที่แตกต่างกัน

ฤดูหนาว ในฤดูหนาว พบว่าพื้นที่ป่าไม้ (F) ยังคงมีค่าดัชนี VCI ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 99.05 และชื้นร้อยละ 97.47 แต่ในขณะเดียวกันพบการลดลงอย่างชัดเจนของค่าดัชนีใน

ระดับปานกลางและแห้งแล้ง เช่นเดียวกับพื้นที่เกษตรกรรม (A1) และ (A2) ที่มีค่าดัชนี VCI ในระดับแห้งแล้งถึงแห้งแล้งมากสูงถึงร้อยละ 23.12 และ 26.97 ตามลำดับ ซึ่งอาจสะท้อนถึงผลกระทบจากการสิ้นสุดฤดูฝน รวมถึงความจำกัดของน้ำในระบบเกษตรกรรม นอกจากนี้พื้นที่ชุมชน (U) และแหล่งน้ำ (W) มีค่าดัชนี VCI ในระดับแห้งแล้งและแห้งแล้งมากเช่นกัน สะท้อนถึงลักษณะพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณตามธรรมชาติ

ตาราง 32 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	VCI ฤดูร้อน 2548									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	112.00	0.51	880.00	3.82	4,304.00	30.47	4,304.00	57.49	668.00	62.37
(A2)	672.00	3.04	2,927.00	12.70	4,288.00	30.35	1,852.00	24.74	231.00	21.57
(A3)	18.00	0.08	111.00	0.48	107.00	0.76	11.00	0.15	–	–
(A4)	271.00	1.23	1,369.00	5.94	1,625.00	11.50	502.00	6.70	88.00	8.22
(F)	20,211.00	91.39	16,204.00	70.28	2,114.00	14.96	115.00	1.54	8.00	0.75
(M)	81.00	0.37	319.00	1.38	592.00	4.19	275.00	3.67	32.00	2.99
(U)	557.00	2.52	1,062.00	4.61	1,000.00	7.08	366.00	4.89	28.00	2.61
(W)	125.00	0.57	82.00	0.36	72.00	0.51	37.00	0.49	15.00	1.40
(A5)	68.00	0.31	102.00	0.44	25.00	0.18	25.00	0.33	1.00	0.09
รวม	22,115.00	100.00	23,056.00	100.00	14,127.00	100.00	7,487.00	100.00	1,071.00	100.00
	VCI ฤดูฝน 2548									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	1,023.00	30.72	3,437.00	48.82	4,459.00	42.46	1,914.00	13.36	650.00	1.92
(A2)	939.00	28.20	1,619.00	23.00	1,868.00	17.79	2,658.00	18.56	2,886.00	8.52
(A3)	3.00	0.09	11.00	0.16	33.00	0.31	92.00	0.64	108.00	0.32
(A4)	183.00	5.50	380.00	5.40	645.00	6.14	1,238.00	8.64	1,409.00	4.16
(F)	1,054.00	31.65	1,118.00	15.88	2,389.00	22.75	6,951.00	48.54	27,140.00	80.13
(M)	39.00	1.17	136.00	1.93	358.00	3.41	452.00	3.16	314.00	0.93
(U)	74.00	2.22	294.00	4.18	662.00	6.30	912.00	6.37	1,071.00	3.16
(W)	15.00	0.45	43.00	0.61	69.00	0.66	71.00	0.50	133.00	0.39
(A5)	–	–	2.00	0.03	19.00	0.18	33.00	0.23	161.00	0.48

รวม	3,330.00	100.00	7,040.00	100.00	10,502.00	100.00	14,321.00	100.00	33,872.00	100.00
VCI ฤดูหนาว 2548										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	14.00	0.28	36.00	0.29	382.00	1.88	3,964.00	23.12	7,087.00	49.65
(A2)	23.00	0.47	135.00	1.09	1,197.00	5.88	4,625.00	26.97	3,990.00	27.95
(A3)	-	-	-	-	47.00	0.23	135.00	0.79	65.00	0.46
(A4)	6.00	0.12	44.00	0.36	766.00	3.76	1,936.00	11.29	1,103.00	7.73
(F)	4,876.00	99.05	12,054.00	97.47	17,024.00	83.61	4,198.00	24.48	500.00	3.50
(M)	-	-	7.00	0.06	142.00	0.70	601.00	3.51	549.00	3.85
(U)	2.00	0.04	81.00	0.65	581.00	2.85	1,498.00	8.74	851.00	5.96
(W)	2.00	0.04	8.00	0.06	72.00	0.35	145.00	0.85	104.00	0.73
(A5)	-	-	2.00	0.02	149.00	0.73	44.00	0.26	26.00	0.18
รวม	4,923.00	100.00	12,367.00	100.00	20,360.00	100.00	17,146.00	100.00	14,275.00	100.00

การวิเคราะห์ดัชนี VCI ในปี พ.ศ. 2550 พบว่าระดับความชื้นของพืชพรรณมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามฤดูกาลและประเภทการใช้ที่ดิน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2550 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ที่อยู่ในสภาพ “ชื้นมาก” สูงที่สุด ร้อยละ 53.66 รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ (A1) และพื้นที่ (A2) คิดเป็นร้อยละ 20.46 และ 12.97 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่อยู่ในสภาพ “แห้งแล้งมาก” พบมากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้เช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ของพื้นที่ทั้งหมดในช่วงนี้ที่จัดอยู่ในระดับความแห้งแล้งมาก

ฤดูฝน พื้นที่ป่าไม้ยังคงครองสัดส่วนที่สูงในระดับความชื้น “ชื้นมาก” โดยมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 53.66 ของพื้นที่ในระดับนี้ และในระดับ “แห้งแล้งมาก” มีพื้นที่สูงสุดที่คิดเป็นร้อยละ 91.67 เช่นเดียวกับฤดูร้อน อย่างไรก็ตาม พื้นที่ (A2) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระดับความแห้งแล้ง โดยเฉพาะระดับ “ปานกลาง” และ “แห้งแล้ง” ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 26.30 และ 16.51 ตามลำดับ

ฤดูหนาว พบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยพื้นที่ที่อยู่ในสภาพ “ชื้นมาก” ลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะพื้นที่ (A1) และ (A2) มีพื้นที่ในระดับนี้เพียง 1 และ 4 ไร่ตามลำดับ คิดเป็นไม่ถึงร้อยละ 0.5 ของพื้นที่ในกลุ่มนี้ ในทางกลับกัน พื้นที่ในระดับ “แห้งแล้งมาก” กลับมีการ

เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะพื้นที่เกษตร A1 และ A2 ซึ่งมีพื้นที่อยู่ในระดับ “แห้งแล้งมาก” คิดเป็นร้อยละ 35.75 และ 28.86 ของพื้นที่ในระดับนี้

ตาราง 33 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว)

LU	VCI ฤดูร้อน 2550									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	10,488.00	20.46	832.00	8.12	128.00	3.82	35.00	1.76	2.00	0.09
(A2)	6,645.00	12.97	2,055.00	20.06	881.00	26.30	329.00	16.51	60.00	2.69
(A3)	219.00	0.43	27.00	0.26	1.00	0.03	-	-	-	-
(A4)	2,819.00	5.50	775.00	7.57	214.00	6.39	41.00	2.06	4.00	0.18
(F)	27,502.00	53.66	5,870.00	57.31	1,782.00	53.19	1,455.00	73.01	2,048.00	91.67
(M)	1,059.00	2.07	167.00	1.63	58.00	1.73	12.00	0.60	2.00	0.09
(U)	2,292.00	4.47	463.00	4.52	180.00	5.37	57.00	2.86	18.00	0.81
(W)	34.00	0.07	42.00	0.41	99.00	2.96	56.00	2.81	99.00	4.43
(A5)	194.00	0.38	11.00	0.11	7.00	0.21	8.00	0.40	1.00	0.04
รวม	51,252.00	100.00	10,242.00	100.00	3,350.00	100.00	1,993.00	100.00	2,234.00	100.00
VCI ฤดูฝน 2550										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	10,488.00	20.46	832.00	8.12	128.00	3.82	35.00	1.76	2.00	0.09
(A2)	6,645.00	12.97	2,055.00	20.06	881.00	26.30	329.00	16.51	60.00	2.69
(A3)	219.00	0.43	27.00	0.26	1.00	0.03	-	-	-	-
(A4)	2,819.00	5.50	775.00	7.57	214.00	6.39	41.00	2.06	4.00	0.18
(F)	27,502.00	53.66	5,870.00	57.31	1,782.00	53.19	1,455.00	73.01	2,048.00	91.67
(M)	1,059.00	2.07	167.00	1.63	58.00	1.73	12.00	0.60	2.00	0.09
(U)	2,292.00	4.47	463.00	4.52	180.00	5.37	57.00	2.86	18.00	0.81
(W)	34.00	0.07	42.00	0.41	99.00	2.96	56.00	2.81	99.00	4.43
(A5)	194.00	0.38	11.00	0.11	7.00	0.21	8.00	0.40	1.00	0.04
รวม	51,252.00	100.00	10,242.00	100.00	3,350.00	100.00	1,993.00	100.00	2,234.00	100.00
VCI ฤดูหนาว 2550										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	

	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	1.00	0.08	6.00	0.09	117.00	1.50	2,516.00	8.82	8,845.00	35.75
(A2)	4.00	0.33	12.00	0.18	202.00	2.58	2,611.00	9.15	7,141.00	28.86
(A3)	–	–	–	–	1.00	0.01	47.00	0.16	199.00	0.80
(A4)	1.00	0.08	4.00	0.06	121.00	1.55	1,722.00	6.04	2,005.00	8.10
(F)	,096.00	90.65	6,693.00	98.79	7,044.00	90.10	19,624.00	68.79	4,200.00	16.98
(M)	–	–	2.00	0.03	21.00	0.27	409.00	1.43	866.00	3.50
(U)	1.00	0.08	46.00	0.68	253.00	3.24	1,483.00	5.20	1,227.00	4.96
(W)	106.00	8.77	12.00	0.18	59.00	0.75	63.00	0.22	90.00	0.36
(A5)	–	–	–	–	–	–	54.00	0.19	167.00	0.68
รวม	1,209.00	100.00	6,775.00	100.00	7,818.00	100.00	28,529.00	100.00	24,740.00	100.00

การวิเคราะห์ดัชนี VCI ในปี พ.ศ. 2562 พบว่าระดับความชื้นของพืชพรรณมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามฤดูกาลและประเภทการใช้ที่ดิน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 42.97 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับประเภทอื่นๆ ส่วนพื้นที่การเกษตร (A1, A2, A3, A4) ส่วนใหญ่มีระดับความชื้นต่ำ โดยพื้นที่การเกษตร (A1) พบว่ามีพื้นที่ในระดับแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 46.20 และในระดับแห้งแล้งร้อยละ 19.09 นอกจากนี้ พื้นที่ประเภทที่ไม่ใช่การเกษตร เช่น พื้นที่น้ำ (W) และพื้นที่ชุมชน (U) พบว่าในพื้นที่ชุมชน (U) มีพื้นที่แห้งแล้งมากถึงร้อยละ 5.43 ซึ่งสะท้อนถึงความท้าทายในการจัดการความชื้นในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงและฝนตกน้อย

ฤดูฝน พื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงมีความชื้นสูง โดย พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีพื้นที่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 44.67 และในระดับชื้นร้อยละ 24.22 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการฟื้นฟูของความชื้นในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้ พื้นที่การเกษตรในฤดูฝนยังพบว่าในพื้นที่ (A1) พื้นที่ส่วนใหญ่พบว่าอยู่ในระดับชื้นมากร้อยละ 21.37 และระดับชื้นร้อยละ 18.00 อย่างไรก็ตาม พื้นที่บางส่วนยังคงมีระดับความแห้งแล้ง โดยเฉพาะในพื้นที่การเกษตรประเภทอื่นๆ เช่น A2 และ A3 ซึ่งมีพื้นที่ในระดับแห้งแล้งรวมกันร้อยละ 13.13 และร้อยละ 12.86 ตามลำดับ

ฤดูหนาว พื้นที่ส่วนใหญ่ของ พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) ยังคงมีความชื้นสูง โดยพบว่าในระดับชื้นมากและชื้นรวมกันมีจำนวนร้อยละ 75.44 ส่วนพื้นที่การเกษตรและอื่นๆ เช่น พื้นที่

(A1, A2) พบว่ามีพื้นที่ในระดับแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 80.80 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขาดความชื้นในพื้นที่เกษตรในฤดูหนาว พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ที่ไม่ใช่การเกษตร (M, U) พบว่าในพื้นที่ชุมชน (U) มีพื้นที่ในระดับแห้งแล้งมากถึงร้อยละ 5.11 และพื้นที่ที่เหลือมีระดับความชื้นต่ำถึงปานกลาง

ตาราง 34 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	VCI ฤดูร้อน 2562									
	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	29.00	0.47	132.00	1.58	677.00	3.48	4,426.00	19.09	5,501.00	46.20
(A2)	47.00	0.76	153.00	1.83	996.00	5.11	3,044.00	13.13	2,948.00	24.76
(A3)	990.00	16.10	517.00	6.19	640.00	3.29	1,182.00	5.10	281.00	2.36
(A4)	41.00	0.67	318.00	3.81	1,544.00	7.93	1,702.00	7.34	434.00	3.64
(F)	4,963.00	80.73	7,006.00	83.91	13,996.00	71.86	9,964.00	42.97	1,601.00	13.44
(M)	4.00	0.07	49.00	0.59	442.00	2.27	632.00	2.73	203.00	1.70
(U)	69.00	1.12	145.00	1.74	981.00	5.04	1,715.00	7.40	647.00	5.43
(W)	5.00	0.08	29.00	0.35	174.00	0.89	445.00	1.92	230.00	1.93
(A5)	-	-	-	-	26.00	0.13	80.00	0.34	63.00	0.53
รวม	6,148.00	100.00	8,349.00	100.00	19,476.00	100.00	23,190.00	100.00	11,908.00	100.00
	VCI ฤดูฝน 2562									
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	9,494.00	21.37	932.00	18.00	238.00	7.58	73.00	2.62	28.00	0.21
(A2)	4,663.00	10.50	1,284.00	24.80	785.00	24.99	358.00	12.86	98.00	0.72
(A3)	3,307.00	7.44	225.00	4.35	53.00	1.69	17.00	0.61	8.00	0.06
(A4)	3,212.00	7.23	512.00	9.89	190.00	6.05	68.00	2.44	57.00	0.42
(F)	19,845.00	44.67	1,254.00	24.22	1,310.00	41.71	1,947.00	69.96	13,174.00	97.25
(M)	1,100.00	2.48	142.00	2.74	63.00	2.01	23.00	0.83	2.00	0.01
(U)	2,123.00	4.78	711.00	13.73	430.00	13.69	181.00	6.50	112.00	0.83
(W)	544.00	1.22	91.00	1.76	68.00	2.16	114.00	4.10	66.00	0.49
(A5)	134.00	0.30	27.00	0.52	4.00	0.13	2.00	0.07	2.00	0.01
รวม	44,422.00	100.00	5,178.00	100.00	3,141.00	100.00	2,783.00	100.00	13,547.00	100.00

VCI ฤดูหนาว 2562										
LU	ชื้นมาก		ชื้น		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	11.00	0.09	170.00	0.70	169.00	1.10	3,013.00	36.95	6,762.00	80.80
(A2)	250.00	2.04	1,164.00	4.79	2,744.00	17.85	2,290.00	28.08	740.00	8.84
(A3)	812.00	6.64	1,572.00	6.47	979.00	6.37	193.00	2.37	54.00	0.65
(A4)	223.00	1.82	1,697.00	6.98	1,625.00	10.57	416.00	5.10	78.00	0.93
(F)	10,786.00	88.23	18,340.00	75.44	7,574.00	49.27	764.00	9.37	66.00	0.79
(M)	10.00	0.08	449.00	1.85	587.00	3.82	233.00	2.86	51.00	0.61
(U)	78.00	0.64	734.00	3.02	1,314.00	8.55	1,003.00	12.30	428.00	5.11
(W)	54.00	0.44	155.00	0.64	332.00	2.16	178.00	2.18	164.00	1.96
(A5)	1.00	0.01	29.00	0.12	48.00	0.31	65.00	0.80	26.00	0.31
รวม	12,225.00	100.00	24,310.00	100.00	15,372.00	100.00	8,155.00	100.00	8,369.00	100.00

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี NMDI จำแนกตามประเภทการใช้ที่ดินในฤดูกาลต่างๆ ของปี พ.ศ.2548

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NMDI ของปี 2548 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงให้เห็นถึงสภาพความชื้นของพื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา โดยค่าดัชนี NMDI ถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ชื้นมาก, ปานกลาง, แห้งแล้ง, และแห้งแล้งมาก ซึ่งสะท้อนถึงความชื้นและสถานะของพื้นที่ในแต่ละฤดูกาล

ฤดูร้อน พบว่าพื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" สูงถึงร้อยละ 62.20 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับประเภทอื่นๆ ในขณะที่พื้นที่การเกษตร (A1, A2, A3, A4) ส่วนใหญ่มีความชื้นในระดับปานกลาง โดยพื้นที่เกษตร (A1 และ A2) พบว่าในระดับปานกลางมีพื้นที่ร้อยละ 46.78 ในฤดูร้อนนี้, พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) พบว่ามีพื้นที่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 4.69 ขณะที่พื้นที่น้ำ (W) มีสัดส่วนเล็กน้อยในระดับชื้นมากและปานกลาง

ฤดูฝน พบว่า พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) ยังคงมีความชื้นสูง โดยมีพื้นที่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 59.98 และในระดับปานกลางร้อยละ 0.51 ในขณะที่พื้นที่ (A1) มีพื้นที่ในระดับปานกลางร้อยละ 79.25 ซึ่งสะท้อนถึงการเพิ่มขึ้นของความชื้นในฤดูฝน สำหรับพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่

ชุมชน (U) พบว่ามีพื้นที่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 4.63 และพื้นที่น้ำ (W) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในระดับความชื้น

ฤดูหนาว พื้นที่ส่วนใหญ่ของ พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) ยังคงมีความชื้นในระดับสูง โดยพบว่าในระดับชื้นมากและปานกลางรวมกันมีพื้นที่ร้อยละ 65.93 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับปานกลางร้อยละ 45.31 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลดลงของความชื้นในพื้นที่การเกษตร พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) พบว่ามีพื้นที่ในระดับชื้นมากถึงร้อยละ 4.91 ขณะที่พื้นที่น้ำ (W) พบว่าในระดับชื้นมากมีพื้นที่ร้อยละ 0.60 และระดับปานกลางร้อยละ 3.40

ตาราง 35 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NMDI ฤดูร้อน 2548							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	7,520	12.11	3,963	46.78	–	–	–	–
(A2)	7,520	12.11	3,963	46.78	–	–	–	–
(A3)	243	0.39	4	0.05	–	–	–	–
(A4)	3,622	5.83	233	2.75	–	–	–	–
(F)	38,636	62.20	16	0.19	–	–	–	–
(M)	1,114	1.79	185	2.18	–	–	–	–
(U)	2,913	4.69	100	1.18	–	–	–	–
(W)	330	0.53	1	0.01	–	–	–	–
(A5)	214	0.34	7	0.08	–	–	–	–
รวม	62,112	100.00	8,472	100.00	–	–	–	–
	NMDI ฤดูฝน 2548							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	7,786	12.09	3,697	79.25	–	–	–	–
(A2)	9,314	14.46	656	14.06	–	–	–	–
(A3)	242	0.38	5	0.11	–	–	–	–
(A4)	3,701	5.75	154	3.30	–	–	–	–
(F)	38,627	59.98	24	0.51	–	–	1	100.00
(M)	1,201	1.86	98	2.10	–	–	–	–
(U)	2,984	4.63	29	0.62	–	–	–	–

(W)	331	0.51		–	–	–	–	–
(A5)	219	0.34	2	0.04	–	–	–	–
รวม	64,405	100.00	4,665	100.00	–	–	1	100.00
NMDI ฤดูหนาว 2548								
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	4,926	9.02	6,557	45.31	–	–	–	–
(A2)	6,658	12.19	3,312	22.89	–	–	–	–
(A3)	70	0.13	177	1.22	–	–	–	–
(A4)	2,997	5.49	858	5.93	–	–	–	–
(F)	35,997	65.93	2,655	18.35	–	–	–	–
(M)	807	1.48	492	3.40	–	–	–	–
(U)	2,683	4.91	330	2.28	–	–	–	–
(W)	329	0.60	2	0.01	–	–	–	–
(A5)	132	0.24	89	0.61	–	–	–	–
รวม	54,599	100.00	14,472	100.00	–	–	–	–

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NMDI ของปี 2550 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงถึงการกระจายตัวของความชื้นในดินตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" สูงถึงร้อยละ 59.27 ขณะที่พื้นที่ (A1) มีพื้นที่ในระดับ "ปานกลาง" สูงถึงร้อยละ 71.34 ซึ่งสะท้อนถึงความแห้งแล้งที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงฤดูร้อนนี้ ในขณะเดียวกัน พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" และ "ปานกลาง" ในอัตราที่ต่ำ โดยเฉพาะพื้นที่น้ำ (W) ที่มีพื้นที่ในระดับชื้นมากเพียงร้อยละ 0.50

ฤดูฝน พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) ยังคงมีความชื้นสูง โดยพบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่ถึงร้อยละ 56.11 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 16.68 แต่มีบางพื้นที่ที่พบระดับความชื้นต่ำ เช่น พื้นที่ (A2) ที่พบพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ถึงร้อยละ 3.80 สำหรับพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยในระดับความชื้น โดยพื้นที่ชุมชน (U) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" ร้อยละ 4.37 และพื้นที่น้ำ (W) มีความชื้นในระดับที่ต่ำ

ฤดูหนาว พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" สูงถึงร้อยละ 62.50 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "ปานกลาง" มีพื้นที่ร้อยละ 41.60 ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของความชื้นในดินในฤดูหนาว ในขณะที่พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 5.06 ขณะที่พื้นที่น้ำ (W) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่เพียงร้อยละ 0.64

ตาราง 36 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NMDI ฤดูร้อน 2550							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	8,625.00	13.26	2,860.00	71.34	–	–	–	–
(A2)	9,482.00	14.57	488.00	12.17	–	–	–	–
(A3)	208.00	0.32	39.00	0.97	–	–	–	–
(A4)	3,614.00	5.55	239.00	5.96	–	–	–	–
(F)	38,560.00	59.27	97.00	2.42	–	–	–	–
(M)	1,126.00	1.73	172.00	4.29	–	–	–	–
(U)	2,902.00	4.46	108.00	2.69	–	–	–	–
(W)	327.00	0.50	3.00	0.07	–	–	–	–
(A5)	218.00	0.34	3.00	0.07	–	–	–	–
รวม	65,062.00	100.00	4,009.00	100.00	–	–	–	–
	NMDI ฤดูฝน 2550							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	11,469.00	16.68	16.00	6.75	–	–	–	–
(A2)	9,804.00	14.25	166.00	70.04	–	–	–	–
(A3)	247.00	0.36	–	–	–	–	–	–
(A4)	3,816.00	5.55	37.00	15.61	–	–	–	–
(F)	38,592.00	56.11	9.00	3.80	2.00	100.00	54.00	100.00
(M)	1,293.00	1.88	5.00	2.11	–	–	–	–
(U)	3,006.00	4.37	4.00	1.69	–	–	–	–
(W)	330.00	0.48	–	–	–	–	–	–
(A5)	221.00	0.32	–	–	–	–	–	–

รวม	68,778.00	100.00	237.00	100.00	2.00	100.00	54.00	100.00
NMDI ฤดูหนาว 2550								
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	4,135.00	8.04	7,350.00	41.60	–	–	–	–
(A2)	7,908.00	15.38	2,062.00	11.67	–	–	–	–
(A3)	158.00	0.31	89.00	0.50	–	–	–	–
(A4)	3,096.00	6.02	757.00	4.28	–	–	–	–
(F)	32,125.00	62.50	6,532.00	36.97	–	–	–	–
(M)	840.00	1.63	458.00	2.59	–	–	–	–
(U)	2,603.00	5.06	407.00	2.30	–	–	–	–
(W)	328.00	0.64	2.00	0.01	–	–	–	–
(A5)	209.00	0.41	12.00	0.07	–	–	–	–
รวม	51,402.00	100.00	17,669.00	100.00	–	–	–	–

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NMDI ของปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงถึงการกระจายตัวของความชื้นในดินตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาล ดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" สูงถึงร้อยละ 49.34 และพื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 14.25 ขณะที่พื้นที่ในระดับ "ปานกลาง" ของ (A1) และ (F) ก็ยังมีพื้นที่ในสัดส่วนที่สูง ในขณะที่พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบว่ามีความชื้นในระดับต่ำ โดยพื้นที่ชุมชน (U) มีพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" ร้อยละ 4.72 และพื้นที่น้ำ (W) มีพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" ร้อยละ 1.18

ฤดูฝน พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) ยังคงมีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" สูงถึงร้อยละ 49.33 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 14.13 ซึ่งสะท้อนถึงสภาวะที่ความชื้นในดินสูงในพื้นที่ป่าไม้และการเกษตร ในขณะที่พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) พบว่ามีการกระจายตัวในระดับ "ชื้นมาก" ร้อยละ 4.66 แต่ก็ยังมีพื้นที่ในระดับความชื้นที่ต่ำในบางพื้นที่

ฤดูหนาว พื้นที่ประเภทป่าไม้ (F) พบว่าในระดับ "ชื้นมาก" มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 50.06 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" ร้อยละ 12.90 และมีการ

เปลี่ยนแปลงในระดับความชื้นที่ต่ำลงในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ประเภทน้ำ (W) และพื้นที่ชุมชน (U) ที่มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" ต่ำมาก

ตาราง 37 ดัชนี NMDI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NMDI ฤดูร้อน 2562							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	10,669.00	14.25	96.00	7.33	–	–	–	–
(A2)	7,061.00	9.43	127.00	9.70	–	–	–	–
(A3)	3,247.00	4.34	363.00	27.73	–	–	–	–
(A4)	4,009.00	5.35	30.00	2.29	–	–	–	–
(F)	36,948.00	49.34	582.00	44.46	–	–	–	–
(M)	1,297.00	1.73	33.00	2.52	–	–	–	–
(U)	3,533.00	4.72	24.00	1.83	–	–	–	–
(W)	883.00	1.18	6.00	0.46	–	–	–	–
(A5)	169.00	0.23	–	–	–	–	–	–
รวม	74,882.00	100.00	1,309.00	100.00	–	–	–	–

LU	NMDI ฤดูฝน 2562							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	10,753.00	14.13	12.00	11.21	–	–	–	–
(A2)	7,168.00	9.42	20.00	18.69	–	–	–	–
(A3)	3,604.00	4.74	6.00	5.61	–	–	–	–
(A4)	4,024.00	5.29	15.00	14.02	–	–	–	–
(F)	37,529.00	49.33	1.00	0.93	–	–	–	–
(M)	1,322.00	1.74	8.00	7.48	–	–	–	–
(U)	3,542.00	4.66	15.00	14.02	–	–	–	–
(W)	883.00	1.16	–	–	–	–	–	–
(A5)	169.00	0.22	–	–	–	–	–	–
รวม	76,078.00	100.00	107.00	100.00	–	–	–	–

LU	NMDI ฤดูหนาว 2562							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ

(A1)	9,670.00	12.90	1,095.00	90.65	-	-	-	-
(A2)	7,151.00	9.54	37.00	3.06	-	-	-	-
(A3)	3,601.00	4.80	9.00	0.75	-	-	-	-
(A4)	4,038.00	5.39	1.00	0.08	-	-	-	-
(F)	37,529.00	50.06	1.00	0.08	-	-	-	-
(M)	1,313.00	1.75	17.00	1.41	-	-	-	-
(U)	3,541.00	4.72	16.00	1.32	-	-	-	-
(W)	878.00	1.17	-	-	-	-	-	-
(A5)	168.00	0.22	-	-	-	-	-	-
รวม	74,971.00	100.00	1,208.00	100.00	-	-	-	-

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDWI ของปี 2548 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงถึงการกระจายตัวของความชื้นในดินตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 55.50 และ พื้นที่ (A1) พบว่ามีพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ร้อยละ 16.83 ขณะที่พื้นที่ประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ที่ต่ำ ในฤดูร้อนนี้ สัดส่วนพื้นที่ในระดับ "ชื้นมาก" ของทุกประเภทการใช้ที่ดินมีค่าต่ำมาก

ฤดูฝน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) ยังคงมีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 42.31 ขณะที่พื้นที่ (A1) และพื้นที่อื่นๆ พบการกระจายตัวในระดับ "แห้งแล้งมาก" ที่สูง โดยพื้นที่ (A1) มีพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ร้อยละ 22.15 ในขณะที่พื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ชุมชน (U) และพื้นที่น้ำ (W) พบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ที่ค่อนข้างต่ำ

ฤดูหนาว พื้นที่ป่าไม้ (F) พบว่าในระดับ "แห้งแล้งมาก" มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 55.95 ขณะที่พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "แห้งแล้งมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 16.63 การกระจายตัวของความชื้นในฤดูหนาวนี้แสดงให้เห็นถึงระดับน้ำในดินที่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่มีระดับความชื้นต่ำ

ตาราง 38 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDWI ฤดูร้อน 2548							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	11,483	16.83
(A2)	-	-	-	-	1	0.12	9,969	14.61
(A3)	-	-	-	-	-	-	247	0.36
(A4)	-	-	-	-	8	0.97	3,847	5.64
(F)	-	-	-	-	777	94.07	37,875	55.50
(M)	-	-	-	-	14	1.69	1,285	1.88
(U)	-	-	-	-	3	0.36	3,010	4.41
(W)	-	-	-	-	23	2.78	308	0.45
(A5)	-	-	-	-	-	-	221	0.32
รวม	-	-	-	-	826.00	100.00	68,245.00	100.00
NDWI ฤดูฝน 2548								
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	33	0.19	11,450	22.15
(A2)	-	-	-	-	164	0.94	9,806	18.97
(A3)	-	-	-	-	10	0.06	237	0.46
(A4)	-	-	-	-	155	0.89	3,700	7.16
(F)	-	-	-	-	16,783	96.57	21,869	42.31
(M)	-	-	-	-	59	0.34	1,240	2.40
(U)	-	-	-	-	84	0.48	2,929	5.67
(W)	-	-	-	-	63	0.36	268	0.52
(A5)	-	-	-	-	29	0.17	192	0.37
รวม	-	-	-	-	17,380.00	100.00	51,691.00	100.00
NDWI ฤดูหนาว 2548								
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	11,483	16.63
(A2)	-	-	-	-	1	5.00	9,969	14.44

(A3)	–	–	–	–	–	–	247	0.36
(A4)	–	–	–	–	–	–	3,855	5.58
(F)	–	–	–	–	19	95.00	38,633	55.95
(M)	–	–	–	–	–	–	1,299	1.88
(U)	–	–	–	–	–	–	3,013	4.36
(W)	–	–	–	–	–	–	331	0.48
(A5)	–	–	–	–	–	–	221	0.32
รวม	–	–	–	–	20.00	100.00	69,051.00	100.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDWI ของปี 2550 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงถึงการกระจายตัวของความชื้นในดินตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 55.96 ขณะที่ พื้นที่ (A1) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ร้อยละ 16.63 พื้นที่การเกษตรอื่นๆ เช่น พื้นที่ (A2) และ พื้นที่อื่นๆ (U, W, A5) พบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ค่อนข้างต่ำ การกระจายตัวในระดับนี้สะท้อนถึงการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ส่วนใหญ่ในฤดูร้อน

ฤดูฝน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) ยังคงมีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 58.11 ขณะที่ พื้นที่ (A1) พบว่าในระดับ "แห้งแล้ง" มีพื้นที่ร้อยละ 38.34 และในระดับ "แห้งแล้งมาก" มีพื้นที่ร้อยละ 9.86 การกระจายตัวของน้ำในดินแสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูฝนยังคงมีการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่การเกษตร

