



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม

วนศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่

Analysis of Forest Canopy Density Using Remotely Sensed Data
: A Case Study of Chiang Mai Province

นามผู้วิจัย นางเครือวัลย์ รังสีพานิช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ดำรงศักดิ์ ศรีพระราม, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ, ป.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ยงยุทธ ไตรสุรัตน์, D.Tech.Sc.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจน์เพชร ชูชีพ, Dr.rer.net.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กาญจน์เพชร ชูชีพ, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มติวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่

Analysis of Forest Canopy Density Using Remotely Sensed Data
: A Case Study of Chiang Mai Province

โดย

นางเครือวัลย์ รังสีพานิช

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครือวัลย์ รังสิพานิช 2555: การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม คณะวนศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ดำรงค์ ศรีพระราม, D.Agr. 71 หน้า

ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ บ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และมวลชีวภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม กับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม โดยใช้กล้องเล็งสตาปลา และเพื่อจัดทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่ การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ใช้โปรแกรม FCD Mapper จำนวนค่าดัชนี 4 ตัว ได้แก่ ดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาไม้ และประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ จากนั้นใช้สมการเส้นตรงหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมและกล้องเล็งสตาปลา ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม สามารถใช้หาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความหนาแน่นเรือนยอดที่ได้จาก 2 วิธี ไม่ต่างกัน และมีความสัมพันธ์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (coefficient of determination: R^2) เท่ากับ 0.81 และนำข้อมูลจากการวิเคราะห์เรือนยอดโดยภาพถ่ายจากดาวเทียมมาจัดทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ แบ่งเป็น 10 ชั้น โดยแต่ละช่วงชั้นมีร้อยละของความหนาแน่น ดังนี้ 0 – 10, 11 – 20, 21 – 30, 31 – 40, 41 – 50, 51 – 60, 61 – 70, 71 – 80, 81 – 90 และ 91 – 100 ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 18.35, 5.86, 9.96, 13.31, 15.06, 14.08, 11.39, 7.71, 3.82 และ 0.46 ของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ตามลำดับ

Kruawan Rungsipanich 2012: Analysis of Forest Canopy Density Using Remotely Sensed Data: A Case Study of Chiang Mai Province. Master of Science (Forest Resource and Environmental Administration), Major Field: Forest Resource and Environmental Administration, Faculty of Forestry. Thesis Advisor: Mr. Damrong Sripraram, D.Agr. 71 pages.

Forest canopy density is important information indicating healthy forest and biomass. This study aimed : 1) to use satellite images from LANDSAT-5 TM to analyze forest canopy density; 2) to compare forest canopy density derived from satellite images and field survey data using fish-eye lens; and 3) to delineate forest canopy density in Chiang Mai province. FCD Mapper was employed calculate 4 indices, including vegetation index, bare soil index, thermal index and shadow index, and to estimate forest canopy density. In addition, linear regression equation was applied to determine the relation between forest canopy density derived from satellite images and fish-eye lens. The result revealed that satellite images are effective to analyze forest canopy density. Forest canopy density derived from 2 methods were not significantly different at the significant level of 95% and its co-relative coefficient was 0.81. Forest canopy density was divided into 10 classes, including 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-100. Each class covers 18.35, 5.86, 9.96, 13.31, 15.06, 14.08, 11.39, 7.71, 3.82 and 0.46% of the Chiang Mai province, respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อ. ดร. คำรงค์ ศรีพระราม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
อ. ดร. ปิยวัฒน์ คิลกสัมพันธ์ และ รศ. ดร. ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จ
สมบูรณ์

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ
จากสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้
อบรมสั่งสอน และครอบครัวที่ทำให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

เครือวัลย์ รังสีพานิช

เมษายน 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	37
ผล	37
วิจารณ์	52
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM	61
ภาคผนวก ข ภาพถ่ายเรดาร์ของหมูไม้ตัวอย่าง	63
ภาคผนวก ค รายงานผลการสำรวจความหนาแน่นของหมูไม้ตัวอย่าง	65
ภาคผนวก ง ผลการคำนวณ ความสัมพันธ์สองตัวแทน	67
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 รายละเอียดอุปกรณ์รับรู้ของดาวเทียมชุด LANDSAT	18
2 รายละเอียดข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 TM	20
3 องค์ประกอบของดัชนีทั้ง 4 ตัวของความหนาแน่นเรือนยอดของหญ้าไม้	23
4 ตัวอย่างผลการคำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดจากรูปถ่ายด้วยกล้อง เลนส์ตาปลาโดยใช้โปรแกรม HemiView	46
5 ความหนาแน่นของป่าไม้ในแต่ละชั้นความหนาแน่น ในจังหวัดเชียงใหม่	50
ตารางผนวกที่	
ง1 ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน	68

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การแบ่งชั้นเรือนยอด	7
2 การสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม	10
3 การดูดซับแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของใบไม้	14
4 การสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของใบไม้	14
5 การสะท้อนแสงของดินซึ่งมีซากพืชซากสัตว์แตกต่างกัน (ก) ผสมเล็กน้อย (ข) ผสมปานกลาง (ค) ผสมอยู่มาก	15
6 การสะท้อนแสงของดินซึ่งมีความชื้นแตกต่างกัน (ก) ร้อยละ 5 (ข) ร้อยละ 20 (ค) ร้อยละ 40	16
7 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการสำรวจระยะไกลแบบเดิม	21
8 การวิเคราะห์ด้วยวิธี FCD mapping model	22
9 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพป่าไม้กับดัชนีทั้ง 4 ตัว	23
10 แผนที่แสดงพื้นที่ป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2551	26
11 แผนภูมิการประเมินความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้	31
12 แผนที่ดัชนีความเป็นพืชพรรณ	38
13 แผนที่ดัชนีความเป็นดิน	39
14 แผนที่ดัชนีความร้อน	40
15 แผนที่ดัชนีความเป็นเงาดันไม้	41
16 แผนที่ความหนาแน่นของพืชพรรณ	42
17 แผนที่ดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้	43
18 แผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้	44
19 ตำแหน่งสำรวจตัวอย่างด้วยกล้องถ่ายภาพเลนส์ตาปลา	45
20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้จากการคำนวณภาพถ่าย จากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน	47
21 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้จากการคำนวณภาพถ่าย จากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าเบญจพรรณ	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมูไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าดงดิบ	48
23	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมูไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าเต็งรัง	49
23	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมูไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน รวมทุกประเภทป่า	49
24	แผนที่กลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่	51
ภาพผนวกที่		
ก1	ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554	62
ข1	รูปถ่ายเรือนยอดของหมูไม้ตัวอย่างจากกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งสำรวจตามระบบ UTM	64
ค1	ตัวอย่างรายงานผลการสำรวจความหนาแน่นของหมูไม้	66

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่

**Analysis of Forest Canopy Density Using Remotely Sensed Data
: A Case Study of Chiang Mai Province**

คำนำ

ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ บ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของป่าและปริมาณมวลชีวภาพ (Shimwell, 1971) แต่ข้อมูลชุดนี้ยังขาดข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ซึ่งวิธีการโดยทั่วไปในการจัดการป่าไม้ ข้อมูลที่ได้เกิดจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยการวางแผนสุ่มตัวอย่างสำรวจทรัพยากรป่าไม้ จำเป็นต้องใช้คน งบประมาณ และเวลาอย่างมาก ทั้งนี้อาจไม่ทันต่อสถานการณ์ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

การนำวิทยาการด้านการสำรวจจากระยะไกลมาใช้ในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ด้วยดาวเทียม เป็นการสำรวจวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก เนื่องจากสามารถดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว เป็นการประหยัดทั้งแรงงาน (คน) ค่าใช้จ่าย และเวลาในการดำเนินงาน อีกทั้งยังสามารถเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามเวลาที่ต้องการได้ตามวงโคจรของดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถวิเคราะห์หาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ (Forest Canopy Density: FCD) สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพป่าไม้อย่างต่อเนื่อง ใช้ประเมินความก้าวหน้าของกิจกรรมการปลูกป่า และความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ สามารถใช้บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ และตรวจสอบความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า โดยได้รับการพัฒนาเทคนิคแบบกึ่งผู้เชี่ยวชาญ (semi-expert system) (Rikimaru *et al.* , 2002) และได้มีการดำเนินการในพื้นที่หลายแห่ง เช่น Mt.Simpang and Mt.Tilu Nature Reserves, West Java, Indonesia, Australia และ Philippines เป็นต้น แต่ปัจจุบันการศึกษาดังกล่าวยังมีการดำเนินการน้อยในประเทศไทย

จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ภาคเหนือของประเทศ มีป่าไม้หลายประเภท ประกอบด้วย ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง เป็นต้น เมื่อใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ป่า 16,609 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 82.61 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งเป็นปริมาณพื้นที่ป่าที่มากที่สุดในภาคเหนือและจากการติดตามพื้นที่ป่าในจังหวัดเชียงใหม่ในระยะ 10 ปี พบว่าพื้นที่ป่าค่อนข้างคงที่ (กรมป่าไม้, 2551) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าพื้นที่ป่าไม้เสื่อมโทรมลง ต้นไม้ใหญ่ถูกลักลอบตัดและปลูกพืชแซมในพื้นที่ป่า ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาผลิตเป็นแผนที่แสดงความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเพื่อตรวจสอบความเสื่อมโทรมของป่าไม้และใช้เป็นแนวทางการหาพื้นที่ปลูกฟื้นฟูสภาพป่าต่อไป (Rikimaru *et al.*, 2002)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในการประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้
2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ที่วิเคราะห์จากภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายจากกล้องเล็งสตัปลา
3. เพื่อจัดทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่

การตรวจเอกสาร

1. ทรัพยากรป่าไม้

ป่าไม้ คือ สังคมของต้นไม้ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อันมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ปกคลุมเนื้อที่กว้างใหญ่ มีการใช้ประโยชน์จากอากาศ น้ำ และวัตถุธาตุต่าง ๆ ในดิน เพื่อการเจริญเติบโตจนถึงอายุขัย และมีการสืบพันธุ์ของตนเองทั้งให้ผลผลิต และบริการที่จำเป็นต่อมนุษย์ (เทอด, 2525)

นิวัติ (2542) กล่าวว่า ชนิดของป่าไม้แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ป่าไม้ผลัดใบ (evergreen forest) แบ่งย่อยได้เป็น 4 ชนิด คือ

1.1 ป่าดิบเมืองร้อน (tropical evergreen forest) เช่น ป่าดิบเขา (hill evergreen forest) ป่าดิบชื้น (tropical rain forest) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest)

1.2 ป่าสน (coniferous forest)

1.3 ป่าพลูหรือป่าบึง (swamp forest) เช่น ป่าชายเลน (mangrove swamp forest) ป่าพลูหรือป่าบึงน้ำจืด (fresh water swamp forest)

1.4 ป่าชายหาด (beach forest)

2. ป่าผลัดใบ (deciduous forest) แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.1 ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest)

2.2 ป่าแพะ ป่าแดง ป่าโคกหรือป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest)

2.3 ป่าหญ้า (savanna forest)

Shimwell (1971) กล่าวว่า ลักษณะโครงสร้างของพืชพรรณสามารถแสดงโครงสร้างได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะโครงสร้างทางแนวตั้ง (vertical structure) เป็นการจัดเรียงตัวของชนิดพืชพรรณเป็นชั้น (strata) ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะโครงสร้างที่ค่อนข้างจะคงที่สำหรับโครงสร้างของพืชป่าแต่ละชนิด
2. ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) เป็นการกระจายของพืชพรรณออกเป็นแบบต่าง ๆ (pattern) ซึ่งออกมาเป็นรูปแบบการกระจายของชนิดพรรณไม้ในสังคมพืช
3. ลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของพรรณพืช (abundance) ได้แก่ ความหนาแน่นการปกคลุมมวลชีวภาพ และพื้นที่หน้าตัด ซึ่งมักจะคำนวณออกมาเป็นหน่วยต่อพื้นที่ดิน

การศึกษาสังคมพืชมีลักษณะที่ศึกษาอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะในทางวิเคราะห์ (analytic characteristics) ซึ่งเป็นลักษณะที่ศึกษาในหมู่ไม้ใดหมู่ไม้อันหนึ่งโดยเฉพาะ สามารถวัดบอกเป็นตัวเลขได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ลักษณะในเชิงปริมาณ (quantitative characteristics) ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างของสังคมพืช ที่ได้จากการเก็บข้อมูล เช่น ความหนาแน่น (density) ความถี่ (frequency) ความเด่นของพืช (dominance) ดรรชนีความสำคัญ (Importance Value Index: IVI) (Curtis, 1959) ความแตกตัวของชนิด (species diversity) (Kreb, 1972) และพื้นที่หน้าตัด (basal area) เป็นต้น ส่วนลักษณะบางอย่างทำการวัดเป็นตัวเลขไม่ได้ แต่ใช้แบบบรรยายเรียกว่า ลักษณะในเชิงคุณภาพ (qualitative characteristic) ลักษณะในการศึกษาสังคมพืชทางสังเคราะห์ (synthetic characteristics) เป็นการศึกษาที่ใช้ข้อมูลจากหลาย ๆ หมู่ไม้แล้วนำข้อมูลมารวมกันเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับสังคมพืชประเภทนั้น ๆ และลักษณะการศึกษาสังคมพืชที่ปรากฏแก่สายตา (physiognomic characteristics)

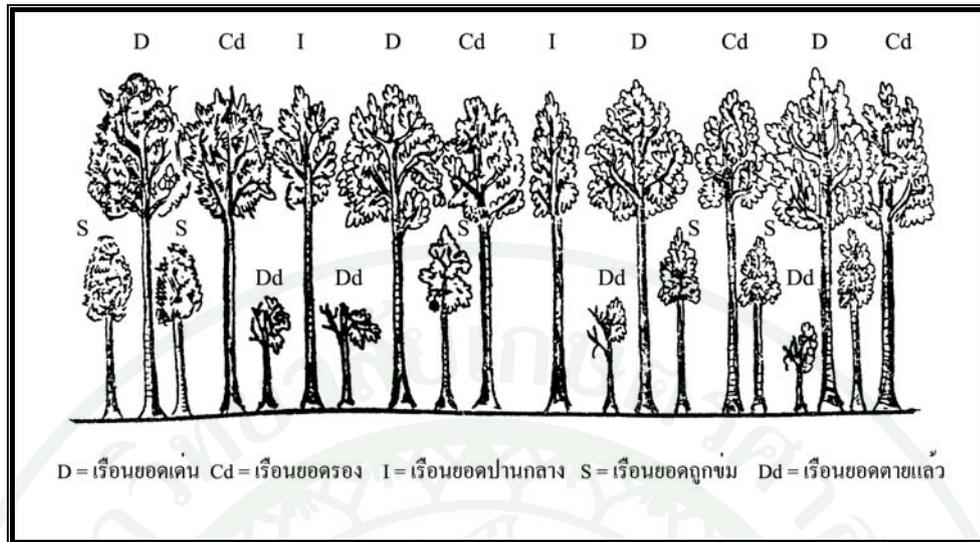
การศึกษาสภาพการกระจายของต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical) ซึ่งแสดงให้เห็นเป็นชั้น ๆ ของพรรณพืช เช่น ไม้ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง วิธีการนี้ช่วยให้เห็นในการแสดงภาพเปรียบเทียบรูปด้านข้าง (profile) ของป่าประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้อาจแสดงการแผ่ขยายของเรือนรากหรือสภาพใต้พื้นดินได้ สำหรับการศึกษการปกคลุมของเรือนยอด (crown cover) เพื่อทราบว่ามีพื้นที่ป่าที่ปกคลุมมากน้อยเพียงใด และเรือนยอดของไม้ชั้นเบียดเสียดกันมากแค่ไหน (ชาญชัย, 2519)

สำหรับความกว้างของเรื้อนยอด (crown width) วัดโดยใช้เทปวัดจากจุดหนึ่งของเรื้อนยอดที่ปกคลุมผ่านจุดกึ่งกลางไปยังอีกด้านหนึ่งของเรื้อนยอด มักทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเรื้อนยอด 2 ครั้งในทิศทางตั้งฉากกัน (Brown and Parker, 1994)

2. การแบ่งชั้นของต้นไม้โดยอาศัยเรื้อนยอดเป็นเกณฑ์

เทอด (2525) กล่าวว่า เรื้อนยอดของต้นไม้สามารถจำแนกออกได้เป็น (ภาพที่ 1)

1. เรื้อนยอดเด่น (Dominant) คือต้นไม้ที่มีเรื้อนยอดแผ่ขยายเหนือต้นไม้อื่นได้รับแสงสว่างจากตอนบนอย่างเต็มที่ และจากด้านข้างด้วยพอสมควร
2. เรื้อนยอดรอง (Co-dominant) คือต้นไม้ที่มีเรื้อนยอดขนาดปานกลางสูงเท่าเทียมกับต้นไม้อื่น แต่ด้านข้างถูกเบียดบังพอสมควร ได้รับแสงสว่างอย่างเต็มที่จากตอนบน แต่ด้านข้าง ๆ ได้รับแต่น้อย
3. เรื้อนยอดปานกลาง (Intermediate) คือต้นไม้ที่มีเรื้อนยอดเล็ก โดยถูกเบียดบังด้านข้าง ๆ และด้านล่าง แต่สูงเท่าเทียมกับต้นไม้อื่น ได้รับแสงสว่างจากตอนบนเท่านั้น ส่วนด้านข้างไม่ได้รับแสงเลย
4. เรื้อนยอดถูกข่ม (Suppressed) คือต้นไม้ที่มีเรื้อนยอดไม่เจริญเติบโตถูกต้นไม้ใหญ่บดบังไม่ได้รับแสงสว่างเลย บางต้นถูกง่าเสียนจนกระทั่งเมื่อตัดต้นไม้ที่บดบังอยู่ออกหมด ก็ไม่ช่วยให้เจริญเติบโตต่อไปได้อีก
5. เรื้อนยอดตายแล้ว (Dead) คือต้นไม้ที่ถูกบดบัง จนกระทั่งตามไปเองต้นไม้ประเภทนี้มักถูกแมลงและเชื้อโรคทำลายได้โดยง่าย



ภาพที่ 1 การแบ่งชั้นเรือนยอด

ที่มา: เทอด (2525)

3. การปกคลุมของเรือนยอด

Desmarais and Vazquez (1970) กล่าวว่า การปกคลุมของเรือนยอด หมายถึง สัดส่วนของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยเรือนยอดของต้นไม้ โดยการลากเส้นลงมาในแนวตั้งจากขอบของเรือนยอดของต้นไม้ลงมาถึงพื้นดิน แต่การปกคลุมเรือนยอดไม่ใช่พื้นที่ที่ถูกปกคลุมโดยเรือนยอดทั้งหมด (crown closure) เพราะพื้นที่ที่ถูกปกคลุมของเรือนยอดจริง ๆ นั้นจะมีพื้นที่น้อยกว่าส่วนที่ถือว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยใบและกิ่ง และไม่รวมส่วนที่เป็นช่องว่างที่อยู่ภายในเรือนยอดนั้น จะเห็นได้ว่าการปกคลุมเรือนยอดมีความสำคัญยิ่งต่อการมองเข้าไปหรือมองออกจากป่าในแนวตั้ง และการปกคลุมของเรือนยอดยังมีผลต่อสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่นของป่า มีผลต่อปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงสู่พื้นป่า และปริมาณแสงที่ต้นไม้ในแต่ละชั้นความสูงจะได้รับ เป็นต้น

ดัชนีพื้นที่เรือนยอด หรือ ดัชนีพื้นที่ผิวใบ (Leaf Area Index: LAI) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ดินใต้เรือนยอดที่ปกคลุม ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจึงเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย เนื่องจากนิยามคำนวณ โดยใช้หน่วยเป็นตารางเมตรต่อตารางเมตร หรืออาจใช้เป็นเฮกแตร์ต่อเฮกแตร์ (พงษ์ศักดิ์, 2538) ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ ใช้เป็นวิธีการศึกษาโครงสร้างเรือนยอดและประเมินผลผลิตของต้นไม้ หรือผลผลิตของป่า และในสภาพเรือนยอดที่เบียดชิดกันจะมีความสัมพันธ์กับ

