

Chulalongkorn University

Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2022

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม

สาริษ แสงเมือง
คณะวิศวกรรมศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>

Recommended Citation

แสงเมือง, สาริษ, "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม" (2022). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 6528.
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6528>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูล
ดาวเทียม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Application of Geo-informatics Technology to Analyze Land Use Changes Using
Satellite Imagery



1st Lt. Saroch Sangmuang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Defense Engineering and Technology

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม
โดย	ร.ท.สาโรช แสงเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกันประเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอกหญิง ดร.กฤตยาภรณ์ เจริญผล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธิกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอกหญิง ดร.กฤตยาภรณ์ เจริญผล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(พลโท ดร.นภดล ศรีตระกูล)

สาโรช แสงเมือง : การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม. (The Application of Geo-informatics Technology to Analyze Land Use Changes Using Satellite Imagery) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. พ.อ.หญิง ดร.กฤตยาภรณ์ เจริญผล

การบุกรุกเข้ามาบนที่ดินของกองทัพบกเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทางกองทัพต้องหาวิธีบริหารจัดการด้านที่ดินเพื่อดูแลพื้นที่ และป้องกันผลกระทบต่อนักศึกษาในการปฏิบัติงานในห้วงการฝึก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีเพื่อเข้ามาช่วยในการจัดการด้านพื้นที่ โดยนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเข้ามาใช้งาน วัตถุประสงค์คือการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ของกองทัพจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การวิเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล, ลดเวลาในการสำรวจและจำนวนผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติการได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องลงไปบนพื้นที่จริง ซึ่งบางพื้นที่อาจเป็นพื้นที่เสี่ยงอันตราย ในการศึกษาได้ใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยใช้วิธี Maximum Likelihood โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างๆ ได้แก่ Landsat 5, Landsat 8, และ THEOS โดยได้เลือกพื้นที่ตัวอย่างคือตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยโปรแกรม GIS โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 ชนิด ที่ถูกบันทึกตามช่วงเวลาตลอดทั้งปี ผลวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านพื้นที่ เช่น พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนเป็นพื้นที่การเกษตร และพื้นที่ปลูกสร้าง และพื้นที่การเกษตรเปลี่ยนเป็นสิ่งปลูกสร้าง หรือพื้นที่อื่นๆ เป็นต้น ทำให้สามารถกำหนดพื้นที่ในการลงตรวจสอบได้แม่นยำ การศึกษาครั้งนี้ได้มีการทดสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy) ซึ่งอยู่ในช่วง 70.00% – 93.33 % ถือว่าให้ค่าความถูกต้องรวมที่สูง นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าสถิติตามทฤษฎีของ Cohen's kappa (K) ซึ่งอยู่ในช่วง 0.64 – 0.92 ซึ่งบ่งบอกถึงความเชื่อมั่นของผลลัพธ์ที่ดีถึงดีมาก ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์นี้ได้ถูกแสดงผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการ การแก้ปัญหาการบุกรุกบนพื้นที่ดินของกองทัพบกได้เป็นอย่างดี

สาขาวิชา	วิศวกรรมและเทคโนโลยีการป้องกัน	ลายมือชื่อนิสิต
	ประเทศ	
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6070334821 : MAJOR DEFENSE ENGINEERING AND TECHNOLOGY

KEYWORD: satellite images, land use, Geo-information technology

Saroeh Sangmuang : The Application of Geo-informatics Technology to Analyze Land Use Changes Using Satellite Imagery. Advisor: PICHAYA RACHDAWONG Co-advisor: Krittayaporn Charoenpol

Intruding to Royal Thai Army's (RTA) Lands is continuously a concern to the organization. Thus, RTA has to find the solutions for their lands management so that it will not impact the ability to train and work within their military properties. This also includes the safety of life and property of people who encroach for various activities inside the military areas. This research has brought a technology called Geo-informatics to help with the land management. The main objective of this research is to use Geo-informatics for the analysis of change detection in land use derived from satellite images in order to monitor the change of the areas including forest, residential and agricultural areas. This process increases the efficiency of the work, and reduces the amount of time and labors for the monitoring without being in the areas where they could be dangerous. This study has classified satellite images acquired from Landsat 5, Landsat 8 and THEOS sensors using Supervised Classification with Maximum Likelihood method. The study area covers the sub-district of Huay Pong, Kok Sumrong district in the province of Lopburi. The classification has classified into 6 types of land use, which consist of Man-made, forests, water, agricultures, shrubs, and other types of vegetation. The results from three different sensors collected throughout the year have shown that there are some changes in the land use. For example, forested areas have been converted to agricultural areas or man-made structures. Another instance is the change from agricultural areas to man-made objects or other land features. The accuracy assessment has been performed on this research as well and it shows that the overall accuracy has fallen in between 70.00% – 93.33 %, which considers as high accuracy. These have agreed with the results of the Cohen's kappa coefficient (K), which fall in the range of 0.64 – 0.92. The results of this research have been visualized through a web application. In conclusion, the use of Geo-informatics technology is a decent tool to solve a problematic of RTA's land encroachment.

Field of Study:	Defense Engineering and Technology	Student's Signature
Academic Year:	2022	Advisor's Signature
		Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.พิชญ รัชฎาวงศ์ ซึ่งได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการวิจัยและแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันเอกหญิงกฤตยาภรณ์ เจริญผล ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะและแก้ไขข้อบกพร่อง ให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธิกุล และพลโทนภดล ศรีตระกูล ที่สละเวลาอันมีค่า ให้คำแนะนำชี้แนะแนวทางและแก้ไขข้อผิดพลาด ให้งานวิจัยสามารถดำเนินการวิจัยได้จนสำเร็จลงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ พลตรีภัทราวุฒิ ชุนหะวัฒน์ อดีตผู้บังคับบัญชาของผู้วิจัยเป็นอย่างสูง ที่เล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาต่อ เป็นผู้แนะนำและสนับสนุนในการศึกษาต่อ เพื่อเพิ่มศักยภาพ ทักษะและความรู้ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชา พันเอกธนพล รักดีภูมิ ผู้อำนวยการกองข่าวกรองทางการภาพ สำนักข่าวกรอง กรมข่าวทหารบก และเพื่อนร่วมงาน ที่คอยช่วยให้คำแนะนำ ชี้แนะและสนับสนุนข้อมูลในการทำงาน ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจที่ดี ทั้งการทำงานและการศึกษา ขอขอบคุณครูอาจารย์ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรม สั่งสอน ให้ผู้วิจัยมีความรู้ และประสบการณ์ต่างๆ ได้นำไปใช้ในการดำเนินชีวิต

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว บิดา มารดา พี่สาว และภรรยาที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สาโรช แสงเมือง

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา.....	3
1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.....	5
2.2 การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing).....	5
2.2.1 การรับรู้จากระยะไกลแบบแพสซีฟ.....	6
2.2.2 การรับรู้จากระยะไกลแบบแอ็กทีฟ.....	7
2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS).....	8

2.3.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS).....	9
2.3.2 หน้าที่ของ GIS (How GIS Works).....	10
2.3.3 ลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Data)	11
ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data).....	11
2.3.4 เทคนิคและวิธีการนำเข้าสู่ข้อมูล	12
2.3.5 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในด้านต่าง ๆ	13
2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก	15
2.5.1 ดาวเทียม LANDSAT	15
2.5.2 ดาวเทียมTHEOS (Thailand Earth Observation System).....	15
2.6 การแปล ตีความ และการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม (Interpretation and Processing of Satellite Data)	17
2.6.1 การแปลด้วยสายตา.....	17
2.6.2 การประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์.....	19
2.6.3 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification decision rules).....	20
2.6.4 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน (Parallelepiped classification or Box classifier).....	20
2.7 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม.....	21
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 กำหนดพื้นที่ศึกษา	29
3.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ	29
3.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ	30
3.1.3 ที่ตั้งทางทหาร.....	31
3.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัย	31

3.2.1 โปรแกรม ArcGIS และ ArcGIS Server.....	31
3.2.2 โปรแกรม Google Earth Pro.....	32
3.2.3 โปรแกรม Microsoft Excel.....	32
3.3 การดำเนินงานวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
3.3.1 ขั้นตอนแผนผังการดำเนินงาน	34
3.3.2 ขั้นตอนข้อมูลในการจำแนก	35
3.3.3 ข้อมูลดาวเทียม (Satellite Data).....	35
3.3.3.1 ข้อมูล Landsat 5 MSS/TM	35
3.3.3.2 ข้อมูล Landsat 8.....	37
3.3.3.3 ข้อมูลดาวเทียมธีออส (THEOS)	38
3.3.4 ขั้นตอนการทำ Principal Components / Band Composite	39
3.3.5 ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Sample Site)	42
3.3.6 ขั้นตอนของการจำแนกประเภทขั้นข้อมูล (Classification)	48
3.3.7 การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment).....	50
3.3.8 ขั้นตอนการพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย (Web Application).....	54
3.3.9 การจัดการนำเข้าข้อมูล (Input Data).....	54
3.3.10 การสร้างแผนที่ในรูปแบบ Web Map	56
3.3.11 การสร้าง Web Application ด้วยเครื่องมือ Web AppBuilder.....	57
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	58
4.1 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 TM	58
4.2 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 8	61
4.3 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน THEOS.....	65
4.4 สรุปผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน	67

4.4.1 การแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่พบการเปลี่ยนแปลง	69
4.5 ผลการพัฒนาแผนที่ออนไลน์ Web Application ผ่าน GIS Portal	70
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	72
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย.....	72
5.2 การอภิปรายผลการศึกษา	73
ภาคผนวก.....	74
บรรณานุกรม.....	75
ประวัติผู้เขียน.....	79



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ประเภทชั้นข้อมูลที่ทำกรจำแนก	35
ตารางที่ 2 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 MSS/TM.....	36
ตารางที่ 3 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS.....	38
ตารางที่ 4 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียมไทยโชต.....	39
ตารางที่ 5 รายละเอียดการเลือกใช้แบนด์ และการผสมสี.....	40
ตารางที่ 6 จำนวนพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการเลือกแต่ละประเภทชั้นข้อมูล Landsat 5 TM	44



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ขั้นตอนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	9
รูปที่ 2 แสดงลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์.....	11
รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านป่าไม้	22
รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านการเกษตร	23
รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง.....	24
รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านการทำแผนที่	25
รูปที่ 7 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมโพ่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี	30
รูปที่ 8 แสดงข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี ลพบุรี (กรมอุตุนิยมวิทยา).....	31
รูปที่ 9 แผนผังการดำเนินงาน	34
รูปที่ 10 ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM ผสมสีแบบ False Color: RGB: 4, 3, 2	37
รูปที่ 11 การรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น (Band Components)	40
รูปที่ 12 กำหนดภาพสีผสมเท็จ Landsat 5 TM R:G:B 4:3:2.....	41
รูปที่ 13 กำหนดภาพสีผสมเท็จ Landsat 8 OLI/TIRS R:G:B 5:4:3	41
รูปที่ 14 กำหนดภาพสีผสมเท็จ THEOS R:G:B 4:2:3	42
รูปที่ 15 ขั้นตอนในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Sample Site).....	43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกองทัพบกมีที่ดินในความครอบครองและใช้ประโยชน์ มีจำนวนเนื้อที่ประมาณ 4.5 ล้านไร่ การบริหารจัดการที่ดินของกองทัพบกที่ผ่านมา ได้ดำเนินการตามระเบียบกองทัพบกว่าด้วยการปกครองและวิธีการจัดการที่ดินพุทธศักราช 2509 และ 2527 โดยได้กำหนดประเภทที่ดินในความครอบครองของกองทัพบกไว้ 4 ประเภท ได้แก่ ที่ดินกรรมสิทธิ์ของกองทัพบกหรือของทางราชการซึ่งใช้ในราชการกองทัพบก, ที่ดินสงวนและที่ดินหวงห้ามในความครอบครองของกองทัพบก, ที่ดินยืมจากหน่วยราชการอื่นหรือเอกชนและที่ดินเช่าจากหน่วยราชการอื่นหรือเอกชนกำหนดให้กรมยุทธโยธาทหารบก มีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องที่ดินของกองทัพบก และให้หน่วยมณฑลทหารบก เป็นหน่วยปกครองที่ดินมีหน้าที่ดูแลรักษาในเขตพื้นที่รับผิดชอบสำหรับหน่วยใช้ประโยชน์ที่ดินคือหน่วยทหารต่าง ๆ ที่กองทัพบก ให้เข้าไปใช้ประโยชน์ในที่ดินโดยมีหน้าที่ดูแลป้องกันที่ดินเพื่อประโยชน์ในราชการทหาร โดยสามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ในพื้นที่เป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ พื้นที่สำหรับการจัดตั้งหน่วยและพื้นที่สำหรับการฝึกภาคสนามนอกที่ตั้งหน่วย ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ทำการฝึกยังคงเป็นสภาพป่าสมบูรณ์เพื่อใช้สำหรับการฝึกในสภาพภูมิประเทศจริง มีพื้นที่ฝึกตั้งอยู่ในทุกภูมิภาคทั่วประเทศไทย โดยภารกิจหลักคือเพื่อการฝึกเพื่อป้องกันการรุกรานและรักษาอธิปไตยของประเทศไทย และสามารถดูแลรักษาเพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมได้ในคราวเดียวกัน

เนื่องจากสภาพปัจจุบันของประเทศและบริบทของสังคมและเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งด้านการพัฒนาประเทศ และการขยายตัวของเมืองอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีความต้องการทางด้านพื้นที่สูงเพิ่มขึ้น ซึ่งในปัจจุบันสถานการณ์การสู้รบขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นจากการรุกรานหรือการสู้รบระหว่างประเทศเพื่อแย่งชิงครอบครองดินแดนเพื่อขยายอาณาเขตแบบสมัยโบราณเกิดขึ้นได้ยากมาก ภารกิจต่าง ๆ ได้มีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสถานการณ์และภัยในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ภารกิจที่สำคัญอีกประการหนึ่งของกองทัพบกคือการดูแลรักษาพื้นที่ฝึก ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยในปัจจุบันพบว่าบริเวณพื้นที่ฝึกต่าง ๆ ทั่วประเทศมีพื้นที่ถูกบุกรุกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีขนาดใหญ่ จำนวนเนื้อที่มาก การดำเนินวิธีในการดูแลรักษาที่ดินไม่สามารถดูแลได้อย่างทั่วถึง ทำให้พื้นที่ที่ทหารหน่วยต่าง ๆ ดูแลรับผิดชอบ ถูกบุกรุกและเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่เพื่อ

นำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นจำนวนมาก ทั้งการบุกรุกในการอ้างสิทธิพื้นที่ทำกิน การบุกรุกพื้นที่เพื่อสร้างสิ่งปลูกสร้างในบริเวณพื้นที่ฝัก ทำให้เกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานเพื่อทำการฝักเป็นอย่างดี รวมถึงด้านความปลอดภัยต่อประชาชนและทรัพย์สินที่อยู่ในเขตพื้นที่ทำการฝัก อีกทั้งยังมีผลกระทบในด้านกฎหมายต่าง ๆ ตามมาอีกมากมาย

แนวทางการแก้ไขปัญหาการบุกรุกที่ดินสามารถนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ เพื่อการดำเนินการในการตรวจสอบและบันทึกเป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการบริหารจัดการที่ดินของกองทัพต่อไป และสามารถป้องกันการบุกรุกพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมทำการรวบรวมข้อมูลภาพที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ นำมาจัดทำฐานข้อมูลและโมเดลเพื่อวิเคราะห์ ในระบบเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อใช้ในการช่วยวิเคราะห์และเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบการพื้นที่เพื่อหาความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ซึ่งสามารถตรวจสอบพื้นที่ที่ถูกละเมิดได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและสูญเสียพื้นที่น้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยให้อำนาจที่เกี่ยวข้องที่ดูแลพื้นที่สามารถประหยัดเวลาและทรัพยากรต่าง ๆ ในการส่งกำลังพลเข้าพื้นที่เพื่อทำการลาดตระเวนตรวจสอบดูแลรักษาพื้นที่ และหากพื้นที่ในความรับผิดชอบ มีการตรวจพบความเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือมีกิจกรรมต่าง ๆ เกิดขึ้นในพื้นที่โดยไม่ได้รับอนุญาต เช่น มีการบุกรุกแผ้วถาง หรือมีสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เกิดขึ้นในพื้นที่ หน่วยลาดตระเวนจะสามารถใช้ระบบระบุพิกัดเพื่อแสดงตำแหน่งทางพื้นที่อย่างแม่นยำ ซึ่งการตรวจสอบเพื่อดูแลรักษาพื้นที่ในปัจจุบัน หน่วยรับผิดชอบพื้นที่มีหน้าที่ตรวจสอบลาดตระเวนมีการดำเนินยุทธวิธีและวงรอบในการลาดตระเวนเพื่อตรวจสอบแต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือและกำลังพล การเคลื่อนที่ในพื้นที่รับผิดชอบเพื่อลาดตระเวนในการตรวจสอบ มีพื้นที่ขนาดใหญ่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการตรวจสอบพื้นที่ได้อย่างทั่วถึง

จากปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและเทคนิคการอ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียมมาทดลองและประยุกต์ใช้ เพื่อศึกษาลักษณะการแสดงผลของภาพถ่ายดาวเทียม และศึกษาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จากการอ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียม โดยระบบเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศจะสามารถแสดงผลและระบุตำแหน่งของพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพื้นที่ที่คาดว่าจะมีการบุกรุกได้อย่างรวดเร็วและสามารถบอกขนาดและตำแหน่งพิกัดของพื้นที่ได้ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะช่วยให้อำนาจรักษาพื้นที่และป้องกันการบุกรุกพื้นที่ ในความครอบคลุมดูแลของกองทัพบกมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพื้นที่ตัวอย่างในการทำการดำเนินการวิจัยบริเวณพื้นที่ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี
- 2) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม บริเวณพื้นที่ตัวอย่าง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ในระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2563
- 3) จัดทำระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย ฝักระวัง ติดตามสถานการณ์บริเวณพื้นที่ตัวอย่างตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

จัดทำระบบเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก โดยการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต หรือ THEOS (Thailand Earth Observation System) ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT- 8 การประยุกต์ใช้โปรแกรม Arc GIS ในการวิเคราะห์ภาพเพื่อจัดทำแผนที่สำหรับการแสดงผล เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสภาพพื้นที่ จากภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้เทคนิคจัดทำระบบเพื่ออ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียมในการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจสอบได้ในพื้นที่โดยอัตโนมัติ โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบแผนที่ดิจิทัล และการแสดงผลที่ได้ผ่าน GIS Portal

1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

บริเวณพื้นที่ตัวอย่าง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี มีจำนวนพื้นที่ 40,428 ไร่ หรือ 64.768 ตารางกิโลเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทำให้ทราบถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2563

2) ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอดุสิต จังหวัดลพบุรี ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2563

3) ระบบภูมิสารสนเทศสามารถแสดงผลทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่และการใช้ประโยชน์ในที่ดินเพื่อใช้ในการตรวจสอบและบันทึกเป็นหลักฐาน ใช้ในการบริหารจัดการที่ดินของ กองทัพบก

4) หน่วยทหารที่รับผิดชอบดูแลพื้นที่สามารถนำระบบ ภูมิสารสนเทศไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น สามารถระบุตำแหน่งและแสดงขนาดของพื้นที่ที่ตรวจพบ การเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

5) สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อการดูแลรักษาพื้นที่ของกองทัพบกและส่วนงานอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบพื้นที่และป้องกันการบุกรุกในพื้นที่ได้รวดเร็วขึ้นและเกิดความเสียหายในพื้นที่น้อยที่สุด



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ หมายถึง การบูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และระบบดาวเทียมนำทางโลก (Global Navigation Satellite System: GNSS) เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ โดยที่การรับรู้จากระยะไกลซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ บนพื้นโลก (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558) เพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติได้โดยการเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีความละเอียดของภาพและประเภทของดาวเทียมหลากหลายขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละเรื่อง นอกจากนี้ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลเป็นข้อมูลที่ได้อมาอย่างรวดเร็ว สามารถตอบสนองความต้องการได้ทันทีสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (อัญญา บุญยงค์ และคณะ, 2561) สามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ วิเคราะห์ข้อมูลและประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ระบบดาวเทียมนำทางโลกสามารถนำมาใช้กำหนดตำแหน่งเชิงพื้นที่ และติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ (เกื้อกุล ปรีเปรม, 2549) เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศจึงเป็นวิทยาการที่สำคัญที่หลายหน่วยงานได้นำมาพัฒนาประเทศในหลากหลายด้าน เช่น ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เกษตร พังเมือง การจราจรและการขนส่ง ความมั่นคงทางการทหาร ภัยธรรมชาติ และการค้าเชิงธุรกิจ ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสามารถนำมาประกอบการวางแผนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2.2 การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

การรับรู้จากระยะไกล หมายถึง การได้มาของข้อมูล (Data acquisition) โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่อยู่ไกลออกไป และทำการสกัดสารสนเทศ (Information extraction) ต่าง ๆ จากข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจวัดเพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล ซึ่งองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้มีกระบวนการเริ่มจากการส่งพลังงานจากแหล่งพลังงานเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล การสกัดสารสนเทศต่าง ๆ

ออกมาจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดไปจนถึงการนำข้อมูลไปช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) รายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ (1) การได้มาของข้อมูล ประกอบด้วย แหล่งพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลก ระบบการตรวจวัดข้อมูลและการบันทึกข้อมูล (2) การสกัดข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ คือ การปรับเทียบข้อมูลเบื้องต้นและการพิมพ์ภาพ (Preprocessing calibration development and printing) การแปลตีความ (Interpretation) ซึ่งต้องอาศัยพื้นฐานความรู้และความเข้าใจของผู้แปล และการตรวจสอบในภาคสนาม เพื่อทำแผนที่และจัดการสารสนเทศต่อไป

ในทางการรับรู้จากระยะไกล รูปถ่ายเป็นรูปที่บันทึกบนฟิล์ม ส่วนภาพได้จากการบันทึกไว้บนฟิล์มหรืออาจจะได้จากการบันทึกด้วยระบบกวาดภาพ (Scanner system) ซึ่งเป็นการบันทึกข้อมูลเชิงเลข ทำให้สามารถได้มาซึ่งข้อมูลโดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ยาวกว่าช่วงคลื่นตามองเห็น เช่น ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) หรือในช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนาดาวเทียมสำรวจทรัพยากรขึ้นสู่วงโคจรหลายดวงเช่น LANDSAT SPOT IRS และ JERS-1 ซึ่งมีความละเอียดของภาพต่ำกว่า 100 เมตร และมีการประยุกต์ใช้ในด้าน การติดตามสิ่งแวดล้อม สำหรับดาวเทียม NOAA ซึ่งมีความละเอียดของภาพหยาบกว่าแต่ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างกว่า มีการใช้ประโยชน์ในทางอุตุนิยมวิทยา ดาวเทียมที่ใช้ประโยชน์ด้านอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ เช่น METEOSAT หรือ GOES ซึ่งโคจรแบบค้างฟ้า ในทิศทางเดียวกันกับทิศการหมุนของโลก โดยวงโคจรจะอยู่สูงจากพื้นผิวโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร การรับรู้จากระยะไกล แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ การรับรู้จากระยะไกลแบบแพสซีฟ (Passive remote sensing system) และการรับรู้จากระยะไกลแบบแอ็กทีฟ (Active remote sensing system)

2.2.1 การรับรู้จากระยะไกลแบบแพสซีฟ

เป็นการตรวจวัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้จากการสะท้อน (Reflect) หรือแผ่ (Emitted) จากพื้นผิว โดยแหล่งพลังงานในระบบตรวจวัดแบบแพสซีฟ คือพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถให้พลังงานที่ตรวจวัดได้ในช่วงคลื่นตามองเห็น (Visible) และอินฟราเรด (Infrared) ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงมาได้เรียกว่าหน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric window) มีเฉพาะในช่วงคลื่นที่ยาวกว่าช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) เท่านั้น ซึ่งถ้าสั้นกว่าความยาวคลื่นนี้จะถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) หน้าต่างบรรยากาศมีหลายช่วง ช่วงที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศมาได้ ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็น อินฟราเรดใกล้ บางส่วนของอินฟราเรดความร้อน (3-5 ไมโครเมตร และ 8-14 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานใน

บรรยากาศ (Energy interaction in atmosphere) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นขณะเดินทางมายังโลก กระบวนการอื่น ๆ ได้แก่ การกระจัดกระจาย (Scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆ ในบรรยากาศมีทิศทางไม่แน่นอน ซึ่งมี 3 ประเภท คือ การกระจัดกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค เล็กกว่าความยาวช่วงคลื่นที่ตกกระทบ ทำให้เกิดสภาวะหมอกควัน (Hahn, 2009) การกระจัดกระจายแบบมี (Mie scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น (Khumrae and Tongdeenok, 2020) เช่น น้ำ ไอน้ำ ฝุ่นละออง และการกระจัดกระจายแบบไม่เจาะจง (Non-selective scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวช่วงคลื่น เช่น หยดน้ำสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็น และอินฟราเรดเกือบเท่ากันทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีขาว สำหรับการหักเห เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) ซึ่งมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งภาพ ดังนั้นการสะท้อนจากวัตถุที่ถูกบันทึกได้นั้นขึ้นอยู่กับสภาพของบรรยากาศและความยาวคลื่นในขณะทำการตรวจวัด ตัวอย่างของดาวเทียมในระบบแพสซิฟ เช่น LANDSAT ระบบ MSS (Multispectral scanner) ประกอบด้วยข้อมูลใน 4 ช่วงคลื่น เริ่มจากเขียวถึงอินฟราเรดใกล้ ที่ความละเอียดของภาพ 80 เมตร ขณะที่ LANDSAT 5 ระบบ TM (Thematic Mapper) ประกอบด้วยข้อมูลใน 6 ช่วงคลื่น ความละเอียดของภาพ 30 เมตร และ 1 ช่วงคลื่นความร้อนความละเอียดของภาพ 120 เมตร ดาวเทียม SPOT 1,2 และ 3 ของประเทศฝรั่งเศสประกอบด้วยข้อมูล 2 ระบบ คือ ระบบหลายช่วงคลื่น (HRV) มีข้อมูล 3 ช่วงคลื่น ความละเอียดของภาพ 20 เมตร และระบบแพนโครมาติก (Panchromatic) มีความละเอียดของภาพ 10 เมตร นอกจากนี้การแผ่รังสีจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเคลวิน (K) ก็ถือเป็นการรับรู้จากระยะไกลแบบแพสซิฟเช่นกัน

