

การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส
จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล: กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา



นายพิทักษ์ ไชยลังกา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2553

**ABOVE GROUND BIOMASS ESTIMATION
OF EUCALYPTUS PLANTATION USING REMOTELY
SENSED DATA: CASE STUDY NAKHON RATCHASIMA
PROVINCE**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Geoinformatics
Suranaree University of Technology
Academic Year 2010**

การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูล
การรับรู้จากระยะไกล: กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศัญญา สราภิรมย์)

ประธานกรรมการ



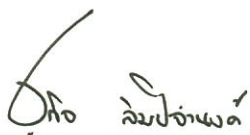
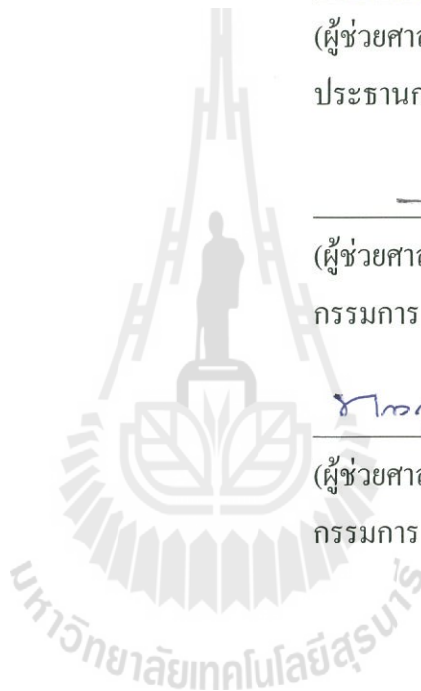
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์)

กรรมการ



(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ แม่นยำ)
คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์

พิทักษ์ ไชยลังกา : การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจาก
ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล: กรณีศึกษา จังหวัดนครราชสีมา (ABOVE GROUND
BIOMASS ESTIMATION OF EUCALYPTUS PLANTATION USING REMOTELY
SENSED DATA: CASE STUDY NAKHON RATCHASIMA PROVINCE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง, 82 หน้า.

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ (1) จัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพ
เหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส (2) จัดทำแผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จาก
ระยะไกล (3) ประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำ
ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM บันทึกภาพในปี พ.ศ. 2552 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัด
นครราชสีมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและจัดสร้างชุดข้อมูลค่า
ความสว่างและดัชนีพืชพรรณสำหรับการสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือ
พื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลการสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสที่
อาศัยการวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้นระหว่างข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากแปลงสำรวจ
55 แปลงกับข้อมูลค่าความสว่าง 5 แบนด์และค่าดัชนีในรูปแบบต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
Landsat-TM พบว่า สมการสำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพสวนป่ายูคาลิปตัสมี 2 รูปแบบ
คือ (1) $AGB_{EP} = 661.011 + 127.288 \text{ (Greenness)}$ และ (2) $AGB_{EP} = 1,113.145 + 78.316$
 $\text{(Greenness)} + 2,561.736 \text{ (NDWI)}$ โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) และค่าการ
ประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 0.718 และ 533.011
กิโลกรัม และ 0.741 และ 515.718 กิโลกรัม ตามลำดับ

การทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองโดยอาศัยการพล็อตค่าความสัมพันธ์และ
วิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณและค่า
สังเกตการณ์ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างของแบบจำลองจากสมการที่ 1 คือ $Observed = 0.7594 *$
 $Estimate_{eq1} + 102.75$ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) เท่ากับ 0.865 ค่าสัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.930 และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการ
ถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 242.703 กิโลกรัม ในขณะที่เดียวกันพบว่า ความสัมพันธ์ของแบบจำลอง
จากสมการที่ 2 คือ $Observed = 0.7883 * Estimate_{eq2} + 43.357$ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิง
พหุ (R^2) เท่ากับ 0.867 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.931 และการประมาณความ
คลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 241.125 กิโลกรัม จากผลลัพธ์ที่ได้รับ
แสดงความสอดคล้องของค่าประมาณจากแบบจำลองและค่าสังเกตการณ์จากแปลงสำรวจ 17 แปลง

PITAK CHAILANGKA : ABOVE GROUND BIOMASS ESTIMATION OF
EUCALYPTUS PLANTATION USING REMOTELY SENSED DATA:
CASE STUDY NAKHON RATCHASIMA PROVINCE. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. SUWIT ONGSOMWANG, Dr. rer. Nat. 82 PP.