ความสามารถในการดูดซับแสงของใบที่อยู่ด้านล่างของเรือนยอดซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสมดุลของคาร์บอนค่า ดัชนีพื้นที่ผิวใบเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการศึกษาระบบนิเวศเป็นอย่างมาก และเป็นค่าที่บ่งชี้หรือเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของโครงสร้างในแต่ละช่วงเวลา ภายใต้สภาพแวดล้อมหรือชนิดไม้ที่แตกต่างกัน Waring (1985) ความผันแปรของดัชนีพื้นที่ผิวใบในป่าธรรมชาติขึ้นอยู่กับชนิดไม้ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ และปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น ขนาดลำต้น อายุ ระยะห่างระหว่างต้นไม้ จำนวนและขนาดของใบ สภาพพื้นที่ ปริมาณน้ำ และธาตุอาหาร (พงษ์ศักดิ์, 2522)

Rich (1989) กล่าวว่า การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพแบบ hemisphere เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว เป็นการบันทึกภาพของท้องฟ้า โดยรูปภาพอาจได้มาโดยฟิล์มจากกล้องถ่ายรูปธรรมดาหรือกล้องถ่ายรูปดิจิทัลที่ติดกับเลนส์ตาปลา (fisheye lens) ที่ถ่ายขึ้นไปข้างบนท้องฟ้า ผลของภาพถ่ายสามารถวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของท้องฟ้าที่มองเห็น และส่วนที่บดบังท้องฟ้า ภาพถ่ายแบบ hemisphere สามารถใช้ในการคำนวณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และลักษณะของเรือนยอดพืช เช่น ดัชนีพื้นที่ผิวใบ การปกคลุมของเรือนยอด และสามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับการกระจายของแสงบริเวณภายใต้เรือนยอดของพืชหรือต้นไม้อื่นๆ ซึ่งในการคำนวณจากภาพถ่ายเรือนยอดของป่า โดยใช้เลนส์ตาปลา และการวิเคราะห์ภาพถ่ายด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้ผลของการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลักษณะความคลาดเคลื่อนของการถ่ายภาพ hemisphere มีข้อผิดพลาดที่สามารถเกิดขึ้นได้หลายขั้นตอน ทั้งในขั้นตอนการถ่ายภาพและการวิเคราะห์ภาพถ่าย นำไปสู่ข้อผิดพลาดสะสม ซึ่งทำให้ผลของการวิเคราะห์ภาพถ่ายมีความคลาดเคลื่อน สาเหตุของข้อผิดพลาด ได้แก่ ตำแหน่งของกล้องถ่ายรูป เกิดจากการตั้งระดับทั้งแนวตั้งและแนวนอน ระดับความสูงจากพื้นดิน และการกำหนดทิศที่แน่นอน ความคลาดเคลื่อนจากการเปิดหน้ากล้องซึ่งเกิดแสงสะท้อน ความคลาดเคลื่อนจากคุณภาพของรูปภาพ ความละเอียดของภาพ และการเก็บข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล ความคลาดเคลื่อนจากการตั้งค่าพิกัด และความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์

4. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

4.1 ความหมาย

ประสงค์ (ม.ป.ป.) ได้ให้ความหมายการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) ว่าเป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ว่าด้วยการศึกษาข้อมูลจากระยะไกล โดยผ่านกระบวนการเก็บบันทึกข้อมูล (recording) ด้วยเครื่องมือเก็บบันทึกข้อมูล (sensor) ที่ทำการติดตั้งบนยานพาหนะ ข้อมูล

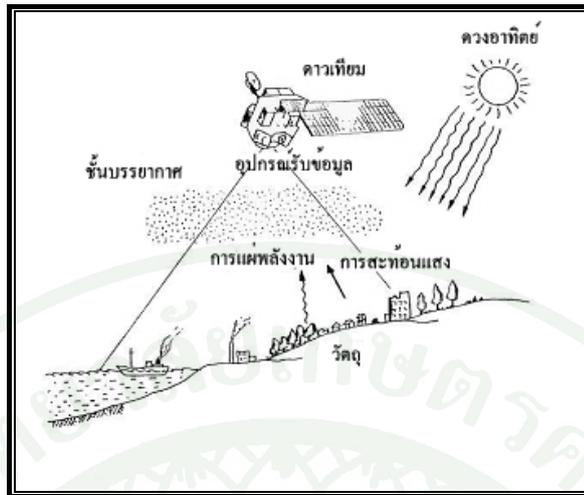
ดังกล่าวจะส่งผ่านหรือถ่ายทอดสัญญาณข้อมูล (data transmission) ไปยังแหล่งจัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการจัดเรียงข้อมูล (data processing) และส่งต่อไปยังผู้ใช้ต่อไป

การสำรวจระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ของการรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุพื้นที หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยในการรับข้อมูลไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุพื้นที หรือปรากฏการณ์นั้น (Lillesand and Kiefer, 2000) ข้อมูลระยะไกลได้จากการใช้เครื่องบันทึกพื้นทีในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลจากการบันทึกเป็นภาพ ข้อมูลที่บันทึกลงในคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมักจะใช้ค่าการสะท้อนแสงที่บันทึกเป็นภาพ ซึ่งได้ทั้งจากภาพถ่ายจากดาวเทียม และภาพถ่ายจากเครื่องบิน ภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นการบันทึกแบบ Scanning และบันทึกหลายช่วงคลื่น (multi - bands) จึงให้รายละเอียดมากขึ้นตามคุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุ (สถิตย์, 2514) ทั้งนี้การสำรวจข้อมูลโดยอาศัยคลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อ ได้มาของข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (spectral) รูปทรงพื้นฐานของวัตถุบนผิวโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal) โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกนำมาจัดการ ทำการวิเคราะห์ และแปลตีความหมายของข้อมูล (สุรชัย, 2536) นิยมที่จะประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลในการศึกษาพืชพรรณเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เพราะมีความสะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย ประมาณค่าได้ถูกต้องและรวดเร็ว (Clever, 1993)

4.2 องค์ประกอบการสำรวจระยะไกล

ประสงค์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล (ภาพที่ 2) ประกอบด้วย

1. แหล่งพลังงาน (energy source)
2. วัตถุเป้าหมาย (object)
3. ระบบบันทึกข้อมูล (sensor system)
4. การส่งผ่านของพลังงาน (transmission path)
5. ระบบการรับและจัดเรียงข้อมูล (data processing and interpretation)



ภาพที่ 2 การสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม

ที่มา: Japan Association on Remote Sensing (1993)

4.3 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก (earth resource satellites) เป็นดาวเทียมที่มีทิศทางการโคจรในแนวเหนือ - ใต้ ทำมุมกับดวงอาทิตย์เป็นค่าคงที่ มีเครื่องมือในการบันทึกข้อมูลซึ่งส่วนมากจะบันทึกข้อมูลในแถบช่วงคลื่นที่ตามองเห็นกับช่วงคลื่นความร้อน มีการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน เช่น การเกษตร ป่าไม้ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ สิ่งแวดล้อม ตลอดจนติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นบนโลก เป็นต้น ดาวเทียมประเภทนี้มีอยู่จำนวนมาก เช่น ดาวเทียมชุด LANDSAT (ต่อมาได้โอนกิจการจากองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration: NASA) ไปให้องค์กรเอกชน คือ องค์การสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) ดาวเทียม HCMMS (Heat Capacity Mapping Mission Spacecraft) ทำการบันทึกข้อมูลวันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงกลางวันและกลางคืน ซึ่งให้ข้อมูลความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละวัน ใช้ศึกษาชนิดดินและแร่ ศึกษาอุณหภูมิของพืช การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน อุณหภูมิในเขตที่อยู่อาศัย เป็นต้น ต่อมาได้ส่งดาวเทียม SEOS (Synchronous Earth – Observing Satellite) มีลักษณะพิเศษ คือสามารถถ่ายภาพขยายในบริเวณที่สนใจได้และมีความละเอียดดีกว่าหรือใกล้เคียงกับดาวเทียม LANDSAT ใช้ประโยชน์ในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การเกิดพายุ น้ำท่วม การระเบิดของภูเขาไฟ ไฟป่า เป็นต้น ประเทศฝรั่งเศสได้พัฒนาดาวเทียม

SPOT (Systeme Probatoire de la Terre) ขึ้นสู่วงโคจร โดยติดตั้ง High Resolution Visible (HSV) Scanner จำนวน 2 ชุด ชุดแรกใช้บันทึกช่วงคลื่นได้ 3 แถบช่วงคลื่น มีรายละเอียดของภาพ 20 เมตร ชุดที่สอง มีช่วงคลื่นเดียว เป็นภาพขาวดำ มีรายละเอียดภาพ 10 เมตร การกวาดภาพปรับมุมให้ถ่ายภาพในแนวเฉียงได้ 0 ถึง 27 องศา ทำให้ได้ภาพสามมิติระหว่างสองแนวโคจรที่ต้องการ สำหรับประเทศสหภาพโซเวียตส่งดาวเทียมเมทีเออร์ -2 ที่ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพ จากกล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นจากอวกาศ (Multiband Photographic Camera) กล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นเอ็ม เค เอฟ -6 ซึ่งติดตั้งในยานอวกาศโซยุซ -22 ฟิล์มที่ถ่ายทำเป็นชนิดขาวดำ แต่สามารถนำมาผลิตเป็นภาพสีผสมได้ โดย Multispectral Projector (MSP-4) แต่พบว่าเครื่องบันทึกข้อมูลไม่สามารถทะลุผ่านเมฆได้ จึงทำการพัฒนาระบบกระจกกวาดหลายช่วงคลื่น (Multispectral Television System: MRTVK) นอกจากนี้ยังพัฒนาเครื่องกวาดหลายช่วงคลื่นที่ให้รายละเอียดสูง และติดตั้งบนดาวเทียม METEOR - PRIRODA (ประสงค์, ม.ป.ป.)

4.4 การสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียมในประเทศไทย

4.4.1 ในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการจัดการป่าไม้ ปัจจุบันมีการใช้ทั้งภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photograph) และภาพถ่ายจากดาวเทียม (satellite imagery) ในการสำรวจหาข้อมูลและทำแผนที่ป่าไม้ (บุญชนะ และ ธงชัย, 2524) ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลนั้นมีอยู่ 2 ประเภทคือ ข้อมูลลักษณะรูปถ่ายและข้อมูลลักษณะข้อมูลภาพเชิงตัวเลข สิ่งนำมาเสนอคือ ระดับการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีของสิ่งปกคลุมและพื้นผิวต่าง ๆ ของโลกตามความเป็นจริง ซึ่งตรวจวัดได้ด้วยอุปกรณ์สำรวจ เรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลเบื้องต้นหรือข้อมูลดิบ

ก. ข้อมูลในลักษณะรูปถ่าย สถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินจะบันทึกสัญญาณภาพจากดาวเทียม สัญญาณภาพที่ได้รับจะเปลี่ยนเป็นตัวเลขแล้วบันทึกลงเทปความหนาแน่นสูง เพื่อถ่ายทอดเป็นข้อมูลรูปถ่ายหรือข้อมูลเชิงตัวเลขภายหลัง ในการผลิตข้อมูลรูปถ่าย ข้อมูลตัวเลขจะเปลี่ยนเป็นระดับสีเทาแล้วบันทึกลงบนฟิล์มต้นฉบับ รูปถ่ายแต่ละช่วงคลื่นของการถ่ายภาพจึงอยู่ในลักษณะภาพขาว - ดำ โดยมีระดับสีเทาเป็นตัวบ่งชี้ถึงค่าการสะท้อนแสงจากสีขาว แสดงค่าการสะท้อนมากจนถึงสีดำหรือจุดดำมาก การทำภาพสีจะเป็นการเน้นภาพ สามารถทำได้โดยการให้สีแต่ละช่วงคลื่นเลียนแบบระบบธรรมชาติ แล้วนำภาพที่ให้แสงสีแล้วนี้มารวมกันอย่างน้อย 3 ภาพ จึงเกิดภาพสีผสมขึ้น โดยปกตินิยมใช้แสงสีน้ำเงิน (blue) สีเขียว (green) และสีแดง (red)

สำหรับช่วงคลื่นสั้นและยาวตามลำดับของแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรด (ชงชัย, 2536)

ข. ข้อมูลในลักษณะข้อมูลเชิงตัวเลข คือ การแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ที่ถูกแบ่งออก และแทนค่าพื้นที่ด้วยค่าจำนวนเต็มของความเข้มเฉลี่ย ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของพื้นที่นั้น ๆ การแบ่งภาพออกเป็นกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ นี้เรียกว่าการสุ่มตัวอย่าง (sampling) พื้นที่ย่อย ๆ แต่ละพื้นที่เรียกเป็นจุดภาพ (pixel) ลักษณะรูปร่างของจุดภาพมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อความสะดวกในการใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ข้อมูลภาพเชิงตัวเลขมีการจัดเรียงตำแหน่งด้วยหมายเลขของจุดภาพ เริ่มจากซ้ายมาขวาและจากบนลงล่าง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

4.4.2 ประเทศไทยให้ความสำคัญกับวิทยาการด้านการสำรวจทรัพยากรจากระยะไกล จึงได้เข้าร่วมโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม (NASA ERTS-1) ของ NASA ในโครงการใช้ดาวเทียม LANDSAT ตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อ พ.ศ. 2514 และในปี พ.ศ. 2515 ได้จัดตั้งโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมแห่งประเทศไทย (Thailand National Remote Sensing Programme: TNRS) โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เริ่มใช้บริการข้อมูลจากดาวเทียม ERTS-1 หรือ LANDSAT-1 นำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาประเทศ เช่น ป่าไม้ การใช้ที่ดิน การแผนที่ การเกษตร ธรณีวิทยา การตรวจตราอุทกธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ต่อมาในปี พ.ศ. 2522 โครงการเปลี่ยนเป็นกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม เพิ่มบทบาทหน้าที่ประสานงานและแลกเปลี่ยนข้อมูลดาวเทียมกับองค์การอวกาศของประเทศต่าง ๆ และหน่วยงานในประเทศ และในปลายปี พ.ศ. 2524 ประเทศไทยมีสถานีรับสัญญาณดาวเทียมสำรวจภาคพื้นดิน นับเป็นสถานีรับแห่งแรกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งอยู่ที่เขตลาดกระบัง มีรัศมีขอบข่ายการรับสัญญาณประมาณ 2,800 กิโลเมตร ซึ่งครอบคลุม 17 ประเทศ ซึ่งรับข้อมูลโดยตรงจากดาวเทียม LANDSAT-3 และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา GMS และ NOAA ปลายปี พ.ศ. 2530 ได้ปรับปรุงให้สามารถรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT วงที่ 5 ในระบบ Thematic Mapper ซึ่งมีความละเอียด 30 x 30 เมตร รับข้อมูลจากดาวเทียม Spot ของฝรั่งเศส ในระบบ HVR มีรายละเอียดของภาพ 20 x 20 เมตร ในภาพสี และ 10 x 10 เมตร ในภาพขาวดำ นอกจากนี้ยังรับสัญญาณจากดาวเทียม MOS-1 ของญี่ปุ่น ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูล 50 x 50 เมตร

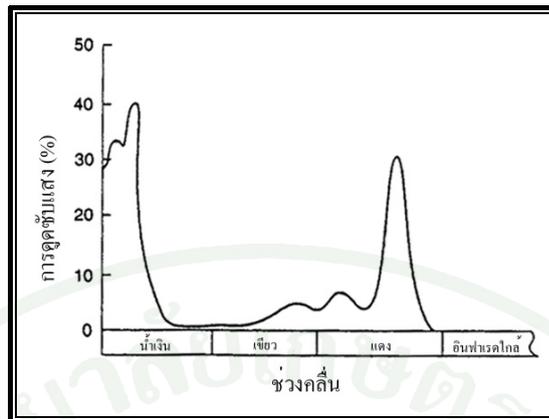
ในปี พ.ศ. 2535 สถานีได้พัฒนาระบบให้รับสัญญาณข้อมูลดาวเทียม NOAA ปี พ.ศ. 2536 ได้พัฒนาปรับปรุงเพื่อรับสัญญาณและผลิตข้อมูลไมโครเวฟระบบ SAR ของดาวเทียม ERS ขององค์การอวกาศยุโรป (ESA) ดาวเทียม RADARSAT ของแคนาดา และดาวเทียม IRS ของอินเดีย ดาวเทียม LANDSAT-7 ระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM⁺) ของสหรัฐอเมริกา (จรัญธร, 2546)

นอกจากนี้สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียได้จัดตั้งระบบรับสัญญาณข้อมูลจากดาวเทียม TERRA, MODIS และ องค์การ SI SEA สามารถรับข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดสูง IKONOS ได้

ปัจจุบันกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างของหน่วยงาน เป็นสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) มีตัวย่อว่า สทอภ. หรือ GISTDA ในเดือนพฤศจิกายน 2543 เป็นหน่วยงานให้บริการข้อมูลจากดาวเทียมแบบครบวงจร เริ่มตั้งแต่รับสัญญาณจากดาวเทียม ผลิตข้อมูลจากดาวเทียมต้นฉบับ บันทึกไว้ในคลังข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การบริการภาพ การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ ให้คำปรึกษาการถ่ายทอดเทคโนโลยี และให้ทุนเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ รวมทั้งการดำเนินงาน โครงการความร่วมมือกับ ต่างประเทศ ด้านเทคโนโลยีอวกาศ โดยรับสัญญาณและผลิตข้อมูลดาวเทียม LANDSAT, SPOT, RADARSAT, NOAA, ALOS, TERRA, AQUA, FY-1D, MTSAT-2, NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18 และ NOAA-19 และจัดตั้งศูนย์ข้อมูลดาวเทียม ALOS สำหรับภูมิภาคอาเซียน (สทอภ., 2554)

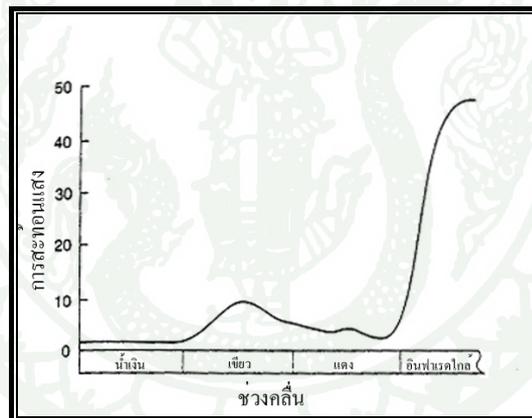
5. การสะท้อนแสงจากวัตถุหลักของผิวโลก

5.1 ลักษณะการสะท้อนแสงของใบไม้ James (1996) กล่าวว่า โคลโรฟิลล์ (chlorophyll) จะดูดซับแสงจากดวงอาทิตย์ได้ไม่เท่ากันในแต่ละช่วงคลื่น โดยจะดูดซับแสงช่วงคลื่นสีน้ำเงิน และสีแดงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ประมาณร้อยละ 70 – 80 ของแสงทั้งหมด (ภาพที่ 3) เมื่อช่วงคลื่นสีเขียวดูดซับแสงน้อย ก็จะสะท้อนแสงออกมามาก มนุษย์ซึ่งสังเกตเห็นได้เฉพาะในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (visible spectrum) ดังนั้นจึงเห็นพืชพรรณเป็นสีเขียว แต่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared spectrum) การสะท้อนแสงของใบไม้ไม่ได้ถูกควบคุมโดยส่วนของเม็ดสีของพืช (pigments) แต่จะถูกควบคุมโดยส่วนที่เป็น spongy tissue ซึ่งเป็นส่วนที่แสงอินฟราเรดใกล้จะกระจัดกระจาย (scattered) มากกว่าร้อยละ 60 ของแสงทั้งหมด ดังนั้น เมื่อสังเกตค่าการสะท้อนแสงของใบไม้ ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้จนถึงช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดใกล้ (ภาพที่ 4) พบว่า ค่าการสะท้อนแสงสูงมากในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ จึงเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาหาบริเวณที่มีพืชพรรณแยกออกจากบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณ เนื่องจากบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณ แสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ก็จะดูดซับได้มาก และสะท้อนแสงออกมาน้อย