ฤดูหนาว พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 55.96 ขณะที่ พื้นที่ (A1) มีพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ร้อยละ 16.63 และพื้นที่การเกษตรอื่นๆ เช่น พื้นที่ (A2) และ พื้นที่อื่นๆ (U, W, A5) ยังมีการกระจายตัวของน้ำที่แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน

ตาราง 39 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDWI ฤดูร้อน 2550							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	11,485.00	16.63
(A2)	-	-	-	-	-	-	9,970.00	14.44
(A3)	-	-	-	-	-	-	247.00	0.36
(A4)	-	-	-	-	-	-	3,853.00	5.58
(F)	-	-	-	-	4.00	100.00	38,653.00	55.96
(M)	-	-	-	-	-	-	1,298.00	1.88
(U)	-	-	-	-	-	-	3,010.00	4.36
(W)	-	-	-	-	-	-	330.00	0.48
(A5)	-	-	-	-	-	-	221.00	0.32
รวม	-	-	-	-	4.00	100.00	69,067.00	100.00
	NDWI ฤดูฝน 2550							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	6,291.00	38.34	5,194.00	9.86
(A2)	-	-	-	-	886.00	5.40	9,084.00	17.25
(A3)	-	-	-	-	11.00	0.07	236.00	0.45
(A4)	-	-	-	-	447.00	2.72	3,406.00	6.47
(F)	-	-	-	-	8,057.00	49.10	30,600.00	58.11
(M)	-	-	-	-	452.00	2.75	846.00	1.61
(U)	-	-	-	-	242.00	1.47	2,768.00	5.26
(W)	-	-	-	-	14.00	0.09	316.00	0.60
(A5)	-	-	-	-	8.00	0.05	213.00	0.40
รวม	-	-	-	-	16,408.00	100.00	52,663.00	100.00
	NDWI ฤดูหนาว 2550							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	11,485.00	16.63
(A2)	-	-	-	-	1.00	16.67	9,969.00	14.43

(A3)	-	-	-	-	-	-	247.00	0.36
(A4)	-	-	-	-	-	-	3,853.00	5.58
(F)	-	-	-	-	5.00	83.33	38,652.00	55.96
(M)	-	-	-	-	-	-	1,298.00	1.88
(U)	-	-	-	-	-	-	3,010.00	4.36
(W)	-	-	-	-	-	-	330.00	0.48
(A5)	-	-	-	-	-	-	221.00	0.32
รวม	-	-	-	-	6.00	100.00	69,065.00	100.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนี NDWI ของปี 2562 จำแนกตามฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) แสดงถึงการกระจายตัวของความชื้นในดินตามประเภทการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงฤดูกาลดังนี้

ฤดูร้อน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 49.51 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่ พื้นที่ (A1) และ พื้นที่ (A2) มีพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" อยู่ที่ร้อยละ 14.26 และ 9.52 ตามลำดับ โดย พื้นที่ (A3) พบว่าอยู่ในระดับ "แห้งแล้ง" ถึงร้อยละ 71.51 การกระจายตัวของน้ำในฤดูร้อนสะท้อนให้เห็นถึงการขาดแคลนน้ำในดินในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่การเกษตรที่มีการใช้น้ำมาก

ฤดูฝน พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนพื้นที่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" อยู่ที่ร้อยละ 36.25 ขณะที่ พื้นที่ (A1) และ พื้นที่ (A2) พบว่าอยู่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ที่ร้อยละ 13.24 และ 13.03 ตามลำดับ โดย พื้นที่ (A3) และ พื้นที่ (A4) มีการกระจายตัวในระดับที่ค่อนข้างหลากหลาย นอกจากนี้ (F) และ (M) ยังมีการกระจายของน้ำที่สะท้อนถึงปัญหาความชื้นในดินที่มีความแห้งแล้งในบางพื้นที่

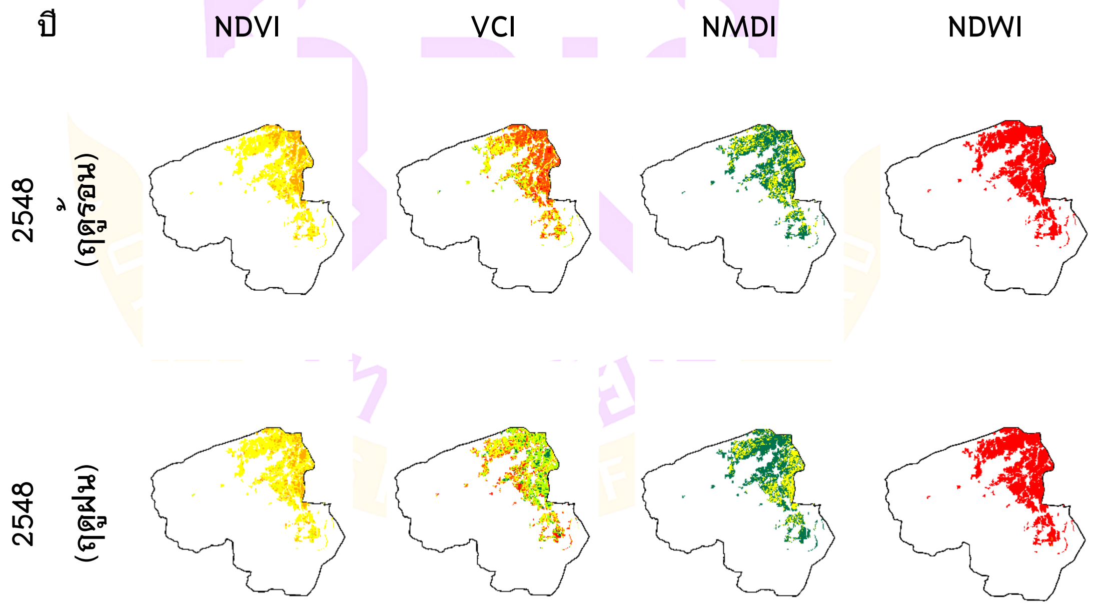
ฤดูหนาว พบว่า พื้นที่ป่าไม้ (F) มีสัดส่วนในระดับ "แห้งแล้งมาก" สูงถึงร้อยละ 49.30 ขณะที่ พื้นที่ (A1) พบว่าอยู่ในระดับ "แห้งแล้งมาก" ที่ร้อยละ 14.14 และ พื้นที่ (A2) และ พื้นที่ (A3) แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของน้ำในดินที่มีความแห้งแล้งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้น้ำและการเกษตร

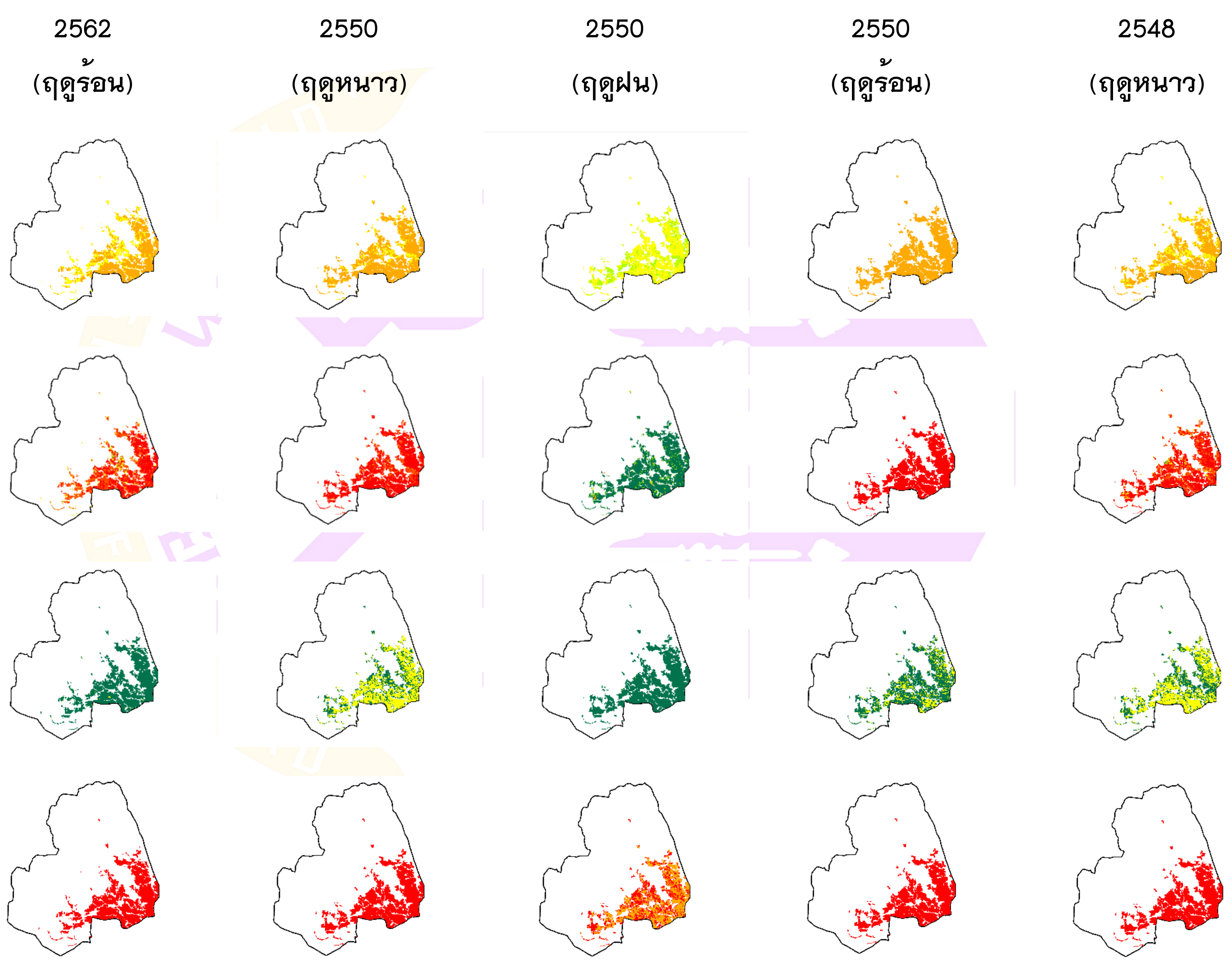
ตาราง 40 ดัชนี NDWI ปี พ.ศ.2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) ทั้ง 3 ช่วงเวลา (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

LU	NDWI ฤดูร้อน 2562							
	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	10,765.00	14.26
(A2)	-	-	-	-	4.00	0.58	7,184.00	9.52
(A3)	-	-	-	-	497.00	71.51	3,113.00	4.12
(A4)	-	-	-	-	6.00	0.86	4,033.00	5.34
(F)	-	-	-	-	158.00	22.73	37,372.00	49.51
(M)	-	-	-	-	-	-	1,330.00	1.76
(U)	-	-	-	-	10.00	1.44	3,547.00	4.70
(W)	-	-	-	-	-	-	883.00	1.17
(A5)	-	-	-	-	-	-	169.00	0.22
รวม	-	-	-	-	695.00	100.00	75,490.00	100.00
	NDWI ฤดูฝน 2562							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	3,918.00	13.24	6,847.00	14.70
(A2)	-	-	-	-	1,118.00	3.78	6,070.00	13.03
(A3)	-	-	-	-	1,210.00	4.09	2,400.00	5.15
(A4)	-	-	-	-	837.00	2.83	3,202.00	6.87
(F)	-	-	12.00	100.00	20,635.00	69.72	16,883.00	36.25
(M)	-	-	-	-	539.00	1.82	791.00	1.70
(U)	-	-	-	-	361.00	1.22	3,196.00	6.86
(W)	-	-	-	-	217.00	0.73	666.00	1.43
(A5)	-	-	-	-	39.00	0.13	130.00	0.28
รวม	-	-	12.00	100.00	29,596.00	100.00	46,577.00	100.00
	NDWI ฤดูหนาว 2562							
LU	ชื้นมาก		ปานกลาง		แห้งแล้ง		แห้งแล้งมาก	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
(A1)	-	-	-	-	-	-	10,765.00	14.14
(A2)	-	-	-	-	9.00	0.36	7,179.00	9.43

(A3)	–	–	–	–	11.00	0.44	3,599.00	4.73
(A4)	–	–	–	–	28.00	1.11	4,011.00	5.27
(F)	–	–	–	–	2,451.00	97.53	37,530.00	49.30
(M)	–	–	–	–	2.00	0.08	1,328.00	1.74
(U)	–	–	–	–	3.00	0.12	3,554.00	4.67
(W)	–	–	–	–	3.00	0.12	880.00	1.16
(A5)	–	–	–	–	–	–	169.00	0.22
รวม	–	–	–	–	2,513.00	100.00	76,123.00	100.00

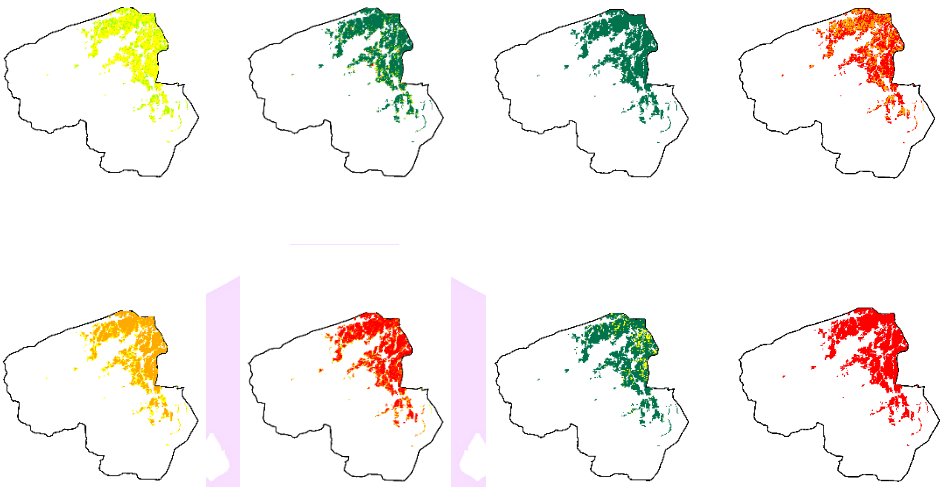
การนำเสนอข้อมูลภาพของดัชนี 4 ประเภท ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI ในแต่ละฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว ได้ถูกดำเนินการเพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินใน 9 ประเภทที่จัดกลุ่มตามลักษณะการใช้งานหรือสภาพพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน การนำเสนอข้อมูลดังกล่าวทำได้โดยการใช้แผนที่เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Maps) ซึ่งช่วยให้สามารถแสดงการกระจายตัวของดัชนีในแต่ละฤดูกาลและลักษณะของพื้นที่ในช่วงเวลาต่างๆ ได้อย่างชัดเจน โดยมีการแสดงผล ดังภาพ 22 ถึง 30




2562
(ฤดูร้อน)
2550
(ฤดูหนาว)
2550
(ฤดูฝน)
2550
(ฤดูร้อน)
2548
(ฤดูหนาว)

2562 (ฤดูฝน)

2562 (ฤดูหนาว)



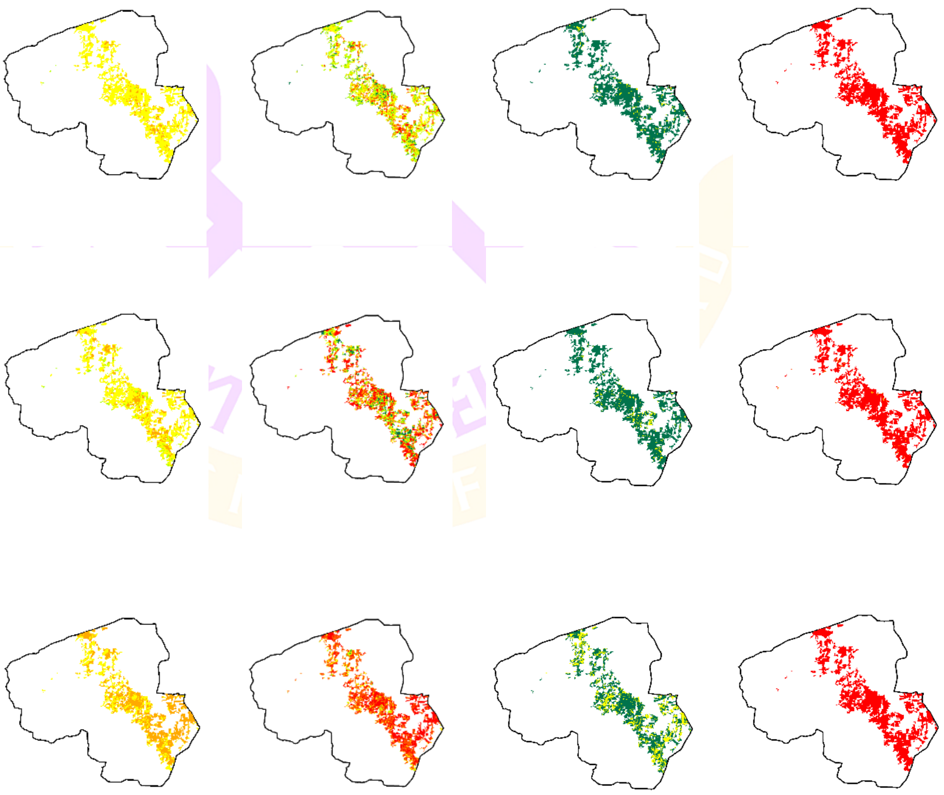
ภาพ 22 การใช้ที่ดิน (LU1) พื้นที่นา

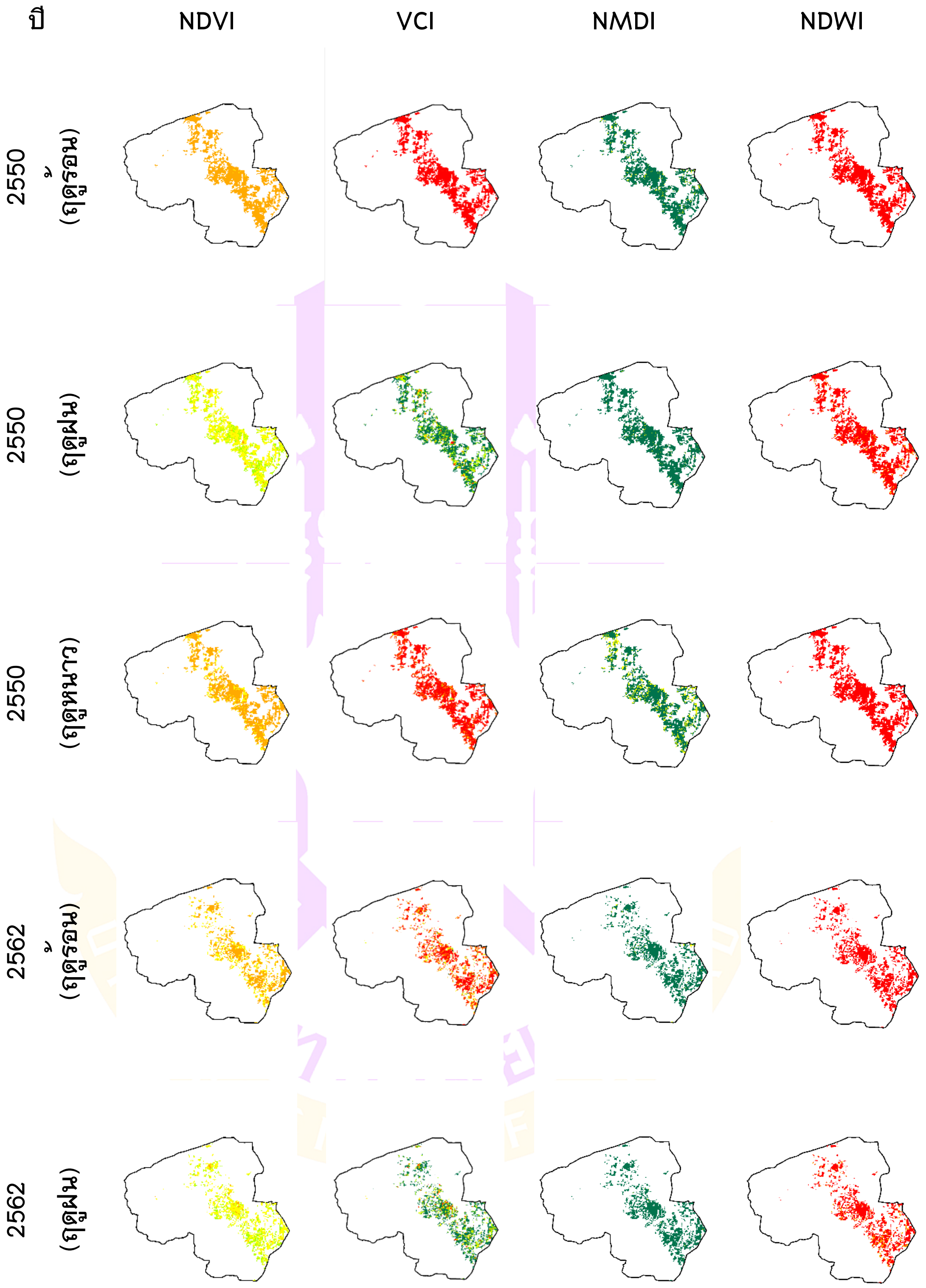
ปี	NDVI	VCI	NMDI	NDWI

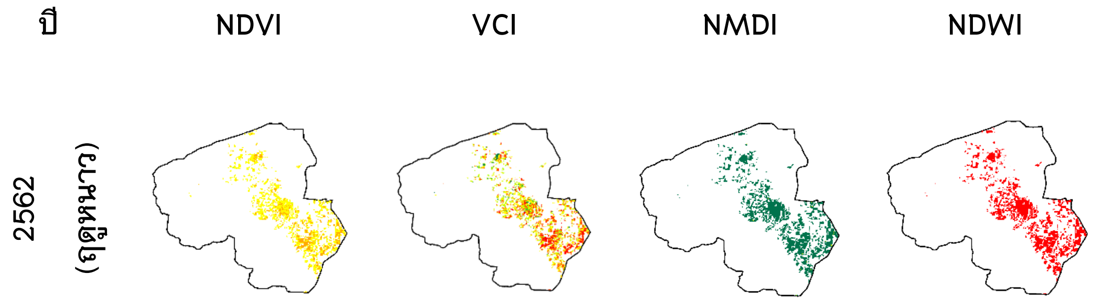
2548 (ฤดูร้อน)

2548 (ฤดูฝน)

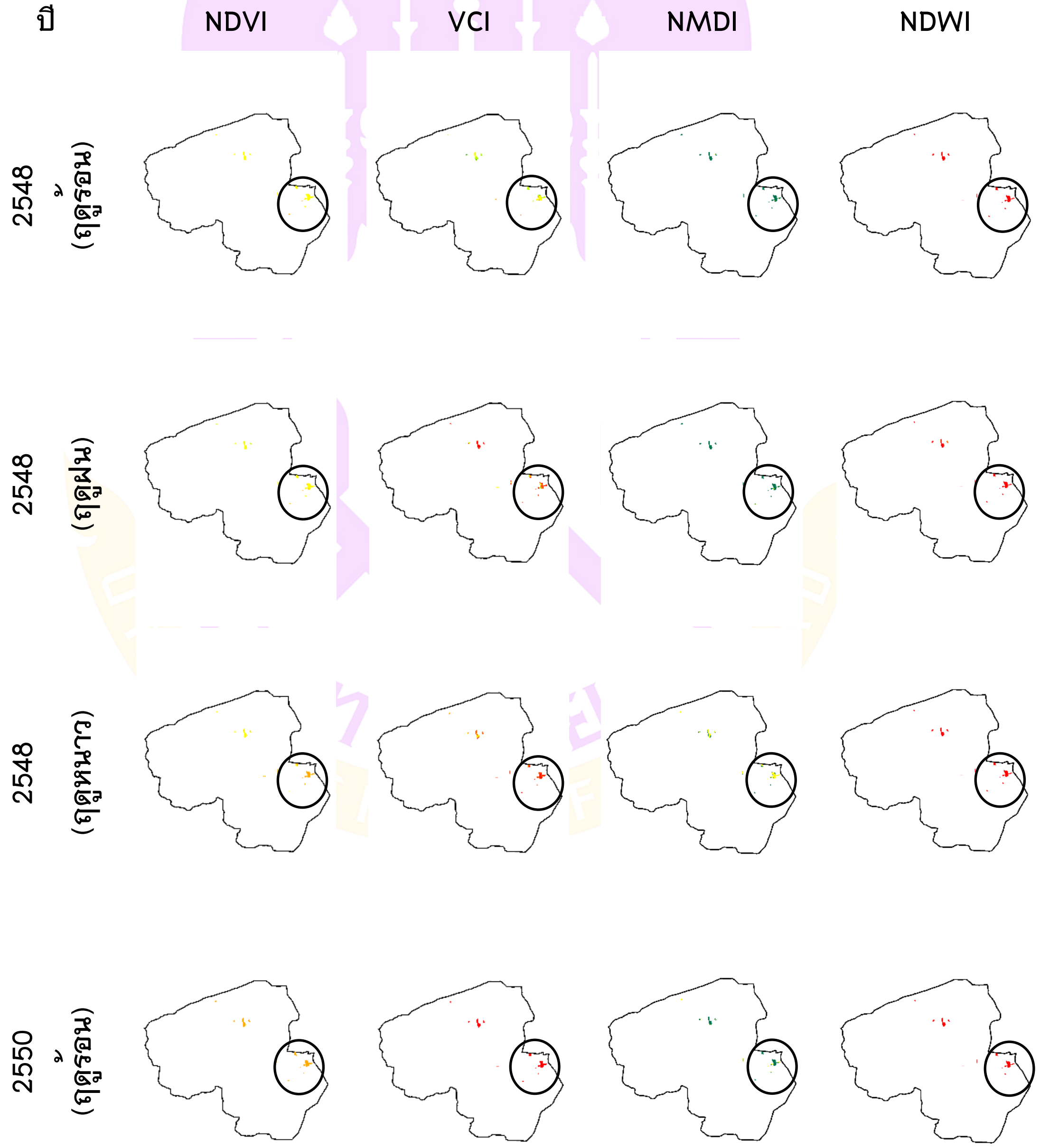
2548 (ฤดูหนาว)

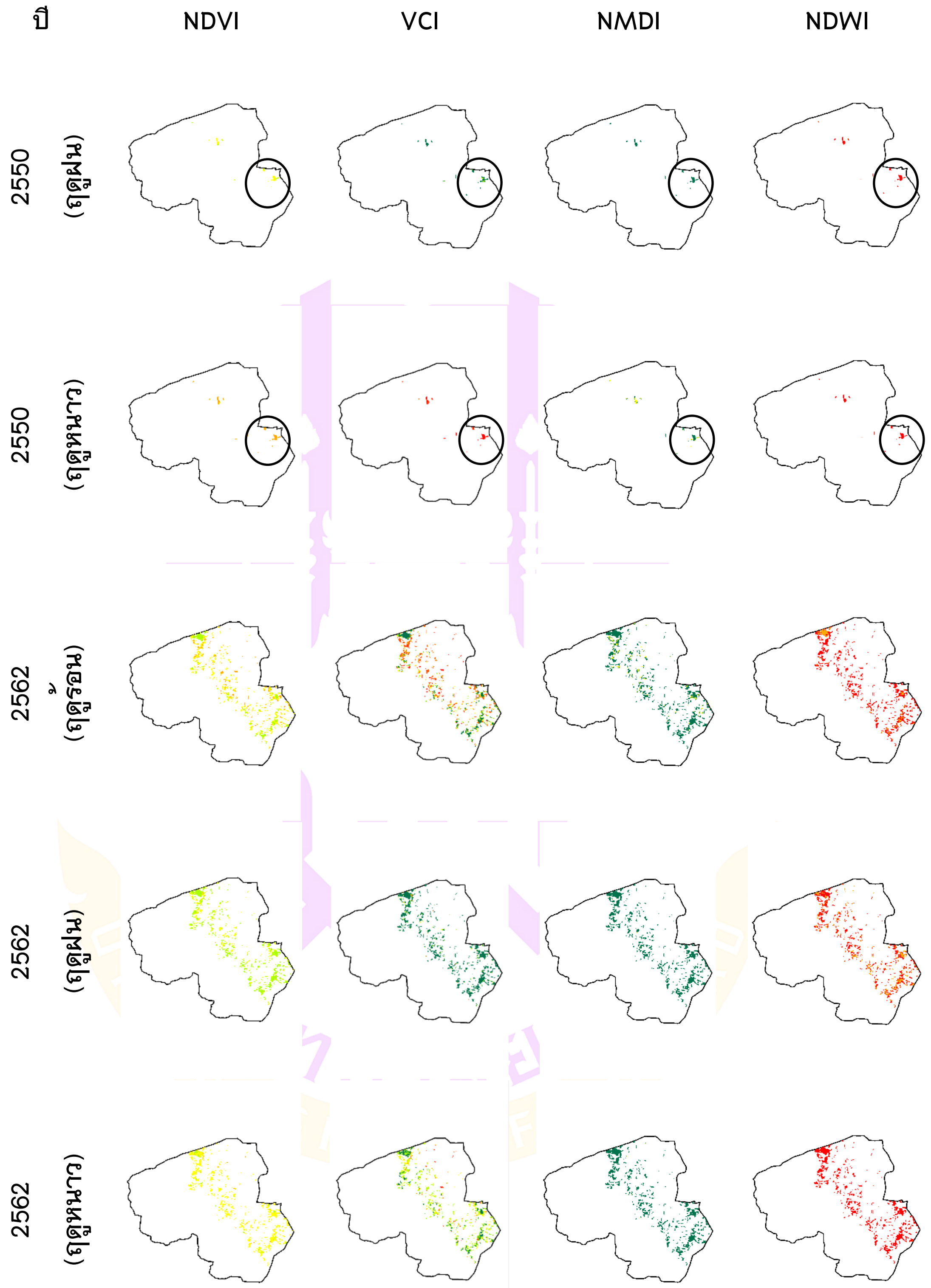



ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)
2550 (ฤดูหนาว)
2562 (ฤดูร้อน)
2562 (ฤดูฝน)