2.2.2 การรับรู้จากระยะไกลแบบแอ็กทีฟ

การรับรู้จากระยะไกลแบบแอ็กทีฟเป็นระบบที่มนุษย์สร้างพลังงาน และส่งพลังงานมากระทบวัตถุเป้าหมาย ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Ulaby et al., 1981) เช่น ระบบเรดาร์ (RADAR: Radio Detection And Ranging) ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ถ่ายภาพด้วยระบบเรดาร์ ได้แก่ ดาวเทียม RADARSAT ของประเทศแคนาดา ถ่ายภาพโดยใช้ความยาวคลื่น 5.6 เซนติเมตร (C-Band) มีการถ่ายภาพในหลาย ๆ รูปแบบซึ่งทำให้ได้ความละเอียดของภาพและความกว้างของภาพแตกต่างกันออกไป สำหรับดาวเทียม ERS ได้ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศโดย The European Space Agency (ESA) สามารถถ่ายภาพได้เหมือนกับดาวเทียม RADARSAT ดาวเทียมทั้งสองดวงนี้มีการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปในทิศทางต่างกัน ซึ่งทิศทางการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า โพลาริเซชัน

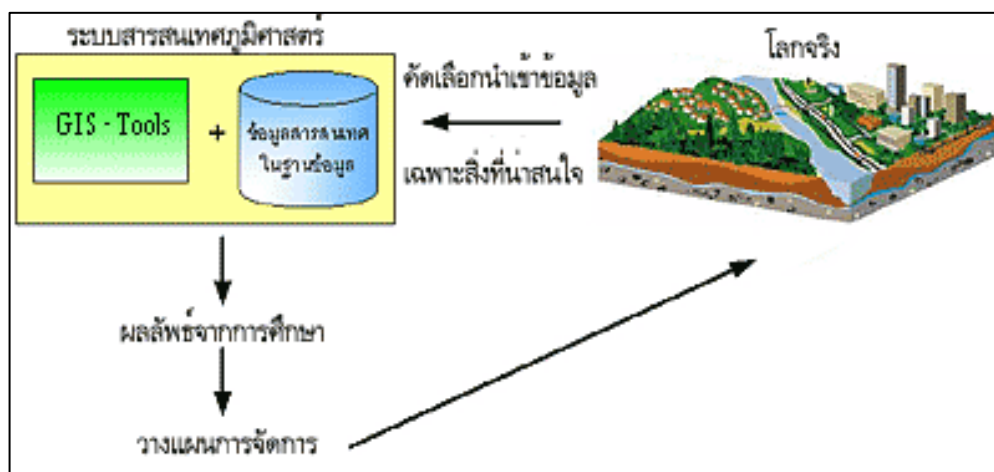
(Polarization) (Yan et al., 2020) ดาวเทียม RADARSAT ส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวนอน (Horizontal) ส่วนดาวเทียม ERS ส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวตั้ง (Vertical) ปัจจุบันดาวเทียมสำรวจทรัพยากรได้มีการออกแบบให้มีอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งในระบบแอ็กทิฟและแพสซิฟ เช่น ดาวเทียม JERS-1 และ ALOS ของประเทศญี่ปุ่น ENVISAT และ ERS ของกลุ่มประชาคมยุโรป

2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System: GIS คือกระบวนการการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2565) เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมายให้สามารถใช้งานได้ง่าย

GIS เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่5ถูกจัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่น ๆ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริงบนแผนที่ ข้อแตกต่างระหว่าง GIS กับ MIS นั้นสามารถพิจารณาได้จากลักษณะของข้อมูล คือ ข้อมูลที่จัดเก็บใน GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่แสดงในรูปของภาพ (graphic) แผนที่ (map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database) การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน (Ballas et al., 2017) จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อม ๆ กัน เช่นสามารถจะค้นหาตำแหน่งของจุดตรวจวัดควันท้า - ควันท้าได้โดยการระบุชื่อจุดตรวจ หรือในทางตรงกันข้าม สามารถที่จะสอบถามรายละเอียดของจุดตรวจจากตำแหน่งที่เลือกขึ้นมา ซึ่งจะต่างจาก MIS ที่แสดง ภาพเพียงอย่างเดียว โดยจะขาดการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับรูปภาพนั้น เช่นใน CAD (Computer Aid Design) จะเป็นภาพเพียงอย่างเดียว แต่แผนที่ใน GIS จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ คือค่าพิกัดที่แน่นอน ข้อมูลใน GIS ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Breslin, 1999) ข้อมูลใน GIS ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น

ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูล GIS ที่จะอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน(รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) โดยจากข้อมูลที่อยู่ เราสามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2565)



รูปที่ 1 ขั้นตอนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.3.1 องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS)

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ข้อมูล (Data) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) และ บุคลากร (People) (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2565) โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

2) โปรแกรม คือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชัน การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล, เรียกค้น, วิเคราะห์ และ จำลองภาพ

3) ข้อมูล คือ ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล โดยได้รับการดูแล จากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ รองลงมาจากบุคลากร

4) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือ วิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งาน โดยแต่ละระบบแต่ละหน่วยงานมีความแตกต่างกันออกไป ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้น ๆ

5) บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากรข้อมูลที่มีอยู่นั้น จะเป็นเพียงสิ่งที่ไม่มีความหมายเนื่องจากไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน

2.3.2 หน้าที่ของ GIS (How GIS Works)

ภาระหน้าที่หลัก ๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ควรมีอยู่ด้วยกัน 5 อย่าง (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2565) ดังนี้

1) การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (digital format) เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลรูปแบบดิจิทัลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้า เช่น Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น

2) การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบ จำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาดที่แตกต่างกัน หรือการใช้ระบบพิกัดแผนที่แตกต่างกัน

3) การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้ที่สุดคือ DBMS แบบ Relational หรือระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (DBMS) ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานคือข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง

4) การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือต้องมีการสอบถามข้อมูลอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น

5) การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดี เช่น การแสดงชาร์ต (chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริง

ภาพเคลื่อนไหว แผนที่ หรือแม้กระทั่งระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมาย และมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น

2.3.3 ลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์ (Geographic Data)

ปรากฏการณ์ หรือวัตถุต่าง ที่อยู่รอบตัวเรา แบ่งออกเป็น สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น แสดงลงบนแผนที่ด้วย จุด เส้น พื้นที่และตัวอักษร อธิบายสิ่งที่ปรากฏด้วยสี สัญลักษณ์ และข้อความบรรยาย โดยข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะต้องแสดงถึงที่ตั้งทาง ภูมิศาสตร์และที่ตั้งสัมพันธ์ของสถานที่หรือสื่อต่าง ๆ บนโลก (Mark et al., 2001)



รูปที่ 2 แสดงลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลกมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

1) ข้อมูลเชิงภาพ (Graphic data) สามารถแทนได้ด้วย 2 รูปแบบพื้นฐาน ได้แก่ ข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector format) คือ จุด (Point) เส้น (line) พื้นที่ (Polygon) และข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster format) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องเหลี่ยม เรียกว่า จุดภาพ หรือ Grid cell เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความสามารถแสดง

รายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ค่าที่เก็บในแต่ละจุดภาพสามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลก็ได้ Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector แต่เห็นได้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล

2) ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data) เป็นข้อความอธิบายที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงภาพเหล่านั้น เช่น ชื่อถนน, ลักษณะ พื้นผิว และจำนวนช่องทางวิ่งของเส้นถนนแต่ละเส้น เป็นต้น

2.3.4 เทคนิคและวิธีการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูล (Input data) เป็นกระบวนการบันทึกข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การสร้างฐานข้อมูลที่ละเอียด ถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติงานด้วยระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ซึ่งจำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพข้อมูล ที่จะนำเข้าสู่ระบบในเรื่องแหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการสำรวจข้อมูลมาตราส่วนของแผนที่ ความถูกต้อง ความละเอียด พื้นที่ที่ข้อมูลครอบคลุมถึงและปีที่จัดทำข้อมูล เพื่อประเมินคุณภาพ และคัดเลือกข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

1) การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ อาจทำได้หลายวิธี แต่นิยมทำกันในปัจจุบัน ได้แก่ การดิจิไทซ์ (Digitize) และการกวาดตรวจ (Scan) ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีข้อดี และข้อด้อยต่างกัน การนำเข้าข้อมูลโดยวิธีกวาดตรวจจะมีความรวดเร็วและถูกต้องมากกว่าวิธีการนำเข้าข้อมูลแผนที่โดยโต๊ะดิจิไทซ์ และเหมาะสมสำหรับงานที่มีปริมาณมาก การนำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไทซ์จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และเหมาะสมสำหรับงานที่มีปริมาณน้อย การใช้เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) เป็นการแปลงข้อมูลเข้าสู่ระบบโดยนำแผนที่มาตรึงบนโต๊ะ และกำหนดจุดอ้างอิง (control point) อย่างน้อยจำนวน 4 จุด แล้วนำตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) ลากไปตามเส้นของรายละเอียดบนแผนที่ การใช้เครื่องกวาดภาพ (Scanner) เป็นเครื่องมือที่วัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากลายเส้นบนแผนที่ ผลลัพธ์เป็นข้อมูลในรูปแบบแรสเตอร์ (raster format) ซึ่งเก็บข้อมูลในรูปของตารางกริดสี่เหลี่ยม (pixel) ค่าความคมชัดหรือความละเอียดมีหน่วยวัดเป็น DPI: dot per inch แล้วทำการแปลงข้อมูลแรสเตอร์ เป็นข้อมูลเวกเตอร์ ที่เรียกว่า Raster to Vector conversion ด้วยโปรแกรม GEOVEC for Microstation หรือ R2V (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2565)

2) การนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยาย ข้อมูลเชิงบรรยายที่จำแนกและจัดหมวดหมู่แล้ว นำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลด้วยแป้นพิมพ์ (Keyboard) เช่น Foxpro, Access หรือ Excel

2.3.5 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในด้านต่าง ๆ

1) ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์เป็นระบบสารสนเทศของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลอันซับซ้อนของพื้นที่ที่ต้องการตัดสินใจวางแผนหรือแก้ปัญหา เพิ่มความรู้ข้อมูลในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยสามารถประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการตอบคำถามหรือสนับสนุนการตัดสินใจ ตั้งแต่คำถามง่าย ๆ เกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่ตั้ง ไปจนถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อทดลองตั้งสมมติฐาน เช่น ที่ตั้งอำเภอยู่ที่ไหน ผู้ป่วยที่มารับการรักษาอาศัยอยู่ ณ ที่ใด พื้นที่ในตำบลใดเหมาะสมที่จะส่งเสริมการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ จะตั้งด่านตรวจ ณ จุดใด รถดับเพลิงจะวิ่งผ่านถนนเส้นใด เพื่อให้ถึงจุดเกิดเหตุเร็วที่สุด โดยใช้ระยะทางสั้นที่สุด การประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านต่าง ๆ

2) ด้านเศรษฐกิจในต่างประเทศมีการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยเหลือในการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลาย เช่น การวางแผนการใช้ทรัพยากรในการผลิต การวิเคราะห์ความพร้อมของวัตถุดิบและแรงงาน รวมถึงความต้องการของประชากรในแต่ละพื้นที่จากข้อมูลพื้นฐาน เช่น อายุ การศึกษา รายได้ เป็นต้น การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสินค้าหรือวัตถุดิบตามศักยภาพของแต่ละพื้นที่ การตั้งศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

3) ด้านคมนาคมขนส่ง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการคมนาคมขนส่ง เช่น การวางแผนเส้นทางการเดินรถประจำทาง การวางแผนการสร้างทางคมนาคม ทางรถไฟ ทางด่วน ทางเดินเรือ และเส้นทางการบิน ฯลฯ เพราะหนึ่งในความสามารถในการวิเคราะห์พื้นที่ของ GIS คือ การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของปริมาณการจราจรในแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์เส้นทางการท่องเที่ยวด้านศาสนสถาน สถาบันการศึกษา และแหล่งความรู้ในจังหวัด

4) ด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน การจัดหาสาธารณูปโภคพื้นฐานไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ตามความต้องการของประชาชนนั้น GIS ได้เข้ามามีบทบาทอันสำคัญในการวางแผนในการสร้างถนน การเดินสายไฟฟ้าท่อประปา รวมถึงการวางแผนในการบำรุงรักษาสาธารณูปโภคพื้นฐานเหล่านี้ นอกจากนี้ ยังใช้ในการวิเคราะห์ถึงเงื่อนไขความต้องการสาธารณูปโภคด้านต่าง ๆ เช่น วิเคราะห์ความเร่งด่วนในการให้บริการตามความหนาแน่นของประชาชนในพื้นที่ หรือความเปลี่ยนแปลงของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการให้บริการสาธารณูปโภคพื้นฐานเท่านั้น

5) ด้านการสาธารณสุข การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริหารจัดการภาครัฐกับงานทางด้านสาธารณสุขมีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การระบุตำแหน่งของผู้ป่วยโรคต่าง ๆ การวิเคราะห์ การแพร่ของโรคระบาดหรือแนวโน้มการระบาดของโรค ซึ่งการประยุกต์ใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถวางแผนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6) ด้านการบริการชุมชน การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริการชุมชน จะเกี่ยวข้องในส่วนของการให้บริการของรัฐกับประชาชนโดยทั่วไป ซึ่งประชาชนในแต่ละพื้นที่จะมีความต้องการบริการจากภาครัฐแตกต่างกันไป การใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงความต้องการของประชาชนโดยการให้บริการสาธารณะได้อย่างเป็นพลวัตร

7) ด้านการบังคับใช้กฎหมายและการป้องกันอาชญากรรม มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การกำหนดจุดเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมเพื่อตั้งป้อมตำรวจ การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม โดยการบันทึกจุดที่เกิดอาชญากรรมไว้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยง

8) ด้านการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นหนึ่งในกิจกรรมการประยุกต์ใช้ GIS ที่แพร่หลายที่สุด เพราะความสามารถในการวิเคราะห์ ประเมินผล และนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการวางแผนผังเมือง และการจัดการเมืองสามารถกระทำได้อย่างสะดวกทั้งการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่

9) ด้านการจัดเก็บภาษี การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการจัดเก็บภาษี โดยอาศัยข้อมูลแผนที่ มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1: 1,000 ซึ่งสามารถมองเห็นขอบเขตของอาคาร เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล การชำระภาษีอากร ซึ่งภาครัฐสามารถทำการติดตาม ตรวจสอบผลการจัดเก็บภาษีได้โดยสะดวก เพราะข้อมูลของสถานประกอบการ บ้านเรือน ฯลฯ ที่ชำระค่าภาษีอากรต่าง ๆ แล้วจะสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างได้โดยชัดเจนแผนที่ ทำให้สามารถค้นหา หรือติดตามการชำระภาษีอากรได้โดยสะดวก และทำให้การจัดเก็บภาษีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

10) ด้านสิ่งแวดล้อม การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อทดลองสร้างแบบจำลองทางด้านสิ่งแวดล้อมมีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงการถล่มของภูเขา การสร้างแบบจำลองระดับน้ำใต้ดิน แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ แบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงของ พื้นที่ป่าไม้ตามเวลาที่เปลี่ยนไป แบบจำลองแสดงการแพร่หลายของมลพิษในอากาศหรือแบบจำลองสามมิติของเมือง ซึ่งการสร้างแบบจำลองใน GIS จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจกับลักษณะของพื้นที่ได้โดยง่าย และเป็นการเพิ่มการรับรู้แบบเสมือนจริงในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ GIS สามารถประยุกต์ใช้ทั้งในการวางแผนและบริหารจัดการ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเรื่องวิกฤตสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ศึกษาสาเหตุปัจจัยแหล่งกำเนิดมลพิษ ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อสร้าง Model ในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของที่ดิน และสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวจะส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี

11) ด้านการติดตามทรัพยากรป่าไม้ การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ช่วยในการจัดการป่าไม้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ที่มีความถูกต้องสูงขึ้นไป เช่น ในระดับมาตราส่วน 1:4,000 หรือดีกว่า เพื่อนำฐานข้อมูล GIS ที่ได้รับมาใช้ติดตามการบุกรุกพื้นที่ป่าที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมและสภาพแวดล้อมเป็นผลทำให้ความสมดุลทางธรรมชาติเสียไป

12) ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและภัยพิบัติ สิ่งที่เป็นมาที่สุดในการจัดการในสภาวะฉุกเฉิน คือ การรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุด เพื่อทำการตัดสินใจให้เร็วที่สุด ผิดพลาดน้อยที่สุด และมีประสิทธิผลมากที่สุด GIS ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงในเวลาอันรวดเร็ว รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต่อมาตรการในการป้องกัน

2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกที่สำคัญซึ่งใช้งานในอดีตถึงปัจจุบันดังนี้

2.5.1 ดาวเทียม LANDSAT

เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกของโลกขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี พ.ศ. 2515 โดยองค์การNASA ต่อมาได้โอนกิจการให้บริษัทเอกชน EOSAT เพื่อดำเนินการเชิงพาณิชย์ ปัจจุบันปฏิบัติการเฉพาะดาวเทียมLANDSAT5 ซึ่งมีเครื่องรับรู้ 2 ระบบคือ ระบบเครื่องกราดภาพหลายสเปกตรัม (Multispectral Scanner: MSS) มี 4 ช่วงคลื่นครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร ความละเอียดภาพ 80 เมตร และระบบธีแมติกแมพเตอร์ (Thematic mapper: TM) บันทึกข้อมูลใน 7 ช่วงคลื่น ความละเอียดภาพ 30 เมตร (ยกเว้นแบนด์ 6 ความละเอียดภาพ 120 เมตร) และเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542 ดาวเทียมLANDSAT7ได้ถูกส่งขึ้นปฏิบัติงาน โดยมีเครื่องรับรู้ระบบธีแมติกแมพเพอร์เพิ่มสถานะ (Enhanced Thematic Mapper Plus: ETM+) ที่พัฒนามาจากระบบ TM โดยแบนด์ 6 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน มีความละเอียดภาพ 60 เมตร และระบบแพนโครมาติก ความละเอียด 15 เมตร (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. ,2558)

2.5.2 ดาวเทียมTHEOS (Thailand Earth Observation System)

เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกของไทยที่เกิดขึ้นจากความร่วมมือทางเทคโนโลยีอวกาศระหว่างรัฐบาลไทยและฝรั่งเศส โดยมีสำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานกลาง ในการดำเนินการสร้างดาวเทียม THEOS โดยได้ลง

นามกับบริษัท EADS Astrium เมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2547 โครงการดาวเทียม THEOS ประกอบด้วย การออกแบบ การพัฒนา การส่งดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศ การควบคุมดาวเทียม และการดำเนินการภาคพื้นดินต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยพัฒนาร่วมกับบริษัท EADS Astrium ประเทศฝรั่งเศส ดาวเทียม THEOS เป็นระบบที่สามารถบันทึกข้อมูลภาพได้ทั้งในช่วงคลื่นตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ดาวเทียม THEOS ได้รับการออกแบบให้มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 5 ปี และจะขึ้นสู่วงโคจรที่ระดับความสูง 830 กิโลเมตร ในปลายปี พ.ศ. 2550 โดยข้อมูลที่บันทึกจากเครื่องรับรู้จะส่งมายังส่วนรับภาพภาคพื้นดิน (Image Ground Segment: IGS) ซึ่งเป็นส่วนควบคุมภาคพื้นดิน (Control Ground Segment: CGS) ที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อการสั่งการและควบคุมดาวเทียมเครื่องรับรู้ของดาวเทียม THEOS ทำการบันทึกภาพพื้นผิวโลกด้วยอุปกรณ์ Charge Coupled Devices (CCD) ณ ระนาบรวมแสงของระบบเชิงแสงที่มีความเที่ยงตรงสูง องค์ประกอบภายในกล้องบันทึกภาพขาวดำ (กระจกหลักและระนาบรวมแสง) ทำจากวัสดุ Silicon Carbide (SiC) ซึ่งทำให้ระบบมีความเสถียรเป็นอย่างยิ่ง ส่วนเครื่องรับรู้ระบบหลายสเปกตรัมเป็นแบบ Dioptric ซึ่งมีแผ่นกรองแสง 4 อัน ที่ระนาบรวมแสงของกล้องแต่ละตัวมีอุปกรณ์ CCD ซึ่งจะแปลงข้อมูลจากแสงที่สะท้อนจากพื้นโลกให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ทั้งนี้หลักการพื้นฐานในการบันทึกภาพเรียกว่า “Push broom scanning” โดยเป็นการบันทึกแต่ละเส้นของภาพแบบอิเล็กทรอนิกส์ แล้วรวมเส้นที่ต่อเนื่องกันให้เป็นภาพที่สมบูรณ์ตามการเคลื่อนที่ของแนวเล็ง (Line of sight) บนพื้นโลก ความละเอียดช่วงคลื่นของเครื่องรับรู้หลายสเปกตรัม คล้ายคลึงกับความละเอียดช่วงคลื่นของดาวเทียม SPOT แต่อย่างไรก็ตามช่วงคลื่นแพนโครมาติกของดาวเทียม THEOS ครอบคลุมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ด้วยวงโคจรดาวเทียม THEOS ดาวเทียม THEOS จะโคจรผ่านระนาบศูนย์สูตรจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้เวลา 10.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น โดยมีคาบโคจรรอบโลก 1 รอบ ใช้เวลา 101 นาที และจะโคจรถ่ายภาพซ้ำที่เดิมทุก ๆ 26 วัน โคจรรอบโลกทั้งสิ้น 369 วงโคจร หรือ 1 รอบวงโคจร (ดาวเทียมโคจรรอบโลก $14 + \frac{5}{26}$ รอบต่อวันโดยเฉลี่ย) และโคจรลักษณะเดียวกันตลอด ซึ่งระยะห่างระหว่างวงโคจรแต่ละวงเท่ากับ 105 กิโลเมตร สามารถถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกภายใน 35 วัน โดยใช้เครื่องรับรู้ระบบหลายสเปกตรัม และภายใน 130 วันเมื่อใช้เครื่องรับรู้ระบบแพนโครมาติกกล้องดาวเทียม THEOS สามารถปรับมุมเอียงได้สูงถึง 50 องศา ทำให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นในการกลับมาบันทึกภาพบริเวณเดิม และภายใน 1 วันดาวเทียมสามารถถ่ายภาพได้กว่า 90% ของพื้นที่โลก สมรรถนะในการปรับเอียงกล้องของดาวเทียมทำให้สามารถถ่ายภาพได้ทุกพื้นที่ภายในแนวการบันทึก 1,000 กิโลเมตร เมื่อปรับเอียงกล้อง 30 องศา ความสามารถนี้ช่วยเพิ่มความถี่ในการถ่ายภาพพื้นที่ภายในการโคจรรอบโลก 1 รอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูดของพื้นที่ สำหรับประเทศไทยสามารถถ่ายภาพพื้นที่ที่ต้องการได้ถึง 9 ครั้งใน 26 วัน หรือ 126 ครั้งใน 1 ปี กล่าวคือ โดยเฉลี่ยแล้วสามารถถ่ายภาพได้ทุก ๆ 3 วันและใช้เวลาไม่เกิน 5 วันสมรรถนะในการปรับเอียงกล้องเพื่อถ่ายภาพ

ดาวเทียม THEOS มีความสามารถสูงในการปรับเอียงเพื่อถ่ายภาพ สามารถถ่ายภาพได้หลายเป้าหมายในการโคจรผ่าน 1 ครั้ง พื้นที่ภายใต้มุมเอียง 12 องศา จากแนวตั้งใต้ดาวเทียม (Nadir) ถือว่าเป็นภาพใกล้แนวตั้ง โดยปกติแล้วการบันทึกภาพจะอยู่ภายใต้มุมเอียง 30 องศา แต่เมื่อมีการกิจกรรมเร่งด่วนสามารถถ่ายภาพได้ถึงมุมเอียง 50 องศา ความกว้างแนวถ่ายภาพของภาพแพนโครมาติกมีความกว้างประมาณ 22 กิโลเมตร และหลายสเปกตรัมมีความกว้างประมาณ 90 กิโลเมตร ความสามารถในการถ่ายภาพสามมิติดาวเทียมTHEOS สามารถโปรแกรมการถ่ายภาพคู่ภาพถ่ายภาพทวิตราง (Stereo pair) เพื่อแสดงถึงทวิตรางของภูมิประเทศและสร้างแบบจำลองความสูงได้ โดยสามารถกระทำได้ คือ ถ่ายภาพพื้นที่เดียวกันจากสองแนวการโคจรโดยการเอียงกล้องในมุมที่ต่างกัน และเอียงกล้องเพื่อถ่ายภาพไปข้างหน้าและย้อนหลังในแนวโคจรเดียวกัน

2.6 การแปล ตีความ และการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม (Interpretation and Processing of Satellite Data)

การแปล ตีความ และการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม แบ่งได้ 2 วิธี คือ การแปลด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Image Processing) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558)

2.6.1 การแปลด้วยสายตา

ใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญได้แก่

1) ความเข้มของสีและสี (Tone/Color) ระดับของความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่ง ๆ มีความสัมพันธ์กับค่าสะท้อนของช่วงคลื่นและการผสมสีของช่วงคลื่นต่าง ๆ เช่น น้ำในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ถูกดูดกลืนทำให้ปรากฏเป็นสีดำ ในภาพสีผสมพีชพรรณปรากฏเป็นสีแดง เมื่อกำหนดให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นสีแดง ช่วงคลื่นสีแดงกำหนดให้เป็นสีเขียว และช่วงคลื่นสีเขียวกำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน

2) ขนาด (Size) ขนาดของภาพวัตถุที่ปรากฏในข้อมูลจากดาวเทียมขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและมาตราส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม เช่น ความยาว ความกว้าง หรือ พื้นที่ แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดระหว่างแม่น้ำและลำคลอง

3) รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เฉพาะตัวอาจสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอ วัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนน คลองชลประทาน และเขื่อนกักเก็บน้ำ เป็นต้น

4) รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างทางธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลองกับคลองชลประทาน หรือบ่อ สระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น

5) ความสูงและเงา (Height and Shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการคำนวณหาความสูง และมุมสูงของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ เป็นต้น

6) ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลน พบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น

7) ความเกี่ยวพัน (Association) หมายถึงความเกี่ยวพันขององค์ประกอบทั้ง 7 ที่กล่าวมา เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่ม ๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขานากุ้งอยู่บริเวณชายฝั่งรวมกับป่าชายเลน เป็นต้น

การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุและความถูกต้อง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อม ๆ กันไปตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจไม่แน่นอนเสมอไป รูปร่าง สี และขนาด อาจใช้เป็นองค์ประกอบในการแปลตีความภาพพื้นที่หนึ่งหรือลักษณะหนึ่ง ส่วนอีกบริเวณอื่นของพื้นที่เดียวกันอาจต้องใช้องค์ประกอบอีกอย่างก็ได้ นอกจากนี้จำเป็นต้องนำข้อมูลดาวเทียมอีก 3 ลักษณะ มาประกอบการพิจารณา (Lasaponara and Masini, 2012) คือ

1) ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (Spectral Characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวของช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์โดยวัตถุต่าง ๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วย

2) ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Spatial Characteristic) แตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80x80 เมตร จึงจะปรากฏในภาพ และระบบ PLA มีขนาด 10 x 10 เมตร เมื่อคู่เคียงกับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียม

3) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal Characteristic) ซึ่งทำให้สถานะของวัตถุต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้มีความแตกต่างของระดับสีในภาพขาวดำและภาพสีผสม ทำให้เราสามารถใช้อัตราส่วนที่ถ่ายซ้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่า การเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

2.6.2 การประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1) กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre - Processing) การปรับแก้ภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของวัตถุ สัญญาณที่รบกวน และความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูล สัญญาณการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียม มีกระบวนการปรับแก้ 2 กระบวนการ ที่ต้องกระทำ คือ (1) การตรวจแก้คลื่นรังสี (Radiometric Correction) เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การรบกวนของชั้นบรรยากาศ หรือจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ ทำให้เกิดความไม่ชัดเจน พร่ามัว มีลายเส้นปะปนปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียม หรือเมื่อต้องการใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลาเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง ต้องทำการปรับแก้ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (Sun Elevation Correction) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละช่วงเวลาและแต่ละฤดูกาล การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการตรวจแก้คลื่นรังสีพร้อมทั้งต้องมีรายละเอียดตัวแปร (Parameters) เกี่ยวกับการรับสัญญาณมุมที่ดาวเทียมกระทำกับแสงอาทิตย์ (Solar Illumination Angle) ค่ารังสีตกกระทบ (Irradiance) การกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) ค่าการสะท้อนของวัตถุเป้าหมาย (Reflectance of Target) ค่าการส่งผ่านของบรรยากาศ เป็นต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) และข้อมูลสภาวะอากาศในขณะทำการบันทึกข้อมูล การปรับแก้มีกรรมวิธีในการคำนวณที่ซับซ้อนมากโดยต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่มีโปรแกรมเฉพาะสำหรับการตรวจแก้คลื่นรังสี (2) การตรวจแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เนื่องจากพิกัดและตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณและรูปร่างของวัตถุ การตรวจแก้เชิงเรขาคณิตมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องการนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้งานร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ เพื่อให้สามารถซ้อนทับกันได้ หรือหากต้องการศึกษาปรากฏการณ์อย่างหนึ่งในหลายช่วงเวลา การเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละช่วงเวลาต้องมีระบบพิกัดเดียวกัน จึงจะสามารถซ้อนข้อมูลแต่ละเวลาลงกันได้สนิท จึงจำเป็นต้องทำการตรวจแก้เชิงเรขาคณิต

2) การเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทาเพื่อเพิ่มรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ หรือการเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุ ทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนมากขึ้น หรือสามารถเน้นความคมชัดเฉพาะในส่วนที่ต้องการศึกษาช่วยให้การตีความประเภทวัตถุง่ายมากขึ้น แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการแปลตีความด้วยสายตา เพื่อกำหนดประเภทข้อมูลก่อนที่นำไปใช้เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูล (Maini and Aggarwal, 2010) เทคนิคต่าง ๆ ที่จะใช้ในการเน้นข้อมูลภาพนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าจุดภาพ วัตถุประสงค์ของการเน้นข้อมูล ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการเน้นข้อมูลภาพ

และพื้นฐานของผู้วิเคราะห์ ซึ่งจะต้องมีประสบการณ์ในการวิเคราะห์และเทคนิคการเน้นข้อมูลระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุในข้อมูลภาพ

2.6.3 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification decision rules)

กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum distance to means) เป็นกฎการจำแนกที่ง่ายที่สุดและทำงานได้เร็วที่สุด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1) การคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเลข (DN) ของข้อมูลตัวอย่างจากทุกช่วงคลื่น ค่าเฉลี่ยนี้เรียกว่า เวกเตอร์ ค่าเฉลี่ย (Mean vector)

2) จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ในข้อมูลที่จะนำมาจำแนกนั้น ถูกจัดให้อยู่ในชั้นข้อมูลที่อยู่ใกล้เวกเตอร์ ค่าเฉลี่ยของชั้นนั้น

3) แนวขอบเขตของข้อมูล (Data boundary) ถูกกำหนดให้อยู่รอบเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย ดังนั้นหากจุดภาพใดตกอยู่นอกขอบเขตก็จะถูกจำแนกเป็นค่าที่ไม่ทราบ (Unknown) (Stefanowski and Vanderpooten, 2001)

การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะห่างต่ำสุด ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน และจะไม่มีจุดภาพใดที่ไม่ถูกการจำแนก แต่จะมีการคำนวณมากขึ้น และมีข้อเสียหากระยะห่างต่ำสุดของจุดภาพ ใกล้เคียงกับกลุ่มประเภทข้อมูลมากกว่า 1 กลุ่ม การจำแนกให้จุดภาพนั้นเข้าไปอยู่ในประเภทข้อมูลหนึ่งอาจมีความผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามในการจำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธีนี้มีข้อจำกัดหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุดคือ ทำงานได้ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพกับข้อมูลที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้กันมากนักกับชั้นข้อมูลที่มีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกันและความแปรปรวนสูง (Denniss, 1995 cited in Lillesand and Kiefer, 1994); สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

2.6.4 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน (Parallelepiped classification or Box classifier)

เป็นการจำแนกที่นิยมใช้มากที่สุดในงานประมวลผลข้อมูลเพราะทำงานได้รวดเร็ว มีขีดความสามารถในการคำนวณสูง การทำงานของวิธีนี้เป็น การจำแนกจุดภาพออกโดยกำหนดค่าจำนวนตัวเลขต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละช่วงคลื่น หรือใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเสมือนกับเอากรอบสี่เหลี่ยมไปวางรอบ ๆ ชั้นข้อมูลในข้อมูลตัวอย่าง จุดภาพก็จะถูกจำแนกตามกลุ่มที่ตกอยู่ในขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยมหนึ่ง การจำแนกประเภทข้อมูลแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน มีข้อดีที่สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์รวดเร็ว เนื่องจากวิธีการคำนวณไม่ซับซ้อน แต่มีข้อบกพร่องที่จะเกิดการปะปนของประเภทข้อมูลสูง เพราะค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดบางส่วนของแต่ละประเภทข้อมูล จะเกิดการตกอยู่ในช่วงค่าเดียวกัน จน

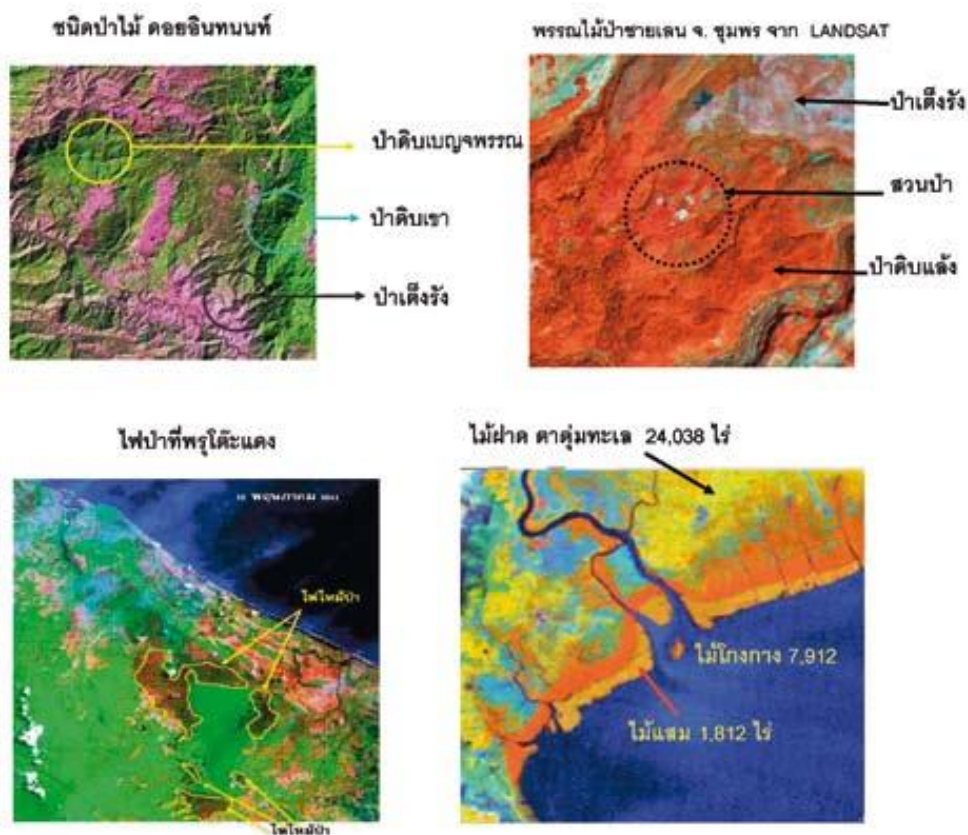
เครื่องไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดได้ เกิดเป็นข้อมูลที่จำแนกประเภทไม่ได้ จำนวนมาก หรือกล่าวได้ว่าถ้าขอบสีเหลื่อมซ้อนกัน ก็จะทำให้เกิดความยากในการตัดสินใจในการจัดจุดภาพให้อยู่ในชั้นข้อมูลประเภทใด การเหลื่อมกันของรูปสีเหลื่อมนี้มีโอกาสเกิดขึ้นสูงกับข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์สูง (High correlation) หรือค่าความแปรปรวนร่วมสูง (High covariance) (Jog and Dixit, 2016) อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถทำการแก้ไขได้โดยการปรับขนาดของกรอบสีเหลื่อมให้มีขนาดเล็กลง

กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการคำนวณมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ (Curran, 1985) หลักการทำงานคือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ยค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribute) การกระจายตัวของจุดภาพรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย อธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็นหรือ “Probability Function” ข้อเสียเปรียบของการจำแนกประเภทข้อมูลชนิดนี้คือใช้เวลาในการคำนวณมากเพื่อที่จะจำแนกค่าของจุดภาพแต่ละค่าให้อยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่ง

2.7 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม

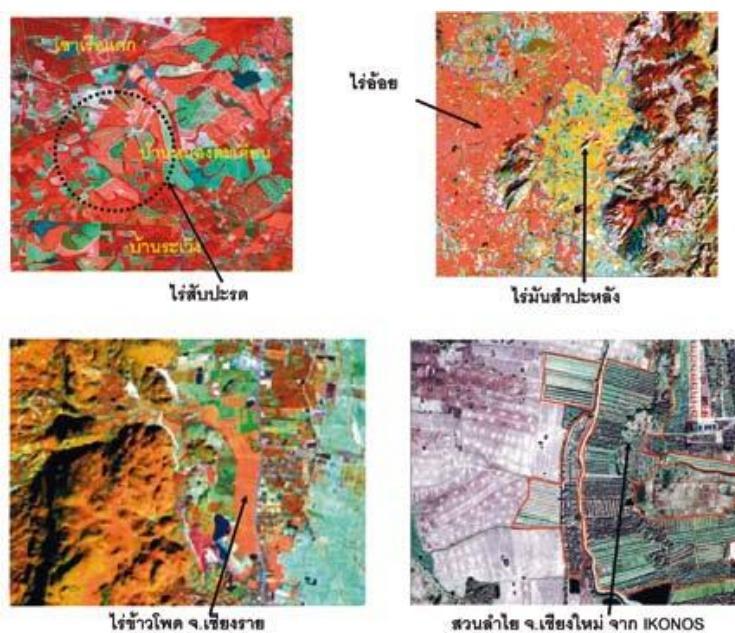
ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรถูกนำไปใช้ประยุกต์อย่างกว้างขวาง เริ่มแรกเป็นการใช้แปลตีความด้วยสายตา ข้อมูลในลักษณะภาพถ่าย ภาพพิมพ์ หรือฟิล์ม ปัจจุบันใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและการที่ดาวเทียมบันทึกภาพตามเวลาการโคจรที่กำหนด ทำให้ได้รับข้อมูลที่ทันสมัยตามช่วงเวลา สามารถที่นำไปใช้ประโยชน์ผสมผสานกับข้อมูลอื่น ๆ เพื่อการบริหารและจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนต่อ สามารถสรุปการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมในด้านต่าง ๆ ได้ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2559) ดังนี้ ด้านป่าไม้ใช้ในการศึกษาจำแนกชนิดป่าไม้ต่าง ๆ พรรณไม้ป่าชายเลน สวนป่า เป็นต้น

- 1) การประเมินหาพื้นที่ไฟป่า และติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้มาอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านป่าไม้

2) ด้านการเกษตรใช้ในการศึกษาหาพื้นที่เพาะปลูก พืชเศรษฐกิจต่าง ๆ การพยากรณ์ผลผลิต ประเมินความเสียหายจากภัยธรรมชาติและจากศัตรูพืช ตลอดจนการวางแผนกำหนดเขตเพาะปลูก พืชเศรษฐกิจ เช่น ลำไย ข้าว อ้อย ข้าวโพดมันสำปะหลัง สับปะรด ปาล์มน้ำมัน และยางพารา



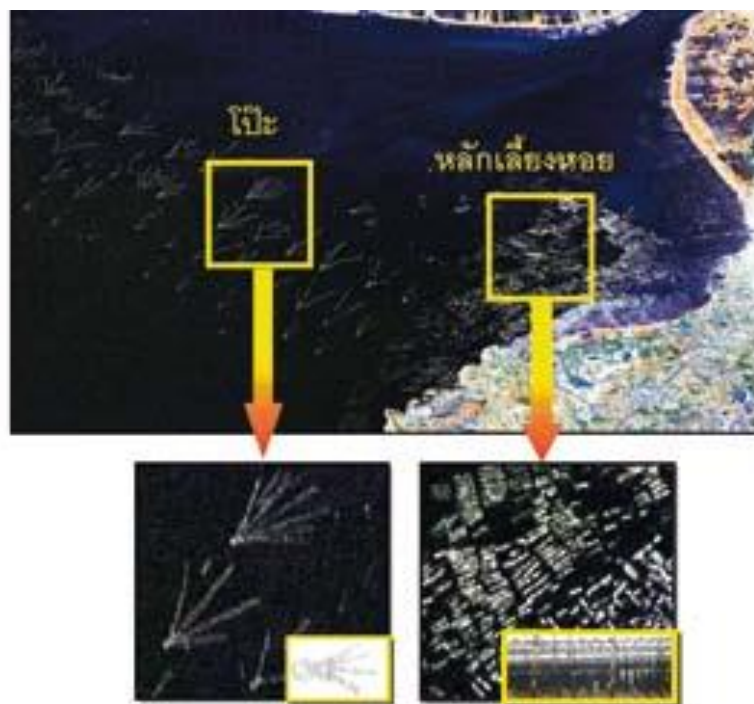
รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านการเกษตร

3) ด้านการใช้ที่ดินข้อมูลจากดาวเทียมใช้ในการทำแผนที่การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินที่ทันสมัย และต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม

4) ด้านธรณีวิทยา และธรณีสัณฐาน ข้อมูลด้านโครงสร้างทางธรณี โดยเฉพาะลักษณะ ภูมิประเทศ และธรณีสัณฐาน สามารถศึกษาได้อย่างชัดเจนจากข้อมูลจากดาวเทียม การทำแผนที่ ธรณีโครงสร้างของประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานที่บอกถึงแหล่งแร่แหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ ตลอดจน แหล่งน้ำบาดาล และการวางแผนการสร้างเขื่อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำเอาข้อมูลจาก ดาวเทียมไปใช้ศึกษาทางด้านโบราณคดี เช่น พื้นที่เมืองโบราณ แนวรอยเลื่อนของเปลือกโลก ขอบเขตของหินต่างชนิดกัน เป็นต้น

5) ด้านอุทกวิทยา และการจัดการทรัพยากรน้ำ ข้อมูลจากดาวเทียมมีบทบาทสำคัญในการให้ ข้อมูลเกี่ยวกับคลองชลประทาน แม่น้ำ ลำคลอง อ่างเก็บน้ำ และเขื่อน การศึกษาการแพร่กระจาย ของตะกอนในอ่างน้ำเพื่อการบำรุงรักษาเขื่อน การทำแผนที่น้ำท่วมเพื่อประเมินความเสียหายจาก อุทกภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ในการวางแผนป้องกันน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก และบรรเทาช่วยเหลือ ราษฎรประสบภัยน้ำท่วม ติดตามการเปลี่ยนแปลงเส้นและความกว้างของแม่น้ำ ศึกษาคุณภาพของ น้ำ ใช้ในการประเมินวิเคราะห์พื้นที่ประสบภัยแล้ง รวมทั้งการวางแผนการสร้างแหล่งเก็บกักน้ำ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ

6) ด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง ข้อมูลจากดาวเทียมนำไปใช้ในการศึกษาการแพร่กระจายของตะกอน พื้นที่หาดเลน และทรัพยากรชายฝั่ง การทำแผนที่เพาะเลี้ยงและการประมงชายฝั่ง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรชายฝั่ง



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง

7) ด้านการทำแผนที่ ข้อมูลจากดาวเทียมมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศให้ถูกต้องและทันสมัยการทำแผนที่โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน เส้นทางคมนาคม แผนที่ผังเมือง เพื่อการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรด้านต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่าย



ผังเมืองลพบุรีจากดาวเทียม QuickBird

รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการใช้งานด้านการทำแผนที่

8) ด้านภัยธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลจากดาวเทียมถูกนำมาใช้ในการศึกษาประเมินความเสียหายจากภัยธรรมชาติ และวางแผนลดความสูญเสียจากภัยพิบัติต่าง ๆ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินถล่ม วาตภัยจากไต้ฝุ่น ด้านสิ่งแวดล้อมสามารถใช้การติดตามการแพร่กระจายของตะกอนจากการทำเหมืองแร่ในทะเล การกัดเซาะการกระจายของน้ำเสีย การบุกรุกทำลายป่าไม้ เป็นต้น

9) ข้อมูลจากดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงสามารถใช้การติดตามการขยายตัวของเมืองและแหล่งชุมชนเพื่อการวางแผนรองรับด้านโครงสร้างพื้นฐาน การหาตำแหน่งหมู่บ้านชนกลุ่มน้อย หรือหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งถิ่นฐานใหม่

10) ด้านความมั่นคงของชาติ ดาวเทียมสามารถถ่ายภาพที่มีรายละเอียดสูงเพียงพอที่ใช้สังเกตการณ์ต่าง ๆ โดยสามารถใช้ถ่ายภาพพื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงด้านความมั่นคงสูง เพื่อติดตามความเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ จัดทำเป็นคลังข้อมูลการข่าวได้ นอกจากนี้ใช้ในการตรวจการปลูกพืชเสพติด และตรวจจับพื้นที่อาจมีการขนย้ายยาเสพติดได้ผลประโยชน์ด้านความมั่นคงที่จะได้รับไม่อาจประเมินค่าได้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ (2536) วิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับ วัตถุ พื้นที่ หรือ ปรากฏการณ์ จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น

(Spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

ธนกฤต พิบขุนทด (2563) ได้ให้ความหมาย รีโมทเซนซิงหรือการสำรวจระยะไกล ไว้ว่า รีโมทเซนซิง ประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ “remote” หมายถึง “ระยะไกล” และ “sensing” หมายถึง “การสัมผัสหรือการรับรู้” ถ้าตีความตามศัพท์ หมายถึง การรับรู้ข้อมูลในระยะไกลโดยผ่านเครื่องมือ ซึ่งผู้รับรู้ไม่ได้สัมผัสกับวัตถุนั้น ๆ โดยตรง จากความหมายกว้าง ๆ นี้ การถ่ายภาพทิวทัศน์โดยกล้องถ่ายรูป การส่องกล้องจุลทรรศน์ตรวจดูเชื้อโรค การถ่ายภาพทางอากาศจากเครื่องบิน การฉายรังสี X-ray เพื่อตรวจสอบสุขภาพของร่างกาย ฯลฯ จึงจัดเป็นงานทางรีโมทเซนซิงทั้งหมด สำหรับ รีโมทเซนซิงในวิชาภูมิศาสตร์มีความหมายเฉพาะมากขึ้น โดยมีความหมายถึงการหาข้อมูลหรือข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ หรือพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งอยู่ไกลจากเครื่องมือที่ใช้วัดหรือใช้บันทึก โดยที่เครื่องมือเหล่านั้นไม่ได้สัมผัสกับสิ่งของ หรือเป้าหมายดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้วัดบันทึกข้อมูล เช่น กล้องถ่ายรูป เครื่องวัดรังสีค่าสะท้อน เครื่องวัดคลื่นความร้อน เครื่องกวาดภาพ เลเซอร์ เครื่องคลื่นวิทยุ ฯลฯ โดยติดตั้งไปกับเครื่องบิน ยานอวกาศ ยานอวกาศ หรือดาวเทียมที่ถูกส่งไปอยู่เหนือพื้นผิวโลกในระยะทางไกลมาก จนสามารถมองเห็นบริเวณที่ต้องการศึกษาได้ในบริเวณกว้าง แล้วทำการรับและบันทึกข้อมูลในรูปของสัญญาณของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุต่าง ๆ ที่พื้นผิวโลกที่แพร่กระจายออกไป (Emission) สู่อวกาศ แล้วนำเอาสัญญาณนั้นมาแปลงเป็นข้อมูลในเชิงตัวเลข (Digital Data) ที่มีการปรับแก้ค่าความผิดพลาดต่าง ๆ แล้วสามารถนำมาวิเคราะห์ศึกษาวัตถุต่าง ๆ ในบริเวณที่ศึกษา ทั้งในการจำแนกประเภท การศึกษาลักษณะทั้งทางกายภาพและคุณลักษณะ และแสดงผลได้ทั้งในรูปภาพพิมพ์ (Hard Copy) หรือข้อมูลเชิงตัวเลข รีโมทเซนซิงจึงจัดเป็นทั้งศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์และทางศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกโดยไม่มีการสัมผัสกับสิ่งเหล่านั้นโดยตรง

ศาสตร์ของการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของพื้นผิวและ บรรยากาศโลกจากระยะไกล โดยอาศัยอุปกรณ์ตรวจวัด ซึ่งมักใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการ ได้มาซึ่งข้อมูล อาทิเช่น กล้องถ่ายภาพจากทางอากาศ หรือเครื่องกวาดภาพที่ติดตั้งไว้บนดาวเทียม (ทรงกต ทศานนท์, 2550)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าไม้ เพื่อใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จ.เลย ขอนแก่น: ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้นำเพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยใช้ข้อมูล ภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา เพื่อกำหนดพื้นที่ เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าไม้เพื่อใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมจาก ปัจจัยทางกายภาพ เศรษฐกิจและสังคม พื้นที่ศึกษา คือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงและระยะกันชน 2 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,299 ตารางกิโลเมตร ของจังหวัดเลยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้อมูลภาพถ่าย

ดาวเทียม LANDSAT 4 ช่วงเวลา ในปี พ.ศ. 2537, 2541, 2544, 2548 และภาพถ่ายดาวเทียม THEOS 2 ช่วงเวลา ในปี พ.ศ. 2553 ถูกนำมาใช้ผลิตแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน หลายช่วงเวลาในพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย จากดาวเทียมเบื้องต้นเริ่มจากการปรับแก้ความถูกต้องของพิกัดตำแหน่ง การเน้นและการเชื่อมต่อข้อมูลภาพ แล้วทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินโดยแปลตีความภาพถ่ายสี 45.67 และ 45.04% ในปี 2537, 2541, 2544, 2548 และ 2553 ตามลำดับ พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าไม้เพื่อใช้เป็น พื้นที่เกษตรกรรม รวมคิดเป็น 23.49, 26.30, 30.15, 11.80 และ 8.26 % ตามลำดับ สำนักแก้ไขปัญหาการบุกรุกที่ดินของรัฐ สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2556). คู่มือในการปฏิบัติงาน ด้านการอ่าน แปล ตีความภาพถ่ายทางอากาศ ของอนุกรรมการอ่านภาพถ่ายทางอากาศ. กรุงเทพฯ หนังสือเรื่อง คู่มือในการปฏิบัติงาน ด้านการอ่าน แปล ตีความภาพถ่ายทางอากาศ ของอนุกรรมการอ่านภาพถ่ายทางอากาศ เล่มนี้เป็นการอธิบายข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบหลักสำคัญในการดำเนินงานของคณะอนุกรรมการอ่านภาพถ่ายทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอ่าน แปล ตีความภาพถ่ายทางอากาศเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของอนุกรรมการผู้แทนหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของคณะอนุกรรมการอ่านภาพถ่ายทางอากาศ อย่างเป็นรูปแบบและมาตรฐานเดียวกันตามอำนาจหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

กุลธิดา ธรรมรัตน์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่จังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งมีพื้นที่ 195,486 ไร่รวบรวมข้อมูลชั้นแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat8 โดยการหาค่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ด้วยโปรแกรม Quantum Geographic Information System (QGIS) จากนั้นทำการสำรวจภาคสนามโดยเลือกช่วงเวลาใกล้เคียงกับภาพถ่ายดาวเทียม กำหนดจุดตัวอย่าง โดยการสุ่มแบบจำแนกชั้น (Stratified Random Sampling) ผลที่ได้จากการสำรวจนำมาเปรียบเทียบค่าการสะท้อนของวัตถุ ณ ตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียม การทดสอบค่าการปะปนกันระหว่างข้อมูล พบว่ามีความถูกต้องรวมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 85.7 ผลการวิจัยพบว่า 1) มีพื้นที่ป่าไม้ 143,561 ไร่ พื้นที่โล่ง 41,297 ไร่ พื้นที่ชุมชน/เกษตรกรรม 9,624 ไร่ และพื้นที่แหล่งน้ำ 1,004 ไร่ 2) มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อปลูกยางพาราเป็นพืชหลักและปลูก มันสำปะหลังเป็นพืชรอง

จิตรภณ สุนทร (2561) ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม ระหว่าง พ.ศ. 2547-2557 ท าการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat5 TM บันทึกข้อมูลเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ เดือนมิถุนายน และเดือนตุลาคม 2547 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat8 บันทึกข้อมูลเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม และตุลาคม 2557 ทำการแปลความหมายการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละช่วงเวลาด้วยวิธีการจำแนกแบบก้ำกั้ดูแล

