นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม กรณีศึกษา จังหวัดเชียงใหม่

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

เครือวัลย์ รังสิพานิช Kruawan Rungsipanich
ดำรงค์ ศรีพระราม Damrong Sripraram
ปิยวัตน์ ดิลกสัมพันธ์ Piyawat Diloksumpun
ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ Yongyut Trisurat

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
E-mail: kruawan_54@hotmail.com

รับต้นฉบับ 2 เมษายน 2555 รับลงพิมพ์ 2 พฤษภาคม 2555

ABSTRACT

Forest canopy density provides important information indicating the health of the forest and biomass. vThis study aimed: 1) to use satellite images from LANDSAT-5 TM to analyze the forest canopy density; 2) to compare the forest canopy density derived from satellite images with field survey data using a fish-eye lens; and 3) to delineate the forest canopy density in Chiang Mai province. FCD Mapper was employed to estimate the forest canopy density and to calculate 4 indices: vegetation index, bare soil index, thermal index and shadow index. In addition, a linear regression equation was applied to determine the relationship between the forest canopy density derived from satellite images and from an image taken using a fish-eye lens. The results revealed that satellite images are effective for analyzing the forest canopy density. The forest canopy density estimates derived using the 2 methods were not significantly different at the 95% level and the co-relation coefficient was 0.81. The forest canopy density was divided into 10 percentage cover strata of 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90, 91-100. Each stratum covered 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.

Keywords: Forest canopy density, LANDSAT-5 TM, FCD Mapper, Chiang Mai province

บทคัดย่อ

ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ บ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้และมวลชีวภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามโดยใช้กล้องเลนส์ตาปลา และเพื่อจัดทำแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ในจังหวัดเชียงใหม่การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ใช้โปรแกรม FCD Mapper เพื่อคำนวณค่าดัชนี 4 ตัว ได้แก่ ดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาไม้และประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ จากนั้นใช้สมการเส้นตรงหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมและกล้องเลนส์ตาปลา ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม สามารถประเมินหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ที่ได้จาก 2 วิธีไม่ต่างกัน และมีความสัมพันธ์ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 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 ของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM FCD Mapper จังหวัดเชียงใหม่

คำนำ

ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ บ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของป่าและปริมาณมวลชีวภาพ (Shimwell, 1971) แต่ข้อมูลดังกล่าวอาจไม่เป็นปัจจุบัน โดยทั่วไปในการจัดการป่าไม้ ข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จึงได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม โดยการวางแปลงสุ่มตัวอย่างสำรวจทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งจำเป็นต้องใช้คน งบประมาณ และเวลาอย่างมาก จึงอาจจะไม่ทันต่อสถานการณ์ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

การนำวิทยาการด้านการสำรวจจากระยะไกลด้วยดาวเทียม มาใช้ในการสำรวจทรัพยากรป่าไม้เป็นการสำรวจวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก เนื่องจากสามารถดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว เป็นการประหยัดทั้งแรงงาน (คน) ค่าใช้จ่าย และเวลาในการดำเนินงาน อีกทั้งยังสามารถเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามเวลาที่ต้องการได้ตามวงโคจรของดาวเทียม

Rikimaru *et al.* (2002) ได้การพัฒนาโปรแกรมที่เรียกว่า FCD Mapper ซึ่งเป็นเทคนิคการประเมินความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้แบบกึ่งผู้เชี่ยวชาญ (semi-expert system) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมประเมินความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ (Forest Canopy Density: FCD) ที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ เพื่อใช้สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพป่าไม้อย่างต่อเนื่อง ประเมินความก้าวหน้าของกิจกรรมการปลูกป่า และความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้สามารถใช้บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของป่าไม้ และตรวจสอบความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าได้ทั้งนี้ได้มีการดำเนินการในพื้นที่หลายแห่ง เช่น Mt.Simpang and Mt.Tilu Nature Reserves, West Java, Indonesia, Australia และ Philippines เป็นต้น แต่ปัจจุบันการศึกษา