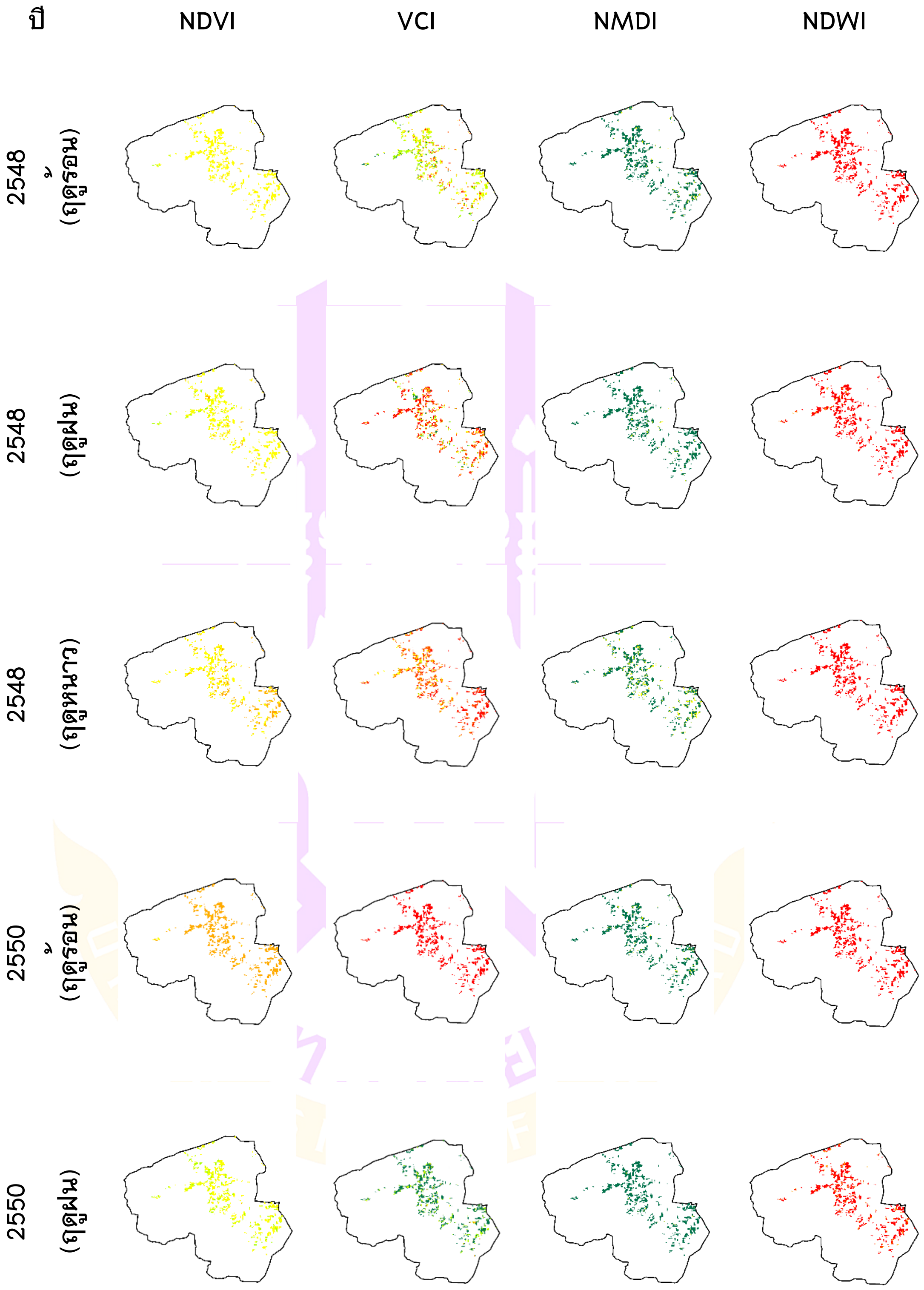


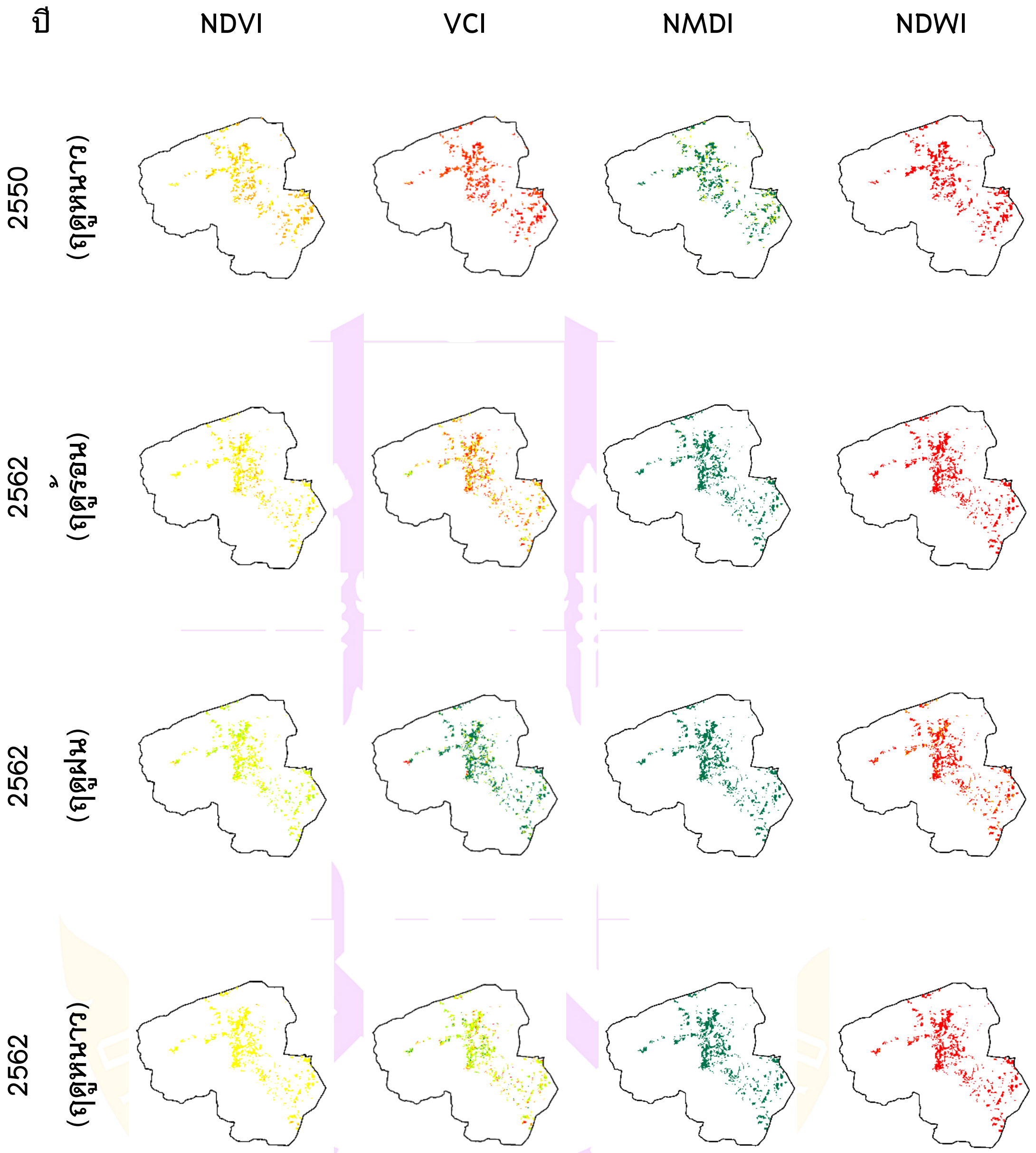
ภาพ 23 การใช้ที่ดิน (LU2) พืชไร่



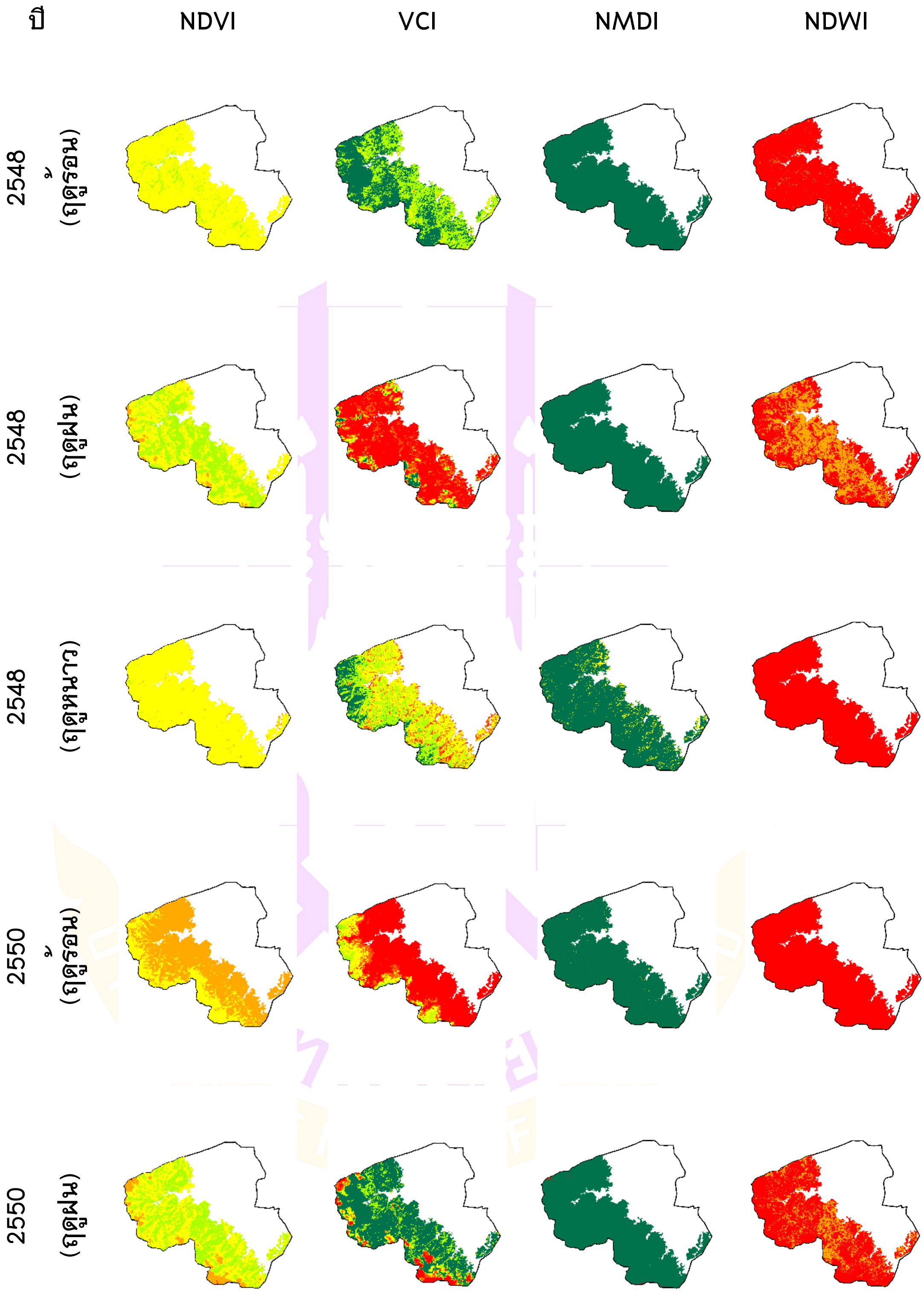


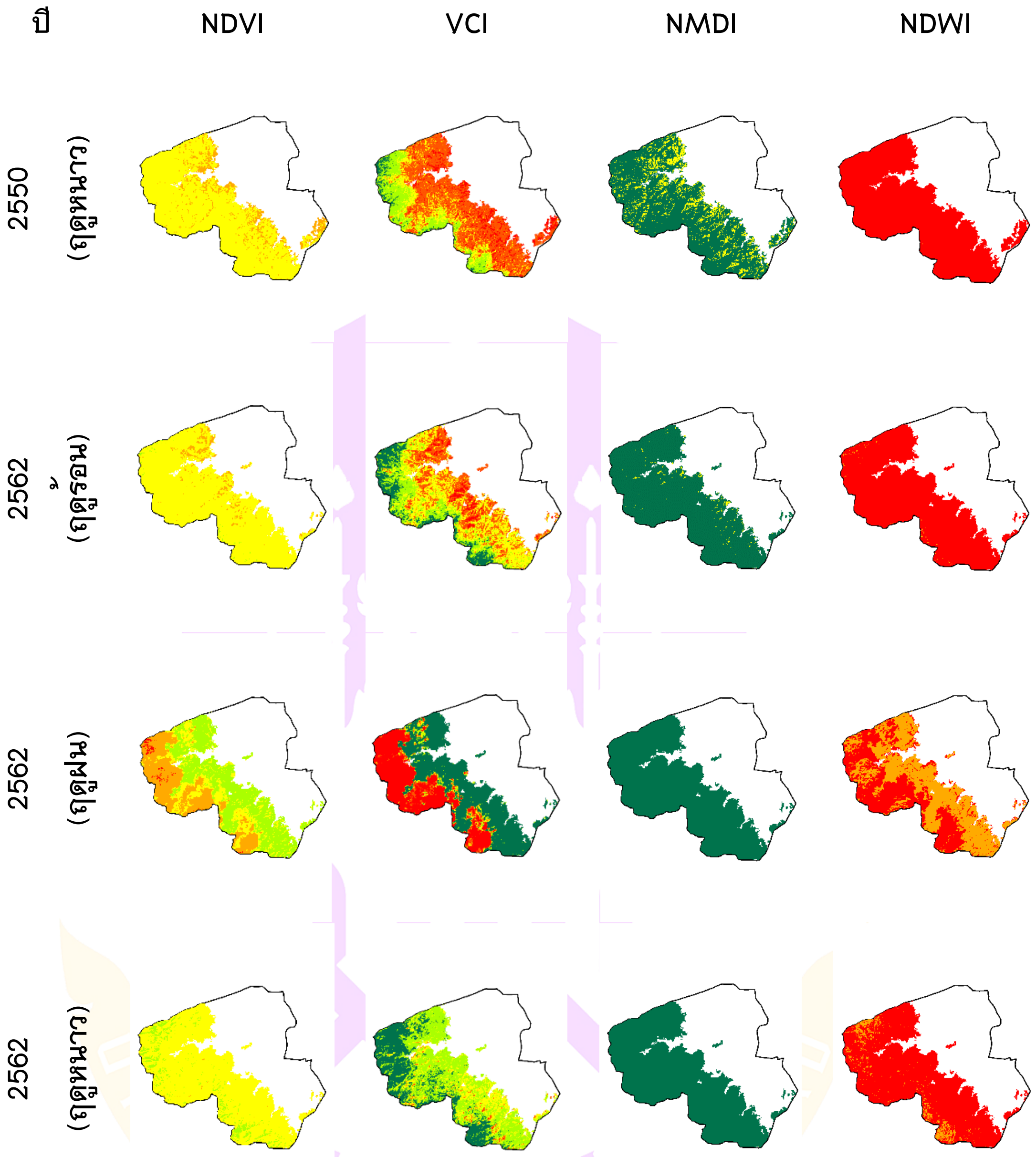
ภาพ 24 การใช้ที่ดิน (LU3) ไม้ยืนต้น


ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)

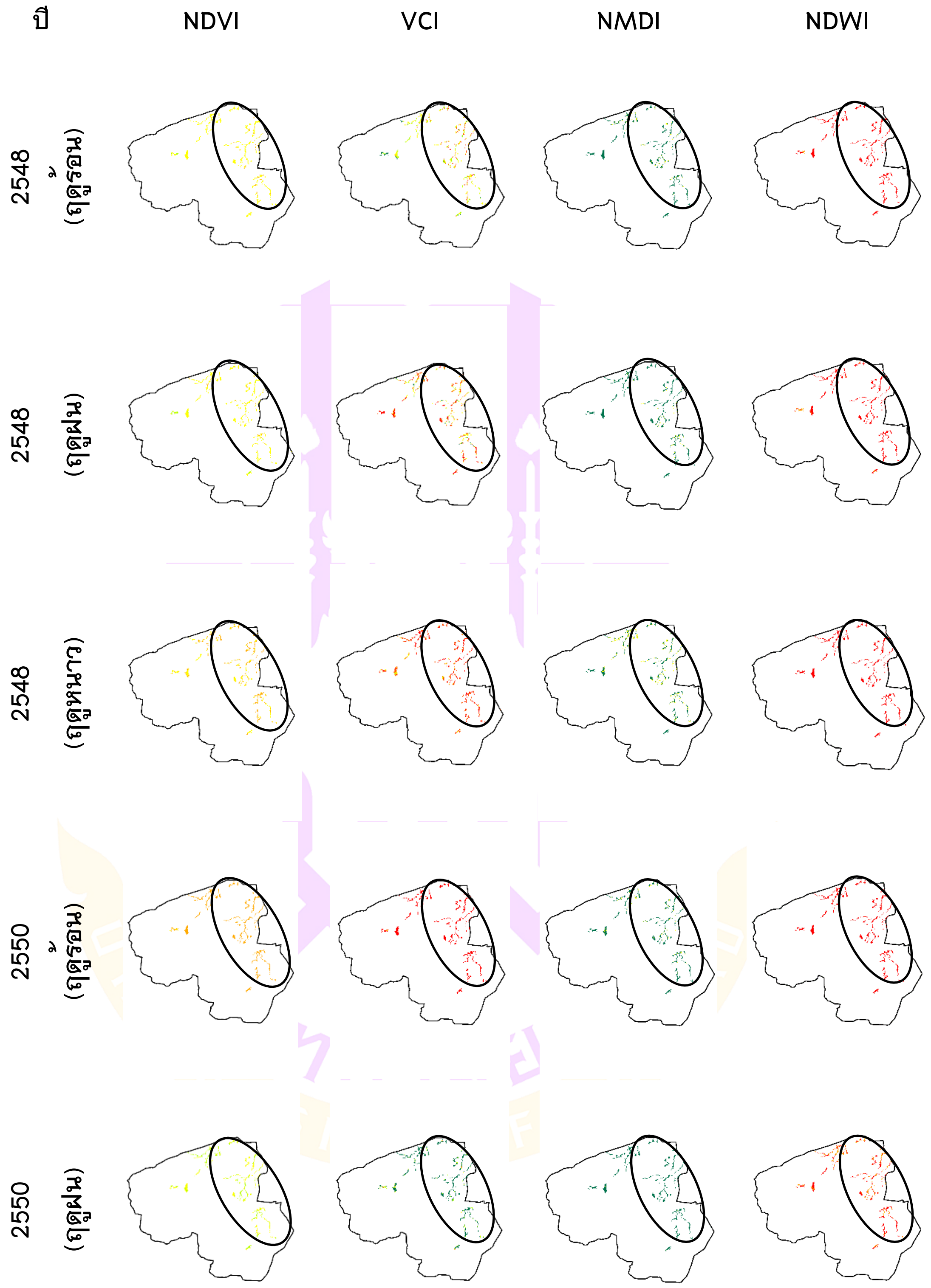


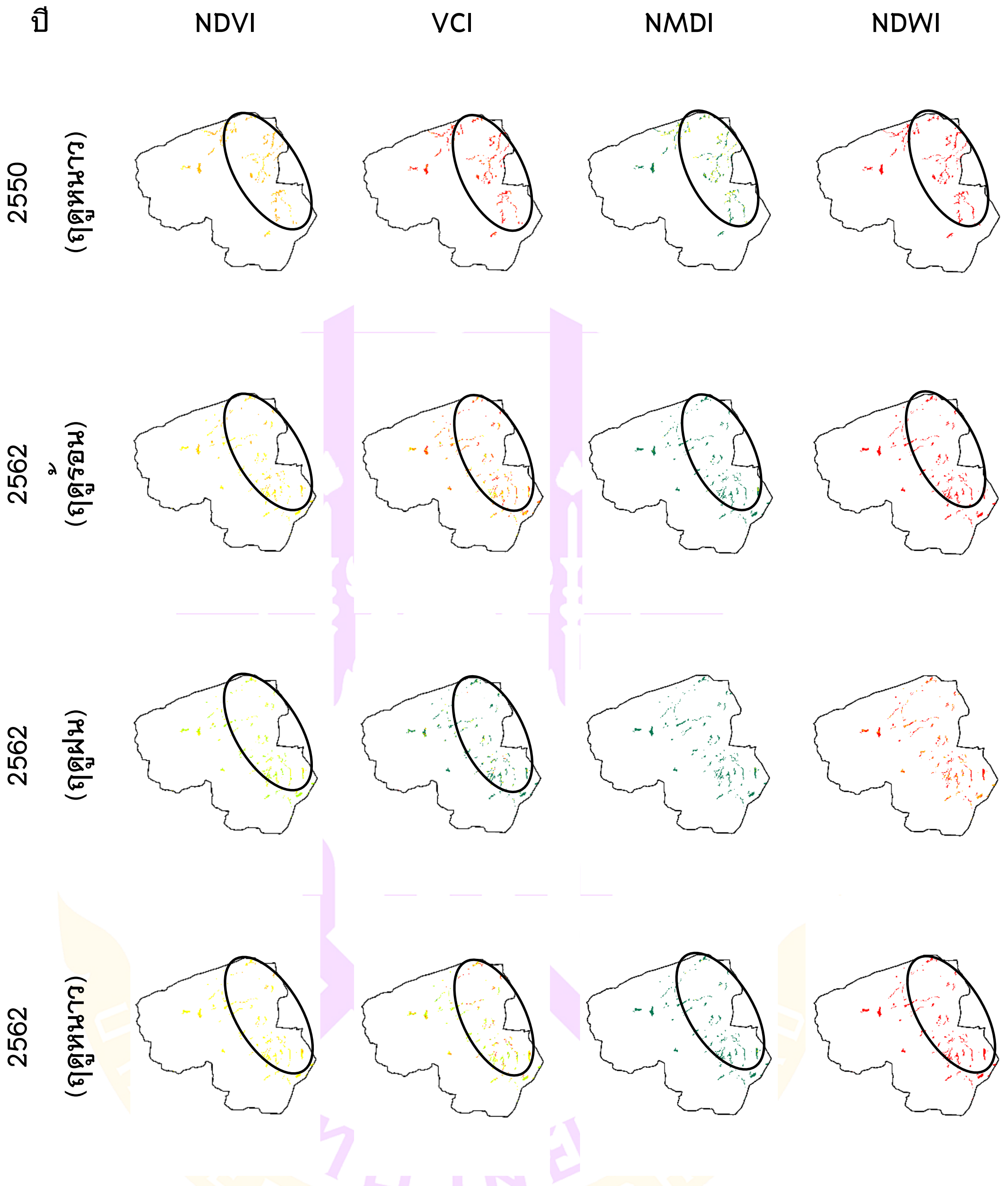
ภาพ 25 การใช้ที่ดิน (LU4) ไม้ผล


ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)

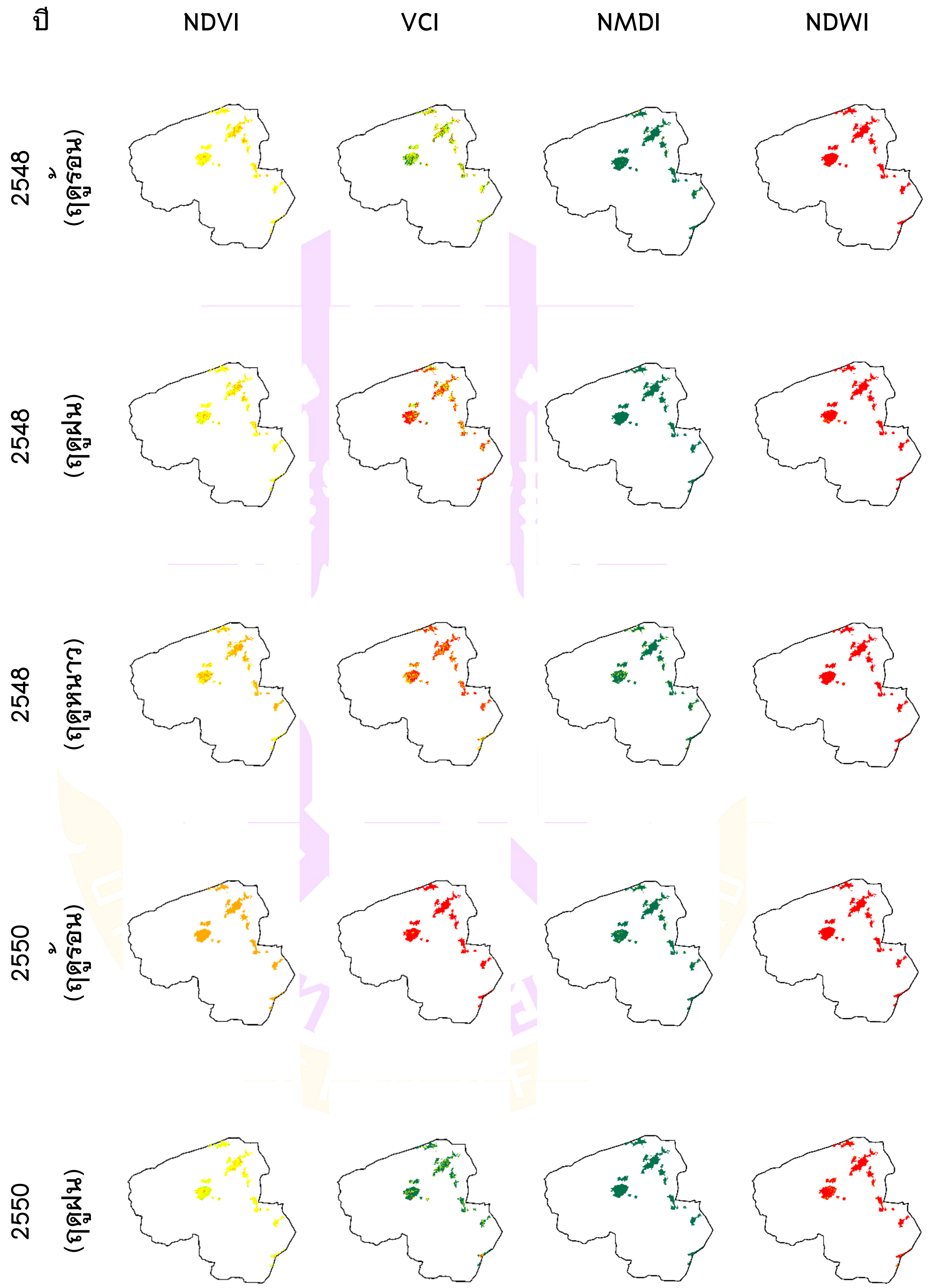


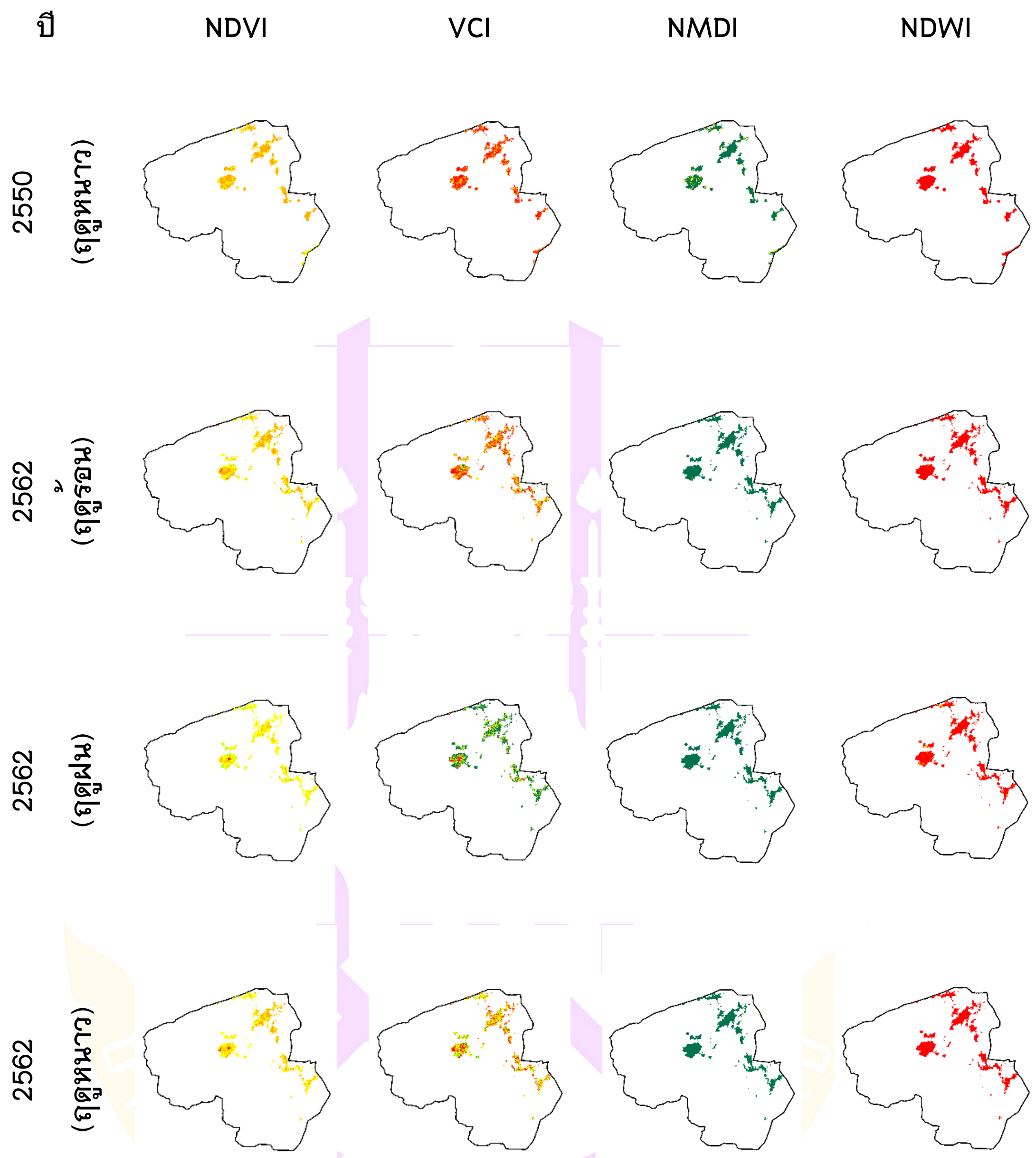
ภาพ 26 การใช้ที่ดิน (LU5) พื้นที่ป่าไม้


ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)



ภาพ 27 การใช้ที่ดิน (LU6) พื้นที่เบ็ดเตล็ด

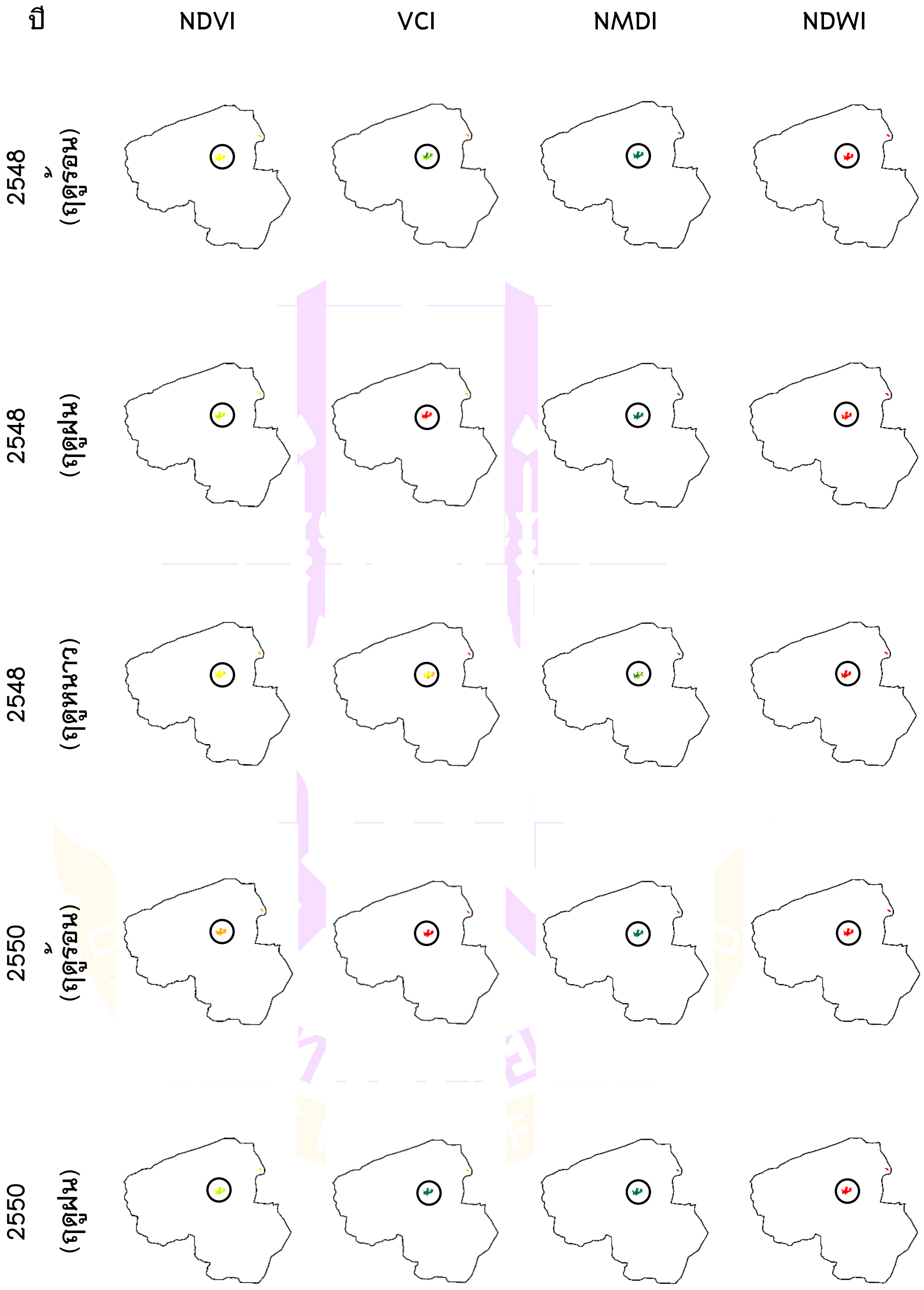

ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)