(Supervised Classification) โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แปลงดินว่างเปล่า พื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ และพื้นที่แหล่งน้ำ ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีค่าความถูกต้องรวมจากการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) อยู่ที่ ร้อยละ 62.17 โดยพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้นมีสัดส่วนของพื้นที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 16.36 จากเดิมที่เคยมีสัดส่วนพื้นที่ร้อยละ 11.78 ใน พ.ศ. 2547 และร้อยละ 28.14 ใน พ.ศ. 2557 ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นนั้นมีสัดส่วนที่ลดลง ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ลดลงค่อนข้างมาก คิดเป็นร้อยละ 10.42 จากเดิมที่เคยมีสัดส่วนพื้นที่ร้อยละ 67.38 ใน พ.ศ. 2547 และร้อยละ 56.96 ใน พ.ศ. 2557 รองลงมาคือ พื้นที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง คิดเป็นร้อยละ 5.21 จากเดิมที่เคยมีสัดส่วนพื้นที่ร้อยละ 13.16 ใน พ.ศ. 2547 และร้อยละ 7.95 ใน พ.ศ. 2557

การรับรู้จากระยะไกล หมายถึง วิทยาศาสตร์ และศิลปศาสตร์ของการได้มาของสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ผ่านการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ที่ไม่สัมผัสกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการตรวจวัด (Lillesand and Kiefer, 1979)

การรับรู้จากระยะไกล หมายถึง ศิลปศาสตร์ วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีของการได้มาของข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุทางกายภาพและสภาพสิ่งแวดล้อม ผ่านกระบวนการ บันทึก การตรวจวัดและการแปลตีความภาพถ่ายและข้อมูลเชิงเลข ที่แสดงในรูปแบบของพลังงาน จากระบบบันทึกสัญญาณที่ไม่ได้สัมผัสวัตถุ กล่าวโดยสรุป การรับรู้จากระยะไกล หมายถึง ศาสตร์วิทยาการ และเทคโนโลยีของการ ได้มาซึ่งสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และสภาพแวดล้อม จากระยะไกล โดยอาศัยคุณสมบัติของ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านทางกระบวนการตรวจวัด บันทึก และวิเคราะห์ข้อมูล พัฒนาการของการรับรู้จากระยะไกล (Colwell, 1997)

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 กำหนดพื้นที่ศึกษา

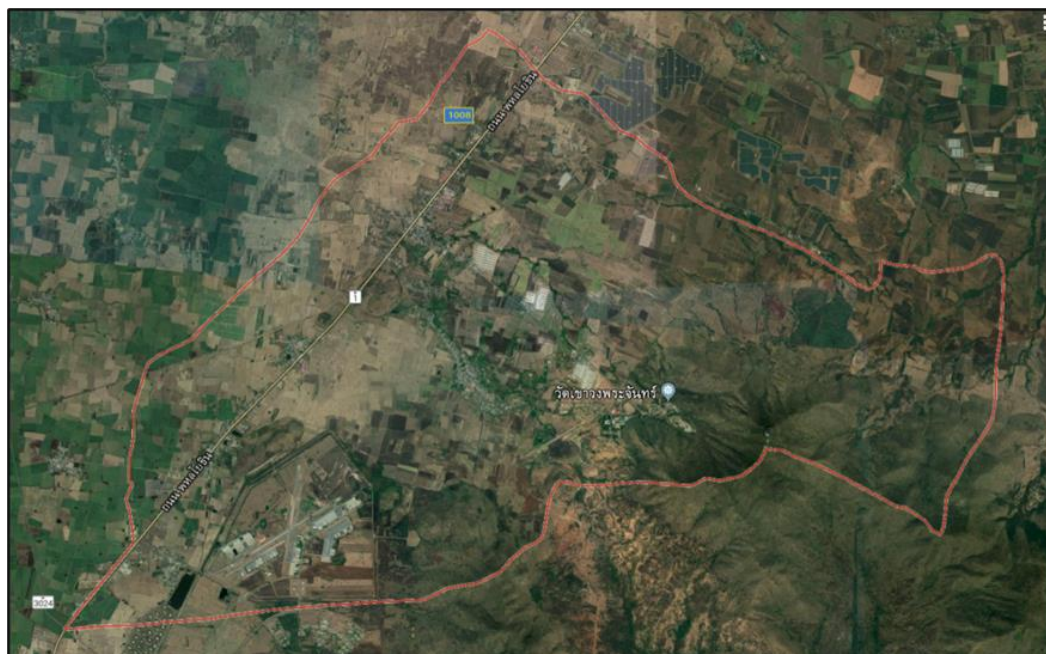
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณตำบลห้วยโป่ง อำเภอดงหลวง จังหวัดดงหลวง เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษา เนื่องจากพื้นที่มีลักษณะทางกายภาพครบถ้วนตามพื้นที่ฝึกของ กองทัพบกโดยมีชั้นข้อมูลของพื้นที่ทางทหาร พื้นที่เกษตรกรรม โรงเรียน วัด พื้นที่ชุมชน เส้นทางคมนาคม แหล่งน้ำ สนาบบิน พื้นที่ป่าและภูเขา ทำให้มีชุดข้อมูลเหมาะสมสำหรับงานวิจัย มีองค์ประกอบของการอ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียมครบถ้วน มีตัวอย่างพื้นที่ที่ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยมีความคุ้นเคยในพื้นที่จึงเป็นข้อดีตามหลักการในการอ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียม ที่ช่วยเพิ่มความถูกต้องในการแสดงผลของข้อมูล

3.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของตำบลห้วยโป่ง มีลักษณะเป็นพื้นที่ดอนสลับที่ราบ มีภูเขาบางพื้นที่อาศัยน้ำฝนในการทำการเกษตรมีเนื้อที่ประมาณ 42,500 ไร่ หรือ 68 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย 12 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ 1 บ้านห้วยโป่ง, หมู่ 2 บ้านห้วยโป่ง, หมู่ 3 บ้านสะพานขาว, หมู่ 5 บ้านสามแยกหลุมข้าว, หมู่ 6 บ้านสะพานจันทร์, หมู่ 7 บ้านสะพานนาคร, หมู่ 8 บ้านสะพานนาคร, หมู่ 9 บ้านหนองคู, หมู่ 10 บ้านโพธิ์งาม, หมู่ 11 บ้านสะพานพุด, หมู่ 12 บ้านน้อย

ตำบลห้วยโป่ง ตั้งอยู่ที่ ละติจูด 14.972 ลองจิจูด 100.668 ห่างจากอำเภอดงหลวงไปทางทิศใต้ ประมาณ 13 กิโลเมตร ห่างจากตัวจังหวัดดงหลวงประมาณ 22 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับตำบลใกล้เคียง ดังนี้

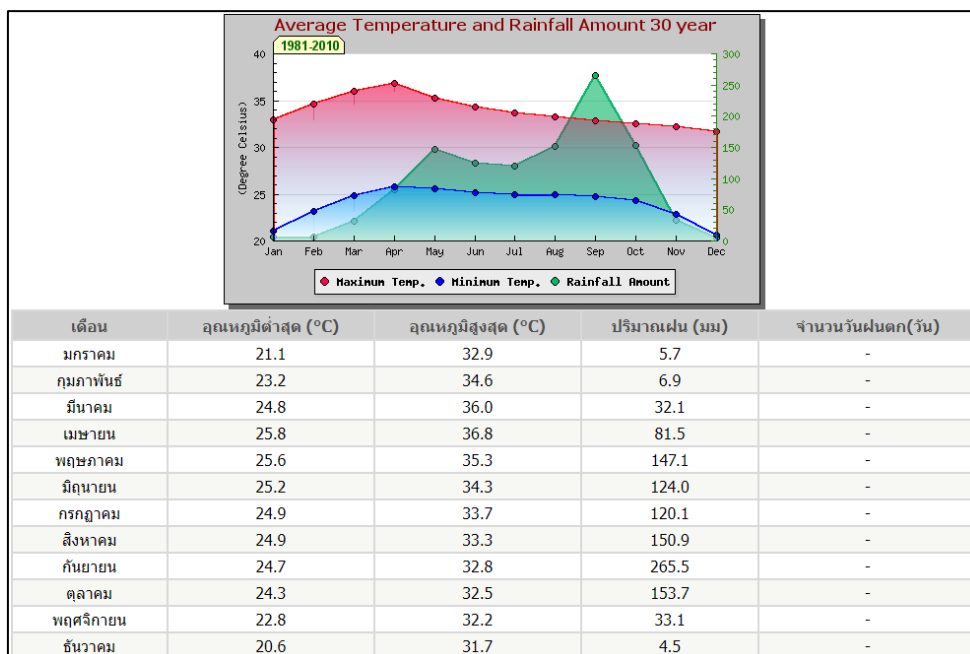
ทิศเหนือ	ติดต่อ ตำบลวังขอนขำ
ทิศใต้	ติดต่อ ตำบลเขาพระงาม อำเภอมือง จังหวัดดงหลวง
ทิศตะวันออก	ติดต่อ ตำบลคลองเกตุ
ทิศตะวันตก	ติดต่อ ตำบลหลุมข้าว



รูปที่ 7 แสดงภาพตำบลห้วยโป่ง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดลพบุรี

3.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณจังหวัดลพบุรี อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากลมมรสุมทั้งสองแล้ว ยังได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่นอีกด้วย โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนตามปกติ ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของทุกปีมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย จะพัดพาความชื้นเข้าสู่แผ่นดิน ส่งผลให้เกิดฝนตกในบริเวณพื้นที่ โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด ส่วนระยะเวลาที่เหลือเป็นช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาวและแห้งจากประเทศจีนที่จะแผ่มาปกคลุม นอกจากนี้ยังมีพายุไซโคลนจากทะเลจีนใต้ ที่จะทำให้เกิดฝนตกหนักในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน



รูปที่ 8 แสดงข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี ลพบุรี (กรมอุตุนิยมวิทยา)

3.1.3 ที่ตั้งทางทหาร

เป็นที่ตั้งหน่วยทหารที่สำคัญ ได้แก่ ศูนย์การทหารปืนใหญ่ ศูนย์การบินทหารบก หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษ ศูนย์อำนวยการสร้างอาวุธ ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศและพลังงานทหาร และ หน่วยรบพิเศษ เป็นต้น ซึ่งในพื้นที่การศึกษามีที่ตั้งทางทหารของกองทัพบก เช่น ศูนย์การบินทหารบก ค่ายสมเด็จพระศรีนครินทร์รา กองบัญชาการกองพลทหารปืนใหญ่ ค่ายพิบูลสงคราม (ราชาแห่งสนามรบ) กรมทหารปืนใหญ่ที่ 1 กองพลปืนใหญ่ในกองทัพบก หน่วยบัญชาการสงครามพิเศษ (ค่ายสมเด็จพระนารายณ์มหาราช) กองพลรบพิเศษที่ 1 (ค่ายเอราวัณ) กรมทหารราบที่ 31 รักษาพระองค์ หน่วยพร้อมรบเคลื่อนที่เร็ว (RTF) ของกองทัพบก และหน่วยทหารรักษาพระองค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เป็นต้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับงานวิจัย

3.2.1 โปรแกรม ArcGIS และ ArcGIS Server

โดยโปรแกรม ArcGIS for Desktop เป็นโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศสำหรับการสร้าง แก้ไข วิเคราะห์ จัดเก็บ และแบ่งปันข้อมูลร่วมกัน ช่วยใช้ในการตัดสินใจ เพื่อประหยัดงบประมาณ เวลา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน สามารถแสดงผลได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อใช้ในการด้านการวิจัย และด้านการศึกษา ซึ่งในวิเคราะห์ได้เลือกใช้ในส่วนของ ArcMap เป็นส่วนหนึ่ง

ของ ArcGIS for Desktop ใช้สำหรับการวิเคราะห์การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยข้อมูลดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ Raster File (.GeoTIF) พร้อมการสร้างแผนที่ในการแสดงผลภาพ

ส่วน ArcGIS Server อยู่ในส่วนของโปรแกรมในการให้บริการเซอร์วิสทางด้านแผนที่ เช่น Web Map Service (WMS) หรือ Web Feature Service เป็นต้น โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้จัดทำผ่านระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศด้วย Web Map Service (WMS) โดยการทำงานผ่าน ArcGIS Server มีการบริหารจัดการง่าย ด้วยการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอน ก็สามารถสร้างออกมาเป็น Web Map Application ได้ดังนี้

1) การทำ Create Service โดย service นี้สามารถ share service ให้อยู่ในรูปแบบของ WMS (Web Map Service) เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูล เข้าโปรแกรมด้าน GIS

2) การทำ Create Web Application โดยการ add Service ที่ได้สร้างไว้แล้ว จากนั้นตั้งค่าสำหรับเว็บก็จะได้ออกมาในเป็นหน้า Web Map Application

โดยโปรแกรม ArcGIS Server มีการดำเนินการ และพัฒนาระบบ Web Application ของกองทัพบกอยู่แล้ว ซึ่งสามารถที่จะสร้าง และให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศด้วย Web Map Service (WMS) ได้ โดยที่ไม่ต้องมีการพัฒนาระบบ Server ขึ้นมาใหม่

3.2.2 โปรแกรม Google Earth Pro

เป็นโปรแกรมที่ให้บริการข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงด้วยลักษณะข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ที่สามารถสามารถวัดค่าของ รัศมี พื้นที่ และ ความสูง แบบสามมิติได้ โดยในการวิจัยได้ใช้ข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงของ Google Earth Pro เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้า และข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้อง เนื่องจากโปรแกรมสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ ซึ่งสามารถเลือกปีได้ตามข้อมูลที่ให้บริการ โดยข้อมูลเป็นข้อมูลรายละเอียดสูงเช่นกัน แต่มีข้อเสีย คือ มีข้อมูลรายละเอียดสูงในบางพื้นที่

3.2.3 โปรแกรม Microsoft Excel

ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณพื้นที่จากข้อมูลดาวเทียมที่ได้จากการจำแนกชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินผ่านโปรแกรม Arc Map และใช้ในการทดสอบความความถูกต้องด้วยวิธี Cohen's kappa (K) ค่าสัมประสิทธิ์ค้ำปาของโคเฮน ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการวัดความน่าเชื่อถือของความสอดคล้องของข้อมูล

3.3 การดำเนินงานวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล

ในกระบวนการของขั้นตอนการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเริ่มจากขั้นตอนแรก คือ การรวบรวมข้อมูลดาวเทียมที่จะใช้ในการจำแนกประเภทชั้นข้อมูล และรวบรวมข้อมูลประเภทของการใช้ที่ดิน การทำการเกษตรในพื้นที่ และประชากรในพื้นที่ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาพื้นที่ตัวอย่าง

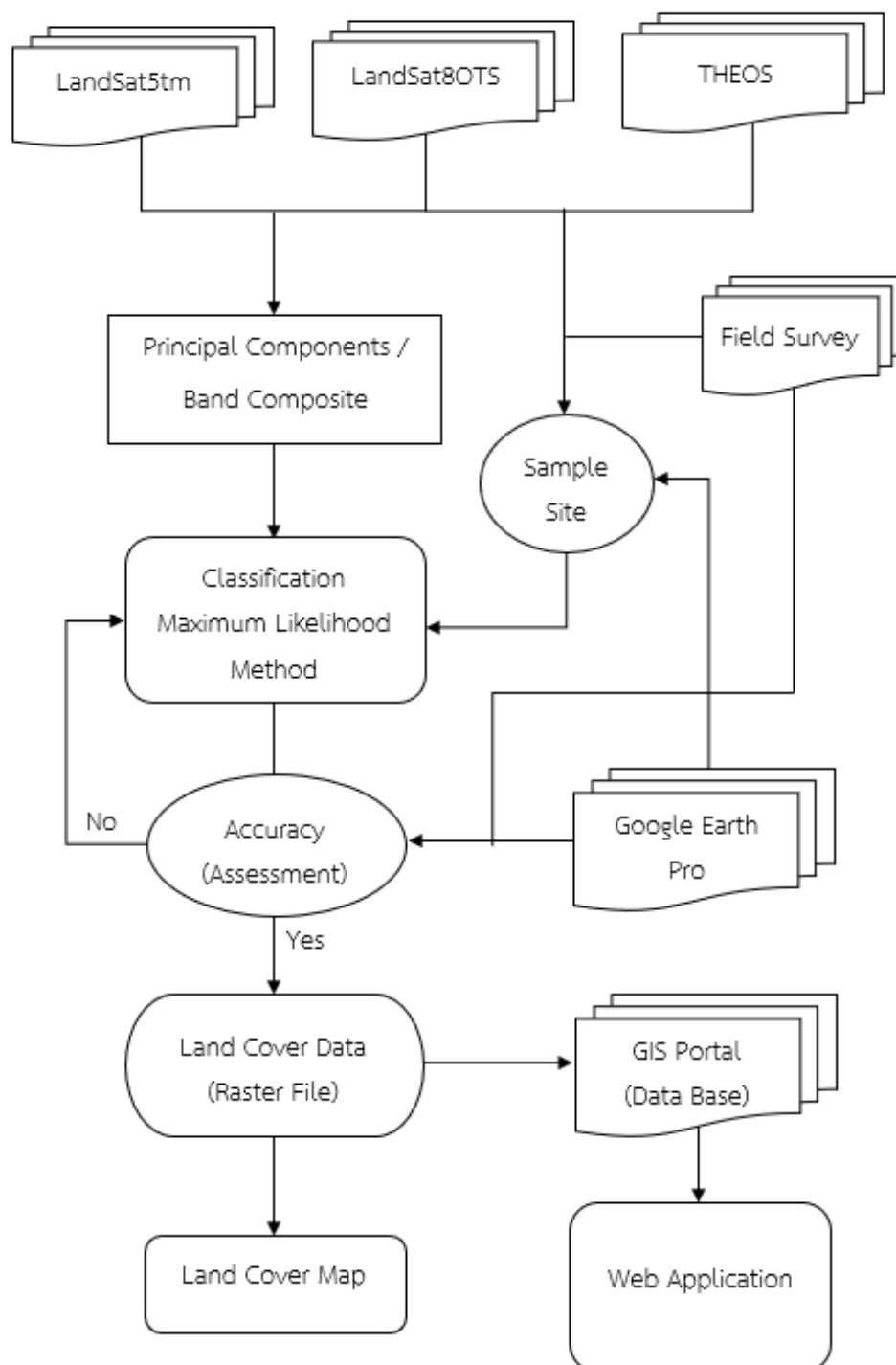
ขั้นตอนต่อมาเป็นการประมวลผลขั้นต้น ด้วยวิธีการรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น ซึ่งเป็นขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลดาวเทียมให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงาน โดยทำการพิจารณาเลือกตามคุณสมบัติช่วงคลื่นที่เหมาะสม ผ่านชุดคำสั่ง Principal Components ใน Arc Map และทำการกำหนดภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite Image) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อเป็นการเน้นภาพให้ชัดเจน (Image Enhancement)

เมื่อได้ข้อมูลดาวเทียมที่คุณสมบัติช่วงคลื่นที่เหมาะสม และทำการปรับแต่งสีภาพให้ชัดเจน จะเข้าสู่กระบวนการประมวลผลการจำแนก โดยการนำเข้าข้อมูลดาวเทียมในแต่ละช่วงปี จากนั้นทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละชั้นข้อมูล (เทียบข้อมูลจาก Google Earth Pro และข้อมูลจากภาคสนาม) เมื่อทำตัวอย่างครบทุกชั้นข้อมูลแล้ว ก็ทำการประมวลผล ผ่านชุดคำสั่ง Classification: Maximum Likelihood

จากผลที่ได้ในการจำแนกชั้นข้อมูลก็จะนำไปสู่ขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้อง ด้วยการนำข้อมูลที่ได้ออกมาหาความสอดคล้องของข้อมูล ด้วยวิธีทดสอบ Cohen's kappa (K) ค่าสัมประสิทธิ์ค้ำปาของโคเฮน เป็นสถิติที่ใช้ในการวัดความน่าเชื่อถือของความสอดคล้องของข้อมูล

และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำผลที่ได้แสดงผ่าน Web Application ด้วยการจัดทำผ่าน ArcGIS Server ในรูปแบบ Web Map Service (WMS) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานของกองทัพบก โดยเป็นการสร้างต่อยอดจากระบบเดิม เพื่อประยุกต์ใช้ในงานด้านแผนที่ให้เกิดประโยชน์ต่อกองทัพมากยิ่งขึ้น

3.3.1 ขั้นตอนแผนผังการดำเนินงาน



รูปที่ 9 แผนผังการดำเนินงาน

3.3.2 ชั้นข้อมูลในการจำแนก

ตารางที่ 1 ประเภทชั้นข้อมูลที่ทำการจำแนก

no	Class Name	ลักษณะข้อมูล
1	สิ่งปลูกสร้าง	สิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น บ้าน ถนน สนามบิน โรงงาน เป็นต้น
2	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าไม้ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณบนเขา
3	แหล่งน้ำ	แหล่งน้ำที่เกิดตามธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น
4	พื้นที่เพาะปลูก	พื้นที่ปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (ในพื้นที่ที่มีพืชขึ้นโดยไม่นับแปลงปลูกว่างเปล่า)
5	ไม้พุ่มเตี้ย	ลักษณะพืชที่เป็นต้นเตี้ย ๆ ซึ่งเป็นไม้พุ่มก็ได้หรือไม้ต้นก็ได้ โดยขึ้นกระจายในบริเวณ
6	พื้นที่อื่น ๆ	ได้แก่พื้นที่โล่ง เงามะเขมและพื้นที่นอกเหนือจากที่กล่าวไว้ข้างต้น

3.3.3 ข้อมูลดาวเทียม (Satellite Data)

ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิด ประกอบด้วย Landsat 5 TM Landsat 8 OLI/TIRS และ THEOS ซึ่งเป็นดาวเทียมที่นิยมนำมาใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากร สามารถเข้าถึงการใช้งานข้อมูลได้ และสามารถเลือกข้อมูลตามช่วงเวลาที่ต้องการในการศึกษาได้ โดยข้อมูลที่วิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.3.1 ข้อมูล Landsat 5 MSS/TM

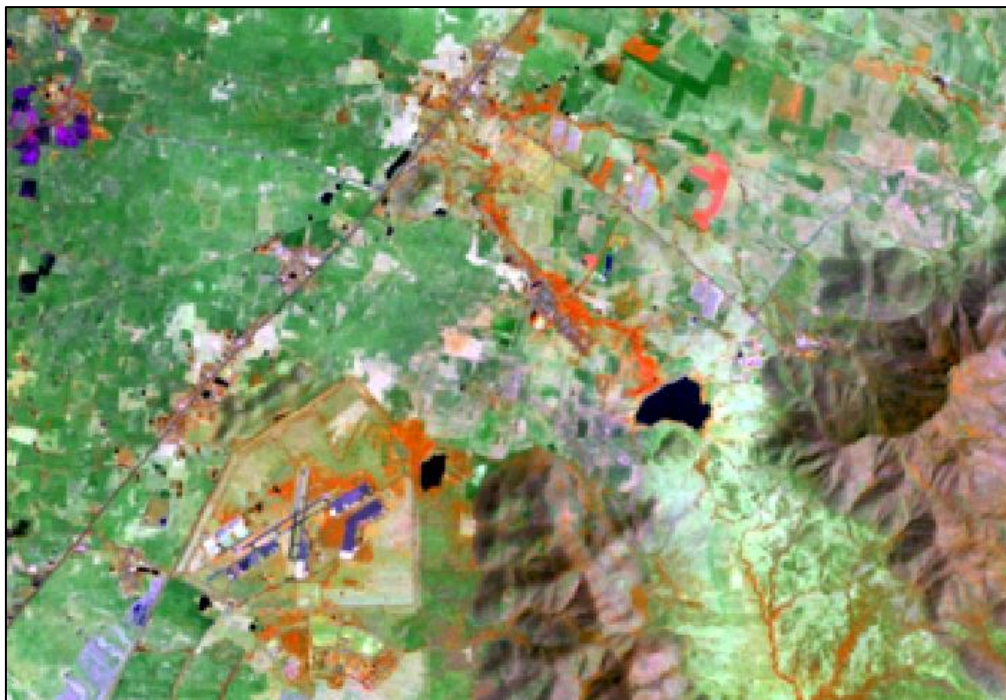
เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ภายใต้ USGS และ NASA ซึ่งดาวเทียมมีอุปกรณ์บันทึกข้อมูล 2 แบบ คือ ระบบ Multi-Spectral Scanner (MSS) รายละเอียดภาพ 80 เมตร และ ระบบ Thematic Mapper (TM) รายละเอียดภาพ 30 เมตร

ตารางที่ 2 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 MSS/TM

อุปกรณ์บันทึก	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ประเภทข้อมูลที่ได้
Multispectral Scanner (MSS)	แบนด์ 4: 0.5 - 0.6 (น้ำเงินเขียว)	แยกพืชและสภาพความเขียว
	แบนด์ 5: 0.6 - 0.7 (แดง)	แยกชนิดพืช
รายละเอียดภาพ 80 เมตร	แบนด์ 6: 0.7 - 0.8 (อินฟราเรดใกล้)	แยกพืชและแหล่งน้ำ
	แบนด์ 7: 0.8 - 1.1 (อินฟราเรดใกล้)	พืช, ความชื้นในดิน, เมฆ และหิมะ
Thematic Mapper (TM)	แบนด์ 1: 0.45 - 0.52 (น้ำเงิน)	ตรวจสอบลักษณะน้ำชายฝั่ง, แยกพืชและสภาพความเขียว
รายละเอียดภาพ 30 เมตร	แบนด์ 2: 0.52 - 0.60 (เขียว)	แยกชนิดพืช
	แบนด์ 3: 0.60 - 0.69 (แดง)	ความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณต่าง ๆ
	แบนด์ 4: 0.77 - 0.90 (อินฟราเรดใกล้)	ความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ, ปริมาณ มวลชีวะ
	แบนด์ 5: 1.55 - 1.75 (อินฟราเรดคลื่นสั้น)	พืช, ความชื้นในดิน, แยกความแตกต่างเมฆและหิมะ
	แบนด์ 6: 10.40 - 12.50 (อินฟราเรดความร้อน)	ความร้อนผิวน้ำ, ความชื้นของดิน, ความเครียดของพืช
	แบนด์ 7: 2.08 - 2.35 (อินฟราเรดสะท้อน)	แยกชนิดหิน

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2558)

ในการวิจัยได้เลือกใช้ระบบการบันทึกภาพแบบ Thematic Mapper (TM) ซึ่งให้รายละเอียดภาพอยู่ที่ 30 เมตร โดยในการจำแนกได้เลือกใช้ช่วงคลื่นของ แบนด์ 3: 0.60 - 0.69 (แดง) แบนด์ 4: 0.77 - 0.90 (อินฟราเรดใกล้) และแบนด์ 5: 1.55 - 1.75 (อินฟราเรดคลื่นสั้น) ทำการผสมสีในแบบ False Color: RGB: 4,3,2



รูปที่ 10 ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM ผสมสีแบบ False Color: RGB: 4, 3, 2