ดังกล่าวยังมีการดำเนินการน้อยในประเทศไทยโดยมี อนุสรณ์ (2545) ได้นำ FCD Mapper การประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้บริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่ภาคเหนือของประเทศมีป่าไม้หลายประเภท ประกอบด้วย ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง เป็นต้น ผลการประเมินพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551 จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยกรมป่าไม้ พบว่ามีพื้นที่ป่า 16,609 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 82.61 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งเป็นปริมาณพื้นที่ป่าที่มากที่สุดในภาคเหนือและจากการติดตามพื้นที่ป่าในจังหวัดเชียงใหม่ในระยะ 10 ปี พบว่าพื้นที่ป่าค่อนข้างคงที่ (กรมป่าไม้, 2551) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าพื้นที่ป่าไม้เสื่อมโทรมลง ต้นไม้ใหญ่ถูกลักลอบตัด และปลูกพืชแซมในพื้นที่ป่า ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาผลิตเป็นแผนที่แสดงความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ตามที่ Rikimaru *et al*. (2002) กล่าวว่า สามารถใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าเพื่อตรวจสอบความเสื่อมโทรมของป่าไม้และใช้เป็นแนวทางการหาพื้นที่ปลูกฟื้นฟูสภาพป่าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีขั้นตอนการดำเนินการ สรุปได้ดังนี้

การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น

1. การปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิต (geometric correction) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมLANDSAT-5 TM (path 131 row 47 บันทึกภาพเมื่อ 08 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554) มาทำการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตแบบแผนที่สู่ภาพ (map to image) โดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ให้กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1: 50,000 จำนวน 16 จุด โดยอาศัยสมการการแปลงแบบโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 เพื่อแปลงพิกัดอ้างอิงระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47 และปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา (resampling) แบบ Nearest neighbor โดยกำหนดค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย (root mean square error) ไม่เกินกว่า 1 จุดภาพ และกำหนดขนาดจุดภาพใหม่เท่ากับ 25x25 เมตร

2. ตัดภาพ (subset image) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่ปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตแล้ว (ขั้นตอนที่ 1.1)

คำนวณหาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากข้อมูลดาวเทียมโดยอาศัยโปรแกรม FCD Mapper เพื่อคำนวณค่าดัชนี ดังต่อไปนี้

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

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

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

เมื่อ NDVI = ดัชนีความเป็นพืชพรรณ
AVI = ดัชนีความเป็นพืชพรรณ
R = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3: B3)
NIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ (แบนด์ 4: B4)

2. คำนวณดัชนีความเป็นดิน (Bare soil Index: BI) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM

ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1) ช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3) ช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ (แบนด์ 4) และช่วงคลื่นอินฟาเรดคลื่นสั้น (แบนด์ 5) มาคำนวณหาค่าดัชนีความเป็นดิน (Rikimaru *et al*., 2002) ดังสูตร

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

หรือ

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

เมื่อ BI = ดัชนีความเป็นดิน

B = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (แบนด์ 1: B1)

R = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 3: B3)

NIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ (แบนด์ 4: B4)

MIR = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟาเรดกลาง (แบนด์ 5: B5)

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

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

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

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)

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

6. คำนวณค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาต้นไม้ (Scaled Shadow Index: SSI) นำข้อมูลดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความเป็นเงาต้นไม้ และดัชนีความร้อน มาจัดรวมเข้าด้วยกัน (stack) แล้วจำแนกโดยวิธี การจำแนกแบบกำกับดูแล (unsupervied classification) จากนั้นเลือกเฉพาะกลุ่มข้อมูลที่เป็นพืชพรรณ (อนุสรณ์, 2545) ดังสูตร

SSI = 0 เมื่อ M - 2S

SSI = 100 เมื่อ M + 2S

เมื่อ SSI = ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาต้นไม้

M = ค่าเฉลี่ย

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

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

เมื่อ FCD = ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้
VD = ความหนาแน่นของพืชพรรณ
SSI = ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาต้นไม้

เก็บข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ในภาคสนาม

1. วางแผนสุ่มตัวอย่าง ให้กระจายทุกกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้แล้วกำหนดจำนวนตำแหน่งตรวจสอบภาคพื้นดินในแต่ละกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ให้ครอบคลุมทุกชนิดป่าในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา โดยคำนึงถึงความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างปลอดภัย และตำแหน่งเก็บข้อมูลครั้งนี้มีจำนวน 175 จุดสำรวจ (Figure 1)

Figure 1 Position of survey with the camera fish-eye lens.

2. การสำรวจความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยใช้กล้องถ่ายรูปเลนส์ตาปลา บันทึกภาพเรือนยอดของป่าไม้ ณ ตำแหน่งที่กำหนดเป็นจุดสำรวจ จำนวน 5 ภาพต่อ 1 จุดสำรวจ (กึ่งกลาง ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยห่างจากจุดกึ่งกลางระยะ 5 เมตร) เพื่อหาค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเรือนยอดซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรม HemiViewและใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมอ่านค่าและบันทึกค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

3. สร้างสมการเส้นตรง (linear regression) ความสัมพันธ์ระหว่างผลการคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับผลการหาความหนาแน่นเรือนยอดจากถ่ายภาพด้วยกล้องเลนส์ตาปลา ด้วยวิธีทางสถิติ ณ ความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 95

แผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ของจังหวัดเชียงใหม่

1. นำเข้าข้อมูลขอบเขตจังหวัดเชียงใหม่มาตราส่วน 1: 50,000 โดยการนำเข้าบนหน้าจอ (digitise on screen)

2. นำข้อมูลขอบเขตจังหวัดเชียงใหม่มาซ้อนทับกับข้อมูลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ที่ได้จากข้อ 2.7

3. จำแนกชั้นความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ออกเป็น 10 ชั้น ประกอบด้วย ร้อยละ 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80 และ 91-100 พร้อมทั้งคำนวณพื้นที่ของแต่ละชั้นความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ในจังหวัดเชียงใหม่

ผลและวิจารณ์

ผลการคำนวณความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้

จากการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ LANDSAT-5 TM (path 131 row 47 บันทึกภาพเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554) มาประมวลผลโดยโปรแกรมประมวลผลความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ FCD Mapper 1.15 ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการสร้างแผนที่ความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ไม่สลับซับซ้อน และสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นโปรแกรมประมวลผลที่ได้รับการพัฒนาแบบ Semi – Expert System ในการประมวลผลมีขั้นตอนอย่างชัดเจน เพียงแต่ผู้ดำเนินการต้องศึกษาโปรแกรมประยุกต์ และเข้าในพื้นฐานของการสำรวจระยะไกลจะสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการคำนวณสามารถแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

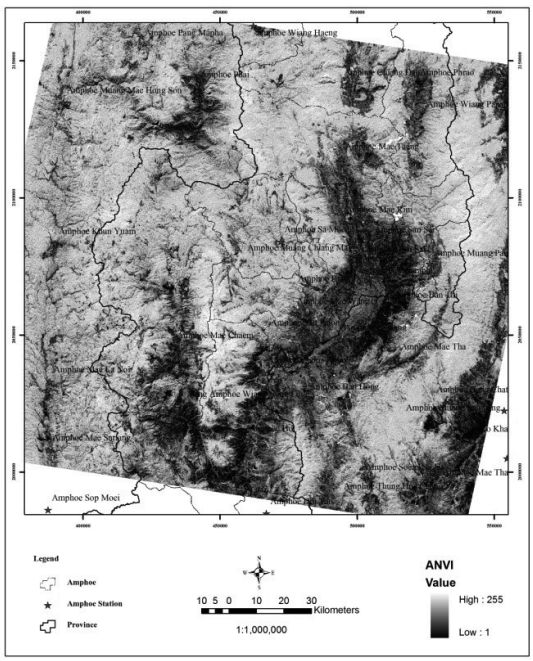

Figure 2 Advanced normalized vegetation Index map.

ค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีพืชพรรณมาก (สีขาว) แสดงว่ามีการปกคลุมของพืชพรรณมาก เนื่องจากมีสภาพเป็นป่าโดยเฉพาะบริเวณป่าดงดิบ แต่บริเวณที่มีปริมาณของพืชพรรณปกคลุมอยู่น้อย (สีดำ) ได้แก่ บริเวณป่าเต็งรัง พื้นที่โล่ง พื้นที่เกษตรกรรมและบริเวณที่เป็นพื้นที่อยู่อาศัยโดยเฉพาะพื้นที่รอบทำการอำเภอ (Figure 2)

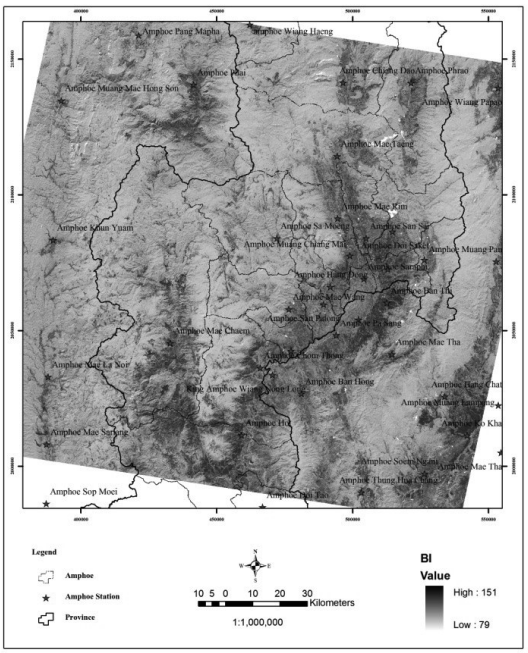

Figure 3 Bare soil index map.