ภาพที่ 3 การดูดซับแสงในช่วงคลื่นต่างๆ ของใบไม้

ที่มา: James (1996)



ภาพที่ 4 การสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่างๆ ของใบไม้

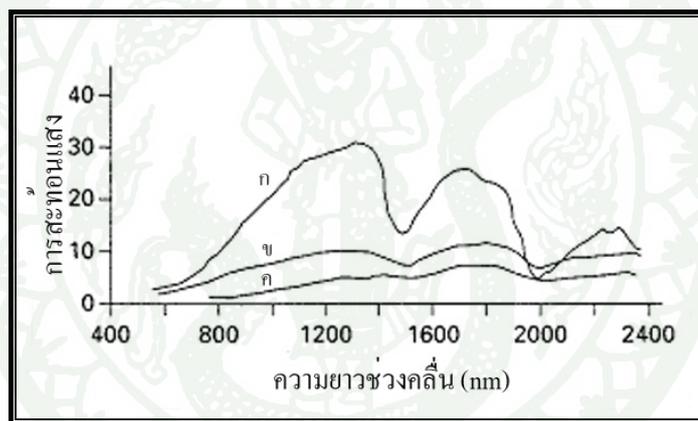
ที่มา: James (1996)

การสะท้อนแสงของเรือนยอดของหมู่ไม้จะแตกต่างจาก การสะท้อนแสงจากใบไม้ เพราะ เรือนยอดของหมู่ไม้จะมีหลายระดับ หลายขนาด รูปร่างของเรือนยอด และพื้นที่การครอบคลุมของ เรือนยอด ดังนั้น ค่าการสะท้อนแสงจากเรือนยอดของหมู่ไม้จะน้อยกว่าการวัดค่าการสะท้อนแสง จากใบไม้เพียงอย่างเดียว นักฟิสิกส์ และนักพฤกษศาสตร์ได้ร่วมกันพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการสะท้อนแสงของเรือนยอดของหมู่ไม้ เพื่อประมาณการปริมาณแสงที่สะท้อนจากเรือนยอด ของหมู่ไม้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญต่อการศึกษาวิจัยด้านการสำรวจระยะไกล

5.2 ลักษณะการสะท้อนแสงของดิน Keith (1995) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การสะท้อนแสงของดินประกอบด้วย

5.2.1 องค์ประกอบทางสารเคมี (chemical composition) องค์ประกอบทางเคมีภายในดินมีผลต่อสีของดิน สารเคมีแต่ละชนิดจะดูดซับแสงแต่ละช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน ส่วนมากจะสะท้อนแสงมากในช่วงคลื่นสีแดง อันเนื่องมาจากธาตุเหล็กในดิน และจะดูดซับมากในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

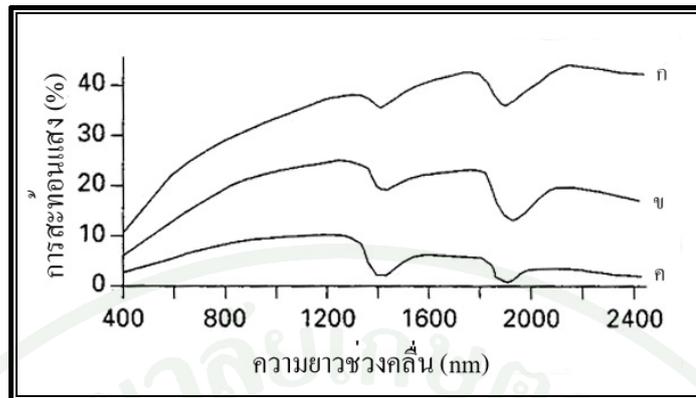
5.2.2 องค์ประกอบของซากพืชซากสัตว์ (humus content) ซากพืชซากสัตว์โดยส่วนมากจะดูดซับแสงในทุก ๆ ช่วงคลื่นที่มองเห็น และจะดูดซับแสงมากในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน และสีเขียว ปริมาณของซากพืชซากสัตว์ในดินที่ต่างกันก็จะมีผลกระทบต่อ การสะท้อนแสงที่ต่างกันไปด้วย (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การสะท้อนแสงของดินซึ่งมีซากพืชซากสัตว์แตกต่างกัน (ก) ผสมเล็กน้อย (ข) ผสมปานกลาง (ค) ผสมอยู่มาก

ที่มา: Keith (1995)

5.2.3 ความชื้นของผิวดิน น้ำจะดูดซับแสงในทุก ๆ ช่วงคลื่น และดูดซับแสงมากในช่วงคลื่นในช่วงคลื่นอินฟราเรดไกล ผลกระทบต่อการสะท้อนแสงของความชื้นในดิน จะมีผลต่อเฉพาะความชื้นที่อยู่ในดินชั้นบนเท่านั้น ถ้าหากความชื้นน้อยจะสะท้อนแสงมาก และหากความชื้นมากก็จะสะท้อนน้อย (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การสะท้อนแสงของดินซึ่งมีความชื้นแตกต่างกัน (ก) ร้อยละ 5 (ข) ร้อยละ 20 (ค) ร้อยละ 40

ที่มา: Keith (1995)

5.2.4 ความขรุขระของดิน (surface roughness) จากความขรุขระของดินร่วมกับมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ทำให้เกิดเงาขึ้น จึงมีผลต่อการสะท้อนของแสง ขนาดของก้อนดินและความหยาบละเอียดของดินที่แตกต่างกันก็มีผลกระทบต่อ การสะท้อนแสงด้วย

5.3 ลักษณะการสะท้อนแสงของน้ำ Lillesand and Kiefer (2000) กล่าวว่า การสะท้อนแสงของน้ำ จะมีลักษณะพิเศษคือ ดูดซับพลังงานแสงในช่วงคลื่นตั้งแต่อินฟราเรดใกล้เป็นต้นไป ดังนั้น จึงเป็นการง่ายที่จะแยกน้ำออกจากพืชพรรณและดิน ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้นี้ หากพิจารณาเงื่อนไขของการสะท้อนแสงน้ำในช่วงคลื่นมองเห็น ได้จะซับซ้อนมาก น้ำบริสุทธิ์จะสะท้อนแสงมากในช่วงคลื่นที่ 0.6 ไมครอน และมีค่าการสะท้อนแสงสูงสุดในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

6. ดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมที่ได้รับการออกแบบเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะเป็นชุดแรก โดยมีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

1. เพื่อถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral) ของผิวโลก

2. เพื่อเก็บและถ่ายทอดข้อมูลจากสถานีวัดระบบอัตโนมัติ ณ จุดต่าง ๆ บนภาคพื้นดิน (data collection system)
3. เพื่อวัดค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ สำหรับนำไปใช้ในกรรมวิธีจำแนกประเภทข้อมูลแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อพัฒนากรรมวิธีผลิตข้อมูลสำหรับเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลให้อยู่ในลักษณะภาพถ่ายที่ใช้งานได้

ดาวเทียม LANDSAT มีทั้งหมด 7 ดวง ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อ พ.ศ. 2515, 2518, 2521, 2525, 2535 และ 2542 ตามลำดับ โดย 3 ดวงแรก ถ่ายภาพใน 3 ช่วงคลื่น สำหรับ LANDSAT-3 ได้เพิ่มช่วงคลื่นความร้อน แต่เกิดขัดข้องและไม่ทำงาน สำหรับ LANDSAT-4 และ LANDSAT-5 โดยมีระดับโคจร 705 กิโลเมตร และความถี่ในการกลับมาถ่ายภาพซ้ำทุก 16 วัน และมีระบบธีแมติกแมปเปอร์ (Thematic Mapper: TM) ซึ่งถ่ายภาพใน 7 ช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงแสง (spectral resolution) แคมลง และรวมช่วงคลื่นความร้อนไว้ด้วย ทำให้สามารถจำแนกประเภทข้อมูลได้ดีขึ้น และรายละเอียดของภาพสูงขึ้น คือ 30 เมตร ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และ 120 เมตร สำหรับช่วงคลื่นความร้อน นอกจากระบบ TM แล้ว ยังมีระบบ MSS (Multispectral Scanner) ร่วมด้วย ส่วนระบบ RBV (Return Beam Vidicon) นั้นได้เลิกใช้ไปแล้ว ดาวเทียม LANDSAT-6 ไม่สามารถขึ้นสู่วงโคจรได้สำเร็จ ดาวเทียมดวงล่าสุดที่ส่งขึ้นโคจร คือ ดาวเทียม LANDSAT-7 เมื่อวันที่ 15 เมษายน 2542 ได้พัฒนาระบบบันทึกข้อมูลแบบ ETM⁺ ซึ่งแต่ละแบนด์ สามารถเลือกความละเอียดภาพ ได้ 2 แบบ คือ Low Gain ให้รายละเอียดภาพ 60 เมตร และ High Gain ให้รายละเอียดภาพ 30 เมตร และมีระบบบันทึกข้อมูลแบบขาวดำ (Panchromatic Band) ให้รายละเอียดภาพ 15 เมตร (จรัญธร, 2546) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์รับรู้ของดาวเทียมชุด LANDSAT

อุปกรณ์รับรู้	แบนด์	ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียดภาพ (เมตร)
RBV (Returned Beam Vidicon) *เฉพาะ Landsat 3	1	น้ำเงินเขียว	0.475 - 0.575	80
	2	แดง	0.580 - 0.680	80
	3	อินฟราเรดใกล้	0.690 - 0.830	80
	1*		0.505 - 0.705	40
MSS (Multispectral Scanner System)	4	เขียว	0.50 - 0.60	80
	5	แดง	0.60 - 0.70	80
	6	อินฟราเรดใกล้	0.70 - 0.80	80
LANDSAT 1, 2, 3	7	อินฟราเรดใกล้	0.80 - 1.10	80
	8	อินฟราเรดความร้อน	10.8 - 12.4	240
TM (Thematic Mapper) LANDSAT 4, 5	1	น้ำเงิน	0.45 - 0.52	30
	2	เขียว	0.52 - 0.60	30
	3	แดง	0.63 - 0.69	30
	4	อินฟราเรดใกล้	0.76 - 0.90	30
	5	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.55 - 1.75	30
	6	อินฟราเรดความร้อน	10.4 - 12.5	120
	7	อินฟราเรดสะท้อน	2.08 - 2.35	30
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) LANDSAT-7	1	น้ำเงิน	0.45 - 0.52	30
	2	เขียว	0.52 - 0.60	30
	3	แดง	0.63 - 0.69	30
	4	อินฟราเรดใกล้	0.76 - 0.90	30
LANDSAT-7	5	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.55 - 1.75	30
	6	อินฟราเรดความร้อน	10.4 - 12.5	60
	7	อินฟราเรดสะท้อน	2.08 - 2.35	30
	PAN		0.52 - 0.90	15

ที่มา: สทอภ. (2546)

สุรชัย (2533) กล่าวว่า คุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 TM มีวงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun - Synchronous) เป็นวงกลมผ่านขั้วโลก โคจรสูงจากพื้นผิวโลก (บริเวณใกล้ขั้วโลก) เป็นระยะห่าง 705 กิโลเมตร โดยใช้วงโคจรรอบโลกรอบละ 99 นาที หรือวันละ $14 \frac{1}{2}$ รอบ และบันทึกข้อมูลครอบคลุมทั่วโลกภายใน 16 วัน และการบันทึกข้อมูลในแนวแรกกับแนวที่สองนั้น ใช้เวลาห่างกัน 7 วัน แบ่งแนวโคจรระบบสากล WRS (Worldwide Reference System) มี 223 paths โดยเริ่มจาก path ที่ 1 ตรงบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่เส้นแวงที่ 64.95 องศาตะวันตก และเรื่อยไปถึง path ที่ 223 ส่วนหมายเลข Row นับจากบนลงมา โดยที่ Row ที่ 60 ซ้อนกับเส้นศูนย์สูตรพอดี รวมทั้งสิ้น 120 Rows มีระบบการบันทึกภาพ 2 ระบบ คือ MSS และ TM

1. ระบบ MSS มีรายละเอียดภาพ 80 เมตร x 80 เมตร มี 4 ช่วงคลื่น คือ

1.1 แบนด์ 4 และ 5 ให้รายละเอียดลักษณะภูมิประเทศทางถนน น้ำ การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณและแหล่งชุมชน

1.2 แบนด์ 6 และ 7 ให้รายละเอียดความแตกต่างระหว่างพื้นดินกับพื้นน้ำ พื้นที่น้ำท่วม ธรณีโครงสร้างและธรณีลักษณะ

2. ระบบ TM แบ่งออกเป็น 7 ช่วงคลื่น สรุปดังตารางที่ 2

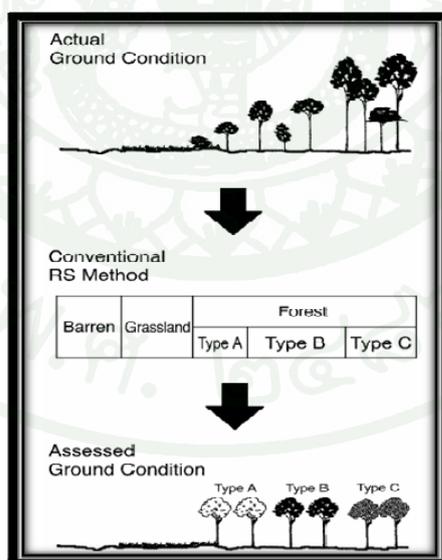
ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 TM

ช่วงคลื่นที่ (band)	ความยาว ช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	คุณสมบัติ	ประเภท ช่วงคลื่น
1	0.45 – 0.52	ออกแบบให้สามารถทะลุลงไปใต้ผิวน้ำได้ จึงเหมาะสำหรับตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง ใช้แยกความแตกต่างของต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบ ใช้แยกดินจากพืชพรรณ ต่าง ๆ และใช้แยกแยะพื้นที่เพาะปลูก	ตามมองเห็น สีน้ำเงิน-เขียว
2	0.52 – 0.60	ออกแบบให้วัดค่าการสะท้อนของพื้นที่ที่มีพลังงานสูงสุดของคลื่นตามมองเห็นคลื่นสีเขียว เพื่อแยกชนิดพืชรวมทั้งการแยกแยะพื้นที่เพาะปลูก	ตามมองเห็น สีเขียว
3	0.52 – 0.60	ออกแบบให้วัดค่าการสะท้อนของพื้นที่ที่มีพลังงานสูงสุดของคลื่นตามมองเห็นคลื่นสีเขียว เพื่อแยกชนิดพืชรวมทั้งการแยกแยะพื้นที่เพาะปลูก	ตามมองเห็น สีแดง
4	0.76 – 0.90	ใช้แยกประเภทพืชพรรณ และวัดปริมาณมวลชีวภาพ (biomass content) ใช้แยกส่วนที่เป็นน้ำออกจากส่วนอื่น และใช้ตรวจหาปริมาณความชื้นในดิน	อินฟราเรด ใกล้
5	1.55 – 1.75	ใช้วัดปริมาณน้ำในใบพืชหรือปริมาณความชื้นในพืชและใช้แยกแยะหิมะออกจากเมฆ	อินฟราเรด คลื่นสั้น
6	10.4 – 12.5	ใช้ตรวจสอบความผิดปกติของพืช ศึกษาความแตกต่างของความชื้นในดิน และศึกษาวัตถุต่าง ๆ โดยใช้หลักการของคลื่นความร้อน	อินฟราเรด ความร้อน
7	2.08 – 2.35	ใช้แยกแยะชนิดแร่ธาตุต่าง ๆ และชนิดของหิน รวมทั้งศึกษาปริมาณความชื้นในพืช	อินฟราเรด กลาง

ที่มา: สทอภ. (2546)

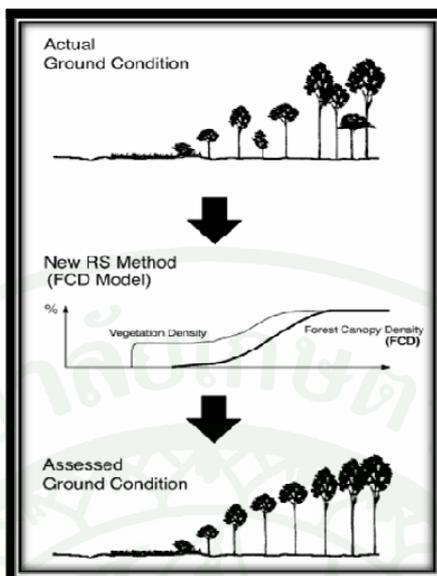
7. FCD Mapping Model

Rikimaru *et al.* (2002) ได้มีการพัฒนาวิธีการใหม่เพื่อใช้สำรวจข้อมูลจากระยะไกลตามโครงการ “Rehabilitation of Logged-over Forests in Asia-Pacific Region, Sub-project III” วิธีการใหม่นี้เรียกว่า Forest Canopy Density Mapping Model ใช้ในการประเมินความหนาแน่นของเรือนยอดของป่าไม้ โดยระบุความหนาแน่นของเรือนยอดของป่าไม้เป็นร้อยละ 10 20 30 40 และอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการเดิม (ภาพที่ 7) และ (ภาพที่ 8) โดยใช้ข้อมูล LANDSAT TM ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลอง โดยใช้ปัจจัยกายภาพชีวภาพ (bio-physical) และการวิเคราะห์ เพื่อกำหนดดัชนี 4 ตัว ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (Advanced Normalized Vegetation Index: ANVI) ดัชนีดิน (Bare Soil Index: BI) ดัชนีเงา (Shadow Index: SI) และดัชนีความร้อน (Thermal Index: TI) นำดัชนีทั้ง 4 ตัว มาประมวลผลรวมกันได้เป็นความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ (Forest Canopy density: FCD) โดยการดำเนินงานการสร้างแบบจำลอง การสร้างดัชนีต่าง ๆ เหล่านี้ ตามรูปแบบของซอฟต์แวร์ FCD Mapper และมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้การสำรวจภาคพื้นดิน ดังตัวอย่างที่ได้ดำเนินการทดสอบโปรแกรม ได้แก่ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสภาพป่าไม้ในป่าดิบอยู่ในหมู่เกาะลูซอน (ฟิลิปปินส์) และเกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย) และสำหรับป่ามรสุมเขตร้อนผลัดใบในจังหวัดเชียงใหม่ (Thailand) และ Terai (เนปาล)



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการสำรวจระยะไกลแบบเดิม

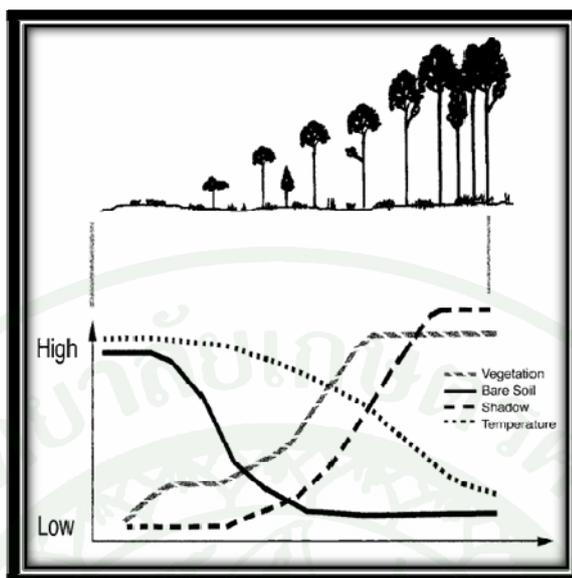
ที่มา: Rikimaru *et al.* (2002)