เนื่องจากการวิจัยเน้นการจำแนกพืชพรรณ ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ช่วงคลื่นของอินฟราเรดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนได้ดีในส่วนที่เป็นพืชพรรณ ทำให้การแยกพืชพรรณมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูลพืชพรรณที่เห็นจะเป็นสีแดงและสีส้ม มีการแสดงขอบเขตพื้นดิน และสามารถแยกน้ำได้อย่างเด่นชัด

3.3.3.2 ข้อมูล Landsat 8

ดาวเทียม Landsat 8 เป็นอีกหนึ่งดาวเทียมหนึ่งที่เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ให้บริการโดย USGS ซึ่งเป็นดาวเทียมที่พัฒนาต่อยอดจากดาวเทียม Landsat 5 และ 7 ด้วยการพัฒนาอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ทันสมัยมากขึ้น คือ ได้ความละเอียดของช่วงคลื่นที่มากขึ้น และได้ความละเอียดของจุดภาพที่ดีขึ้นในบางช่วงคลื่น ด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS)

ตารางที่ 3 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS

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

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2558)

ช่วงคลื่น หรือแบนด์ที่นำมาใช้ในการวิจัย คือ Band 3 (0.53 - 0.59) (Green) Band 4 (0.64 - 0.67) (Red) และ Band 5 (0.85 - 0.88) (Near Infrared/NIR) ซึ่งก็จะเป็นในรูปแบบเดียวกับ Landsat 5 ที่จะเน้นในช่วงคลื่นที่เป็น Near Infrared (NIR) ที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนได้ดีในส่วนที่เป็นพืชพรรณ และทำการผสมสีในแบบ False Color เช่นเดียวกัน RGB: 5,4,3

3.3.3.3 ข้อมูลดาวเทียมธีออส (THEOS)

ดาวเทียมไทยโชตถือเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกของประเทศไทย สามารถบันทึกภาพได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพแบบ ออฟติคคอลล (Optical Imagery) ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลภาพ ในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible band) จนถึงช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ดูแล และให้บริการโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA) โดยบริการในการสั่งซื้อข้อมูลภาพ สามารถเลือกสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากข้อมูลที่มีอยู่แล้วในคลังข้อมูล หรือข้อมูลที่ขอให้รับสัญญาณใหม่

ตารางที่ 4 ระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูลดาวเทียมไทยโชต

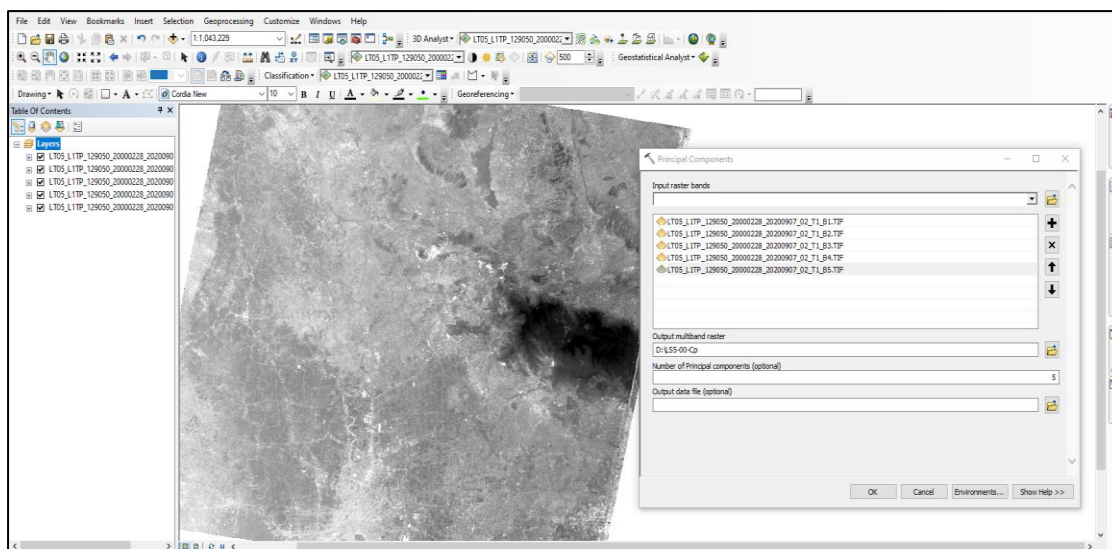
แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	รายละเอียดภาพ Resolution (เมตร)
B1	0.45 - 0.52 (น้ำเงิน)	15
B2	0.53 - 0.60 (เขียว)	15
B3	0.62 - 0.69 (แดง)	15
B4	0.77 - 0.90 (อินฟราเรดใกล้)	15
Panchromatic	0.45 - 0.90 (ภาพขาวดำ)	2

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2558)

ข้อมูลที่ใช้เป็นแบบ Pan-Sharpened ที่รวมข้อมูลที่ตามองเห็นจาก 4 ช่วงคลื่น (น้ำเงิน เขียว แดง อินฟราเรดใกล้) เข้ากับข้อมูลเชิงพื้นที่ของช่วงคลื่นขาว-ดำ ทำให้ได้ภาพที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น พร้อมกับข้อมูลสี โดยในการจำแนกได้เลือกใช้แบนด์การผสมสีเท็จ คือ RGB: 432 (อินฟราเรดใกล้ แดง เขียว) ซึ่งให้การมองเห็นสีของพืชพรรณเป็นสีแดงข้อมูลที่เลือกใช้ได้จาก USGS ด้วยการดาวน์โหลดผ่าน <https://earthexplorer.usgs.gov/> ซึ่งมีเงื่อนไขในการเลือกข้อมูลดาวเทียม โดยให้มีเมฆในพื้นที่น้อยที่สุด หรือไม่พบกลุ่มเมฆในพื้นที่ และในแต่ละปีอยู่ในช่วงเวลาที่ไม่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.3.4 ขั้นตอนการทำ Principal Components / Band Composite

ขั้นตอนของการรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น (Band Components) และการกำหนดภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite Image) เพื่อเน้นภาพให้ชัดเจน (Image Enhancement) โดยใช้โปรแกรม Arc Map ผ่านชุดคำสั่ง Principal Components และทำ False Color Composite ใช้ข้อมูลดาวเทียม 3 ชนิด คือ Landsat 5 TM Landsat 8 และ THEOS

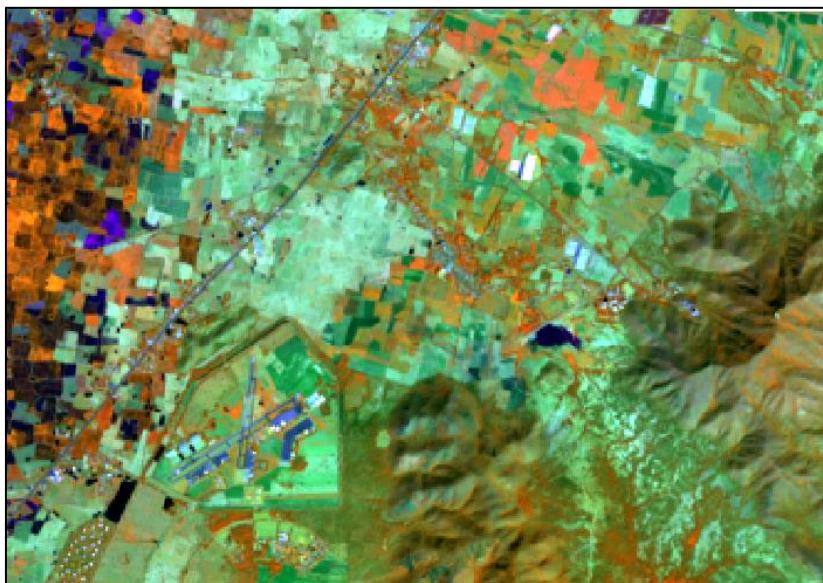


รูปที่ 11 การรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น (Band Components)

ตารางที่ 5 รายละเอียดการเลือกใช้แบนด์ และการผสมสี

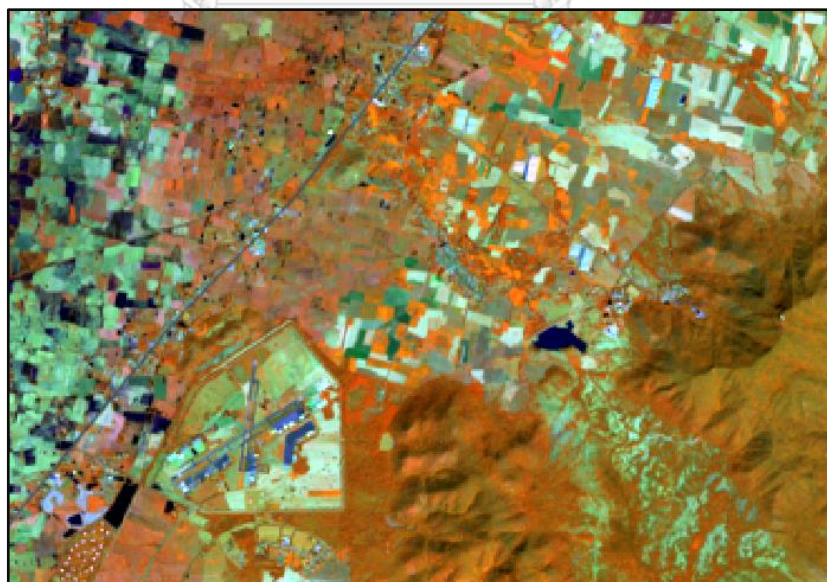
ลำดับ	ดาวเทียม	ปี พ.ศ.	Band Components	Band Composite (RGB)
1	Landsat 5 TM	2543	1, 2, 3, 4, 5	4:3:2
2		2548	1, 2, 3, 4, 5	4:3:2
3		2550	1, 2, 3, 4, 5	4:3:2
4		2552	1, 2, 3, 4, 5	4:3:2
5	Landsat 8	2556	2, 3, 4, 5, 6	5:4:3
6		2559	2, 3, 4, 5, 6	5:4:3
7		2561	2, 3, 4, 5, 6	5:4:3
8		2563	2, 3, 4, 5, 6	5:4:3
9	THEOS	2552	1, 2, 3, 4	4:2:3
10		2563	1, 2, 3, 4	4:2:3

ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM (ปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552) การรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น ได้เลือกใช้ Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5 โดยข้อมูล Band 1-3 เป็นข้อมูลช่วงคลื่นตามองเห็น และ Band 4-5 เป็นข้อมูล Infrared และในการผสมสีใช้ลักษณะการผสมสีแบบสีเท็จ หรือ False Color ได้เลือกใช้ R:G:B 4:3:2



รูปที่ 12 กำหนดภาพสีผสมเท็จ Landsat 5 TM R:G:B 4:3:2

การรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 (ปี พ.ศ. 2556 พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2561 และ พ.ศ. 2563) ได้เลือกใช้ Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 6 โดยข้อมูล Band 2-4 เป็นข้อมูลช่วงคลื่นตามมองเห็น และ Band 5-6 เป็นข้อมูล Infrared (สีแดง) ส่วนในการผสมสีใช้ลักษณะการผสมสีแบบสีเท็จ หรือ False Color ได้เลือกใช้ R:G:B 5:6:3



รูปที่ 13 กำหนดภาพสีผสมเท็จ Landsat 8 OLI/TIRS R:G:B 5:4:3

การรวมชั้นข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นของข้อมูลดาวเทียม THEOS (ปี พ.ศ. 2552 และ 2563) เลือกใช้ Band 1, Band 2, Band 3, Band 4 โดยข้อมูล Band 1-3 เป็นข้อมูลช่วงคลื่นตามองเห็น และ Band 4 เป็นข้อมูล Near Infrared ส่วนในการผสมสีใช้ลักษณะการผสมสีแบบสีเท็จ หรือ False Color ได้เลือกใช้ R:G:B 4:2:3



รูปที่ 14 กำหนดภาพสีผสมเท็จ THEOS R:G:B 4:2:3

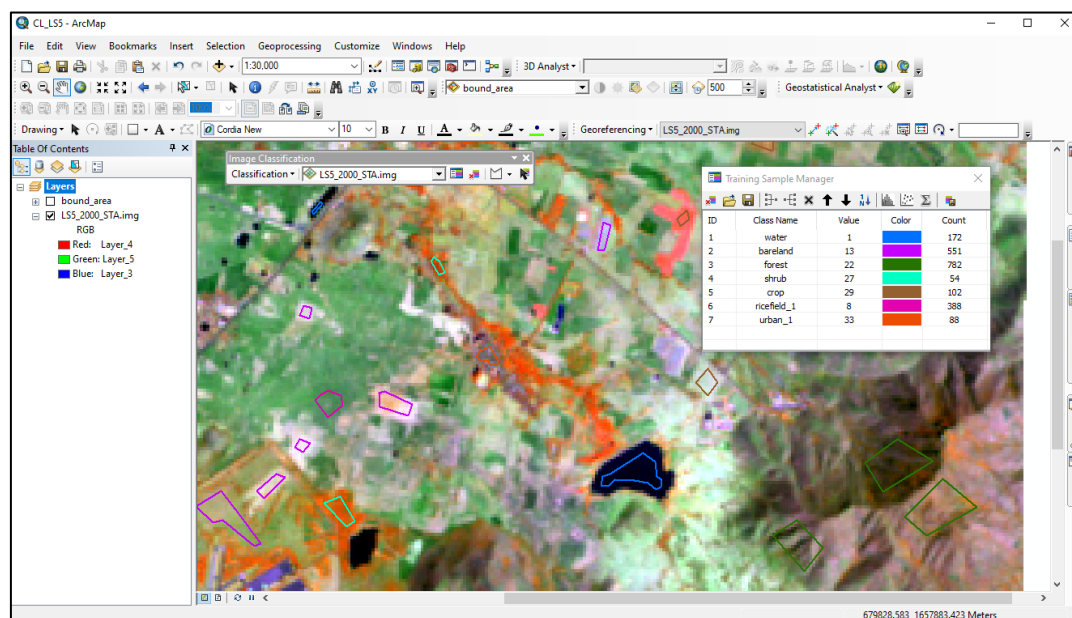
จากตารางพบว่าข้อมูลดาวเทียมทุกประเภทได้เลือกใช้แบนด์ของคลื่นความถี่ที่อยู่ในช่วงคลื่นตามองเห็น (Visible Band) และ อีกแบนด์อยู่ช่วงความถี่ที่เป็นอินฟราเรด (Infrared) ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้จำแนกสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพืชพรรณ ส่วนในการผสมสีได้เลือกใช้วิธีการผสมสีที่เรียกว่า False Color หรือ การผสมสีเท็จ ทำให้ข้อมูลภาพที่มีพืชพรรณจะให้สีเป็นสีแดง ข้อมูลน้ำเป็นสีน้ำเงิน ข้อมูลพื้นที่ดินว่างเปล่าเป็นสีขาว เป็นต้น

3.3.5 ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Sample Site)

ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ตัวอย่างนี้ เพื่อที่จะใช้เป็นตัวอย่างการเรียนรู้ในการวิเคราะห์ของซอฟต์แวร์ โดยหลักในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจะต้องเลือกตัวอย่างให้ครอบคลุมตามลักษณะของชนิดข้อมูลนั้น ๆ

โดยในขั้นตอนในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง โดยการนำเข้าข้อมูลดาวเทียมในปีที่ต้องการจำแนกเข้ามาในโปรแกรมจากนั้น ไปยังแถบเครื่องมือ Image Classification แล้วเลือกเครื่องมือที่ชื่อ Training Sample Manager จากนั้นให้ทำการวาดพื้นที่ (Draw Polygon) ตัวอย่าง ตามลักษณะ




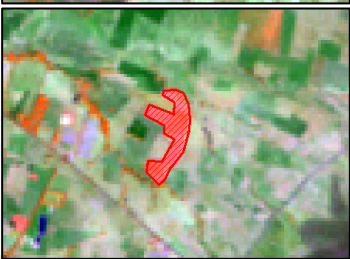


ของชั้นข้อมูลที่ต้องการจำแนก เมื่อทำการวาดตามจำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการจำแนกเรียบร้อยแล้ว
จะบันทึกเพื่อจัดเก็บไว้สำหรับขั้นตอนในการจำแนกต่อไป



รูปที่ 15 ขั้นตอนในการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Sample Site)

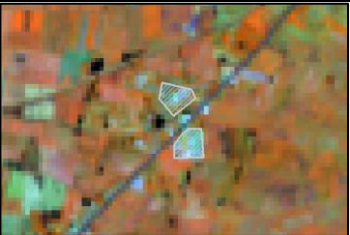
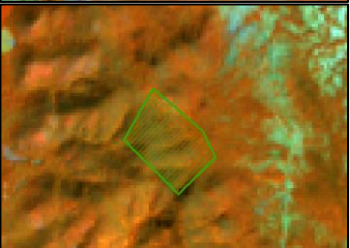


ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้เก็บตัวอย่างตามชั้นข้อมูลทำการจำแนก จำนวนทั้ง 6 ชั้น
ข้อมูล ประกอบไปด้วย พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ไม้พุ่มเตี้ย
และพื้นที่อื่น ๆ ได้ผลการเลือกพื้นที่ตัวอย่างดังนี้

ตารางที่ 6 จำนวนพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการเลือกแต่ละประเภทชั้นข้อมูล Landsat 5 TM

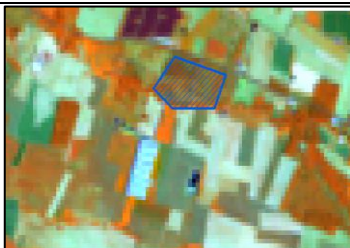
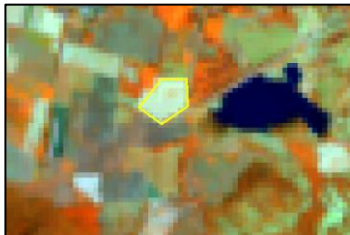
ดาวเทียม	ประเภท ชั้นข้อมูล	ปี พ.ศ.				ตัวอย่าง
		2543	2548	2550	2552	
Landsat 5 TM	สิ่งปลูกสร้าง	5	7	6	5	
	พื้นที่ป่าไม้	6	6	6	7	
	แหล่งน้ำ	8	8	8	8	
	พื้นที่ เพาะปลูก	8	7	8	9	
	ไม้พุ่มเตี้ย	6	5	6	7	
	พื้นที่อื่น ๆ	8	7	7	8	

จากจำนวนการเลือกตัวอย่างของข้อมูล Landsat 5 TM มีพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด 166 ตัวอย่าง โดยถ้าแยกตามรายปีจะได้รายละเอียด คือ ปี พ.ศ. 2543 มี 41 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2548 มี 40 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2550 มี 44 ตัวอย่าง และปี พ.ศ. 2552 มี 44 ตัวอย่าง หรือถ้าจำแนกตามประเภทของชั้นข้อมูลพบว่า สิ่งปลูกสร้าง มี 23 ตัวอย่าง พื้นที่ป่าไม้ มี 25 ตัวอย่าง แหล่งน้ำ มี 32 ตัวอย่าง พื้นที่เพาะปลูก มี 32 ตัวอย่าง ไม้พุ่มเตี้ย มี 24 ตัวอย่าง และพื้นที่อื่น ๆ มี 30 ตัวอย่าง โดยในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลือกตัวอย่างให้ครบทุกชั้นข้อมูล ครอบคลุมทุกคุณลักษณะภายในชั้นข้อมูลนั้น ๆ และกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 1 จำนวนพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการเลือกแต่ละประเภทชั้นข้อมูล Landsat 8


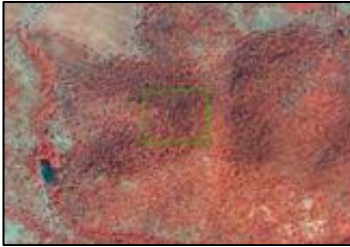




ดาวเทียม	ประเภทชั้นข้อมูล	ปี พ.ศ.				ตัวอย่าง
		2556	2559	2561	2563	
Landsat 8	สิ่งปลูกสร้าง	7	8	8	8	
	พื้นที่ป่าไม้	7	6	7	7	
	แหล่งน้ำ	8	7	7	8	
	พื้นที่เพาะปลูก	8	8	9	9	

ตารางที่ 2 จำนวนพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการเลือกแต่ละประเภทชั้นข้อมูล Landsat 8 (ต่อ)

ดาวเทียม	ประเภทชั้นข้อมูล	ปี พ.ศ.				ตัวอย่าง
		2556	2559	2561	2563	
Landsat 8	ไม้พุ่มเตี้ย	6	7	7	7	
	พื้นที่อื่น ๆ	9	9	9	8	

จากจำนวนการเลือกตัวอย่างของข้อมูล Landsat 8 มีพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด 184 ตัวอย่าง โดยถ้าแยกตามรายปีจะได้รายละเอียด คือ ปี พ.ศ. 2556 มี 45 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2559 มี 40 ตัวอย่าง ปี พ.ศ. 2561 มี 47 ตัวอย่าง และปี พ.ศ. 2563 มี 47 ตัวอย่าง หรือถ้าจำแนกตามประเภทของชั้นข้อมูลพบว่า สิ่งปลูกสร้าง มี 31 ตัวอย่าง พื้นที่ป่าไม้ มี 27 ตัวอย่าง แหล่งน้ำ มี 30 ตัวอย่าง พื้นที่เพาะปลูก มี 34 ตัวอย่าง ไม้พุ่มเตี้ย มี 27 ตัวอย่าง และพื้นที่อื่น ๆ มี 35 ตัวอย่าง โดยในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลือกตัวอย่างให้ครบทุกชั้นข้อมูล ครอบคลุมทุกคุณลักษณะภายในชั้นข้อมูลนั้น ๆ และกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3 จำนวนพื้นที่ตัวอย่างที่ทำการเลือกแต่ละประเภทชั้นข้อมูล THEOS

Satellite	ประเภทชั้นข้อมูล	ปี พ.ศ.		ตัวอย่าง
		2552	2563	
THEOS	สิ่งปลูกสร้าง	10	11	
	พื้นที่ป่าไม้	12	10	
	แหล่งน้ำ	5	6	
	พื้นที่เพาะปลูก	15	14	
	ไม้พุ่มเตี้ย	10	12	
	พื้นที่อื่น ๆ	13	13	

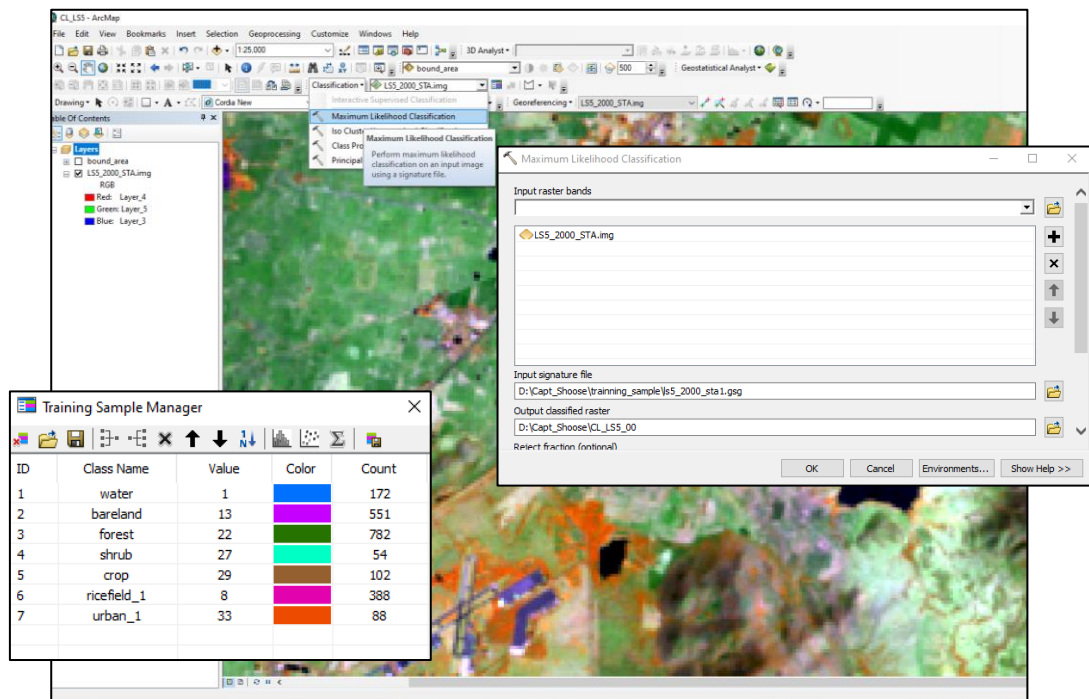
จากจำนวนการเลือกตัวอย่างของข้อมูล THEOS มีพื้นที่ตัวอย่างทั้งหมด 131 ตัวอย่าง โดยถ้าแยกตามรายปีจะได้รายละเอียด คือ ปี พ.ศ. 2552 มี 65 ตัวอย่าง และปี พ.ศ. 2563 มี 66 ตัวอย่าง หรือถ้าจำแนกตามประเภทของชั้นข้อมูลพบว่า สิ่งปลูกสร้าง มี 21 ตัวอย่าง พื้นที่ป่าไม้ มี 22 ตัวอย่าง แหล่งน้ำ มี 11 ตัวอย่าง พื้นที่เพาะปลูก มี 29 ตัวอย่าง ไม้พุ่มเตี้ย มี 22 ตัวอย่าง และพื้นที่อื่น ๆ มี 26 ตัวอย่าง โดยในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเลือกตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกชั้นข้อมูล ครอบคลุมทุกคุณลักษณะภายในชั้นข้อมูลนั้น ๆ และกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.3.6 ขั้นตอนของการจำแนกประเภทชั้นข้อมูล (Classification)