ABOVE GROUND BIOMASS LANDSAT-TM EUCALYPTUS PLANTATION
NAKHON RATCHASIMA PROVINCE MULTIPLE LINER REGRESSION

The main objectives of the study are: (1) to create a model for estimating above ground biomass (AGB) for eucalyptus plantation, (2) to generate eucalyptus plantation map from remotely sensed data and (3) to estimate AGB of Eucalyptus plantation. In this study, Landsat-TM data acquired in 2009 covers area of Nakhon Ratchasima province. It was used to classify land use and land cover and to generate brightness and vegetation indices dataset for AGB for Eucalyptus plantation.

To create a model for predicting AGB of Eucalyptus plantation, multiple linear regression model was utilized to identify the relationship among AGB from 55 inventory plots and brightness and vegetation indices from Landsat-TM data. It was found that two equations for estimating AGB of Eucalyptus plantation are (1) $AGB_{EP} = 661.011 + 127.288 (\text{Greenness})$ and (2) $AGB_{EP} = 1,113.145 + 78.316 (\text{Greenness}) + 2,561.736 (\text{NDWI})$ with a coefficient of determination (R^2) and standard error of the estimate (SEE) are 0.718 and 533.011 kg and 0.741 and 515.718 kg respectively.

To validate a predictive model, scatter plot and simple linear regression model was used to describe the relationship between estimate values and observe values. It was found that the relationship of Equation 1 was $\text{Observed} = 0.7594 * \text{Estimate}_{eq1} +$

102.75 with R^2 of 0.865, R of 0.930 and SEE of 242.703 kg while relationship of Equation 2 was $\text{Observed} = 0.7883 * \text{Estimate}_{\text{eq2}} + 43.357$ with R^2 of 0.867, R of 0.931 and SEE of 241.125 kg. These results show the consistency between estimate values from model and observe values from 17 inventory plots. In the study, equation (2) was selected for AGB estimation of Eucalyptus plantation.

For land use and land cover classification, it was discovered that the most significant land use and land cover type in Nakhon Ratchasima province was agricultural land covering an area of 14,642 sq. km or 70.64 % of the provincial area. The second dominant land use and land cover type was forest land accounting for 3,723 sq. km or 17.96 % of the area, and others land use and land cover types covered an area of 2,363 sq. km or 11.40 % of the area. At the same time eucalyptus plantation map was generated based on the classified land use and land cover data. It covered area of 258 sq. km or 1.24% of the area. Furthermore, accuracy assessment of land use and land cover classification was performed, it was noticed that the overall accuracy and Kappa hat coefficient of agreement was 89.00 % and was 86.21 %, respectively.

For estimation AGB from model, it was encountered that total above ground biomass of Eucalyptus plantation in Nakhon Ratchasima province in 2009 was 999,143.97 tons and carbon sequestration was 499,571.99 ton.

In conclusion, it is vivid that Landsat-TM data can be effectively used for estimation of AGB for eucalyptus plantation using relationship between forest inventory data and Greenness index and NDWI.