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์ด้วยวิธี FCD mapping model

ที่มา: Rikimaru *et al.* (2002)

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพป่าไม้และดัชนี 4 ตัว (ANVI, BI, SI และ TI) ดัชนีพืชพรรณ แสดงความเป็นพืชพรรณทุกรายการ เช่น ป่าไม้ และทุ่งหญ้า ดัชนีเงาเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความหนาแน่นของป่าไม้มากขึ้น ดัชนีความร้อนเพิ่มขึ้นผันแปรตามการลดลงของปริมาณพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดินเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับพื้นดินเปล่าที่เพิ่มขึ้น มีการคำนวณค่าดัชนีสำหรับทุกพิกเซล (ภาพที่ 9) และองค์ประกอบของดัชนีทั้ง 4 ตัว (ANVI, BI, SI และ TI) สัมพันธ์กับของความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ได้แก่ Hi-FCD, Low-FCD, Grass land, Bare Land เช่น ค่า FCD สูง สอดคล้องกับในค่า ANVI และ SI ที่สูงด้วย แต่ค่า BI และ TI ต่ำ หรือเรียกว่าพื้นที่นั้นมีพืชพรรณ และต้นไม้หนาแน่นมาก ถ้าค่า FCD ต่ำ ค่า ANVI, SI และ TI ในระดับปานกลาง แต่ค่า BI ต่ำ หรือเรียกว่าพื้นที่นั้นมีพืชพรรณ และต้นไม้ไม่หนาแน่น ข้อสังเกตว่า VI จะอิมตัวเร็วกว่า SI หรือกล่าวได้ว่า ค่า VI เป็นพืชพรรณรวมทั้งหมด ในทางกลับกัน ค่า SI ขึ้นอยู่กับปริมาณของพืชพรรณที่คำนึงถึงความหนาแน่นของต้นไม้หรือป่าไม้ (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพป่าไม้กับดัชนีทั้ง 4 ตัว

ที่มา: Rikimaru *et al.* (2002)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของดัชนีทั้ง 4 ตัวของความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้

	Hi- FCD	Low-FCD	Grass land	Bare Land
ANVI	Hi	Mid	Hi	Low
BI	Low	Low	Low	Hi
SI	Hi	Mid	Low	Low
TI	Low	Mid	Mid	Hi

ที่มา: Rikimaru *et al.* (2002)

8. พื้นที่ศึกษา

ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของประเทศไทย เส้นรุ้งที่ 16-21 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 98-99 องศาตะวันออก หรือตำแหน่งพิกัด Latitude: 18.80 °N Longitude: 98. 98°E ส่วนกว้างจากทิศตะวันตกจรดทิศตะวันออกประมาณ 138 กิโลเมตร ส่วนยาวจากทิศเหนือจรดทิศใต้ประมาณ 320 กิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ ทิศเหนือ ติดรัฐฉานของประเทศเมียนมา ซึ่งมีพรมแดนยาวประมาณ 227 กิโลเมตร ทิศตะวันออก ติดจังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน ทิศตะวันตก ติดอำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และทิศใต้ ติดจังหวัดลำพูน และจังหวัดตาก

สภาพภูมิประเทศ

จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ 20,107 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,566,911 ไร่ ซึ่งมีพื้นที่กว้างใหญ่เป็นอันดับ 2 ของประเทศ รองจาก จังหวัดนครราชสีมา ความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 310 เมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาและที่ราบเชิงเขา และเป็นแหล่งน้ำต้นน้ำลำธารที่สำคัญหลายสาย เช่น แม่น้ำปิง ลำน้ำแม่แจ่ม ลำน้ำแม่แตง ลำน้ำฝาง ลำน้ำแม่ออน ลำน้ำแม่งัด และลำน้ำแม่ขาน เป็นต้น บริเวณที่ราบลุ่ม พื้นที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบเชิงเขา ได้แก่ บริเวณลุ่มน้ำแม่ปิง ลุ่มน้ำฝาง และลุ่มน้ำแม่งัด เป็นพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์เหมาะสมต่อการเกษตร เทือกเขาที่สำคัญ เทือกเขาแดนลาว เทือกเขาถนนธงชัย มีดอยอินทนนท์ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทย สูงประมาณ 2,656 เมตร และเทือกเขาผีปันน้ำ

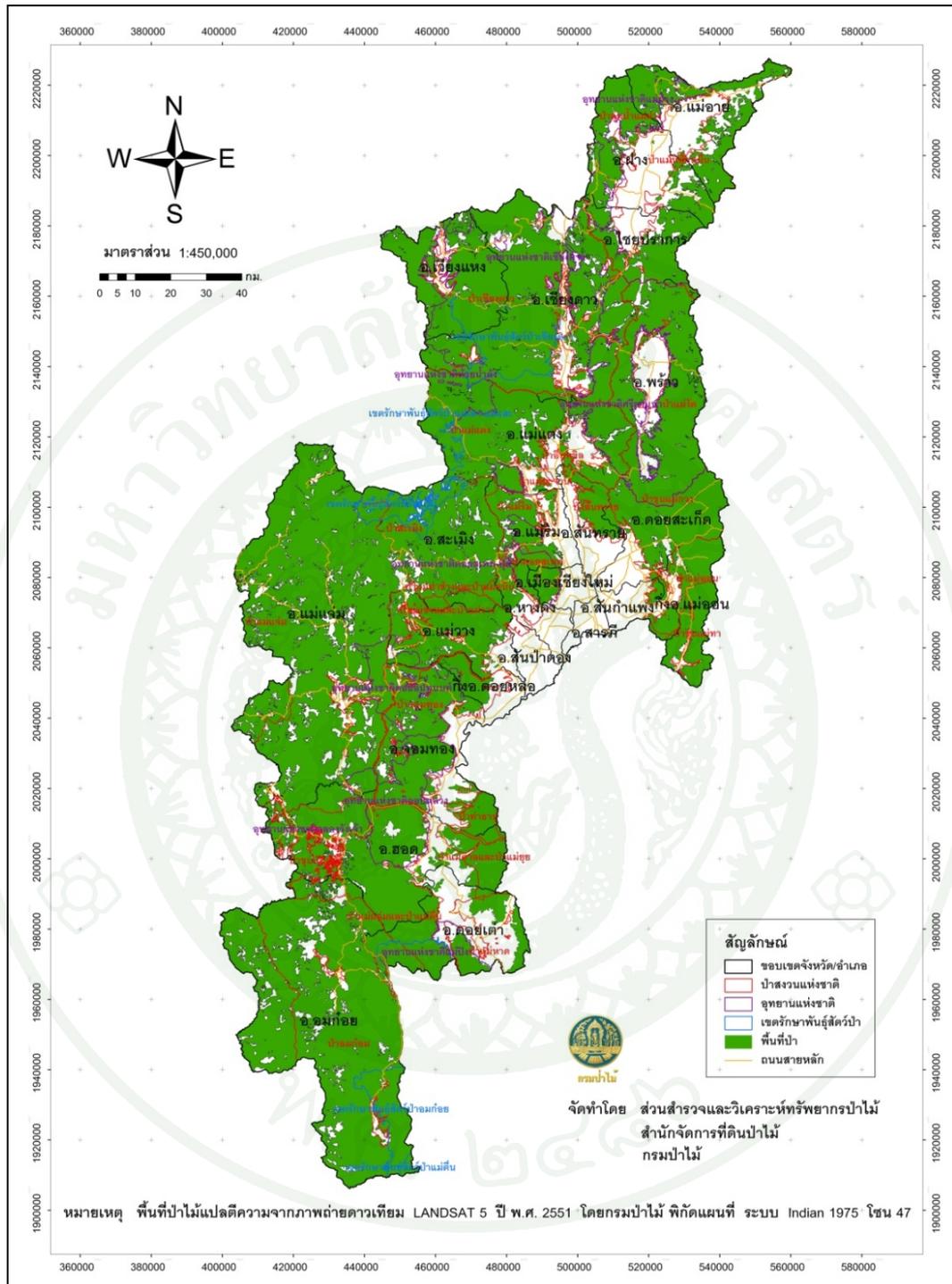
สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดเชียงใหม่ มีสภาพอากาศเย็นเกือบตลอดปี มีอุณหภูมิทั้งปีอยู่ระหว่าง 20.10 – 31.80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยระหว่างร้อยละ 52.43 – 86.95 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,100 – 1,200 มิลลิเมตร และเดือนที่อุณหภูมิสูงสุดในรอบปี คือ เดือนเมษายน เดือนที่อุณหภูมิต่ำสุดในรอบปี คือ เดือนมกราคม แบ่งสภาพอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ แบ่งได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์

ทรัพยากรป่าไม้

จังหวัดเชียงใหม่มีป่าไม้หลายประเภท ประกอบด้วย ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าเต็งรังผสมป่าสนเขา เป็นต้น พื้นที่ป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าธรรมชาติ สวนป่า และป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ โดยมีพื้นที่ป่าไม้อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ 11,694,133 ไร่ (พื้นที่ป่าตามกฎหมาย) คิดเป็นร้อยละ 69.93 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด แบ่งเป็นป่าสงวนแห่งชาติ จำนวน 25 แห่ง อุทยานแห่งชาติ 13 แห่ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตห้ามล่าสัตว์ป่า 1 แห่ง พื้นที่การเกษตร 1,611,283 ไร่ เป็นสัดส่วนร้อยละ 12.82 ของพื้นที่ทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีพื้นที่เป็นที่อาศัย และอื่น ๆ 2,167,971 ไร่ เป็นสัดส่วนร้อยละ 17.25 ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, ม.ป.ป.)

กรมป่าไม้ (2547) แสดงผลข้อมูลสถิติป่าไม้ด้วยวิธีการสำรวจจากระยะไกลแปลตีความโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมพบว่า มีพื้นที่ป่าไม้ ดังนี้ พ.ศ. 2531 มีพื้นที่ป่า 15,204 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 75.62 พ.ศ. 2534 มีพื้นที่ป่า 14,741 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 73.31 พ.ศ. 2543 มีพื้นที่ป่า 16,448 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 81.80 พ.ศ. 2547 มีพื้นที่ป่า 15,691 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 78.04 ของพื้นที่จังหวัด และสถิติกรมป่าไม้ (2551) สรุปไว้ว่า ปี พ.ศ. 2551 มีพื้นที่ป่า 16,609 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 82.61 ของพื้นที่จังหวัด (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 พื้นที่ป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2551

ที่มา: กรมป่าไม้ (2551)

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อนุสรณ์ (2543) ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรป่าไม้ จากการประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ทำโดยนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาหาดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาไม้ ผลการศึกษาพบว่าป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง มีความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ร้อยละ (1) 0 – 10, (2) 11 – 20, (3) 21 – 30, (4) 31 – 40, (5) 41 – 50, (6) 51 – 60, (7) 61 – 70, (8) 71 – 80, (9) 81 – 90 และ (10) 91 – 100 คิดเป็นเนื้อที่ 292,358.59 ไร่ 84,391.41 ไร่ 117,231.25 ไร่ 136,943.75 ไร่ 141,634.38 ไร่ 143,812.50 ไร่ 120,748.83 ไร่ 48,871.09 ไร่ 8,356.64 ไร่ 369.92 ไร่ รวมเป็นเนื้อที่ 1,094,718.36 ไร่ และการเปรียบเทียบสองตัวแทน แสดงให้เห็นว่าผลการหาความหนาแน่นเรือนยอดหมู่ไม้ด้วยวิธีคำนวณจากภาพถ่ายจากดาวเทียมไม่มีความแตกต่างจากผลการหาความหนาแน่นเรือนยอดหมู่ไม้จากการสำรวจภาคสนาม

Rikimaru *et al.* (2002) ได้ใช้ FCD Mapper ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT TM วิเคราะห์หาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ (Forest Canopy Density: FCD) โดยใช้ดัชนี 4 ตัว คือ ดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาไม้ เพื่อพิจารณาการวางแผนและส่งเสริมการปลูกฟื้นฟูสภาพป่า การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองภายใต้โครงการองค์การไม้เขตร้อนระหว่างประเทศ (ITTO)

Panta (2003) การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ที่ Chitwan ประเทศเนปาล ใช้ซอฟต์แวร์ FCD Mapper และภาพถ่ายจากดาวเทียม TM Mapper ปี ค.ศ. 1988, 1992 และ 2001 ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของเรือนยอดลดลงร้อยละ 3.3 จากปี ค.ศ. 1988-1992 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.2 จากปี ค.ศ. 1992-2001 บริเวณที่มีความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ลดลงคือ บริเวณขอบป่าและรอบที่อยู่อาศัย และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของเรือนยอดประกอบด้วย ระยะทางถึงหมู่บ้าน แม่น้ำ ไฟป่า และทางเดิน ส่วนกิจกรรมของมนุษย์ไม่แสดงความสัมพันธ์ให้เห็นชัดเจน

Hadi *et al.* (2004) ใช้ FCD model ติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่าสงวนแห่งชาติ Mt. Simpang และ Mt. Tiru ประเทศอินโดนีเซีย เป็นพื้นที่ที่ถูกทำให้ป่าลดลงอย่างรุนแรงและถูกแยกเป็นกลุ่มป่าย่อยๆ การสำรวจจากระยะไกลมีประสิทธิภาพในการแยกแยะพื้นที่ที่ถูกทำลายและพื้นที่

ป่ากลุ่มย่อย ๆ ผลการวิจัยพบว่า FCD Model สามารถตรวจวัดความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ในป่าประเภทเดียวกัน แต่ไม่สามารถทำได้ในป่าผสมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป

Tiwari and Saran (2006) ได้ทดสอบรูปแบบ FCD ทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ของหุบเขา Doon โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม MODIS และ LANSAT 7 ETM⁺ ผลความถูกต้องร้อยละ 61 และร้อยละ 72 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีข้อมูลจาก MODIS พื้นที่ป่าไม้โดยรวมมีมากกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่ได้จาก LANSAT 7 ETM⁺ เนื่องจาก MODIS มีความละเอียดภาพที่หยาบ ดังนั้นการทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้โดยใช้แบบจำลองการตอบสนองทางกายภาพชีวภาพกับข้อมูลของ MODIS สามารถช่วยในการสร้างแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ที่มีจำนวนชั้นของเรือนยอดมากขึ้น และมีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ รวมทั้งการสูญเสียเวลาค่าใช้จ่ายน้อย

Azizia *et al.* (2008) กล่าวว่า เดิมการประเมินสถานภาพป่าไม้โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดิน ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมาก แต่การใช้ FCD Model วิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม IRS สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อย ซึ่งผลการศึกษาในป่าดั้งเดิมทางภาคเหนือของอิหร่าน มีความถูกต้องร้อยละ 84.4 และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เป็นร้อยละ 78.3

อุปกรณ์และวิธีการ

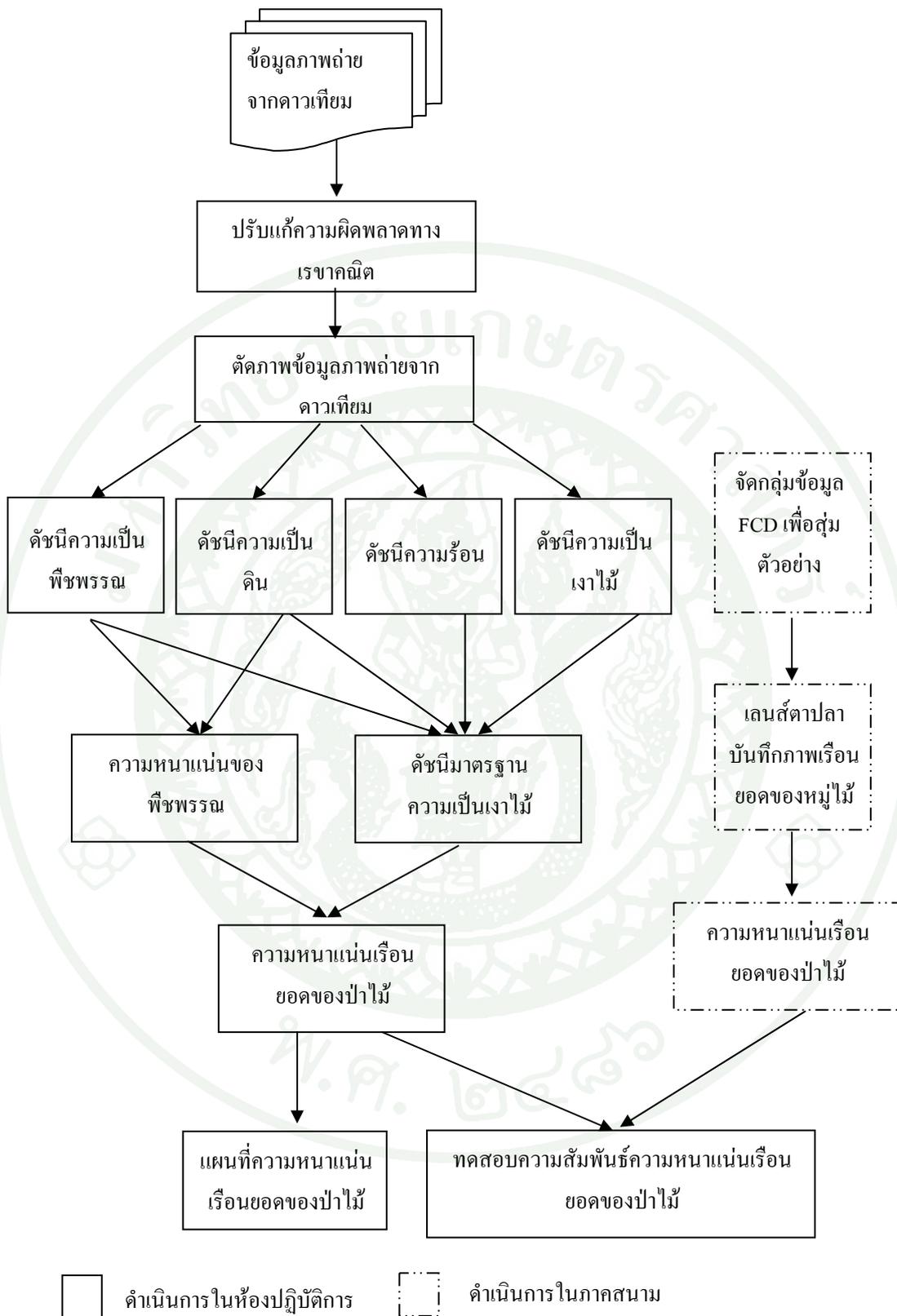
อุปกรณ์

1. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ LANDSAT-5 TM (path 131 row 47 บันทึกภาพเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2554)
2. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล และเลนส์ตาปลา ใช้ถ่ายภาพเรื่อนยอดหมู่ไม้
3. เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS)
4. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพ (image processing computer system) และวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) โดยมีประสิทธิภาพขั้นต่ำที่ Pentium 4 (3 GHz.)
5. ซอฟต์แวร์ทางด้านกระบวนการจัดข้อมูลภาพ ERDAS Imagine สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
6. ซอฟต์แวร์ FCD Mapper สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นเรื่อนยอดของป่าไม้
7. ซอฟต์แวร์ HemiView ใช้สำหรับวิเคราะห์การปกคลุมของเรื่อนยอดจากภาพถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล และเลนส์ตาปลา

วิธีการ

การศึกษาคำใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน (ภาพที่ 11) ดังนี้

1. การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น นำภาพถ่ายจากดาวเทียมมาอ่านข้อมูล และการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิต และตัดภาพเฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษา
2. การคำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ โดยนำภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ประมวลผลข้อมูลแล้วจากข้อ 1 มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม FCD Mapper หาค่าดัชนีทั้ง 4 ได้แก่ ดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาไม้ แล้วนำมาประมวลผลหาค่าความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้
3. การเก็บข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ภาคสนาม โดยใช้กล้องถ่ายภาพเลนส์ตาปลา บันทึกภาพเรือนยอดของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งที่กำหนดเป็นจุดสำรวจ จำนวน 5 ภาพต่อ 1 จุดสำรวจ จากนั้นหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ด้วยโปรแกรม HemiView
4. จัดทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ของจังหวัดเชียงใหม่
รายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 11 แผนภูมิการประเมินความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้

1. การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น

1.1 อ่านข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM (path 131 row 47 บันทึกภาพเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2554) โดยใช้เครื่องอ่านข้อมูลจาก CD ด้วยโปรแกรมการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ERDAS Imagine และบันทึกลงในหน่วยบันทึกข้อมูล (hard disk) ในเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 ปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิต ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (geometric correction) ในแบบแผนที่สู่ภาพ (cartographic to image) โดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ให้กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1: 50,000 โดยใช้พิกัดอ้างอิงระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 และมีจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน จำนวน 16 จุด ซึ่งจุดของภาพถ่ายจากดาวเทียม และแผนที่ภูมิประเทศเป็นตำแหน่งเดียวกันและให้กระจายทั่วทั้งภาพ ในการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตใช้สูตรคำนวณการปรับแก้ทางเรขาคณิตแบบ second order polynomials ที่กำหนดค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย (root mean square error) ไม่เกินกว่า 1 จุดภาพ และปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา (resampling) แบบ Nearest neighbor และกำหนดขนาดจุดภาพใหม่เท่ากับ 25 x 25 เมตร

1.3 ตัดภาพ (subset image) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่ปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตแล้ว (ขั้นตอนที่ 1.2)

2. คำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม FCD Mapper

2.1 คำนวณดัชนีความเป็นพืชพรรณ (Advanced Normalized Vegetation Index: ANVI) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณ (Rouse *et al.*, 1973) การคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นพืชพรรณของ ANVI เป็นการสังเคราะห์ร่วมกันของ NDVI และ AVI ดังสูตร

$$NDVI = \frac{[(NIR - R)]}{[(NIR + R)]}$$

$$AVI = \sqrt[3]{NIR \times (256 - R) \times (NIR - R) + 1} \quad , 0 < (NIR - R)$$

เมื่อ NDVI = ดัชนีความเป็นพืชพรรณ

AVI = ดัชนีความเป็นพืชพรรณ

R = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3: B3)

NIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4: B4)

2.2 คำนวณดัชนีความเป็นดิน (Bare soil Index: BI) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1) ช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (แบนด์ 5) มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นดิน (Rikimaru *et al.*, 2002) ดังสูตร

$$BI = \frac{[(MIR + R) - (B + NIR)]}{[(MIR + R) + (B + NIR)]} 100 \times 100 \quad (0 < BI < 200)$$

$$\text{หรือ } BI = \frac{[(B5 + B3) - (B1 + B4)]}{[(B5 + B3) + (B1 + B4)]} 100 \times 100 \quad (0 < BI < 200)$$

เมื่อ BI = ดัชนีความเป็นดิน

B = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1: B1)

R = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3: B3)

NIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4: B4)

MIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (แบนด์ 5: B5)

2.3 คำนวณดัชนีความร้อน (Thermal Index: TI) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (แบนด์ 6) มาปรับแก้ให้เป็นมาตรฐาน (Normalized) โดยอาศัย 2 ปัจจัย คือ ความเย็นของอุณหภูมิในบริเวณป่าไม้จากจุดซบพลังงานจากแสงอาทิตย์ของเรือนยอดและการระเหยของผิวใบ (Rikimaru *et al.*, 2002)

2.4 คำนวณดัชนีความเป็นเงาดำต้นไม้ (Shadow Index: SI) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1) ช่วงคลื่นสีเขียว (แบนด์ 2) และช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3) มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นเงาดำต้นไม้ (Rikimaru *et al.*, 2002) มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นเงาดำต้นไม้ ดังสูตร

$$SI = \sqrt[3]{[(256 - B) \times (256 - G) \times (256 - R)]}$$

$$\text{หรือ } SI = \sqrt[3]{[(256 - B1) \times (256 - B2) \times (256 - B3)]}$$

เมื่อ B = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1: B1)

G = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีเขียว (แบนด์ 2: B2)

R = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3: B3)

2.5 คำนวณความหนาแน่นของพืชพรรณ (Vegetation Density: VD) นำข้อมูลดัชนีพืชพรรณ และดัชนีความเป็นดิน มาวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) จากนั้นกำหนดตำแหน่งที่มีค่าน้อยที่สุดที่ความหนาแน่นของพืชพรรณเท่ากับร้อยละ 0 และตำแหน่งที่มีค่ามากที่สุดที่ความหนาแน่นของพืชพรรณเท่ากับร้อยละ 100 แล้วปรับแก้ข้อมูลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทั้งหมดด้วยเทคนิคสมการเส้นตรง (linear transformation) ให้สอดคล้องกับตำแหน่งที่กำหนดความหนาแน่นพืชพรรณเท่ากับร้อยละศูนย์ และร้อยละ 100 จะได้ข้อมูลความหนาแน่นของพืชพรรณทั้งหมด (Rikimaru, 1996)

2.6 คำนวณค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาดำต้นไม้ (Scaled Shadow Index: SSI) นำข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความเป็นเงาดำต้นไม้ และดัชนีความร้อน มาจัดรวมเข้าด้วยกัน (stack) แล้วจำแนกโดยวิธี Unsupervised Classification แบ่งออกเป็น 10 กลุ่มข้อมูล จากนั้นสังเกตในแต่ละกลุ่มข้อมูล เลือกเฉพาะกลุ่มข้อมูลที่เป็นพืชพรรณ กำหนดค่าให้กลุ่มข้อมูลที่เป็นพืชพรรณมีค่าเท่ากับ 1 และข้อมูลที่ไม่ใช่พืชพรรณมีค่าเท่ากับ 0 นำมาซ้อนทับ (overlay) กับดัชนีความเป็นเงาดำต้นไม้ด้วยวิธีการคูณ นำข้อมูลที่ได้จากการซ้อนทับ มาคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) (อนุสรณ์, 2545) ดังสูตร

$$SSI = 0 \text{ เมื่อ } M - 2S$$

$$SSI = 100 \text{ เมื่อ } M + 2S$$

เมื่อ SSI = ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาด้านไม้

M = ค่าเฉลี่ย

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.7 คำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ (Forest Canopy Density: FCD) นำข้อมูลความหนาแน่นของพืชพรรณ และข้อมูลดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาด้านไม้ มาคำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ (Rikimaru *et al.*, 2002) ดังสูตร

$$FCD = \sqrt{VD \times SSI} - 1$$

เมื่อ FCD = ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้

VD = ความหนาแน่นของพืชพรรณ

SSI = ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาด้านไม้

3. เก็บข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ในภาคสนาม

3.1 วางแผนสุ่มตัวอย่าง ให้กระจายทุกกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอด แล้วกำหนดจำนวนตำแหน่งตรวจสอบภาคพื้นดินในแต่ละกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ให้ครอบคลุมทุกชนิดป่าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา โดยคำนึงถึงความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างปลอดภัย และตำแหน่งเก็บข้อมูลครั้งนี้มีจำนวน 175 จุดสำรวจ

3.2 การสำรวจความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้โดยใช้กล้องถ่ายรูปเลนส์ตาปลา บันทึกภาพเรือนยอดของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งที่กำหนดเป็นจุดสำรวจ จำนวน 5 ภาพต่อ 1 จุดสำรวจ (กึ่งกลางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยห่างจากจุดกึ่งกลางระยะ 5 เมตร) ทั้งนี้เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเรือนยอดหมู่ไม้บริเวณจุดสำรวจเพื่อให้สอดคล้องกับภาพถ่ายดาวเทียม ที่ขนาดจุดภาพเท่ากับ 25 x 25 เมตร. และใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม อ่านค่าและบันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

3.3 การคำนวณค่าความหนาแน่นเรื้อนยอดจากรูปถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา โดยนำรูปถ่ายเรื้อนยอด มาคำนวณด้วยโปรแกรม HemiView เพื่อหาค่าความหนาแน่นเรื้อนยอด

3.4 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับผลการหาความหนาแน่นเรื้อนยอดจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ด้วยวิธีทางสถิติ ณ ความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 95 สมการเส้นตรง (linear regression) ดังนี้

$$Y = a + bX$$

เมื่อ Y = ความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้จากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา

X = ความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้จากภาพถ่ายดาวเทียม

a, b = ค่าคงที่

4. แผนที่ความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้ของจังหวัดเชียงใหม่

4.1 นำเข้าข้อมูลขอบเขตจังหวัดเชียงใหม่ มาตราส่วน 1 : 50,000 โดยการนำเข้าบนหน้าจอ (digitise on screen)

4.2 นำข้อมูลขอบเขตจังหวัดเชียงใหม่ มาซ้อนทับกับข้อมูลความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้ที่ได้จากข้อ 2.7

4.3 จำแนกชั้นความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้ออกเป็น 10 ชั้น ประกอบด้วย ร้อยละ 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80 และ 91-100 พร้อมทั้งคำนวณพื้นที่ของแต่ละชั้นความหนาแน่นเรื้อนยอดของป่าไม้ ในจังหวัดเชียงใหม่ และจัดทำแผนที่

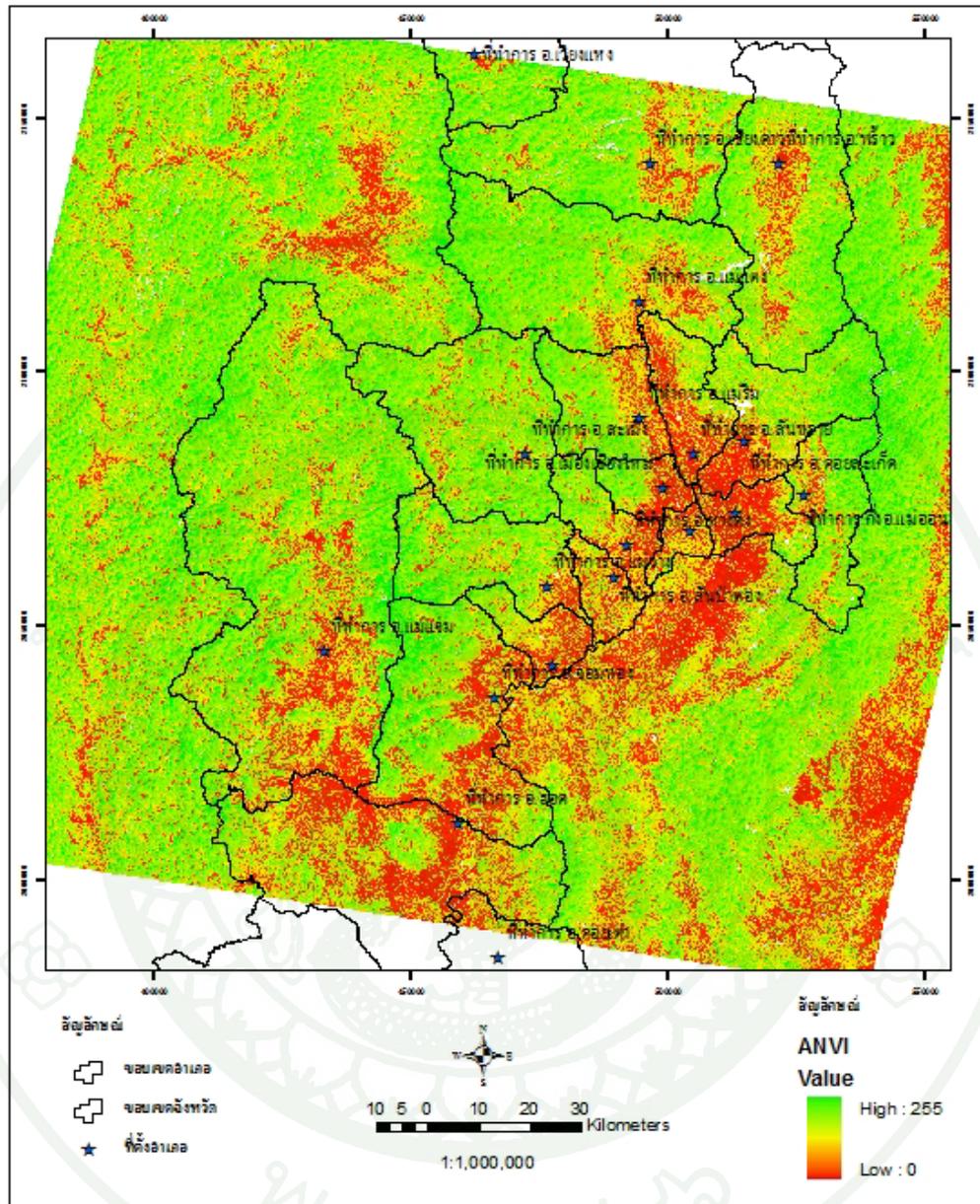
ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลการคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้

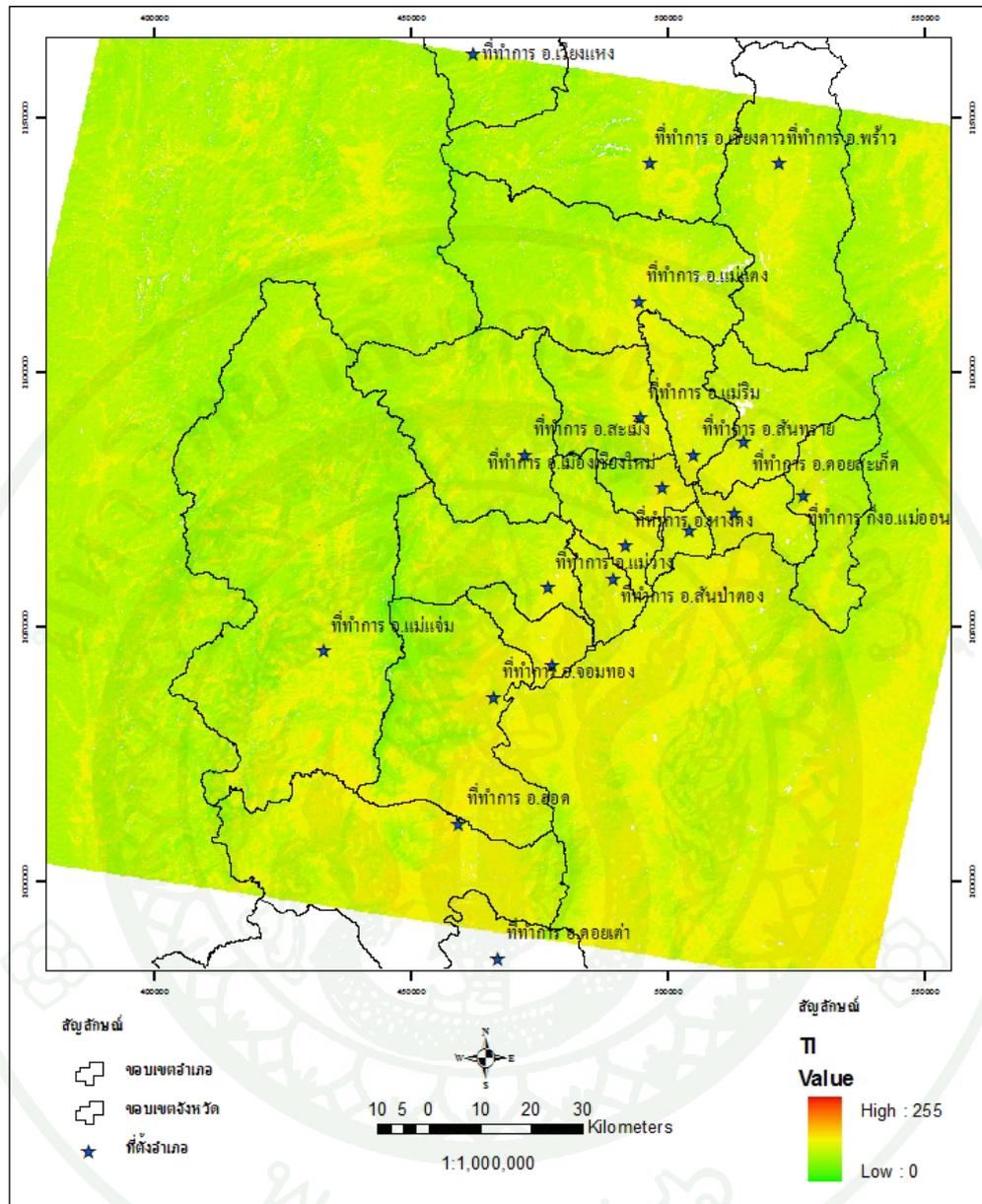
ผลจากการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ LANDSAT-5 TM มาประมวลผลโดยโปรแกรมประมวลผลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ FCD MAPPER 1.15 ผลการคำนวณแสดงดังต่อไปนี้

- 1.1 แผนที่ดัชนีความเป็นพืชพรรณ ผลการคำนวณดัชนีความเป็นพืชพรรณ (ภาพที่ 12)
- 1.2 แผนที่ดัชนีความเป็นดิน ผลการคำนวณดัชนีความเป็นพืชพรรณ (ภาพที่ 13)
- 1.3 แผนที่ดัชนีความร้อน ผลการคำนวณดัชนีความร้อน (ภาพที่ 14)
- 1.4 แผนที่ดัชนีความเป็นเงาดำไม้ ผลการคำนวณดัชนีความเป็นเงาดำไม้ (ภาพที่ 15)
- 1.5 แผนที่ความหนาแน่นของพืชพรรณ ผลการคำนวณดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ (ภาพที่ 16)
- 1.6 แผนที่ดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้ ผลการคำนวณดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้ (ภาพที่ 17)
- 1.7 แผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ ผลการจัดกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ออกเป็น 5 ชั้น คือ ร้อยละ 0 – 20, 21 – 40, 41 – 60, 61 – 80 และ 81 – 100 (ภาพที่ 18)