ค่าดัชนีความเป็นดินมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นดินมาก (สีดำ) แสดงว่าเป็นที่โล่ง มีพืชพรรณปกคลุมอยู่น้อย ได้แก่ บริเวณที่อยู่อาศัย พื้นที่รอบที่ทำการอำเภอ และบริเวณป่าเต็งรังเป็นช่วงฤดูแล้ง ต้นไม้ผลัดใบจึงมีการแปลตีความเป็นพื้นที่โล่ง และบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นดินน้อย (สีขาว) แสดงว่าเป็นบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่มาก โดยเฉพาะบริเวณป่าดงดิบบนยอดเขาที่มีความอุดมสมบูรณ์ (Figure 3)

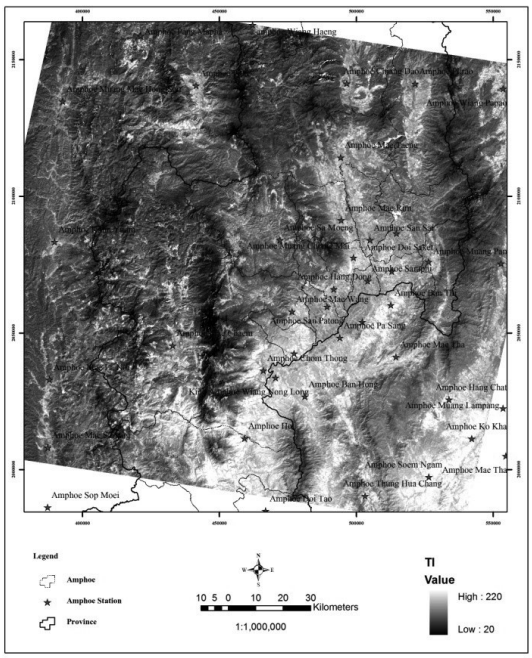

Figure 4 Thermal index map.

ค่าดัชนีความร้อนมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีความร้อนมาก (สีขาว) แสดงว่าเป็นที่โล่งมากมีพืชพรรณปกคลุมอยู่น้อย โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นป่าเต็งรังผลัดใบ และบริเวณที่ไม่มีสภาพเป็นป่า เช่น ที่อยู่อาศัยโดยรอบที่ทำการอำเภอ และบริเวณที่มีค่าดัชนีความร้อนน้อย (สีดำ) เนื่องจากมีสภาพเป็นป่า ได้แก่ บริเวณป่าเบญจพรรณและป่าดงดิบ (Figure 4)

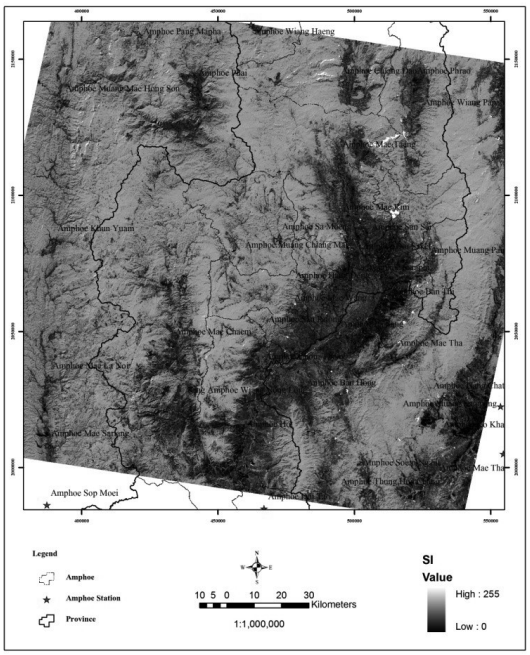

Figure 5 Shadow index map.