School of Remote Sensing

Academic Year 2010

Student's Signature P. Chailangka

Advisor's Signature Witong

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ ตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงสำนวนภาษา และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์ ที่ได้เสียสละเวลาและกรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ในการสนับสนุนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 10 (นครราชสีมา) ที่สนับสนุนข้อมูลรายงานการสำรวจการปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ของเอกชน รวมถึงสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุน ข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณพิชัย วงศ์สวัสดิ์ และคุณแอนก ศรีสุวรรณ และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือเกื้อกูลในทุกๆ เรื่อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มทส. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คุณประโยชน์อันใดที่จะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้ในการศึกษาเสมอมา และคณาจารย์ทุกท่านที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งถึงวันนี้

พิทักษ์ ไชยลังกา

สารบัญ

| | หน้า |
|--|-----------|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... | ก |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... | ค |
| กิตติกรรมประกาศ..... | จ |
| สารบัญ..... | ฉ |
| สารบัญตาราง..... | ณ |
| สารบัญภาพ..... | ญ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 3 |
| 1.4 พื้นที่ศึกษา..... | 4 |
| 1.4.1 ที่ตั้งและอาณาเขต..... | 4 |
| 1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ..... | 4 |
| 1.4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน..... | 5 |
| 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ..... | 6 |
| 2 ปรีक्षणัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 10 |
| 2.1 การประมาณค่ามวลชีวภาพ..... | 10 |
| 2.2 การศึกษามวลชีวภาพโดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล..... | 14 |
| 2.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย..... | 17 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 18 |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 27 |
| 3.1 การรวบรวมและจัดการข้อมูล..... | 27 |
| 3.1.1 การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม..... | 27 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 3.1.2 การคัดเลือกแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสสำหรับใช้ในการสำรวจ ข้อมูลในภาคสนาม..... | 29 |
| 3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน | 29 |
| 3.2.1 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม | 29 |
| 3.2.2 การจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน | 30 |
| 3.3 การจัดทำแผนที่และการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของสวนป่ายูคาลิปตัส | 32 |
| 3.3.1 การจัดทำแผนที่สวนป่ายูคาลิปตัส | 33 |
| 3.3.2 การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นของสวนป่ายูคาลิปตัส | 34 |
| 3.4 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย..... | 35 |
| 4 ผลการศึกษา | 36 |
| 4.1 ผลการรวบรวมและจัดการข้อมูล..... | 36 |
| 4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม..... | 36 |
| 4.1.2 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน..... | 37 |
| 4.2 ผลการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ สวนป่ายูคาลิปตัส | 39 |
| 4.2.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์ผลข้อมูลแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส | 39 |
| 4.2.2 ผลการสร้างชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง | 40 |
| 4.2.3 ผลการจัดสร้างแบบจำลอง..... | 41 |
| 4.3 ผลการจัดทำแผนที่และประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ สวนป่ายูคาลิปตัส | 47 |
| 4.3.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน | 47 |
| 4.3.2 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนก | 50 |
| 4.3.3 ผลการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส..... | 52 |
| 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 58 |
| 5.1 สรุปผล | 58 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 5.1.1 การสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัส..... | 58 |
| 5.1.2 แผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล..... | 59 |
| 5.1.3 ประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส..... | 60 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 61 |
| รายการอ้างอิง..... | 62 |
| ภาคผนวก..... | 68 |
| ภาคผนวก ก ตารางแสดงรายละเอียดรายแปลง..... | 69 |
| ภาคผนวก ข ภาพของแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสที่สำรวจ..... | 73 |
| ภาคผนวก ค ค่าทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ SPSS..... | 78 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 82 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|--|
| 1.1 | เนื้อที่และสัดส่วนการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2550 6 |
| 2.1 | รูปแบบสมการที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ และค่ามวลชีวภาพเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณของป่าแต่ละประเภท 19 |
| 2.2 | รูปแบบสมการที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณกับค่ามวลชีวภาพ ของป่าแต่ละประเภทที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่ามวลชีวภาพ ที่ประมาณ 20 |
| 2.3 | รูปแบบสมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้โดยรวมกับป่าสนและ ไม้เนื้อแข็งโดยแสดงค่าจำนวนแปลงตัวอย่างและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 22 |
| 2.4 | แสดงค่าความคลาดเคลื่อนและค่าอคติของวิธีการ 4 วิธี ทั้งค่าในระดับแปลงและค่าใน ระดับแผนที่ 23 |
| 2.5 | รูปแบบสมการสำหรับการใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพของพื้นที่ป่าไม้โดยรวม และป่า 4 ประเภท 24 |
| 2.6 | รูปแบบสมการที่พัฒนาได้จากข้อมูลเชิงคลื่นกับข้อมูลจากแปลงสำรวจที่วิเคราะห์ เชิงเส้นตรงและไม่เชิงเส้นตรง 26 |
| 3.1 | ดัชนีพืชพรรณและรูปแบบสมการที่ใช้ในการศึกษา 31 |
| 3.2 | ตารางค่าความคลาดเคลื่อน 34 |
| 4.1 | แสดงค่าสถิติพื้นฐานของแปลงสำรวจสวนป่ายุคาลิปต์จำนวน 72 แปลง 43 |
| 4.2 | ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 44 |
| 4.3 | ผลเปรียบเทียบผลค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงกับค่ามวลชีวภาพที่ได้จาก สมการ 2 รูปแบบ 45 |
| 4.4 | ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายระหว่างค่าประมาณและ ค่าสังเกตการณ์ 47 |
| 4.5 | ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2552 48 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.6 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนกปี พ.ศ. 2552..... | 51 |
| 4.7 พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และค่าการสะสมคาร์บอนที่แสดงผล เป็นรายอำเภอ..... | 56 |
| ก-1 ตารางแสดงรายละเอียดของแปลงสำรวจยูคาลิปตัส | 70 |



สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--------|--|
| 1.1 | ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดนครราชสีมา 7 |
| 1.2 | ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครราชสีมา 8 |
| 1.3 | การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2550..... 9 |
| 2.1 | การสะท้อนและดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของใบไม้ 16 |
| 3.1 | ขั้นตอนวิธีของการศึกษา..... 28 |
| 4.1 | ตำแหน่งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน เชิงเรขาคณิต 37 |
| 4.2 | ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา 38 |
| 4.3 | ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของจังหวัดนครราชสีมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 38 |
| 4.4 | แผนที่แสดงพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่มีพื้นที่มากกว่า 10 ไร่ ของจังหวัดนครราชสีมา..... 39 |
| 4.5 | แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัสของจังหวัดนครราชสีมา..... 40 |
| 4.6 | การสร้างรูปหลายเหลี่ยมจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM สำหรับใช้ในการ สร้างแบบจำลอง..... 41 |
| 4.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 1) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม).... 46 |
| 4.8 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 2) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม).... 46 |
| 4.9 | การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนกในปี พ.ศ. 2552 49 |
| 4.10 | ภาพแสดงการกระจายของจุดที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง 50 |
| 4.11 | แสดงพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส..... 53 |
| 4.12 | ชั้นข้อมูลดัชนี Greenness 53 |
| 4.13 | ชั้นข้อมูลดัชนี NDWI..... 54 |
| 4.14 | แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้จากการวิเคราะห์..... 54 |
| 4.15 | ผังการประมวลผลของ Module Spatial Modeler สำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพ เหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส..... 55 |
| ข-1 | ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 0-1 ปี 74 |
| ข-2 | ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 0-1 ปี 74 |
| ข-3 | ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 1-2 ปี 75 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| ข-4 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 2-3 ปี | 75 |
| ข-5 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 3-4 ปี | 76 |
| ข-6 การแตกกิ่งของตอยูคาลิปตัส | 76 |
| ข-7 ยูคาลิปตัสต่อปล่อย 2-3 กิ่ง | 77 |
| ข-8 ยูคาลิปตัสต่อที่ไม่มีกัการตัดกิ่ง | 77 |
| ค-1 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้นที่ใช้ฟังก์ชันการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน | 79 |
| ค-2 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินระหว่าง ค่าประมาณ (สมการที่ 1) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)..... | 80 |
| ค-3 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินระหว่าง ค่าประมาณ (สมการที่ 2) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)..... | 81 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ (กรมอุตุฯ, 2550)