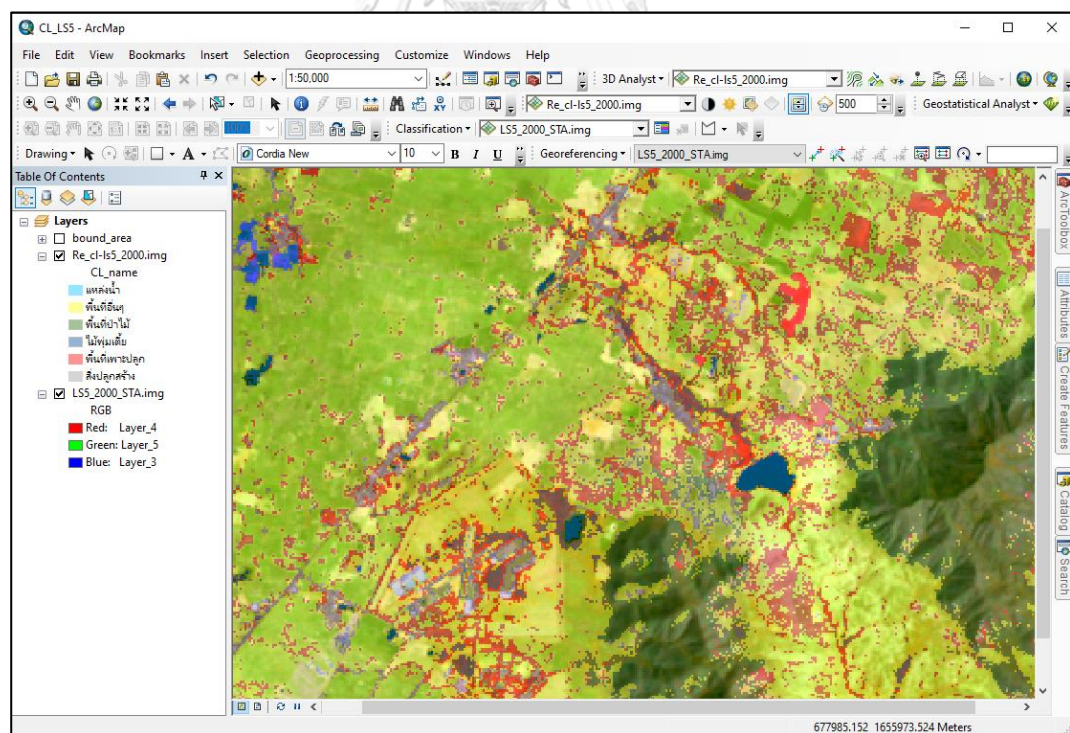
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกข้อมูลภาพที่จะต้องมีการเลือกตัวอย่างพื้นที่ (Sample Site) ให้เป็นพื้นที่ฝึก (Training areas) เพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ด้วยการคำนวณทางสถิติให้กับข้อมูลภาพทั้งหมด ในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจะพิจารณาจากองค์ประกอบการแปลตีความภาพถ่ายเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย ความเข้มของสีและสี (Tone/Color) ขนาด (Size) รูปร่าง (Shape) เนื้อภาพ (Texture) รูปแบบ (Pattern) ความสูงและเงา (Height and Shadow) ที่ตั้ง (Site) ความเกี่ยวพัน (Association) จากนั้นก็จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งภาพ

จากกฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification decision rules) ได้เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Maximum Likelihood เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ ซึ่งเป็นวิธีการหาตัวประมาณค่าที่ทำให้ฟังก์ชันรวมมีค่าสูงสุด หรือ ความน่าจะเป็นมากที่สุด หลักการทำงานคือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูล เพื่อใช้ในการคาดคะเนความน่าจะเป็นของแต่ละชั้นข้อมูล ถ้าจุดภาพใดมีความน่าจะเป็นของค่าความถี่ช่วงคลื่นของชั้นข้อมูลนั้นมากที่สุด ก็จะถูกจำแนกให้อยู่ชั้นข้อมูลนั้น

โดยขั้นตอนในการจำแนกเริ่มด้วยการนำเข้าข้อมูลดาวเทียมที่ต้องการจำแนก ไปยังแถบเครื่องมือ Image Classification แล้วเลือกเครื่องมือที่ชื่อว่า Classification จากนั้นเลือก Maximum Likelihood Classification ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างหนึ่งขึ้นมา ให้เลือก Input Raster Bands เป็นข้อมูลดาวเทียมที่เราต้องการจำแนก และเลือกข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ได้ทำไว้ในช่อง Input Signature file จากนั้นก็ทำการเลือกที่จัดเก็บข้อมูลที่ต้องการ และทำการให้โปรแกรมจำแนกข้อมูล เมื่อได้ผลการจำแนกก็จะนำไปสู่การวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนในการจำแนกชั้นข้อมูลในโปรแกรม Arc Map



รูปที่ 2 ผลของการจำแนกประเภทชั้นข้อมูลดาวเทียม

3.3.7 การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

เนื่องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าว เป็นการจำแนกด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง จึงจำเป็นต้องมีการประเมินค่าความถูกต้องสำหรับผลของการจำแนกของประเภทชั้นข้อมูล ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องด้วย Cohen's kappa (K) ค่าสัมประสิทธิ์ค่าของโคเฮน โดยเป็นสถิติที่ใช้ในการวัดความน่าเชื่อถือของความสอดคล้องของข้อมูล หรือชี้วัดทางสถิติระหว่างผู้ให้ความเห็นสองฝ่ายว่ามีความเห็นตรงกันมากหรือน้อยอย่างไร โดยค่าสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 1.0 หมายถึงมีความน่าเชื่อถือของความสอดคล้องของข้อมูลมาก หรือการชี้วัดทางสถิติระหว่างผู้ให้ความเห็นสองฝ่ายมีความเห็นตรงกันมาก ส่วน 0.0 หมายถึง ข้อมูลไม่มีความสอดคล้องกันเลย หรือความเห็นของทั้งสองฝ่ายไม่ตรงกัน ค่า Cohen's kappa สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Kappa Score} = (\text{Agree} - \text{Chance Agree}) / (1 - \text{Chance Agree})$$

กล่าวคือ เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนส่วนของเหตุการณ์สังเกตที่สอดคล้องกัน (Observed Agreement: OA) กับ โอกาสที่เหตุการณ์นั้นสอดคล้องกันด้วยความบังเอิญ (Chance Agreement: AC) หรือ สามารถเขียนเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ว่า

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

โดยที่

K คือ Kappa Score

P_o คือ relative observed agreement ระหว่าง raters

P_e คือ hypothetical probability ของ chance agreement

$K = 1$ ถ้ามีความเห็นสอดคล้องอย่างสมบูรณ์

$K = 0$ ถ้ามีความเห็นไม่สอดคล้องกัน (No agreement among the raters)

ตารางที่ 4 การแปลความหมายค่าสถิติของ Cohen's kappa (K)

ค่าสถิติ Cohen's kappa (K)	ขนาดความสอดคล้อง (Strane of Agreement)
< 0.00	แย่ (Poor)
0.00 – 0.20	น้อย (Slight)
0.21 – 0.40	พอใช้ (Fair)
0.41 – 0.60	ปานกลาง (Moderate)
0.61 – 0.80	ดี (Substantial)
0.81 – 1.00	ดีมาก/ค่อนข้างสอดคล้อง (Almost Perfected)

ที่มา: Landis and Koch (1977)

รูปที่ 3 ตำแหน่งข้อมูลภาคสนามที่ใช้ประเมินความถูกต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลดาวเทียม
ปี พ.ศ. 2561

การคัดเลือกตำแหน่งของข้อมูลแต่ละประเภทด้วยการสุ่ม ประเภทละ 5 ตำแหน่ง เพื่อใช้ในการวัดความน่าเชื่อถือของความสอดคล้องของข้อมูล เนื่องจากพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษามีขนาดค่อนข้างเล็กจึงทำการคัดเลือกพื้นที่ที่ใช้ทดสอบตามจำนวนดังกล่าว รวมทั้งหมดปีละ 30 จุดทดสอบ

ในขั้นตอนการทำการประเมินความถูกต้องจัดทำโดยขั้นแรก คือการจัดเตรียมข้อมูลตำแหน่งชั้นข้อมูลที่ต้องการเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงของกูเกิล ข้อมูลภาคสนาม และอื่น ๆ ที่สามารถจัดหา และรวบรวมได้ จากนั้นนำไปวางซ้อนทับ

กับผลการจำแนกข้อมูลในปีนั้น ๆ และทำการเปรียบเทียบว่าประเภทชั้นข้อมูลชนิดนั้นตรงกันหรือไม่ จากข้อมูลจริงที่นำไปซ้อนทับ โดยใช้โปรแกรมคำนวณออกมา จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่า Overall Accuracy และ Kappa Coefficient ใน Excel

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความถูกต้อง Landsat 5 ปี พ.ศ. 2543

Landsat 5 พ.ศ. 2543		Reference test					รวม
Class	สิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่ ป่าไม้	แหล่งน้ำ	พื้นที่ทำ การเกษตร	ไม้พุ่มเตี้ย	พื้นที่ อื่น ๆ	
สิ่งปลูกสร้าง	3	0	0	0	0	0	3
พื้นที่ป่าไม้	0	4	0	0	2	0	6
แหล่งน้ำ	0	0	4	1	0	0	5
พื้นที่เพาะปลูก	1	1	0	3	0	1	6
ไม้พุ่มเตี้ย	0	0	0	1	3	0	4
พื้นที่อื่น ๆ	1	0	1	0	0	4	6
รวม	5	5	5	5	5	5	30
Overall Accuracy	70%						
Kappa Coefficient	0.64						

จากตารางที่ 10 จะพบว่ามีข้อมูลที่มีการแปลผิดพลาดไปจากความเป็นจริงอย่าง เช่น จากจุดทดสอบสิ่งปลูกสร้าง เมื่อนำไปซ้อนทับข้อมูลที่ได้จากจำแนกเป็นข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง 5 จุด เป็นข้อมูลสิ่งปลูกสร้างเหมือนกัน 3 จุด และพบว่าเป็นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่อื่น ๆ อย่างละ 1 จุด หรือข้อมูลพื้นที่เพาะปลูก 5 จุด เป็นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกเหมือนกัน 4 จุด และพบว่าเป็นข้อมูลแหล่งน้ำ 1 จุด ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ดังกล่าวอาจอยู่ในช่วงที่กำลังเตรียมการเพาะปลูกมีการปล่อยน้ำเข้ามายังพื้นที่ ทำให้มีน้ำท่วมขังซึ่งการจำแนกก็อาจจะถูกจัดในชั้นข้อมูลของแหล่งน้ำ เป็นต้น และพบว่ามี ความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกอยู่ที่ 70% และค่าสัมประสิทธิ์ Cohen's kappa (K) ที่ 0.64 ซึ่งถ้าเทียบกับขนาดความสอดคล้อง (Strane of Agreement) ตามตารางที่ 9 อยู่ในช่วงความสอดคล้องดี (Substantial) หมายความว่าข้อมูลที่ได้จากการจำแนกชุดนี้มีความสอดคล้องกันมากกับข้อมูลจริงในพื้นที่

จากตารางที่ 11 ในการประเมินความถูกต้องของผลการแปลจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์คัปปาของโคเฮน (K) ในแต่ละปีของดาวเทียมนั้นให้

ค่าสถิติของ Cohen's kappa (K) อยู่ในช่วง 0.64 – 0.92 ซึ่งเมื่อพิจารณาขนาดความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ ดี ถึง ดีมาก/ค่อนข้างสอดคล้อง

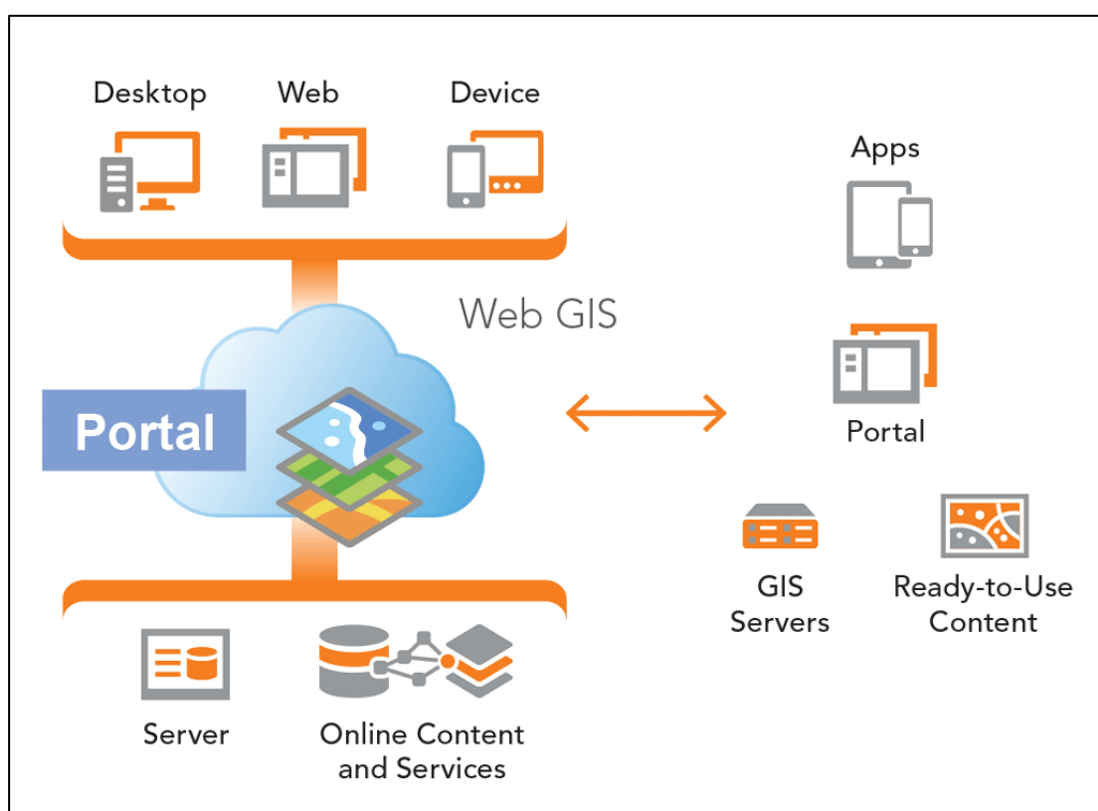
ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์ค้ำปาของโคเฮน (K) ในแต่ละปีของดาวเทียม

ลำดับ	ดาวเทียม	ปี พ.ศ.	ค่า Overall Accuracy (%)	ค่า Kappa Coefficient	ความสอดคล้อง (Strang of Agreement)
1	Landsat 5	2543	70.00	0.64	ดี
2	TM	2548	76.67	0.72	ดี
3		2550	86.67	0.84	ดีมาก/ค่อนข้างสอดคล้อง
4		2552	93.33	0.92	ดีมาก/ค่อนข้างสอดคล้อง
5	Landsat 8	2556	80.00	0.76	ดี
6		2559	70.00	0.64	ดี
7		2561	90.00	0.88	ดีมาก/ค่อนข้างสอดคล้อง
8		2563	73.33	0.68	ดี
9	THEOS	2552	76.67	0.72	ดี
10		2563	73.33	0.68	ดี

ผลจากตารางค่า Overall Accuracy จากการตรวจแบบตาราง (Error Matrix) ที่เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จากระบบคอมพิวเตอร์ และข้อมูลจริงในพื้นที่ พบว่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ในช่วง 70.00% – 93.33 % ซึ่งให้ค่าความถูกต้องรวมที่สูง แสดงว่ารายละเอียดเหล่านั้นมีลักษณะที่คล้ายกันสูง โดยข้อมูล Landsat 5 TM ปี พ.ศ. 2552 ให้ค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 93.33 % และค่าที่ต่ำสุดอยู่ที่ Landsat 5 TM ปี พ.ศ. 2543 และ Landsat 8 ปี พ.ศ. 2559 ที่ 70 % ในส่วนของ Cohen's kappa (K) จากตารางพบว่า Landsat 5 TM ปี พ.ศ. 2552 ค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงสุดเช่นกันที่ 0.92 ให้ความสอดคล้องของข้อมูลที่ดีมาก และต่ำสุดคือ Landsat 5 TM ปี พ.ศ. 2543 และ Landsat 8 ปี พ.ศ. 2559 ที่ค่าสัมประสิทธิ์ 0.64 ซึ่งก็ยังให้ความสอดคล้องของข้อมูลที่ดีอยู่เช่นกัน

3.3.8 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย (Web Application)

สำหรับขั้นตอนในการจัดทำระบบให้บริการแผนที่การใช้ที่ดินผ่านเครือข่าย Web Application ทางผู้วิจัยได้พัฒนาผ่านทางโปรแกรม ArcGIS Server ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทางกองทัพบกมีใช้งานอยู่แล้ว จึงมีแนวคิดในการนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนางานของกองทัพบกมากยิ่งขึ้น



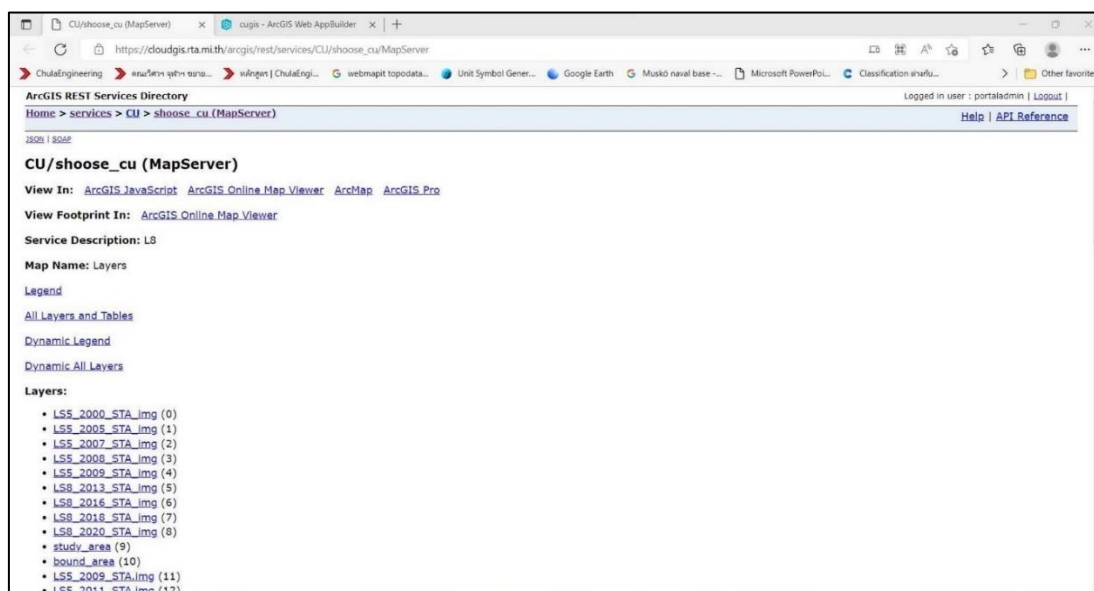
รูปที่ 4 ผังขั้นตอนระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่าย (ESRI)

โดยการพัฒนา Web Map Application ด้วยการโปรแกรม ArcGIS Server ผ่าน GIS Portal ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน ดังต่อไปนี้

3.3.9 การจัดการนำเข้าข้อมูล (Input Data)

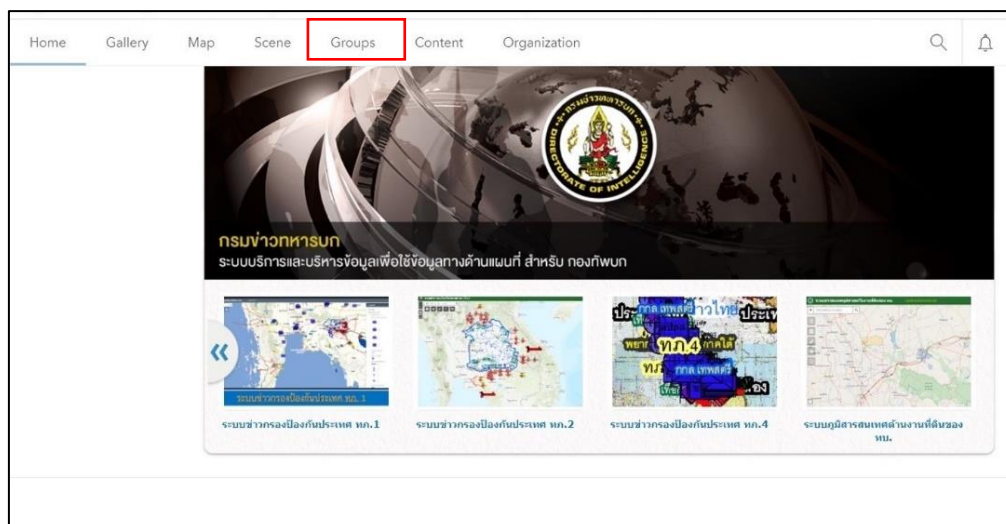
ในการจัดการข้อมูลที่นำเข้าให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ คือ เป็นข้อมูลในรูปแบบ ราสเตอร์ (Raster Format) ที่มีระบบพิกัดในตัวเอง ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบนามสกุล GeoTiff และข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector Format) โดยก่อนนำเข้าจะทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ

WMS ในโปรแกรม Arc Map ซึ่งจะได้ลักษณะข้อมูลที่เป็น URL ออกมา พร้อมใช้ในการนำเข้าสู่ข้อมูล
URL: https://cloudgis.rta.mi.th/arcgis/rest/services/DLOGS/shoose_cu/MapServer



รูปที่ 5 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำเข้าสู่ระบบ GIS Portal

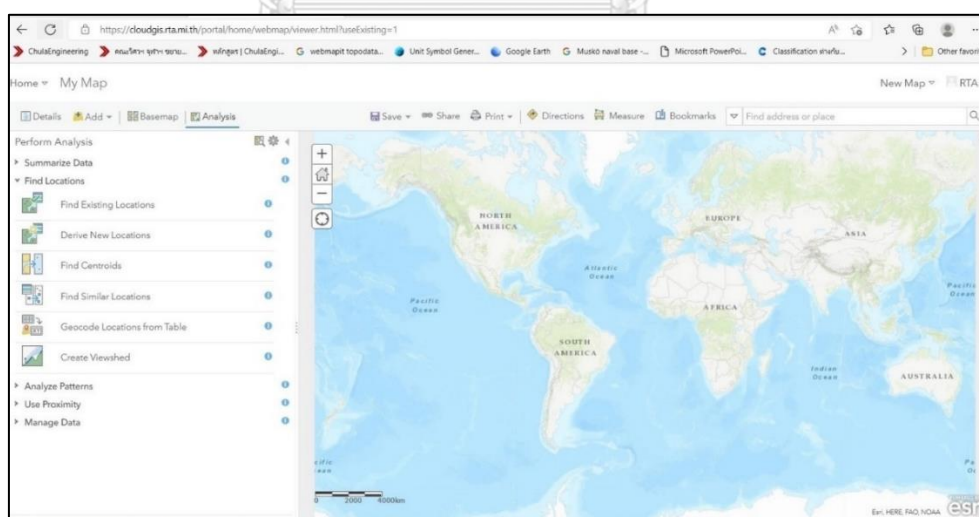
การนำเข้าสู่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยเข้าไปในส่วน GIS Portal ของกองทัพที่ได้ทำการติดตั้งไว้ผ่าน URL หลังจากนั้นทำการ Login ด้วย Username และ Password ซึ่งมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานตามระดับชั้นสิทธิ์ เมื่อ Login สำเร็จก็จะเข้าสู่หน้าหลัก ของระบบบริการและการบริหารข้อมูลเพื่อการใช้ข้อมูลทางด้านแผนที่ จากนั้นทำการนำเข้าสู่ข้อมูลผ่านเมนูที่ชื่อ Content โดยสามารถนำเข้าสู่ข้อมูลได้หลายช่องทาง เช่น การนำเข้าสู่ด้วยข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ การนำเข้าสู่ข้อมูลจากเว็บไซต์ การนำเข้าสู่ข้อมูลผ่าน Web Application และการนำเข้าสู่ข้อมูลจาก Data Store โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกการนำเข้าสู่ข้อมูลจากการนำเข้าสู่ข้อมูลจากเว็บไซต์



รูปที่ 6 การนำเข้าข้อมูลในส่วน GIS Portal

3.3.10 การสร้างแผนที่ในรูปแบบ Web Map

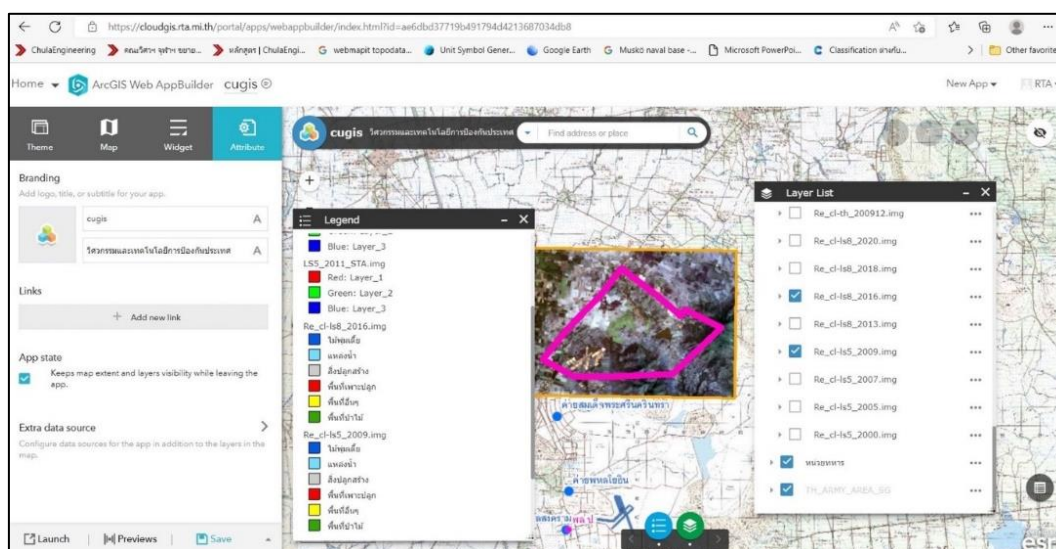
เป็นการสร้าง Feature Layer และสร้างองค์ประกอบการใช้งานทางด้วยแผนที่ เพื่อให้การใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ หรือเหมาะสมในการนำไปใช้งาน โดยมีขั้นตอนคือ เลือกที่ Map แล้วเลือกเพิ่มข้อมูลที่ทำกรนำเข้าเอาไว้ในข้างต้นแล้ว จากนั้นทำการปรับแต่งสัญลักษณ์เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ จากนั้นให้ทำการบันทึกข้อมูลสำหรับขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 7 การสร้างแผนที่ในรูปแบบ Web Map

3.3.11 การสร้าง Web Application ด้วยเครื่องมือ Web AppBuilder

เป็นการสร้าง Web Application ด้วย Web AppBuilder เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมแผนที่ทำงานอัตโนมัติอยู่บนเว็บไซต์ ซึ่งสามารถปรับแต่งหน้าแผนที่ในรูปแบบออนไลน์ได้ ในส่วน Web AppBuilder สามารถเลือก Theme ที่ต้องการ โดย Theme ที่เลือกสามารถแสดงบนหน้า Web Application พร้อมข้อมูลที่ได้นำเข้า และสามารถกำหนดสี Layout ในการแสดงปุ่มเครื่องมือต่าง ๆ ได้



รูปที่ 8 การสร้าง Web Application ด้วยเครื่องมือ Web AppBuilder

เมื่อทำการสร้างระบบการให้บริการแผนที่ แบบ Web Application เสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถนำ Link หรือ URL นำไปให้บริการได้ หรือนำไปใช้งานนอกสถานที่ได้ โดยสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์, Smart Phone, Tablet และมีเครื่องมือที่รองรับข้อมูลเบื้องต้นกับไฟล์ภาพได้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ มีผลการดำเนินงานวิจัยในส่วนที่สำคัญ คือ ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 TM ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 8 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน THEOS และผลการพัฒนาแผนที่ออนไลน์ Web Map Service (GIS Portal) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 TM