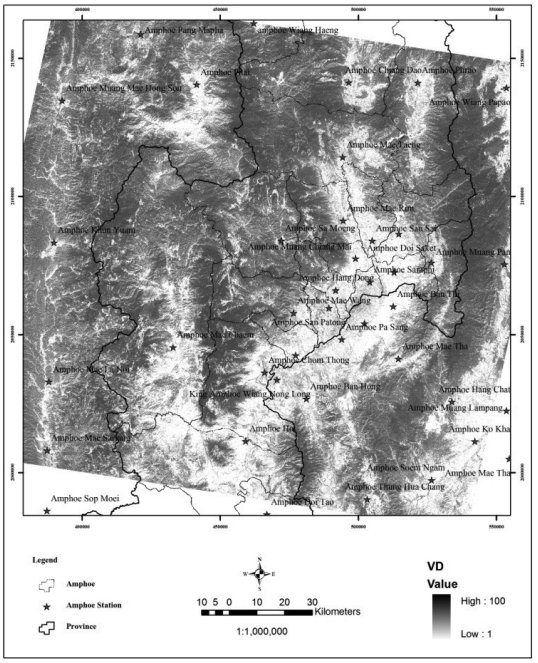

Figure 6 Vegetation density map.

ค่าดัชนีความเป็นเงาของต้นไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นเงาของต้นไม้มาก (สีขาว) แสดงว่าเป็นที่มีต้นไม้ปกคลุมอยู่มาก เนื่องจากมีสภาพเป็นป่าโดยเฉพาะบริเวณเบญจพรรณและป่าดงดิบ และบริเวณที่มีค่าดัชนีความเป็นเงาของต้นไม้น้อย (สีดำ) ได้แก่ บริเวณที่เป็นที่โล่ง บริเวณสนามหญ้า บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม และบริเวณที่อยู่อาศัย (Figure 5)

ค่าความหนาแน่นของพืชพรรณมีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 โดยบริเวณที่มีความหนาแน่นของพืชพรรณมาก (สีดำ) แสดงว่าเป็นที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่มาก และบริเวณที่มีความหนาแน่นของพืชพรรณน้อย (สีขาว) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่น้อย ได้แก่ ที่อยู่อาศัยบริเวณรอบพื้นที่ทำการอำเภอและบริเวณป่าเต็งรังที่ผลัดใบในฤดูแล้ง (Figure 6)

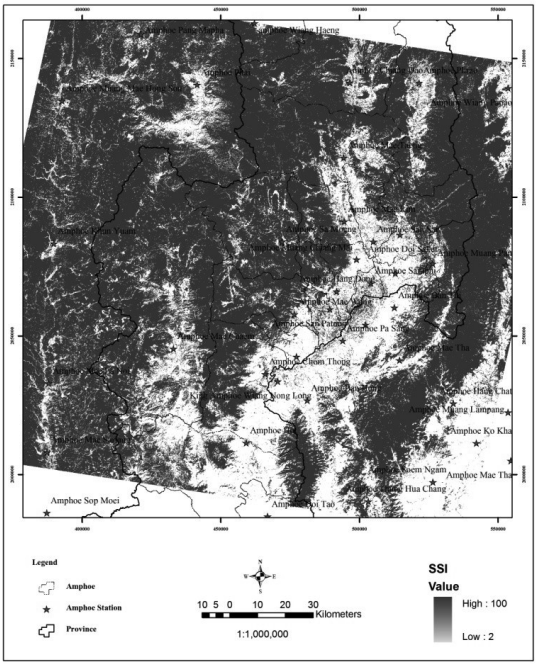

Figure 7 Scaled shadow index map.

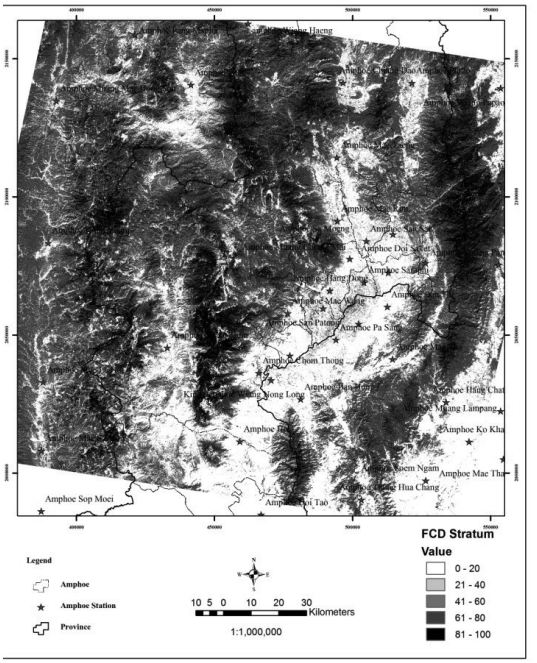

Figure 8 Forest canopy density map.

