



การเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด กับซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน

COMPARISON OF LAND USE CLASSIFICATION TECHNIQUES BETWEEN MAXIMUM LIKELIHOOD METHODS AND SUPPORT VECTOR MACHINES.

ปิติกัทร สุวรรณสัมฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2567

การเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด กับซอฟต์แวร์
พอร์ทเวกเตอร์แมชชีน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

COMPARISON OF LAND USE CLASSIFICATION TECHNIQUES BETWEEN MAXIMUM
LIKELIHOOD METHODS AND SUPPORT VECTOR MACHINES.



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Geoinformatics)

Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University

2024

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด กับซอฟต์แวร์
แมชชีน
ของ
ปิติภัทร สุวรรณสัมฤทธิ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(อาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมพร วงศ์วิริยะ)
	 กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณณ์ เมฆแสงสวย)

ชื่อเรื่อง	การเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด กับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน
ผู้วิจัย	ปิติภัทร สุวรรณสัมฤทธิ์
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. อธิเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ในปี พ.ศ. 2566 ด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) โดยในการจำแนกทั้ง 2 เทคนิคใช้ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built - up Index : NDBI) และดัชนีความชื้นของน้ำ (Normalized Difference Water Index : NDWI) มาใช้กำหนดพื้นที่ตัวอย่างในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 เทคนิค และนำค่าความถูกต้องจากการประมวลผลของข้อมูลของทั้ง 2 เทคนิคมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ที่ร้อยละ 69.26 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) ร้อยละ 41.35 และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ร้อยละ 73.16 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) ร้อยละ 42.00 พบว่าการจำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ที่สูงกว่าการจำแนกด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

คำสำคัญ : ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, การจำแนกความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด, การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ดัชนีพืชพรรณ, ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง, ดัชนีความชื้นของน้ำ

Title	COMPARISON OF LAND USE CLASSIFICATION TECHNIQUES BETWEEN MAXIMUM LIKELIHOOD METHODS AND SUPPORT VECTOR MACHINES.
Author	PITIPAT SUWANSUMRIT
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Dr. Teerawate Limgomonvilas

This research aimed to compare land use classification using images from Landsat 8 satellite in 2023 using the Maximum Likelihood Classifier and Support Vector Machines. In both classification techniques, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), and Normalized Difference Water Index (NDWI) were used to determine the sample area for land use classification. This was to increase the accuracy of land use classification in both techniques and to compare the accuracy values of the data processing by both techniques. The results of the analysis were as follows: The Maximum Likelihood Classification method had an overall accuracy of 69.26 percent and a Kappa coefficient of 41.35 percent, and the Support Vector Machines method had an overall accuracy of 73.16 percent and a Kappa coefficient of 42.00 percent. It was found that the classification by the Support Vector Machines method gave better results, with a higher overall accuracy and Kappa coefficient than the classification by the Maximum Likelihood Classifier method.

Keyword : Support vector machine (SVM), Maximum Likelihood Classification (MLC), Land use, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), Normalized Difference Water Index (NDWI)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากการสนับสนุนจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีร เวทย์ ภูมิโกมลวิลาศ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางการวิจัย ให้กำลังใจ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แนวทางการวิจัย ให้กำลังใจ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณครอบครัวและเครือญาติ ที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์



ปิติกัทร สุวรรณสัมฤทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตเชิงพื้นที่.....	3
ขอบเขตเชิงเวลา	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิด	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	8
ความหมายของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	8
ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	10
1. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and built-up land).....	10
2. พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land).....	11
3. พื้นที่ป่าไม้ (Forest land).....	11
4. พื้นที่แหล่งน้ำ (Water)	12

5. พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land)	12
เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information technology)	12
ความหมายของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	12
ตัวอย่างเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	12
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)	14
ความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	14
องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	14
ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	15
การสำรวจระยะไกล (Remote sensing : RS)	15
การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ	16
การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification)	16
การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised classification)	16
ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)	17
ต้นไม้สุ่ม (Random Forest)	18
ข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)	19
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	20
ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8	25
ประโยชน์ของภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 8	25
ดัชนีความสัมพันธ์	28
ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI)	28
ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI)	30
ดัชนีความชื้นของน้ำ (Normalized Difference Water Index : NDWI)	32
การตรวจสอบข้อมูล	34

เทคนิคการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูล	37
การกำหนดจุดตรวจสอบภาคพื้นดิน.....	37
1. การกำหนดจุดแบบสุ่ม (Simple random Sampling)	37
2. การกำหนดจุดแบบสุ่มเป็นระบบ (Systematic random Sampling)	37
3. การกำหนดจุดแบบแบบชั้นภูมิ (Stratified random Sampling)	37
4. การกำหนดจุดแบบหลายขั้นตอน (Multistage Sampling).....	38
5. การกำหนดจุดแบบใช้กริด (Grid-Based Sampling)	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....	45
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	45
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
3.3 การเตรียมข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล	46
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
3.4.1 ขั้นตอนการทำพื้นที่ตัวอย่างด้วยดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI	48
3.4.2 ขั้นตอนการการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	48
3.4.3 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	49
บทที่ 4 ผลการศึกษา	51
4.1 การทำพื้นที่ตัวอย่างด้วยดัชนี NDVI NDBI และ NDWI	51
4.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	57
4.2.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machines).....	59
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	61
4.4 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 วิธี.....	66

บทที่ 5 อภิปราย สรุปผล ข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	68
5.2 อภิปรายผลการศึกษา	69
5.3 ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	71
ประวัติผู้เขียน.....	77



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 อักษรย่อในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	8
ตาราง 2 ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2555) ระดับที่ 1 และ 2	9
ตาราง 3 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT 8	26
ตาราง 4 การผสมสีภาพดาวเทียม	27
ตาราง 5 ความคาดเคลื่อนสำหรับประเมินความถูกต้อง	35
ตาราง 6 NDVI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Akbar et al., 2019)	51
ตาราง 7 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDVI	52
ตาราง 8 ช่วงค่า NDBI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Chen, Zhao, Li, & Yin, 2006)	52
ตาราง 9 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDBI	52
ตาราง 10 ช่วงค่า NDWI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Chen et al., 2006)	53
ตาราง 11 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDWI	53
ตาราง 12 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)	58
ตาราง 13 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	60
ตาราง 14 ความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)	64
ตาราง 15 ตารางความแม่นยำของผู้ใช้ (User Accuracy) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)	64
ตาราง 16 ตารางความแม่นยำของผลผลิต (Producer Accuracy) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)	65

ตาราง 17 ความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	65
ตาราง 18 ตารางความแม่นยำของผู้ใช้ (User Accuracy) วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	66
ตาราง 19 ตารางความแม่นยำของผู้ผลิต (Producer Accuracy) วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	66



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 แผนที่พื้นที่ศึกษา	4
ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิด	7
ภาพประกอบ 3 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree).....	18
ภาพประกอบ 4 ต้นไม้สุ่ม (Random Forest)	19
ภาพประกอบ 5 ข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks).....	20
ภาพประกอบ 6 Support Vector Machines	21
ภาพประกอบ 7 Hard margin classification และ Soft margin classification.....	22
ภาพประกอบ 8 การจำแนกแบบเชิงเส้น และการจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น	23
ภาพประกอบ 9 ดาวเทียม LANDSAT 8	25
ภาพประกอบ 10 การวิเคราะห์ NDVI บริเวณที่มีสีเขียวเข้มคือมีพืชมาก.....	29
ภาพประกอบ 11 การวิเคราะห์ NDBI บริเวณที่มีสีแดงเข้มคือมีสิ่งก่อสร้างที่หนาแน่น สีเขียวมี ความหนาแน่นของเมื่อน้อย.....	31
ภาพประกอบ 12 การวิเคราะห์ NDWI บริเวณที่มีสีน้ำเงินเข้มคือมีความชื้นมาก	33
ภาพประกอบ 13 พื้นที่ศึกษาในปี พ.ศ. 2566 เป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ทำการผสมสีเท็จ.....	47
ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการศึกษา.....	50
ภาพประกอบ 15 ช่วงค่า NDVI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	54
ภาพประกอบ 16 ช่วงค่า NDBI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	55
ภาพประกอบ 17 ช่วงค่า NDWI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	56
ภาพประกอบ 18 การตั้งค่าประมวลผลด้วยโปรแกรม ArcMap	57
ภาพประกอบ 19 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier	58
ภาพประกอบ 20 การประมวลผลด้วยโปรแกรม Envi.....	59

ภาพประกอบ 21 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Support Vector Machines	60
ภาพประกอบ 22 การตรวจสอบความถูกต้องด้วย Fishnet Grid.....	62
ภาพประกอบ 23 การตรวจสอบความถูกต้องด้วย Fishnet ด้วยโปรแกรม Google Earth Pro ...	63
ภาพประกอบ 24 เปรียบเทียบผลการจำแนกระหว่างวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดกับ วิธีซัพพอร์ต เวกเตอร์แมชชีน	67



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลที่มีบทบาทในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบนโลก เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลในปัจจุบันมีความถูกต้องและแม่นยำที่มากขึ้น จากการพัฒนาของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลและแบบจำลองการจำแนกข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพสูง การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล โดยใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงจากภาพถ่ายจากดาวเทียมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ข้อมูลดาวเทียมมีความหลากหลาย เช่น ช่วงคลื่นที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและช่วงเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล โดยดาวเทียม LANDSAT ที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เป็นดาวเทียมที่มีช่วงคลื่นให้เลือกใช้หลากหลาย ตั้งแต่ช่วงคลื่นตามองเห็นถึงช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ซึ่งเราสามารถดาวน์โหลดข้อมูลดาวเทียมได้จากสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Geological Survey : USGS) โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสะดวกต่อการนำมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน วิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นิยมใช้ มี 2 วิธีการ ได้แก่ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) และการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training data) เพื่อนำใช้ในการประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยความถูกต้องของข้อมูลขึ้นอยู่กับจำนวนพื้นที่ตัวอย่างและคุณภาพของพื้นที่ตัวอย่าง นอกจากนี้วิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจุบันได้มีการจำแนกข้อมูลโดยวิธีอื่นๆ เช่น อัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่อง (Machine learning) ที่ได้เข้ามามีบทบาทในการประมวลผลภาพ โดยมีหน้าที่ในการจำแนกข้อมูลร่วมกับภาพถ่ายจากดาวเทียมและช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกให้มีความถูกต้องที่มากกว่าวิธีจำแนกแบบกำกับดูแล อัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่อง (Machine learning) ที่นิยมใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

จังหวัดปทุมธานี เป็นจังหวัดที่อยู่ใกล้กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มริมสองฝั่งแม่น้ำ มีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านใจกลางจังหวัด จากการบันทึกสถิติจำนวนประชากร

(ระบบสถิติทางการทะเบียน, 2565) พบว่าจังหวัดปทุมธานีมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2566 มีประชากรเท่ากับ 1,219,199 คน เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2556 มีประชากรเท่ากับ 1,053,158 คน มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.77 สูงที่สุดเมื่อเปรียบในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล โดยสมุทรปราการ , นนทบุรี , นครปฐม และ สมุทรสาคร มีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรที่ ร้อยละ 10.58 , 13.13 , 4.80 และ 13.97 ตามลำดับ การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็น 4 พื้นที่ 1.) พื้นที่เกษตรกรรม 513,365 ไร่ 2.) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 284,052 ไร่ 3.) พื้นที่น้ำ 39,704 ไร่ 4.) พื้นที่เบ็ดเตล็ด 116,539 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจังหวัดปทุมธานีมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศอย่างต่อเนื่อง เพื่อเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย การส่งเสริมเศรษฐกิจ การพัฒนาเมือง และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากจังหวัดปทุมธานีมีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญที่สุด คือแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงลำคลองธรรมชาติและคลองชลประทานมากมาย ทำให้มีการทำเกษตรกรรมที่มาก ส่งผลต่อการเติบโตของเศรษฐกิจ ทำให้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำแนกออกมาได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากไม่มีความซับซ้อนของพื้นที่

ผู้วิจัยได้ได้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดปทุมธานี จึงได้นำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 8 ในช่วงปี พ.ศ.2566 และเนื่องจากจังหวัดปทุมธานีมีพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่น้ำ ทำให้มีการใช้ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI) และดัชนีความชื้นของน้ำ (Normalize Difference Water Index : NDWI) มาใช้ร่วมกันกับวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) กับวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูล

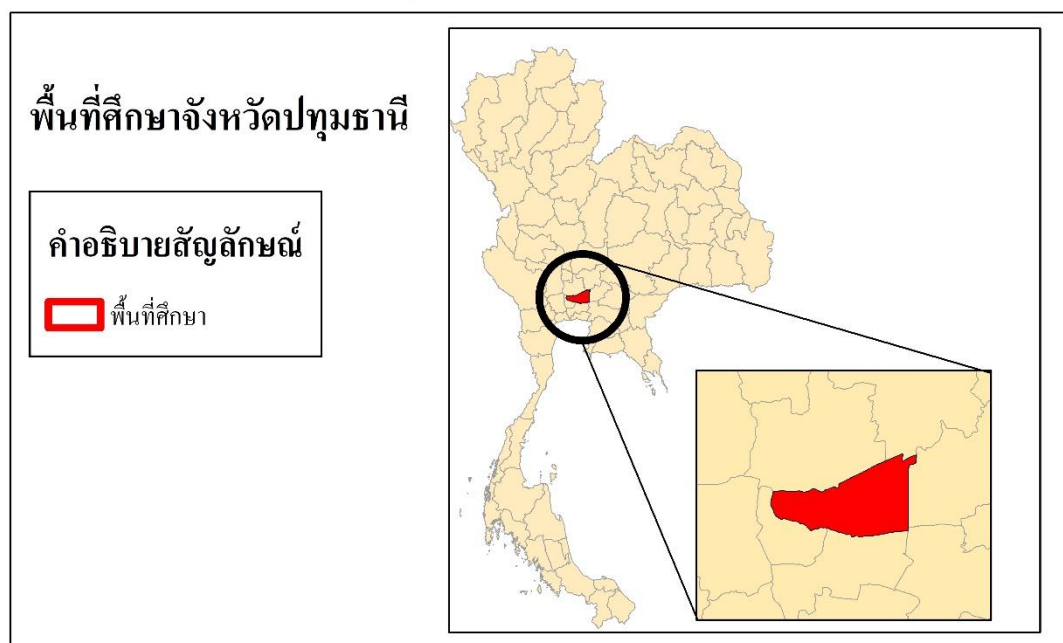
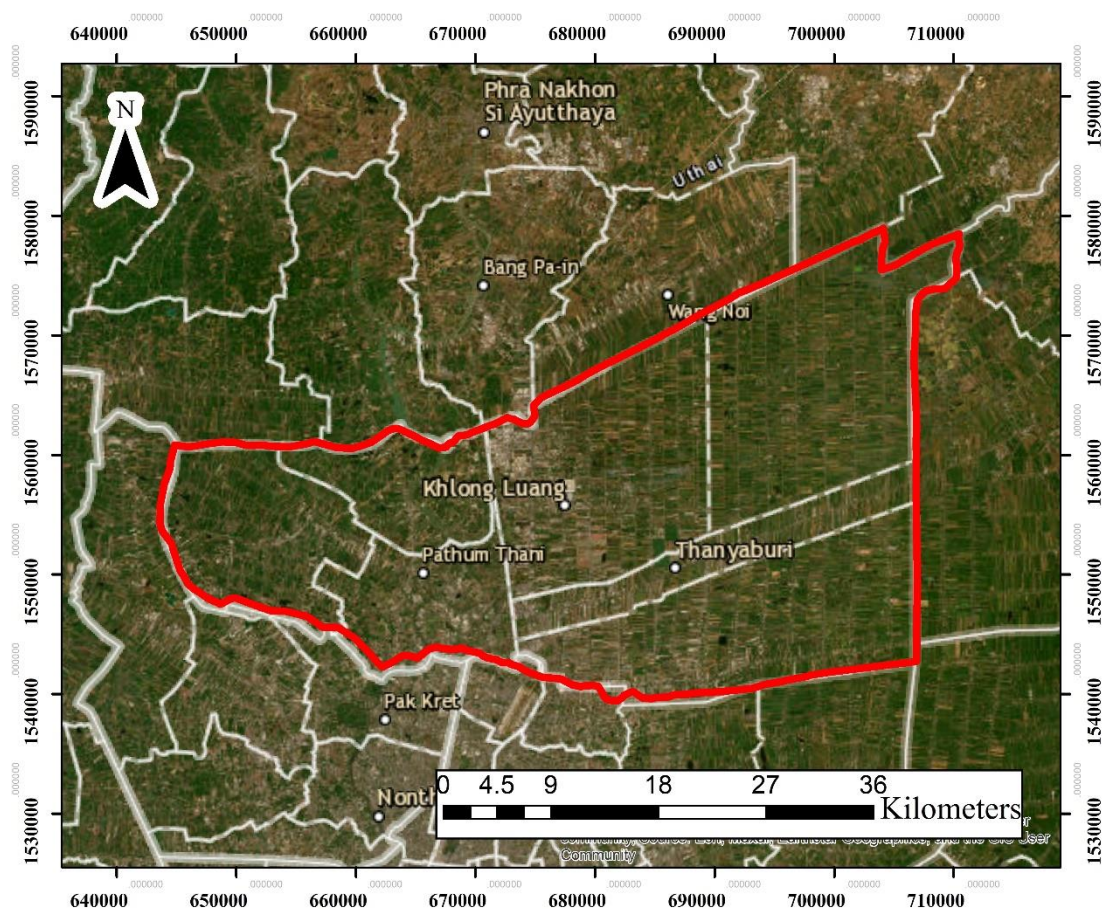
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปทุมธานี โดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ร่วมกับดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI
2. เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปทุมธานี โดยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ร่วมกับดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI
3. เปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) กับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

ขอบเขตเชิงพื้นที่

จังหวัดปทุมธานี มีพื้นที่ประมาณ 353,660 ไร่ มี 7 อำเภอ 60 ตำบล





ภาพประกอบ 1 แผนที่พื้นที่ศึกษา

ขอบเขตเชิงเวลา

การศึกษานี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2566 เนื่องจากต้องการให้มีความใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี
2. ทราบถึงสัดส่วนพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พื้นที่เมือง และพื้นที่น้ำในจังหวัดปทุมธานี
3. ทราบถึงการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับดัชนีพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง และดัชนีความชื้นของน้ำมีผลต่อค่าความถูกต้องของข้อมูล



นิยามศัพท์เฉพาะ

สิ่งปกคลุมดิน (Land cover) หมายถึง สิ่งที่อยู่บนผิวดิน และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาของคน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1.เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ป่าไม้ ที่ราบ แหล่งน้ำ 2.สิ่งที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น เช่น สิ่งก่อสร้าง ถนน ที่ทำการเกษตร เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) หมายถึง การใช้พื้นที่บริเวณนั้นเป็นการทำกิจกรรมอย่างหนึ่ง ซึ่งจะมีการทำขอบเขตของการทำกิจกรรมนั้น

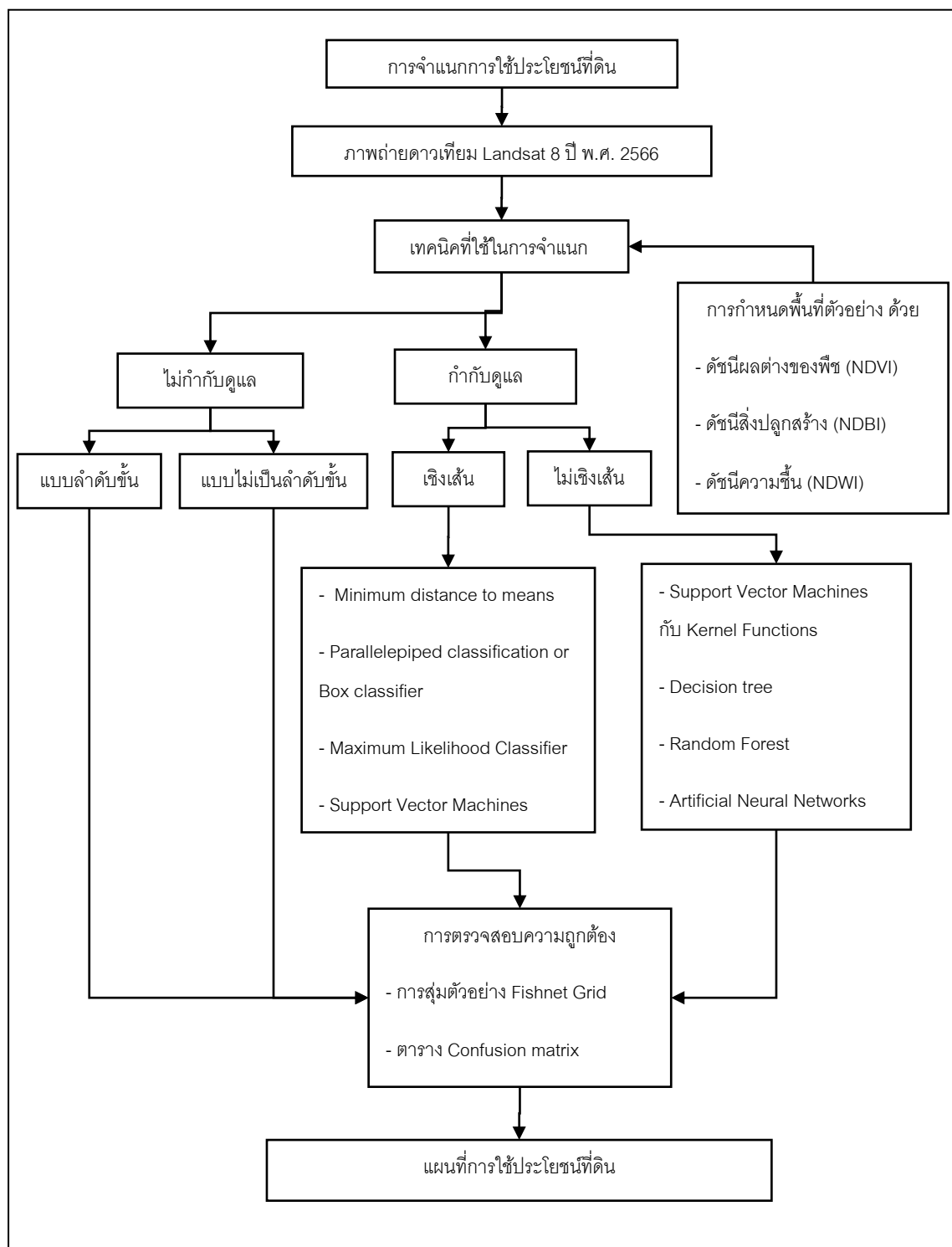
การสกัด หมายถึง การนำภาพถ่ายจากดาวเทียมมาทำการคัดแยกข้อมูลโดยการทำให้อินโฟมัลที่ต้องการให้มีความโดดเด่นที่มากขึ้น

ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) คือ ดัชนีที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่สีเขียว ความหนาแน่นของพืช และสุขภาพของพืช

ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) คือ ดัชนีที่วิเคราะห์หาความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้าง

ดัชนีความชื้นของน้ำ (NDWI) คือ ดัชนีที่วิเคราะห์ระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ

กรอบแนวคิด



ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิด

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ความหมายของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ที่ดิน (Land) หมายถึง พื้นที่ดินทั่วไป รวมถึงภูเขา ห้วย หนอง คลอง บึง ลำน้ำ เกาะแก่ง ชายทะเล เป็นทรัพยากรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดเมื่อเทียบกับการเติบโตของประชากรที่มากขึ้น และผู้คนสามารถเป็นเจ้าของที่ดินเพื่อสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยการถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดิน ทรัพยากรดิน (จินดาร์ตน์ โพธิ์นอก, 2553)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่ดิน เพื่อมาตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัย เป็นต้น โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set, FGDS) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินฉบับนี้ เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ และคุณภาพของชุดข้อมูล ภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ตามมาตราส่วนหลักของประเทศ ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน ความหมายของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์, สุชาติพิย์ ชวนะเวสสกุล, และ พันทิพย์ ปิยะทัศนานนท์, 2562)

ในการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะมีการกำกับอักษรย่อ ดังแสดงในตารางที่ 1 (GISTDA, 2013)

ตาราง 1 อักษรย่อในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

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

ชุดข้อมูล FDGS ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 ที่จะจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่ดินมาตรฐาน โดยอาศัยการวิเคราะห์และการตีความจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม โดยในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินนี้จะไว้ใช้เป็นมาตรฐานให้กับทุกหน่วยงาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2555) ระดับที่ 1 และ 2

Level 1	Code	Level 2	Code
1. พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง (Urban and built-up land)	U	เมืองและย่านการค้า (Urban and Commercial area)	U1
		ที่อยู่อาศัย (Residential area)	U2
		สถานที่ราชการและสถาบัน (Governmental and Institutional land)	U3
		สถานีสคมนาคม การสื่อสาร และสาธารณูปโภค (Transportation, Communications and Utilities)	U4
		ย่านอุตสาหกรรม (Industrial land)	U5
		สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ (Other Built-up land)	U6
		สนามกอล์ฟ (Golf Course)	U7
2. พื้นที่ เกษตรกรรม (Agricultural Land)	A	พื้นที่นา (Paddy field)	A1
		พืชไร่ (Field crop)	A2
		ไม้ยืนต้น (Perennial)	A3
		ไม้ผล (Orchard)	A4
		พืชสวน (Horticulture)	A5
		ไร่หมุนเวียน (Swidden cultivation)	A6
		ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือน (Pasture and Farm house)	A7
		พืชน้ำ (Aquatic plant)	A8
		สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquacultural land)	A9
		เกษตรผสมผสาน (Integrated farm)	A0

ตาราง 2 (ต่อ)

Level 1	Code	Level 2	Code
3. พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land)	F	ป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forest)	F1
		ป่าผลัดใบ (Deciduous forest)	F2
		ป่าชายเลน (Mangrove forest)	F3
		ป่าพรุ (Swamp forest)	F4
		ป่าปลูก (Forest plantation)	F5
		วนเกษตร (Agro – forestry)	F6
		ป่าชายหาด (Beach forest)	F7
4. พื้นที่แหล่งน้ำ (Water)	W	แหล่งน้ำตามธรรมชาติ (Natural water body)	W1
		แหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (Artificial water body)	W2
5 พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land)	M	ทุ่งหญ้าและไม้ละเมาะ (Rangeland and Scrub)	M1
		พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะและพื้นที่น้ำขัง (Marsh and Swamp)	M2
		เหมืองและบ่อขุด (Mine and pit)	M3
		พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ (Other Miscellaneous land)	M4
		นาเกลือ (Salt flat)	M5
		หาดทราย (Beach)	M6
		ที่ทิ้งขยะ (Garbage dump)	M7

ที่มา : GISTDA (2013). มาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1. พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and built-up land)

หมายถึง พื้นที่ที่ทำการเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ในการสร้างสิ่งก่อสร้างที่เป็นที่อยู่อาศัย รวมถึงสิ่งก่อสร้างที่ใช้ทำกิจกรรมอย่างอื่น เช่น บ้าน โรงเรียน โรงพยาบาล สถานที่ราชการ เป็นต้น

2. พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land)

หมายถึง พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อการเพาะปลูกรวมถึงการเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วย

2.1 พื้นดิน หมายถึง พื้นที่ที่มีการไถนาให้ดินอ่อน และมีการทำขอบดินสูงบริเวณขอบนาเพื่อการกักเก็บน้ำ เหมาะสำหรับพืชที่ต้องการน้ำมาก เช่น ข้าว

2.2 พืชไร่ หมายถึง พื้นที่ที่มีการทำดินเป็นร่องสูง ไม่มีการเก็บน้ำ เหมาะสำหรับพืชที่ไม่ต้องการน้ำมาก อย่างไม้ล้มลุกที่หากหมดช่วงออกผลจะตายราบไปถึงดิน เช่น ข้าวโพด ถั่ว มันสำปะหลัง เป็นต้น รวมถึงพืชหมุนเวียน

2.3 ไม้ยืนต้น หมายถึง พื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชที่มีเนื้อไม้ขนาดเล็กถึงใหญ่ มีลำต้นเดี่ยว มีการแตกกิ่งก้านบริเวณยอด เช่น ยางพารา ชีเหล็ก มะยงชิด เป็นต้น

2.4 ไม้ผล หมายถึง พื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชที่มีการออกลูกเป็นผล มีทั้งแบบไม้ยืนต้นและไม้ล้มลุก เช่น ลำไย ทุเรียน มะม่วง เป็นต้น

2.5 พืชสวน หมายถึง พื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชที่ต้องการมีการดูแลอย่างใกล้ชิด คอยเอาใจใส่ เช่น แดงกวา ผักชี แครอท และใช้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เช่น มะลิ กลั้วไม้เบญจมาศ พืชสมุนไพรและเกษตรผสมผสาน

2.6 ไร่นา หมายถึง พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกแบบพืชไร่ แต่จะมีการปลูกพืชชนิดอื่นเมื่อพืชที่ปลูกก่อนหน้านี้ได้ตายแล้ว โดยจะมีการหมุนเวียนลำดับการปลูก

2.7 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือน หมายถึง พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกทุ่งหญ้าหรือพืชอื่นที่ใช้สำหรับการเลี้ยงสัตว์ รวมถึงพื้นที่ที่เป็นโรงเรือนสำหรับเลี้ยงสัตว์

2.8 พืชน้ำ หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกพืชที่ต้องเจริญเติบโตในน้ำ เช่น ผักกระเฉด ผักบุ้ง บัว กก กระเจ็บ แห้ว เป็นต้น

2.9 สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หมายถึง พื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยอาจมีการสร้างโรงเรือน การเพาะเลี้ยงจะมีการแยกตามสถานที่เพาะ เช่น ในน้ำจืด น้ำเค็ม เป็นต้น

2.10 เกษตรผสมผสาน หมายถึง พื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์เอาไว้ด้วยกัน

3. พื้นที่ป่าไม้ (Forest land)

หมายถึง พื้นที่ที่มีต้นไม้อยู่อย่างหนาแน่น โดยมีต้นไม้หลากหลายชนิดอยู่ในพื้นที่เดียวกัน

4. พื้นที่แหล่งน้ำ (Water)

หมายถึง แหล่งน้ำที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และ ทะเลสาบ รวมทั้งแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ คลองที่ขุด บ่อน้ำของไร่ เป็นต้น

5. พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land)

หมายถึง พื้นที่อื่นๆ ที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น ประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ธรรมชาติและไม้ละเมาะ พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะและพื้นที่น้ำขัง เหมืองและบ่อขุด พื้นที่รกร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ

สรุปว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีหลายระดับ แต่ในงานนี้เลือกการจำแนก ระดับที่ 1 เนื่องจากต้องการให้ข้อมูลในแผนที่ที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยไม่ต้องทำให้ ข้อมูลมีความซับซ้อนที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น รวมถึงทำให้การประมวลผลของโปรแกรมทำแผนที่ที่สามารถวิเคราะห์หรือออกมาได้มีความถูกต้องที่มากขึ้น

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information technology)

ความหมายของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

ประกอบด้วย - การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing : RS) เป็นการวิเคราะห์ ข้อมูลของเป้าหมายที่สนใจ โดยที่ไม่ต้องไปสัมผัส เช่น การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมมาวิเคราะห์ ลักษณะพื้นผิวของพื้นที่ศึกษา ทำให้ไม่ต้องลงไปสำรวจพื้นที่จริง

- ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็น การใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์เพื่อ จัดเก็บ วิเคราะห์ สืบค้น รวมทั้งแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ สามารถนำเสนอได้ทั้งข้อมูลเชิงตัวเลขและกระดาษ

- ระบบระบุตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System : GPS) เป็นระบบ โครงข่ายดาวเทียมระบุตำแหน่งจำนวน 24 ดวงรอบโลก สามารถระบุพิกัดภูมิศาสตร์ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

เป็นการนำองค์ประกอบความรู้ทั้ง 3 อย่าง มาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ที่เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ต่างที่เกิดขึ้นบนโลก รวมถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลกและชั้นบรรยากาศ โดยใช้ข้อมูลจากภาพดาวเทียมที่มีความละเอียดของภาพ มีความแม่นยำ สามารถ เข้าถึงได้รวดเร็ว และประเภทของดาวเทียมที่มีการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

1. เทคโนโลยีการสำรวจและประมวลผล

- GIS in the Field เป็นการใช้แอปพลิเคชันที่อยู่ในอุปกรณ์พกพา เช่น มือถือ หรือแท็บเล็ต มาใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

- Imagery and Raster GIS เป็นการทำงานในด้านภาพถ่าย ทั้งแบบข้อมูล ภาพถ่ายจากดาวเทียม และข้อมูล Raster

- การรวบรวมข้อมูลตามเวลาจริงช่วยให้อุตสาหกรรมต่างๆ

- ดาวเทียมขนาดเล็กและระบบอากาศยานไร้คนขับ (UAS : Unmanned Aircraft System)

- LiDAR (Light Detection and Ranging) เป็น ข้อมูล สำหรับ สร้าง แบบจำลองเชิงเลขเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์พื้นผิวได้มากมาย

2. เทคโนโลยีการวิเคราะห์

- Ready-to-Use Contents ชุดข้อมูลที่ช่วยเพิ่มมิติในการการวิเคราะห์ข้อมูล

- Spatial Analysis, Data Science และ GeoAI เป็น เทคโนโลยี ใช้ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง

- Deep Learning, Machine Learning และ Artificial Intelligence (AI หรือ ปัญญาประดิษฐ์) เป็นการใช้เทคโนโลยี Geospatial และ AI มาร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล

- Geospatial AR (Augmented Reality) เป็น การ รว ม รว ม ข้อมูล สภาพแวดล้อม และวัตถุ มาจำลองเสมือนจริง 3 มิติ

- Geo-Enabled Systems เป็นการใช้วิเคราะห์เชิงพื้นที่เฉพาะทาง เช่น การ ออกแบบผังเมืองและภูมิทัศน์ การทำแผนที่ภายในอาคาร การวิเคราะห์เชิงธุรกิจ เป็นต้น

- Industry-Specific Data Models การทำงานกับข้อมูลเฉพาะทางในด้าน ต่าง ๆ เช่น การบริหารจัดการข้อมูลแปลงที่ดิน การทำงานกับข้อมูลโครงข่ายด้านไฟฟ้า ประปา ท่อ ก๊าซ เป็นต้น

3. เทคโนโลยีการแสดงผลและการประยุกต์ใช้งาน

- 3D & GeoBIM การทำงานด้าน 3 มิติ

- Codeless App Builders การสร้างแอปพลิเคชันโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม

- การจัดการข้อมูลด้วย Cyber GIS และ Cloud GIS

- Google Earth Pro, Google Maps, Open Street Maps

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลายจะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และบุคลากร (People) โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

- นำเข้าข้อมูล (Data Input)
- การแสดงผลลัพธ์ (Data Output)

2. ซอฟต์แวร์ คือ ชุดคำสั่งที่ของโปรแกรมที่อยู่ในคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ผู้ต้องการ ซอฟต์แวร์มีหน้าที่จัดการ และควบคุมการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างซอฟต์แวร์ทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น โปรแกรม ILWIS, OpenJUMP, QGIS, ERDAS IMAGINE, ArcView, ArcGIS เป็นต้น

3. ข้อมูล คือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS โดยข้อมูลจะถูกรวบรวม จัดเก็บ ปรับปรุง แก้ไข และจัดการไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ หรือการทำแบบจำลองต่างๆ

4. กระบวนการทำงาน คือ วิธีการนำระบบ GIS ไปใช้งาน โดยในแต่ละองค์การที่จะนำระบบ GIS ไปใช้ จะมีระบบที่แตกต่างกันออกไป

5. บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญ สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ

ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1. **ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data)** เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ทางภาคพื้นดิน สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1 **ข้อมูลเวกเตอร์ (Vector)** เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก โดยแสดงออกมาได้ 3 รูปแบบ

- จุด (Point) ใช้ในการแสดงตำแหน่งที่ตั้ง ได้แก่ ที่ตั้งอาคาร ที่อยู่อาศัย โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น

- เส้น (Line) ใช้แสดงข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเส้น เช่น แม่น้ำ ถนน เป็นต้น

- รูปปิด (Polygon) ใช้แสดงข้อมูลที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ อธิบายถึงขอบเขตเนื้อที่และเส้นรอบวง เช่น พื้นที่เขตการปกครอง พื้นที่อาคาร

1.2 **ข้อมูลแรสเตอร์ (Raster)** ข้อมูลแบบแรสเตอร์มีโครงสร้างเป็นช่องสี่เหลี่ยมเรียกว่า จุดภาพ หรือ กริดเซลล์ (Grid cell) เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดนั้นๆ ค่าจุดภาพแต่ละค่าสามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลก็ได้ ข้อมูลแรสเตอร์สามารถแปรรูปมาจาก หรือปรับเปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงทิศทางได้ แต่มักเกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างการแปรรูปข้อมูล

2. **ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data)** เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน และข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะเศรษฐกิจ และสังคม เป็นต้น

การสำรวจระยะไกล (Remote sensing : RS)

เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยเป็นศาสตร์หนึ่งในการสำรวจข้อมูลพื้นผิวโลก ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยใช้อุปกรณ์บันทึกภาพถ่าย (sensor) ในการตรวจวัดการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเหล่านั้นขึ้นไปกระทบอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรง ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์และแปลภาพที่ได้ออกเป็นสภาพการใช้ที่ดินบนพื้นผิวโลก หรือทรัพยากรต่างๆ ในโลก ข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (อิติมา กัญจนพฤษ, 2551)

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ

หมายถึง การแบ่งจุดภาพที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงคล้าย ๆ กันออกเป็นกลุ่มหรือเป็นระดับ ซึ่งเรียกว่า ชนิดหรือประเภท (Class) เพื่อที่จะแบ่งแยกวัตถุต่าง ๆ ที่แสดงในภาพออกจากกัน ในการจำแนกประเภทข้อมูลนี้ผู้ปฏิบัติต้องใช้กฎการตัดสินใจหรือความรู้ทางสถิติเข้าช่วย เนื่องจากปริมาณจุดภาพที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษา มีปริมาณจุดภาพมาก การคำนวณทางสถิติเองโดยใช้เครื่องคิดเลขจึงทำได้ยาก ใช้เวลามาก และอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ จึงมีการนำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผล ทำให้ได้ผลลัพธ์ในเวลารวดเร็วสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทันที โดยการจำแนกประเภทข้อมูลภาพมีทั้งหมด 2 วิธี ดังนี้

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลภาพโดยการให้คอมพิวเตอร์เป็นผู้ประมวลผล โดยไม่ต้องมีการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง มักจะมีการใช้วิธีนี้ในกรณีที่ข้อมูลภูมิประเทศที่น้อย หรือผู้ใช้ไม่มีความรู้ในลักษณะภูมิประเทศนั้น โดยวิธีนี้จะใช้เทคนิคการรวมกลุ่ม (Clustering) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. การรวมกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering) วิธีนี้จุดภาพจะถูกจัดรวมเป็นกลุ่มที่คล้ายกันโดยใช้ระยะห่างเป็นเครื่องวัด
2. การรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับขั้น (Non-hierarchical clustering) ใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นกลุ่มชั่วคราวจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีการตรวจสอบสมาชิกในแต่ละกลุ่มจะถูกตรวจสอบโดยใช้ตัวแปรระยะห่าง และทำการจัดกลุ่มใหม่

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลภาพโดยที่ผู้ใช้งานจะเป็นผู้ที่กำหนดลักษณะของประเภทข้อมูลเอง โดยผู้ใช้งานจะต้องกำหนดตัวแทนหรือข้อมูลตัวอย่าง (Training area) ด้วยสายตาของผู้ใช้ ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ ความเข้าใจและความรู้ของภูมิประเทศนั้น หากมีการกำหนดที่ผิดพลาดจะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูล หลังจากที่ใช้ได้กำหนดพื้นที่ตัวอย่างแล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผล และสร้างพื้นที่โดยอิงข้อมูลตามพื้นที่ตัวอย่าง ในการทำการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับดูแลจะต้องอาศัยกฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification decision rules) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

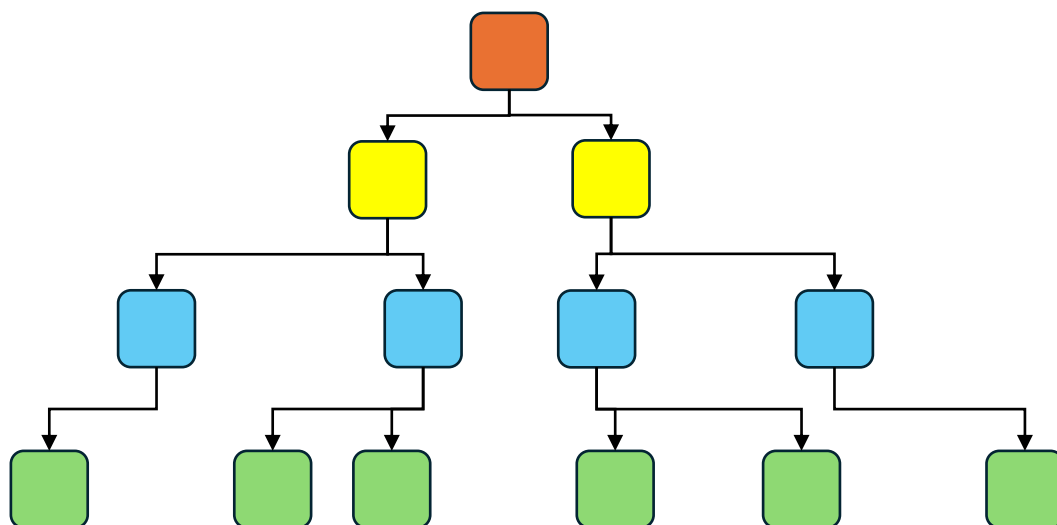
1. กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum distance to means) เป็นกฎการจำแนกที่ง่ายที่สุดและทำงานได้เร็วที่สุด โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเลขของข้อมูลตัวอย่าง แต่หากข้อมูลในจุดหนึ่ง มีประเภทของข้อมูลมากกว่า 1 กลุ่ม อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้

2. กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน (Parallelepiped classification or Box classifier) เป็นการจำแนกที่นิยมใช้มากที่สุดในงานประมวลผลข้อมูลเพราะทำงานได้รวดเร็วและมีขีดความสามารถในการคำนวณสูง การทำงานจะมีการกำหนดค่าจำนวนตัวเลขต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละช่วงคลื่น หรือใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวิธีนี้จะได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว แต่อาจเกิดการปะปนของข้อมูลชั้นสูง

3. กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) เป็นวิธีที่ถูกต้องที่สุดแต่ใช้เวลาที่มากที่สุด หลักการทำงานคือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribute) การกระจายตัวของจุดภาพรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย อธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็นหรือ “Probability Function” แต่วิธีนี้มีข้อเสียเปรียบคือจะใช้เวลาในการคำนวณมาก

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)

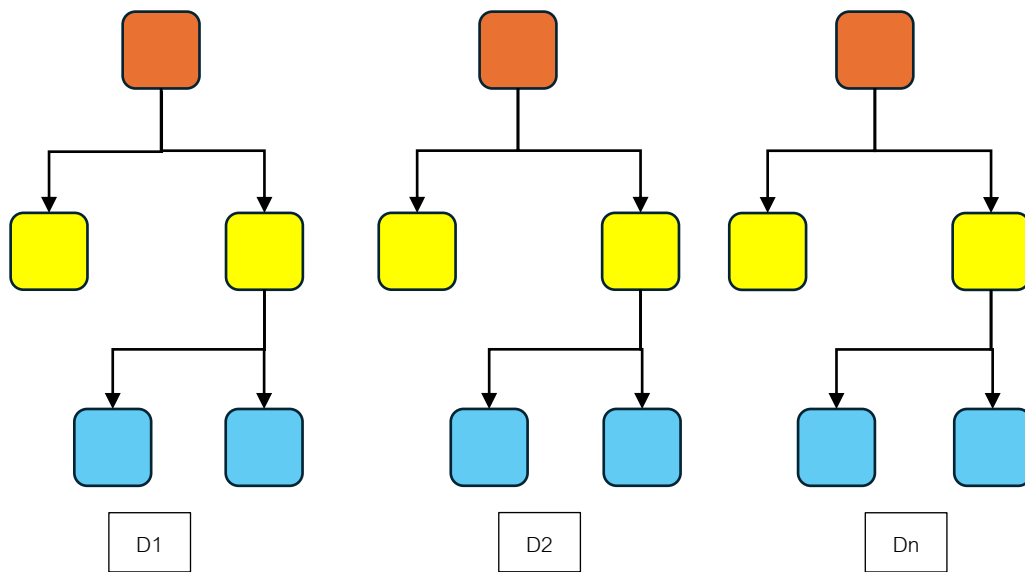
เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์รูปแบบหนึ่งเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบการจำแนกและแบบจำลองการถดถอย มีลักษณะเป็นต้นไม้กลับหัว โดยจะแตกโจทย์หลักออกมาเป็นโจทย์ย่อย หลาย ๆ โจทย์ หรือมีการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับโจทย์หลักมาตั้งคำถามใหม่ และแตกออกเป็นโจทย์ย่อย โครงสร้างของ Decision tree จะประกอบด้วย 1) โหนด (node) แสดงคุณสมบัติของแต่ละเงื่อนไขเป็นจุดแบ่ง (threshold) สำหรับแยกข้อมูลไปตามทิศทาง 2) กิ่ง (branch) เป็นคุณสมบัติของโหนดแต่ละโหนดที่แบ่งแยกออกมา จำนวนของ กิ่งจะมีจำนวนเท่ากับคุณสมบัติของโหนด และ 3) ใบ (leaf) เป็นกลุ่มของผลลัพธ์ในการแยกแยะกลุ่มข้อมูล ต้นไม้ตัดสินใจ จะไม่แบ่งข้อมูลต่อหลังจากข้อมูลดังกล่าวถูกจัดกลุ่มให้มาอยู่ที่ใบ (กฤษฎาณ อินทรรัตน์, 2565)



ภาพประกอบ 3 ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้สุ่ม (Random Forest)

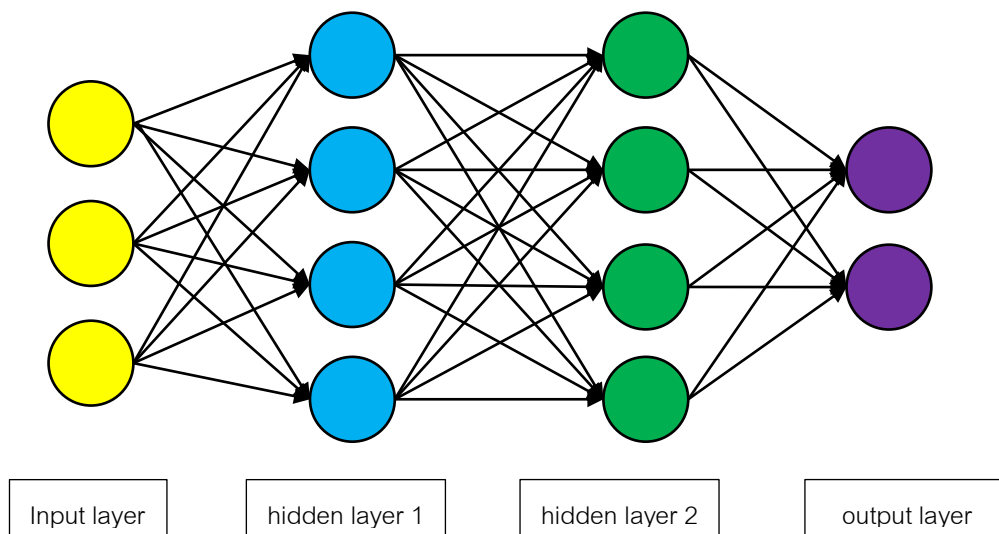
เป็นวิธีที่พัฒนามาจากต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีข้อได้เปรียบตรงที่มีความแม่นยำสูง จัดการกับข้อมูลหลายมิติได้ ข้อมูลที่นำเข้าสู่การประมวลผลไม่จำเป็นต้องทราบฟังก์ชันการแจกแจง ลักษณะการทำงานจะเป็นการนำต้นไม้ตัดสินใจหลายต้นมารวมกันต้นไม้สุ่ม จะนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จาก Decision tree ในแต่ละต้นมาตรวจสอบหาค่าฐานนิยม (mode) เพื่อหาค่าผลลัพธ์ที่มีจำนวนมากที่สุดให้เป็นผลลัพธ์สุดท้าย ส่งผลทำให้ผลลัพธ์ดังกล่าวมีความถูกต้องที่แม่นยำ (กฤษฎาณ อินทรรัตน์, 2565; จิรวัดณ์ จันทองพูน, พัฒนิตา ไกลสาม, สันต์ฤทัย แซ่หว่อง, และ พรณรายณ์ บุญราศรี, 2565)



ภาพประกอบ 4 ต้นไม้สุ่ม (Random Forest)

ข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

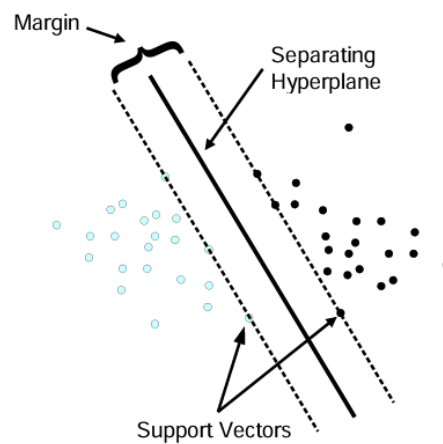
เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ ในงานด้านการจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เลียนแบบโครงสร้างของ ระบบประสาทของมนุษย์ใช้ในการจำแนกการทำนาย และการเรียนรู้จากข้อมูล โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อมูลมีความซับซ้อน เพื่อทำนายผลลัพธ์ มีโครงสร้าง 3 ชั้นหลัก 1) ชั้นข้อมูลนำเข้า (input layer) 2) ชั้นข้อมูลแอบแฝง (hidden layer) 3) ชั้นข้อมูลส่งออก (output layer) ในการทำงานจะมีโครงข่ายจำนวนหลายชั้นเนื่องจากข้อมูลมีความซับซ้อน



ภาพประกอบ 5 ข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

เป็นหนึ่งในวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นตัวจำแนกเชิงเส้น (Linear Classifier) ประเภทแบบจำลองการเรียนรู้ภายใต้การกำกับ (Supervised learning) ด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ใช้ในการจำแนกข้อมูล หรือแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยจะสร้างเส้นตรงที่ใช้แบ่งกลุ่มข้อมูล (Hyperplane) และหาเส้นที่ดีที่สุด ข้อได้เปรียบของ SVM คือมีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลที่มีมิติจำนวนมากได้ นอกจากนี้การใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function) ยังช่วยให้สามารถจำแนกข้อมูลที่มีความคลุมเครือ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Meyer & Wien, 2001)



ภาพประกอบ 6 Support Vector Machines

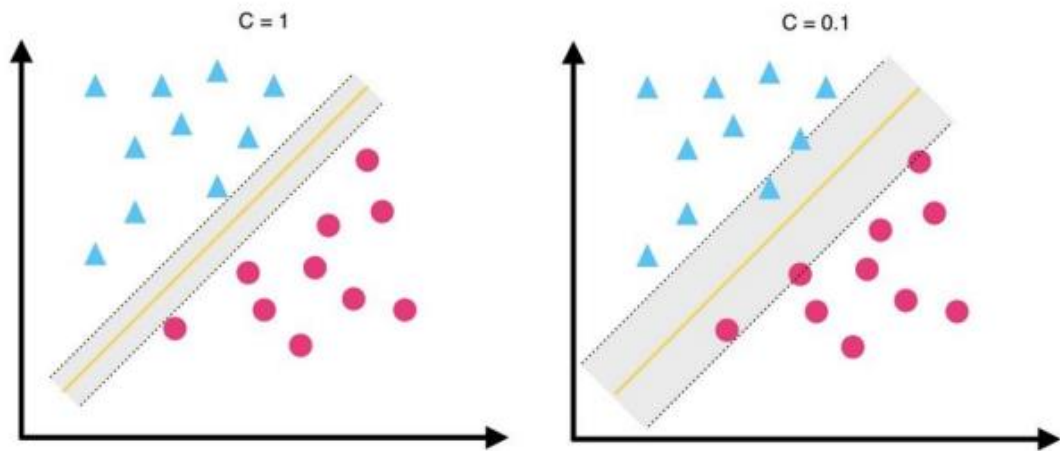
ที่มา : (Meyer & Wien, 2001)

จากภาพเป็นปัญหา Binary classification ที่ต้องการจำแนกข้อมูลออกเป็นสองฝั่ง สิ่งที่ SVM ทำคือการหาเส้นแบ่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

$$\hat{y} = \begin{cases} 0 & \text{if } w^T \cdot x + b < 0 \\ 1 & \text{if } w^T \cdot x + b \geq 0 \end{cases}$$

โดยที่ w คือ ค่า weight

$w^T \cdot x + b$ คือ เส้นแบ่งคลาส



ภาพประกอบ 7 Hard margin classification และ Soft margin classification

ที่มา : (SIRIKARIN & Khonthapagdee, 2023)

จากภาพดังกล่าวจะมีการแบ่งข้อมูลโดยมีการใช้เส้นอยู่สองแบบ คือ 1) Hard margin classification คือ คู่เส้นประที่ห้ามไม่ให้มีจุดข้อมูลอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้นประ และ 2) Soft margin classification คืออนุญาตให้มีข้อมูลอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้นประได้บ้าง

Hard margin classification จะเป็นการแบ่งข้อมูลโดยที่เราไม่ได้กำหนดข้อจำกัดในการแบ่ง ส่งผลทำให้การแบ่งข้อมูลจะมีการห้ามไม่ให้มีจุดข้อมูลอยู่ในเส้นแบ่งเลย ทำให้เกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลน้อย แต่เนื่องจากการห้ามมีข้อมูลในเส้นแบ่ง ทำให้การทำนายและความถูกต้องของข้อมูลมีความผิดพลาดได้

$$\begin{aligned} & \text{minimize}_{w,b} \quad \frac{1}{2} w^T w \\ & \text{subject to} \quad t^{(i)}(w^T x^{(i)} + b) \geq 1 \end{aligned}$$

Soft margin classification จะเป็นตัวแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นจากการทำ Hard margin classification โดยหลักการ คือ การทำให้สามารถมีข้อมูลบางส่วนสามารถอยู่ในเส้นแบ่งได้ ส่งผลทำให้ขนาดของเส้นแบ่งมีมากขึ้น ทำให้ลดความเสี่ยงในการทำนายที่ผิดพลาด และข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น

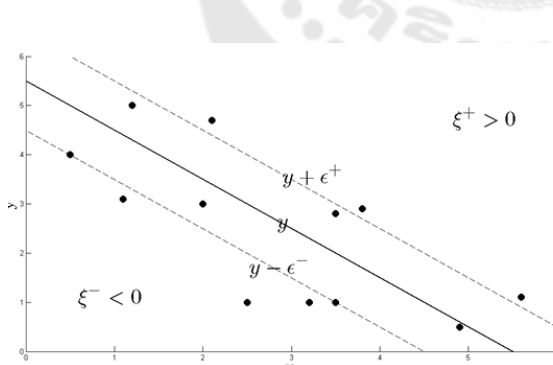
$$\begin{aligned} & \text{minimize}_{w,b} \quad \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^m \zeta^{(i)} \\ & \text{subject to} \quad t^{(i)} (w^T x^{(i)} + b) \geq 1 - \zeta^{(i)} \end{aligned}$$

ในการจำแนกประเภทข้อมูลด้วย SVM แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

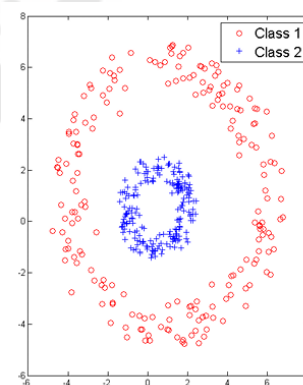
1. การจำแนกแบบเชิงเส้น (Linear Classification) จะกำหนดไฮเปอร์เพลนที่ดีที่สุดบนระนาบแบบเชิงเส้นของ ข้อมูลตัวอย่าง (Training area) เพื่อแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่แตกต่างกันในลักษณะเส้นตรง ไฮเปอร์เพลนที่ดีที่สุดจะมีค่า มาร์จิ้น (Margin) กว้างที่สุด

2. การจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear Classification) ใช้ในกรณีไม่สามารถแบ่งข้อมูลหรือกำหนดไฮเปอร์เพลน แบบเชิงเส้นได้ จะทำการเปลี่ยนแปลงมิติของข้อมูลให้สูงขึ้นเพื่อช่วยในการเรียงตัวของข้อมูลใหม่ที่ เรียกว่า พื้นที่มิติสูง (Higher Dimensional Space) ด้วยฟังก์ชันเคอร์เนล (Kernel Function)

$$K(x, x_i) = \phi x \cdot \phi x_i$$



(a)



(b)

ภาพประกอบ 8 การจำแนกแบบเชิงเส้น และ การจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น

ที่มา : (Fletcher, 2009)

โดยฟังก์ชันเคอร์เนลที่นิยมใช้ในการจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้นที่นิยมใช้มีอยู่ 3 ชนิด คือ

2.1 โพลีโนเมียลเคอร์เนล (Polynomial kernel)

$$K(x, x_i) = (\gamma x^T \cdot x_i + r)^d, \gamma > 0$$

2.2 เรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (Radial Basis Function : RBF)

$$K(x, x_i) = \exp(-\gamma \|x - x_i\|^2), \gamma > 0$$

2.3 ซิกมอยด์ (Sigmoid)

$$K(x, x_i) = \tanh(\gamma x^T \cdot x_i + r), \gamma > 0$$

โดยที่ γ และ r คือ พารามิเตอร์ของฟังก์ชันเคอร์เนล

d คือ ดีกรีของสมการโพลีโนเมียล

x_i คือ ค่าการสะท้อน (Spectral response)

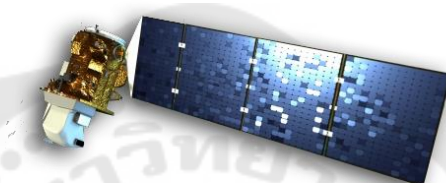
แม้ว่าตัวของ SVM จะถูกออกแบบมาสำหรับ Binary classification ที่เป็นการจำแนกแบบสองหมวดหมู่ แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ Multiclass classification ที่เป็นการจำแนกประเภทหลายคลาส และ Linear regression ที่เป็นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นได้

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) แบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยฟังก์ชันเคอร์เนลแบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (Radial Basis Function : RBF) เนื่องจากมีการให้ค่าความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากกว่าฟังก์ชันเคอร์เนลแบบอื่นๆ (ขจีมาศ อนงค์ไชย, 2561)

เหตุผลที่งานวิจัยนี้ได้เลือกเทคนิคการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 เทคนิค ได้แก่ จำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ด้วยวิธีการจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (Radial Basis Function : RBF) มาเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากงานวิจัยที่ได้รวบรวม ทั้ง 2 เทคนิค ถูกใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด และมีความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด (Karakacan Kuzucu & Bektas Balcik, 2017; Kolios & Stylios, 2013; Kwesi,

2012; Mondal, Kundu, Chandniha, Shukla, & Mishra, 2012; Rimal, Rijal, & Kunwar, 2020; Ustuner, Sanli, Abdikan, Esetlili, & Kurucu, 2014; กฤษฎาณ อินทร์ตัน, 2565; ขจีมาศ อนงค์ไชย, 2561)

ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8



ภาพประกอบ 9 ดาวเทียม LANDSAT 8

ที่มา : (GISTDA, 2564)

ดาวเทียม LANDSAT 8 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการพัฒนาจากการร่วมมือกันขององค์กร NASA และ USGS (U.S. Geological Survey) เริ่มปฏิบัติการวันที่ 30 พฤษภาคม 2556 ภายใต้การบริหารจัดการ ของ USGS โคจรสูงเหนือพื้นโลก 705 กิโลเมตร

- | | |
|-----------------------------|---|
| - โคจรซ้ำตำแหน่งเดิม | ทุก ๆ 16 วัน |
| - ความกว้างของแนวถ่ายภาพ | 185 กิโลเมตร |
| - ระบบบันทึกภาพ 2 ชนิด คือ | Operation land Image (OLI) และ The Thermal Infrared Sensor (TIRS) |
| - รายละเอียดจุดภาพช่วงคลื่น | visible, NIR, SWIR 30 เมตร |
| | ช่วงคลื่น thermal 100 เมตร |
| | panchromatic 15 เมตร |

ประโยชน์ของภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 8

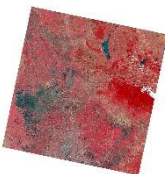
- การจัดทำแผนที่ scale ใหญ่
- การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

- การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่
- การวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ – Soil / vegetative analysis
- การศึกษาด้านธรณีวิทยา อาทิ น้ำมัน ก๊าซ เหมืองแร่ เป็นต้น
- การติดตามพื้นที่ด้านสิ่งแวดล้อม
- การวัดปริมาณน้ำ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง
- การวิเคราะห์หิมะและหิมะถาวร และหมอกควัน

ตาราง 3 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่นของดาวเทียม LANDSAT 8

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ช่วงคลื่น	ความละเอียดเชิง พื้นที่ (เมตร)
1	0.43 – 0.45	Coastal Aerosol	30
2	0.45 – 0.51	Blue	30
3	0.53 – 0.59	Green	30
4	0.64 – 0.67	Red	30
5	0.85 – 0.88	Near IR	30
6	1.57 – 1.65	SWIR 1	30
7	2.11 – 2.29	SWIR 2	30
8	0.50 – 0.68	Panchromatic	15
9	1.36 – 1.38	Cirrus	30
10	10.60 – 11.19	Thermal IR (TIRS 1)	100
11	11.50 – 12.51	Thermal IR (TIRS 2)	100

ตาราง 4 การผสมสีภาพดาวเทียม

พื้นที่	การผสมสี	LANDSAT 5	LANDSAT 8
	ภาพสีธรรมชาติ Natural Color	3, 2, 1	4, 3, 2
	ภาพผสมสีเท็จ มาตรฐาน Color Infrared	4, 3, 2	5, 4, 3
	ภาพผสมสีเท็จ False Color	5, 4, 3	6, 5, 4
	ภาพผสมสีเท็จ False Color	7, 5, 3	7, 6, 4
	ภาพผสมสีเท็จ False Color	7, 4, 2	7, 5, 3

ที่มา : GISTDA (2564) ข้อมูลลักษณะเฉพาะดาวเทียม LANDSAT 8

ดัชนีความสัมพันธ์

การศึกษาครั้งนี้ใช้ดัชนีความสัมพันธ์ ดังนี้

- ดัชนีพืชพรรณ (NDVI): ใช้ในพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม
- ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI): ใช้ในการหาความหนาแน่นของวัตถุก่อสร้าง
- ดัชนีความชื้นของน้ำ (NDWI): ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความชื้น

ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI)

ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) เป็นตัวบ่งชี้ที่อธิบายพื้นที่สีเขียว ความหนาแน่นสัมพันธ์และสุขภาพของพืช ในแต่ละองค์ประกอบภาพหรือพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียม แม้ว่าจะมีดัชนีพืชพรรณหลายชนิด แต่ดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือดัชนีพืชพรรณชนิด Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ค่า NDVI อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 การแสดงผลของ NDVI จะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่นั้น (กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์, 2561)