ภาพ 28 การใช้ที่ดิน (LU7) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)

ภาพ 29 การใช้ที่ดิน (LU8) พื้นที่แหล่งน้ำ



ปี
NDVI
VCI
NMDI
NDWI
2548 (ฤดูร้อน)
2548 (ฤดูฝน)
2548 (ฤดูหนาว)
2550 (ฤดูร้อน)
2550 (ฤดูฝน)

ภาพ 30 การใช้ที่ดิน (LU9) พื้นที่เกษตรอื่นๆ

สรุปผลลัพธ์ในวัตถุประสงค์ที่ 1 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งตามดัชนีต่างๆ

ผลการวิเคราะห์จากดัชนี NMDI ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความชื้นสูง ขณะที่ดัชนี NDWI แสดงถึงสถานการณ์แห้งแล้งอย่างมากในทุกฤดูกาลและในทุกปีที่ศึกษา (ปี 2548, 2550, และ 2560) ส่วนดัชนี NDVI และ VCI แสดงถึงความหลากหลายของระดับความชื้นและ

แห้งแล้งตามฤดูกาลและปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี ซึ่งทั้งสองดัชนีนี้สามารถใช้ในการติดตามสถานการณ์ความชุ่มชื้นและแห้งแล้งได้ในทุกฤดูกาล

ในการวิเคราะห์ลักษณะของดัชนีทั้ง 4 ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI สำหรับทั้ง 3 ปี (ปี 2548 ซึ่งมีปริมาณฝนมาก, ปี 2550 ซึ่งมีปริมาณฝนปานกลาง, และปี 2560 ซึ่งมีปริมาณฝนน้อย) พบว่าแต่ละประเภทการใช้ที่ดินใน 3 ฤดู (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และฤดูหนาว) สามารถจำแนกลักษณะพื้นที่ได้ โดยการสรุปข้อมูลในรูปแบบตารางเพื่อเปรียบเทียบการใช้ที่ดินแต่ละประเภทและสีที่ปรากฏในดัชนีต่างๆ

ตัวอย่างเช่น ในปี 2548 พื้นที่นา (A1) และพื้นที่พืชไร่ (A2) แสดงผลดัชนี VCI และ NMDI ที่มีสีเหมือนกันในฤดูร้อน และดัชนี NDVI ทั้ง 3 ฤดูกาลแสดงผลสีที่เหมือนกัน ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ (F) ในปี 2548 และ 2550 พบว่าดัชนี VCI และ NMDI มีสีเหมือนกันในฤดูหนาว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ในแต่ละปีจะมีความแตกต่างกัน แต่ในฤดูกาลเดียวกันก็สามารถพบการเปลี่ยนแปลงสีที่คล้ายคลึงกันได้ โดยลักษณะการใช้ที่ดินที่คล้ายกันอาจทำให้ผลลัพธ์ของดัชนีเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่ประเภทการใช้ที่ดินที่แตกต่าง เช่น ไม้ยืนต้น ก็จะมีการแสดงผลดัชนีที่แตกต่างกันออกไป

ตาราง 41 ลักษณะของดัชนีทั้ง4ดัชนีแต่ละประเภทของการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี	ฤดูกาล/ดัชนี	NDVI					VCI					NMDI				NDWI			
พื้นที่นา (A1)	2548	ร้อน			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
		ฝน			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2550	ร้อน				✓						✓	✓	✓						✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓						✓	✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2562	ร้อน			✓	✓					✓	✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓						✓	✓

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี	ฤดูกาล/ดัชนี	NDVI					VCI					NMDI				NDWI			
		หนาว			✓	✓						✓	✓	✓						✓
พื้นที่พืชไร่ (A2)	2548	ร้อน			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
		ฝน			✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓						✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2550	ร้อน				✓						✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓		✓			✓							✓
		หนาว			✓	✓						✓	✓	✓						✓
	2562	ร้อน			✓	✓					✓	✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓							✓
		หนาว			✓	✓				✓	✓	✓	✓							✓
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	2548	ร้อน			✓					✓			✓							✓
		ฝน			✓						✓	✓	✓							✓
		หนาว			✓	✓				✓	✓	✓		✓						✓
	2550	ร้อน				✓						✓	✓							✓
		ฝน			✓			✓					✓							✓
		หนาว				✓						✓		✓						✓
	2562	ร้อน		✓	✓	✓		✓					✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓							✓
		หนาว			✓					✓			✓							✓
พื้นที่ไม้ผล	2548	ร้อน			✓				✓	✓			✓							✓

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี	ฤดูกาล/ดัชนี	NDVI					VCI					NMDI				NDWI			
(A4)		ฝน		✓	✓						✓	✓	✓							✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2550	ร้อน				✓						✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓	✓	✓			✓							✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2562	ร้อน			✓					✓	✓		✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓	✓				✓						✓	✓
		หนาว			✓				✓	✓			✓							✓
พื้นที่ป่าไม้ (F)	2548	ร้อน		✓	✓			✓	✓				✓							✓
		ฝน		✓	✓	✓						✓	✓						✓	✓
		หนาว			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
	2550	ร้อน			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓	✓		✓	✓				✓						✓	✓
		หนาว			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
	2562	ร้อน			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓						✓	✓
		หนาว		✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓							✓
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	2548	ร้อน		✓	✓					✓			✓							
		ฝน		✓	✓							✓	✓							✓
		หนาว			✓					✓		✓	✓							

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี	ฤดูกาล/ดัชนี	NDVI					VCI					NMDI				NDWI			
	2550	ร้อน				✓						✓	✓	✓						
		ฝน		✓	✓			✓					✓							✓
		หนาว				✓						✓	✓	✓						
	2562	ร้อน			✓						✓		✓							
		ฝน		✓	✓			✓					✓						✓	✓
		หนาว			✓					✓			✓							✓
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	2548	ร้อน			✓	✓		✓	✓	✓			✓							✓
		ฝน			✓	✓					✓	✓	✓							✓
		หนาว			✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓						✓
	2550	ร้อน				✓						✓	✓	✓						✓
		ฝน		✓	✓	✓		✓					✓						✓	✓
		หนาว			✓	✓					✓	✓	✓	✓						✓
	2562	ร้อน			✓	✓				✓	✓	✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓						✓	✓
		หนาว			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓							✓
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	2548	ร้อน				✓		✓	✓	✓			✓							✓
		ฝน				✓					✓	✓	✓						✓	✓
		หนาว				✓						✓	✓							✓
	2550	ร้อน				✓					✓	✓	✓							✓
		ฝน				✓	✓			✓		✓	✓							✓

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี	ฤดูกาล/ดัชนี	NDVI					VCI					NMDI				NDWI			
		หนาว				✓		✓		✓		✓	✓							✓
	2562	ร้อน				✓					✓	✓	✓							✓
		ฝน				✓					✓	✓	✓							✓
		หนาว			✓		✓					✓	✓							✓
พื้นที่อื่นๆ (A5)	2548	ร้อน			✓			✓					✓							✓
		ฝน		✓								✓	✓						✓	✓
		หนาว			✓	✓				✓			✓	✓						✓
	2550	ร้อน			✓							✓	✓							✓
		ฝน		✓	✓			✓					✓							✓
		หนาว				✓						✓	✓							✓
	2562	ร้อน				✓						✓	✓							✓
		ฝน		✓				✓					✓							✓
		หนาว				✓					✓		✓							✓

2.เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของดัชนี และปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่แห้งแล้ง โดยใช้วิธีคิดแบบหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) และแบบจำลอง WEKA

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI กับปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้ง การเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่เสี่ยงภัยในช่วง 3 ปี และ 3 ฤดูกาล ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation และการใช้แบบจำลองด้วยโปรแกรม WEKA

ปัจจัยที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา พื้นที่ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ประกอบด้วยปัจจัยทางกายภาพและสังคมที่มีผลต่อการใช้ที่ดิน ซึ่งสามารถจัดจำแนกออกเป็น 8 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความสูงเชิงเลข ความลาดชัน ทิศทางความลาด เส้นทางน้ำ การระบายน้ำของดิน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ระยะห่างจากถนน และตำแหน่งของหมู่บ้านหรือที่อยู่อาศัย โดยรายละเอียดของแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1. ความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ระดับความสูงมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิและลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ โดยอุณหภูมิจะลดลงประมาณ 0.6°C ต่อการเพิ่มความสูง 100 เมตร ส่งผลให้พื้นที่สูงมีอากาศเย็นกว่าที่ราบต่ำ และมีแนวโน้มเกิดหมอกหรือเมฆปกคลุมบ่อยครั้ง รวมถึงมีความชื้นสัมพัทธ์สูง จึงเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชที่ต้องการอากาศเย็น เช่น ชา หรือไม้ผลเขตหนาว

2. ความลาดชัน (Slope) ความลาดชันของพื้นที่มีผลต่อการไหลของน้ำ การสะสมของดิน และการกัดเซาะ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความลาดชันต่ำ (0–5%) พื้นที่ราบหรือเนินเตี้ย มักเป็นที่ราบสูงระหว่างภูเขา มีการสะสมของหน้าดินหนาแน่น เหมาะสำหรับการเกษตรหรือการตั้งถิ่นฐาน ความลาดชันปานกลาง (5–20%) มีลักษณะเป็นเนินชัดเจน อาจเกิดการกัดเซาะหากไม่มีพืชคลุมดิน ความลาดชันสูง (มากกว่า 20%) พื้นที่เป็นภูเขาหรือเนินสูงชัน มีหินโผล่และหน้าดินบาง การกัดเซาะรุนแรง ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร แต่สามารถใช้เป็นพื้นที่ต้นน้ำหรือเขตอนุรักษ์ป่าไม้

3. ทิศทางความลาด (Aspect) ทิศทางของความลาดส่งผลต่อการรับแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของพื้นที่ ดังนี้ ทิศเหนือ (0°–45° และ 315°–360°) รับแสงแดดน้อย อากาศชื้นและเย็น เหมาะสำหรับพืชที่ทนร่ม เช่น มอสหรือเฟิน ทิศตะวันออก (45°–90°) รับแสงแดดในช่วงเช้า อุณหภูมิไม่สูงมาก เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการแสงแต่ไม่ทนร้อนจัด ทิศใต้ (90°–135° และ 225°–270°) รับแสงแดดมากตลอดวัน พื้นที่แห้ง ดินขาดความชื้น เหมาะกับพืชทนแล้ง ทิศตะวันตก (135°–180°) รับแสงแดดช่วงบ่ายถึงเย็น อุณหภูมิสูง การระเหยน้ำรวดเร็ว ส่งผลให้ดินแห้ง

4. เส้นทางน้ำ (Stream) ระยะห่างจากแหล่งน้ำความใกล้ชิดกับเส้นทางน้ำมีผลต่อความชื้นของดินและความอุดมสมบูรณ์ โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 0–50 เมตร (ระยะใกล้) ความชื้นสูง ดินอุดมสมบูรณ์ เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการน้ำมาก แต่มีความเสี่ยงต่อน้ำท่วม 50–100 เมตร (ระยะกลาง) ความชื้นปานกลาง ยังเหมาะสำหรับการเกษตร โดยอาจ

ต้องมีระบบชลประทานเสริม มากกว่า 100 เมตร (ระยะไกล) ความชื้นต่ำ พื้นที่อาจเป็นที่ดอน เหมาะสำหรับพืชทนแล้งหรือกิจกรรมที่ต้องการน้ำน้อย

5. การระบายน้ำของดิน (Soil Drainage) ลักษณะของดินในด้านการระบายน้ำสามารถจำแนกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดินระบายน้ำไม่ดี เช่น ดินเหนียวหรือดินอัดแน่น น้ำขังง่าย ไม่เหมาะกับพืชทั่วไป แต่เหมาะสำหรับพืชน้ำ เช่น ข้าว ดินระบายน้ำน้อย เช่น ดินร่วนปนเหนียว คงความชื้นได้ดี แต่ควรปรับปรุงด้วยอินทรียวัตถุ ดินระบายน้ำปานกลาง เช่น ดินร่วนซุย เหมาะสมต่อการเกษตรโดยทั่วไป ดินระบายน้ำดี เช่น ดินทรายหรือดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้เร็ว อาจขาดความชื้น ต้องให้น้ำบ่อย เหมาะกับพืชที่ทนแล้ง

6. ถนน (Road) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคมมีผลต่อการเข้าถึง การขนส่ง และระดับความเจริญของพื้นที่ โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 0–100 เมตร (ใกล้ถนน) เข้าถึงง่าย เหมาะสำหรับกิจกรรมทางเศรษฐกิจหรือการตั้งถิ่นฐาน แต่มีความเสี่ยงจากมลภาวะ 101–500 เมตร (ระยะกลาง) มีความสมดุลระหว่างการเข้าถึงและความสงบ เหมาะสำหรับอยู่อาศัยหรือการเกษตรทั่วไป มากกว่า 500 เมตร (ไกลถนน) ห่างไกลจากความรบกวน เหมาะสำหรับพื้นที่อนุรักษ์หรือเกษตรกรรมแบบพอเพียง

7. ถนน (Road) ระยะห่างจากหมู่บ้านหรือที่อยู่อาศัย สามารถแบ่งเป็น 3 ระยะเช่นกัน ได้แก่ 0–1 กิโลเมตร (ใกล้หมู่บ้าน) เข้าถึงบริการสาธารณะได้ง่าย มีกิจกรรมทางสังคมสูง เหมาะกับผู้ต้องการความสะดวก 1–5 กิโลเมตร (ระยะกลาง) สมดุลระหว่างความสงบและการเข้าถึงบริการพื้นฐาน เหมาะสำหรับการเกษตรหรืออยู่อาศัยแบบกึ่งชนบท มากกว่า 5 กิโลเมตร (ไกลหมู่บ้าน) เข้าถึงบริการยาก มีความสงบสูง เหมาะสำหรับการเกษตรแบบพึ่งพาตนเองหรือพื้นที่ป่าเขา

8. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (Average Rainfall) ปริมาณน้ำฝนมีผลโดยตรงต่อความชื้นในดินและความเหมาะสมในการปลูกพืช โดยพื้นที่ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อเดือน ถือเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุก ดินชุ่มน้ำ เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการน้ำสูง เช่น ข้าวหรือผลไม้เมืองร้อน อย่างไรก็ตาม อาจเกิดปัญหาน้ำขังหรือดินเปียกเกินไปในบางฤดู จำเป็นต้องมีการจัดการระบบน้ำอย่างเหมาะสม

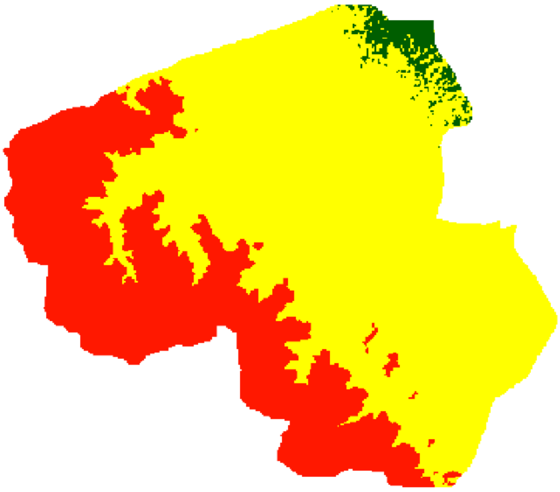
ปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่แห้งแล้ง

ปัจจัย **ภาพ**

ความสูงเชิงเลข

สัญลักษณ์

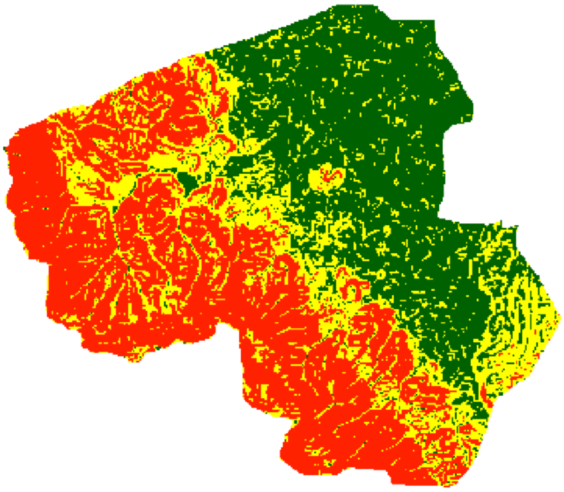
- 201 – 400 เมตร: ปานกลาง
- 401 – 600 เมตร: สูง
- มากกว่า 600 เมตร: สูงมาก

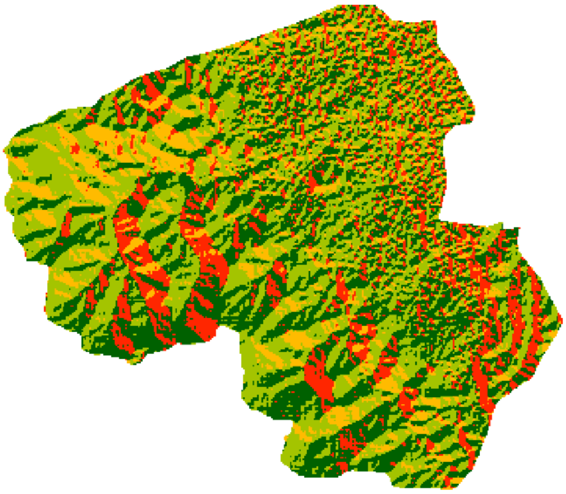


ความลาดชัน

สัญลักษณ์

- ความลาดชันต่ำ (0–5%)
- ความลาดชันปานกลาง (5–20%)
- ความลาดชันสูง (มากกว่า 20%)





ทิศทางความลาด

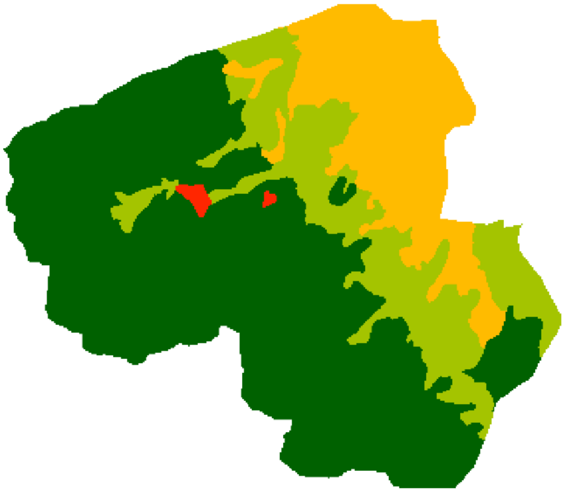
สัญลักษณ์

- ทิศเหนือ (0°-45° และ 315°-360°) (ได้รับแสงน้อย)
- ทิศตะวันตก (135°-180°) (รับแสงแดดในช่วงบ่ายและเย็น)
- ทิศตะวันออก (45°-90°) (รับแสงแดดในช่วงเช้าตรู่)
- ทิศใต้ (90°-135° และ 225°-270°) (ได้รับแสงมาก ทั้งวัน)

เส้นทางน้ำ

สัญลักษณ์

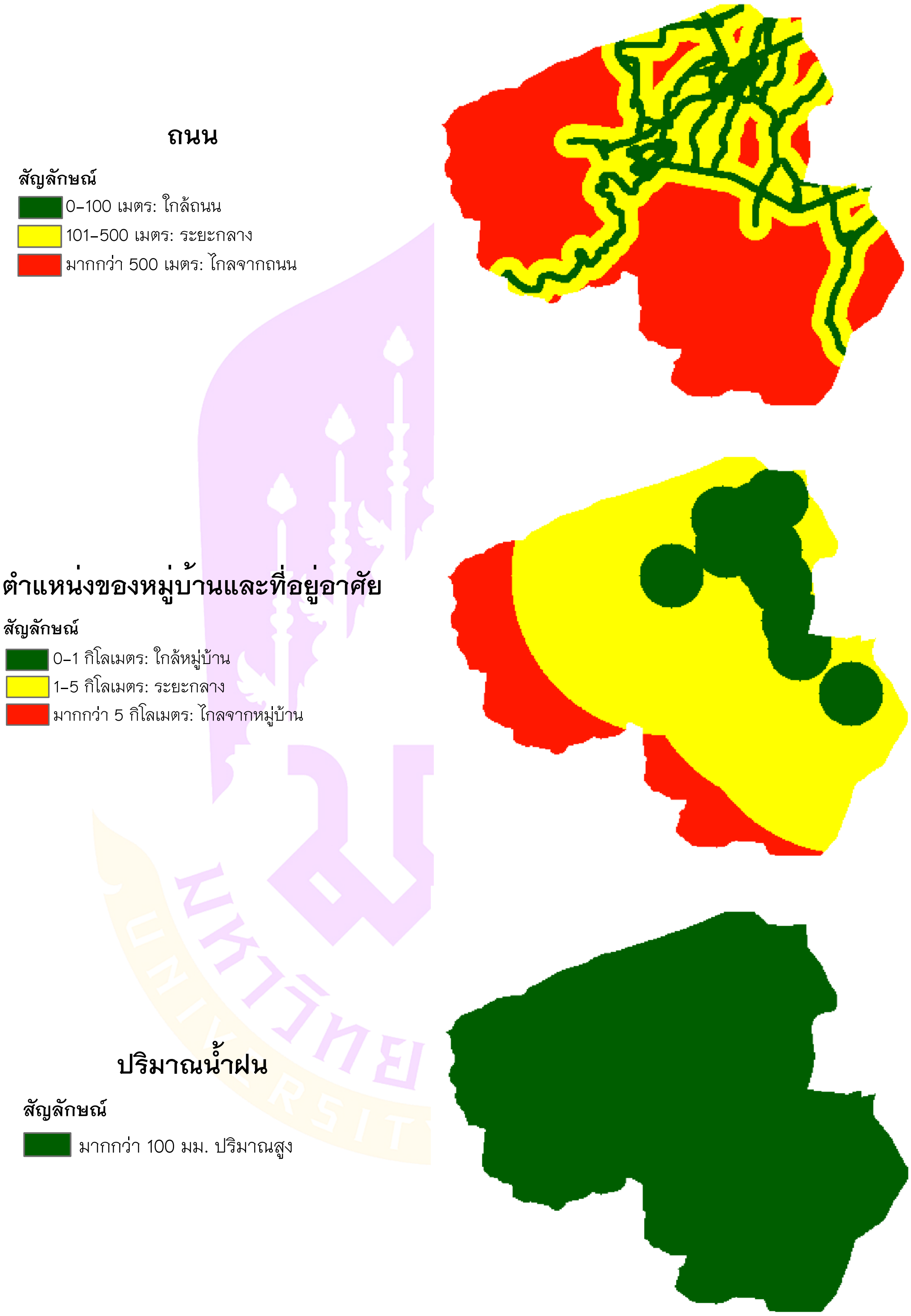
- 0-50 ม. ระยะใกล้เส้นทางน้ำ
- 50-100 ม. ระยะกลางเส้นทางน้ำ
- มากกว่า 100 ม. ระยะไกลเส้นทางน้ำ



การระบายน้ำของดิน

สัญลักษณ์

- ดินระบายน้ำไม่ดี
- ดินระบายน้ำน้อย
- ดินระบายน้ำปานกลาง
- ดินระบายน้ำดี


ถนน
สัญลักษณ์
0-100 เมตร: ใกล้ถนน
101-500 เมตร: ระยะกลาง
มากกว่า 500 เมตร: ไกลจากถนน
ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย
สัญลักษณ์
0-1 กิโลเมตร: ใกล้หมู่บ้าน
1-5 กิโลเมตร: ระยะกลาง
มากกว่า 5 กิโลเมตร: ไกลจากหมู่บ้าน
ปริมาณน้ำฝน
สัญลักษณ์
มากกว่า 100 มม. ปริมาณสูง

ภาพ 31 ปัจจัย

วิธีคิดแบบหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation)

การคำนวณหาความสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation Coefficient (r) ใช้เพื่อวัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัว โดยมีค่าผลลัพธ์อยู่ในช่วง –1 ถึง 1 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์โดยแบ่งมีเกณฑ์การแบ่ง ดังนี้

ตาราง 42 ตารางการแบ่งเกณฑ์เพื่อวัดระดับความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัว

ระดับ	สี	คำอธิบาย
0.5–1.0	สีเขียวเข้ม	ความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างชัดเจน เช่น เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่ม อีกตัวแปรหนึ่งก็มักจะเพิ่มตาม
0.3–0.5	เขียวสด	ความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลาง ตัวแปรมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่ชัดเจนมาก
0.1–0.3	เขียวอ่อน	ความสัมพันธ์เชิงบวกที่อ่อนแอ ตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันเล็กน้อย หรืออาจไม่มีความสัมพันธ์ที่เด่นชัด
–0.1ถึง–0.3	เหลือง	ความสัมพันธ์เชิงลบที่อ่อนแอ ตัวแปรมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามกันเล็กน้อย
–0.3ถึง–0.5	สีส้ม	ความสัมพันธ์เชิงลบระดับปานกลาง ตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามที่ชัดเจนในระดับหนึ่ง
–0.5ถึง–1.0	สีแดงเข้ม	ความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก ตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามอย่างชัดเจน เช่น เมื่อค่าของตัวแปรหนึ่งเพิ่ม อีกตัวแปรหนึ่งจะลดลงอย่างมาก

ช่วงที่มี ค่าบวก (+) บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ใน (ตัวแปรทั้งสองเพิ่มขึ้น/ลดลงไปในทิศทางเดียวกัน)

ช่วงที่มี ค่าลบ (–) บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ใน (ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้น อีกตัวลดลง ทิศทางตรงกันข้าม)

ค่าความสัมพันธ์ใกล้ 0 หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองไม่มีความชัดเจน ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรโดยสรุปผลได้ดังนี้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมากและความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก (0.5 – 1.0 สีเขียวเข้ม และ –0.5 ถึง –1.0 สีแดงเข้ม)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าบวก) 0.5 ขึ้นไป แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่ชัดเจนดังตัวอย่าง

1. ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village)
   มีความสัมพันธ์กับ ความลาดชัน (Slope) (0.7)
2. ความสูงเชิงเลข (Dem)
   มีความสัมพันธ์กับ ถนน (Road) (0.6)
3. ดัชนี NDVI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย)
   มีความสัมพันธ์กับ ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.5)
4. ดัชนี VCI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย)
   มีความสัมพันธ์กับ ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.7)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าติดลบ) ค่าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบชัดเจน ความสัมพันธ์มีค่าเป็นลบที่สูงมาก –0.6 หรือมากกว่า) ดังตัวอย่าง

1. ปริมาณน้ำฝน (Rain)
   มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) (–0.9)
2. ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย)
   มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ความสูงเชิงเลข (Dem) (–0.7)
3. ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง)
   มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (–0.6)
4. ดัชนี VCI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก)
   มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ปริมาณน้ำฝน (Rain) (–0.7)

สรุปประเด็นสำคัญ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงที่สุดคือ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) กับ ความลาดชัน (Slope) (0.7) และดัชนี VCI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) กับ ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.7)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบเด่นชัดที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝน (Rain) กับ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) (–0.9)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลางและความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.3 – 0.5 สีเขียวสด และ –0.3 ถึง –0.5 สีส้ม)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าบวก) 0.3 – 0.5 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่ชัดเจน ดังตัวอย่าง

1. ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village)
   มีความสัมพันธ์กับ NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.4)
2. ความลาดชัน (Slope)
   มีความสัมพันธ์กับ NDVI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (0.5)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าติดลบ) (–0.3) – (–0.5) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบชัดเจน ดังตัวอย่าง

1. ความลาดชัน (Slope)
   มีความสัมพันธ์ติดลบกับ ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (–0.5)
2. ดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก)
   มีความสัมพันธ์ติดลบกับ ดัชนี VCI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (–0.3)
3. ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย)
   มีความสัมพันธ์ติดลบกับ ดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (–0.5)

สรุปประเด็นสำคัญ สรุปประเด็นสำคัญ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงที่สุดคือ ความลาดชัน (Slope) กับ NDVI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (0.5)

สรุปประเด็นสำคัญ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบสูงที่สุดคือ ความลาดชัน (Slope) กับ ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) และดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (–0.5)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลางและความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.1 – 0.3 สีเขียวอ่อน และ –0.1 ถึง –0.3 สีเหลือง)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าบวก) 0.3 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่ชัดเจน ดังตัวอย่าง

1. ถนน (Road)
   มีความสัมพันธ์กับ ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.3)

มีความสัมพันธ์กับ ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก) (0.3)

2. ดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง)

มีความสัมพันธ์กับ ดัชนี VCI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.2)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เด่นชัด (ค่าติดลบ) ค่าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบชัดเจน -0.3 หรือต่ำกว่า ดังตัวอย่าง

1. ความลาดชัน (Slope)

มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (-0.2)

2. ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง)

มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (-0.3)

สรุปประเด็นสำคัญ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงที่สุดคือ ถนน (Road) กับ ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) และดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก) (0.3) เป็นต้น

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบสูงที่สุดคือ ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) กับ ดัชนี VCI_ฤดูร้อน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (-0.3)

ตาราง 43 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก และความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก (0.5 – 1.0 สีเขียวเข้ม และ –0.5 ถึง –1.0 สีแดงเข้ม)

	ตำแหน่งของหมู่บ้าน	ความลาดชัน	ถนน	ปริมาณน้ำฝน	ความสูงเชิงเลข	NDVI_หนาว_62	NDVI_ฝน_62	NDVI_ร้อน_62	NDVI_หนาว_50	NDVI_หนาว_48	NDVI_ฝน_50	NDVI_ร้อน_50	VCI_ร้อน_50	VCI_หนาว_48	VCI_หนาว_50
ความลาดชัน	0.7														
ถนน	0.7	0.6													
ปริมาณน้ำฝน	-0.9	-0.7	-0.6												
ความสูงเชิงเลข	0.9	0.7	0.6	-0.9											
NDVI_หนาว_62															
NDVI_ฝน_62	-0.6			0.7	-0.7										
NDVI_หนาว_50	0.6	0.6	0.5	-0.6	0.6			0.6							
NDVI_หนาว_48	0.5	0.5		-0.5	0.5			0.6	0.7						
NDVI_ร้อน_50	0.6			-0.6	0.6										
VCI_ร้อน_48															
VCI_ร้อน_50	0.5		0.5	-0.6	0.6		-0.7					0.5			
VCI_ฝน_50											0.5				
VCI_หนาว_48	0.7	0.7		-0.7	0.6				0.7	0.7					
VCI_หนาว_50	0.6	0.5		-0.6	0.6		-0.7						0.6	0.5	
VCI_ร้อน_62	0.5			-0.6	0.5			0.5							
VCI_ฝน_62	-0.7			0.7	-0.7		0.8						-0.6		-0.6
VCI_หนาว_62	0.5			-0.5		0.7				0.6				0.6	

0.5-1	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงสูง
0.3-0.5	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงปานกลาง
0.1-0.3	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงต่ำ
(-0.1)-(-0.3)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่ำ
(-0.3)-(-0.5)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันปานกลาง
(-0.5)-(-1)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันสูง

ตาราง 44 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง และความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.3 – 0.5 สีเขียวสด และ –0.3 ถึง –0.5 สีส้ม)