ค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 โดยบริเวณที่มีค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้มาก (สีดำ) แสดงว่าเป็นบริเวณที่มีสภาพเป็นป่าไม้อยู่อย่างหนาแน่น และบริเวณที่มีค่าดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาไม้น้อย (สีขาว) แสดงว่ามีสภาพความเป็นป่าไม้น้อย หรือเป็นพื้นที่โล่ง เช่น บริเวณที่อยู่อาศัย พื้นที่ราบที่ทำการอำเภอ สนามหญ้า เป็นต้น (Figure 7)

ค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 โดยมีการจัดกลุ่มความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ ออกเป็น 5 ชั้น คือ ร้อยละ 0-20, 21-40, 41-60, 61-80 และ 81-100 ค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ 81-100 (สีดำ) แสดงว่าเป็นบริเวณที่มีสภาพเป็นป่าไม้อย่างหนาแน่น และบริเวณที่มีค่าความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ 0-20 (สีขาว) แสดงว่ามีสภาพความเป็นป่าไม้น้อย หรือเป็นพื้นที่โล่ง เช่น สนามหญ้า ที่อยู่อาศัย โดยรอบที่ทำการอำเภอ (Figure 8)

สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา (สำรวจภาคสนาม)

1. ข้อมูลจากการใช้กล้องถ่ายรูปเลนส์ตาปลาสำรวจภาคสนาม 175 จุด แล้วนำภาพถ่ายมาคำนวณค่าความหนาแน่นเรือนโดยใช้โปรแกรม Hemi View และหาค่าเฉลี่ยร้อยละการปกคลุมเรือนยอดของแต่ละจุดสำรวจ ตัวอย่างเช่น จุดสำรวจ Chiangmai 1 ที่ค่าพิกัด 99.92E, 19.53N ที่ระดับความสูง 420 จากระดับน้ำทะเล ได้ค่าการปกคลุมเรือนยอดร้อยละ 40 (Table 1)

Table 1 Forest canopy density (% Cover) captured by fish-eye lens analyzed with Hemi View. (8 out of 175)

Site Name	Long	Lat	Alt	% Cover
Chiangmai 1	99.92E	19.53N	420	40.0
Chiangmai 2	98.68E	18.47N	322	19.2
Chiangmai 3	98.67E	18.50N	405	52.1
Chiangmai 4	98.62E	18.53N	563	52.5
Chiangmai 5	98.58E	18.54N	46	53.7
Chiangmai 6	98.51E	18.55N	1343	43.6
Chiangmai 7	98.48E	18.52N	1544	44.8
Chiangmai 8	98.47E	18.51N	1452	55.7

2. ความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับผลการคำนวณจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) คือ 0.81 และสมการเส้นตรง Y = 2.01 + 0.96X (Figure 9) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง Tiwari (2006) และ Azizia (2008) พบว่า เมื่อใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมตรวจสอบสภาพความหนาแน่นของป่าไม้ มีความถูกต้องประมาณ ร้อยละ 70 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ค่า R^2= 0.81 แสดงว่า ความหนาแน่นเรือนยอดจากการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถอธิบายถึงค่าความหนาแน่นเรือนยอดจากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลาได้ คิดเป็นร้อยละ 81 ที่เหลืออีกร้อยละ 19 อาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียมซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทาง ปัจจัยการสะท้อนของแสงโดยเฉพาะบริเวณป่าเต็งรังจากภาพดาวเทียมที่ถ่ายในช่วงฤดูแล้งจะมีการสะท้อนให้เห็นความเป็นที่โล่ง จึงมีการแปลตีความที่ผิดพลาดได้ ปัจจัยเรือนยอดของไม้ในป่าที่มีหลายชั้นเรือนยอด (เทอด, 2525) แต่ที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องเลนส์ตาปลาซึ่งเป็นการถ่ายขึ้นไปข้างบนท้องฟ้าเป็นการประเมินการปกคลุมของเรือนยอดเพียงชั้นเดียว และมีฉากหลัง (ท้องฟ้า) ที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับเรือนยอดต้นไม้ นอกจากนี้ ความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้หลายขั้นตอน เช่น ตำแหน่งของกล้องถ่ายรูปเกิดจากการตั้งระดับทั้งแนวตั้งและแนวนอนระดับความสูงจากพื้นดินที่ไม่เท่ากัน ความคลาดเคลื่อนจากการเปิดหน้ากล้องซึ่งเกิดแสงสะท้อนความคลาดเคลื่อนจากคุณภาพของรูปภาพความละเอียดของภาพและการเก็บข้อมูลในรูปดิจิตอลความคลาดเคลื่อนจากการตั้งพิกัดเป็นต้น (Rich, 1989)