- พื้นที่ของหิน ทรายน หรือหิมะที่แห้งแล้งมักจะแสดงค่า NDVI ที่ต่ำมาก (เช่น -1.0 ถึง 0.29)
- พืชพรรณที่กระจัดกระจาย เช่น ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า หรือพืชผลอาจส่งผลให้มีค่า NDVI ปานกลาง (ประมาณ 0.3 ถึง 0.59)
- พืชพรรณที่หนาแน่นจะแสดงค่า NDVI สูง (ประมาณ 0.6 ถึง 1.0) เช่น ที่พบในป่าเขตอบอุ่นและเขตร้อน หรือพืชในระยะการเจริญเติบโตสูงสุด

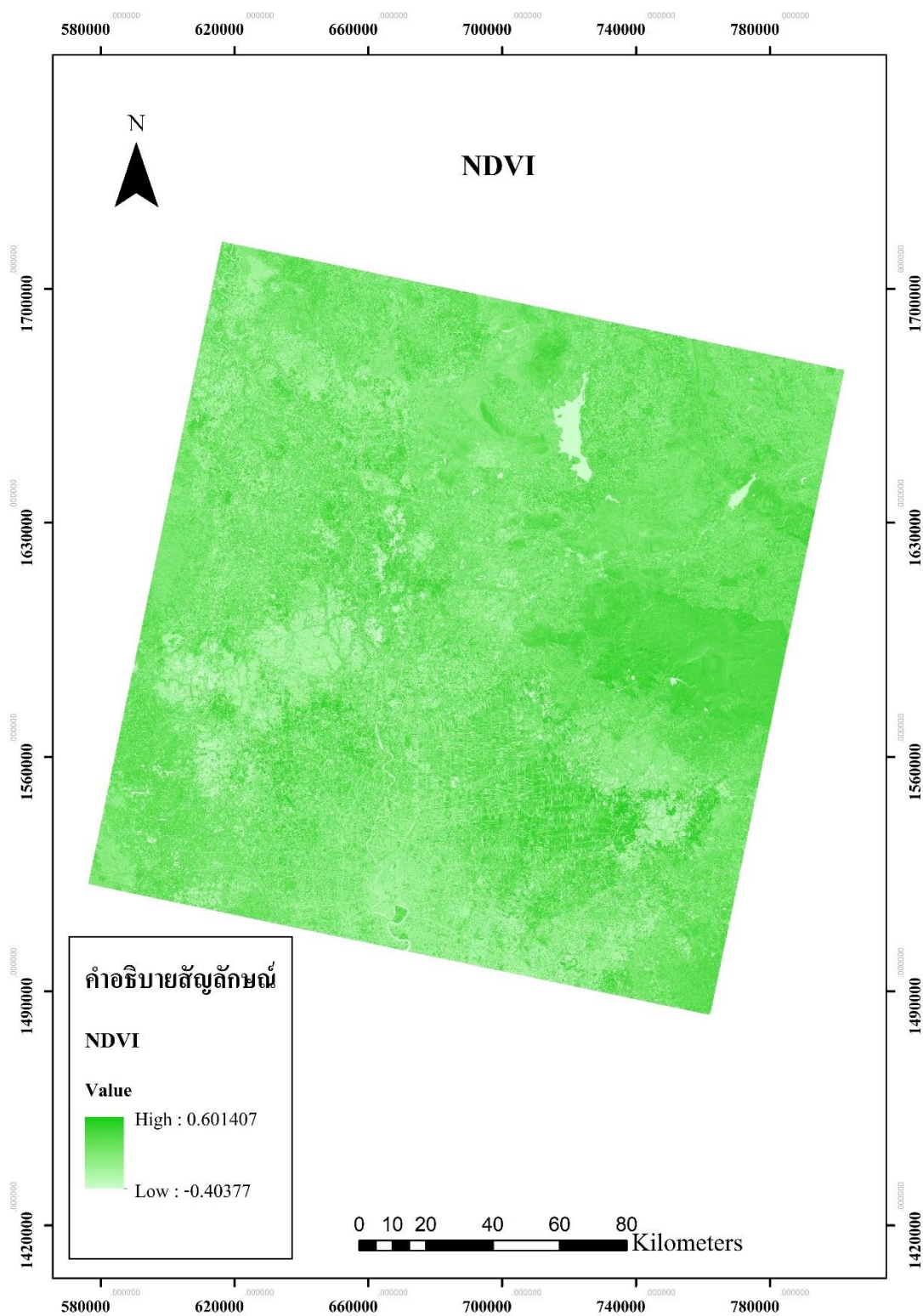
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

โดยที่

NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณ

NIR คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด

RED คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง



ภาพประกอบ 10 การวิเคราะห์ NDVI บริเวณที่มีสีเขียวเข้มคือมีพืชมาก

ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI)

ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวในเมืองและประเภทการใช้ที่ดินหรือ สิ่งปกคลุมดิน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจจับดาวเทียม โดยดูค่าการสะท้อนคลื่นของความหนาแน่นของวัตถุสิ่งก่อสร้าง ทั้งกลางคืนและกลางวัน กับอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา (กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์, 2561)

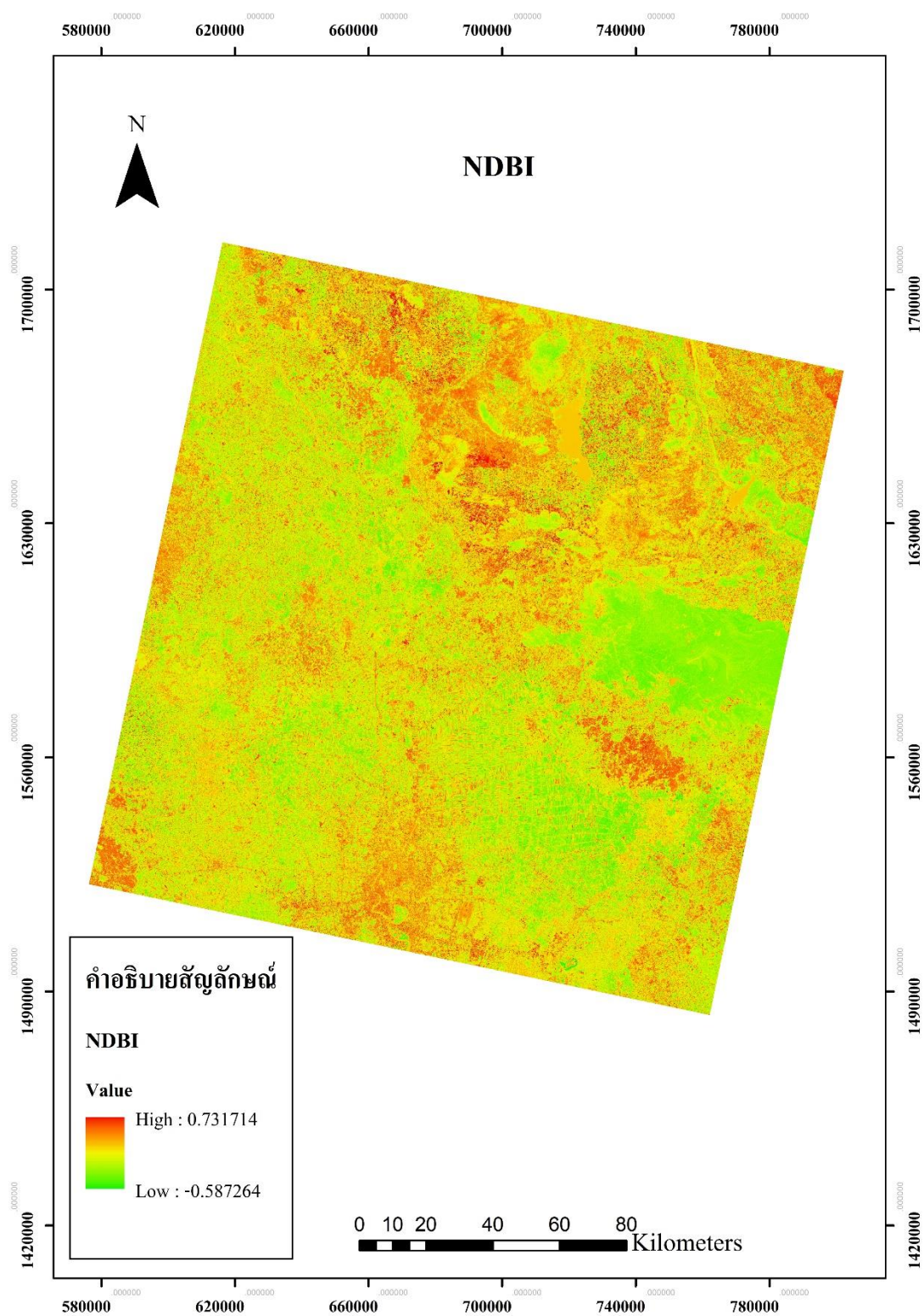
$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

โดยที่

NDBI คือ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

SWIR คือ การสะท้อนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

NIR คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด



ภาพประกอบ 11 การวิเคราะห์ NDBI บริเวณที่มีสีแดงเข้มคือมีสิ่งก่อสร้างที่หนาแน่น สีเขียวมี
ความหนาแน่นของเมืองน้อย

ดัชนีความชื้นของน้ำ (Normalized Difference Water Index : NDWI)

ดัชนีความชื้น (Normalized Difference Water Index : NDWI) เป็นการวิเคราะห์ระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ จากปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากดินหรือพืชพรรณในแถบความถี่อินฟราเรดใกล้ (NIR) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) หากมีปริมาณน้ำในดินหรือพืชพรรณมาก จะทำให้รังสีในช่วง SWIR ถูกดูดซับมากและมีการสะท้อนรังสีออกมาน้อยลง ส่งผลให้ดัชนี NDWI ที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย (กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์, 2561)

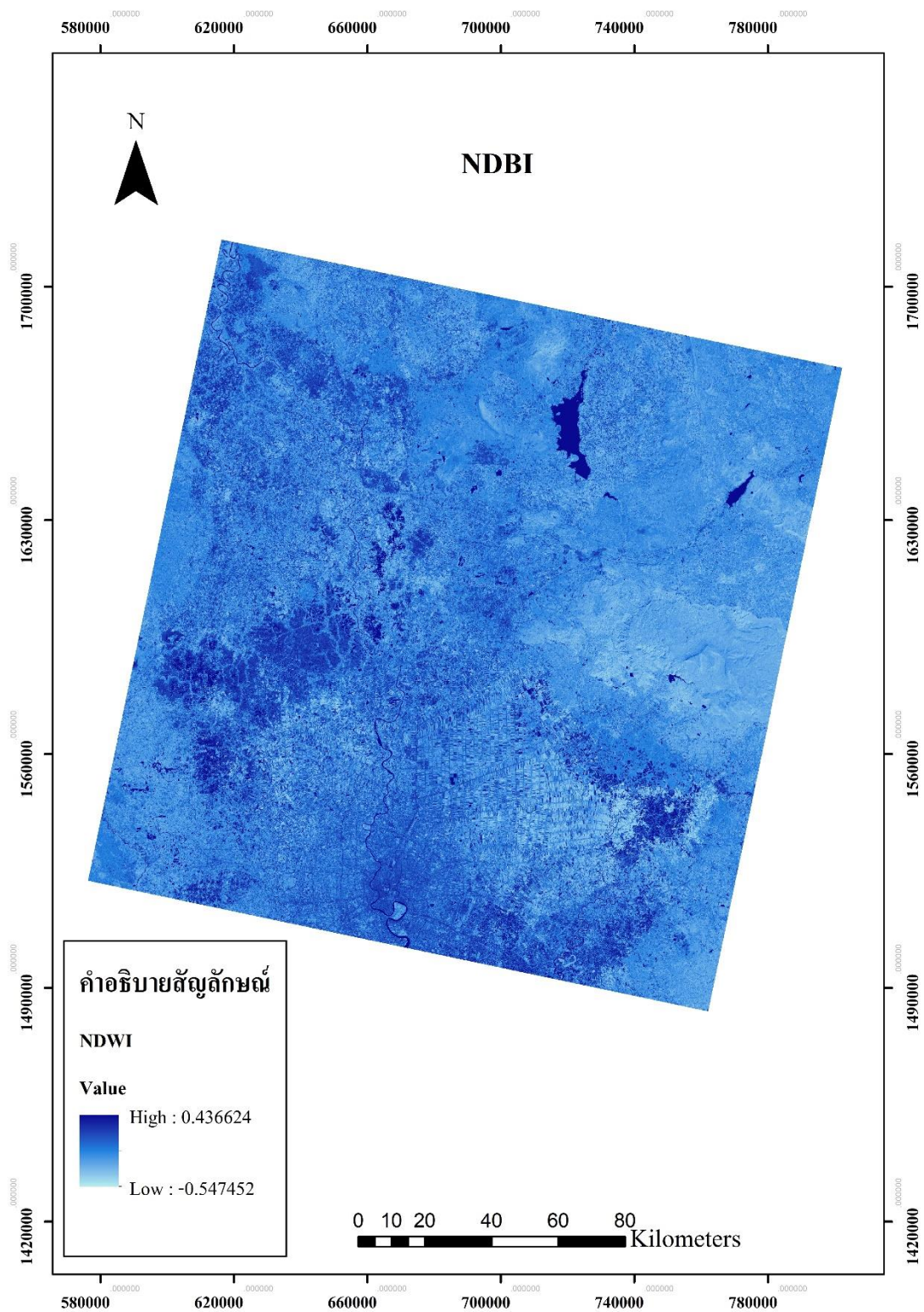
$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

โดยที่

NDWI คือ ดัชนีความชื้น

NIR คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

GREEN คือ การสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียว



ภาพประกอบ 12 การวิเคราะห์ NDWI บริเวณที่มีสีน้ำเงินเข้มคือมีความชื้นมาก

เหตุผลที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI เนื่องจากดัชนีทั้ง 3 ตัวช่วยในการจำแนกข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจากหลายงานวิจัย พบว่ามีการใช้ดัชนีในการช่วยในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงได้ลองศึกษาและสนใจที่อยากจะลองใช้ดัชนีในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการศึกษาพบว่าดัชนี NDVI เป็นดัชนีที่สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้หลายประเภท โดยจะเน้นที่พื้นที่ที่มีพืชพรรณ ดัชนี NDBI สามารถจำแนกพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างได้ และดัชนี NDWI สามารถจำแนกความชื้นในดินหรือพืชพรรณ ทำให้สามารถจำแนกพื้นที่น้ำได้ การใช้ดัชนีมาทำพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ช่วยทำให้สามารถหาพื้นที่ที่ต้องการได้ แต่มีข้อจำกัดในการประมวลผลของข้อมูล เนื่องจากมีปริมาณของข้อมูลที่มาก จึงทำให้ต้องมีการตัดข้อมูลบางส่วนออก (Hussain, 2018; Kolios & Stylios, 2013; Mi et al., 2019; Zaidi et al., 2017; เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย, สิทธา ยอดเจริญ, และ ยุทธนา พันธุ์มิลศิลป์, 2561; กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์ และคนอื่น ๆ; 2562; ศิริธร ทองคำ, 2563; ศุภกานต์ ธิเตจ๊ะ, สุนทร คำยอง, อัมรินทร์ บุญตัน, พันธุ์พ หัตถโกศล, และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร, 2563; ศุภรัตน์ นวลเกต, 2563; หทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ และ พัทธนี ไตรยวงศ์, 2561)

การตรวจสอบข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจะอาศัยตารางตรวจสอบความถูกต้อง (Error Matrix) โดยเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบประเภทต่อประเภท ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบเป็นข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้มาจากการจำแนกในจุดพิกัดเดียวกัน โดยแนวตั้งของตารางเป็นข้อมูลอ้างอิงที่ถูกต้อง ส่วนแนวนอนของตารางเป็นข้อมูลผลการจำแนกข้อมูลที่มีการตรวจสอบว่าถูกต้องแล้ว โดยค่าความถูกต้องที่สำคัญ ประกอบด้วย

- ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรจำแนกขาดหายไป (Producer's Accuracy)
- ความผิดพลาดของข้อมูลทำการจำแนกเกินมา (User's Accuracy)
- ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)
- ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

ตาราง 5 ความคลาดเคลื่อนสำหรับประเมินความถูกต้อง

Ground reference Test information						
Remote Sensing Classification	Class	1	2	3	k	n_{i+}
	1	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$n_{1,3}$	$n_{1,k}$	n_{1+}
	2	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$n_{2,3}$	$n_{2,k}$	n_{2+}
	3	$n_{3,1}$	$n_{3,2}$	$n_{3,3}$	$n_{3,k}$	n_{3+}
	k	$n_{k,1}$	$n_{k,2}$	$n_{k,3}$	$n_{k,k}$	n_{k+}
	n_{+j}	n_{+1}	n_{+2}	n_{+3}	n_{+k}	n

เมื่อ	i, j	แทนดัชนีชั้นข้อมูลในแถวและคอลัมน์ตามลำดับ
	k	แทนจำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด
	n_{ij}	แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i โดยข้อมูลอ้างอิงเป็นชั้นข้อมูลที่ j
	n_{ii}	แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกตรงกับข้อมูลอ้างอิงที่ i
	n_{i+}	แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i ทั้งหมด
	n_{+j}	แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลอ้างอิงในชั้นข้อมูลที่ j
	n	แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (Producer's Accuracy)

เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการไม่จัดเข้ากลุ่มหรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป ซึ่งพิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน หารด้วยจำนวนจุดตัวอย่างรวมที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง (มองในแนวคอลัมน์) โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{\text{จำนวนจุดทดสอบที่ถูกจำแนกเป็นประเภทอื่น} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบประเภทนั้นที่ตรงกับความจริงทั้งหมด}}$$

ความผิดพลาดของข้อมูลทำการจำแนกเกินมา (User's Accuracy)

เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการจัดเข้ากลุ่ม หรือความผิดพลาดของข้อมูลทำการจำแนกเกินมามีข้อมูลเท็จปะปนอยู่ พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดที่ได้จากการจำแนกจริง (มองในแนวแถว) โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{User's Accuracy} = \frac{\text{จำนวนจุดรวมที่ถูกต้องของการจำแนกในแต่ละประเภท} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบประเภทนั้นที่ตรงกับความจริงทั้งหมด}}$$

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

อัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องจำแนกได้ถูกต้อง (ปรากฏตามแนวแยงของตารางหลัก) ต่อผลรวมจำนวนจุดภาพที่นำมาจำแนกประเภทและคำนวณออกมาเป็นร้อยละมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\text{ผลรวมจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ตรงกัน} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ใช้เป็นตัวอย่งตรวจสอบ}}$$

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

เป็นการอธิบายสัดส่วนของความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูล กับค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจริง โดยคำนึงถึงความบังเอิญที่อาจเกิดขึ้น (Chance Agreement) เพื่อสะท้อนความถูกต้องแท้จริงของการจำแนกประเภทชุดข้อมูล

$$\hat{K}_i = \frac{N(X_{ii}) - N(X_{i+} * X_{+i})}{N^2(X_{i+}) - N(X_{i+} * X_{+i})}$$

เมื่อ X_{ii} คือ จำนวนในแนวเฉียงของแถว i และคอลัมน์ i
 X_{i+} คือ จำนวนรวมในแถว i

X_{+i}	คือ	จำนวนรวมในคอลัมน์ i
N	คือ	จำนวนรวมทั้งหมด

เทคนิคการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างควรเลือกตัวอย่างที่มีความหลากหลายและไม่เอียงไปทางใดทางหนึ่ง เพื่อให้ได้ตัวแทนของพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง โดยอย่างน้อยต้องเลือก 30-40 ตัวอย่าง (หรือส่วนใหญ่ใช้ประมาณ 10 เท่าของจำนวน Band) เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ ในแต่ละตัวอย่างจะต้องประกอบด้วยอย่างน้อย 3x3 จุดภาพ (อิติมา กัญจนพฤษ, 2551; พงศ์พัฒน์ อิศรกุล, 2548; ลักษณี พูลภักตร์, 2552)

การกำหนดจุดตรวจสอบภาคพื้นดิน

วิธีการกำหนดจุดตรวจสอบภาคพื้นดินที่นิยมใช้ ประกอบด้วย

1. การกำหนดจุดแบบสุ่ม (Simple random Sampling)

เป็นการกำหนดจุดตรวจสอบโดยการสุ่ม โดยทุกพื้นที่จะมีโอกาสในการสุ่มเท่า ๆ กัน เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ที่มีเนื้อเดียวกัน

ข้อดี: ไม่มีการลำเอียงของข้อมูล

ข้อเสีย: อาจมีการพลาดพื้นที่ที่มีความสำคัญ

2. การกำหนดจุดแบบสุ่มเป็นระบบ (Systematic random Sampling)

เป็นการกำหนดจุดตรวจสอบตามช่วงระยะห่างที่เท่ากัน เช่น ทุก ๆ 500 เมตร หรือทุก ๆ 5 พิกัดในกริด เหมาะกับงานแผนที่หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการแบ่งกริดไว้แล้ว

ข้อดี: สามารถควบคุมการกำหนดจุดตรวจสอบ และมีการกระจายทั่วถึง

ข้อเสีย: อาจไม่ครอบคลุมจุดที่มีลักษณะเฉพาะ

3. การกำหนดจุดแบบแบบชั้นภูมิ (Stratified random Sampling)

เป็นการกำหนดจุดตรวจสอบโดยแบ่งพื้นที่เป็นชั้น เช่น ตามประเภทการใช้ที่ดิน หรือ ภูมิประเทศ แล้วสุ่มจุดตรวจสอบในแต่ละชั้น

ข้อดี: ได้ข้อมูลตัวแทนจากแต่ละพื้นที่

ข้อเสีย: เป็นการกำหนดจุดตรวจสอบที่มีความซับซ้อนกว่าวิธีทั่วไป

4. การกำหนดจุดแบบหลายขั้นตอน (Multistage Sampling)

เป็นการกำหนดจุดตรวจสอบที่มีขั้นตอนการสุ่มตั้งแต่ 2 ขึ้นไป โดยในแต่ละขั้นตอนต้องเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม ทำให้มีวิธีที่หลากหลายจากการผสมของวิธีการสุ่ม

ข้อดี: สร้างกรอบตัวอย่างที่สมบูรณ์ และมีความทันสมัย เหมาะกับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่

ข้อเสีย: ความยุ่งยากในการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

5. การกำหนดจุดแบบใช้กริด (Grid-Based Sampling)

เป็นการสร้างกริดคลุมพื้นที่ศึกษา เช่น 1x1 กม. หรือ 5x5 กม. แล้วกำหนดจุดตรวจในแต่ละเซลล์กริด โดยอาจกำหนดจุดตรวจสอบที่ศูนย์กลางของเซลล์กริด หรือสุ่มในเซลล์กริด เหมาะกับการตรวจสอบข้อมูลเชิงพื้นที่แบบสม่ำเสมอ และเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทางภูมิศาสตร์ โดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ระยะไกล หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริธร ทองคำ (2563) ศึกษาเรื่อง “การใช้เทคนิค NDVI กับ NDBI ในการติดตามการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรณีศึกษา อำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง” เป็นการใช้ดัชนี NDVI กับ NDBI ในการติดตามการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพ (NDVI, NDBI) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ เริ่มเพาะปลูก, เจริญเติบโต และเก็บเกี่ยว ระหว่างปี พ.ศ.2562 และปี พ.ศ.2563 กับการใช้ประโยชน์พื้นที่อื่น ผลจากการศึกษาพบว่าทั้งดัชนี NDVI และ NDBI เมื่อใช้กับการใช้ประโยชน์พื้นที่อื่น ระหว่างปี พ.ศ.2562 และ ปี พ.ศ. 2563 ในช่วงเพาะปลูก, เจริญเติบโต และเก็บเกี่ยว ทุกประเภทมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในทุกช่วงเวลา

ทิพวรรณ อิมเอิบ (2564) ศึกษาเรื่อง “ศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณขั้นสูง NDVI, SAVI และ RVI ที่มีศักยภาพในการติดตามการเกษตรไม้ผล กรณีศึกษาสวนส้มในเขตอำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง” เป็นการใช้ดัชนี NDVI, SAVI และ RVI เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันว่าเทคนิคไหนมีศักยภาพในการติดตามการเพาะปลูกส้มมากกว่ากัน โดยใช้ ภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2 ผลจากการศึกษาการนำค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI), ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) และ ดัชนีอัตราส่วนพืชพรรณ (RVI) มาใช้ในการติดตามการเจริญเติบโตของส้ม (ส้ม) มาเปรียบเทียบกันโดยการคำนวณทางสถิติด้วยวิธี ANOVA : Two-Factor Without Replication พบว่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 แบบ สามารถนำมาติดตามการเจริญเติบโตของส้มได้ แต่ในสภาพมีความแห้งแล้งตามฤดูกาล ซึ่ง

ความแห้งแล้งในฤดูกาลเพาะปลูกนี้ไม่ได้ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของพืชมากนัก จึงทำให้ค่าในดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 แบบ มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ และ พชนี ไตรยวงศ์ (2561) ศึกษาเรื่อง “ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ดัชนีความชื้นของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา” มีการใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI), ดัชนีความชื้น (NDWI) และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) และการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในระหว่างปี พ.ศ. 2545 - พ.ศ. 2559 และหาความสัมพันธ์ของดัชนีทั้ง 3 กับการจำแนกแบบกำกับดูแล ผลจากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่างค่าดัชนีทั้ง 3 ตัว

กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์ และคนอื่น ๆ (2562) ศึกษาเรื่อง “การหาดัชนีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองไมซ์พัตยา” เป็นการใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) และดัชนีความชื้น (NDWI) และการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิว จากผลการศึกษาพบว่าบริเวณตัวเมืองที่มีความหนาแน่นจะพบว่ามีค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าพื้นที่อื่น พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงจะส่งผลต่อค่าดัชนีพืชพรรณที่ลดลง ค่าดัชนีสิ่งก่อสร้างที่มากขึ้น และค่าดัชนีความชื้นที่ลดลง

กุลธิดา ธรรมรัตน์, แสงดาว นพพิทักษ์, และ ธีรรัตน์ จีระมะกร (2560) ศึกษาเรื่อง “การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่ อำเภอโนนดินแดง จังหวัดบุรีรัมย์” โดยมีการใช้ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดินป่า จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ผลจากการศึกษา พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ 143,561 ไร่ พื้นที่โล่ง 41,297 ไร่ พื้นที่ชุมชนและเกษตรกรรม 9,624 ไร่ และพื้นที่แหล่งน้ำ 311,004 ไร่ รวมถึงมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อปลูกยางพาราเป็นพืชหลักและปลูก มันสำปะหลังเป็นพืชรอง

วิภาวินี คำน้อย และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร (2565) ศึกษาเรื่อง “การคำนวณหาค่า NDVI, SAVI และ NDMI จากภาพถ่ายจากดาวเทียมประกอบการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร” มีการใช้ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI), ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) และดัชนีผลต่างของความชื้น (NDMI) ประกอบกับการใช้สถิติในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ย, การประมาณค่าช่วง, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์แบบจำลองเชิงเส้น เพื่อการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสม ผลจากการศึกษาพบว่า การประเมินผลผลิต

ข้าว นาปีด้วยข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8-OLI มีแบบจำลองที่เหมาะสม 2 แบบจำลอง ซึ่งมีความถูกต้องร้อยละ 93 และร้อยละ 94 ตามลำดับ จากการประเมินผลผลิตข้าวนาปีและมีผลผลิตข้าวนาปี จากแบบจำลองพยากรณ์ ผลผลิตที่ 1 ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้นจำนวน 2,838,667.44 กิโลกรัม จากแบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตที่ 2 ได้ผลผลิต รวมทั้งสิ้นจำนวน 2,838,667.52 กิโลกรัม โดยคำนวณจากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดประมาณ 4,659 ไร่ มีค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) อยู่ที่ 0.188341 และ 0.176023 ตามลำดับ

ชัชมาศ อนงค์ ไชย (2561) ศึกษาเรื่อง “การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 8 เพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์” เป็นการใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน กับ วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการหาปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ มีการคำนวณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ผลจากการศึกษาพบว่าทั้ง 2 วิธีที่ใช้ในการจำแนกมีความถูกต้องของข้อมูลที่สูงพอที่จะนำมาใช้ แต่วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจะมีความถูกต้องของข้อมูลที่สูงกว่าวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ในส่วนการใช้น้ำในพื้นที่พบว่าการที่ใช้น้ำจากมากสุดไปน้อยสุดจะเป็นจะเป็น นาข้าว, พืชไร่, ไม้ผล/ไม้ยืนต้น, อุปโภคบริโภค, อุตสาหกรรม และ อื่น ๆ ตามลำดับ

กฤษฎาณ อินทรัตน์ (2565) ศึกษาเรื่อง “การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดนครนายก ด้วย อัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องและภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2” เป็นการใช้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย อัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่อง (Machine learning) โดยใช้ 5 ชนิด ประกอบด้วยข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) ต้นไม้การตัดสินใจ (Decision tree) ป่าสุ่ม (Random Forest), ความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) มาใช้เป็นตัวจำแนกร่วมกับภาพถ่ายจาก ดาวเทียม Sentinel-2 ด้วยวิธีการจำแนกเชิงจุดภาพ ผลจากการศึกษาพบว่าถ้าเรียงค่าความถูกต้องจากมากไปน้อย จะได้ ป่าสุ่ม (Random Forest), ต้นไม้การตัดสินใจ (Decision tree), ข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network), ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) และ ความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood)

จิรวัดณ์ จันทองพูน และคนอื่น ๆ (2565) ศึกษาเรื่อง “การศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยวิธี Random Forest กรณีศึกษาอำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา” เป็นการศึกษาลักษณะการขยายตัวของเมือง ด้วยวิธี Random Forest และอนุกรมเวลา โดยใช้ภาพ LANDSAT 8 และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการลงสำรวจภาคสนามร่วมกับ Google Earth Pro มี

การใช้ค่าดัชนี NDVI, NDWI และ NDBI ในการทำพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ผลจากการศึกษาพบว่าชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้น เท่ากับ 10.218 ตร.กม. หรือร้อยละ 27.80 ของพื้นที่ทั้งหมด

ปริยานุช ไสภา (2562) ศึกษาเรื่อง “การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล” เป็นการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวเมื่อเทียบกับดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index: EVI) และดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index) ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ระหว่างปี พ.ศ. 2557 – 2561 โดยใช้ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 ผลจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ในขณะที่อุณหภูมิพื้นผิวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้าง

Sahebjalal and Dashtekian (2013) ศึกษาเรื่อง “Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods” เป็นการเปรียบเทียบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสองวิธีประกอบด้วย 1) วิธีการสร้างความแตกต่าง NDVI 2) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification) โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ดัชนี (NDVI Differencing) จะเหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพื้นที่เกษตรกรรมที่ชัดเจน ส่วนวิธีการจำแนกประเภทแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) จะเหมาะสำหรับการแยกเขตเมือง, พื้นที่เปล่า, ดินเค็ม (หรือดินเหนียวเค็ม) และพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ ถนนในพื้นที่ศึกษายังสามารถแยกแยะได้ในระหว่างกระบวนการจำแนกประเภทด้วย

Szabo, Gácsi, and Balazs (2016) ศึกษาเรื่อง “Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories” เป็นการใช้ดัชนี 3 ตัว จากลักษณะของประเภทสิ่งปกคลุมดิน ประกอบด้วย ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ดัชนีความชื้น (Normalized Difference Water Index (NDWI)) และการปรับเปลี่ยนดัชนีน้ำส่วนต่างมาตรฐาน (Modified of Normalized Difference Water Index (MNDWI)) จากลักษณะของประเภทสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ แหล่งน้ำ, ดินไถ, ป่า, ไร่, ทุ่ง, หญ้า, และพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง โดยใช้ภาพ LANDSAT ผลจากการศึกษาพบว่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (NDWI, MNDWI) มีประสิทธิภาพมากกว่าในการปรับปรุงคุณลักษณะของน้ำ แต่ค่าของหมวดหมู่อื่น ๆ อยู่

ในช่วงที่แคบกว่า ดัชนีเหล่านี้ พบความสัมพันธ์ที่อ่อนแอเนื่องจากความแตกต่างที่เกิดจากชั้นสิ่งปกคลุมผิวน้ำ ตามสถิติแล้ว ประเภทสิ่งปกคลุมดิน ส่วนใหญ่แตกต่างกัน แต่ในหลายกรณีก็ยังพบความคล้ายคลึงกันเมื่อจำแนกพืชพรรณที่มีปริมาณน้ำต่างกัน ทั้งนี้ พบว่า MNDWI มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเน้นแหล่งน้ำ

Kongwongjan, Suwanprasit, and Thongchumnum (2012) ศึกษาเรื่อง “Comparison of vegetation indices for mangrove mapping using THEOS data” เป็นการเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณที่แตกต่างกัน 5 ดัชนี ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Simple Ratio (SR), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Perpendicular Vegetation Index (PVI) และ Triangular Vegetation Index (TVI) เพื่อค้นหาดัชนีที่เหมาะสมสำหรับระบุพื้นที่ป่าชายเลนในตำบลป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย โดยใช้ ข้อมูลภาพถ่าย THEOS ที่มีความละเอียด 15 เมตรจากปี 2010 ถูกลำมาใช้ ใช้เครื่องจำแนกความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ผลจากการศึกษาพบว่าความแม่นยำที่ดีที่สุด (96.78%) มาจากการผสมผสานระหว่างแถบสเปกตรัมของ THEOS 4 แถบและดัชนีพืชพรรณบางชนิด รวมถึง NDVI, SR และ SAVI

Ustuner et al. (2014) ศึกษาเรื่อง “Crop type classification using vegetation indices of rapideye imagery” เป็นการใช้ดัชนีพืชพรรณที่แตกต่างกันสามดัชนีของภาพ RapidEye ต่อการจำแนกประเภทพืชผล เพื่อหาความแตกต่างของความถูกต้องและแม่นยำในการจำแนกประเภท ดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference Vegetation Index (NDVI)), ดัชนีพืชพรรณความแตกต่างที่เป็นค่ามาตรฐานสีเขียว (Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)) และดัชนีค่าพืชพรรณความแตกต่างที่เป็นค่ามาตรฐาน (Normalized Difference Red Edge Index (NDRE)) ผลจากการศึกษาพบว่าดัชนีค่า พืชพรรณความแตกต่างที่เป็นค่ามาตรฐาน มีความแม่นยำในการจำแนกประเภทสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีพืชพรรณอื่นๆ

Adelabu, Mutanga, and Adam (2014) ศึกษาเรื่อง “Evaluating supervised and unsupervised techniques for land cover mapping using remote sensing data” เป็นการเปรียบเทียบการจำแนก ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีแบบมีผู้ดูแลและแบบไม่มีผู้ดูแลในข้อมูลการสำรวจระยะไกล โดยแบ่งประเภทของสิ่งปก คลุมดินสำหรับพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ พืชพรรณ, เขตเมือง, แหล่งน้ำ, ทุ่งหญ้า และที่ดินแห้งแล้ง ผลจากการศึกษาพบว่าความแม่นยำโดยรวมของการจำแนกประเภทภายใต้การดูแลคือ 90.28% โดยสถิติแคปปา เท่ากับ 0.86 ในขณะที่

ที่ผลการจำแนกประเภทแบบไม่มีผู้ดูแลมีความแม่นยำ 80.56% โดยมีสถิติแคปปา 0.73 ทำให้สรุปได้ว่าวิธีการจำแนกประเภทแบบมีผู้ดูแลมีความแม่นยำมากกว่าการจำแนกแบบไม่มีผู้ดูแล

Cavur, Duzgun, Kemec, and Demirkan (2019) ศึกษาเรื่อง “Land use and land cover classification of Sentinel 2-A: St Petersburg case study” เป็นการถ่ายภาพจากดาวเทียม Sentinel-2A ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines - SVM) ร่วมกับดัชนีพืชพรรณ และดัชนีความชื้น ผลจากการศึกษาพบว่าความแม่นยำในการจำแนกประเภทโดยรวม 83,64% โดยมีค่าแคปปา (Kappa Statistic) 0.802

Awad, Khanna, Awad, and Khanna (2015) ศึกษาเรื่อง “Support vector machines for classification” เป็นการศึกษา Machine Learning โดยมีการพูดถึงอัลกอริทึมที่เป็นที่นิยมประกอบด้วย C4.5, k-means, SVM, Apriori, Estimation Maximization (EM), PageRank, AdaBoost, k-Nearest Neighbors (k-NN), Naive Bayes, and Classification and Regression Trees (CARTs) โดยมีการระบุว่า ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines : SVM) เป็นวิธีการเรียนรู้แบบมีผู้ดูแล (supervised learning) ซึ่งใช้เป็นหลักในการจำแนกประเภท การวิเคราะห์การถดถอย และการตรวจจับสิ่งใหม่ เมื่อได้รับชุดข้อมูลแบบสองคลาส SVM จะสร้างแบบจำลองหรือฟังก์ชันการจำแนกประเภทที่กำหนดการสังเกตใหม่ให้กับหนึ่งในสองคลาสที่อยู่คนละด้านของ ไฮเปอร์เพลน (Hyperplane) ทำให้มันเป็นตัวแยกประเภทเชิงเส้นไบนารี (binary linear classifier) ที่ไม่น่าจะเป็นไปได้ โมเดล SVM จับคู่การสังเกตเป็นจุดต่างๆ พื้นที่ดังกล่าวจะถูกจำแนกออกเป็นพาร์ติชันแยกต่างหากซึ่งหารด้วยระยะทางที่ใหญ่ที่สุดไปยังจุดข้อมูลการสังเกตที่ใกล้ที่สุดของคลาสใด ๆ (ระยะขอบการทำงาน) การสังเกตใหม่จะถูกคาดการณ์ว่าอยู่ในคลาสโดยพิจารณาจากด้านใดของพาร์ติชันที่ตกหล่น เวกเตอร์สนับสนุนคือจุดข้อมูลที่อยู่ใกล้กับไฮเปอร์เพลนมากที่สุดซึ่งแบ่งคลาสต่าง ๆ

Kumar and Mukherjee (2023) ศึกษาเรื่อง “Impact of Climate Change and Catastrophic Events on Forest Cover of Middle Andaman Using Remote Sensing, GIS and Support Vector Machines” เป็นการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines : SVM) ร่วมกับดัชนีพืชพรรณ, ดัชนีความชื้น และดัชนีสิ่งก่อสร้าง ถูกนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่สีเขียว, พื้นที่น้ำ และพื้นที่เมือง ผลจากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของพื้นที่ป่ามีผลต่ออุณหภูมิ ป่าเปิดมีความผันผวนสูงสุดในขณะที่พบการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในป่าดิบ การวิเคราะห์ลักษณะสเปกตรัมโดยใช้ดัชนีไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ ยกเว้นในปี พ.ศ. 2548

เนื่องจากสึนามิเกิดขึ้นในปีดังกล่าว อุณหภูมิพื้นผิวดินมีความผันผวนเกือบ 30°C ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2562

Meyer and Wien (2001) ศึกษาเรื่อง “Support vector machines” ได้มีการกล่าวถึงซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines : SVM) เป็นเครื่องมือในการจำแนกประเภทของข้อมูล โดยหากจำแนกประเภทหนึ่งคลาสจะสามารถตรวจจับค่าผิดปกติหรือสิ่งแปลกใหม่ได้ ส่วนจำแนกประเภทหลายคลาส SVM สามารถจำแนกประเภทได้หลายคลาส จะใช้วิธีแบบหนึ่งต่อหนึ่งโดยการปรับคลาสซิฟายเออร์ย่อยแบบไบนารีทั้งหมดให้เหมาะสม และค้นหาคลาสที่ถูกต้องด้วยกลไกการลงคะแนน

Rimal et al. (2020) ศึกษาเรื่อง “Comparing support vector machines and maximum likelihood classifiers for mapping of urbanization” เป็นการเปรียบเทียบของวิธี Maximum Likelihood Classifier กับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ที่นำมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลจากการศึกษาพบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) มีค่าความถูกต้องของข้อมูลที่สูงกว่า

จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ดัชนี ที่จะนำมาอธิบายการหาพื้นที่ที่ต้องการ ที่ต้องการและการเปลี่ยนแปลงอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นการใช้ดัชนีในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงจะต้องใช้ให้เหมาะกับงานที่ต้องการ เช่น ดัชนีพืชพรรณที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพืช ที่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับฤดูกาลการทำเกษตร ดัชนีสิ่งก่อสร้าง (NDBI) คือ ดัชนีที่วิเคราะห์หาความหนาแน่นของสิ่งก่อสร้าง ดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) ใช้วิเคราะห์ระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ เป็นต้น ทางผู้ศึกษาได้เลือกงานวิจัยเรื่อง “Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI)” ของ Sahebjalal and Dashtekian (2013) ที่เป็นการใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดร่วมกับดัชนี NDVI “การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเน้นภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพและปริมณฑล” ของ (ปริยานุช โสภา, 2562) ที่มีการใช้ดัชนี NDVI และ NDBI และ “Land use and land cover classification of Sentinel 2-A: St Petersburg case study” ของ Cavour et al. (2019) ที่มีการใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ร่วมกับดัชนี NDVI และ NDWI ที่ทั้ง 3 งานวิจัยที่กล่าวมา

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

งานวิจัยนี้มีการใช้ดัชนีในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่าย LANDSAT 8 โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

- 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.3 การเตรียมข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 3.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์
- 3.1.2 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcMap V.10.8.2)
- 3.1.3 เว็บไซต์โหลดภาพถ่ายจากดาวเทียม Earth Explorer
- 3.1.4 โปรแกรม ENVI 5.3
- 3.1.5 โปรแกรม Google Earth Pro ในการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

- รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการศึกษา
- ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาจังหวัดปทุมธานี เนื่องจากจังหวัดปทุมธานีมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรที่มากที่สุด หากเทียบกับเขตปริมณฑลด้วยกันแล้ว ในช่วงปี พ.ศ.2556 - พ.ศ.2565 อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร จังหวัดปทุมธานี, จังหวัดนนทบุรี, จังหวัดสมุทรสาคร, จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดนครปฐม ที่ร้อยละ 23.37, 16.84, 15.37, 13.59 และ 7.79 ตามลำดับ แต่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่น้อย และจังหวัดปทุมธานีเป็นอยู่ใกล้กับกรุงเทพมหานคร ทำให้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจังหวัดปทุมธานีมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศอย่างต่อเนื่อง เพื่อเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย การส่งเสริมเศรษฐกิจ การพัฒนาเมือง และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้

ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากจังหวัดปทุมธานีมีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญที่สุด คือแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงลำคลองธรรมชาติและคลองชลประทานมากมาย ทำให้มีการทำเกษตรกรรมที่มาก ส่งผลต่อการเติบโตของเศรษฐกิจ