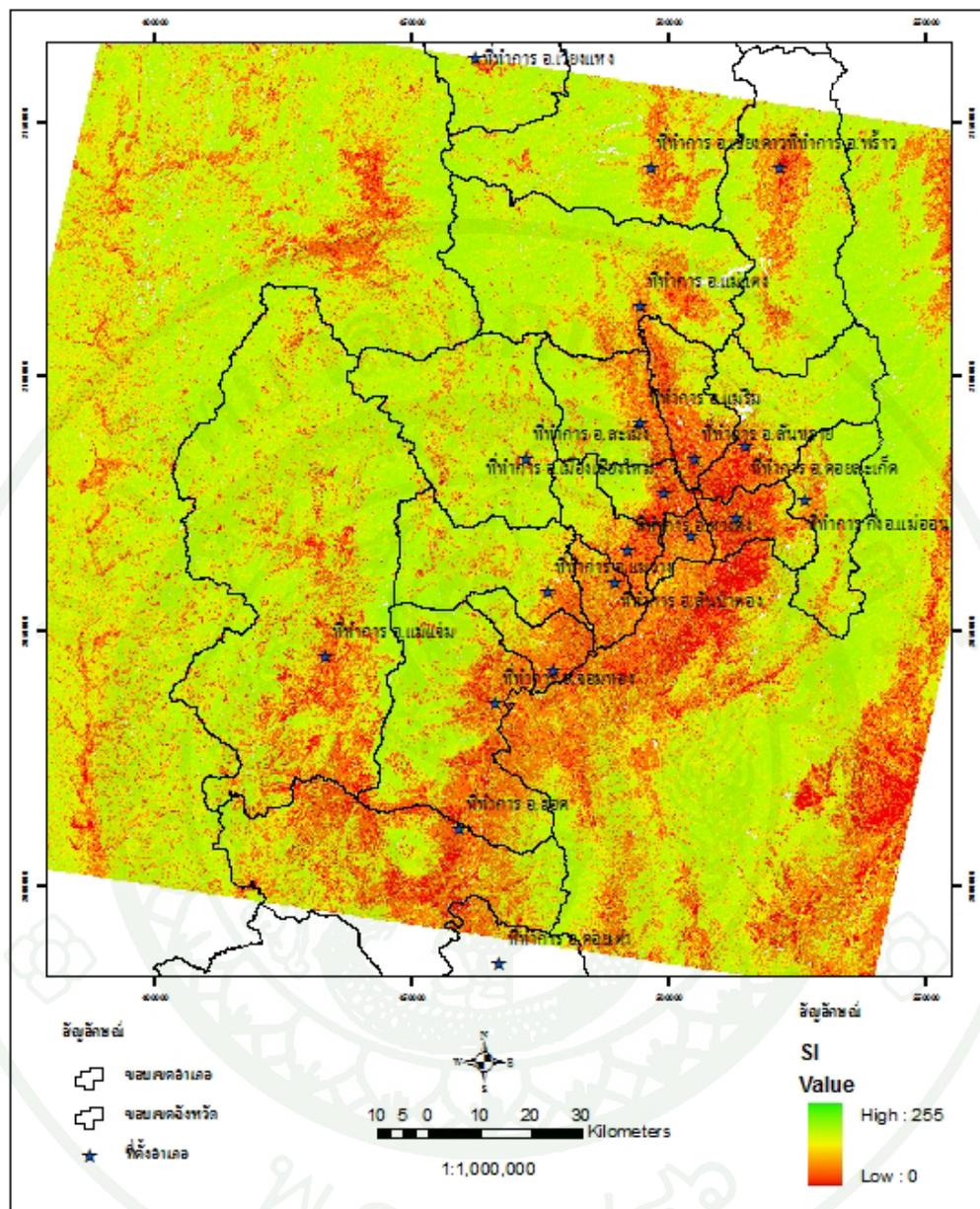
ภาพที่ 12 แผนที่ดัชนีความเป็นพิษพรรณ

ค่าดัชนีพิษพรรณมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีพิษพรรณมาก (สีเขียว) แสดงว่ามีการปกคลุมของพิษพรรณมาก เนื่องจากมีสภาพเป็นป่าโดยเฉพาะบริเวณป่าดงดิบจะมีสีเขียวเข้ม แต่บริเวณที่มีปริมาณของพิษพรรณปกคลุมอยู่น้อย (สีแดง) ได้แก่ บริเวณป่าเต็งรัง พื้นที่โล่ง พื้นที่เกษตรกรรมและบริเวณที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะพื้นที่รอบทำการอำเภอ



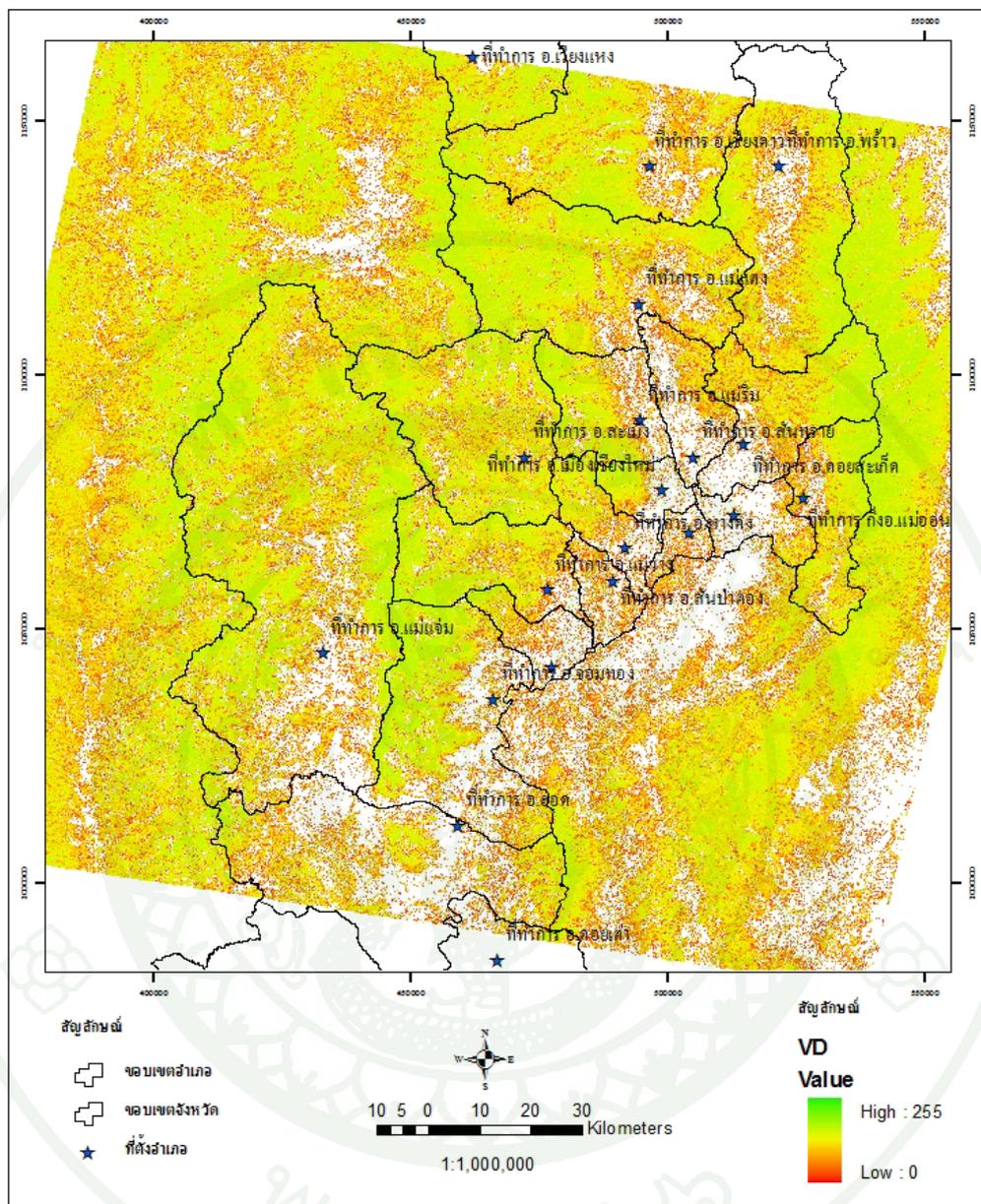
ภาพที่ 14 แผนที่ดัชนีความร้อน

ค่าดัชนีความร้อนมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีความร้อนมาก (สีแดง) แสดงว่าเป็นที่โล่งมากมีพืชพรรณปกคลุมอยู่น้อย โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นป่าเต็งรังผลัดใบ และบริเวณที่ไม่มีสภาพเป็นป่า เช่น ที่อยู่อาศัยโดยรอบที่ทำการอำเภอ และบริเวณที่มีค่าดัชนีความร้อนน้อย (สีเขียว) เนื่องจากมีสภาพเป็นป่า ได้แก่ บริเวณป่าเบญจพรรณและป่าดงดิบ



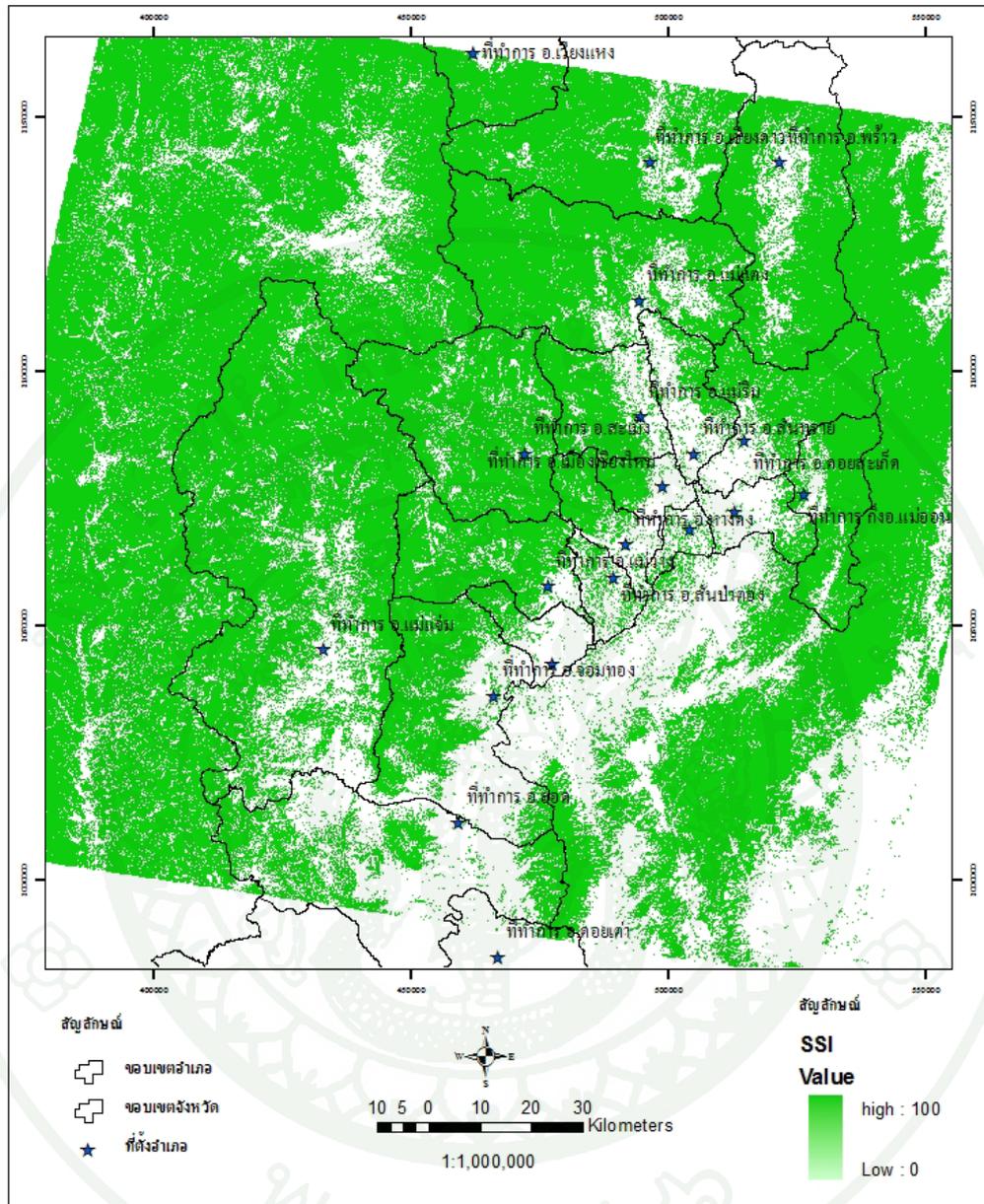
ภาพที่ 15 แผนที่ดัชนีความเป็นกรดดินไม้

ค่าดัชนีความเป็นกรดของดินไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นกรดของดินไม้มาก (สีเขียว) แสดงว่าเป็นที่มีดินไม้ปกคลุมอยู่มาก เนื่องจากมีสภาพเป็นป่าโดยเฉพาะบริเวณเบญจพรรณและป่าดงดิบ และบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นกรดของดินไม้ต่ำ (สีแดง) ได้แก่ บริเวณที่เป็นที่โล่ง บริเวณสนามหญ้า บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม และบริเวณที่อยู่อาศัย



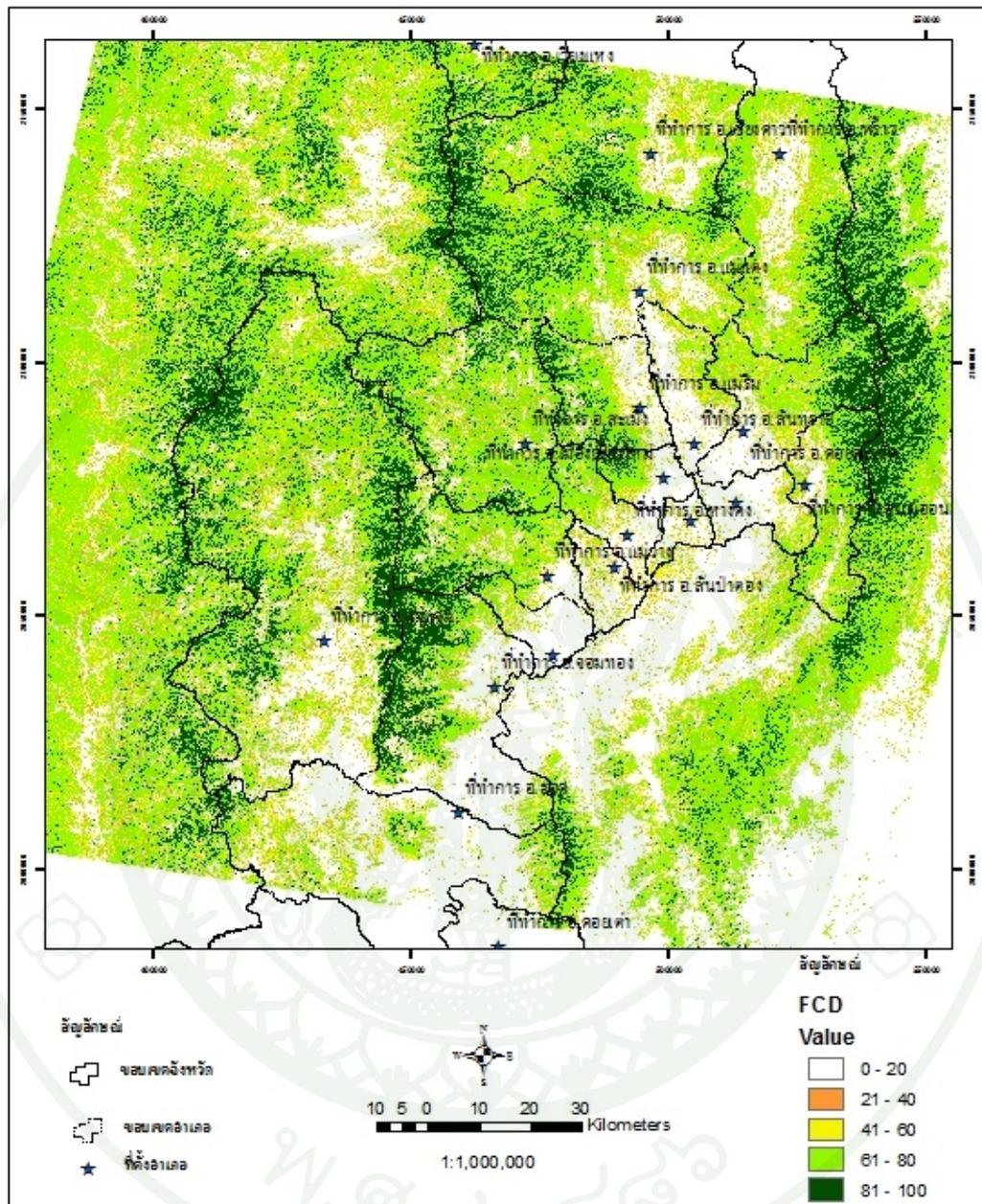
ภาพที่ 16 แผนที่ความหนาแน่นของพีชพรรณ

ค่าความหนาแน่นของพีชพรรณมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของพีชพรรณมาก (สีเขียว) แสดงว่าเป็นที่มีพีชพรรณปกคลุมอยู่มาก โดยเฉพาะบริเวณป่าดงดิบจะมีสีเขียวเข้ม และบริเวณที่มีความหนาแน่นของพีชพรรณน้อย (สีแดงและสีขาว) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีพีชพรรณปกคลุมอยู่น้อย ได้แก่ ที่อยู่อาศัยบริเวณรอบพื้นที่ทำการอำเภอ และบริเวณป่าเต็งรังที่ผลัดใบในฤดูแล้ง



ภาพที่ 17 แผนที่ดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้

ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้มาก (สีเขียวเข้ม) แสดงว่าเป็นบริเวณที่มีสภาพเป็นป่าไม้ที่อยู่อย่างหนาแน่น และบริเวณที่มีค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้ต่ำ (สีขาว) แสดงว่ามีสภาพความเป็นป่าไม้ต่ำ หรือเป็นพื้นที่โล่ง เช่น บริเวณที่อยู่อาศัย พื้นที่ราบที่ทำการอำเภอ สนามหญ้า เป็นต้น

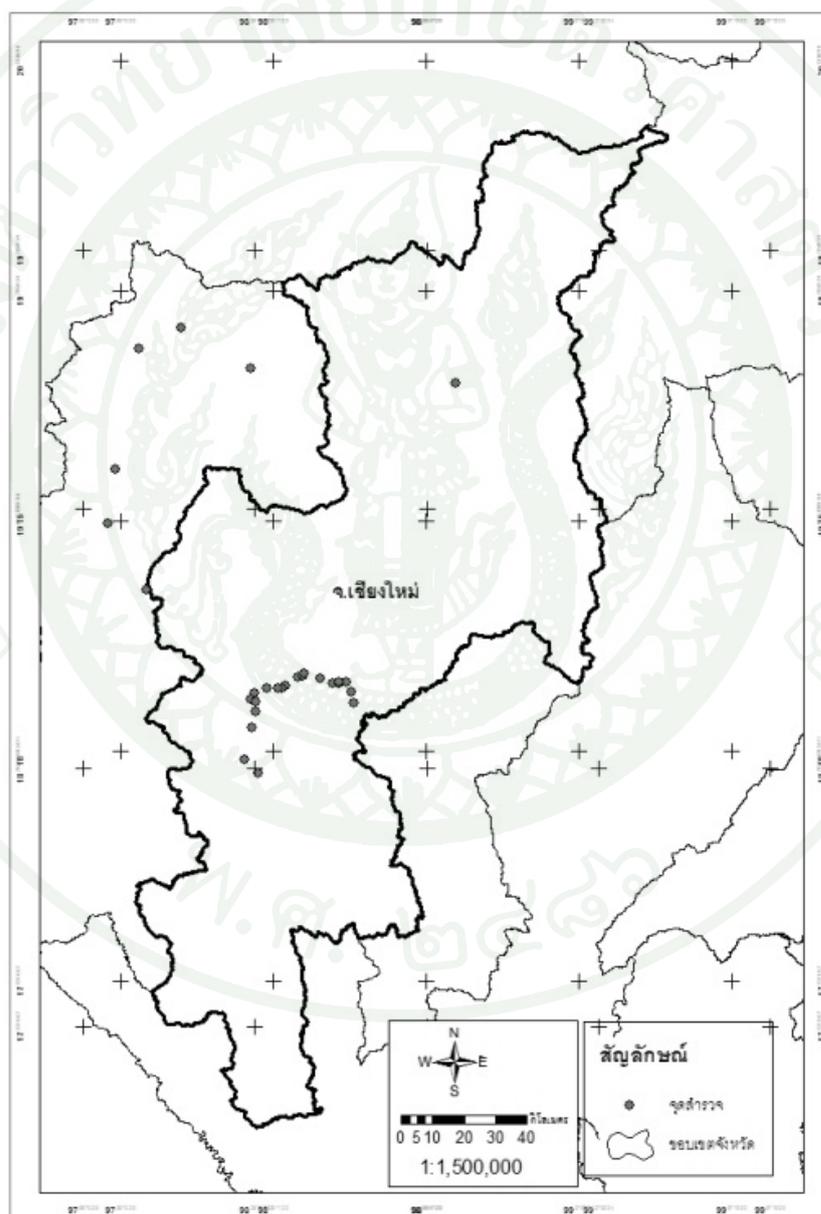


ภาพที่ 18 แผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้

ค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 โดยมีการจัดกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ออกเป็น 5 ชั้น คือ ร้อยละ 0 – 20, 21 – 40, 41 – 60, 61 – 80 และ 81 – 100 ค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ 81-100 (สีเขียวเข้ม) แสดงว่าเป็นบริเวณที่มีสภาพเป็นป่าไม้ได้อย่างหนาแน่น และบริเวณที่มีค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ 0-20 (สีขาว) แสดงว่ามีสภาพความเป็นป่าไม้น้อย หรือเป็นพื้นที่โล่ง เช่น สนามหญ้า ที่อยู่อาศัยโดยรอบที่ทำกรอำเภอ เป็นต้น