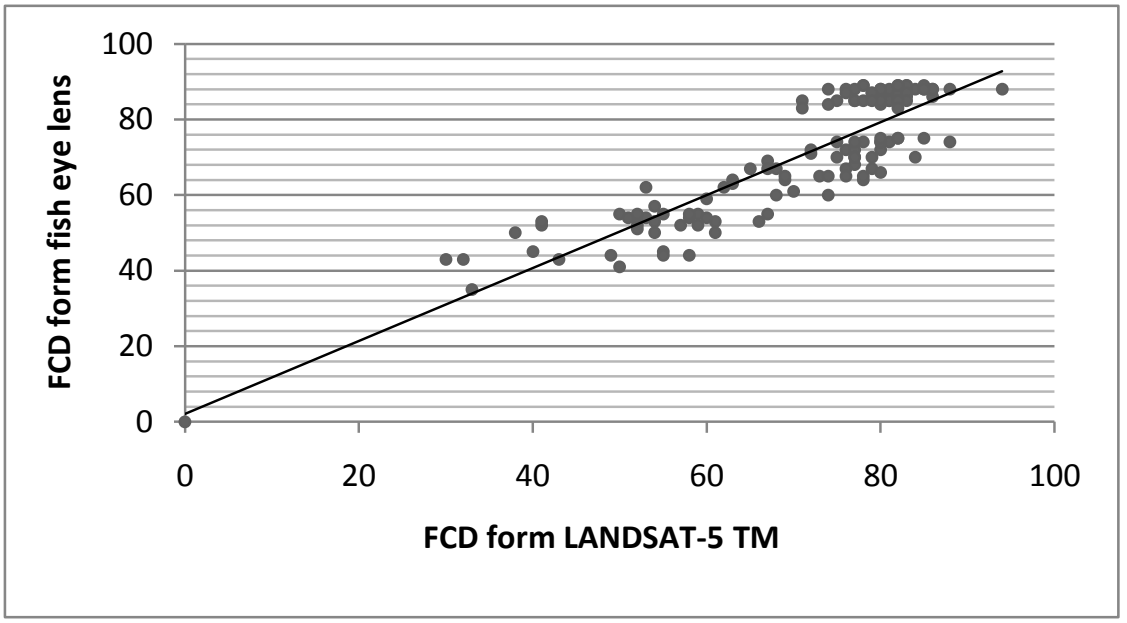

Figure 9 Relationship between forest canopy density form using satellite images and fish-eye lens.

3. เมื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้จากการคำนวณภาพถ่ายจากดาวเทียม กับภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา โดยดำเนินการในภาพรวมทุกประเภทป่าและแยกตามประเภทของป่า พบว่าประเภทป่าที่มีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด คือ ป่าเบญจพรรณ และที่มีค่าความสัมพันธ์น้อยที่สุด คือ ป่าเต็งรัง ทั้งนี้ เนื่องจากดำเนินการศึกษาในช่วงฤดูแล้ง ต้นไม้ในป่าเต็งรังมีการผลัดใบเกือบทั้งหมด ดังนั้น ทำให้ค่าการสะท้อนแสงของภาพถ่ายจากดาวเทียมในป่าเต็งรัง ได้รับผลกระทบจากพื้นที่ที่เปิดโล่ง และให้ค่าความหนาแน่นเรือนยอดต่ำกว่าความเป็นจริง เมื่อเทียบกับความหนาแน่นเรือนยอดที่ได้จากภาพถ่ายด้วยกล้องเลนส์ตาปลา กรณีของป่าเบญจพรรณชนิดเดียว มีค่า R^2 สูงกว่าการคำนวณรวมกันของทุกประเภทป่า ซึ่งสอดคล้องกับ Hadi *et al*. (2004) ที่พบว่า การตรวจสอบความหนาแน่นเรือนยอดป่าไม้ด้วย FCD Mapper สามารถดำเนินการได้ดีในป่าที่มีลักษณะโครงเสร้างเหมือนกัน (homogeneous forest)