	ตำแหน่งของหมู่บ้าน	เส้นทางน้ำ	ความลาดชัน	ถนน	Rainปริมาณน้ำฝน	ความสูงเชิงเลข	NDVI_หนาว_62	NDVI_ฝน_62	NDVI_ร้อน_62	NDVI_หนาว_50	NDVI_หนาว_48	NDVI_ฝน_50	NDVI_ฝน_48	NDVI_ร้อน_50	NDVI_ร้อน_48	VCI_ร้อน_48	VCI_ร้อน_50	VCI_ฝน_48	VCI_หนาว_48	VCI_หนาว_50	VCI_ร้อน_62
ความสูงเชิงเลข		0.3																			
NDVI_หนาว_62	0.4		0.4		-0.5	0.4															
NDVI_ฝน_62			-0.5	-0.5																	
NDVI_ร้อน_62	0.4		0.4	0.3	-0.4	0.4	0.5														
NDVI_หนาว_50							0.4	-0.3													
NDVI_หนาว_48				0.4			0.4														
NDVI_ฝน_50				-0.3		-0.4															
NDVI_ร้อน_50			0.5	0.5				-0.5		0.4	0.3										
VCI_ร้อน_48	0.4		0.3		-0.4	0.3	0.4		0.3	0.4	0.4				0.4						
VCI_ร้อน_50			0.4																		
VCI_ฝน_48							-0.3		-0.3		-0.4		-0.4			-0.5					
VCI_ฝน_50				-0.4		-0.4															
VCI_หนาว_48				0.5			0.4	-0.4	0.4					0.4		0.4		-0.3			
VCI_หนาว_50				0.4						0.4	0.3	-0.3		0.5							
VCI_ร้อน_62			0.4	0.3			0.3	-0.4		0.4	0.3			0.4		0.3	0.4		0.4	0.5	
VCI_ฝน_62			-0.5	-0.4						-0.4	-0.3			-0.5					-0.4		-0.5
VCI_หนาว_62			0.5	0.3		0.5			0.5	0.5						0.4		-0.3		0.3	0.4

- 0.5-1 ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงสูง
- 0.3-0.5 ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงปานกลาง
- 0.1-0.3 ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงต่ำ
- (-0.1)-(-0.3) ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่ำ
- (-0.3)-(-0.5) ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันปานกลาง
- (-0.5)-(-1) ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันสูง

ตาราง 45 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แต่ละคู่ตัวแปรแบบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง และความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (0.1 – 0.3 สีเขียวอ่อน และ –0.1 ถึง –0.3 สีเหลือง)

	ตำแหน่งของหมู่บ้าน	เส้นทางน้ำ	ความลาดชัน	ถนน	ปริมาณน้ำฝน	ความสูงเชิงเลข	ทิศทางความลาด	NDVI_หนาว_62	NDVI_ฝน_62	NDVI_ร้อน_62	NDVI_หนาว_50	NDVI_หนาว_48	NDVI_ฝน_50	NDVI_ฝน_48	NDVI_ร้อน_50	NDVI_ร้อน_48	5VCI_03_05	5VCI_03_07	5VCI_05_05	5VCI_05_06	8VCI_05_19
เส้นทางน้ำ	0.2																				
ความลาดชัน		0.1																			
ปริมาณน้ำฝน		-0.2																			
ทิศทางความลาด	-0.1			-0.2	0.1	-0.1															
NDVI_หนาว_62		0.1		0.3																	
NDVI_ฝน_62		-0.2						-0.2													
NDVI_ร้อน_62									-0.2												
NDVI_หนาว_48									-0.3												
NDVI_ฝน_50	-0.2		-0.2		0.2				0.3												
NDVI_หนาว_50								0.2		0.1	0.1		0.2								
NDVI_ร้อน_50		0.2					-0.2	0.2		0.3			-0.2								
NDVI_ร้อน_48	0.2		0.2	0.2	-0.2	0.2		0.2	-0.1	0.2	0.3	0.3		0.2	0.1						
VCI_ร้อน_48				0.3					-0.2					0.2	0.2						
VCI_ร้อน_50		0.2					-0.1	0.1		0.2	0.3	0.2	-0.3				0.1				
VCI_ฝน_48	-0.2		-0.3	-0.1	0.3	-0.2			0.1		-0.3		-0.1			-0.2					
VCI_ฝน_50	-0.3		-0.2		0.2			-0.1	0.2						-0.3			-0.2			
VCI_หนาว_48		0.1											-0.2			0.2		0.3			
VCI_หนาว_50		0.1						0.2		0.3						0.1	0.2			-0.2	
VCI_ร้อน_62		0.1					-0.1						-0.2			0.2			-0.2		

0.5-1	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงสูง
0.3-0.5	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงปานกลาง
0.1-0.3	ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงต่ำ
(-0.1)-(-0.3)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่ำ
(-0.3)-(-0.5)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันปานกลาง
(-0.5)-(-1)	ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันสูง

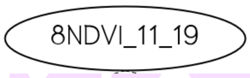
	ตำแหน่งของหมู่บ้าน	เส้นทางน้ำ	ความลาดชัน	ถนน	ปริมาณน้ำฝน	ความสูงเชิงเลข	ทิศทางความลาดชัน	NDVI_หนาว_62	NDVI_ฝน_62	NDVI_ร้อน_62	NDVI_หนาว_50	NDVI_หนาว_48	NDVI_ฝน_50	NDVI_ฝน_48	NDVI_ร้อน_50	NDVI_ร้อน_48	5VCI_03_05	5VCI_03_07	5VCI_05_05	5VCI_05_06	8VCI_05_19
VCI_ฝน_62		-0.2						-0.2		-0.3			0.2			-0.1	-0.2		0.1	0.2	
VCI_หนาว_62									-0.2				-0.1		0.3	0.2		0.2			-0.3

แบบจำลอง WEKA

การตัดสินใจในรูปแบบ Decision Tree ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม WEKA นั้น สามารถอธิบายการทำงานและการตัดสินใจได้ดังนี้

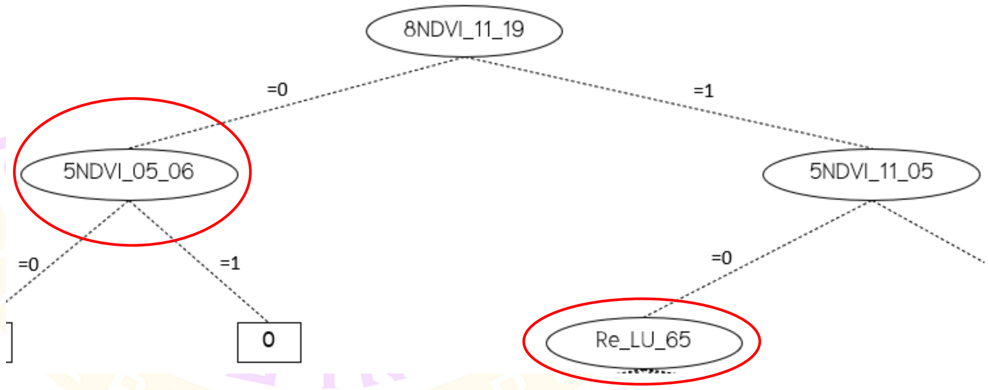
ส่วนประกอบของ Decision Tree ประกอบโหนด และ เส้นเชื่อม โดยโหนดจะมีส่วนย่อย คือ โหนกราก โหนดภายใน และ โหนดใบ ดังรายละเอียด

Node (โหนด) คือ Root Node (โหนดราก) โหนดแรกที่เริ่มต้นการตัดสินใจ ในที่นี้คือโหนด ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (8DVI_11_19) ทำหน้าที่แบ่งข้อมูลตามเงื่อนไขแรกสุด



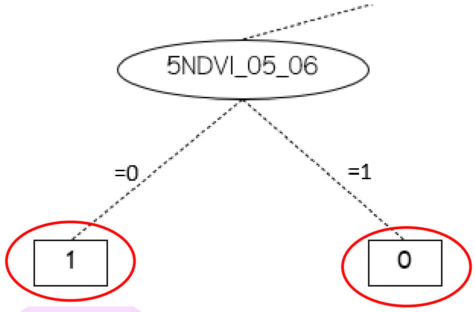
ภาพ 32 โหนดแรกที่เริ่มต้นการตัดสินใจ ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม WEKA

Internal Node (โหนดภายใน) คือโหนดที่ทำหน้าที่เป็นจุดแบ่งข้อมูลเพิ่มเติม คือ โหนด ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (5DVI_05_06) การใช้ที่ดิน (LU_65) (Re_LU_65) และ ทิศทางความลาด (Aspect) (Aspect_Tam)



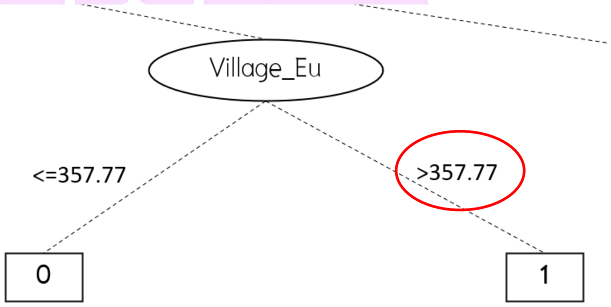
ภาพ 33 โหนดภายในที่ทำหน้าที่เป็นจุดแบ่งข้อมูลเพิ่มเติม

Leaf Node (โหนดใบ) คือ โหนดที่แสดงผลลัพธ์ของการตัดสินใจ เช่น 0 คือ แห้งแล้ง 1 คือ ความชุ่มชื้น



ภาพ 34 โหนดใบที่แสดงผลลัพธ์ของการตัดสินใจ

Edges (เส้นเชื่อม) คือเส้นเชื่อมแสดงเงื่อนไขในการแบ่งข้อมูล เช่น "<= 0" หรือ "> 357.770996" เพื่อส่งข้อมูลไปยังโหนดถัดไป



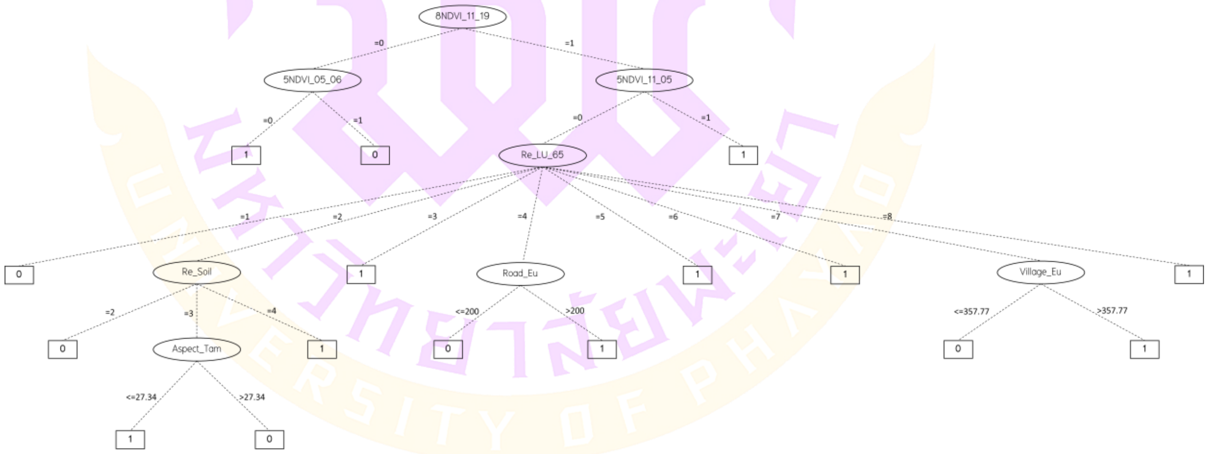
ภาพ 35 เส้นเชื่อมแสดงเงื่อนไขในการแบ่งข้อมูล

ผลลัพธ์การเริ่มต้นที่ Root Node

1. ต้นไม้เริ่มต้นที่โหนด ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (8DVI_11_19)ตรวจสอบเงื่อนไขว่า "<= 0" หรือ "> 0" หาก "<= 0" ข้อมูลจะถูกส่งไปที่โหนด ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (5DVI_05_06) หาก "> 0" ข้อมูลจะถูกส่งไปที่โหนด ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2548 (ฝนน้อย) (5DVI_11_05)
2. แบ่งข้อมูลที่โหนดถัดไป หากข้อมูลมาที่ ดัชนี NDVI_ฤดูฝน_ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) (5DVI_05_06) ตรวจสอบเงื่อนไขว่า "<= 0" ไปที่ "1 คือ ความชุมชื้น (2.0)" หรือ "> 0" ไปที่ "0 คือ แห้งแล้ง (38.0/1.0)"
3. หากข้อมูลมาที่ ดัชนี NDVI_ฤดูหนาว_ปี พ.ศ.2548 (ฝนน้อย) (5DVI_11_05) เงื่อนไข "<= 0" ไปที่ การใช้ที่ดิน (LU_65) (Re_LU_65) หรือ "> 0" จะส่งข้อมูลไปยังโหนดใบ เช่น "1 คือ ความชุ่มชื้น (169.0/5.0)"
4. เข้าสู่โหนด การใช้ที่ดิน (LU_65) (Re_LU_65) สำหรับข้อมูลที่มาถึงโหนดนี้ จะมีการแบ่งข้อมูลโดยใช้เงื่อนไขตั้งแต่ "<= 1" ถึง "<= 8" ผลลัพธ์คือ โหนด 1 คือ

พื้นที่นา แสดงถึงแห้งแล้ง, โหนด 2 คือพื้นที่ไร่ ไปที่ โหนด การระบายน้ำของดิน (Soil) (Re_Soil), โหนด 3 คือพื้นที่ไม้ยืนต้น แสดงถึงความชุ่มชื้น, โหนด 4 คือพื้นที่ไม้ผล ไปที่ ถนน (Road) (Road_Eu), โหนด 5 คือพื้นที่ป่าไม้ แสดงถึงความชุ่มชื้น, โหนด 6 คือพื้นที่เบ็ดเตล็ด แสดงถึงความชุ่มชื้น), โหนด 7 คือพื้นที่เมือง และสิ่งปลูกสร้าง ไปที่ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) Village_Eu) และโหนด 8 คือพื้นที่แหล่งน้ำ แสดงถึงความชุ่มชื้น

5. โหนดการระบายน้ำของดิน (Soil) (Re_Soil) เงื่อนไข 2 คือดินระบายน้ำน้อย แสดงถึงแห้งแล้ง เงื่อนไข 3 ไปที่ โหนด ทิศทางความลาด (Aspect) (Aspect_Tam) เงื่อนไข "<= 27.34" แสดงถึงความชุ่มชื้น หรือ "> 27.34" แสดงถึงแห้งแล้ง
6. โหนดถนน (Road) (Road_Eu) เงื่อนไข "<= 200" แสดงถึงแห้งแล้ง หรือ "> 200" แสดงถึงความชุ่มชื้น
7. โหนดตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) Village_Eu) เงื่อนไข "<= 357.77" แสดงถึงแห้งแล้ง หรือ "> 357.77" แสดงถึงความชุ่มชื้น แสดงดังภาพ 37



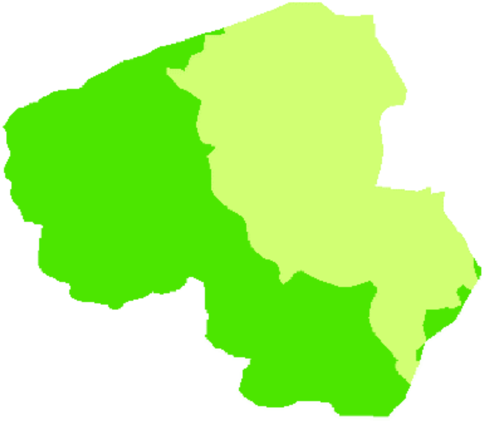
ภาพ 36 การตัดสินใจในรูปแบบ Decision Tree ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม WEKA

มหาวิทยาลัยพะเยา UNIVERSITY OF PHAYAO

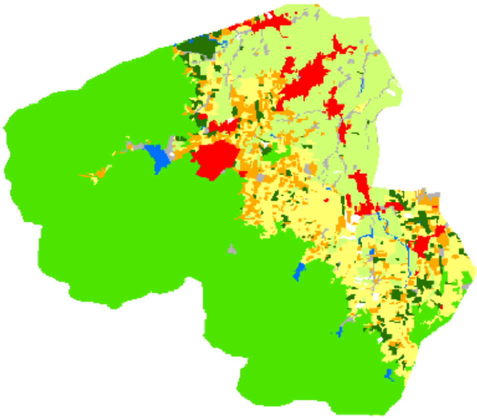
3.การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยจากภาวะแห้งแล้งในอนาคตที่อาจมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ได้ดำเนินการโดยการใช้แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดิน (PLUS: Patch-based Land Use Simulation) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากแห้งแล้งในอนาคต โดยการจำลองนี้ได้ให้ข้อมูลที่เชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินและความเสี่ยงจากภาวะแห้งแล้ง เพื่อให้การศึกษามีความแม่นยำและสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

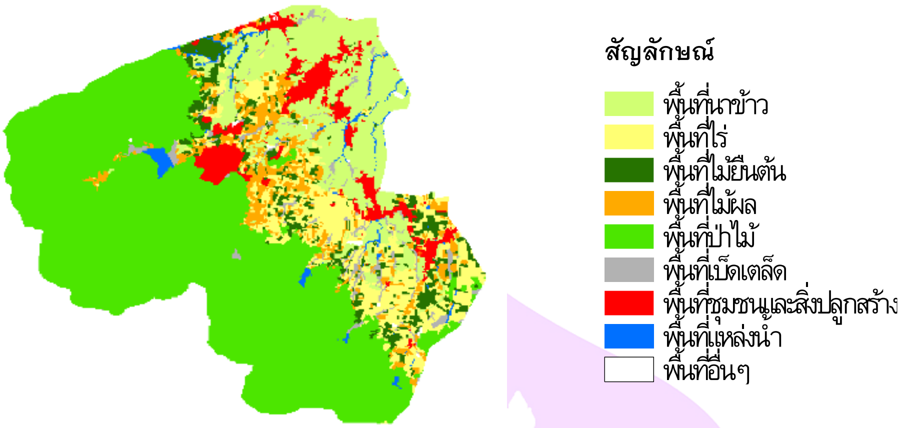
กระบวนการและข้อมูลที่ใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2555, และ พ.ศ. 2565 ได้ถูกนำเข้าสู่แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดิน PLUS (Patch-based Land Use Simulation) โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยการใช้ที่ดินใน 9 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นา (A1), พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), พื้นที่ไม้ผล (A4), พื้นที่ป่าไม้ (F), พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M), พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U), พื้นที่แหล่งน้ำ (W), และพื้นที่อื่นๆ (A5) ในการศึกษานี้, แบบจำลอง PLUS ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน เพื่อสร้างการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต ข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะแห้งแล้งในอนาคต การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินกับสภาพแวดล้อมที่มีแนวโน้มแห้งแล้ง โดยการระบุพื้นที่ที่อาจมีความเสี่ยงสูงอย่างชัดเจน



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2545



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2555



การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2565

ภาพ 37 พื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2545 ปี พ.ศ.2555 และปี พ.ศ.2565

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากข้อมูลสัดส่วนการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2545, 2555 และ 2565 สามารถสรุปได้ดังนี้:

พื้นที่นา (A1) ในปี พ.ศ. 2545 มีพื้นที่นา 32,067 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 46.43 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งลดลงเหลือ 11,172 ไร่ (ร้อยละ 16.17) ในปี พ.ศ. 2555 และลดลงอีกเล็กน้อยเป็น 10,765 ไร่ (ร้อยละ 15.59) ในปี พ.ศ. 2565 แสดงให้เห็นถึงการลดลงของพื้นที่นาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินไปสู่การใช้ประโยชน์อื่น ๆ

พื้นที่พืชไร่ (A2) ในปี พ.ศ. 2555 มีการเพิ่มพื้นที่พืชไร่เป็นจำนวน 8,524 ไร่ (ร้อยละ 12.34) แต่ในปี พ.ศ. 2565 พื้นที่พืชไร่ลดลงเหลือ 7,188 ไร่ (ร้อยละ 10.41) ซึ่งสะท้อนถึงการลดลงของพื้นที่ปลูกพืชไร่ในระยะหลัง

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3) มีพื้นที่เริ่มต้นในปี พ.ศ. 2555 ที่ 2,295 ไร่ (ร้อยละ 3.32) และเพิ่มขึ้นเป็น 3,610 ไร่ (ร้อยละ 5.23) ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งสะท้อนถึงการขยายตัวของพื้นที่ที่ใช้ปลูกไม้ยืนต้น

พื้นที่ไม้ผล (A4) พื้นที่ไม้ผลเพิ่มขึ้นจาก 3,939 ไร่ (ร้อยละ 5.70) ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 4,039 ไร่ (ร้อยละ 5.85) ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งแสดงถึงการขยายตัวของการปลูกไม้ผล

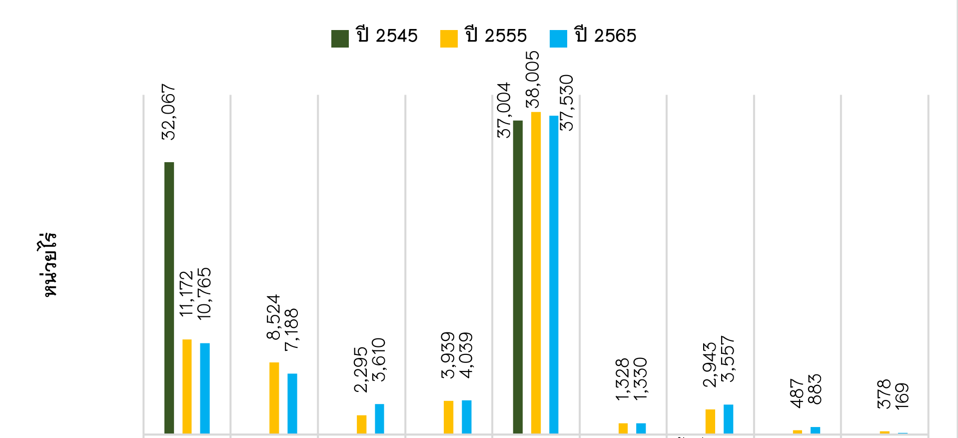
พื้นที่ป่าไม้ (F) มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 37,004 ไร่ (ร้อยละ 53.57) ในปี พ.ศ. 2545 เป็น 38,005 ไร่ (ร้อยละ 55.02) ในปี พ.ศ. 2555 และลดลงเล็กน้อยเป็น 37,530 ไร่ (ร้อยละ 54.34) ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งแสดงถึงความคงตัวของพื้นที่ป่าไม้ในภาพรวม

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) มีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจาก 2,943 ไร่ (ร้อยละ 4.26) ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 3,557 ไร่ (ร้อยละ 5.15) ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งสะท้อนถึงการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

พื้นที่แหล่งน้ำ (W) เพิ่มขึ้นจาก 487 ไร่ (ร้อยละ 0.71) ในปี พ.ศ. 2555 เป็น 883 ไร่ (ร้อยละ 1.28) ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาพื้นที่แหล่งน้ำ

พื้นที่อื่น ๆ (A5) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) พื้นที่อื่น ๆ ลดลงจาก 378 ไร่ (ร้อยละ 0.55) ในปี พ.ศ. 2555 เหลือ 169 ไร่ (ร้อยละ 0.24) ในปี พ.ศ. 2565 ขณะที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย

สรุปได้ว่า พื้นที่นาและพืชไร่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง, ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปยังประเภทอื่น เช่น การปลูกไม้ยืนต้นหรือพืชผล รวมถึงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและชุมชน ส่วน พื้นที่ป่าไม้ ค่อนข้างคงที่ แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของ พื้นที่แหล่งน้ำและชุมชน แสดงถึงการพัฒนาที่ตอบสนองต่อความต้องการทางสังคมและเศรษฐกิจในช่วงเวลาเหล่านี้



	พื้นที่นา (A1)	พื้นที่พืชไร่ (A2)	พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	พื้นที่ไม้ผล (A4)	พื้นที่ป่าไม้ (F)	พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	พื้นที่อื่นๆ (A5)
ปี 2545	32,067				37,004				
ปี 2555	11,172	8,524	2,295	3,939	38,005	1,328	2,943	487	378
ปี 2565	10,765	7,188	3,610	4,039	37,530	1,330	3,557	883	169

ภาพ 38 กราฟพื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2545 ปี พ.ศ.2555 และปี พ.ศ.2565

การประเมินความแม่นยำของแบบจำลองการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 ดำเนินการโดยใช้ค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ (User's Accuracy) และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต (Producer's

Accuracy) ซึ่งเป็นมาตรวัดมาตรฐานในการประเมินความถูกต้องของการจัดประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ ผลการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่นา (A1) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 93% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 97% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำสูงในการระบุพื้นที่นาในแบบจำลอง และสะท้อนถึงการจัดหมวดหมู่พื้นที่นาได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับความเป็นจริง

พื้นที่พืชไร่ (A2) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 63% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 74% แสดงถึงความถูกต้องในระดับปานกลาง ซึ่งยังมีข้อจำกัดในความสามารถของแบบจำลองในการแยกประเภทพื้นที่พืชไร่บางส่วน

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 62% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิตต่ำสุดที่ 42% ซึ่งสะท้อนถึงข้อบกพร่องในแบบจำลองที่อาจเกิดจากความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ไม้ยืนต้นที่ทับซ้อนกับประเภทการใช้ประโยชน์อื่น ๆ

พื้นที่ไม้ผล (A4) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 70% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 65% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำในระดับปานกลางทั้งในการจัดประเภทและการทำนายพื้นที่ไม้ผล

พื้นที่ป่าไม้ (F) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 98% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 99% ซึ่งแสดงถึงความสามารถของแบบจำลองในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างถูกต้องและสม่ำเสมอ

พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 38% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 46% ซึ่งแสดงถึงความคลาดเคลื่อนที่สูงในการจำแนกพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งอาจเกิดจากความหลากหลายของลักษณะการใช้ที่ดินในกลุ่มนี้

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 99% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 77% ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำสูงในการระบุพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการในการแยกแยะลักษณะพื้นที่นี้

พื้นที่แหล่งน้ำ (W) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 73% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 35% ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดในแบบจำลองที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำในช่วงเวลาหรือความคล้ายคลึงกับประเภทการใช้ประโยชน์อื่น ๆ

พื้นที่อื่น ๆ (A5) มีค่าความถูกต้องเชิงผู้ใช้ 25% และค่าความถูกต้องเชิงผู้ผลิต 60% ซึ่งแสดงถึงความไม่แม่นยำในการจัดประเภทพื้นที่นี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ที่กระจัดกระจายและหลากหลาย

ผลการทวนสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความแม่นยำสูงในบางประเภท เช่น พื้นที่นา (A1) และ พื้นที่ป่าไม้ (F) ในขณะที่พื้นที่บางประเภท เช่น พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3) และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) มีความแม่นยำต่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของแบบจำลองในการจำแนกพื้นที่ที่มีความซับซ้อนหรือมีลักษณะทับซ้อนกันสูง ผลการวิเคราะห์นี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงแบบจำลองและพัฒนากระบวนการจัดการข้อมูลให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้นในอนาคต

ตาราง 46 การทวนสอบของแบบจำลอง แบบ User's Accuracy และแบบ Producer's Accuracy

ประเภทการใช้ที่ดิน	User's Accuracy	Producer's Accuracy
	ร้อยละ	**ร้อยละ**
พื้นที่นา (A1)	0.93	0.97
พื้นที่พืชไร่ (A2)	0.63	0.74
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	0.62	0.42
พื้นที่ไม้ผล (A4)	0.70	0.65
พื้นที่ป่าไม้ (F)	0.98	0.99
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	0.38	0.46
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	0.99	0.77
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	0.73	0.35
พื้นที่อื่นๆ (A5)	0.25	0.60

การเปรียบเทียบการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 ระหว่างผลลัพธ์จากแบบจำลอง PLUS และข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินแสดงถึงความสอดคล้องและความแตกต่างในสัดส่วนของการใช้ที่ดินในประเภทต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่นา (A1): แบบจำลอง PLUS คาดการณ์พื้นที่นาไว้ที่ 11,172 ไร่ (ร้อยละ 16.17) ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 10,765 ไร่ (ร้อยละ 15.59)

พื้นที่พืชไร่ (A2): แบบจำลอง PLUS ประเมินพื้นที่พืชไร่ที่ 8,524 ไร่ (ร้อยละ 12.34) ซึ่งสูงกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 7,188 ไร่ (ร้อยละ 10.41)

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3): แบบจำลอง PLUS คาดการณ์พื้นที่ไม้ยืนต้นที่ 2,295 ไร่ (ร้อยละ 3.32) ซึ่งต่ำกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 3,610 ไร่ (ร้อยละ 5.23)

พื้นที่ไม้ผล (A4): แบบจำลอง PLUS คาดการณ์พื้นที่ไม้ผลไว้ที่ 3,939 ไร่ (ร้อยละ 5.70) ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 4,039 ไร่ (ร้อยละ 5.85)

พื้นที่ป่าไม้ (F): แบบจำลอง PLUS ประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่ 38,005 ไร่ (ร้อยละ 55.02) ซึ่งสูงกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 37,530 ไร่ (ร้อยละ 54.34)

พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M): ผลการประเมินของแบบจำลอง PLUS และข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ดอยู่ที่ประมาณ 1,328–1,330 ไร่ (ร้อยละ 1.92–1.93)

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U): แบบจำลอง PLUS คาดการณ์พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างที่ 2,943 ไร่ (ร้อยละ 4.26) ซึ่งต่ำกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 3,557 ไร่ (ร้อยละ 5.15)

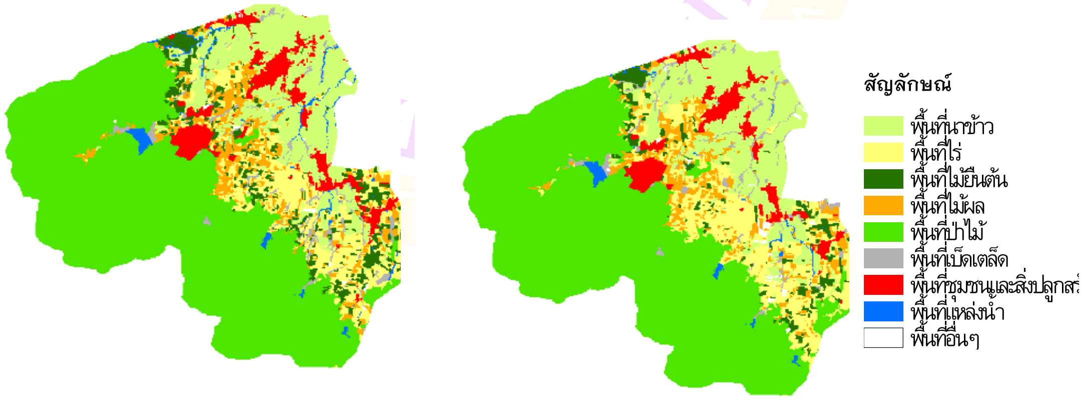
พื้นที่แหล่งน้ำ (W): แบบจำลอง PLUS ประเมินพื้นที่แหล่งน้ำที่ 487 ไร่ (ร้อยละ 0.71) ซึ่งต่ำกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 883 ไร่ (ร้อยละ 1.28)

พื้นที่อื่น ๆ (A5): แบบจำลอง PLUS คาดการณ์พื้นที่อื่น ๆ ที่ 378 ไร่ (ร้อยละ 0.55) ซึ่งสูงกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ระบุไว้ที่ 169 ไร่ (ร้อยละ 0.24)

จากผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ว่าโดยรวมแล้วแบบจำลอง PLUS และข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมีความสอดคล้องกันในหลายประเภท เช่น พื้นที่นา (A1), พื้นที่ไม้ผล (A4), และ พื้นที่ป่าไม้ (F) อย่างไรก็ตาม ยังพบความแตกต่างในบางประเภท เช่น พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), และ พื้นที่แหล่งน้ำ (W) ซึ่งบ่งชี้ถึงข้อจำกัดของแบบจำลองในการจำแนกลักษณะเฉพาะของพื้นที่เหล่านี้ การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบนี้สามารถนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ตลอดจนการสนับสนุนการจัดการทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืนในอนาคต

ตาราง 47 การเปรียบเทียบการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2565 ของแบบจำลองและกรมพัฒนาที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	แบบจำลอง PLUS พ.ศ.2565		กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2565		สัดส่วนที่เปลี่ยน
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	
พื้นที่นา (A1)	11,172	16.17	10,765	15.59	407
พื้นที่พืชไร่ (A2)	8,524	12.34	7,188	10.41	1,336
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	2,295	3.32	3,610	5.23	1,315
พื้นที่ไม้ผล (A4)	3,939	5.70	4,039	5.85	100
พื้นที่ป่าไม้ (F)	38,005	55.02	37,530	54.34	475
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	1,328	1.92	1,330	1.93	2
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	2,943	4.26	3,557	5.15	614
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	487	0.71	883	1.28	396
พื้นที่อื่นๆ (A5)	378	0.55	169	0.24	209
รวม	**69,071**	**100.00**	**69,071**	**100.00**	



การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2565 กรมพัฒนาที่ดิน

การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2565 แบบจำลองPLUS

ภาพ 39 การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2565 ของกรมพัฒนาที่ดินและแบบจำลองPLUS

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2565 และ พ.ศ. 2575 โดยใช้แบบจำลอง PLUS พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในประเภทการใช้ที่ดินในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

พื้นที่นา (A1): พื้นที่นาในปี พ.ศ. 2565 มีขนาด 11,172 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.17 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งลดลงเหลือ 10,765 ไร่ หรือร้อยละ 15.59 ในปี พ.ศ. 2575 การลดลงนี้อาจสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไปสู่การพัฒนาในรูปแบบอื่น เช่น พื้นที่ชุมชนและพื้นที่ไม้ยืนต้น

พื้นที่พืชไร่ (A2): พื้นที่พืชไร่ลดลงจาก 8,524 ไร่ (ร้อยละ 12.34) ในปี พ.ศ. 2565 เหลือ 7,188 ไร่ (ร้อยละ 10.41) ในปี พ.ศ. 2575 การลดลงนี้บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงในลักษณะการใช้ที่ดิน อาจเนื่องมาจากการลดความสำคัญของพืชไร่ในบริบทเศรษฐกิจ หรือการเปลี่ยนแปลงไปสู่การปลูกไม้ยืนต้นและการใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3): พื้นที่ไม้ยืนต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 2,295 ไร่ (ร้อยละ 3.32) ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 3,610 ไร่ (ร้อยละ 5.23) ในปี พ.ศ. 2575 การเพิ่มขึ้นนี้สะท้อนถึงแนวโน้มในการส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจระยะยาวและการรักษาสภาพแวดล้อม

พื้นที่ไม้ผล (A4): พื้นที่ไม้ผลมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 3,939 ไร่ (ร้อยละ 5.70) ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 4,039 ไร่ (ร้อยละ 5.85) ในปี พ.ศ. 2575 ซึ่งอาจเกิดจากการพัฒนาระบบเกษตรกรรมที่เน้นการปลูกพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทนสูง

พื้นที่ป่าไม้ (F): พื้นที่ป่าไม้ลดลงเล็กน้อยจาก 38,005 ไร่ (ร้อยละ 55.02) ในปี พ.ศ. 2565 เหลือ 37,530 ไร่ (ร้อยละ 54.34) ในปี พ.ศ. 2575 การลดลงนี้สะท้อนถึงแรงกดดันจากการขยายพื้นที่ชุมชนและการเกษตร

พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M): พื้นที่เบ็ดเตล็ดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 1,328 ไร่ (ร้อยละ 1.92) ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 1,330 ไร่ (ร้อยละ 1.93) ในปี พ.ศ. 2575 แสดงถึงความคงที่ในการใช้ประโยชน์ในประเภทนี้

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U): พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดจาก 2,943 ไร่ (ร้อยละ 4.26) ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 3,557 ไร่ (ร้อยละ 5.15) ในปี พ.ศ. 2575 การ

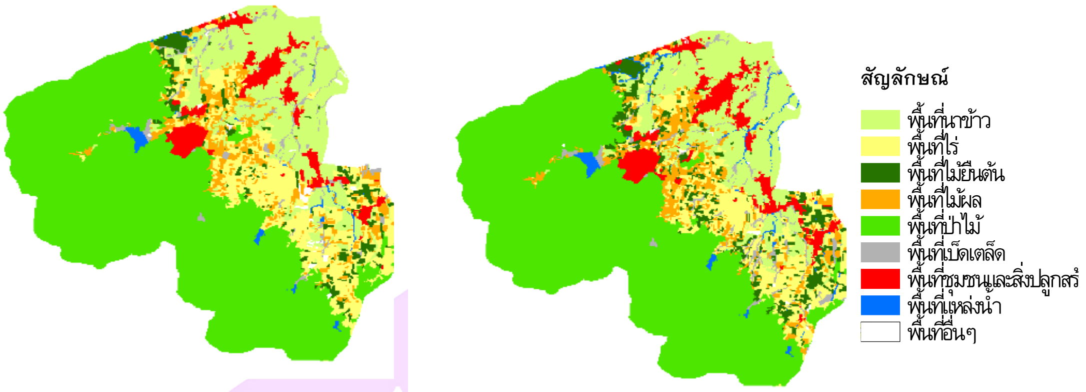
ขยายตัวนี้สะท้อนถึงการเติบโตของเมืองและการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างที่ตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของประชากรและความต้องการพื้นที่เมือง

พื้นที่แหล่งน้ำ (W): พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจาก 487 ไร่ (ร้อยละ 0.71) ในปี พ.ศ. 2565 เป็น 883 ไร่ (ร้อยละ 1.28) ในปี พ.ศ. 2575 การเพิ่มขึ้นนี้อาจเกิดจากการพัฒนาระบบชลประทานหรือการปรับปรุงพื้นที่เพื่อการเก็บกักน้ำ

พื้นที่อื่น ๆ (A5): พื้นที่อื่น ๆ ลดลงอย่างมากจาก 378 ไร่ (ร้อยละ 0.55) ในปี พ.ศ. 2565 เหลือเพียง 169 ไร่ (ร้อยละ 0.24) ในปี พ.ศ. 2575 การลดลงนี้สะท้อนถึงการลดบทบาทของการใช้ประโยชน์ในลักษณะนี้

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสัดส่วนการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2565 และ พ.ศ. 2575 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงการส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้นและการพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมที่มุ่งเน้นพืชเศรษฐกิจ

จากข้อมูลที่ได้รับการวิเคราะห์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในอนาคตสะท้อนถึงผลกระทบจากการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะการลดลงของพื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ ควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่สอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาในยุคปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากรและความยั่งยืนของพื้นที่ในระยะยาว ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระหว่างการคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 ที่ได้จากแบบจำลอง PLUS กับข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าแบบจำลอง PLUS มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) อยู่ที่ 0.88 และ Kappa Coefficient เท่ากับ 0.82 ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการคาดการณ์ เนื่องจากค่าดังกล่าวบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถทำนายการใช้ที่ดินได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากแหล่งอ้างอิง และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ



การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2565 การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2575

ภาพ 40 การใช้ที่ดินใช้ปี พ.ศ.2565 และปี พ.ศ.2575

ตาราง 48 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากแบบจำลอง PLUS ปี พ.ศ.2565 และปี พ.ศ.2575

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ.2565		พ.ศ.2575	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่นา (A1)	11,172	16.17	10,765	15.59
พื้นที่พืชไร่ (A2)	8,524	12.34	7,188	10.41
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	2,295	3.32	3,610	5.23
พื้นที่ไม้ผล (A4)	3,939	5.70	4,039	5.85
พื้นที่ป่าไม้ (F)	38,005	55.02	37,530	54.34
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	1,328	1.92	1,330	1.93
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	2,943	4.26	3,557	5.15
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	487	0.71	883	1.28
พื้นที่อื่นๆ (A5)	378	0.55	169	0.24
รวม	69,071	100.00	69,071	100.00

4.การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

จากการคำนวณและคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อแห้งแล้งโดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตด้วยวิธีการวิเคราะห์การถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (IDW) พบว่า ในปี พ.ศ. 2575 คาดว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจะอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,434.10 มิลลิเมตร ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถใช้ในการคาดการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาโดย (ก้องภพ ลีราช, 2567) ที่พบว่าแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตนั้นคาดการณ์ว่าปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้นในระยะยาว

ผลการวิเคราะห์ยังเชื่อมโยงกับข้อมูลในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปรียบเทียบดัชนีเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลที่ซ้อนกันระหว่าง การใช้ที่ดิน และดัชนีเชิงพื้นที่ เพื่อแสดงภาพรวมของพื้นที่ในปี พ.ศ. 2575 แม้ว่าข้อมูลดังกล่าวจะไม่สามารถแสดงปริมาณที่แน่นอนได้ แต่สามารถใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยอ้างอิงจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากในปี พ.ศ. 2548

การแสดงผลการวิเคราะห์จะแสดงผลในรูปแบบเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องระดับความชื้นหรือระดับแห้งแล้งในแต่ละพื้นที่ โดยคำนึงถึงประเภทของการใช้ที่ดิน ซึ่งมีระดับความชื้นและแห้งแล้งที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะเฉพาะของพื้นที่แต่ละแห่ง

การใช้ที่ดินตามฤดูกาลของดัชนี NDVI และระดับความชื้น และแห้งแล้ง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. พื้นที่นา (A1) และพื้นที่พืชไร่ (A2)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

2. พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับปานกลาง

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น และปานกลาง

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับแห้งแล้ง

3. พื้นที่ไม้ผล (A4)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับแห้งแล้ง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น และปานกลาง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

4. พื้นที่ป่าไม้ (F)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้น และปานกลาง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง

5. พื้นที่เบ็ดเสร็จ (M)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น และปานกลาง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

6. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

7. พื้นที่แหล่งน้ำ (W)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น และแห้งแล้ง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

8. พื้นที่อื่นๆ (A5)

ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง

ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง และแห้งแล้ง ดังตาราง 49

ตาราง 49 ดัชนี NDVI ปี พ.ศ.2575 (ปริมาณน้ำฝนมาก) (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

ประเภทการใช้ที่ดิน	ฤดูกาล	ชื้นมาก	ชื้น	ปานกลาง	แห้งแล้ง	แห้งแล้งมาก
พื้นที่นา (A1)	ร้อน			✓	✓	
	ฝน		✓	✓	✓	
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่พืชไร่ (A2)	ร้อน			✓	✓	
	ฝน		✓	✓	✓	
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	ร้อน			✓		
	ฝน		✓	✓		
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่ไม้ผล (A4)	ร้อน		✓	✓	✓	
	ฝน		✓	✓	✓	
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่ป่าไม้ (F)	ร้อน		✓	✓		
	ฝน		✓	✓	✓	
	หนาว			✓		
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	ร้อน		✓	✓	✓	
	ฝน		✓	✓		
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	ร้อน			✓	✓	
	ฝน		✓	✓	✓	
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	ร้อน		✓	✓	✓	
	ฝน		✓		✓	
	หนาว			✓	✓	
พื้นที่อื่นๆ (A5)	ร้อน			✓	✓	

ประเภทการใช้ที่ดิน	ฤดูกาล	ชื้นมาก	ชื้น	ปานกลาง	แห้งแล้ง	แห้งแล้งมาก
	ฝน		✓	✓		
	หนาว			✓	✓	

ประเภทการใช้ที่ดิน รายละเอียดการใช้งานตามฤดูกาลของดัชนี VCI และระดับความชื้นและแห้งแล้งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. พื้นที่นา (A1) พื้นที่พืชไร่ (A2) และพื้นที่ไม้ผล (A4)

   ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

2. พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

3. พื้นที่ป่าไม้ (F)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

4. พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

5. พื้นที่แหล่งน้ำ (W)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูฝน: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

   ฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก

6. พื้นที่อื่นๆ (A5)

   ฤดูร้อน: พื้นที่ในระดับชื้นมาก ชื้น ปานกลาง และแห้งแล้ง

ฤดูฝน และฤดูหนาว: พื้นที่ในระดับชื้น ปานกลาง แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก ดังตาราง 50

ตาราง 50 ดัชนี VCI ปี พ.ศ.2575 (ปริมาณน้ำฝนมาก) (ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว)

ประเภทการใช้ที่ดิน	ฤดูกาล	ชื้นมาก	ชื้น	ปานกลาง	แห้งแล้ง	แห้งแล้งมาก
พื้นที่นา (A1)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว	✓	✓	✓	✓	✓
พื้นที่พืชไร่ (A2)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว	✓	✓	✓	✓	✓
พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว			✓	✓	✓
พื้นที่ไม้ผล (A4)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว	✓	✓	✓	✓	✓
พื้นที่ป่าไม้ (F)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว	✓	✓	✓	✓	✓
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว		✓	✓	✓	✓
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน	✓	✓	✓	✓	✓
	หนาว		✓	✓	✓	✓
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	✓
	ฝน		✓	✓	✓	✓

ประเภทการใช้ที่ดิน	ฤดูกาล	ชื้นมาก	ชื้น	ปานกลาง	แห้งแล้ง	แห้งแล้งมาก
	หนาว	✓	✓	✓	✓	✓
พื้นที่อื่นๆ (A5)	ร้อน	✓	✓	✓	✓	
	ฝน		✓	✓	✓	✓
	หนาว		✓	✓	✓	✓

การใช้ที่ดินกับการเปรียบเทียบพื้นที่ประเภทต่างๆ กับค่าดัชนี NDVI และ VCI ในปีพ.ศ. 2575 ภายใต้เงื่อนไขของฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน, ฤดูหนาว) และปริมาณน้ำฝน (ชื้นมาก, ชื้น ปานกลาง, แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ดัชนี NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) การตอบสนองของดัชนี NDVI ต่อประเภทการใช้ที่ดินมีความหลากหลายน้อยกว่า VCI พื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่นาข้าว (A1), พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), พื้นที่ไม้ผล (A4) และพื้นที่ป่าไม้ (F) มีการตอบสนองต่อค่าดัชนี NDVI เฉพาะในฤดูฝนภายใต้ระดับความชื้นที่ไม่รุนแรง (ชื้นปานกลางและแห้งแล้ง) NDVI แสดงความสัมพันธ์ที่จำกัดมากในพื้นที่แห้งแล้งมาก ซึ่งสะท้อนข้อจำกัดของดัชนี NDVI ในการตรวจจับความเสื่อมโทรมของพืชพรรณในสภาวะแห้งแล้งมาก

ดัชนี VCI (Vegetation Condition Index) พื้นที่เกษตรกรรมทุกประเภท เช่น พื้นที่นาข้าว (A1), พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), พื้นที่ไม้ผล (A4) และพื้นที่อื่นๆ (A5) แสดงความสัมพันธ์กับค่าดัชนี VCI ในทุกฤดูกาลและทุกระดับความชื้นโดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ (F), พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W) มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนี VCI อย่างชัดเจนในทุกฤดูกาลค่าดัชนี VCI จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพืชพรรณในพื้นที่ส่วนใหญ่ในทุกฤดูกาล

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI และ VCI ในปีพ.ศ. 2575 ภายใต้บริบทของฤดูกาล (ฤดูร้อน, ฤดูฝน และฤดูหนาว) และระดับปริมาณน้ำฝน (ชื้นมาก, ชื้นปานกลาง, แห้งแล้ง และแห้งแล้งมาก) พบว่า ดัชนี VCI (Vegetation Condition Index) แสดงศักยภาพในการจำแนกลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในพื้นที่ประเภทต่างๆ ได้ครอบคลุมมากกว่าดัชนี NDVI

โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่นาข้าว (A1), พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), พื้นที่ไม้ผล (A4) ตลอดจนพื้นที่ป่าไม้ (F), พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในทุกฤดูกาลและทุกระดับความชื้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งสูง

ในขณะที่ดัชนี NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) มีความสามารถในการสะท้อนความเขียวของพืชพรรณได้ดีเฉพาะในช่วงฤดูฝนและในพื้นที่ที่มีความชื้นเพียงพอ (ตั้งแต่ระดับชื้นปานกลางและแห้งแล้ง) แต่กลับแสดงข้อจำกัดอย่างชัดเจนในการตรวจวัดสภาพพืชพรรณในพื้นที่ที่ประสบภาวะแห้งแล้งรุนแรง (แห้งแล้งมาก) หรือในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง

ดังนั้น การเลือกใช้ดัชนี NDVI หรือ VCI ควรพิจารณาร่วมกับประเภทการใช้ที่ดิน ลักษณะทางฤดูกาล และบริบทด้านปริมาณน้ำฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีแนวโน้มประสบภัยแล้งหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง ดัชนี VCI จึงมีความเหมาะสมกว่าในการนำมาใช้วิเคราะห์สภาพพืชพรรณและภาวะความเสี่ยงจากภัยแล้งเชิงพื้นที่ในระดับพื้นที่ขนาดใหญ่

บทที่ 5

บทสรุป (Conclusions)

การศึกษานี้คาดการณ์ความแห้งแล้งโดยอาศัยรูปแบบที่พบในอดีต ซึ่งคือสัดส่วนเนื้อที่ความแห้งแล้งที่แตกต่างกันตามประเภทการใช้ที่ดิน โดยใช้หลักการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงประจักษ์ (Empirical Statistical Analysis) ควบคู่กับการคาดการณ์การใช้ที่ดิน วิธีนี้มีสมมติฐานว่ารูปแบบ/ความสัมพันธ์ในอดีตมีแนวโน้มส่งผลต่ออนาคต การวิเคราะห์เชิงประจักษ์ดังกล่าวใช้ข้อมูลจริงจากดัชนีดาวเทียม เช่น สัดส่วนเนื้อที่การใช้ที่ดินที่สัมพันธ์กับระดับความแห้งแล้ง (แบ่งเป็น 3 ฉากทัศน์) เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ เช่น การใช้ที่ดินประเภทใดมีแนวโน้มเกิดความแห้งแล้งระดับใด และสุดท้ายการสร้างแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์การใช้ที่ดิน คือการนำความสัมพันธ์หรือรูปแบบที่พบมาใช้ในการคาดการณ์เหตุการณ์ความแห้งแล้งในอนาคต อย่างไรก็ตาม แม้จะมีประโยชน์ในการทำความเข้าใจพลวัตความแห้งแล้งกับการใช้ที่ดิน การนำไปใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดที่ว่าความสัมพันธ์ในอดีตอาจไม่คงที่ในอนาคตเนื่องจากปัจจัยเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น ภูมิอากาศหรือกิจกรรมมนุษย์

สรุปผลการวิจัย

1. **เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งด้วยการใช้ดัชนี**

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อภัยแล้งโดยใช้ดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI การศึกษานี้ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้ดัชนี NDVI, VCI, NMDI และ NDWI ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความชื้นและการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ศึกษาผ่านข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงปีที่มีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน ได้แก่ ปี พ.ศ. 2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก), ปี พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง), และ ปี พ.ศ. 2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) โดยมีการวิเคราะห์ในสามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน, ฤดูฝน, และ ฤดูหนาว

ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) ดัชนี NDVI แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความชื้นในระดับปานกลาง โดยฤดูร้อนมีพื้นที่ที่มีความชื้นปานกลางถึง 89.32%, ฤดูฝน 66.24%, และฤดูหนาว 71.67% ในขณะที่พื้นที่แห้งแล้งพบมากสุดในฤดูหนาวที่ 28.16% สำหรับปี พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปานกลาง) พื้นที่แห้งแล้งพบมากที่สุดในฤดูร้อนที่ 84.62%, และในฤดูหนาวพบพื้นที่แห้งแล้ง 40.95%, ส่วนในปี พ.ศ. 2562 (ปริมาณ

น้ำฝนน้อย) พื้นที่แห้งแล้งมากสุดในฤดูร้อนที่ 25.73%, และฤดูหนาวพบพื้นที่ปานกลางมากที่สุดที่ 78.35%

ในด้านของดัชนี VCI, ปี พ.ศ. 2548 พบว่าในฤดูฝนมีพื้นที่แห้งแล้งสูงถึง 49.04%, ขณะที่ฤดูร้อนและฤดูหนาวพบพื้นที่ชื้นในระดับสูงถึงปานกลาง ส่วนในปี พ.ศ. 2550 ฤดูร้อนพบพื้นที่แห้งแล้งมากถึง 84.27%, และฤดูฝนพบพื้นที่ชื้นสูงถึง 74.20%, สำหรับปี พ.ศ. 2562 ฤดูร้อนพบพื้นที่แห้งแล้งที่ 33.57%, และฤดูฝนพบพื้นที่ชื้นสูงสุดที่ 64.31%

การวิเคราะห์ด้วยดัชนี NMDI ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่ชื้นมากครอบคลุมในทุกฤดูกาล โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 พบว่าไม่มีพื้นที่แห้งแล้งเกิดขึ้นเลย และพื้นที่มีความชื้นมากครอบคลุมในทุกฤดูกาล

จากการใช้ดัชนี NDWI, ปี พ.ศ. 2548 พบว่าในฤดูร้อนและฤดูหนาวมีพื้นที่แห้งแล้งสูงถึง 98.80% และ 99.97% ตามลำดับ, ในขณะที่ปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2562 พบว่าในฤดูร้อนและฤดูหนาวมีพื้นที่แห้งแล้งสูงมาก ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการคาดการณ์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้ง

ผลการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและฤดูกาลที่มีผลต่อระดับความชื้นและการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาผ่านดัชนีที่ใช้ในการประเมิน โดยเฉพาะดัชนี NDVI และ VCI ที่สามารถสะท้อนพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้อย่างชัดเจนในปีที่มีปริมาณน้ำฝนปานกลางและน้อย ขณะที่ดัชนี NMDI และ NDWI สามารถแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและพื้นที่แห้งแล้งได้อย่างชัดเจนในฤดูร้อนและฤดูหนาว การศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการป้องกันและการจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land Use; LU) และเปรียบเทียบดัชนีเชิงพื้นที่ ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI และ NDWI ภายใต้บริบทของปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกันในช่วงปี พ.ศ. 2548, พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2562 ซึ่งครอบคลุมการวิเคราะห์ในสามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน, ฤดูฝน และ ฤดูหนาว ผลการศึกษาที่สำคัญมีดังนี้

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและดัชนี NDVI ในปี พ.ศ. 2548 (ปริมาณน้ำฝนมาก) พบว่าในพื้นที่ชื้น พื้นที่ป่าไม้ (LU: F) ครองสัดส่วนพื้นที่สูงสุดถึง 95.54% และในพื้นที่ปานกลาง LU (F) ยังคงครองสัดส่วนสูงสุดที่ 59.31% ขณะที่พื้นที่เกษตร (A1) มีบทบาทรองลงมา ส่วนพื้นที่แห้งแล้งพบมากในพื้นที่ LU (F), (A1) และ (A2) ในปี พ.ศ. 2550 (ปริมาณน้ำฝนปาน

กลาง) พื้นที่ LU (F) ยังคงครองพื้นที่เด่นชัดที่ 65.36% ขณะที่พื้นที่เกษตร (A1) และ (A2) กระจายตัวเพิ่มขึ้นและแห้งแล้งพบมากขึ้นในพื้นที่ LU (F) โดยเฉพาะในฤดูร้อน ในปี พ.ศ. 2562 (ปริมาณน้ำฝนน้อย) พื้นที่แห้งแล้งและแห้งแล้งมากใน LU (F) มีสัดส่วนลดลงเหลือ 27.57% ในขณะที่พื้นที่เกษตร (A1) และ (A2) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและดัชนี VCI ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าในพื้นที่ชื้นมากและสูง LU (F) มีความชื้นเด่นชัดที่สุดที่ 82.64% และ 64.79% ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่แห้งแล้งพบใน LU (F) ซึ่งแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงภายในพื้นที่ป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่ LU (F) ยังคงเด่นชัดแต่พื้นที่เกษตร (A1) มีบทบาทเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2562 พื้นที่แห้งแล้งใน LU (F) มีสัดส่วนลดลงเหลือ 32.51% ขณะที่พื้นที่ LU (A1) เพิ่มขึ้นเป็น 18.81%

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและดัชนี NMDI ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าในพื้นที่ชื้นมาก LU (F) ครองสัดส่วนมากที่สุดที่ 56.59% และไม่พบข้อมูลพื้นที่แห้งแล้งหรือแห้งแล้งมาก ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่ LU (A1) ครองพื้นที่สูงสุดที่ 44.55% ขณะที่ LU (F) ลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 และในปี พ.ศ. 2562 ไม่พบข้อมูลพื้นที่แห้งแล้งและแห้งแล้งมาก ซึ่งสะท้อนถึงความแปรปรวนของพื้นที่ป่าไม้

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและดัชนี NDWI ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าในพื้นที่แห้งแล้งและแห้งแล้งมาก พื้นที่ LU (F) ครองพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ 47.55% ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่แห้งแล้งมากใน LU (F) ครองพื้นที่ 51.79% ซึ่งสะท้อนถึงความเปราะบางของพื้นที่ป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2562 พื้นที่แห้งแล้งมากใน LU (F) ลดลงเหลือ 46.31% ขณะที่พื้นที่เกษตร (A1) และ (A2) มีบทบาทเพิ่มขึ้น

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าพื้นที่ป่าไม้ (LU: F) มีบทบาทสำคัญในการรักษาความชื้นของพื้นที่ในทุกช่วงปีและฤดูกาล แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลง โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2562 นอกจากนี้พื้นที่เกษตร เช่น (A1) และ (A2) มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นในช่วงปีที่แห้งแล้งซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นในพื้นที่ การเปรียบเทียบดัชนีเชิงพื้นที่ทั้ง 4 ชนิดช่วยให้เห็นถึงลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในบริบทต่างๆ ได้อย่างชัดเจน และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของดัชนีและปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นที่แห้งแล้งโดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) และแบบจำลอง WEKA

ในหัวข้อนี้ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้วยวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson’s Correlation Coefficient) เพื่อสำรวจความสัมพันธ์ทั้งในด้านเชิงบวกและเชิงลบระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยการจัดหมวดหมู่ความสัมพันธ์ตามค่าของค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก (0.5 – 1.0) ความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง (0.3 – 0.5) และความสัมพันธ์เชิงบวกที่ต่ำ (0.1 – 0.3) ส่วนความสัมพันธ์เชิงลบมีการแบ่งออกเป็นความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก (–0.5 ถึง –1.0) ความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (–0.3 ถึง –0.5) และความสัมพันธ์เชิงลบที่ต่ำ (–0.1 ถึง –0.3)

ความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก (0.5 – 1.0) ตัวแปรที่แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก ได้แก่ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) กับความลาดชัน (Slope) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่เด่นชัด นอกจากนี้ยังพบว่าดัชนี VCI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับดัชนี NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.7 เช่นเดียวกัน

ความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมาก (–0.5 ถึง –1.0) สำหรับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบสูงมาก ปริมาณน้ำฝน (Rain) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบที่สูงมากกับตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ –0.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่เด่นชัด นอกจากนี้ยังพบว่าดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสูงเชิงเลข (Dem) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ –0.7 ซึ่งบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์เชิงลบที่มีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง (0.3 – 0.5)

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ปานกลาง ได้แก่ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) กับดัชนี NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.4 และความลาดชัน (Slope) กับดัชนี NDVI ฤดูร้อน ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.5 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกที่เด่นชัด

ความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง (-0.3 ถึง -0.5) ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบที่ปานกลาง ได้แก่ ความลาดชัน (Slope) กับดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.5 และดัชนี VCI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก) กับดัชนี VCI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงลบที่มีความหมาย

ความสัมพันธ์เชิงบวกที่ต่ำ (0.1 – 0.3) ในกลุ่มความสัมพันธ์เชิงบวกที่ต่ำ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ ถนน (Road) กับดัชนี NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) และดัชนี VCI ฤดูร้อน ปี พ.ศ.2548 (ฝนมาก) ซึ่งทั้งสองตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.3 นอกจากนี้ยังพบว่า ดัชนี VCI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับดัชนี VCI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.2

ความสัมพันธ์เชิงลบที่ต่ำ (-0.1 ถึง -0.3) ในส่วนของความสัมพันธ์เชิงลบที่ต่ำ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบ ได้แก่ ความลาดชัน (Slope) กับดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.2 และดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2550 (ฝนปานกลาง) กับดัชนี VCI ฤดูร้อน ปี พ.ศ.2550 (ฝนปานกลาง) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.3

สรุปผลการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่เด่นชัดที่สุดคือ ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) กับความลาดชัน (Slope) (0.7) และดัชนี VCI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) กับดัชนี NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ.2562 (ฝนน้อย) (0.7) ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงลบสูงที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝน (Rain) กับตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) (-0.9) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมและการใช้ที่ดิน

ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง Decision Tree การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม WEKA ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision Tree) เพื่อแยกแยะและระบุพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้ง โดยอาศัยปัจจัยดัชนีเชิงพื้นที่ ได้แก่ NDVI, VCI, NMDI, และ NDWI ร่วมกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ การวิเคราะห์นี้มีผลลัพธ์ดังนี้

ส่วนประกอบของ Decision Tree Root Node (โหนดราก): การตัดสินใจเริ่มต้นจากดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการแบ่งข้อมูลเริ่มแรก

Internal Nodes (โหนดภายใน): ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการแบ่งข้อมูลเพิ่มเติม ได้แก่ ดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2550 (ฝนปานกลาง), การใช้ที่ดิน (LU_65), และทิศทางความลาดชัน (Aspect)

Leaf Nodes (โหนดใบ): แสดงผลลัพธ์สุดท้ายของการตัดสินใจ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ "แห้งแล้ง" (0) และ "ความชุ่มชื้น" (1)

Edges (เส้นเชื่อม): ใช้เงื่อนไขเชิงตรรกะ เช่น <= และ > ในการเชื่อมโยงการตัดสินใจจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดถัดไป

ลำดับการตัดสินใจ การตัดสินใจเริ่มต้นที่ Root Node โดยใช้ดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2562 (ฝนน้อย) ตรวจสอบเงื่อนไข หากค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0 ไปที่ NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2550 หากมากกว่า 0 ไปที่ NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2548

การใช้ดัชนี NDVI ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2550 (ฝนปานกลาง) แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม หากค่า <= 0 ไปที่ "ความชุ่มชื้น" หากค่า > 0 ไปที่ "แห้งแล้ง"

การใช้ดัชนี NDVI ฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2548 หากค่า <= 0 ไปที่การใช้ที่ดิน (LU_65) หาก > 0 ไปที่ "ความชุ่มชื้น"

การใช้ที่ดิน (LU_65) แบ่งข้อมูลตามประเภทการใช้ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่นาไปที่ "แห้งแล้ง", พื้นที่ไร่ไปที่การระบายน้ำของดิน (Soil), พื้นที่ป่าไม้ไปที่ "ความชุ่มชื้น", และพื้นที่เมืองไปที่ตำแหน่งหมู่บ้าน (Village)

การระบายน้ำของดิน (Soil) หากดินระบายน้ำน้อยไปที่ "แห้งแล้ง", ดินระบายน้ำปานกลางไปที่ทิศทางความลาดชัน (Aspect)

ทิศทางความลาดชัน (Aspect) หาก <= 27.34 ไปที่ "ความชุ่มชื้น", หาก > 27.34 ไปที่ "แห้งแล้ง"

ถนน (Road) หากระยะทาง <= 200 ไปที่ "แห้งแล้ง", หากระยะทาง > 200 ไปที่ "ความชุ่มชื้น"

ตำแหน่งหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village) หาก <= 357.77 ไปที่ "แห้งแล้ง", หาก > 357.77 ไปที่ "ความชุ่มชื้น"

ผลลัพธ์ของแบบจำลอง ตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจ ได้แก่ ดัชนี NDVI (ฤดูฝนและฤดูหนาว), การใช้ที่ดิน (LU_65), การระบายน้ำของดิน (Soil), ทิศทางความลาดชัน (Aspect), ตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย (Village), และถนน (Road) พื้นที่ที่มีแห้งแล้งพบ