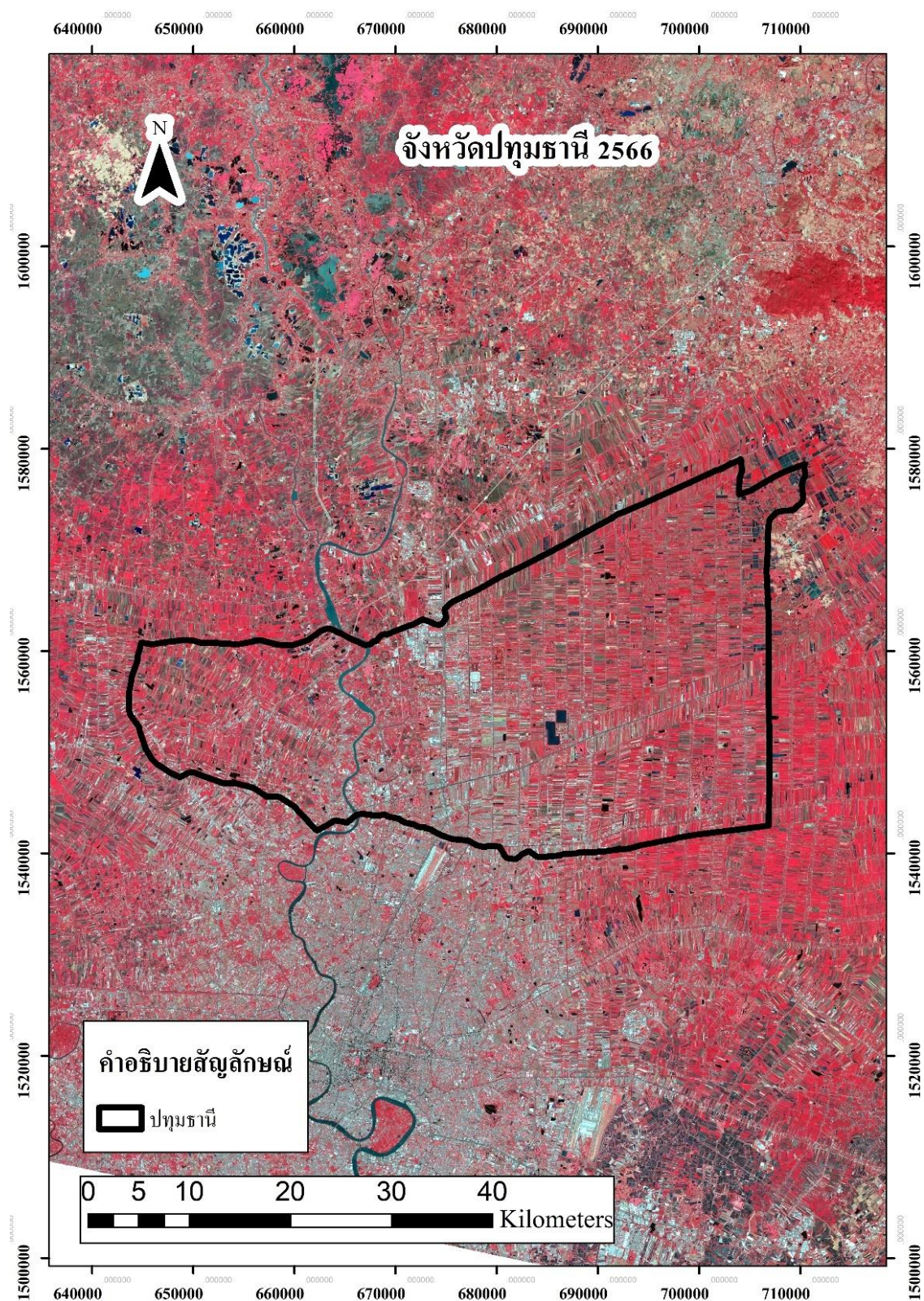
- งานวิจัยนี้ได้มีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี โดยคัดเลือกภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 จากเว็บไซต์สำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Geological Survey : USGS) ที่สามารถเข้าถึงง่ายและสามารถโหลดภาพถ่ายดาวเทียม โดยเลือกปี พ.ศ.2566 ที่มีเมฆปกคลุมน้อยที่สุด บริเวณที่เลือกต้องครอบคลุมจังหวัดปทุมธานี (Path 129, Row 050) โดยเลือกใช้ข้อมูลในแถบความถี่ที่ 1-7 และนำมาผสมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบสีเท็จ (False Color) แถบความถี่ 5-4-3 (NIR-Red-Green) ทำให้พืชพรรณปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมเป็นสีแดงเข้ม ช่วยในการแยกแยะพื้นที่เกษตรกรรมได้ง่ายขึ้น เพื่อให้มีความสะดวกต่อการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.3 การเตรียมข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล

- ทำการโหลดภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 8 จาก USGS ที่ <https://earthexplorer.usgs.gov/> โดยค้นหาพื้นที่จังหวัดปทุมธานี (Path 129, Row 050) ที่มีการปกคลุมของเมฆให้น้อยที่สุด ปี พ.ศ.2666 ใช้แบนด์ที่ 1-7

- ในการเตรียมภาพให้สามารถนำไปใช้งานได้จะต้องทำการผสมแบนด์ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Composite Band) โดยจะใช้การผสมแบบสีธรรมชาติ และสีเท็จ ตามวิธีการที่แสดงในตาราง 4

- ตัดขอบเขตพื้นที่ เฉพาะจังหวัดปทุมธานี



ภาพประกอบ 13 พื้นที่ศึกษาในปี พ.ศ. 2566 เป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ทำการผสมสีเท็จ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ขั้นตอนการทำพื้นที่ตัวอย่างด้วยดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI

- นำแบนด์ภาพถ่ายจากดาวเทียม มาผสมเพื่อทำดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI โดยวิธีการผสมแบนด์ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ในแต่ละดัชนี มีดังนี้

$$NDVI = \frac{\text{Band 5} - \text{Band 4}}{\text{Band 5} + \text{Band 4}}$$

$$NDBI = \frac{\text{Band 6} - \text{Band 5}}{\text{Band 6} + \text{Band 5}}$$

$$NDWI = \frac{\text{Band 3} - \text{Band 5}}{\text{Band 3} + \text{Band 5}}$$

- ตัดขอบเขตพื้นที่ เฉพาะจังหวัดปทุมธานี
- จัดหมวดหมู่ของข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละดัชนี
- เลือกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละดัชนี โดย NDVI ใช้พื้นที่เกษตรและพื้นที่รกร้าง, NDBI ใช้พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ NDWI ใช้พื้นที่น้ำ
- ตัดข้อมูลบางส่วนออก โดยเลือกข้อมูลพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ และมีความชัดเจน ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำพื้นที่ตัวอย่าง (Training area)

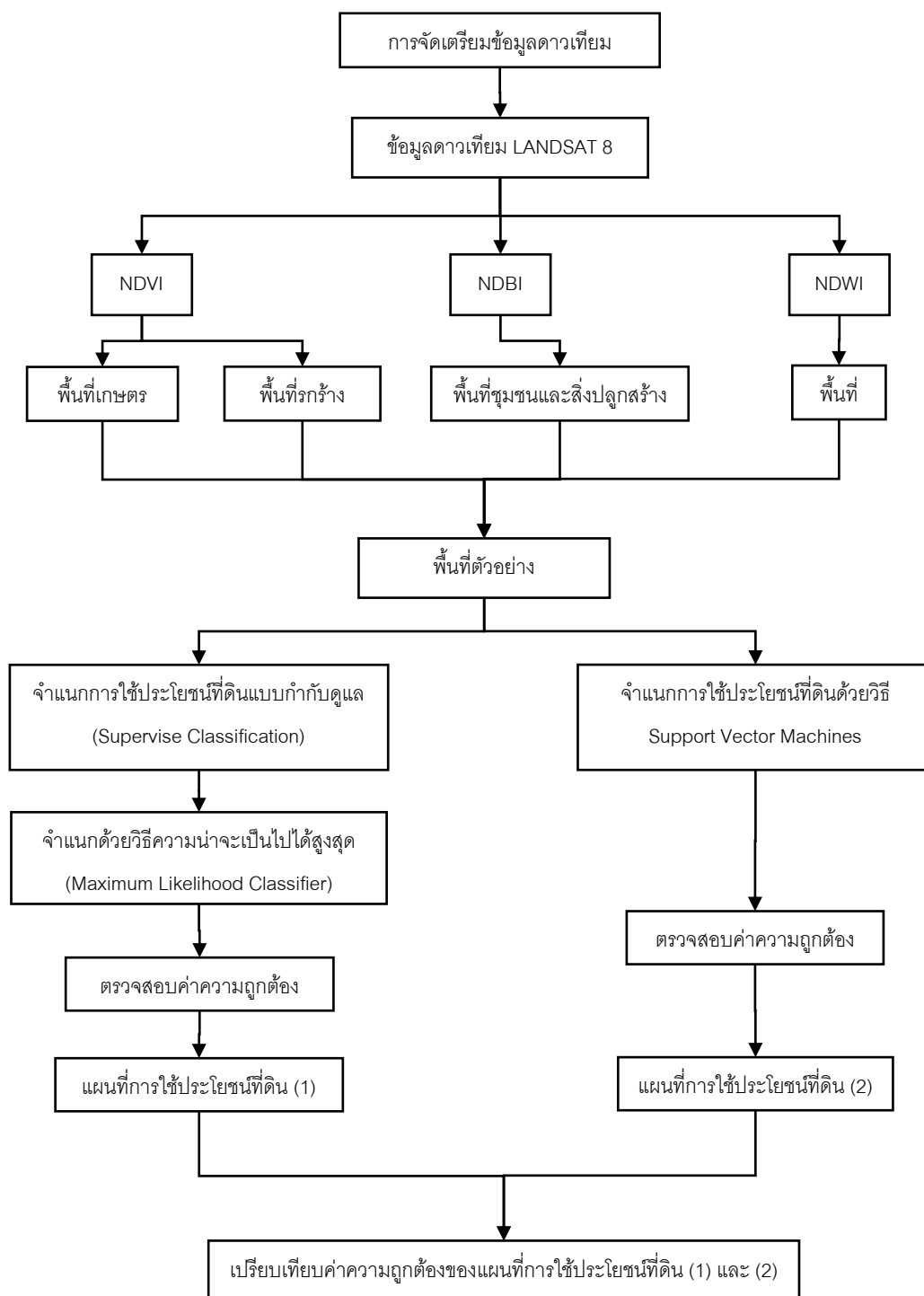
3.4.2 ขั้นตอนการการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

- นำพื้นที่ตัวอย่างมาใช้ในการประมวลผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมี 2 วิธี ประกอบด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ด้วยโปรแกรม ArcMap และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ด้วยโปรแกรม Envi โดยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนจะทำการจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น ด้วยฟังก์ชันเคอร์เนลที่ใช้ คือ เรเดียลเบสฟังก์ชัน (Radial Basis Function: RBF) สำหรับการตั้งค่าในการประมวลผล ประกอบด้วย Gamma และ Penalty parameter

3.4.3 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

- กำหนดจุดตรวจสอบภาคพื้นดินด้วยการสร้างตะแกรงตาข่าย (Fishnet Grid) โดนกําหนดจุดตรวจสอบ 231 จุด ด้วยการสุ่มแบบใช้กริด (Grid-Based Sampling)
- ได้ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละจุดตรวจสอบ ด้วยการเปรียบเทียบกับพื้นที่จริงด้วยโปรแกรม Google Earth Pro
- เปรียบเทียบผลจากการประมวลผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 วิธี กับจุดพื้นที่จริง
- คำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)
- นำผลจากการประมวลผลของโปรแกรมเพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมของวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) มาเปรียบเทียบกัน





ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การทำพื้นที่ตัวอย่างด้วยดัชนี NDVI NDBI และ NDWI

จากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้สามารถแบ่งช่วงค่าของดัชนี NDVI NDBI และ NDWI ได้ดังนี้

ตาราง 6 NDVI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Akbar et al., 2019)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ช่วงค่า NDVI
พื้นที่น้ำ	-0.23 – 0.015
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง	0.015 – 0.14
พื้นที่รกร้าง	0.14 – 0.18
พื้นที่ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า	0.18 – 0.27
พื้นที่เกษตร	0.27 – 0.58
พื้นที่ป่าไม้	0.58 - 1

จากตาราง 6 ทำให้ได้ขนาดพื้นที่เกษตร 731.22 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 48.54) พื้นที่ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า 314.52 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 20.88) พื้นที่สิ่งก่อสร้าง 299.13 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 19.86) พื้นที่รกร้าง 117.12 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 7.77) และพื้นที่น้ำ 44.44 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 2.95)

ตาราง 7 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDVI

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
พื้นที่น้ำ	731.24	48.54
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง	314.54	20.88
พื้นที่รกร้าง	299.14	19.86
พื้นที่ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า	117.13	7.77
พื้นที่เกษตร	44.45	2.95
พื้นที่ป่าไม้	731.24	48.54
รวม	1506.5	100

ตาราง 8 ช่วงค่า NDBI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Chen, Zhao, Li, & Yin, 2006)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ช่วงค่า NDBI
ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	< -0.01
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง	> -0.01

จากตาราง 7 ทำให้ได้ขนาดพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งก่อสร้าง 1,325.7 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 88)
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง 180.8 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 12)

ตาราง 9 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDBI

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	1325.7	88.00
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง	180.8	12.00
รวม	1506.5	100

ตาราง 10 ช่วงค่า NDWI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Chen et al., 2006)

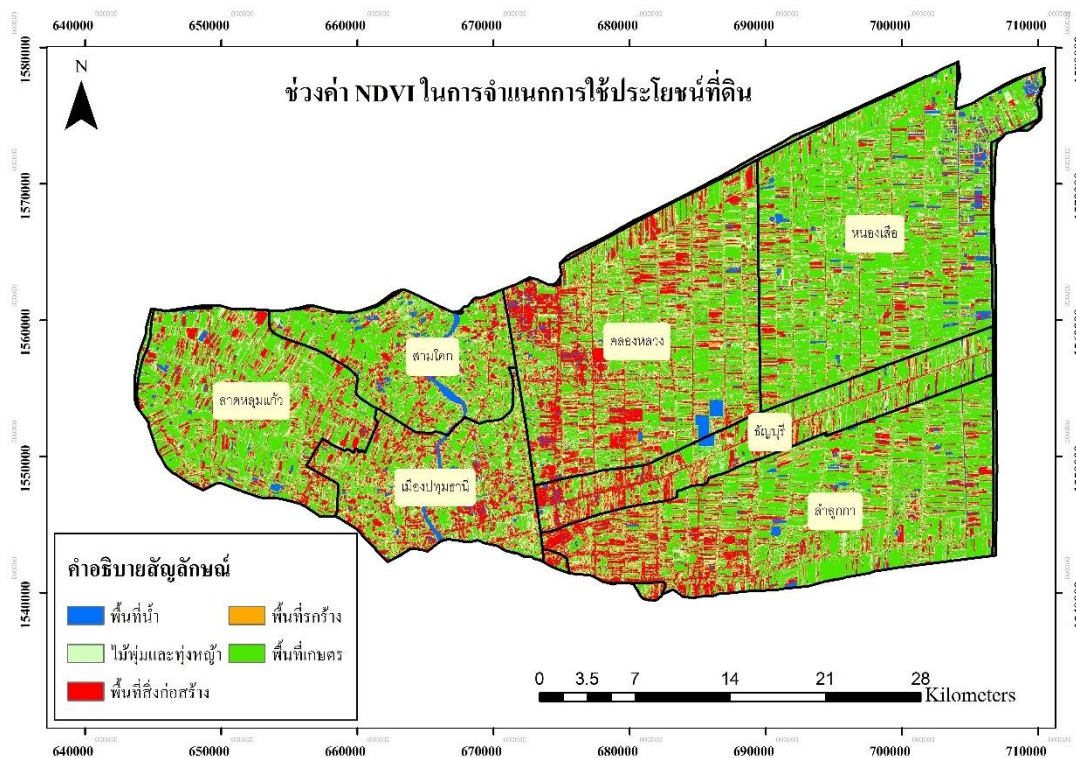
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ช่วงค่า NDWI
ไม่มีน้ำ	< 0
พื้นที่น้ำ	> 0

จากตาราง 8 ทำให้ได้ขนาดพื้นที่ที่ไม่มีน้ำ 1,460.26 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 96.93)
พื้นที่สิ่งก่อสร้าง 46.24 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 3.07)

ตาราง 11 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากช่วงค่า NDWI

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
ไม่มีน้ำ	1460.26	96.93
พื้นที่น้ำ	46.24	3.07
รวม	1506.5	100

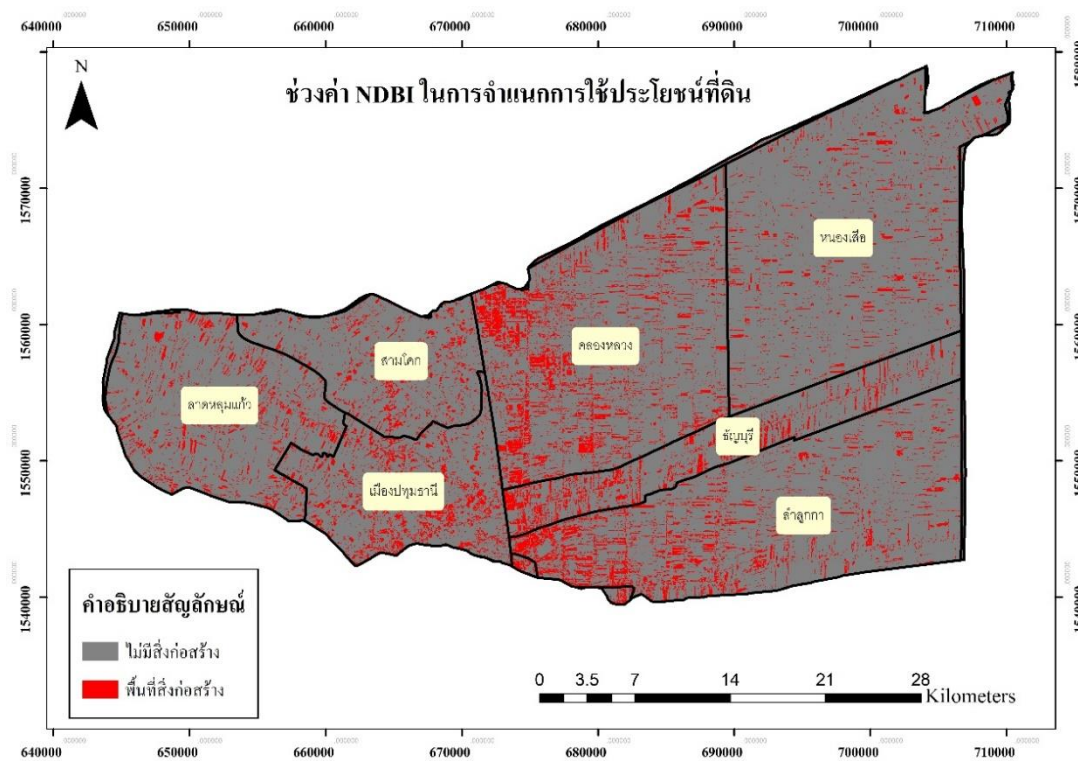
โดยในงานวิจัยนี้ จะใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) หาพื้นที่เกษตร และพื้นที่รกร้าง, ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) หาพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และดัชนีความชื้น (NDWI) หาพื้นที่น้ำ ส่วนสำคัญในการใช้ดัชนีเพื่อหาพื้นที่ตัวอย่าง คือการกำหนดช่วงค่าของดัชนีให้มีความถูกต้อง หากกำหนดช่วงค่าที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน



4

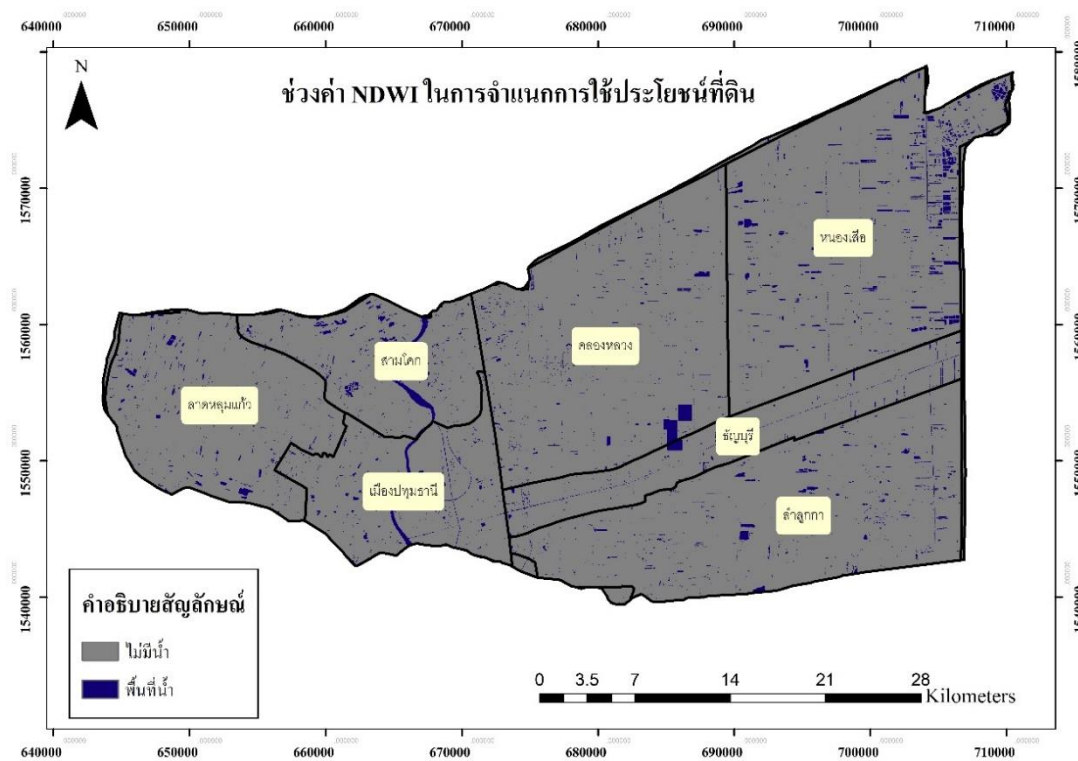
ภาพประกอบ 15 ช่วงค่า NDVI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากภาพประกอบ 15 ที่ได้จากการแบ่งช่วงค่า NDVI พบพื้นที่เกษตรมากที่อำเภอนองเสือ ซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าว และพื้นที่ที่กร้างพบมากที่อำเภอดคลองหลวง