ชั้นความหนาแน่นเรือนยอดในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

ผลการประเมินความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ในพื้นที่ป่าจังหวัดเชียงใหม่ แยกตามความหนาแน่นของป่าไม้ในแต่ละชั้นความหนาแน่น ที่คำนวณเนื้อที่เป็นตารางกิโลเมตร และไร่ แสดงไว้ใน Table 2 และการกระจายของชั้นความหนาแน่นของเรือนยอดป่าไม้ แสดงไว้ในFigure 10โดยพบว่า จังหวัดเชียงใหม่ มีความหนาแน่นการปกคลุมเรือนยอดของป่าไม้ชั้นที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ ร้อยละ 0-10 ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ร้อยละ 18.35 แสดงว่าเป็นที่โล่ง ไม่มีสภาพเป็นป่า เช่น ที่อยู่อาศัยโดยเฉพาะบริเวณโดยรอบที่ทำการอำเภอ ที่เกษตรกรรม และบริเวณที่เป็นป่าเต็งรังช่วงผลัดใบ และชั้นที่มีพื้นที่น้อยที่สุดคือ ร้อยละ 91-100 ครอบคลุมพื้นที่น้อยที่สุด ร้อยละ 0.46 แสดงว่าเป็นที่มีสภาพเป็นป่าโดยเฉพาะบริเวณป่าดงดิบ

Table 2 Forest canopy percentage in each density class in Chiang Mai province.

Forest canopy density class (%)	area			
	km^2	rai	%	Remark
0 - 10	3,689.64	2,305,421.61	18.35	maximum
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	minimum
Total	**20,107.06**	**12,566,911.00**	**100.00**	

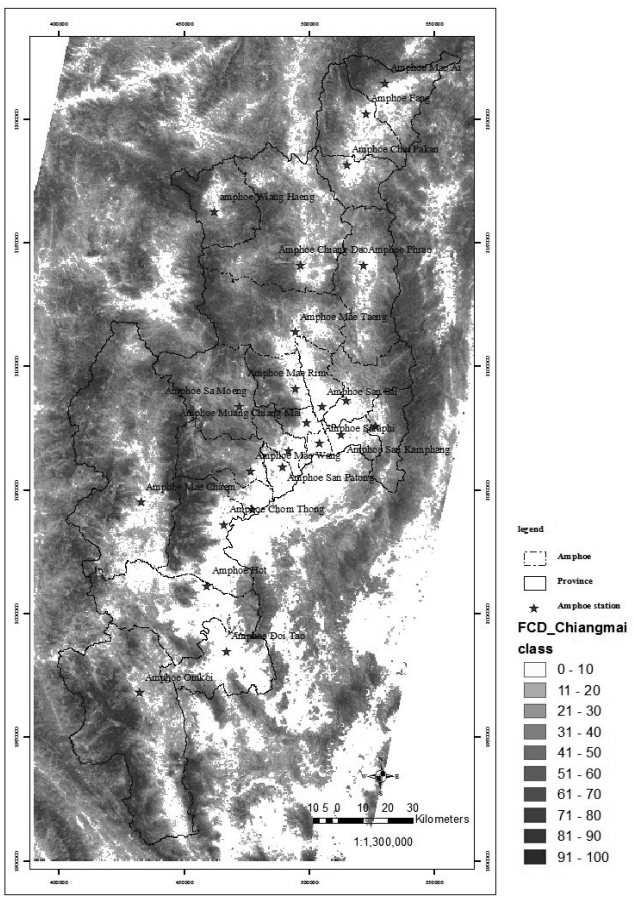

Figure 10 Forest canopy density map in Chiang Mai province.

สรุป

จากผลการศึกษาการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมวิเคราะห์หาความหนาแน่นเรือนยอดของป่าไม้ 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 ตามลำดับ และชั้นที่มีพื้นที่น้อยที่สุดคือ ร้อยละ 91-100 ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด ร้อยละ 18.35, 15.06 และ 14.08 ตามลำดับ พื้นที่น้อยที่สุด ร้อยละ 0.46

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2551. **เนื้อที่ป่าไม้ แยกรายจังหวัด พ.ศ. 2551.** แหล่งที่มา: http://web2.forest.go.th/stat/stat51/stat2551.html, 29 กรกฎาคม 2554.

เทอด สุปรีชากร. 2525. **วนศาสตร์เบื้องต้น**. อมรินทร์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

อนุสรณ์ รังสิพานิช. 2545. การประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมบริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง, น.170-176. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 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.

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.

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.

_____., 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". w.e.f. 30th Jan. to 1st Feb. 2006, New Delhi**.