ได้มากในพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่นาและพื้นที่ไร่, ดินที่มีการระบายน้ำน้อย และพื้นที่ใกล้ถนน แสดงแนวโน้มแห้งแล้งสูง ตำแหน่งหมู่บ้านและที่อยู่อาศัยที่มีความสัมพันธ์กับความสูงเชิงเลข (DEM) มีความเสี่ยงสูง พื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นพบในพื้นที่ป่าไม้และแหล่งน้ำเป็นหลัก, พื้นที่ที่มีดินระบายน้ำดี และห่างไกลจากถนนแสดงความชุ่มชื้นเด่นชัด

3. เพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกับการใช้ที่ดินในอนาคตที่จะเกิดขึ้น

การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง PLUS เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งในอนาคต โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2545, 2555, และ 2565 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงไปยังปี พ.ศ. 2575 โดยพิจารณาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่าง ๆ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2545 – 2565)

พื้นที่นา (A1): มีการลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 32,067 ไร่ (46.43%) ในปี 2545 เหลือ 10,765 ไร่ (15.59%) ในปี 2565 ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนพื้นที่นาไปเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่พืชเศรษฐกิจอื่น ๆ

พื้นที่พืชไร่ (A2): มีการเพิ่มขึ้นในปี 2555 แต่ลดลงในปี 2565 เหลือ 7,188 ไร่ (10.41%) ซึ่งแสดงถึงการลดความสำคัญของพื้นที่พืชไร่ในระยะหลัง

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3): มีการเพิ่มขึ้นจาก 2,295 ไร่ (3.32%) ในปี 2555 เป็น 3,610 ไร่ (5.23%) ในปี 2565 ซึ่งสะท้อนถึงแนวโน้มการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อเศรษฐกิจระยะยาว

พื้นที่ไม้ผล (A4): มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 3,939 ไร่ (5.70%) เป็น 4,039 ไร่ (5.85%)

พื้นที่ป่าไม้ (F): ค่อนข้างคงตัว โดยมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจาก 38,005 ไร่ (55.02%) ในปี 2555 เป็น 37,530 ไร่ (54.34%) ในปี 2565

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U): มีการเพิ่มขึ้นชัดเจนจาก 2,943 ไร่ (4.26%) ในปี 2555 เป็น 3,557 ไร่ (5.15%) ในปี 2565 ซึ่งสะท้อนถึงการเติบโตของเมืองและการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

พื้นที่แหล่งน้ำ (W): มีการเพิ่มขึ้นจาก 487 ไร่ (0.71%) เป็น 883 ไร่ (1.28%)

พื้นที่อื่น ๆ (A5): ลดลงจาก 378 ไร่ (0.55%) เหลือ 169 ไร่ (0.24%)

การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง PLUS

พื้นที่นา (A1): มีความแม่นยำสูงสุด (User's Accuracy 93%, Producer's Accuracy 97%)

พื้นที่ป่าไม้ (F): มีความแม่นยำสูงสุดเช่นกัน (User's Accuracy 98%, Producer's Accuracy 99%)

พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3): มีความแม่นยำต่ำ (User's Accuracy 62%, Producer's Accuracy 42%)

พื้นที่แหล่งน้ำ (W): มีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ (User's Accuracy 73%, Producer's Accuracy 35%)

ข้อสรุปและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

พื้นที่นาและพืชไร่ (A1, A2) มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปเป็นพื้นที่อื่น เช่น การขยายพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

พื้นที่ไม้ยืนต้นและไม้ผล (A3, A4) มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น แสดงถึงการส่งเสริมเกษตรกรรมเชิงเศรษฐกิจระยะยาว

พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสะท้อนถึงการเติบโตของเมืองและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

พื้นที่ป่าไม้ (F) ค่อนข้างคงตัว แต่มีแรงกดดันจากการขยายพื้นที่เกษตรและชุมชน

พื้นที่แหล่งน้ำ (W) เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการจัดการน้ำในพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้ง

การศึกษาในครั้งนี้ช่วยคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่ดินและการเสี่ยงภัยแห้งแล้งในอนาคต ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต

4. สรุปผลการวิจัยการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อแห้งแล้งและการใช้ที่ดินในอนาคต (พ.ศ.2575)

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งในอนาคต จากการคำนวณและคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแห้งแล้ง โดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตด้วยวิธีการวิเคราะห์การถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (IDW) พบว่า ในปี พ.ศ. 2575 คาดว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจะอยู่ในระดับสูงที่ประมาณ 1,434.10 มิลลิเมตร ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถใช้ในการคาดการณ์ความเสี่ยงจากภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาโดย (ก้องภพ ลีราช,

2567) ซึ่งพบว่าแบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตคาดการณ์ว่า ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้นในระยะยาว

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้งยังเชื่อมโยงกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปรียบเทียบดัชนีเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลที่ซ้อนกันระหว่างการใช้ที่ดินและดัชนีเชิงพื้นที่เพื่อแสดงภาพรวมของพื้นที่ในปี พ.ศ. 2575 ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์เบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงภัยแห้งแล้ง โดยอ้างอิงจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากในปี พ.ศ. 2548

ผลการวิเคราะห์พื้นที่ตามประเภทการใช้ที่ดินและฤดูกาล

1. พื้นที่นา (A1) และพื้นที่พืชไร่ (A2)

   ฤดูร้อน: ระดับความชื้นปานกลางถึงแห้งแล้ง

   ฤดูฝน: ระดับความชื้นถึงแห้งแล้ง

   ฤดูหนาว: ระดับปานกลางถึงแห้งแล้ง

2. พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3)

   ฤดูร้อน: ระดับปานกลาง

   ฤดูฝน: ระดับชื้นและปานกลาง

   ฤดูหนาว: ระดับแห้งแล้ง

3. พื้นที่ไม้ผล (A4)

   ฤดูร้อน: ระดับแห้งแล้ง

   ฤดูฝน: ระดับชื้นถึงปานกลาง

   ฤดูหนาว: ระดับปานกลางถึงแห้งแล้ง

4. พื้นที่ป่าไม้ (F)

   ฤดูร้อน: ระดับชื้นถึงปานกลาง

   ฤดูฝน: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

   ฤดูหนาว: ระดับปานกลาง

5. พื้นที่เบ็ดเสร็จ (M) และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U)

   ฤดูร้อน: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

   ฤดูฝน: ระดับชื้นถึงปานกลาง

   ฤดูหนาว: ระดับปานกลางถึงแห้งแล้ง

6. พื้นที่แหล่งน้ำ (W)

ฤดูร้อน: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

ฤดูฝน: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

ฤดูหนาว: ระดับปานกลางถึงแห้งแล้ง

7. พื้นที่อื่นๆ (A5)

ฤดูร้อน: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

ฤดูฝนและฤดูหนาว: ระดับชื้นถึงแห้งแล้ง

การใช้ดัชนี NDVI และ VCI ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงแห้งแล้ง พบว่า NDVI มีความสามารถในการสะท้อนความเขียวของพืชพรรณในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่นาข้าว (A1), พื้นที่พืชไร่ (A2), พื้นที่ไม้ยืนต้น (A3), และพื้นที่ป่าไม้ (F) อย่างจำกัดในฤดูฝนที่มีความชื้นปานกลางถึงแห้งแล้ง โดยเฉพาะในพื้นที่แห้งแล้งมากหรือในฤดูร้อน NDVI มีข้อจำกัดในการตรวจจับความเสื่อมโทรมของพืชพรรณในสภาวะแห้งแล้งมาก ดัชนี VCI แสดงความสัมพันธ์ที่ดีและสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อื่นๆ ได้ดีในทุกฤดูกาลและระดับความชื้น โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าไม้, พื้นที่ชุมชน, และพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งสามารถตรวจจับความแปรปรวนของพืชพรรณและความเสี่ยงจากภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิเคราะห์การเลือกใช้ดัชนี NDVI หรือ VCI ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้ที่ดิน, ฤดูกาล, และระดับปริมาณน้ำฝน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งสูง ดัชนี VCI มีความเหมาะสมมากกว่าในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากภัยแล้ง เนื่องจากสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ดีในทุกฤดูกาลและทุกระดับความชื้น ในขณะที่ดัชนี NDVI เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ในพื้นที่ที่มีความชื้นเพียงพอในช่วงฤดูฝนเท่านั้น

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายในวัตถุประสงค์ 1 การศึกษาครั้งนี้สามารถยืนยันศักยภาพของดัชนีเชิงพื้นที่ ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณธรรมชาติ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีสภาพพืชพรรณ (Vegetation Condition Index: VCI) ในการระบุพื้นที่เสี่ยงต่อภาวะภัยแล้งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในปีที่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ในระดับปานกลางถึงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Ratanopad Suwanlee, 2023) ที่ประยุกต์ใช้ดัชนีดังกล่าวในการติดตามสถานการณ์ภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้แสดงความอ่อนไหวต่อสภาวะแห้งแล้งอย่างชัดเจนในช่วงฤดูแล้ง สะท้อนให้เห็นถึงประเด็นสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ (1) การพึ่งพาน้ำฝนตามธรรมชาติของภาคการเกษตร และ (2) บทบาทเชิงนิเวศของพื้นที่ป่าไม้ในการรักษาสมดุลระบบนิเวศและความชุ่มชื้นของดิน

อย่างไรก็ตาม แม้ดัชนี NDVI และ VCI จะแสดงประสิทธิภาพในการระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภาวะแห้งแล้ง แต่ดัชนีความชื้นความแห้งแล้งแบบปกติธรรมดา (Normalized Multi-band Drought Index: NMDI) กลับบ่งชี้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ยังคงมีความชื้นอยู่บ้าง แม้ในสภาวะปริมาณน้ำฝนต่ำ ซึ่งอาจอธิบายได้จาก (1) ความสามารถในการกักเก็บน้ำของระบบนิเวศป่าไม้ และ/หรือ (2) ลักษณะทางกายภาพของดินในบางพื้นที่ ในขณะที่ดัชนีความแตกต่างน้ำพืชพรรณ (Normalized Difference Water Index: NDWI) สามารถสะท้อนการลดลงของแหล่งน้ำผิวดินและความชื้นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการระเหยของน้ำสูง

การบูรณาการการใช้ดัชนีเหล่านี้ร่วมกันแสดงให้เห็นประโยชน์เชิงวิชาการในการทำความเข้าใจมิติที่หลากหลายของภาวะแห้งแล้ง ทั้งในแง่ของ (1) ความชื้นในพืชพรรณ (2) ความชื้นในดิน และ (3) ปริมาณน้ำผิวดิน

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบพบว่า ดัชนี NDVI ร่วมกับ VCI แสดงความสามารถในการระบุสภาวะแห้งแล้งได้ดีกว่าดัชนีอื่นๆ ซึ่งเป็นไปตามข้อค้นพบของ (Kogan, 1995) ที่ระบุว่า VCI เป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพสูงในการประเมินความเครียดทางน้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (Gu, 2007) ที่พบว่า NDVI และ VCI มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณความชื้นในดินและอัตราการเจริญเติบโตของพืชในทางตรงกันข้าม ดัชนี NMDI แสดงความสัมพันธ์กับความชื้นในดินเพียงมิติเดียว ส่วนดัชนี NDWI ไม่แสดงความสัมพันธ์เชิงสถิติที่เด่นชัดกับภาวะภัยแล้ง

ข้อค้นพบดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ (Park, 2016) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้ดัชนี NDVI และ VCI ร่วมกันสามารถเพิ่มความแม่นยำในการติดตามภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากสามารถแยกแยะอิทธิพลจากปัจจัยกวน (confounding factors) อื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้ดัชนี NDVI/VCI ร่วมกันเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประเมินและติดตามภาวะภัยแล้งในพื้นที่เกษตรกรรมและระบบนิเวศต่างๆ

จากการศึกษาพบว่าดัชนี NDVI และ VCI มีบทบาทสำคัญในการประเมินภาวะความแห้งแล้ง โดยแต่ละดัชนีมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน งานวิจัยของ Kogan (1995) ยืนยันว่า VCI มีประสิทธิภาพสูงในการบ่งชี้ภาวะแห้งแล้ง เนื่องจากสามารถสะท้อนสภาพความเครียดของพืชพรรณที่เกิดจากสภาวะขาดแคลนน้ำได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ NDVI แม้จะมีความสัมพันธ์สูงกับปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ (เช่น ชนิดพืชพรรณ ลักษณะภูมิประเทศ และสภาพดินฟ้าอากาศ) (Pettorelli, 2005; Tucker, 1979) แต่การแปลผลมักให้ข้อมูลในภาพรวมที่กว้างน้อยกว่า โดยอาจจำแนกระดับความแห้งแล้งได้เพียง 2 ระดับ คือ ระดับปานกลางและระดับแห้งแล้ง อย่างไรก็ตาม VCI มีความละเอียดในการวิเคราะห์มากกว่า เนื่องจากสามารถแบ่งระดับความแห้งแล้งออกได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับปานกลาง ระดับแห้งแล้ง และระดับแห้งแล้งมาก (Boken, 2005; Kogan, 1995) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการแยกแยะสภาพความแห้งแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้น หากผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ภาวะแห้งแล้งในเชิงลึกและต้องการข้อมูลที่มีรายละเอียดสูง การใช้ VCI จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า ทั้งนี้การใช้ดัชนีทั้งสองร่วมกัน (NDVI และ VCI) อาจช่วยเพิ่มความแม่นยำและความสมบูรณ์ของการประเมินภาวะแห้งแล้งได้ เนื่องจาก NDVI สามารถให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาพความเขียวของพืชพรรณ ในขณะที่ VCI ช่วยเสริมในด้านการวิเคราะห์เชิงลึกถึงระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Liu, 1996; Son, 2012) แนวทางการบูรณาการข้อมูลจากดัชนีหลายตัวนี้สอดคล้องกับหลักการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลแบบหลายดัชนี (Multi-index Approach) ที่ได้รับการยอมรับในวงการวิจัยด้านการติดตามสภาพแวดล้อมและภัยพิบัติทางธรรมชาติ ดังนั้นการเลือกใช้ดัชนีใดดัชนีหนึ่งหรือใช้ร่วมกันควรพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการศึกษา หากต้องการข้อมูลเชิงกว้างเกี่ยวกับสภาพพืชพรรณ NDVI อาจเพียงพอ แต่หากต้องการวิเคราะห์ภาวะแห้งแล้งในเชิงลึก การใช้ VCI หรือการบูรณาการทั้งสองดัชนีร่วมกันจะให้ผลการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมและแม่นยำมากขึ้น

การอภิปรายในวัตถุประสงค์ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีและปัจจัยทางภูมิศาสตร์ด้วยวิธี Pearson’s Correlation ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี (NDVI/VCI) กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้วิธี Pearson’s Correlation Coefficient (r) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัวแปร ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่นำมาศึกษาประกอบด้วย ความสูงเชิงเลข, ความลาดชัน, ทิศทางความลาด, เส้นทางน้ำ, การระบายน้ำของดิน, ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย, ถนน และตำแหน่ง

ของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย ผลการวิเคราะห์พบว่า ดัชนี NDVI/VCI มีความสัมพันธ์เด่นชัดกับการสะท้อนภาวะความชื้นและความแห้งแล้ง โดยสามารถระบุระดับความสัมพันธ์ได้ทั้งในเชิงบวก (ความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง) และเชิงลบ (ความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน) ตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่มีค่าระหว่าง –1 ถึง 1 (Pearson, 1895) ซึ่งสะท้อนถึงความแรงและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ข้อดีของวิธี Pearson’s Correlation เข้าใจง่ายและคำนวณได้สะดวก เนื่องจากใช้สูตรทางสถิติที่ไม่ซับซ้อน (Rodgers, 1988) สามารถประมวลผลได้ในซอฟต์แวร์ทางภูมิศาสตร์สารสนเทศ เช่น ArcGIS, QGIS และภาษาโปรแกรมเช่น R และ Python เหมาะสำหรับข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous Data) เช่น ค่า NDVI, อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน (Mukaka, 2012) ระบุทิศทางความสัมพันธ์ได้ชัดเจน ว่ามีลักษณะเป็นเชิงบวกหรือเชิงลบ

ข้อจำกัดของวิธี Pearson’s Correlation ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล (Causality) ได้ เนื่องจากวิธีนี้แสดงเพียงความสัมพันธ์ทางสถิติเท่านั้น (Bewick, 2003) เหมาะเฉพาะความสัมพันธ์เชิงเส้น หากความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้น ค่าที่ได้อาจคลาดเคลื่อน (Anscombe, 1973) ใช้ได้เฉพาะข้อมูลเชิงปริมาณ ไม่รองรับข้อมูลเชิงหมวดหมู่ (Nominal/Categorical Data) เช่น ประเภทดินหรือพืชพรรณ ต้องการขนาดตัวอย่างที่เพียงพอเพื่อให้ได้ค่าความสัมพันธ์ที่น่าเชื่อถือ

การสนับสนุนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า NDVI มีความสัมพันธ์สูงกับปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ และงานของ (Kogan, 1995) ที่ยืนยันว่า VCI สามารถบ่งชี้ภาวะความแห้งแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ด้วย Pearson’s Correlation ในงานวิจัยนี้ช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI/VCI กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ได้อย่างชัดเจน แม้จะมีข้อจำกัดบางประการ แต่ก็เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณต่อเนื่อง ซึ่งเหมาะสมกับการศึกษานี้เนื่องจากมีข้อมูลจำนวนมากและเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ต่อเนื่อง

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง WEKA มีศักยภาพในการวิเคราะห์และคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อใช้ดัชนี NDVI เป็นตัวแปรหลักในการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง พบว่าค่าดัชนี NDVI ในช่วงต้นฤดูแล้งสามารถเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของความเสี่ยงภัยแล้งในระยะต่อไป โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว นอกจากนี้ปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2565 ลักษณะการระบายน้ำของดิน (Soil

drainage) และทิศทางความลาดชัน (Aspect) รวมถึงปัจจัยทางสังคม เช่น ตำแหน่งที่ตั้งชุมชน (Village) และถนน (Road) ยังมีบทบาทสำคัญในการแบ่งกลุ่มพื้นที่แห้งแล้งและชุ่มชื้น สิ่งนี้สนับสนุนแนวคิดของ (Wilhite, 1985) ที่เสนอว่าภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและกิจกรรมของมนุษย์

ผลการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ WEKA พบว่าแบบจำลอง Decision Tree ให้ความแม่นยำในการจำแนก (Classification Accuracy) ที่ 88.2813% โดยมีค่าสถิติ Kappa อยู่ที่ 0.6772 ซึ่งบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องในระดับปานกลางถึงดี (Landis, 1977) ค่า Mean Absolute Error (MAE) ที่ 0.1379 และ Root Mean Squared Error (RMSE) ที่ 0.3152 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้มีข้อผิดพลาดค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีข้อจำกัดในด้านการแสดงผลเชิงพื้นที่ (Spatial Visualization) ซึ่งเป็นไปตามข้อสังเกตของ (Foody, 2002) ที่ชี้ว่าการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จำเป็นต้องอาศัยระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (GIS) เพื่อการแสดงผลที่สมบูรณ์

ตาราง 51 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของแบบจำลอง

การแปลผลลัพธ์การจำแนกประเภท (Classification Results)	**คำอธิบาย**
Correctly Classified Instances (ความแม่นยำรวม)	(226 instances ถูกต้องจากทั้งหมด 256) 88.2813 %
Incorrectly Classified Instances (จำนวนตัวอย่างที่จำแนกผิดพลาด)	30 ตัวอย่าง (11.7188%) โมเดลทำนายผิด 30 ตัวอย่าง หรือประมาณ 11.72% ของข้อมูล
Kappa statistic (ค่าสถิติคัปปา)	0.6772 หมายถึง ความสอดคล้องในระดับปานกลางถึงดี (ค่าใกล้ 1 = ดีมาก, 0 = ไม่ดี)
Mean absolute error (ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์)	0.1379 ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการทำนาย (ค่าต่ำกว่า = ดีกว่า)
Root mean squared error (รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง)	0.3152 ค่าความผิดพลาดที่ถ่วงน้ำหนักด้วยการยกกำลังสอง (RMSE) ยิ่งน้อยยิ่งดี
Relative absolute error (ความผิดพลาดสัมบูรณ์เชิงสัมพัทธ์)	37.4462 % หมายความว่าโมเดลนี้ผิดพลาดน้อยกว่าโมเดล Baseline ประมาณ 62.55%
Root relative squared error (ความผิดพลาดกำลังสองเชิงสัมพัทธ์)	73.571 % หมายความว่าโมเดลนี้มีข้อผิดพลาดประมาณ 73.57% เมื่อเทียบกับ

	โมเดล Baseline (ยิ่งน้อยกว่า 100% ยิ่งดี)
Total Number of Instances (จำนวนตัวอย่างทั้งหมด)	256 ชุดข้อมูลมีทั้งหมด 256 ตัวอย่าง

ข้อได้เปรียบหลักของแบบจำลอง Decision Tree คือความสามารถในการจัดการกับชุดข้อมูลที่มีความซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้น (Breiman, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าแบบจำลองสามารถประมวลผลตัวแปรต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้จะมีข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน (Noise) ปะปนอยู่ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญคือการที่แบบจำลองไม่สามารถประเมินความเสี่ยงสำหรับประเภทการใช้ที่ดิน "พื้นที่อื่นๆ" ได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการปรับปรุงวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลตามแนวทางที่ (Mishra and Singh, 2010) เสนอไว้

ในแง่ของประสิทธิภาพการคำนวณ การศึกษานี้พบว่า WEKA มีข้อจำกัดในการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นไปตามลักษณะการออกแบบของซอฟต์แวร์ที่เน้นการทำงานกับข้อมูลเชิงตาราง (Tabular Data) เป็นหลัก (Hall, 2009) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้ ผู้วิจัยจึงลดความซับซ้อนของข้อมูลโดยการแปลงค่าความเสี่ยงจาก 5 ระดับ (จากดาวเทียม Landsat-5 และLandsat-8 ปี พ.ศ.2548, 2550 และ 2562) ให้เหลือเพียง 2 ระดับ (0 คือแห้งแล้ง และ 1 คือชุ่มชื้น) 0 คือ 2 ระดับรวมกัน แห้งแล้ง แห้งแล้งมาก 1 คือ 3 ระดับรวมกัน ชื้นมาก ชื้น และปานกลาง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณ แต่ก็อาจสูญเสียข้อมูลบางส่วนไป

สำหรับการประยุกต์ใช้ผลการศึกษานี้ แบบจำลอง Decision Tree สามารถใช้เป็นเครื่องมือคาดการณ์ความเสี่ยงภัยแล้งเบื้องต้นได้ดี แต่จำเป็นต้องมีการบูรณาการกับระบบ GIS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ควรมีการเพิ่มตัวแปรด้านสังคมเศรษฐกิจและสภาพภูมิอากาศเข้าไปในแบบจำลอง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมมากขึ้นตามแนวทางของ (Van Loon, 2016)

จากการศึกษาข้อมูลในปี พ.ศ. 2545 พบว่ามีเพียง 2 กลุ่มชั้น (class) คือพื้นที่นา และพื้นที่ป่าไม้ของการใช้งานที่ดิน ซึ่งอาจสะท้อนถึงข้อจำกัดของข้อมูลในยุคดังกล่าวที่ยังไม่มีความละเอียดเพียงพอ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งยังไม่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบหรือขาดการจำแนกประเภทที่ชัดเจน จะเห็นว่าการจำแนกประเภท

การใช้งานที่ดินในอดีตมักเผชิญกับปัญหาความหยาบของข้อมูล เนื่องจากข้อจำกัดทางเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (remote sensing) และวิธีการประมวลผลในยุคแรกเริ่ม ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยของ Fritz et al. (2011) ยังยืนยันว่าคุณภาพของข้อมูล LU ในช่วงทศวรรษที่ 1990–2000 มักขาดความแม่นยำจากการใช้ระบบดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ (เช่น Landsat 5–7) ซึ่งส่งผลให้การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ทำได้ยาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของระบบนิเวศ (Fritz et al., 2011) ดังนั้น การตีความข้อมูล LU ในปี พ.ศ. 2545 ควรพิจารณาภายใต้บริบททางเทคนิคและข้อจำกัดของยุคนั้น

เนื่องจากตาราง 30 และ 31 ที่ขัดแย้งกัน จากการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2562 แม้ว่าจะเป็นช่วงฤดูฝน แต่บางพื้นที่กลับแสดงภาวะแห้งแล้งในระดับสูง ซึ่งโดยปกติแล้วภาวะดังกล่าวควรปรากฏชัดเจนในช่วงฤดูร้อนมากกว่า ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้จากปัจจัยหลายประการตามแนวทางวิชาการ ดังนี้ ประการแรก การเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉพาะบางช่วงเวลาที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย อาจส่งผลให้การประเมินภาวะแห้งแล้งมีความเอนเอียง (bias) การเลือกช่วงเวลาวิเคราะห์ที่ไม่สอดคล้องกับรูปแบบฤดูกาลจริง (seasonal pattern) อาจนำไปสู่การตีความที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะเมื่อใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายที่มีความแปรปรวนสูง (high temporal variability) ประการที่สอง แม้อยู่ในฤดูฝนแต่การกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอ (spatial rainfall variability) ร่วมกับปัจจัยการใช้ที่ดิน (land use factors) อาจทำให้บางพื้นที่ประสบภาวะขาดแคลนน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การขยายพื้นที่เกษตรกรรมแบบไม่มีการจัดการน้ำที่เหมาะสม สามารถสร้างภาวะแห้งแล้งเฉพาะพื้นที่ (localized drought) แม้ในฤดูที่มีปริมาณน้ำฝนโดยรวมสูง ประการที่สาม ปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate variability) อาจมีส่วนเกี่ยวข้อง งานวิจัยล่าสุดโดย (IPCC, 2021) เน้นย้ำว่าความแปรปรวนของรูปแบบฝน (rainfall pattern shifts) จากภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดความไม่สอดคล้องระหว่างฤดูกาลทางอุตุนิยมวิทยา (meteorological seasons) กับสภาพอากาศที่เกิดขึ้นจริงในหลายภูมิภาค ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดทางอุตุนิยมวิทยาที่เสนอโดย (McKee, 1993) เกี่ยวกับดัชนีความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Standardized Precipitation Index: SPI) ที่แสดงให้เห็นว่าภาวะแห้งแล้งสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกฤดูกาล หากมีปัจจัยด้านการกระจายตัวของฝนและการจัดการน้ำที่ไม่เหมาะสม

การศึกษาครั้งนี้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยการบูรณาการ ดัชนีและข้อมูลการใช้ที่ดินใน เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินกับสภาพความแห้งแล้ง

หรือชุ่มชื้นภายใต้สภาวะฝนที่แตกต่างกัน โดยเลือกปีตัวแทน 3 ปี ได้แก่ ปี 2548 (ฝนมาก), 2550 (ฝนปานกลาง), และ 2562 (ฝนน้อย) พร้อมแบ่งย่อยตามฤดูกาล (ร้อน, ฝน, หนาว) เพื่อเพิ่มความครอบคลุมของข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตใช้หลัก extrapolation จากแนวโน้มอดีต ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในวิชาการด้านการวางแผนที่ดิน (Verburg, 2013) ผลการศึกษาชี้ว่า หากนาข้าวขยายตัวในเขตที่มีค่าความชื้นต่ำ พื้นที่ดังกล่าวอาจเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำมากขึ้น โดยอ้างอิงจากข้อมูลดัชนีในอดีต ข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญต่อ การวางนโยบายจัดการที่ดินและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC, 2021) รวมทั้งสะท้อนความจำเป็นในการพัฒนาระบบติดตามแบบไดนามิก โดยอาจผนวกข้อมูลเพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิและรูปแบบการใช้น้ำของชุมชน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแห้งแล้งในอดีตกับรูปแบบความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีส่วนสำคัญในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในอนาคต โดยเฉพาะการประเมินความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ (Foley, 2005) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์ย้อนหลังทำให้สามารถระบุได้ว่าประเภทการใช้ที่ดินแต่ละประเภทมีแนวโน้มที่จะประสบกับภาวะแห้งแล้งหรือมีความชุ่มชื้นในระดับใด ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการศึกษาของ (Turner, 2007) ที่เน้นความสำคัญของการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประเมินความอ่อนไหวของระบบนิเวศต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ยังช่วยให้สามารถระบุตำแหน่งที่อาจเกิดภาวะแห้งแล้งได้อย่างแม่นยำ โดยการบูรณาการข้อมูลการใช้ที่ดินกับดัชนีความแห้งแล้งในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ (Verburg, 2013) ที่แสดงให้เห็นว่าการผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่กับตัวแปรสิ่งแวดล้อมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการวางแผนรับมือภาวะแห้งแล้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนเชิงป้องกันสำหรับเกษตรกรในพื้นที่เสี่ยง โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับสภาพความชื้นของดิน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ Adaptive Management ที่เสนอโดย (Smit, 2006) ที่เน้นการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างเป็นระบบ การให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงและแนวทางการจัดการที่ดินอย่างเหมาะสมจะช่วยลดความเสียหายทางเศรษฐกิจและเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบเกษตรกรรม (Howden, 2007)

การเลือกใช้การใช้ที่ดิน และปริมาณฝนรายปีเป็นตัวแปรหลักนั้นอยู่บนพื้นฐานของความเหมาะสมทางสถิติ ความพร้อมของข้อมูล และความต้องการแบบจำลองที่ให้ผลลัพธ์รวดเร็ว โดยยังคงเปิดโอกาสให้มีการปรับปรุงแบบจำลองในอนาคตหากมีข้อมูลปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เพิ่มเติม การศึกษานี้จึงเป็นกรณีตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ดัชนี การใช้ที่ดิน และปริมาณฝนรายปีเป็นตัวแปรหลักในการพยากรณ์ความแห้งแล้งนั้น มีเหตุผลเชิงวิชาการและข้อจำกัดทางปฏิบัติที่สอดคล้องกับแนวทางวิจัยด้านอุทกวิทยาและภูมิอากาศศาสตร์ คือความสมดุลระหว่างความซับซ้อนของแบบจำลองและข้อมูลที่มีอยู่ แม้ว่าปัจจัยด้านสภาพลมฟ้าอากาศ ภูมิประเทศ ชนิดดิน และการปกคลุมพืชพรรณจะมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของความแห้งแล้ง (เช่น (Mishra, 2010; Wilhite, 2000) แต่การรวมปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดย่อมเพิ่มความซับซ้อนของแบบจำลองและความไม่แน่นอนจากการประมาณค่า โดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษาที่มีข้อจำกัดทางข้อมูล ดังนั้นในการศึกษาเราได้มีการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ร่วมกับปริมาณฝนรายปีจึงเป็นทางเลือกที่สมเหตุสมผล เนื่องจากทั้งสองตัวแปรสามารถวัดได้เชิงปริมาณได้

จากการศึกษาพบว่าการใช้ที่ดินที่จำแนกไว้เป็นพื้นที่หลักในเขตศึกษาสามารถจำแนกออกเป็น 9 หมวดการใช้ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งรวมถึงพืชสวน ไร่หมุนเวียน ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา, 2563) ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวทางการจำแนกการใช้ที่ดินตามมาตรฐานสากล (FAO, 2020) ที่เน้นความสำคัญของการแบ่งประเภทพื้นที่เพื่อการวิเคราะห์เชิงนโยบายและการวางแผนการใช้ทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืน ในส่วนของพื้นที่อื่น ๆ นั้น แม้จะมีสัดส่วนเนื้อที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับหมวดการใช้ที่ดินหลัก แต่การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่กลุ่มนี้ก็ยังคงมีความสำคัญในเชิงนิเวศวิทยาและเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อาจมีการใช้ประโยชน์แบบผสมผสานหรือเปลี่ยนแปลงไปตามกิจกรรมของชุมชน (Lambin, 2001) อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เหล่านี้มักไม่ปรากฏชัดเจนในภาพรวมเนื่องจากขนาดที่เล็กและความซับซ้อนของการใช้ที่ดิน