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา (สำรวจภาคสนาม)

2.1 วางแผนสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 175 จุดสำรวจ โดยกำหนดจำนวนตำแหน่งตรวจสอบภาคพื้นดินในแต่ละกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา และครอบคลุมทุกชนิดป่าในจังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 19)



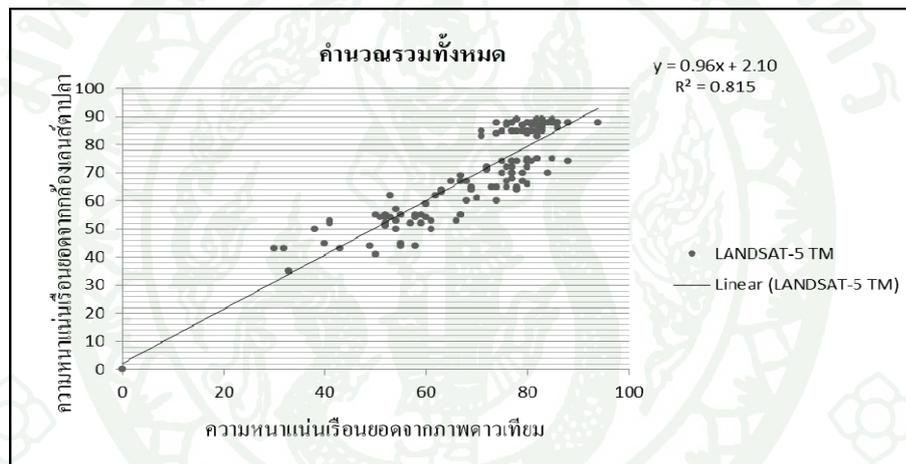
ภาพที่ 19 ตำแหน่งสำรวจตัวอย่างด้วยกล้องถ่ายภาพรูปเลนส์ตาปลา

2.2 ข้อมูลจากการใช้กล้องถ่ายภาพเลนส์ตาปลา บันทึกภาพเรือนยอดของหมู่ไม้ ณ ตำแหน่งที่กำหนดเป็นจุดสำรวจ จำนวน 5 ภาพต่อ 1 จุดสำรวจ และใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมอ่านค่าและบันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์จากนั้นนำภาพถ่ายมาคำนวณค่าความหนาแน่นเรือนโดยใช้โปรแกรม HemiView และหาค่าเฉลี่ยร้อยละการปกคลุมเรือนยอดของแต่ละจุดสำรวจ ตัวอย่างเช่นจุดสำรวจ Chiangmai 1 ที่ค่าพิกัด 99.92E, 19.53N ที่ระดับความสูง 420 จากน้ำทะเล ได้ค่าการปกคลุมเรือนยอดร้อยละ 40 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการคำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดจากรูปถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลาโดยใช้โปรแกรม HemiView

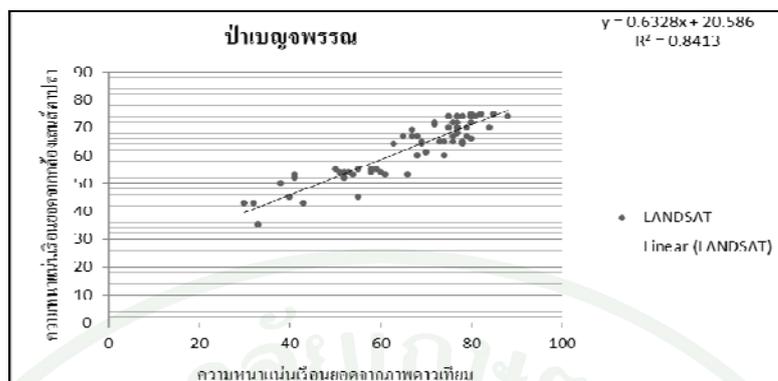
Site Name	Long	Lat	Alt	%Cover
Chiangmai 1	99.92E	19.53N	420	40.00
Chiangmai 2	98.68E	18.47N	322	19.20
Chiangmai 3	98.67E	18.50N	405	52.10
Chiangmai 4	98.62E	18.53N	563	52.50
Chiangmai 5	98.58E	18.54N	46	53.70
Chiangmai 6	98.51E	18.55N	1343	43.60
Chiangmai 7	98.48E	18.52N	1544	44.80
Chiangmai 8	98.47E	18.51N	1452	55.70
Chiangmai 9	98.46E	18.51N	1321	66.80
Chiangmai 10	98.43E	18.51N	759	32.50
Chiangmai 11	98.39E	18.48N	609	18.80
Chiangmai 12	98.38E	18.40N	706	11.20
Chiangmai 13	98.36E	18.31N	784	76.80
Chiangmai 14	98.40E	18.27N	402	49.60
Chiangmai 15	98.78E	19.11N	600	69.60
Chiangmai 16	98.69E	19.23N	736	59.30
Chiangmai 17	98.60E	19.28N	1436	60.00
Chiangmai 18	98.38E	19.44N	758	31.50
Chiangmai 19	98.18E	19.56N	774	70.00

- 2.3 ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 นำค่าที่ได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา มาหาความสัมพันธ์ ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.81 หมายความว่า ความหนาแน่นเรือนยอดจากการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถอธิบายถึงค่าความหนาแน่นเรือนยอดจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลาได้ คิดเป็นร้อยละ 81 ที่เหลืออีกร้อยละ 19 เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรอื่น และสมการเส้นตรง คือ $Y = 2.10 + 0.96X$ (ภาพที่ 20) จากนั้นประเมินหาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้โดยแยกตามประเภทป่า ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าดงดิบ ป่าเต็งรัง และรวมทุกประเภทป่า รายละเอียด ดังต่อไปนี้



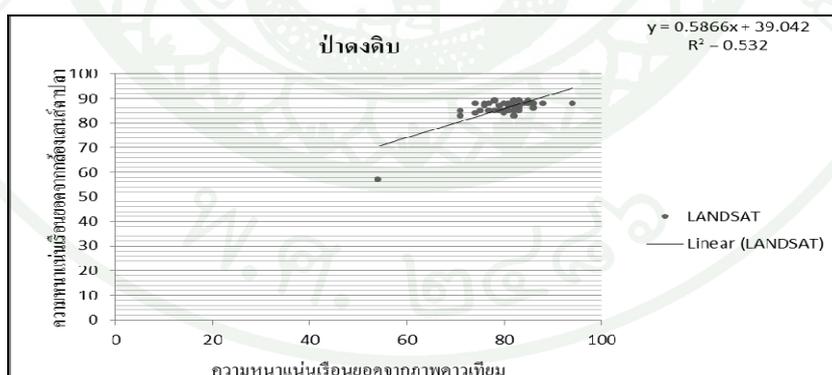
ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน

2.3.1 เมื่อคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้บริเวณป่าเบญจพรรณ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน จำนวนจุดสำรวจ 87 จุด จากนั้นทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.84 (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าเบญจพรรณ

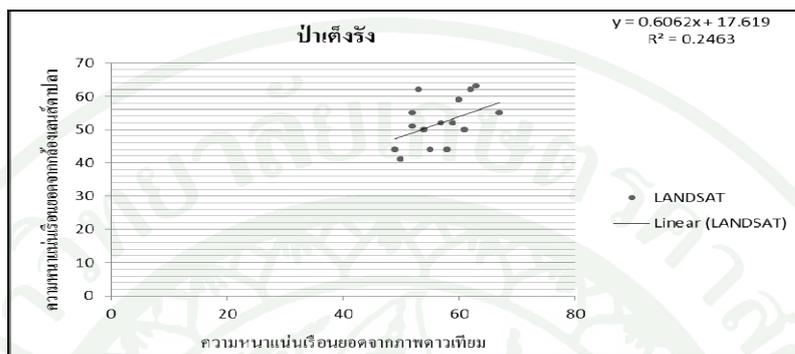
2.3.2 เมื่อคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้บริเวณป่าดงดิบ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน จำนวนจุดสำรวจ 52 จุด จากนั้นทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.53 (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าดงดิบ

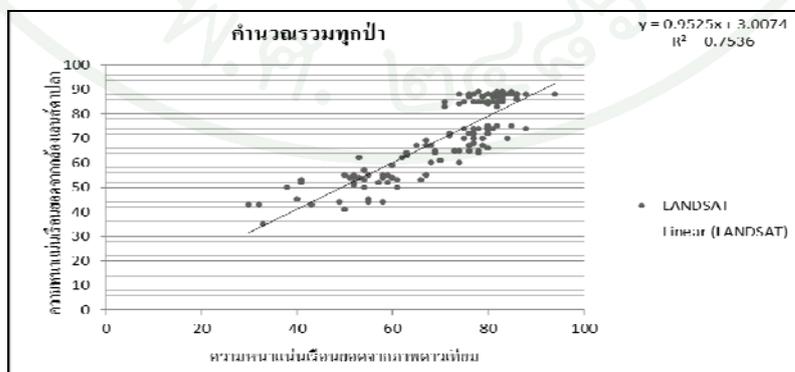
2.3.3 เมื่อคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้บริเวณป่าเต็งรัง จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน จำนวนจุดสำรวจ

21 จุด จากนั้นทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.25 (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน บริเวณป่าดงดิบ

2.3.4 พื้นที่ป่ารวมทุกป่า เมื่อคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน จำนวนจุดสำรวจ 160 จุด จากนั้นทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.75 $Y = 2.10 + 0.96X$ (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน รวมทุกประเภทป่า

3. แผนที่กลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้จังหวัดเชียงใหม่

ชั้นความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ จังหวัดเชียงใหม่ จำแนกออกเป็น 10 ชั้น ร้อยละ 10 ต่อชั้น ผลการประมาณค่าพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร และไร่ พบว่าช่วงชั้นร้อยละของความหนาแน่น 0-10 ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ร้อยละ 18.35 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 3,689 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ บริเวณที่ว่าง ที่อยู่อาศัย ป่าเต็งรังซึ่งโดยธรรมชาติจะผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง และช่วงชั้นร้อยละความหนาแน่น 91-100 ครอบคลุมพื้นที่น้อยที่สุด ร้อยละ 0.46 คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 93 ตารางกิโลเมตร ได้แก่ บริเวณป่าดงดิบที่สมบูรณ์ (ตารางที่ 5) และแผนที่กลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 25)

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นของป่าไม้ในแต่ละชั้นความหนาแน่น ในจังหวัดเชียงใหม่

ช่วงชั้นร้อยละของความ หนาแน่นเรือนยอด	พื้นที่แยกตามช่วงชั้นความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้			หมายเหตุ
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ	
0 - 10	3,689.64	2,305,421.61	18.35	มากที่สุด
11 - 20	1,178.40	736,500.00	5.86	
21 - 30	2,002.71	1,251,695.00	9.96	
31 - 40	2,675.93	1,672,458.00	13.31	
41 - 50	3,028.84	1,893,025.00	15.06	
51 - 60	2,831.51	1,769,691.00	14.08	
61 - 70	2,290.64	1,431,650.00	11.39	
71 - 80	1,550.07	968,793.80	7.71	
81 - 90	767.28	479,546.90	3.82	
91 - 100	93.01	58,129.69	0.46	น้อยที่สุด
รวม	20,107.06	12,566,911.00	100.00	

วิจารณ์

1. เมื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา โดยดำเนินการในภาพรวมทุกประเภทป่าและแยกตามประเภทของป่า พบว่าประเภทป่าที่มีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดคือ ป่าเบญจพรรณ และที่มีค่าความสัมพันธ์น้อยที่สุดคือ ป่าเต็งรัง ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาในช่วงฤดูแล้ง ต้นไม้ในป่าเต็งรังมีการผลัดใบเกือบทั้งหมด ดังนั้น ทำให้ค่าการสะท้อนแสงของภาพถ่ายจากดาวเทียมในป่าเต็งรัง ได้รับผลกระทบจากพื้นที่ที่ปิดโล่ง และให้ค่าความหนาแน่นเรือนยอดต่ำกว่าความเป็นจริง เมื่อเทียบกับความหนาแน่นเรือนยอดที่ได้จากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา (ภาคผนวก) ส่วน ค่า R^2 ของป่าเบญจพรรณสูงกว่าป่าในภาพรวม ซึ่งสอดคล้องกับ Hadi *et.al.* (2004) ที่พบว่า การตรวจสอบความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ด้วย FCD Mapper สามารถดำเนินการได้ดีในป่าที่มีลักษณะ โครงสร้างเหมือนกัน (homogeneous forest)

2. ผลการศึกษางานวิจัยของ Tiwari (2006); Azizia (2008) พบว่า เมื่อใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของป่าไม้ มีความถูกต้องประมาณ ร้อยละ 70 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษานี้ ที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.81 ส่วนความคลาดเคลื่อนที่เหลือร้อยละ 19 อาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ปัจจัยการสะท้อนของแสงโดยเฉพาะบริเวณป่าเต็งรังจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในช่วงฤดูแล้งจะมีการสะท้อนให้เห็นความเป็นที่โล่ง จึงมีการแปลตีความที่ผิดพลาดได้ ปัจจัยเรือนยอดของไม้ในป่าที่มีหลายชั้นเรือนยอด (เทอด, 2525) แต่ที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ซึ่งเป็นการถ่ายขึ้นไปข้างบนท้องฟ้า เป็นการประเมินการปกคลุมของเรือนยอดเพียงชั้นเดียว และมีฉากหลัง (ท้องฟ้า) ที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับเรือนยอดต้นไม้ นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้หลายขั้นตอน เช่น ตำแหน่งของกล้องถ่ายรูป เกิดจากการตั้งระดับทั้งแนวตั้งและแนวนอน ระดับความสูงจากพื้นดินที่ไม่เท่ากัน ความคลาดเคลื่อนจากการเปิดหน้ากล้องซึ่งเกิดแสงสะท้อน ความคลาดเคลื่อนจากคุณภาพของรูปภาพ ความละเอียดของภาพ และการเก็บข้อมูลในรูปดิจิทัล ความคลาดเคลื่อนจากการตั้งพิกัด เป็นต้น (Rich, 1989)

3. เมื่อได้เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างผลการคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ด้วยวิธีทางสถิติการเปรียบเทียบสองตัวแทน (t -test) ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าการหาความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ สามารถดำเนินการได้ทั้งจาก

การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา และการดำเนินการโดยภาพถ่ายดาวเทียม สามารถดำเนินการได้รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า

4. ขั้นตอนการดำเนินการสร้างแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากโปรแกรมประมวลผล FCD MAPPER 1.15 ไม่สลับซับซ้อน และสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นโปรแกรมประมวลผลที่ได้รับการพัฒนาแบบ Semi – Expert System ในการประมวลผลมีขั้นตอนอย่างชัดเจน แต่ผู้ดำเนินการต้องศึกษาโปรแกรมประยุกต์ และเข้าใจพื้นฐานของการสำรวจจากระยะไกล จึงสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดโดยใช้โปรแกรม FCD Mapper ต้องใช้ค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นตามคุณสมบัติการสะท้อนค่าวัตถุบนผิวโลก โดยต้องการความยาวช่วงคลื่นในช่วงคลื่นที่ 1-6 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM อีกทั้งภาพถ่ายดาวเทียมนี้เป็นภาพที่มีความละเอียดระดับปานกลาง สามารถจัดหาได้ง่าย ราคาถูก ใช้ประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลพื้นฐานสำหรับการติดตามประเมินผลและจัดทำแผนที่พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกบุกรุก รวมถึงติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics, 2009)

6. การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเรือนยอดด้วยเทคนิคการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นการคำนวณจากค่าการสะท้อนแสง ซึ่งมีสูตรการคำนวณของแต่ละดัชนี ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมตามปกติ แต่ต้องใช้เวลา และความรู้ ความชำนาญเฉพาะด้าน ดังนั้นการใช้โปรแกรม FCD Mapper ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ที่ได้พัฒนามา สามารถทำงานได้รวดเร็ว และใช้ผู้ปฏิบัติที่มีความรู้ในงานสำรวจจากระยะไกลในระดับเบื้องต้น ก็สามารถดำเนินการได้

7. ในปัจจุบัน มีการนำเทคโนโลยี LiDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งสามารถสร้างภาพ 3 มิติ ให้ข้อมูลความสูงของต้นไม้และภูมิประเทศ ผ่านการใช้งานของพัลส์เลเซอร์ที่ส่งมาจากเครื่องบิน ภาพ LiDAR 3 มิติ สามารถวิเคราะห์ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของเรือนยอดไม้ได้ และนำไปใช้คำนวณการสะสมคาร์บอนของป่าที่มีความถูกต้องระดับสูง (Gregory, 2009) แต่เทคโนโลยีนี้มีราคาแพงมากกว่าเมื่อเทียบกับ FCD Mapper

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการศึกษาค่าการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์หาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า

1. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถประยุกต์สร้างเป็นแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. จากผลการทดสอบทางสถิติ การเปรียบเทียบความถูกต้อง ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับข้อมูลภาคสนาม พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.81
3. พื้นที่ป่าจังหวัดเชียงใหม่ มีความหนาแน่นการปกคลุมเรือนยอดของป่าไม้ชั้นที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ ร้อยละ 0 - 10, 41 - 50 และ 51 - 60 ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 18.35, 15.06 และ 14.08 ตามลำดับ และชั้นที่มีพื้นที่น้อยที่สุดคือ ร้อยละ 91 - 100 ครอบคลุมพื้นที่ ร้อยละ 0.46

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป อาจนำเครื่องมือการวัดค่าความเข้มของแสง (light intensity) มาเก็บข้อมูลในภาคสนาม เพื่อเพิ่มตัวแปรจากปัจจัยอื่น ๆ ในสมการเส้นตรงให้มีความถูกต้องมากขึ้น
2. ผลการศึกษานี้มีความถูกต้องในระดับยอมรับได้เมื่อเทียบกับพื้นที่จริง ดังนั้นควรทำการศึกษาเพื่อต่อยอดการศึกษาวิจัยต่อไป เช่น การศึกษาในเรื่องการหามวลชีวภาพ ปริมาณคาร์บอน เป็นต้น
3. ควรดำเนินการวิจัยในช่วงฤดูฝน เพื่อเป็นการทดสอบงานวิจัยความหนาแน่นของป่าไม้เป็นการลดความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยการสะท้อนของแสงของภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงฤดูแล้ง โดยเฉพาะบริเวณป่าเต็งรังที่ผลัดใบโดยธรรมชาติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2547. เปรียบเทียบเนื้อที่ป่าไม้ของประเทศไทย ระหว่างปี 2531 – 2541 เป็นรายจังหวัด. แหล่งที่มา: <http://web2.forest.go.th/stat/stat47/stat2547.html>, 29 กรกฎาคม 2554.
- _____. 2547. การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 และ 2547. แหล่งที่มา: <http://web2.forest.go.th/stat/stat47/stat2547.html>, 29 กรกฎาคม 2554.
- _____. 2551. เนื้อที่ป่าไม้ แยกรายจังหวัด พ.ศ. 2551. แหล่งที่มา: <http://web2.forest.go.th/stat/stat51/stat2551.html>, 29 กรกฎาคม 2554.
- จรัญธร บุญญาภาพ. 2546. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. (อัดสำเนา)
- ชาญชัย ยาวุฒิ. 2519. การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่าดิบชื้น อำเภอบางสะพานใหญ่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เทอด สุปรีชากร. 2525. วนศาสตร์เบื้องต้น. อมรินทร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย สิมกึ่ง. 2536. เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมชนิดภาพโปร่งใสด้วยสายตา, น. 127-148. ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- นิวัติ เรืองพานิช. 2542. การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญชนะ กลั่นคำสอน และ ธงชัย จารุพัฒน์. 2524. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสำรวจความเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้. กองจัดการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ประสงค์ สวงวรรณ. ม.ป.ป. **คู่มือปฏิบัติการหลักการแปลและวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม.**
ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
(อัครา)

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2522. **วิธีการวิเคราะห์ลักษณะการเจริญเติบโตของพืช.** คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2538. **ผลผลิตและการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้.** คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2514. **คู่มือปฏิบัติการภาพคณิตและการแปลภาพถ่ายทางอากาศ.** คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2533. วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม, น. 23 – 51. ใน
กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม (ผู้รวบรวม). **การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม**
ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และการประยุกต์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,
กรุงเทพฯ.