ภาพประกอบ 16 ช่วงค่า NDBI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากภาพประกอบ 16 ที่ได้จากการแบ่งช่วงค่า NDBI พบพื้นที่สิ่งก่อสร้างโดยพื้นที่เมืองส่วนใหญ่จะอยู่ใจกลางจังหวัดปทุมธานี และอำเภอลองหวงมีพื้นที่สิ่งก่อสร้างมากที่สุด



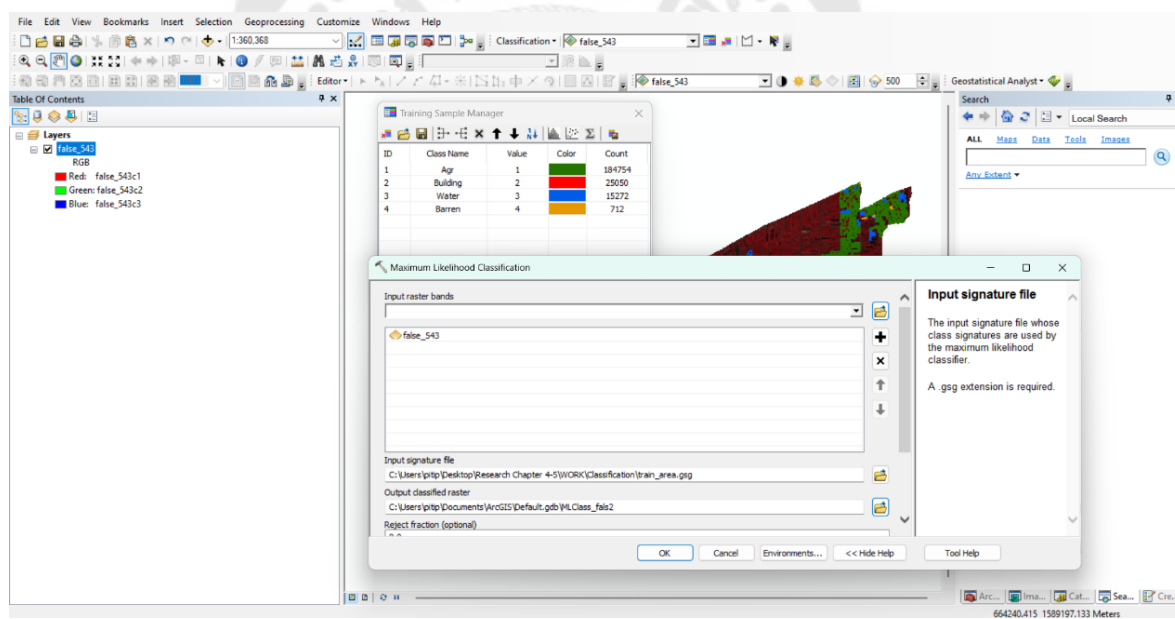
ภาพประกอบ 17 ช่วงค่า NDWI ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากภาพประกอบ 17 ที่ได้จากการแบ่งช่วงค่า NDWI พบพื้นที่น้ำมากที่อำเภอหนองเสือ ส่งผลทำให้มีการทำพื้นที่เกษตรที่มากกว่าอำเภออื่น และจะเห็นเส้นแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านอำเภอสามโคก และเมืองปทุมธานี

4.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

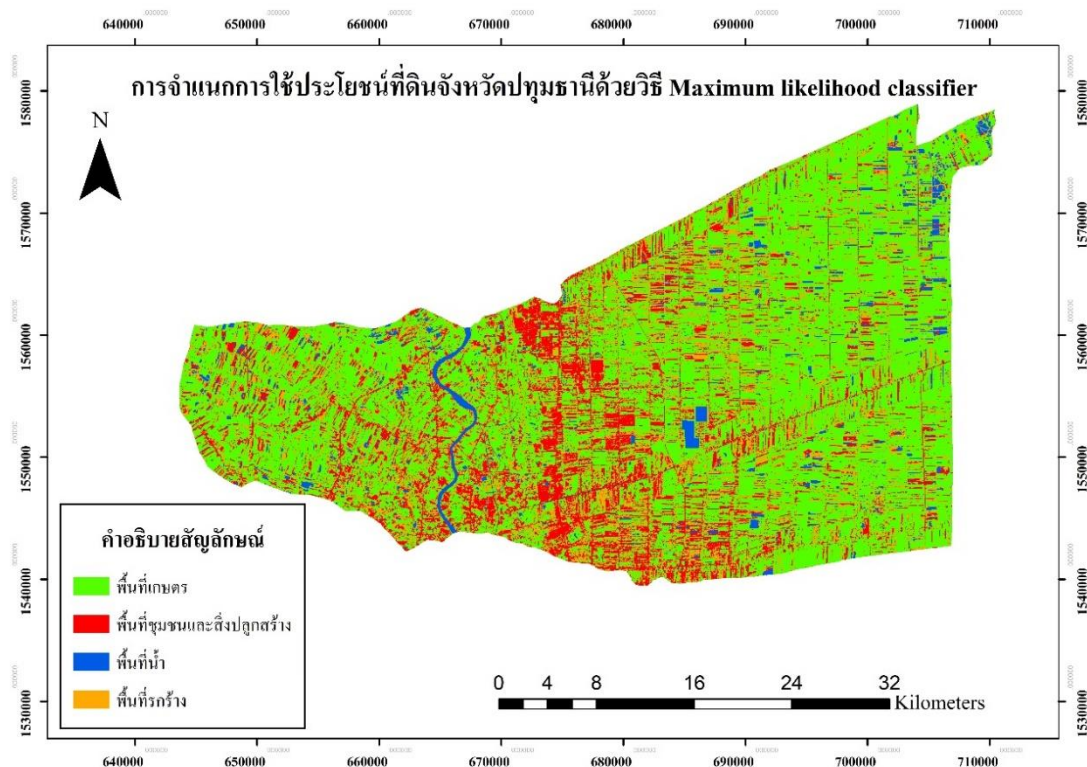
4.2.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ด้วยโปรแกรม ArcMap ที่ได้ใช้พื้นที่ตัวอย่างจากดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI และแปลงเป็นไฟล์ Signature เพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าพื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 928.31 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 61.62 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 264.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.57 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่น้ำ 62.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.16 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่รกร้าง 250.85 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.65 ของพื้นที่ทั้งหมด



ภาพประกอบ 18 การตั้งค่าประมวลผลด้วยโปรแกรม ArcMap

การตั้งค่าโปรแกรม ArcMap (ภาพประกอบ 19) หลังจากได้พื้นที่ตัวอย่างจากดัชนีทั้ง 3 ตัว > เซฟไฟล์เป็น Signature file > ไปที่แถบ Classification > เลือก Maximum Likelihood Classifier > ใส่ภาพถ่ายดาวเทียมที่ผสมสีเท็จ > ใส่ Signature file ที่เป็นพื้นที่ตัวอย่าง > เลือกที่เก็บไฟล์ > กด OK เพื่อทำการประมวลผล



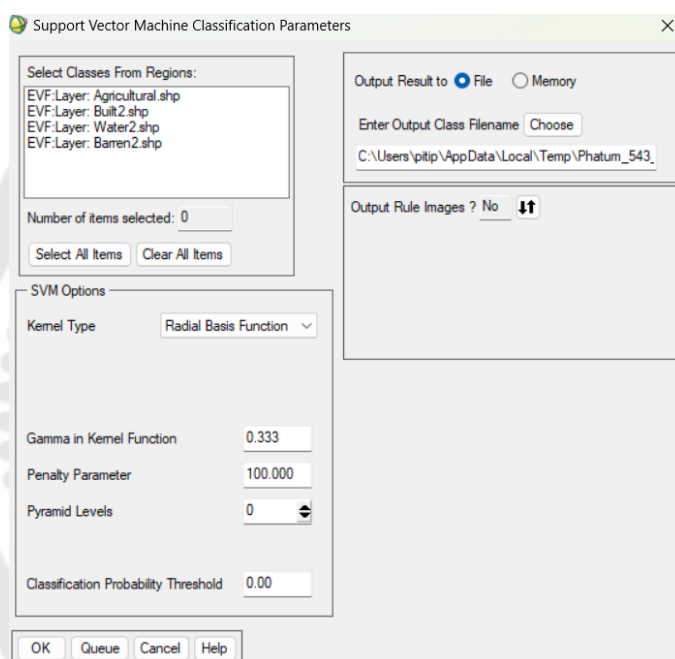
ภาพประกอบ 19 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Maximum Likelihood Classifier

ตาราง 12 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตาราง กิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่
พื้นที่เกษตร	928.41	580,256	61.63
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูก สร้าง	264.62	165,388	17.57
พื้นที่น้ำ	62.62	39,138	4.16
พื้นที่ว่าง	250.85	156,781	16.65
รวม	1,506.5	941,563	100

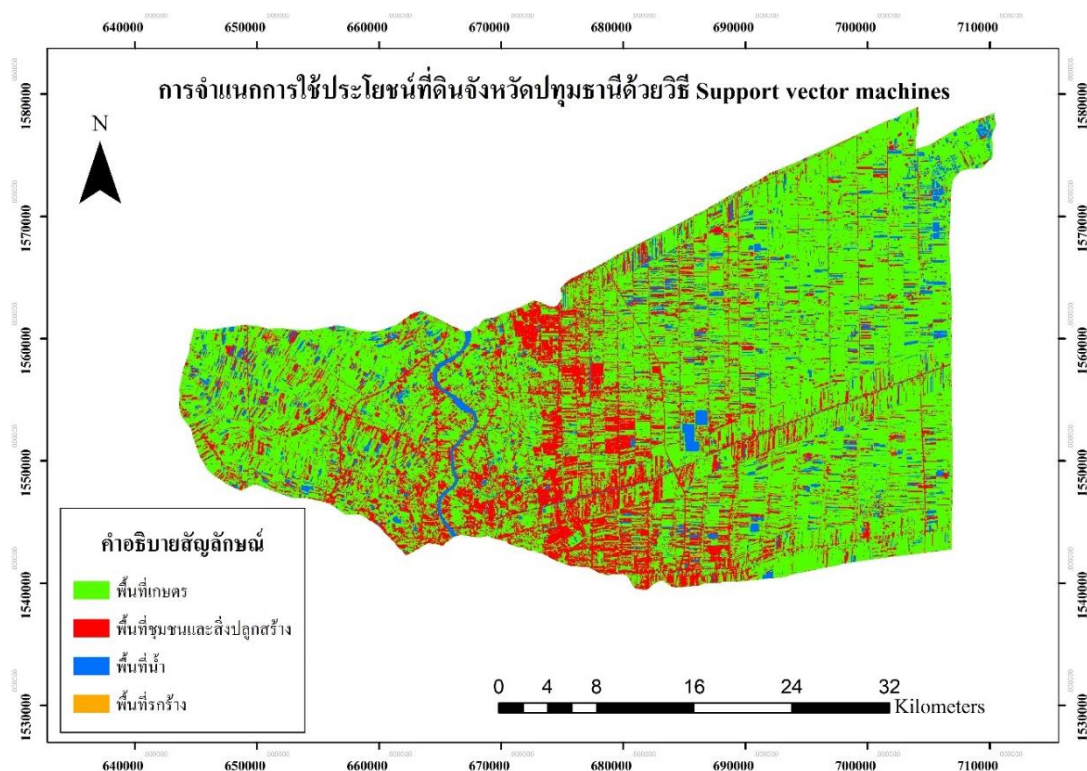
4.2.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยวิธี Support Vector Machines (Support vector machines)

จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Support Vector Machines (Support Vector Machines) พบว่าพื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 1,093.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 72.58 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 300.37 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 19.94 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่น้ำ 104.56 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.94 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่รกร้าง 8.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.54 ของพื้นที่ทั้งหมด (ดังภาพ 15 และตาราง 10)



ภาพประกอบ 20 การประมวลผลด้วยโปรแกรม ENVI

การตั้งค่าโปรแกรม ENVI (ภาพประกอบ 21) หลังจากได้พื้นที่ตัวอย่างจากดัชนีทั้ง 3 ตัว > เซฟไฟล์เป็น Vector file จากโปรแกรม ArcMap > เปิดโปรแกรม ENVI > นำเข้าภาพดาวเทียมผสมสีเท็จ > นำเข้าพื้นที่ตัวอย่าง (Open vector file) > ไปที่แถบ Classification > เลือก Supervised > เลือก Support vector machine > เล็กพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ > Kernel Type เลือก Radial Basis Function > กำหนดค่า Gamma ที่ 0.333 และ Penalty Parameter ที่ 100 > เลือกที่เก็บไฟล์ > กด OK เพื่อประมวลผล > แปลงไฟล์เป็น Shape file เพื่อเปิดใน ArcMap



ภาพประกอบ 21 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี Support Vector Machines

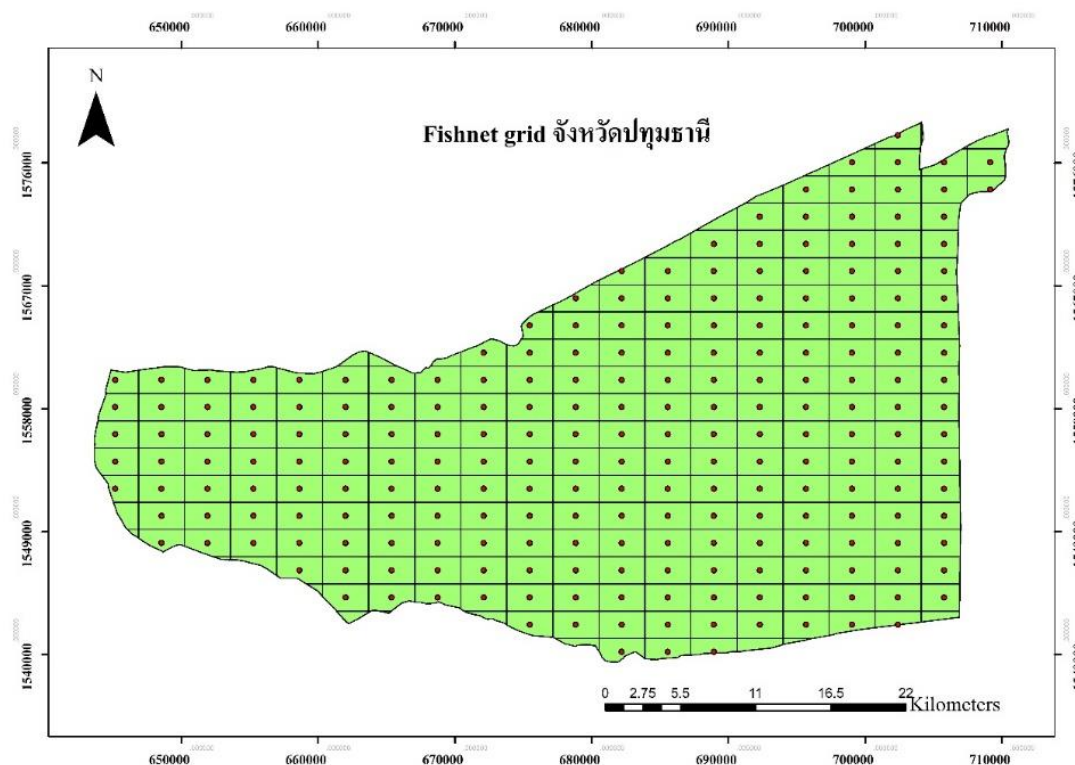
ตาราง 13 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตาราง กิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่
พื้นที่เกษตร	1,093.49	683,431	72.58
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูก สร้าง	300.37	187,731	19.94
พื้นที่น้ำ	104.56	65,350	6.94
พื้นที่รกร้าง	8.08	5,050	0.54
รวม	1,506.5	941,563	100

จากการจำแนกด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ทำให้พบว่าพื้นที่เกษตร มากที่สุด โดยส่วนใหญ่ในพื้นที่เกษตรจะเป็นพื้นที่นาข้าว รองลงมาจะเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จะมีความหนาแน่นบริเวณใจกลางจังหวัดปทุมธานี (อำเภอคลองหลวง) พื้นที่น้ำมีมากที่สุดบริเวณ ตะวันออกตอนบน (อำเภอหนองเสือ) และเป็นบริเวณที่มีการทำเกษตรมากที่สุด พื้นที่รกร้างพบ มากที่บริเวณใจกลางจังหวัดปทุมธานี (อำเภอคลองหลวง)

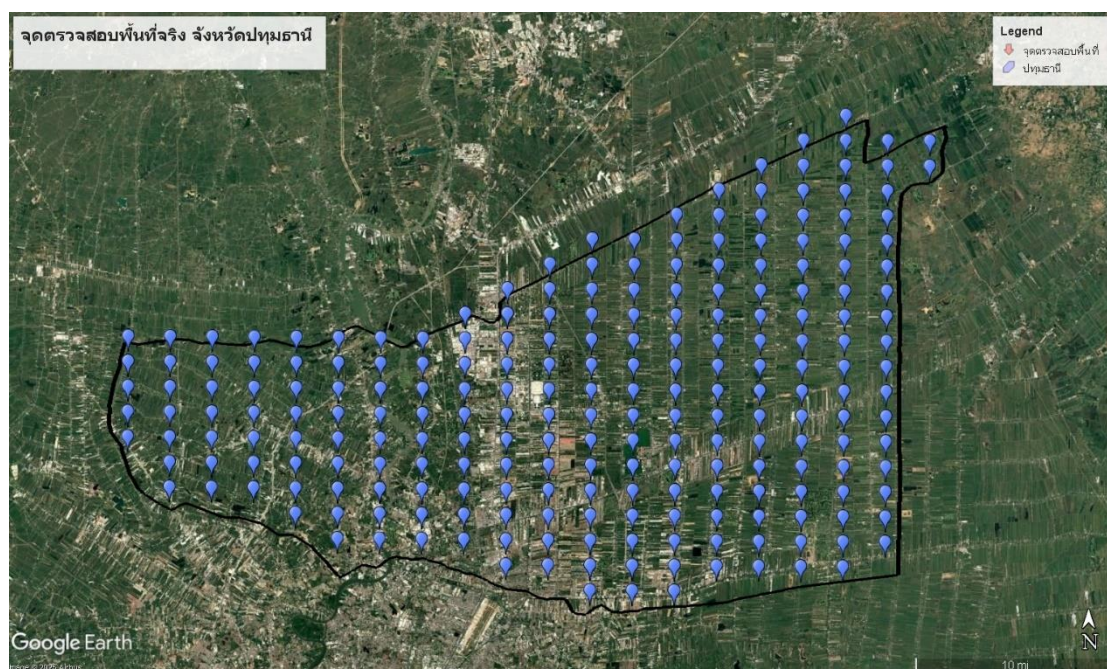
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม การกำหนดจุดตรวจสอบมีความสำคัญต่อค่าความถูกต้องของข้อมูล รวมถึงความน่าเชื่อถือของความถูกต้องของข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้การกำหนดจุดตรวจสอบของข้อมูลด้วยการสร้างตะแกรงตาข่าย (Fishnet Grid) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทางภูมิศาสตร์ โดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ระยะไกล หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) วิธีการนี้มีหลักการที่ชัดเจนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย โดยตีเส้นแนวตั้งและแนวนอน มาตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่พันกันเป็นชั้น ๆ เพื่อแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นหน่วยที่มีความ สม่ำเสมอ และในช่องสี่เหลี่ยมจะกำหนดจุดศูนย์กลาง ที่เป็นจุดตรวจสอบพื้นที่ ทำให้การ ตรวจสอบข้อมูลไม่เกิดความลำเอียงของข้อมูล ส่วนวิธีการตรวจสอบในแต่ละจุดในพื้นที่จริง จะใช้ โปรแกรม Google Earth Pro ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยงานวิจัยนี้กำหนดจุด ตรวจสอบ 231 จุด



ภาพประกอบ 22 การตรวจสอบความถูกต้องด้วย Fishnet Grid

ในการทำ Fishnet Grid กำหนดสร้างช่องสี่เหลี่ยมโดยกำหนด จำนวนแถว (Row) 20 และคอลัมน์ (Columns) 20 สร้างจุดในศูนย์กลางของสี่เหลี่ยม และทำการตัดข้อมูล (Clip) ส่วนเกินออก ให้เหลือเฉพาะจังหวัดปทุมธานี



ภาพประกอบ 23 การตรวจสอบความถูกต้องด้วย Fishnet ด้วยโปรแกรม Google Earth Pro

ในการตรวจสอบพื้นที่จริงจะนำจุดตรวจสอบ 231 จุด มาใช้กับโปรแกรม Google Earth Pro (ภาพประกอบ 23) และในแต่ละจุดจะใส่ค่าตัวเลขที่เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตาราง 14 ความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง	Total (User)
พื้นที่เกษตร	125	8	3	14	150
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	8	20	3	4	35
พื้นที่น้ำ	0	0	5	0	5
พื้นที่รกร้าง	20	7	4	10	41
Total (Producer)	153	35	15	28	231
Overall Accuracy (%)	69.26				
Kappa Coefficient	41.35				

ตาราง 15 ตารางความแม่นยำของผู้ใช้ (User Accuracy) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

User Accuracy	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง
	83.33	57.14	100.00	24.39

ตาราง 16 ตารางความแม่นยำของผลิต (Producer Accuracy) วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

Producer Accuracy	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง
	81.70	57.14	33.33	35.71

จากตาราง 15 และ 16 ค่าความแม่นยำผู้ใช้ของพื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่รกร้าง ที่ร้อยละ 83.33, 57.14, 100.00 และ 24.39 ตามลำดับ และค่าความแม่นยำผู้ผลิตของพื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่รกร้าง ที่ร้อยละ 81.70, 57.14, 33.33 และ 35.71 ตามลำดับ

ตาราง 17 ความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง	Total (User)
พื้นที่เกษตร	139	12	8	17	176
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	11	23	0	11	45
พื้นที่น้ำ	2	0	7	0	9
พื้นที่รกร้าง	1	0	0	0	1
Total (Producer)	153	35	15	28	231
Overall Accuracy (%)	73.16				
Kappa Coefficient	42.00				

ตาราง 18 ตารางความแม่นยำของผู้ใช้ (User Accuracy) วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

User Accuracy	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง
	78.98	51.11	77.78	0.00

ตาราง 19 ตารางความแม่นยำของผู้ผลิต (Producer Accuracy) วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

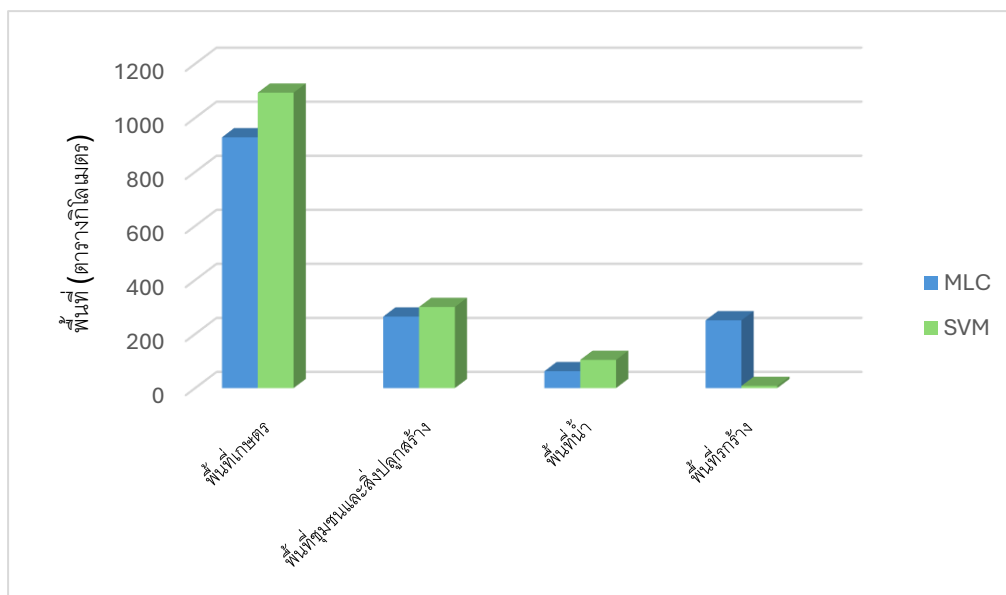
Producer Accuracy	พื้นที่เกษตร	พื้นที่ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่รกร้าง
	90.85	65.71	46.67	0.00

จากตาราง 18 และ 19 ค่าความแม่นยำของผู้ใช้ของพื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่รกร้าง ที่ร้อยละ 78.98, 51.11, 77.78 และ 0 ตามลำดับ และค่าความแม่นยำของผู้ผลิตของพื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่รกร้าง ที่ร้อยละ 90.85, 65.71, 46.67 และ 0 ตามลำดับ

จากการตรวจสอบพบว่าข้อมูลที่จำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) มีค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์เคปป์าที่มากกว่าวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

4.4 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 วิธี

จากการประมวลผลของโปรแกรมในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ทำให้พบความแตกต่าง กวดังภาพที่ 24



ภาพประกอบ 24 เปรียบเทียบผลการจำแนกระหว่างวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดกับ
วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

จากภาพ 24 แสดงเปรียบเทียบผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดกับวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดมีพื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 928.31 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 61.62 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 264.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.57 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่น้ำ 62.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.57 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่รกร้าง 250.85 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.65 ของพื้นที่ทั้งหมด และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีพื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 1093.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 72.58 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 300.37 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 19.94 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่น้ำ 104.56 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.94 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่รกร้าง 8.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.54 ของพื้นที่ทั้งหมด (ดังภาพ 15 และตาราง 10) พบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนให้ค่าปริมาณพื้นที่เกษตร, พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่น้ำ ที่ 165.18, 35.75, 41.94 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ค่าความถูกต้องโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์เคปปา ที่มากกว่าวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดที่ร้อยละ 3.9 และ 0.65 ตามลำดับ แต่วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนให้ค่าพื้นที่รกร้างน้อยกว่าวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ที่ร้อยละ 242.77 ทำให้พบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนไม่

ห เ ม าะ ส ำ ห รั บ ก ำ ร ห ำ พ ื น ที่ ร ก ร ำ ง

บทที่ 5

อภิปราย สรุปผล ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การใช้ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Difference Built-up Index : NDBI) และดัชนีความชื้น (Normalized Difference Water Index : NDWI) ในการหาพื้นที่ตัวอย่าง ทำให้สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ถูกต้อง ประมวลผลที่เร็วและสะดวก หากมีการแบ่งช่วงค่าตัวดัชนีที่ถูกต้องจะทำให้สามารถคำนวณได้มีความแม่นยำและความถูกต้องที่มากขึ้น รวมถึงการเลือกใช้ดัชนีให้สอดคล้องกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยในการศึกษานี้จะใช้ดัชนี NDVI ใช้ในการหาพื้นที่เกษตร และพื้นที่รกร้าง, ดัชนี NDBI ใช้ในการหาพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และดัชนี NDWI ใช้ในการหาพื้นที่น้ำ แต่การใช้ดัชนีมาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีข้อเสียที่ในการประมวลผลของข้อมูลจะใช้เวลานาน เนื่องจากตัวดัชนีจะทำการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วพื้นที่ศึกษา และส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรองรับข้อมูลของโปรแกรมการประมวลผล อาจไม่สามารถนำข้อมูลเข้าได้เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลมาก ทำให้ต้องมีการตัดข้อมูลออก ส่งผลต่อค่าความถูกต้องของข้อมูล

การจำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) ด้วยฟังก์ชันเคอร์เนลแบบเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (Radial Basis Function : RBF) ที่มีการให้ค่าความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากกว่าฟังก์ชันเคอร์เนลแบบอื่น ๆ ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ที่สูงกว่าการจำแนกด้วยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ที่เป็นส่วนหนึ่งของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียคือใช้เวลาในการประมวลผลนาน เนื่องจากใช้วิธีการจำแนกแบบไม่เป็นเชิงเส้น ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของการจำแนกข้อมูล ประกอบด้วย 1) การเลือกช่วงเวลาเก็บข้อมูล เนื่องจากเป็นช่วงที่พื้นที่เกษตรเตรียมเพาะปลูก อาจทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกกับพื้นที่น้ำ เนื่องจากมีการสะท้อนของแสงที่คล้ายคลึงกัน และ 2) ประเภทของการใช้ประโยชน์ดินอย่างพื้นที่รกร้างเป็นประเภทที่ยากในการจำแนก เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ที่หลากหลาย รวมถึงวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนไม่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพื้นที่รกร้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Karakacan Kuzucu & Bektas Balcik, 2017; Kolios & Stylios, 2013; Kwesi, 2012; Mondal

et al., 2012; Rimal et al., 2020; Ustuner et al., 2014; กฤษฎาณ อินทร์ตัน, 2565; ขจีมาศ อนงค์ไชย, 2561)

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาทำให้สามารถอภิปรายได้ดังนี้:

1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปทุมธานี โดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) ร่วมกับดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 4 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 928.41 ตารางกิโลเมตร (580,256 ไร่) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 264.62 ตารางกิโลเมตร (165,388 ไร่) พื้นที่น้ำมีพื้นที่ 62.62 ตารางกิโลเมตร (39,138 ไร่) และพื้นที่รกร้างมีพื้นที่ 250.85 ตารางกิโลเมตร (156,781 ไร่) จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 69.26 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ร้อยละ 41.35 โดยค่าความถูกต้องในวิธี MLC สอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤษฎาณ อินทร์ตัน, 2565)

2. การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) โดยปกติจะจำแนกข้อมูลในลักษณะเส้นตรง หากต้องการจำแนกข้อมูลที่ไม่เป็นเส้นตรง จะต้องมีการใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลเข้ามาช่วย เป็นฟังก์ชันที่ช่วยแปลงข้อมูลจากมิติหนึ่งไปยังมิติที่สูงขึ้น เพื่อให้สามารถแยกข้อมูลได้ด้วยเส้นตรงในมิติใหม่ และช่วยจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนได้ ฟังก์ชันเคอร์เนลที่ใช้ คือ เรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (RBF) เป็นฟังก์ชันเคอร์เนลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเคอร์เนลอื่น ๆ และให้ความถูกต้องของข้อมูลที่สูงกว่า สำหรับการใส่ฟังก์ชันเคอร์เนลเรเดียลเบสิสฟังก์ชัน (RBF) จะมีการกำหนดค่า Gamma ในฟังก์ชันเคอร์เนลเพื่อควบคุมความกว้างของฟังก์ชัน โดยค่า Gamma ที่สูงจะทำให้ฟังก์ชันมีความแคบและไวต่อข้อมูลมากขึ้น ส่วนค่า Gamma ที่ต่ำจะทำให้ฟังก์ชันมีความกว้างและสามารถจับลักษณะทั่วไปของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่า Gamma ที่ 0.333 ที่เป็นค่าเริ่มต้น และได้ใช้ค่า Gamma อื่น ๆ เพื่อทดสอบความแตกต่างของความถูกต้องของข้อมูล พบว่ามีค่าความถูกต้องของข้อมูลแตกต่างกันน้อยมาก โดยผลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปทุมธานี ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ร่วมกับดัชนี NDVI, NDBI และ NDWI โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 4 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรมีพื้นที่ 1,093.49 ตารางกิโลเมตร (683,431 ไร่) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่ 300.37 ตารางกิโลเมตร (187,731 ไร่) พื้นที่น้ำมีพื้นที่ 104.56 ตารางกิโลเมตร (65,350 ไร่) และพื้นที่รกร้างมีพื้นที่ 8.08 ตารางกิโลเมตร (5,050 ไร่) จากการตรวจความ

ถูกต้องของข้อมูล พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 73.16 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ร้อยละ 42.00 สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Karakacan Kuzucu & Bektas Balcik, 2017)

3. จากการจำแนกข้อมูลแบบวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) กับวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) พบว่าการจำแนกข้อมูลแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่สูงกว่าจำแนกข้อมูลแบบวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mondal et al., 2012; Rimal et al., 2020; กฤษฎาณ อินทร์ตัน, 2565; ขจีมาศ อนงค์ไชย, 2561) มีค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ของวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ร้อยละ 81.62 และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ร้อยละ 85.90 และค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) ของวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ร้อยละ 79 และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ร้อยละ 86 มีผลการศึกษา พบว่าการจำแนกด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) ที่มากกว่าวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

4. การกำหนดจุดตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธีการสร้างตะแกรงตาข่าย (Fishnet Grid) เป็นวิธีที่กระจายจุดตรวจสอบข้อมูลได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการกระจุกตัวจุดตรวจสอบของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลมีการจัดเรียงเป็นระเบียบ จึงช่วยลดความลำเอียงของข้อมูลลงได้ วิธีนี้จึงเป็นที่นิยมในการใช้ตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับ GIS และการรับรู้ระยะไกล แต่วิธีนี้มีข้อเสียที่การกระจายจุดที่สม่ำเสมอ ทำให้จำนวนจุดในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีจำนวนที่ไม่เท่ากัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เลือกใช้ช่วงเวลาของภาพถ่ายจากดาวเทียมมาให้ใกล้เคียงกับปัจจุบัน เพื่อไม่ให้เกิดการตรวจสอบข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน

5.3.2 ควรมีการนำเทคนิคการจำแนกข้อมูลอื่นๆ เช่น Random Forest, Decision Tree เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์

5.3.3 การเลือกใช้ดัชนีอื่น เช่น ดัชนีสำหรับหาพื้นที่รกร้าง (NDBal) ที่มีความเหมาะสมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้มีความถูกต้องของข้อมูลที่มากขึ้น

บรรณานุกรม

- Adelabu, S., Mutanga, O., & Adam, E. (2014). Evaluating the impact of red-edge band from Rapideye image for classifying insect defoliation levels. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 95, 34-41.
- Akbar, T. A., Hassan, Q. K., Ishaq, S., Batool, M., Butt, H. J., & Jabbar, H. (2019). Investigative spatial distribution and modelling of existing and future urban land changes and its impact on urbanization and economy. *Remote Sensing*, 11(2), 105.
- Awad, M., Khanna, R., Awad, M., & Khanna, R. (2015). Support vector machines for classification. *Efficient learning machines: Theories, concepts, and applications for engineers and system designers*, 39-66.
- Cavur, M., Duzgun, H., Kemec, S., & Demirkan, D. (2019). Land use and land cover classification of Sentinel 2-A: St Petersburg case study. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 42, 13-16.
- Chen, X.-L., Zhao, H.-M., Li, P.-X., & Yin, Z.-Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote sensing of environment*, 104(2), 133-146.
- Fletcher, T. (2009). Support vector machines explained. Tutorial paper, 1118, 1-19.
- GISTDA. (2013). มาตรฐานกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน FGDS ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน. สืบค้นจาก <http://www.iddservice.org/services/academic.html>
- GISTDA. (2564). ดาวเทียม LANDSAT. สืบค้นจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2446
- Hussain, S. (2018). Land use/land cover classification by using satellite NDVI tool for sustainable water and climate change in Southern Punjab. COMSATS Univ. Islamabad.
- Karakacan Kuzucu, A., & Bektas Balcik, F. (2017). Testing the potential of vegetation indices for land use/cover classification using high resolution data. *ISPRS Annals*

- of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 4, 279-283.
- Kolios, S., & Stylios, C. D. (2013). Identification of land cover/land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data. *Applied Geography*, 40, 150-160.
- Kongwongjan, J., Suwanprasit, C., & Thongchumnum, P. (2012). Comparison of vegetation indices for mangrove mapping using THEOS data. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 33, 56-64.
- Kumar, P., & Mukherjee, S. (2023). Impact of Climate Change and Catastrophic Events on Forest Cover of Middle Andaman Using Remote Sensing, GIS and Support Vector Machine.
- Kwesi, N. I. (2012). Oil palm mapping using Support Vector Machine with LANDSAT ETM+ data. University of Twente.
- Meyer, D., & Wien, F. (2001). Support vector machines. *R News*, 1(3), 23-26.
- Mi, J., Yang, Y., Zhang, S., An, S., Hou, H., Hua, Y., & Chen, F. (2019). Tracking the land use/land cover change in an area with underground mining and reforestation via continuous Landsat classification. *Remote Sensing*, 11(14), 1719.
- Mondal, A., Kundu, S., Chandniha, S. K., Shukla, R., & Mishra, P. (2012). Comparison of support vector machine and maximum likelihood classification technique using satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(2), 116-123.
- Rimal, B., Rijal, S., & Kunwar, R. (2020). Comparing support vector machines and maximum likelihood classifiers for mapping of urbanization. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(1), 71-79.
- Sahebjalal, E., & Dashtekian, K. (2013). Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8(37), 4614-4622.
- SIRIKARIN, K., & Khonthapagdee, S. (2023). MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR WATER QUALITY CLASSIFICATION AND WATER QUALITY INDEX FORECASTING OF THAILAND'S RIVERS. Srinakharinwirot University.

Szabo, S., Gácsi, Z., & Balazs, B. (2016). Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories. *Acta Geographica Debrecina. Landscape & Environment Series*, 10(3/4), 194.

Ustuner, M., Sanli, F. B., Abdikan, S., Esetlili, M., & Kurucu, Y. (2014). Crop type classification using vegetation indices of rapideye imagery. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 40, 195-198.

Zaidi, S. M., Akbari, A., Abu Samah, A., Kong, N. S., Gisen, A., & Isabella, J. (2017). Landsat-5 Time Series Analysis for Land Use/Land Cover Change Detection Using NDVI and Semi-Supervised Classification Techniques. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(6).

เอกสิทธิ์ ไชยดีสกุลชัย, สิทธิยา ยอดเจริญ, และ ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์. (2561). การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและแบบจำลอง SWAT. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 7(3), 11-26.

กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์. (2561). การหาดัชนีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของ เมืองไมซ์พัทยา. *มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.

กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์, สุชาติพิศ ชวนะเวสสกุล, และ พันทิพย์ ปิยะทัศนานนท์. (2562). การหาดัชนีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน กับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของ เมืองไมซ์พัทยา. (5). (วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์). (2) กรมพัฒนาที่ดิน. (2566). สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดปทุมธานี. สืบค้นจาก

http://www1.ddd.go.th/web_OLP/report_research_C.html

กฤษฎาณ อินทรรัตน์. (2565). การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดนครนายก ด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่อง และภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2. *วารสารวิทยาศาสตร์ บุรพา*, 27(2), 1153-1171.

กุลธิดา ธรรมรัตน์, แสงดาว นพพิทักษ์, และ ธีรรัตน์ จีระมะกร. (2560). การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่ อำเภอโนนดินแดง จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัย ราชภัฏบุรีรัมย์มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 9(2), 71-82.

- ขจีมาศ อนงค์ไชย. (2561). การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 เพื่อประเมินปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์.
- จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (2553). ที่ดิน. สืบค้นจาก <http://legacy.orst.go.th/>
- จิรวัดณ์ จันทองพูน, พันณิตา ไกล่สาม, สันต์ฤทัย แซ่ห่อวง, และ พรนราชนันท์ บุญราศรี. (2565). การศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยเทคนิควิธี Random Forest กรณีศึกษาอำเภอเมือง สงขลา จังหวัดสงขลา. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, 27, SGI05-01-SGI05-09.
- ทิพวรรณ อิมเอิบ. (2564). ศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณขั้นสูง NDVI SAVI และ RVI ที่มีศักยภาพในการติดตามการเกษตรไม้ผล กรณีศึกษาสวนส้มในเขตอำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ธิดิมา กัญจนพุกษ์. (2551). การประยุกต์ใช้ Discriminant Analysis กับตัวแปรเฉพาะบางอย่าง ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงตัวเลข กรณีศึกษา: ในพื้นที่เกาะช้าง จังหวัดตราด.
- ปริญญ์ โชภา. (2562). การหาความสัมพันธ์ของพื้นที่ผิวน้ำจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับ ค่าดัชนีพืชพรรณ ค่าเนินภาพพืชพรรณ และดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล.
- พงศ์พัฒน์ อิศรกุล. (2548). แบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของการสุ่มแบบกริด : กรณี ศึกษาของการทดสอบการศึกษา ระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2548.
- ระบบสถิติทางทะเลเบียน. (2565). สถิติจำนวนประชากร สืบค้นจาก <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/mainpage>
- ลักษณีย์ พูลภักตร์. (2552). การประยุกต์ใช้โลจิสติกส์เรกเรชันในการ จำแนก และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ ที่ดินจากข้อมูลภาพ ดาวเทียมเชิงตัวเลข.
- วิภาวดี คำน้อย, และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร. (2565). การคำนวณหาค่า NDVI, SAVI และ NDMI จากภาพถ่ายดาวเทียมประกอบการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลผลิต การเกษตร. วารสารวิชาการเทคโนโลยีป้องกันประเทศ, 4(9), 56-71.
- ศิรินทร ทองคำ. (2563). การใช้เทคนิค NDVI กับ NDBI ในการติดตามการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษา อำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศุภกานต์ ธิเตจ๊ะ, สุนทร คำยอง, อัมรินทร์ บุญตัน, พันธุ์พล หัตถโกศล, และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร. (2563). การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาบที่มีการทำเหมือง

แร่ สังกะสี อำเภอแม่สอด จังหวัด ตาก โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะ ไกล.

วารสารวิทยาศาสตร์ มช, 48(2), 286-295.

ศุภรัตน์ นวลเกต. (2563). การประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการพยากรณ์ผลผลิตข้าว ในเขตตำบลลานป่า อำเภอหล่มสัก จังหวัด เพชรบูรณ์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

หทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ, และ พัทธนี ไตรยวงศ์. (2561). ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ ดัชนีสิ่งปลูกสร้าง ดัชนีความชื้นของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา.



ประวัติผู้เขียน