จากการศึกษาพบว่าการนำแผนที่ความเสี่ยงด้านความแห้งแล้งจากกรมพัฒนาที่ดินมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงที่ได้จากดัชนีชี้วัดนั้น มีข้อจำกัดในเชิงพื้นที่ เนื่องจากข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมีระดับความละเอียดในระดับจังหวัด ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่มีความหยาบ (coarse resolution) ไม่สามารถสะท้อนความแปรปรวนของความแห้งแล้ง

ในระดับพื้นที่ย่อย เช่น ในระดับตำบลหรือหมู่บ้านได้อย่างแม่นยำ ข้อจำกัดดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางวิชาการที่ชี้ให้เห็นว่าการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เหมาะสมกับบริบทของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกไม่ใช้ดัชนี MSI ตามแนวทางของ ศ.ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ แม้ว่าแนวทางดังกล่าวจะได้รับการยอมรับในวงวิชาการและมีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหลายชิ้น (ศรัณภัสร์ & นุชนารถ, 2562) เนื่องจากพิจารณาแล้วว่ามีดัชนีอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่าในบริบทของการศึกษานี้ ทั้งในแง่ของความสะดวกในการคำนวณ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์วิจัย และความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างครอบคลุม อย่างไรก็ตาม การไม่ใช้ดัชนี MSI ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ลดทอนความสำคัญของแนวทางดังกล่าว แต่สะท้อนถึงความหลากหลายของเครื่องมือทางสถิติที่สามารถนำมาใช้ได้ตามลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์เฉพาะของแต่ละการศึกษา โดยผู้วิจัยได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และเปรียบเทียบดัชนีต่างๆ อย่างรอบคอบ ก่อนเลือกใช้เครื่องมือที่ให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากที่สุด ในการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ได้ดำเนินกระบวนการที่คล้ายคลึงกับบทความที่ตีพิมพ์ใน วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID) ปีที่ 5 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2567 ซึ่งในการศึกษาในวิทยานิพนธ์มีการเปรียบเทียบดัชนีต่างๆ เช่น NDVI, VCI, NMDI และ NDWI กับข้อมูลการใช้ที่ดิน เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ภัยแล้งและการใช้ที่ดินในพื้นที่ต่างๆ โดยการนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ร่วมกันสามารถช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะการใช้ที่ดินที่มีความเสี่ยงต่อภัยแล้ง การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์ อาจไม่มีดัชนีใดดีที่สุดในทุกบริบท แต่ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเครื่องมือกับโจทย์วิจัยเป็นสำคัญ

การพยากรณ์ความเสี่ยงจากภัยแล้งโดยอ้างอิงจากการใช้ที่ดิน (Land use–based drought risk prediction) เป็นแนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจในวงการวิจัย ภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน ซึ่งการประเมินความเสี่ยงควรพิจารณาจากปัจจัยหลายด้านร่วมกัน ไม่สามารถใช้เพียงปัจจัยเดียวได้อย่างแม่นยำ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ Land Use เป็นหนึ่งในหลายๆ ปัจจัย ตัวอย่างเช่น ในงานของ (Wilhite, 1985) ที่เสนอแนวคิดการประเมินภัยแล้งแบบบูรณาการ (Integrated Drought Risk Assessment) ต้องพิจารณาทั้งปัจจัยทางกายภาพ (เช่น สภาพภูมิอากาศ ความชื้นดิน) และปัจจัยมนุษย์ (เช่น การใช้ที่ดิน การจัดการน้ำ) ซึ่งในการศึกษาก็มีการใช้ปัจจัยในขั้นตอนการคาดการณ์การใช้ที่ดินด้วย คือ ความสูงเชิงเลข ความ

ลาดชัน ทิศทางความลาด เส้นทางน้ำ การระบายน้ำของดิน ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ถนน และตำแหน่งของหมู่บ้านและที่อยู่อาศัย ตามที่มีข้อมูลในพื้นที่

ในกระบวนการวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ปริมาณน้ำฝนหนึ่งในดัชนีที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพคือดัชนีความแห้งแล้งแบบมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดย McKee et al. (1993) ดัชนีนี้มีหลักการสำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนในช่วงเวลาต่างๆ (เช่น 1 เดือน, 3 เดือน, 6 เดือน หรือ 12 เดือน) โดยเปรียบเทียบกับค่าฝนเฉลี่ยในระยะยาวเพื่อระบุสถานการณ์ของพื้นที่นั้นว่าอยู่ในภาวะฝนขาด, ฝนปกติ หรือฝนมากผิดปกติ SPI ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการศึกษาภัยแล้งและสภาวะอุทกภัย เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ข้อมูลฝนย้อนหลังในช่วงเวลาต่างๆ ได้อย่างยืดหยุ่นและเหมาะสมกับบริบททางภูมิอากาศของพื้นที่ อย่างไรก็ตามแม้ SPI จะเป็นเครื่องมือวิเคราะห์เชิงสถิติที่มีประสิทธิภาพในการ "วินิจฉัยสถานการณ์ในอดีตและปัจจุบัน" แต่ก็มีข้อจำกัดที่สำคัญคือไม่สามารถใช้ในการพยากรณ์ปริมาณฝนในอนาคตได้โดยตรง เนื่องจากดัชนีนี้อาศัยข้อมูลฝนที่เกิดขึ้นแล้วเป็นหลักในการคำนวณโดยไม่มีองค์ประกอบเชิงคาดการณ์ จากข้อจำกัดของดัชนี SPI ที่ไม่สามารถใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคตได้โดยตรง จึงได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate Models: GCMs) เพื่อประเมินแนวโน้มปริมาณน้ำฝนในอนาคต โดยจากการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการคาดการณ์ข้อมูลฝนของประเทศไทย โดย (ก้องภพ ลีราช, 2567) พบว่าในบรรดาแบบจำลองจำนวน 15 แบบจำลองนั้น แบบจำลอง MRI-ESM2-0 มีความสามารถในการจำลองข้อมูลฝนได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองดังกล่าวในการนำมาใช้ประกอบการประเมินแนวโน้มปริมาณฝนในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มข้อมูลในส่วนของปัจจัยให้มีความหลากหลายเพื่อปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง
2. นำปัจจัยเพิ่มเติมมาวิเคราะห์ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน, ข้อมูลความชื้นในดิน และข้อมูลการจัดการน้ำ
3. แบบจำลองหลายรูปแบบควรใช้ Decision Tree กับแบบจำลองอื่นๆ เช่น Random Forest หรือ Gradient Boosting เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนาย

4. วางแผนการใช้พื้นที่อย่างเหมาะสม ผลลัพธ์จาก WEKA สามารถนำไปใช้วางแผนจัดการพื้นที่เสี่ยงภัย เช่น การปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง หรือการเพิ่มระบบชลประทานในพื้นที่แห้งแล้ง
5. เพิ่มช่วงเวลาวิเคราะห์เพื่อลดความไม่แน่นอนจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ
6. บูรณาการข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ, การระเหยน้ำ เพื่อปรับปรุงแบบจำลองคาดการณ์

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยพะเยา UNIVERSITY OF PHAYAO

โค้ดดัชนี NDVI Landsat-5 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 12);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 5 Surface Reflectance Collection
var landsat5 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT05/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)
  .filterDate('2006-11-01', '2007-02-28')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10))
  .sort('CLOUD_COVER')
  .first()
// ตรวจสอบว่ามีภาพที่เลือกหรือไม่
print("Selected Landsat 5 Image:", landsat5);
// คำนวณ NDVI
var ndvi = landsat5.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B3']).rename('NDVI');
// แสดงภาพ NDVI บนแผนที่
Map.addLayer(ndvi.clip(aoi), {min: 0, max: 1, palette: ['white', 'green']}, 'NDVI');
// Export NDVI image เฉพาะพื้นที่ AOI
Export.image.toDrive({
  image: ndvi.clip(aoi),           // ตัดเฉพาะพื้นที่ AOI
  description: 'L5NDVI-11-02-2005',  // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NDVI',
  scale: 40,                       // ความละเอียด (30 เมตร)
  region: aoi,                     // พื้นที่ที่ต้องการ Export (AOI)
  maxPixels: 1e13                  // จำนวนพิกเซลสูงสุด
```

```
});
```

โค้ดดัชนี NDVI Landsat-8 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธนี้ให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 10);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 8 Surface Reflectance Collection
var landsat8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)            // กรองตามพื้นที่สนใจ
  .filterDate('2020-03-01', '2020-04-30')  // กรองตามช่วงเวลา
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10)) // กรองภาพที่มีเมฆน้อยกว่า 10%
// แสดงวันที่ของภาพทั้งหมดใน ImageCollection
var dates = landsat8.aggregate_array('system:time_start').map(function(date) {
  return ee.Date(date).format('YYYY-MM-dd');
});
print("Available image dates:", dates);
// ทำคอมโพสิตภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Composite)
var composite = landsat8.median();
// คำนวณ NDVI
var ndvi = composite.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('NDVI');
// แสดงภาพ NDVI บนแผนที่
Map.addLayer(ndvi.clip(aoi), {min: 0, max: 1, palette: ['white', 'green']}, 'NDVI');
// แสดงภาพ RGB (True Color) ของ Landsat 8
Map.addLayer(composite.clip(aoi), {bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'], min: 0, max:
3000}, 'Landsat 8 RGB');
// Export NDVI image
```

```
Export.image.toDrive({
  image: ndvi.clip(aoi),           // ตัดเฉพาะพื้นที่สนใจ (AOI)
  description: 'L8NDVI-03-04-2020',             // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NDVI',
  scale: 40,                     // ความละเอียดของภาพ (30 เมตร)
  region: aoi,                   // พื้นที่ที่ต้องการ Export
  maxPixels: 1e13                  // จำนวนพิกเซลสูงสุด
});
```

โค้ดดัชนี NDWI Landsat-5 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 12);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 5 Surface Reflectance Collection
var landsat5 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT05/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)              // กรองตามพื้นที่สนใจ (AOI)
  .filterDate('2005-03-01', '2005-04-30')  // กรองตามช่วงเวลาที่ต้องการ (เปลี่ยนได้)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10))  // กรองภาพที่มีเมฆน้อยกว่า 10%
  .sort('CLOUD_COVER') // จัดเรียงภาพตามปริมาณเมฆ
  .first();                    // เลือกภาพที่ดีที่สุด)
// ตรวจสอบว่ามีภาพที่เลือกหรือไม่
print('Selected Landsat 5 Image:', landsat5);
// คำนวณ NDWI
var ndwi = landsat5.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B5']).rename('NDWI');
// แสดงภาพ NDWI บนแผนที่
Map.addLayer(ndwi.clip(aoi), {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']}, 'NDWI');
```

```
// Export NDWI image เฉพาะพื้นที่ AOI
Export.image.toDrive({
  image: ndwi.clip(aoi),           // ตัดเฉพาะพื้นที่ AOI
  description: 'L5NDWI-03-04-2005_B45',  // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NDWI_B45',
  scale: 40,                       // ความละเอียด (30 เมตร)
  region: aoi,                     // พื้นที่ที่ต้องการ Export (AOI)
  maxPixels: 1e13                    // จำนวนพิกเซลสูงสุด
});
```

โค้ดดัชนี NDWI Landsat-8 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธนี้ให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 10);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 8 Surface Reflectance Collection
var landsat8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)           // กรองตามพื้นที่สนใจ
  .filterDate('2020-03-01', '2020-04-30')  // กรองตามช่วงเวลา
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10)) // กรองภาพที่มีเมฆน้อยกว่า 10%
// แสดงวันที่ของภาพทั้งหมดใน ImageCollection
var dates = landsat8.aggregate_array('system:time_start').map(function(date) {
  return ee.Date(date).format('YYYY-MM-dd');
});
print("Available image dates:", dates);
// ทำคอมโพสิตภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Composite)
var composite = landsat8.median();
```

```
// คำนวณ NDWI
var ndwi = composite.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B6']).rename('NDWI');
// แสดงภาพ NDWI บนแผนที่
Map.addLayer(ndwi.clip(aoi), {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']}, 'NDWI');
// แสดงภาพ RGB (True Color) ของ Landsat 8
Map.addLayer(composite.clip(aoi), {bands: ['SR_B6','SR_B5','SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'],
min: 0, max: 3000}, 'Landsat 8 RGB');
// Export NDWI image
Export.image.toDrive({
  image: ndwi.clip(aoi),          // ตัดเฉพาะพื้นที่สนใจ (AOI)
  description: 'L8NDWI-11-02-2019_B56',          // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NDWI_B45',
  scale: 40,                  // ความละเอียดของภาพ (30 เมตร)
  region: aoi,                // พื้นที่ที่ต้องการ Export
  maxPixels: 1e13                 // จำนวนพิกเซลสูงสุด
});
```

โค้ดดัชนี NMDI Landsat-5 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธนี้ให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 10);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 5 Surface Reflectance Collection
var landsat5 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT05/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)             // กรองตามพื้นที่สนใจ
  .filterDate('2008-03-01', '2008-04-30')  // กรองตามช่วงเวลา
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10)) // กรองภาพที่มีเมฆน้อยกว่า
```

```
  .sort('CLOUD_COVER') // จัดเรียงภาพตามปริมาณเมฆ
  .first();                    // เลือกภาพที่ดีที่สุด
/// ตรวจสอบว่ามีภาพที่เลือกหรือไม่
print('Selected Landsat 5 Image:', landsat5);
// ตรวจสอบชื่อของช่องสัญญาณ (band names) ของภาพ
print('Band names:', landsat5.bandNames());
// คำนวณ NMDI
// NMDI = (NIR - (SWIR1 - SWIR2)) / (NIR + (SWIR1 - SWIR2))
var nmdi = landsat5.expression(
  '(NIR - (SWIR1 - SWIR2)) / (NIR + (SWIR1 - SWIR2))', {
    'NIR': landsat5.select('SR_B4'),  // Near-Infrared (B4)
    'SWIR1': landsat5.select('SR_B5'), // Shortwave Infrared 1 (B5)
    'SWIR2': landsat5.select('SR_B7')  // Shortwave Infrared 2 (B7)
  }).rename('NMDI');
// แสดงภาพ NMDI บนแผนที่
Map.addLayer(nmdi.clip(aoi), {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']}, 'NMDI');
// Export NMDI image
Export.image.toDrive({
  image: nmdi.clip(aoi),          // ตัดเฉพาะพื้นที่สนใจ (AOI)
  description: 'L5NMDI-03-04-2008',          // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NMDI',
  scale: 40,                     // ความละเอียดของภาพ (30 เมตร)
  region: aoi,                   // พื้นที่ที่ต้องการ Export
  maxPixels: 1e13                  // จำนวนพิกเซลสูงสุด
});
```

โค้ดดัชนี NMDI Landsat-8 จากGoogle Earth Engine

```
// โหลดไฟล์ AOI จาก Assets
```

```
var aoi = ee.FeatureCollection('projects/ee-siriwanruenrom43/assets/Tambon_Maenaruea');
// เปลี่ยนพาธนี้ให้ตรงกับ Assets ของคุณ
// แสดงพื้นที่ AOI บนแผนที่
Map.centerObject(aoi, 10);
Map.addLayer(aoi, {}, 'AOI');
// โหลดภาพ Landsat 8 Surface Reflectance Collection
var landsat8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
  .filterBounds(aoi)            // กรองตามพื้นที่สนใจ
  .filterDate('2020-03-01', '2020-04-30')  // กรองตามช่วงเวลา
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER', 10)) // กรองภาพที่มีเมฆน้อยกว่า 10%
// แสดงวันที่ของภาพทั้งหมดใน ImageCollection
var dates = landsat8.aggregate_array('system:time_start').map(function(date) {
  return ee.Date(date).format('YYYY-MM-dd');
});
print("Available image dates:", dates);
// ทำคอมโพสิตภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Composite)
var composite = landsat8.median();
// คำนวณ NMDI
// NMDI = (NIR - (SWIR1 - SWIR2)) / (NIR + (SWIR1 - SWIR2))
var nmdi = composite.expression(
  '(NIR - (SWIR1 - SWIR2)) / (NIR + (SWIR1 - SWIR2))', {
    'NIR': landsat8.select('SR_B5'),  // Near-Infrared (B5)
    'SWIR1': landsat8.select('SR_B6'), // Shortwave Infrared 1 (B6)
    'SWIR2': landsat8.select('SR_B7')  // Shortwave Infrared 2 (B7)
  }).rename('NMDI');
// แสดงภาพ NMDI บนแผนที่
Map.addLayer(nmdi.clip(aoi), {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']}, 'NMDI');
// แสดงภาพ RGB (True Color) ของ Landsat 8
```

```
Map.addLayer(composite.clip(aoi), {bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'], min: 0, max: 3000}, 'Landsat 8 RGB');
// Export NDVI image
Export.image.toDrive({
  image: nmdi.clip(aoi),            // ตัดเฉพาะพื้นที่สนใจ (AOI)
  description: 'L8NDVI-03-04-2020',           // ชื่อไฟล์ที่จะ Export
  folder: 'NDVI',
  scale: 40,                          // ความละเอียดของภาพ (30 เมตร)
  region: aoi,                        // พื้นที่ที่ต้องการ Export
  maxPixels: 1e13                     // จำนวนพิกเซลสูงสุด
});
```

บรรณานุกรม

Abbas, S., Nichol, J.E., Qamer, F.M., Xu, J. (2014). Characterization of drought development through remote sensing: A case study in central Yunnan, China. Remote Sens. 6(6), 4998–5018.

Anscombe, F. J. (1973). Graphs in statistical analysis. The American Statistician. 21(1), 17–21.

Aziz, A., Umar, M., Mansha, M., Khan, M. S., Javed, M. N., Gao, H., Farhan, S. B., Iqbal, I., & Abdullah, S. (2018). Assessment of drought conditions using HJ-1A/1B data: A case study of Potohar region, Pakistan. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, 9(1), 1019-1036. จาก https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1499558

Basse, R. M., Omrani, H., Charif, O., Gerber, P., and Bódis, K. (2014). Land use changes modelling using advanced methods: Cellular automata and artificial neural networks. The spatial and explicit representation of land cover dynamics at the cross-border region scale. **Applied Geography**, 53, 160-171.

Batty, M. (1997). Cellular Automata and Urban Form: A Primer. **American Planning Association Journal, Spring 1997**, 266-274.

Bewick, V., Cheek, L., & Ball, J. . (2003). Statistics review 7: Correlation and regression. Critical Care. 7(6), 451.

Boken, V. K., Cracknell, A. P., & Heathcote, R. L. (2005). Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A Global Study.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning. 45(1), 5-32. จาก https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010933404324

Carlson, T. N., Gillies, R.R., Perry, E.M. (1994). A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. Remote Sens. Rev. 9(1-2), 161-173.

Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemoud, S., and Grégoire, J. (2001). Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in the Optical Domain. Remote Sensing of Environment. 77(1), 22-33.

Chaudhuri, G., and Clarke, K. C. (2013). The SLEUTH land use change model: A review. **The International Journal of Environmental Resources Research**, 1(1), 88-104.

Dong, N. Y., L.; Cai, W.; Li, G.; Lin, H. (2018). Land use projections in China under global socioeconomic and emission scenarios: Utilizing a scenario-based land-use change assessment framework. Global Environ. Chang. 50, 164-177.

FAO. (2020). Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual. Rome: Food and Agriculture Organization.

Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics SAGE Publications 4.

Fitzpatrick-Lins, K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a landuse and land-cover map. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 47(3), 343-351.

Fleiss, J. L., Levin, B. and Paik, M.C. (2003). Statistical Methods for Rates and Proportions. 3. จาก https://doi.org/10.1002/0471445428

Foley, J. A., et al. (2005). Global consequences of land use. **Science**, 309(5734), 570-574.

Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote sensing of environment**, 80(1), 185-201.

Gao, B. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote sensing of environment**, 58, 257-256.

Geospatial, H. (2016). Canopy water content. สืบค้นเมื่อ July 1, 2023, จาก http://www.harrisgeospatial.com/docs/CanopyWaterContent.html

Gorelick, N., Hancher, M., Dixonb, M., Ilyushchenko, S., Thaub, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of environment**, 202, 18-27.

Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J. P., & Wardlow, B. (2007). A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. **Geophysical Research Letters**, 34(6).

Gulacsi A, K. F. (2015). Drought monitoring with spectral indices calculated from MODIS satellite images in Hungary **Journal of Environmental Geography**, 8, 11-20.

Hall, M., et al. (2009). The WEKA data mining software. **ACM SIGKDD Explorations Newsletter**, 11(1), 10-18.

Hardisky, M. A., Klemas, V., & Smart, R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth

form, and leaf moisture on the spectral radiance of Spartina alterniflora canopies. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 49, 77–83.

He, X., Lau, E. H. Y., Wu, P., et al. (2020). Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. **Nature Medicine**, 26, 672–675. จาก https://doi.org/10.1038/s41591-020-0869-5

Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 7(11), 1417–1434. จาก https://doi.org/10.1080/01431168608948945

Howden, S. M., et al. (2007). Adapting agriculture to climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 104(50), 19691–19696.

Hyandye, C., & Martz, L. W. (2017). A Markovian and cellular automata land-use change predictive model of the Usangu Catchment. **International Journal of Remote Sensing**, 38(1), 64–81.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kogan, F. N. (1995). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 76(5), 655–668.

Kogan, F. N. (1998). Global drought and flood-watch from NOAA polar-orbiting satellites. **Advances in Space Research**, 21(3), 477–480.

Kogan, F. N., Gitelson, A., Zakarin, E., Spivak, L., & Lebed, L. (2003). AVHRR-based spectral vegetation index for quantitative assessment of vegetation state and productivity: Calibration and validation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 69, 899–906.

Kumar, S., Radhakrishnan, N., & Mathew, S. (2014). Land use change modelling using a Markov model and remote sensing. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, 5(2), 145–156.

Lambin, E. F., et al. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond

the myths. **Global Environmental Change**, 11(4), 261–269.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 31(1), 159–174.

LandisLi, J., & Heap, A. D. (2014). Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review. **Environmental Modelling & Software**, 53, 173–189. จาก https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.008

Li, X., Chen, G., Liu, X., Liang, X., Wang, S., Chen, Y., & Xu, X. (2017). A new global land-use and land-cover change product at a 1-km resolution for 2010 to 2100 based on human-environment interactions. **Annals of the American Association of Geographers**, 107(5), 1040–1059.

Liang, X., Guan, Q., C. Clarke, K., Liu, S., Wang, B and Yao, Y. (2020). Patch-generating Land Use Simulation model V1.25 (PLUS) User's Manual.

Liang, Y., Wu, K., Zhou, Y., Huang, X., Zhou, Y., & Liu, Z. (2020). Mental health in frontline medical workers during the 2019 novel coronavirus disease epidemic in China: A comparison with the general population. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17(18). จาก https://doi.org/10.3390

Liu, W. T., & Kogan, F. N. (1996). Monitoring regional drought using the vegetation condition index. **International Journal of Remote Sensing**, 17(14), 2761–2782.

Lu, G. Y., & Wong, D. W. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. **Computers & Geosciences**, 34(9), 1044–1055. จาก https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.07.010

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. ใน **Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, January 17–23, 1993, Anaheim, CA** (หน้า 179–186). Anaheim, CA: American Meteorological Society (AMS).

Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, 391(1-2), 202–216.

Mukaka, M. M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, 24(3), 69–71.

Park, S., Im, J., Jang, E., & Rhee, J. (2016). Drought assessment and monitoring through

blending of multi-sensor indices using machine learning approaches for different climate regions. **Agricultural and Forest Meteorology**, 216, 157–169.

Pearson, K. (1895). Notes on regression and inheritance in the case of two parents. ใน **Proceedings of the Royal Society of London** (หน้า 240-242).

Peng, Z. L. a. S. (2022). Comparison of multimodel simulations of land use and land cover change considering integrated constraints - A case study of the Fuxian Lake basin. **Ecological Indicators**, 142. จาก https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109254

Petchsawang, A. (2015, [updated 2015 Jul 28; cited 2017 Nov 20]). **Humidity map from satellite data [Internet]**. สืบค้นเมื่อ จาก http://www.gistda.or.th/main/th/node/802

Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Trends in Ecology & Evolution**, 20(9), 503–510.

Ratanopad Suwanlee, S., Homtong, N., & Som-ard, J. (2023). Drought monitoring from 2001-2019 in Northeast Thailand using MODIS NDVI image time series and Savitzky-Golay approach. ใน **Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences** (หน้า 367–372). จาก https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-367-2023

Rodgers, J. L., & Nicewander, W. A. (1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. **The American Statistician**, 42(1), 59-66.

Shao-E, Y., & Bing-Fang, W. (2010). Calculation of monthly precipitation anomaly percentage using web-serviced remote sensing data. **In Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference**, 5, 621-625.

Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. **Proceedings of the 1968 ACM National Conference**, 517–524.

Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, 16(3), 282–292.

Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Chang, L. Y., & Minh, V. Q. (2012). Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface

temperature data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 18, 417–427.

Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote sensing of environment**, 8(2), 127–150.

Turner, B. L., et al. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. **PNAS**, 104(52), 20666–20671.

Vallejo-Villalta, I., Rodríguez-Navas, E., & Márquez-Pérez, J. (2019). Mapping forest fire risk at a local scale—A case study in Andalusia (Spain). **Environments**, 6(3). จาก https://doi.org/10.3390/environments6030030

Van Loon, A. F., et al. (2016). Drought in a human-modified world: Reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches. **Drought Mitigation Center Faculty Publications.** จาก https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/150

Verburg, P. H., Erb, K. H., Mertz, O., & Espindola, G. (2013). Land system science: Between global challenges and local realities. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 5, 433–437.

Wang, H., Lin, H., & Liu, D. (2014). Remotely sensed drought index and its responses to meteorological drought in Southwest China. **Remote Sensing Letters**, 5(5), 413–422.

Wang, L., Qu, J. J., & Hao, X. (2016). Remote sensing of soil and vegetation moisture from space for monitoring drought and forest fire events. **In Remote sensing of hydrological extremes**, 508–533.

Welikhe, P., Quansah, J.E., Fall, S., & Elhenney, W.Mc. (2017). Estimation of soil moisture percentage using LANDSAT-based moisture stress index. **Journal of Remote Sensing & GIS**, 6, 200. doi:10.4172/2469-4134.1000200.

White, R., Engelen, G., & Uljee, I. (1997). The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics. **Environment and Planning B: Planning and Design**, 24(3), 323-343.

Wilhite, D. A. (2000). **Drought as a natural hazard: Concepts and definitions** (พิมพ์ครั้งที่). In D. A. Wilhite (Ed.), Drought: A Global Assessment.

Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon. **Water International**, 10(3), 111-120.

Z, W. (2013). **Collection-6 MODIS land surface temperature products users' guide** (พิมพ์ครั้งที่). Earth Research Institute, University of California. Santa Barbara.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2564). กลุ่มวางแผนการจัดการที่ดินในพื้นที่เสี่ยงภัยทางการเกษตร. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. . สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2566, จาก http://irw101.ldd.go.th/index.php/2017-05-26-02-51-44

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2566). ประกาศการเริ่มต้นฤดูฝนของประเทศไทย ปี 2566. จาก https://www.tmd.go.th

กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. (2565). คำนิยามข้อมูลการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ., pp. 1-289.

ก้องภพ สีราช, ว. เ., และ สิทธิชัย พิมลศรี. (2567). การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง CMIP6 เพื่อจำลองปริมาณน้ำฝนประเทศไทย. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ **13** (หน้า. พะเยา: ณ มหาวิทยาลัยพะเยา

การสำรวจข้อมูลระยะไกล เพื่อเกษตรแม่นยำ ด้วยเทคโนโลยี Remote Sensingสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.depa.or.th/th/article-view/remote-sensing-20210903.

แก้วจำปา, ศ. เ. ป. ท. แ. น. (2561). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ. วารสารวิจัย มข. **KKU RESEARCH JOURNAL (GRADUATE STUDIES) JULY-SEPTEMBER 2018**, 18(3).

จันทร์สุริย์., ณ. ร. ศ. ว. แ. ว. (2559). การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายสัปดาห์โดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลแบบอัตโนมัติ. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 17 ฉบับพิเศษ.

ชมภูจันทร์., ฐ. ส. เ. ส. แ. ช. (2563). การวิเคราะห์แห้งแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีด้วยดัชนีแห้งแล้งแบบ TVDI จากข้อมูลดาวเทียมระบบ MODIS. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 23(2).

ชัยวนารมย์, ป. (2558). การพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์โอกาสการเกิดความเครียดในหลายระดับด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ชูชีพ, ก. (2561). การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment). Remote Sensing Technical Note No. 3. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดกพฤกษ์, ป. (2561). การประเมินความถูกต้องดัชนีภัยแล้ง ด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์ดาวเทียม:พื้นที่

ศึกษาลุ่มน้ำน่าน. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร

บุญแย้ม, น. (2562). การเปรียบเทียบภัยแล้งด้านการเกษตรกรรมด้วยเทคนิคดัชนีเงื่อนไขพืชพรรณ **VCI** และดัชนีมาตรฐานหยาดน้ำฟ้า **SPI** ในเขตอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก. มหาวิทยาลัยนเรศวร

พลพืชน์, ส. (2547). ข้อมูลพื้นฐาน Basic Information ภัยแล้ง. สำนักงานสภาผู้แทนราษฎร, 1-6.

มงคลสวัสดิ์, เ. ส. แ. ช. (2556). การประเมินดัชนีอนุพัทธ์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการสำรวจแห้งแล้งเชิงเวลาและพื้นที่. ใน การประชุมวิชาการด้านภูมิสารสนเทศสำหรับนักศึกษาบัณฑิตศึกษาและนักวิจัยรุ่นใหม่ ครั้งที่ **1 (The 1st GI-GRAD 2013)** วันที่ **19-21** มิถุนายน **2556** (หน้า. ณ สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

แมะกัน, เ. (2558). การประเมินค่า **NMDI** และ **VCI** เพื่อการติดตามภัยแล้ง. สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รัตนานิคม, ว. (2561). แผนภูมิเสถียรภาพความลาดของชั้นดินเหนียวเนื้อเดียวที่มีกำลังรับแรงคงที่ (Slope Stability Chart of Homogeneous Clay Layer with Uniform Strength). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน), มหาวิทยาลัยบูรพา.

รุ่งรัตนาอุบล., จ. (2566). เทคนิคเหมืองข้อมูล (DATA MINING TECHNIQUES). .

รุ่งเรือง, ก. (2556). การจัดการเรียนการสอนสาระภูมิศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทสุวีริยาสาส์น จำกัด.

โลศิริ., ช. (2559). แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับการคาดการณ์พื้นที่เมืองในอนาคต. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ., 19, 340-357.

ศรีวงศิตานนท์, ศ. เ. แ. น. (2562). การตรวจสอบสภาพแห้งแล้งของประเทศไทยโดย Moisture Stress Index (MSI). ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ **24** วันที่ **10-12** กรกฎาคม **2562** (หน้า. อุดรธานี: ณ โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อ.เมือง จ.อุดรธานี.

สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา, ก. (2563). แผนการใช้ที่ดินตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. . จาก https://webapp.ldd.go.th/lpd/node_modules/img/Landusedistrict/...

สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพะเยา. (2564). รายงานสถานการณ์พะเยาประกาศภัยพิบัติแล้ง 9 อำเภอ. จาก https://www.posttoday.com/politics/145120

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2561). อภิธานศัพท์การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing Glossary)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2564). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

สุขสาโรจน์, ส. ห. ว. จ. แ. ธ. (2556). การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อศึกษาภัยแล้ง จังหวัดสงขลา. ใน การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ **14 วันที่ 22** กุมภาพันธ์ **2556** (หน้า. ขอนแก่น: ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2561).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาว ศิริวรรณ รื่นรมย์
วัน เดือน ปี เกิด	09 ธันวาคม 2542
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช จ.ลพบุรี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	5/4 หมู่10 ต.ตะลุง อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
ผลงานตีพิมพ์	ศิริวรรณ รื่นรมย์, มนัส ศรีวณิชย์ และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2565). การจำลองและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง CLUMondo ในจังหวัดปัตตานี. วารสารนวัตกรรมเชิงพื้นที่เพื่อการพัฒนา, 3(3), 73–85