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 TM เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่สามารถจำแนกตามแต่ละปีตามตารางที่ 4-1 พบว่าปี พ.ศ. 2543 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 36,323.44 ไร่ โดยสังเกตพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวกับพื้นที่ไร่ที่ยังไม่มีการเพาะปลูก รองลงมาคือ พื้นที่ป่าจำนวน 8,084.81 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 7,038 ไร่ ซึ่งจากข้อมูลภาคสนามและการสอบถามพบว่าปีดังกล่าวพืชส่วนมากเป็นข้าว และพืชไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2548 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดก็ยังคงเป็นพื้นที่อื่น ๆ จำนวน 21,710.81 ไร่ และยังคงพบว่าส่วนใหญ่ยังเป็นพื้นที่นาข้าวกับพื้นที่ไร่ที่ยังไม่มีการเพาะปลูก รองลงมาคือ พื้นที่เพาะปลูกจำนวน 13,374.56 ไร่ พืชส่วนมากก็ยังเป็นข้าว และพืชไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่ป่าไม้จำนวน 11,804.63 ไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

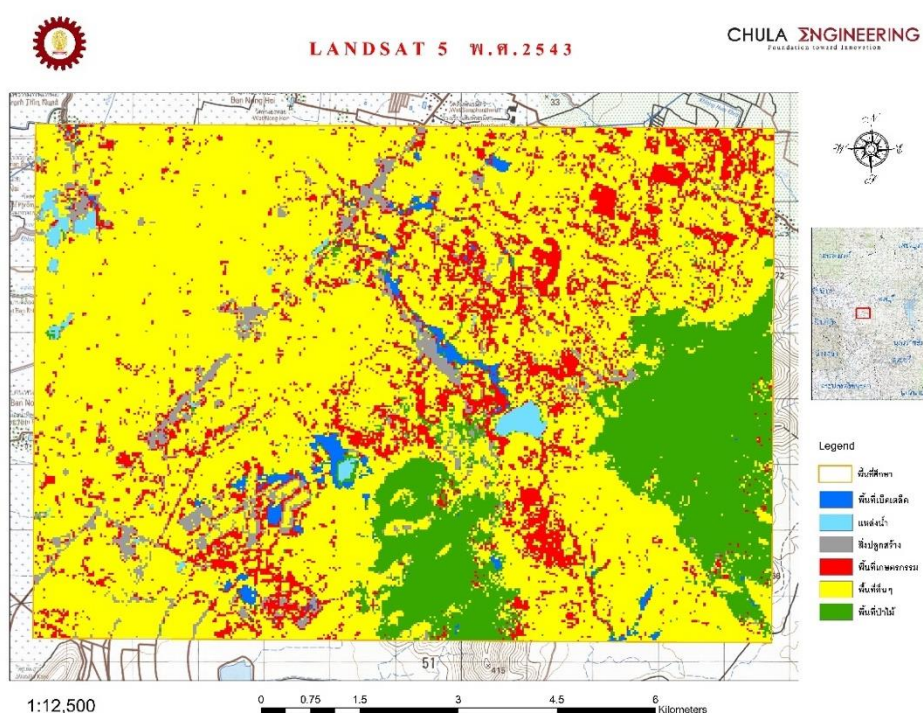
ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 27,178.88 ไร่ โดยสังเกตพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาที่ยังไม่มีการเพาะปลูก รองลงมาคือ รองลงมาคือ พื้นที่ป่าที่ 17,698.50 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกอยู่ที่ 3466.13 ไร่ พืชส่วนมากเป็น ข้าว และพืชไร่ เช่นเดียวกัน และอื่น ๆ ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2552 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 24,332.07 ไร่ โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาที่ยังไม่มีการเพาะปลูก รองลงมาคือ พื้นที่ป่าที่ 17,698.50 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 12,335.63 ไร่ พืชส่วนมากเป็น ข้าว และพืชไร่ เช่นเดียวกัน และอื่น ๆ ตามลำดับ

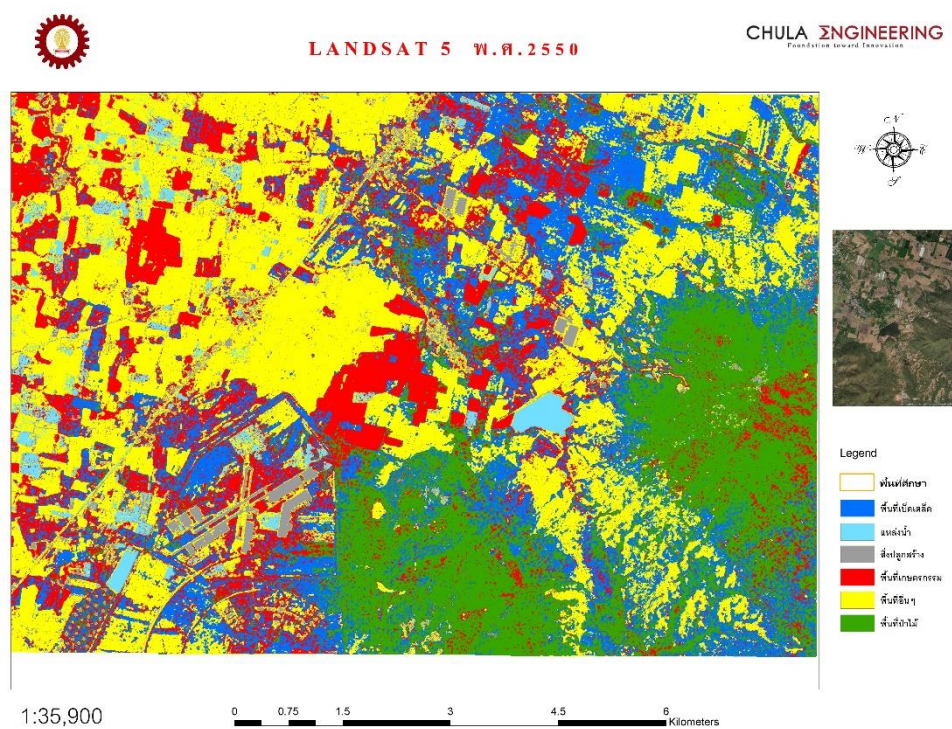
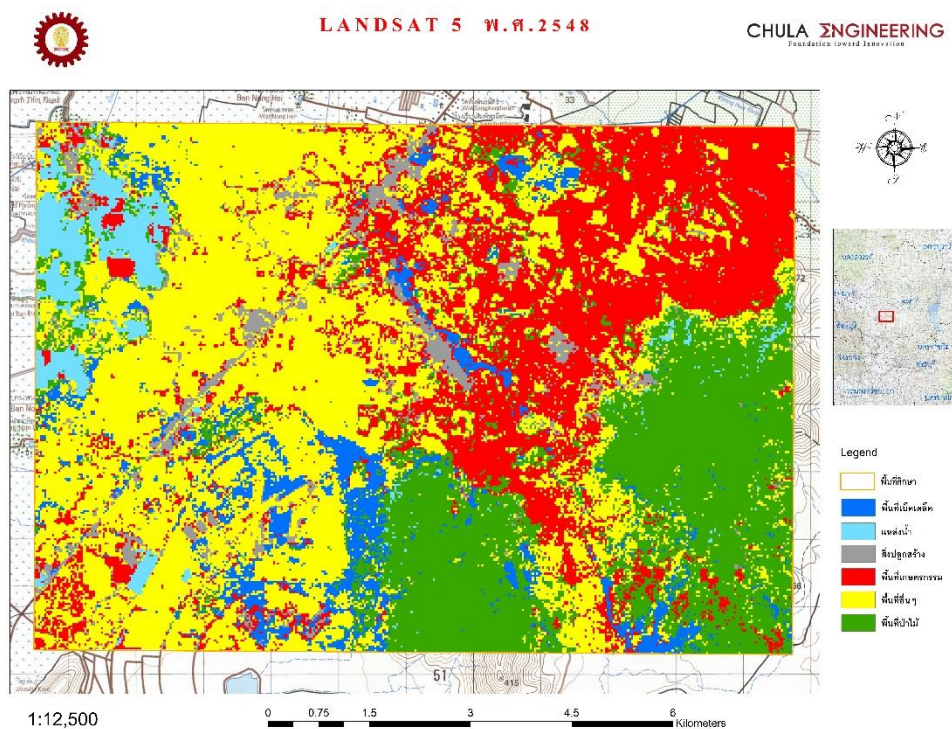
โดยถ้าทำการเปรียบเทียบพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 4 ปี พบว่าปริมาณพื้นที่ที่ได้จากการจำแนกในสามลำดับแรกค่อนข้างที่จะคงเดิม โดยที่มีปริมาณพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้น หรือลดลง เนื่องจากช่วงเวลาที่ได้ภาพถ่ายเทียมมาใช้ในการวิเคราะห์อยู่ในช่วงเดือน หรือฤดูกาลในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน และพบว่าพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้างมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ 2,337.19 ไร่ และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ 3480.75 ไร่ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 1,143.56 ไร่

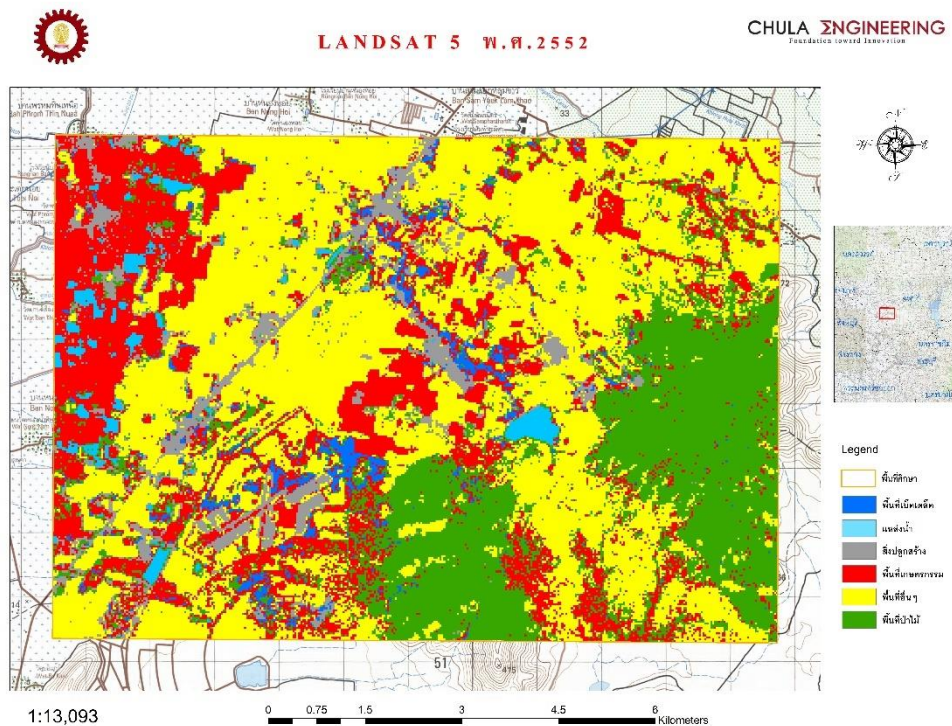
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 TM

ลำดับ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (หน่วย: ไร่)			
		พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2552
1	สิ่งปลูกสร้าง	2,337.19	2,499.75	3,414.38	3,480.75
2	พื้นที่ป่าไม้	8,084.81	11,804.63	17,698.50	12,526.31
3	แหล่งน้ำ	449.44	1,990.69	1,648.69	936.56
4	พื้นที่เพาะปลูก	7,038.00	13,374.56	3,466.13	12,335.63
5	ไม้พุ่มเตี้ย	686.81	3,539.25	1,513.13	1,308.38
6	พื้นที่อื่น ๆ	36,323.44	21,710.81	27,178.88	24,332.07
รวม		54,919.69	54,919.69	54,919.69	54,919.70



รูปที่ 9 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 ปี พ.ศ. 2543





รูปที่ 12 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 5 ปี พ.ศ. 2552

4.2 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 8

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 8 เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่สามารถจำแนกตามแต่ละปีตามตารางที่ 4-2 พบว่า ปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 23,368.50 ไร่ โดยสังเกตพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า คาดว่าจะทำการเพาะปลูกข้าวและพืชไร่ รองลงมาคือ พื้นที่ป่าจำนวน 9,229.50 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่ไม้พุ่มเตี้ยจำนวน 8,822.25 ไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2559 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดก็ยังคงเป็นพื้นที่อื่น ๆ จำนวน 25,585.88 ไร่ และยังคงพบว่าส่วนใหญ่ยังเป็นพื้นที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า คาดว่าจะทำการเพาะปลูกข้าวและพืชไร่ รองลงมาคือ พื้นที่ป่าจำนวน 12,425.06 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 10,362.94 ไร่ โดยพืชส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าว พืชไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2561 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ ที่ 18,514.13 ไร่ โดยสังเกตพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า คาดว่าจะทำการเพาะปลูกข้าวและพืชไร่รองลงมาคือ พื้นที่ป่าจำนวน 17,844.19 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่เพาะปลูกอยู่จำนวน 7,541.44 ไร่ โดยพืชส่วนใหญ่ ได้แก่ ข้าว พืชไร่ พืชสวน และอื่น ๆ ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่เพาะปลูก ที่ 17,440.31 ไร่ โดยสังเกตพบว่าเป็นข้อมูลดาวเทียมที่อยู่ในช่วงของการเพาะปลูก จึงพบพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก รองลงมาคือ พื้นที่อื่น ๆ 14,595.75 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่ป่าจำนวน 12,230.44 ไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

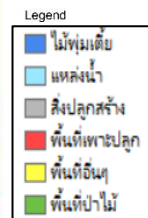
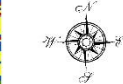
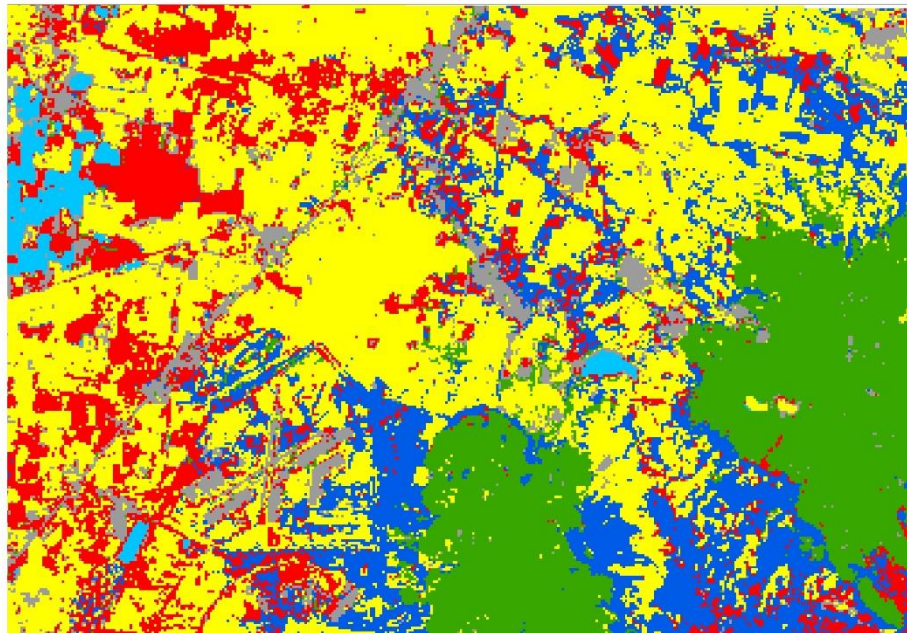
โดยถ้าทำการเปรียบเทียบพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้งหมด 4 ปี พบว่าปริมาณพื้นที่ที่ได้จากการจำแนกในสามลำดับแรกค่อนข้างที่จะคงเดิม โดยที่มีปริมาณพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้น หรือลดลง อันเนื่องมาจากช่วงเวลาที่ได้ภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการวิเคราะห์อยู่ในช่วงเดือน หรือฤดูกาลในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน และพบว่าพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้างมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ 3,981.94 ไร่ และปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่ 5,450.06 ไร่ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 1,418.63 ไร่

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน Landsat 8

ลำดับ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (หน่วย: ไร่)			
		พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2563
1	สิ่งปลูกสร้าง	3,981.94	4,480.31	5,197.5	5,450.06
2	พื้นที่ป่าไม้	9,229.50	12,425.06	17,844.19	12,230.44
3	แหล่งน้ำ	988.31	438.75	1,607.06	1,872.56
4	พื้นที่เพาะปลูก	8,529.19	10,362.94	7,541.44	17,440.31
5	ไม้พุ่มเตี้ย	8,822.25	1,626.75	4,215.38	3,330.56
6	พื้นที่อื่น ๆ	23,368.50	25,585.88	18,514.13	14,595.75
	รวม	54,919.69	54,919.69	54,919.70	54,919.68



LANDSAT 8 พ.ศ.2556

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

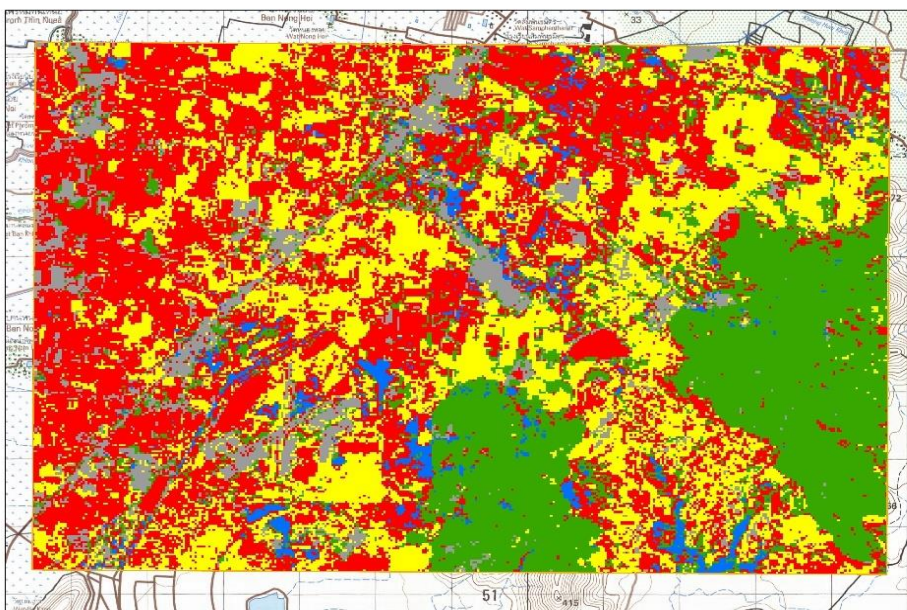
1:35,900

0 0.75 1.5 3 4.5 6 Kilometers

รูปที่ 13 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน Landsat 8 ปี พ.ศ. 2556



LANDSAT 8 พ.ศ.2559

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

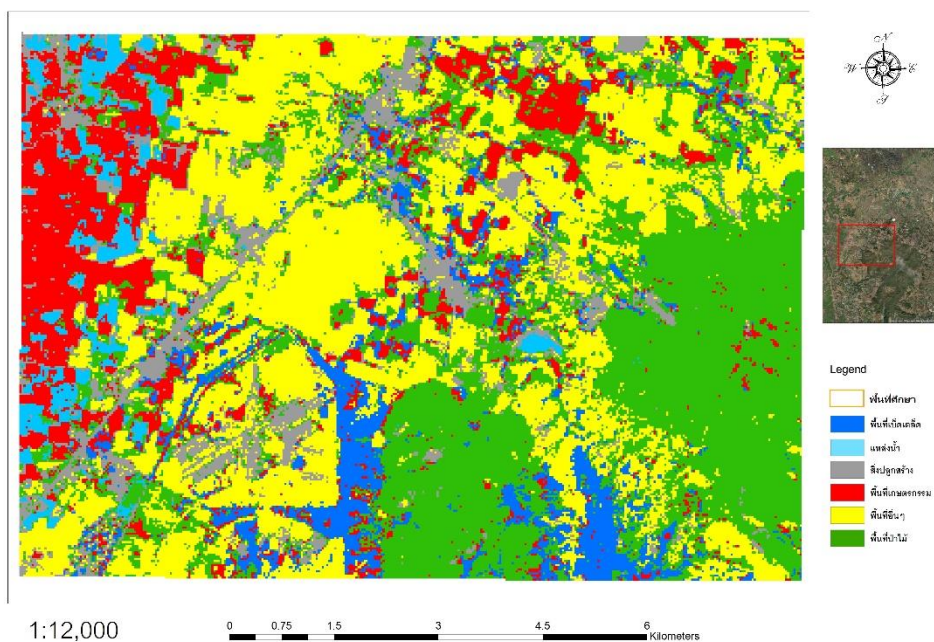
1:12,500

0 0.75 1.5 3 4.5 6 Kilometers

รูปที่ 14 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน Landsat 8 ปี พ.ศ. 2559



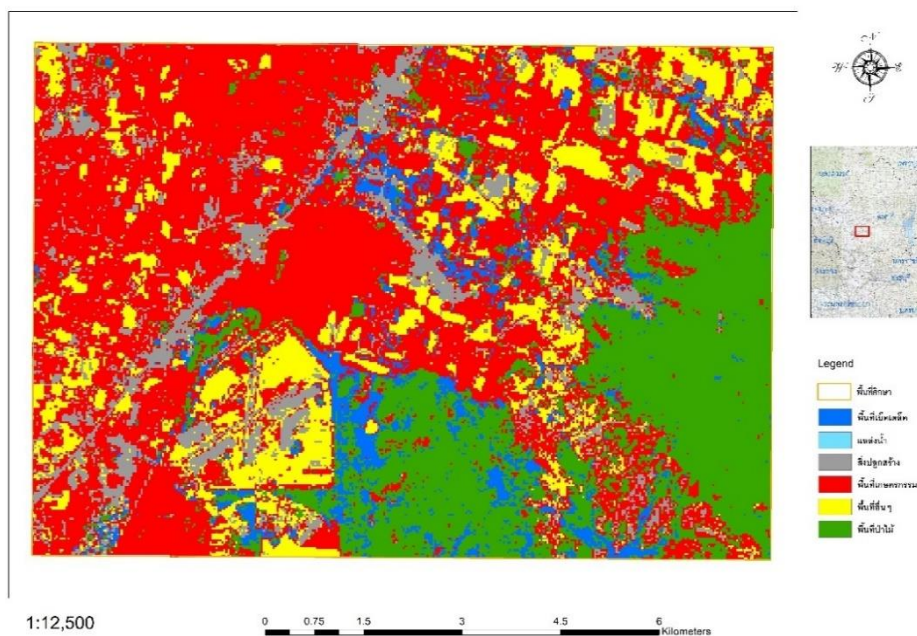
LANDSAT 8 พ.ศ. 2561

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

รูปที่ 15 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน Landsat 8 ปี พ.ศ. 2561



LANDSAT 8 พ.ศ. 2563

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

รูปที่ 16 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน Landsat 8 ปี พ.ศ. 2563

4.3 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน THEOS

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน THEOS เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่สามารถจำแนกตามแต่ละปีตาม (ตารางที่ 13) พบว่า ปี พ.ศ. 2552 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 19,340.27 ไร่ โดยสังเกตพบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวกับพื้นที่ที่ยังไม่มีการเพาะปลูก รองลงมาคือ เป็นพื้นที่ไม้พุ่มเตี้ยจำนวน 11,434.38 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่ป่าจำนวน 10,639.38 ไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ

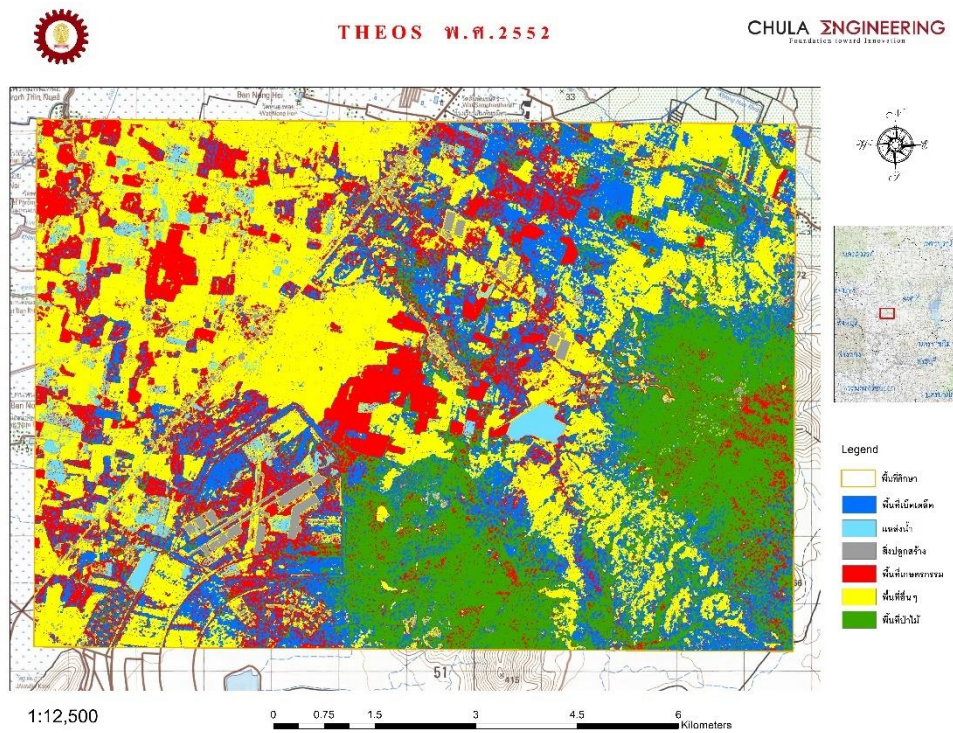
ในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ที่มีการจำแนกพบมากที่สุดเป็นพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 25,585.88 ไร่ พืชส่วนใหญ่ได้แก่ ข้าว พืชไร่ และพืชสวน รองลงมาคือ พื้นที่อื่น ๆ จำนวน 12,090.04 ไร่ ต่อมาเป็นพื้นที่ไม้พุ่มเตี้ยจำนวน 9,117.81 ไร่ และอื่น ๆ ตามลำดับ โดยที่ปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่น้อยกว่าขอบเขตพื้นที่ศึกษา

โดยถ้าทำการเปรียบเทียบพื้นที่การเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ปี อาจไม่สามารถพิจารณาเปรียบเทียบได้เนื่องจากพื้นที่ข้อมูลดาวเทียมมีพื้นที่ไม่เท่ากัน โดยที่ภาพดาวเทียมปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่น้อยกว่า (รูปที่ 33)