_____. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล, น. 89-112. ใน กอง
สำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม (ผู้รวบรวม). **การสำรวจทรัพยากร ธรรมชาติด้วย**
ดาวเทียม. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. **คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล.** สำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. ม.ป.ป.. **บรรยายสรุปจังหวัดเชียงใหม่.** แหล่งที่มา:
http://www.chiangmai.go.th/meet_file/sarupCM.pdf, 29 กรกฎาคม 2554.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2546. **จากห้วงอวกาศสู่**
พื้นแผ่นดินไทย พ.ศ. 2546. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
(องค์การมหาชน). กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2554. **ประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).** แหล่งที่มา: http://www.gistda.or.th/gistda_n/index.php/gistda-about, 29 กรกฎาคม 2554.

อนุสรณ์ รัชสีพานิช. 2545. การประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมุ่นไม้ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง, น. 170-176. ใน **รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Azizia, Z., A. Najafia and H. Sohrabia. 2008. **Canopy Density Estimating, Using Satellite Images**. The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing.

Brown, M. J. and G. G. Parker. 1994. Canopy Light Transmittance in a Chronosequence of Mixed-species Deciduous Forests. **Can. Jour. For. Res.** 24: 1694-1703.

Clever, J. G. 1993. Land Observation by Remote Sensing. Theory and Application. **Gordan and Breach Science Publishers**, Amsterdam.

Curtis, J.T. 1959. **The Vegetation of Wisconsin: An Ordination of Plant Communities**. University of Wisconsin Press, Madison.

Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics. 2009. **A Sourcebook of Methods and Procedures for Monitoring and Reporting Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions and Removals Caused by Deforestation, Gains and Losses of Carbon Stocks in Forests Remaining Forests and Forestation**. Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics. Available at: source: http://unfccc.int/files/methods_science/redd/methodologies/other/application/pdf/sourcebook_version_nov_2009_cop15-1.pdf, December, 29 2011.

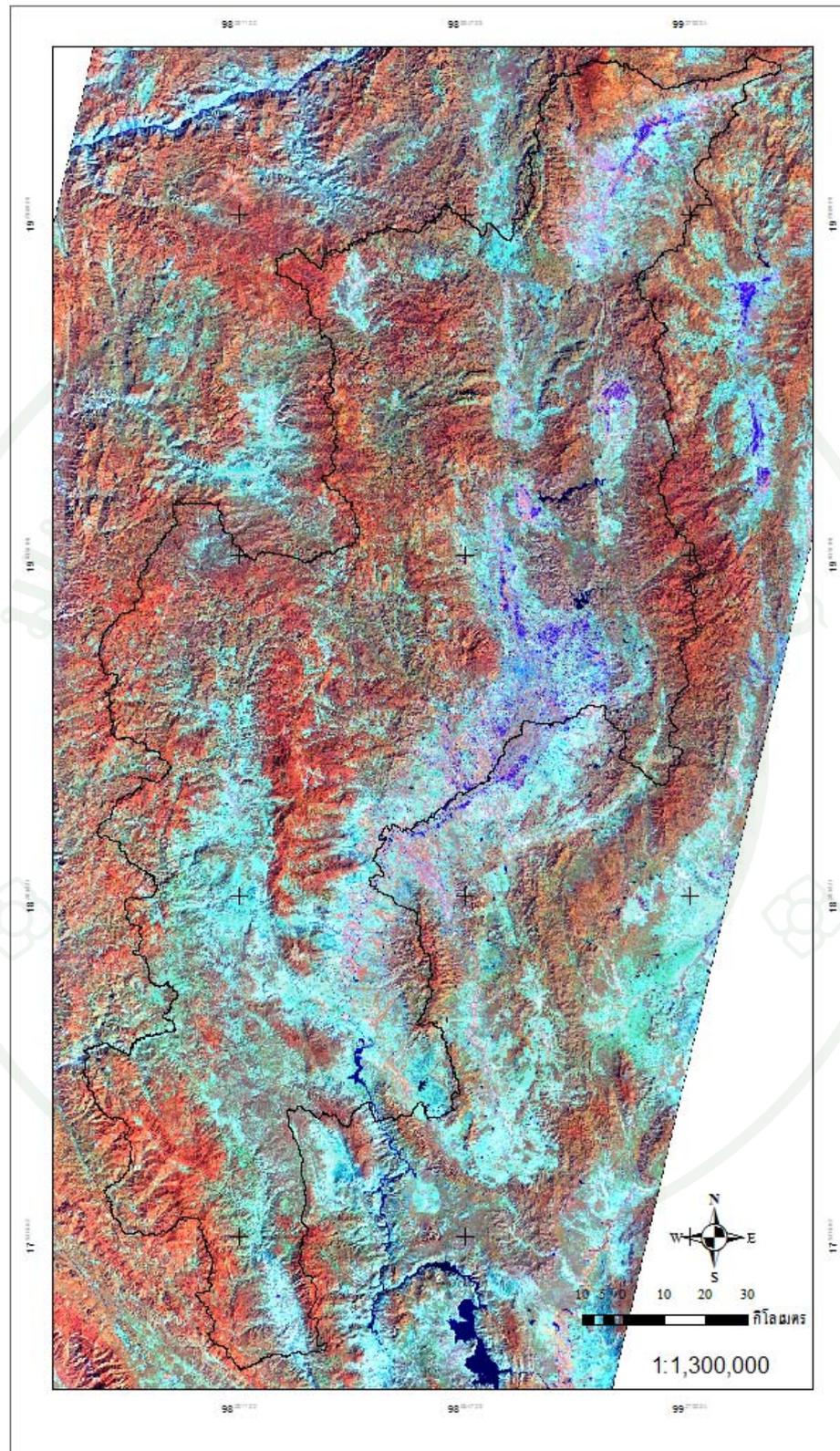
- Gregory, P. Asner. 2009. **Tropical forest carbon assessment: integrating satellite and airborne mapping approaches**. Department of Global Ecology Carnegie, Institution for Science, USA.
- Hadi, F., K. Wikantika and I. Sumarto. 2004. **Implementation of Forest Canopy Density Model to Monitor Forest Fragmentation in Mt. Simpang and Mt. Tilu Nature Reserves, West Java, Indonesia**. Jakarta, Indonesia.
- James, B. C. 1996. **Introduction to Remote Sensing**. 2d ed Taylor & Francis Ltd, London.
- Japan Association on Remote Sensing. 1993. **Remote Sensing Note**. Nihon Printing Co. Ltd., Tokyo.
- Keith, R. McCloy. 1995. **Resource Management Information Systems: Process and Practice**. Taylor & Francis Ltd, London.
- Kreb, C. J. 1972. **Ecology**. New York: Harper and Row Publishers.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 2000. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 4d ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Panta, M. 2003. **Analysis of forest canopy density and factors affecting it using RS and GIS techniques: a case study from Chitwan district of Nepal**. Enschede, Nepal.
- Rich, P.M. 1989. **A manual for analysis of hemispherical canopy photography**. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, Rep. LA-11733-M.
- Rikimaru, A. 1996. LANDSAT TM Data Processing Guide for Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model, pp. 1-8. *in ITTO workshop on utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forest*. July 30- August 1, 1996. Bangkok, Thailand.

- Rikimaru, A., P.S. Roy and S. Miyatake. 2002. Tropical forest cover density mapping. **Trop. Ecology.** 43: 39–47.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell and D. W. Deering. 1973. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. **Third ERTS Symposium NASA.** 1: 309–317.
- Shimwell, D.W. 1971. **Description and classification of vegetation.** Sidgwick and Jackson, London.
- Tiwari, S. and S. Saran. 2006. Forest canopy density mapping of Doon valley using Biophysical Response Modeling on MODIS Data. pp.1-42. *in* **9th Annual Intennation conference "Map India" held at New Delhi w.e.f. 30th Jan. to 1st Feb. 2006.** India.
- Waring, R.H. 1985. Imbalanced forest ecosystems: assessments and consequences. **For. Ecol. Manage.** 12: 93-112.



ภาคผนวก

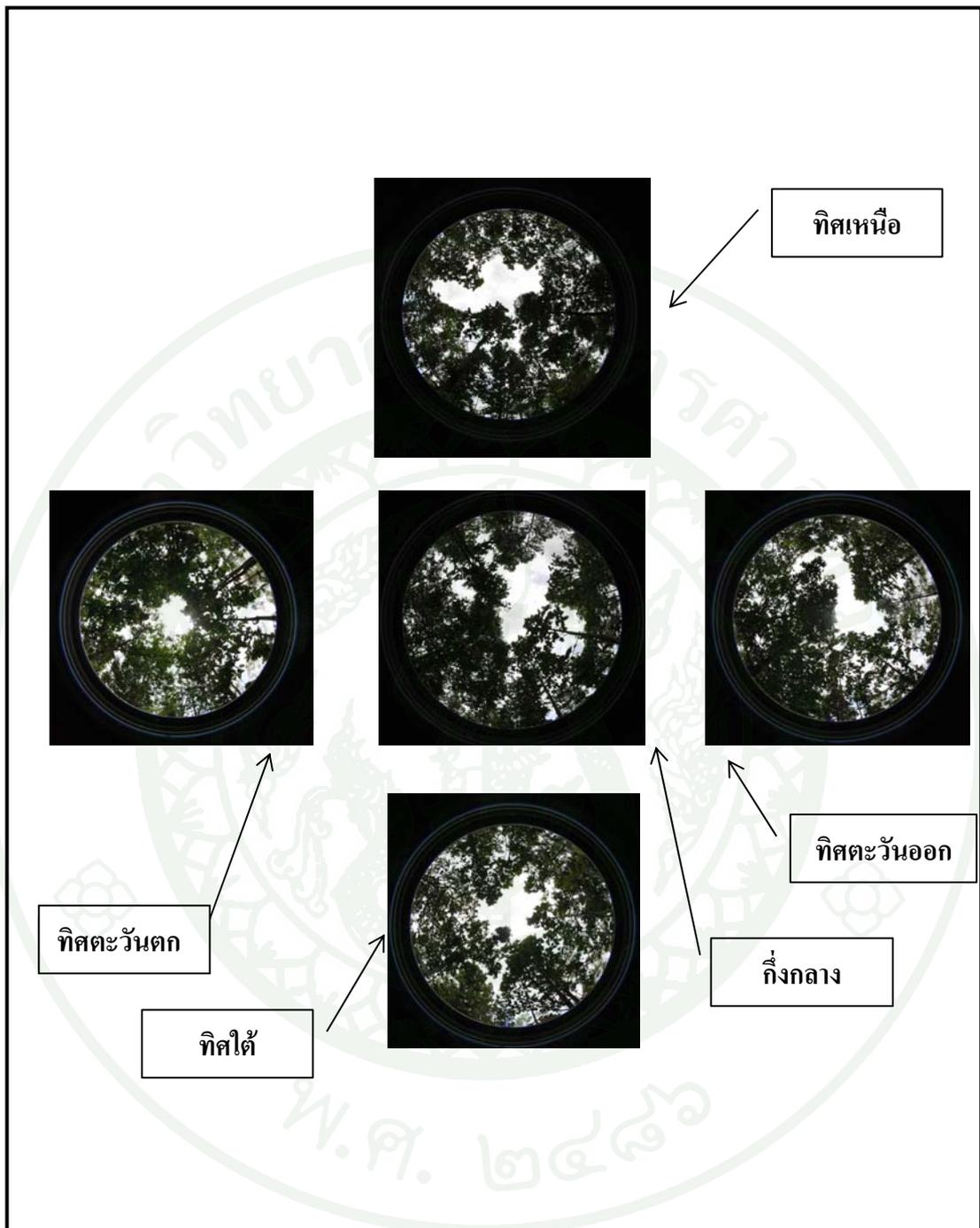




ภาพผนวกที่ ก1 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554



ภาคผนวก ข
ภาพถ่ายเรือนยอดหมู่ไม้ตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ข1 รูปถ่ายเรือนยอดของหมู่ไม้ตัวอย่างจากกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งสำรวจตามระบบ UTM

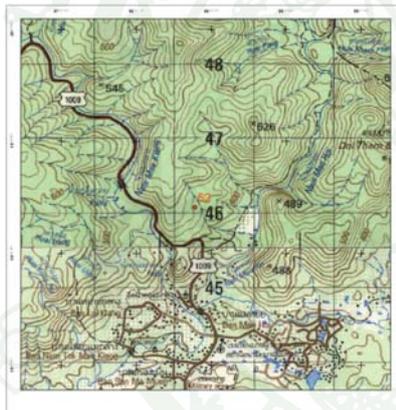


ภาคผนวก ค
รายงานผลการสำรวจความหนาแน่นของหมู่ไม้ตัวอย่าง

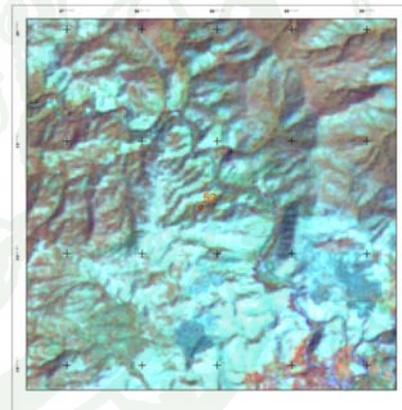
ตำแหน่ง 99.67E, 8.50N



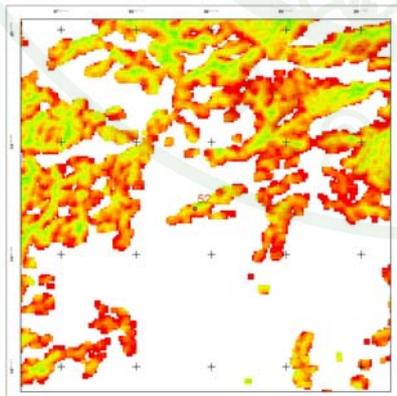
รูปถ่ายสภาพแวดล้อมบริเวณแปลงตัวอย่าง



แผนที่ภูมิประเทศ



ภาพถ่ายจากดาวเทียม



ภาพความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่

รายละเอียด

พิกัด 99.67E, 8.50N ความสูง 405
อำเภอ จอมทอง จังหวัด เชียงใหม่
สภาพเป็นป่าเบญจพรรณ มีต้นไม้ผสม
ความหนาแน่นเรือนยอด = 52 %
FCD = 51 %

ภาพผนวกที่ ๑ ตัวอย่างรายงานผลการสำรวจความหนาแน่นของหมู่ไม้



ตารางผนวกที่ ๑๑ ความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผล
การคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ณ ตำแหน่งพิกัดเดียวกัน

Site Name	Fisheye lens	LANDSAT- 5 TM	Site Name	Fisheye lens	LANDSAT- 5 TM
Chiangmai 1	0	0	Chiangmai 90	80	72
Chiangmai 2	0	0	Chiangmai 91	72	72
Chiangmai 4	0	0	Chiangmai 92	77	72
Chiangmai 5	0	0	Chiangmai 93	77	70
Chiangmai 6	0	0	Chiangmai 95	80	66
Chiangmai 7	0	0	Chiangmai 96	67	69
Chiangmai 8	0	0	Chiangmai 97	82	75
Chiangmai 9	0	0	Chiangmai 98	78	74
Chiangmai 10	52	51	Chiangmai 99	88	74
Chiangmai 11	52	52	Chiangmai 100	80	74
Chiangmai 12	54	57	Chiangmai 101	81	74
Chiangmai 17	33	35	Chiangmai 102	77	70
Chiangmai 21	50	41	Chiangmai 103	79	70
Chiangmai 24	60	59	Chiangmai 104	75	70
Chiangmai 30	58	54	Chiangmai 105	84	70
Chiangmai 31	86	86	Chiangmai 106	77	74
Chiangmai 32	83	86	Chiangmai 107	77	74
Chiangmai 33	83	87	Chiangmai 108	75	74
Chiangmai 34	83	89	Chiangmai 109	80	74
Chiangmai 35	81	88	Chiangmai 110	82	75
Chiangmai 36	80	88	Chiangmai 111	80	75
Chiangmai 37	86	88	Chiangmai 112	85	75
Chiangmai 38	78	89	Chiangmai 113	67	67
Chiangmai 40	76	88	Chiangmai 18	74	60

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

Site Name	Fisheye lens	LANDSAT-5 TM	Site Name	Fisheye lens	LANDSAT-5 TM
Chiangmai 41	84	88	Chiangmai 119	78	64
Chiangmai 42	78	89	Chiangmai 120	69	64
Chiangmai 44	81	87	Chiangmai 121	68	60
Chiangmai 45	86	88	Chiangmai 122	73	65
Chiangmai 46	85	88	Chiangmai 123	63	64
Chiangmai 47	88	88	Chiangmai 124	78	65
Chiangmai 48	94	88	Chiangmai 125	74	65
Chiangmai 49	82	89	Chiangmai 126	68	67
Chiangmai 50	83	89	Chiangmai 127	76	65
Chiangmai 51	82	87	Chiangmai 128	69	65
Chiangmai 52	79	87	Chiangmai 129	41	52
Chiangmai 53	85	89	Chiangmai 131	50	55
Chiangmai 54	82	89	Chiangmai 132	55	55
Chiangmai 55	81	85	Chiangmai 133	55	55
Chiangmai 56	71	85	Chiangmai 136	59	55
Chiangmai 57	85	88	Chiangmai 137	41	53
Chiangmai 58	77	88	Chiangmai 138	52	54
Chiangmai 59	81	85	Chiangmai 139	51	54
Chiangmai 60	80	85	Chiangmai 140	53	54
Chiangmai 61	74	88	Chiangmai 141	58	55
Chiangmai 62	80	88	Chiangmai 142	54	53
Chiangmai 63	77	85	Chiangmai 143	61	53
Chiangmai 65	76	87	Chiangmai 144	66	53
Chiangmai 66	75	85	Chiangmai 149	30	43

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

Site Name	Fisheye lens	LANDSAT- 5 TM	Site Name	Fisheye lens	LANDSAT- 5 TM
Chiangmai 67	77	85	Chiangmai 150	43	43
Chiangmai 68	80	84	Chiangmai 153	55	45
Chiangmai 69	83	87	Chiangmai 154	40	45
Chiangmai 70	78	85	Chiangmai 158	38	50
Chiangmai 71	80	85	Chiangmai 159	32	43
Chiangmai 72	74	84	Chiangmai 160	60	54
Chiangmai 74	82	85	Chiangmai 161	63	63
Chiangmai 75	83	85	Chiangmai 162	57	52
Chiangmai 76	71	83	Chiangmai 163	59	52
Chiangmai 77	79	87	Chiangmai 164	49	44
Chiangmai 78	79	85	Chiangmai 166	62	62
Chiangmai 79	82	85	Chiangmai 167	53	62
Chiangmai 80	82	83	Chiangmai 168	52	55
Chiangmai 81	70	61	Chiangmai 169	67	55
Chiangmai 82	76	67	Chiangmai 170	67	55
Chiangmai 83	65	67	Chiangmai 172	54	50
Chiangmai 84	79	67	Chiangmai 173	61	50
Chiangmai 86	77	68	Chiangmai 174	58	44
Chiangmai 87	72	71	Chiangmai 175	55	44
Chiangmai 88	76	72			

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางเครือวัลย์ รังสีพานิช
วัน เดือน ปี ที่เกิด	21 ธันวาคม 2512
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	รับราชการ นักวิชาการป่าไม้
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	