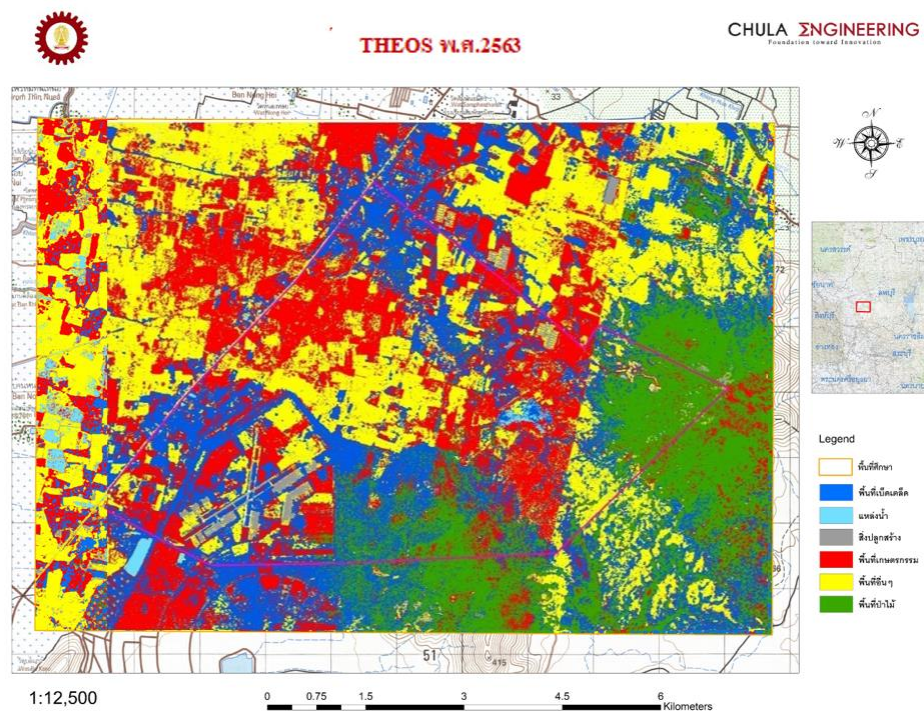
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน THEOS

ลำดับ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (หน่วย: ไร่)	
		พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2563*
1	สิ่งปลูกสร้าง	1,836.08	789.71
2	พื้นที่ป่าไม้	10,639.38	5,693.03
3	แหล่งน้ำ	1,307.92	163.58
4	พื้นที่เพาะปลูก	10,364.23	12,978.53
5	ไม้พุ่มเตี้ย	11,434.38	9,117.81
6	พื้นที่อื่น ๆ	19,340.27	12,090.04
รวม		54,922.26	40,832.70

หมายเหตุ: *ข้อมูลดาวเทียม THEOS ปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่น้อยกว่าขอบเขตพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 17 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน THEOS ปี พ.ศ. 2552



รูปที่ 18 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน THEOS ปี พ.ศ. 2563

4.4 สรุปผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

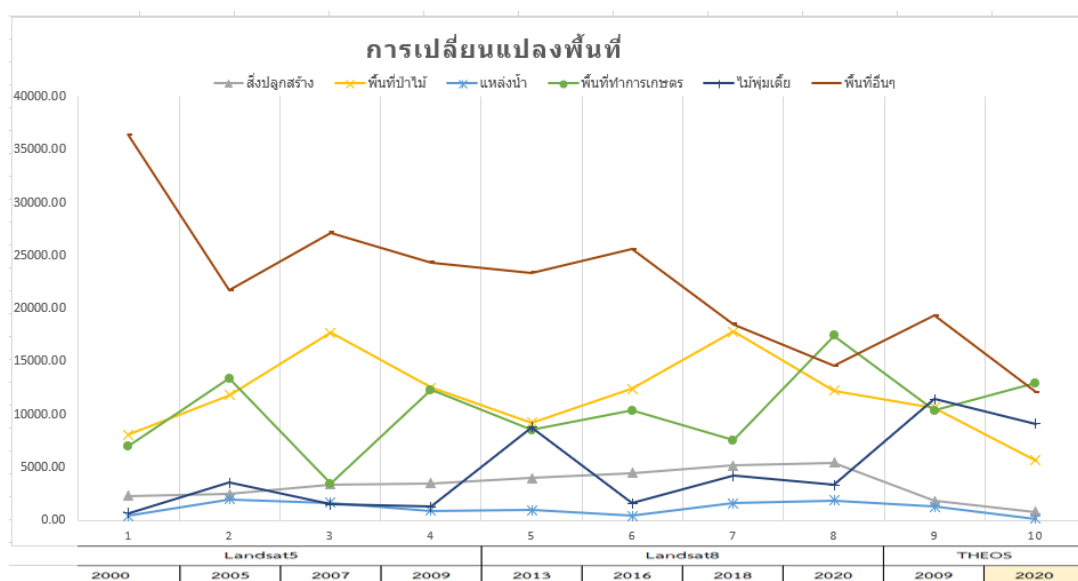
จากการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบของการแปลความของข้อมูลดาวเทียมทั้ง 3 ชนิด จากข้อมูลดาวเทียมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 จนถึงปี พ.ศ. 2563 (ตารางที่ 15) พบว่า มีทั้งพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยภาพรวมเพิ่มมากขึ้น คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (ที่อยู่อาศัย อาคารโรงงาน อาคารราชการ ฯ) พื้นที่ที่มีการลดลง คือ พื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพาะปลูก หรือสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้น-ลดลงระหว่างปี ไม่คงที่ คือ พื้นที่เพาะปลูก แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น เนื่องจากช่วงเวลาของข้อมูลภาพที่นำมาจำแนกในและปีต่างกัน ทำให้มีการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดิน เพราะในแต่ละปีการทำการเกษตรในพื้นที่มีหลากหลายชนิด หรือมีกิจกรรมการเกษตรที่หลากหลายตามฤดูกาลในพื้นที่นั้น ๆ เป็นผลทำให้การจำแนกมีความแตกต่างกันไปในและช่วงเวลา และยังพบว่าพื้นที่ที่มีการขยายตัวคือพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้นในพื้นที่อื่น ๆ และพื้นที่เพาะปลูก หรือพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงเกิดจากการบุกรุก หรือการขยายพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ เช่น จากผลข้อมูลการจำแนก Landsat 8 ในปี พ.ศ. 2556 (รูปที่ 28) มีการขยายตัวพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ ใกล้บริเวณเชิงเขา ที่พิกัด ละติจูด 14.9642607 N ลองจิจูด 100.6993439 E หรือพิกัดทางทหารคือ 47PPS8274655073 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูล Landsat 5 ในปี พ.ศ. 2552 (รูปที่ 27) เป็นต้น

โดยถ้าพิจารณาถึงค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ชนิด พบว่ามีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันโดยข้อมูลจาก Landsat 5 ได้ความถูกต้อง Overall Accuracy เฉลี่ยมากที่สุด 81.67 % รองลงมาคือ Landsat 8 ที่ 78.33 % และ THEOS อยู่ที่ 75 % และ ค่าเฉลี่ยของ Kappa Coefficient (K) เช่นเดียวกันโดยที่ Landsat 5 มากที่สุด 0.78 รองลงมาคือ Landsat 8 ที่ 0.74 และ THEOS อยู่ที่ 0.74 ซึ่งให้ค่า ความสอดคล้อง (Strangeness of Agreement) ในระดับดี (Substantial) เท่ากันทั้งหมด (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ (หน่วย: ไร่)													
	Landsat5						Landsat8						THEOS	
	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2556	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2563*				
1 สิ่งปลูกสร้าง	2,337.19	2,499.75	3,414.38	3,480.75	3,981.94	4,480.31	5,197.50	5,450.06	1,836.08	789.71				
2 พื้นที่ป่าไม้	8,084.81	11,804.63	17,698.50	12,526.31	9,229.50	12,425.06	17,844.19	12,230.44	10,639.38	5,693.03				
3 แหล่งน้ำ	449.44	1,990.69	1,648.69	936.56	988.31	438.75	1,607.06	1,872.56	1,307.92	163.58				
4 พื้นที่เพาะปลูก	7,038.00	13,374.56	3,466.13	12,335.63	8,529.19	10,362.94	7,541.44	17,440.31	10,364.23	12,978.53				
5 ไม้พุ่มเตี้ย	686.81	3,539.25	1,513.13	1,308.38	8,822.25	1,626.75	4,215.38	3,330.56	11,434.38	9,117.81				
6 พื้นที่อื่น ๆ	36,323.44	21,710.81	27,178.88	24,332.07	23,368.50	25,585.88	18,514.13	14,595.75	19,340.27	12,090.04				
รวม	54,919.69	54,919.69	54,919.69	54,919.70	54,919.69	54,919.69	54,919.70	54,919.68	54,922.26	40,832.70				

หมายเหตุ: *ข้อมูลดาวเทียม THEOS ปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่น้อยกว่าขอบเขตพื้นที่ศึกษา



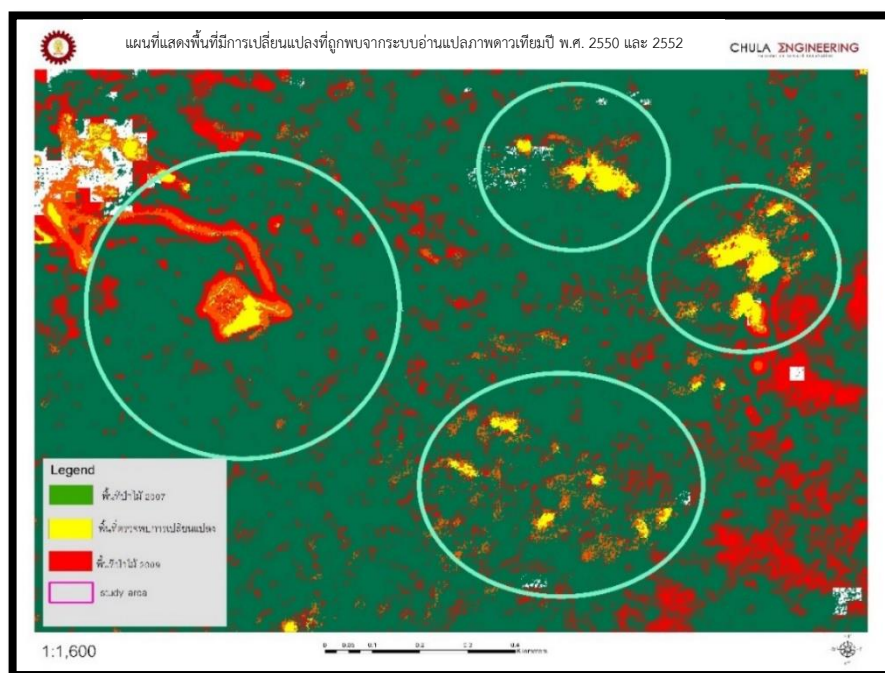
รูปที่ 19 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของดาวเทียมแต่ละช่วงปี

ตารางที่ 11 ค่าการประเมินความถูกต้องโดยเฉลี่ยของการจำแนกข้อมูลดาวเทียม 3 ชนิด

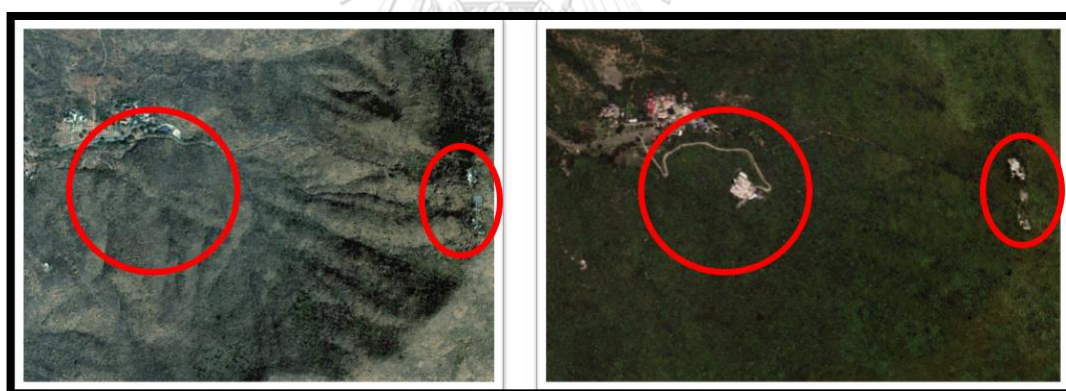
ลำดับ	ดาวเทียม	Overall Accuracy (%)	Kappa Coefficient (K)	ความสอดคล้อง (Strang of Agreement)
1	Landsat 5 TM	81.67	0.78	ดี (Substantial)
2	Landsat 8	78.33	0.74	ดี (Substantial)
3	THEOS	75	0.70	ดี (Substantial)

4.4.1 การแสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่พบการเปลี่ยนแปลง

จากการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบการแปลความของข้อมูลดาวเทียม ด้วยโปรแกรม Arc GIS โดยการแสดงผลภาพดาวเทียมเฉพาะชั้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ ทำการเปรียบเทียบภาพดาวเทียม ในช่วงปี พ.ศ. 2550 ให้การแสดงผลภาพโดยใช้สีเขียว และภาพดาวเทียมปี พ.ศ. 2552 ให้การแสดงผลเป็นสีแดง โดยหลังจากการซ้อนทับภาพดาวเทียมทั้ง 2 ช่วงปี พบว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ โดยแสดงผลเป็นสีเหลือง ได้อย่างชัดเจน สามารถระบุตำแหน่งของพื้นที่ที่ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งทำให้สามารถระบุตำแหน่งของพื้นที่เป้าหมายในการตรวจพบและสามารถดำเนินการเข้าตรวจสอบพื้นที่จริงได้อย่างแม่นยำ โดยข้อมูลสามารถบอกได้ถึงขนาดและที่ตั้งของพื้นที่ที่ตรวจพบเปลี่ยนแปลงได้



รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่พบการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบภาพปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552



พ.ศ. 2550

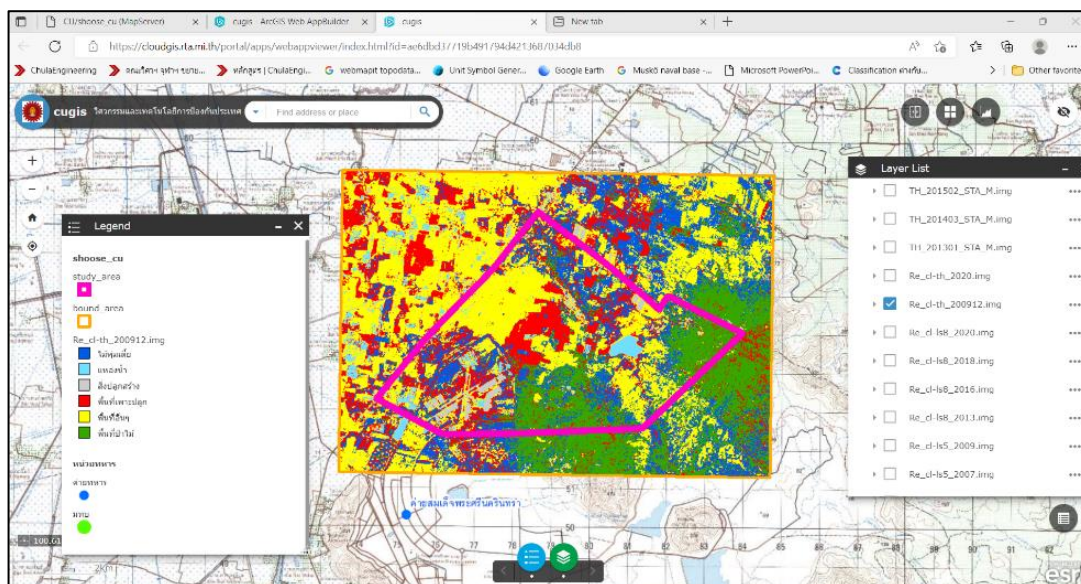
พ.ศ. 2552

รูปที่ 21 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่พบการเปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบภาพปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552

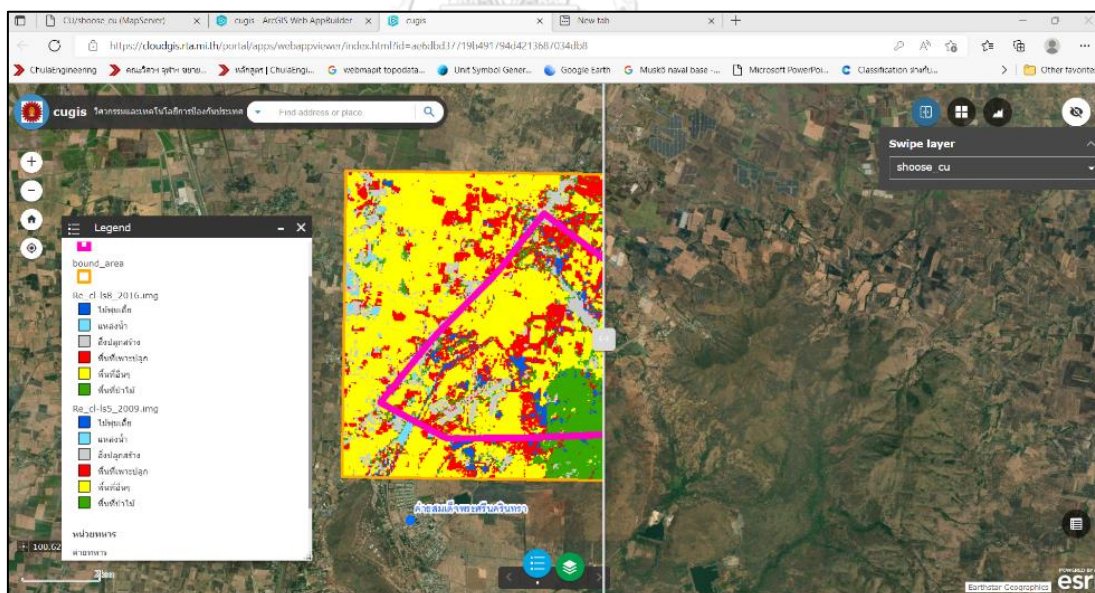
4.5 ผลการพัฒนาแผนที่ออนไลน์ Web Application ผ่าน GIS Portal

การพัฒนาแผนที่ออนไลน์ Web Application จัดทำผ่านระบบ GIS Portal สามารถแสดงผลในเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบแผนที่ สามารถแสดงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น การวัดระยะการหาพิกัด การ Swipe Image ในการเปรียบเทียบข้อมูล เป็นต้น ซึ่งได้ครบถ้วนตามความต้องการของผู้ใช้งาน

โดยสามารถเข้าใช้บริการผ่านระบบ URL ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์, Smart Phone และ Tablet เป็นต้น



รูปที่ 22 ผลการจัดทำระบบ GIS PORTAL



รูปที่ 23 ผลการเปรียบเทียบการแสดงผลในระบบ GIS PORTAL

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ จากภาพถ่ายดาวเทียม และเพื่อจัดทำระบบการอ่านตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ บริเวณพื้นที่ตัวอย่างตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ซึ่งงานวิจัยนี้จะถูกใช้เพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้สำหรับดูแลรักษาพื้นที่ของกองทัพบกและส่วนงานอื่น ๆ ที่ให้หน่วยทหารดูแลรับผิดชอบ สามารถนำระบบไปใช้ในพื้นที่เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการดูแลพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จากวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในที่ดิน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม และเพื่อจัดทำระบบอ่านแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ บริเวณพื้นที่ตัวอย่างตำบลห้วยโป่ง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

โดยผลที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์แปลความข้อมูลดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยการจำแนกด้วยวิธี กำกับดูแล (Supervised Classification) แบบ การหาตัวประมาณค่าที่ทำให้ฟังก์ชันร่วมมีค่าสูงสุด หรือ ความน่าจะเป็นมากที่สุด (Maximum Likelihood) ด้วยข้อมูลดาวเทียม 3 ชนิด ตามปีที่สามารถจัดหามาได้ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ศึกษา ได้จำแนกประเภทชั้นข้อมูล 6 ชั้นข้อมูล คือ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ไม้พุ่มเตี้ย และพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แปลความออกมานั้นทำให้ทราบถึงปริมาณพื้นที่ของประเภทชั้นข้อมูลนั้น ๆ และที่สำคัญทำให้ทราบได้ว่าการใช้ที่ดินประเภทหนึ่งเปลี่ยนเป็นอีกประเภทหนึ่ง และสามารถบอกขนาดพื้นที่พร้อมพิกัดหรือตำแหน่งที่ตั้งได้ และภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดคือ ภาพจากดาวเทียม THEOS ที่มีรายละเอียดจุดภาพ 2 เมตร

ในส่วนการพัฒนา Web Map Service โดยการนำผลลัพธ์จากการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ที่ได้จัดทำขึ้น ทำการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านระบบ GIS Portal ให้สามารถใช้งานข้อมูลแบบออนไลน์ มีความสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งาน ด้วยการใช้งานผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่ สามารถแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ได้ครบถ้วนตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยใช้งานได้ผ่านโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตเพียงมีสัญญาณอินเทอร์เน็ต โดยชุดข้อมูลที่สร้างไว้ใช้งานถูกจัดเก็บไว้ในระบบที่มีความปลอดภัยสูง มีการเข้ารหัสของข้อมูล และช่วยให้หน่วยที่ทำงานภาคสนาม และหน่วยที่อยู่ในที่ตั้งเห็นภาพสถานการณ์เป็นภาพเดียวกัน

5.2 การอภิปรายผลการศึกษา

ผลการวิจัยทำให้พบว่า วิธีการศึกษาด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียมเป็นวิธี หรือกระบวนการที่ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดินอย่างรวดเร็ว และง่ายต่อการจัดการ ทำให้ลดการสูญเสียเวลาในการเข้าตรวจสอบพื้นที่ และยังทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการทำงาน โดยสามารถแยกพื้นที่เป้าหมายในการเข้าตรวจสอบได้อย่างแม่นยำ

โดยกระบวนการทำงานในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำระบบการวิเคราะห์มาช่วยในการบริหารจัดการที่ดินในความครอบคลุมดูแล และการใช้ประโยชน์ของกองทัพบกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ และการใช้ประโยชน์ในที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินในการตรวจสอบและบันทึกเป็นหลักฐาน และการดำเนินการแก้ไขปัญหาการบุกรุก หรือการป้องกันเนื่องจากข้อมูลที่ได้มีระบบค่าพิกัดในการบอกตำแหน่งพร้อมขนาดของพื้นที่ได้ และสามารถใช้กระบวนการตามงานวิจัยนี้ไปใช้งานในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่อื่น ๆ ได้

ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดีที่สุดจากการวิจัยพบว่าชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม THEOS สามารถแสดงผลได้ชัดเจนที่สุดเนื่องจากมีรายละเอียดของจุดภาพ มีความละเอียด 2 เมตรต่อหนึ่งจุดการแสดงผลซึ่งให้รายละเอียดของการแปลงพื้นที่ที่มีความละเอียดและแสดงผลชัดเจนมากที่สุด โดยในอนาคตหากมีการพัฒนาในรายละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมให้มีรายละเอียดจุดภาพที่ดียิ่งขึ้น ก็สามารถนำข้อมูลภาพที่ได้มาและใช้ในกระบวนการเดียวกันนี้จะสามารถแสดงผลความเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น

ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลดาวเทียม จึงเป็นกระบวนการที่ตอบโจทย์ ในการพัฒนาระบบเพื่อใช้ในการบริหารจัดการที่ดินของกองทัพบกได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บรรณานุกรม

- กุลธิดา ธรรมรัตน์, แสงดาว นพพิทักษ์ และธีรรัตน์ จีระมะกร. (2560). การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเขต รักษาพันธุ์สัตว์ป่าดงใหญ่ อำเภอนอนดินแดง จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 9 (2): 71-82.
- เกื้อกุล ปรีเปรม. (2549). การพัฒนาแบบครุภัณฑ์และวัสดุผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ทรงกต ทศานนท์. (2550). เอกสารประกอบการสอนวิชา 106601: หลักการรับรู้จากระยะไกล. นครราชสีมา: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธนกฤต พิบบุนทด. (2563). การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมแลนด์แซทเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิว ในจังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. (2565). ความหมายของคำว่า "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) GIS" [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. (2565). องค์ประกอบของ GIS (Components of GIS) [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก <http://www.gisthai.org/about-gis/compo-gis.html>
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2558). ความหมายของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information technology) [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2450&lang=TH
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2558). ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=3537&lang=EN
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2559). การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก <http://www2.gistda.or.th/main/th/node/1365>
- อัณญา บุชยันต์, วณมพร พาหะนิชัย และภูมิ สารทสินธุ์. (2561). เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับการรู้เรื่องภูมิศาสตร์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ 20 (2):

385-397.

- Ballas, D., Clarke, G., Franklin, R. S., and Newing, A. (2017). GIS and the social sciences: Theory and applications. London: Routledge.
- Breslin, P. (1999). Getting to know ArcView GIS: the geographic information system (GIS) for everyone. California: Environmental Systems Research Institute.
- Curran, P. J. (1985). Principles of remote sensing. London: Longman.
- Hahn, D. W. (2009). Light scattering theory. Florida: Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Florida.
- Jog, S., and Dixit, M. (2016). Supervised classification of satellite images. 2016 Conference on Advances in Signal Processing (CASP), pp. 93-98. India.
- Khumrae, T., and Tongdeenok, P. (2020). Application of SEBAL Model for Estimation Evapotranspiration under El Niño and La Niña Phenomena in Linthin Watershed, Kanchanaburi Province. Bangkok: Kasetsart University.
- Landis, J. R., and Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. Biometrics 33 (2): 363-374.
- Lasaponara, R., and Masini, N. (2012). Remote sensing in archaeology: From visual data interpretation to digital data manipulation. In Satellite remote sensing (pp. 3-16). Berlin: Springer.
- Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W. (1979). Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley and Sons.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Maini, R., and Aggarwal, H. (2010). A comprehensive review of image enhancement techniques. Journal of Computing 2 (3): 8-13.
- Mark, D. M., Skupin, A., and Smith, B. (2001). Features, objects, and other things: Ontological distinctions in the geographic domain. International Conference on Spatial Information Theory, pp. 489–502. Germany.
- Stefanowski, J., and Vanderpooten, D. (2001). Induction of decision rules in classification and discovery-oriented perspectives. International Journal of Intelligent Systems 16 (1): 13-27.

- Ulaby, F. T., Moore, R. K., and Fung, A. K. (1981). Microwave remote sensing: Active and passive volume 1. Addison-Wesley: Reading.
- Yan, L., Li, Y., Chandrasekar, V., Mortimer, H., Peltoniemi, J., and Lin, Y. (2020). General review of optical polarization remote sensing. International Journal of Remote Sensing 41 (13): 4853-4864





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ร.อ.สาโรช แสงเมือง
วัน เดือน ปี เกิด	6 ตุลาคม 2531
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	43/1 ม.3 ต.บ่อโพรง อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา