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศพบว่า โลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ประกอบด้วยก๊าซหลักได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยที่ก๊าซเหล่านี้สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศรอบผิวโลกและทำหน้าที่คล้ายเรือนกระจก คือยอมให้รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศได้ และเมื่อรังสีดังกล่าวตกกระทบพื้นผิวโลก โลกจะเกิดการสะสมพลังงานแล้วแผ่รังสีออกเป็นคลื่นยาว แต่รังสีคลื่นยาวเหล่านี้ไม่สามารถที่จะทะลุผ่านชั้นบรรยากาศได้ เนื่องจากมีกลุ่มก๊าซเรือนกระจกเป็นตัวขวางกั้น จึงส่งผลทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น และอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะก่อให้เกิดปัญหาที่ตามมาในด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐกิจ และสังคม สาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ประชาคมโลกได้ให้ความสำคัญกับปัญหานี้โดยมีการจัดตั้งอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) ขึ้นในปี พ.ศ. 2535 ซึ่งมีเป้าหมายในการรักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ และอยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากการแทรกแซงของมนุษย์ที่เป็นอันตรายต่อระบบภูมิอากาศ การรักษาระดับดังกล่าวต้องดำเนินการในระยะเวลาเพียงพอที่จะให้ระบบนิเวศปรับตัวโดยไม่คุกคามต่อการผลิตอาหารของมนุษย์และการพัฒนาทางเศรษฐกิจให้เป็นไปอย่างยั่งยืน (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2554)

จากการประชุมประเทศภาคีสมาชิกของอนุสัญญาดังกล่าว ครั้งที่ 3 ณ เมืองเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 1-10 ธันวาคม พ.ศ. 2540 ประเทศสมาชิก 184 ประเทศได้ร่วมกันลงนามรับรองพิธีสารเกียวโต (kyoto protocol) เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาโลกร้อนด้วยการลดปริมาณก๊าซเรือน

และภายใต้พิธีสารดังกล่าว ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มนอกภาคผนวกที่ 1 (non-annex 1) จึงไม่มีพันธกรณีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยสามารถเข้าร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยการดำเนินโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) โดยส่งเสริมให้มีการปลูกป่าและการฟื้นฟูป่า (afforestation and reforestation) เพื่อนำผลลัพธ์มาประเมินเป็นคาร์บอนเครดิต (carbon credit) สำหรับกรณีของประเทศไทยหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลคือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ป่าไม้สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ กล่าวคือ ป่าไม้มีบทบาททั้งในด้านของการปล่อย (source) และดูดซับ (sink) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและลักษณะทางนิเวศวิทยาของป่าบริเวณนั้น ต้นไม้และพืชจะทำการดูดซับหรือกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศในขณะที่เจริญเติบโต โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ต้นไม้จัดเก็บคาร์บอนอยู่ในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ เปลือก และราก นอกจากนี้ ป่าไม้มีบทบาทสำคัญต่อวัฏจักรคาร์บอนบนพื้นผิวโลก ในแต่ละปี ป่าไม้จะดูดซับคาร์บอนประมาณ 2.6 พันล้านตัน ในขณะที่การทำลายป่าหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะก่อให้เกิดการปล่อยคาร์บอนประมาณ 1.6 พันล้านตัน หรือเทียบเท่า 5.9 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ (IPCC, 2007 อ้างถึงใน ลดาวัลย์ พวงจิตร, 2552, หน้า 2)

จากข้อมูลสถิติพื้นที่ป่าของกรมป่าไม้ พบว่า สถานการณ์ป่าไม้ของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2504 - 2549 พื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ โดยในปี พ.ศ. 2504 มีพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ อยู่ 171,018,125 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 53.33 ของพื้นที่ประเทศ จากข้อมูลพบว่าพื้นที่ป่าลดลงอย่างต่อเนื่องโดยพบว่าในปี พ.ศ. 2541 มีพื้นที่ป่า 129,722 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 25.28 ของพื้นที่ประเทศ และในปี พ.ศ. 2543 พื้นที่ป่าไม้กลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 170,110 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 33.15 ของพื้นที่ประเทศ แต่ปริมาณพื้นที่ป่าไม้ก็กลับลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้เหลือเพียง 158,652 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 30.92 ของพื้นที่ประเทศ (กรมป่าไม้, www, 2554) โดยสาเหตุที่ส่งผลต่อพื้นที่ป่าไม้ลดลงมีอยู่ 3 สาเหตุ สาเหตุแรกคือการปลูกพืชเศรษฐกิจรุกเข้าไปในเขตป่า สาเหตุที่ 2 คือ ไฟป่า ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากฝีมือมนุษย์ สาเหตุที่ 3 คือการลักลอบตัดไม้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, www, 2551) การแก้ไขปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้แนวทางหนึ่งคือ การส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจในรูปแบบสวนป่า โดยประโยชน์ที่ได้รับจากการปลูกไม้เศรษฐกิจนอกจากจะได้เนื้อไม้ในการนำมาใช้สอยหรือผลตอบแทนในรูปตัวเงินจากการขายเนื้อไม้แล้ว การปลูกไม้เศรษฐกิจยังมีส่วนในการอนุรักษ์ เช่น การป้องกันการทำลายป่าธรรมชาติมาใช้ การรักษาหน้าดิน เป็นต้น

ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เศรษฐกิจที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมามากที่สุด โดยพบว่า ในปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสทั้งสิ้น 75,339 ไร่ และในปี พ.ศ. 2551 มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 287,903 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, www, 2553) เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็ว เนื้อไม้มีคุณภาพดี มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ดูแลรักษาง่ายและเติบโตได้ในพื้นที่แทบทุกสภาพ จึงเป็นเหตุจูงใจให้ภาคเอกชนและเกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ ไม้ยูคาลิปตัสหลังจากรอบตัดฟันสามารถที่จะให้ผลผลิตต่อได้อีก ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของต้นทุนให้กับผู้ปลูก และไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้ในการก่อสร้าง ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ เป็นไม้พลังงานในรูปฟืนและถ่าน และใช้ในอุตสาหกรรมจีนไม้สับ นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้รับจากเนื้อไม้โดยตรงแล้ว การปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสยังสามารถเข้าร่วมในโครงการภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด แต่ก่อนที่จะนำพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสเข้าร่วมในโครงการดังกล่าว ต้องทำการประเมินค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสอย่างเป็นระบบ เพื่อคำนวณหาปริมาณการสะสมคาร์บอน โดยนำค่า conversion factor ที่มีค่าเท่ากับ 0.5 คูณกับค่ามวลชีวภาพ (จिरันท์ ธีระกุลพิสุทธิ และนันทนา คชเสนี, 2547)

ในการประเมินมวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสนั้นจำเป็นต้องทำการตรวจวัดในสถานที่จริงโดยทำการตัดไม้และนำทุกส่วนของต้นไม้มาหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยอบแห้ง ซึ่งกระบวนการที่กล่าวมานี้จะมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้ระยะเวลาอันแต่ผลที่ได้จากวิธีการนี้จะให้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง แต่จากสภาพปัญหาที่พบคือ พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสมีลักษณะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ซึ่งเป็นการยากที่จะระบุถึงตำแหน่งที่ตั้งและทำการศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการประเมินพื้นที่ปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสแล้วประมาณค่ามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่ายูคาลิปตัสโดยตรง เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 จัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส
- 1.2.2 จัดทำแผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล
- 1.2.3 ประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้จะอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่บันทึกในปี พ.ศ. 2552 เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนารูปแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยอาศัยวิธีการทางสถิติ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม

ในการวางแผนการสำรวจข้อมูลภาคสนามอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2551 จากกรมพัฒนาที่ดินร่วมกับเอกสารรายงานการสำรวจการปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ของเอกชน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 ประเภทไม้ยูคาลิปตัส ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ที่จัดทำโดยส่วนส่งเสริมการปลูกป่า สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 10 (นครราชสีมา)

1.4 พื้นที่ศึกษา

1.4.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้คือ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บนที่ราบสูงโคราช ละติจูด 15 องศาเหนือ ลองจิจูด 102 องศาตะวันออก สูงจากระดับทะเลปานกลาง 187 เมตร ตัวจังหวัดอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยทางรถยนต์ 255 กิโลเมตร และโดยทางรถไฟ 264 กิโลเมตร มีพื้นที่ 20,493.964 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 12,808,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.12 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และแบ่งเขตการปกครอง 32 อำเภอ โดยมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดขอนแก่น

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดนครนายก และจังหวัดสระแก้ว

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรี (ภาพที่ 1.1)

1.4.2 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดมีทั้งที่เป็นภูเขาสูง ที่ราบลุ่ม พื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นและพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึก (ภาพที่ 1.2) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ คือ

1) บริเวณเทือกเขาและที่สูงทางตอนใต้ของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 250 เมตร อยู่ในบริเวณอำเภอปากช่อง อำเภอปักธงชัย อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอครบุรี และอำเภอเสิงสาง เทือกเขานี้เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธารหลายสายที่ไหลไปทางตะวันออกของภาค ได้แก่ แม่น้ำมูล ลำแซะ ลำพระเพลิง และลำปลายมาศ พื้นที่ระหว่างเทือกเขาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลึกและลูกคลื่นลอนตื้น ตอนล่างของหุบเขามีความลาดชันค่อนข้างมากทำให้มีการชะล้างพังทลายของหน้าดินในบริเวณนี้ค่อนข้างสูง

2) บริเวณที่สูงทางตอนกลางของจังหวัดมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 200-250 เมตร อยู่ในเขตอำเภอด่านขุนทด อำเภอสีคิ้ว อำเภอเทพารักษ์ อำเภอพระทองคำ ตอนล่างของอำเภอโนนไทย อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมือง อำเภอสูงเนิน ตอนบนของอำเภอปักธงชัยและอำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอหนองบุญมาก อำเภอจักราช และอำเภอเสิงสาง ลักษณะพื้นที่ส่วน

ใหญ่เป็นลูกคลื่นลอนตื้น ยกเว้นบริเวณใกล้เชิงเขามีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลึกพื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำมีแม่น้ำไหลผ่านหลายสาย ได้แก่ ลำตะเพิน ลำพระเพลิง ลำตะคองและแม่น้ำมูล

3) พื้นที่ลูกคลื่นทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 200 เมตรอยู่ในเขตอำเภอขามสะแกแสง ตอนบนของอำเภอโนนไทย อำเภอกง ทางทิศตะวันตกของอำเภอบัวใหญ่ อำเภอบ้านเหลื่อม อำเภอห้วยแถลง และอำเภอชุมพวง อำเภอลำทะเมนชัยมีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นที่สูงสลับที่นาบางตอนเป็นพื้นที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำลำเชียงไกร และลำปลายมาศ

4) บริเวณที่ราบลุ่มทางตอนเหนือของจังหวัด มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางน้อยกว่า 200 เมตรอยู่ในเขตอำเภอบัวใหญ่ อำเภอกง อำเภอโนนสูง อำเภอประทาย อำเภอพิมาย อำเภอเสีลา อำเภอบัวลาย อำเภอเมืองยาง มีลักษณะเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น และมีที่ราบลุ่มบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ

1.4.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลรายงานสรุปการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ประเภทการใช้ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุดคือ เกษตรกรรม มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 8,966,092 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 70 ของพื้นที่จังหวัดทั้งหมด รูปแบบการประโยชน์ที่ดินทางด้านเกษตรกรรมที่นิยม ได้แก่ นาข้าว ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่สรุปเกี่ยวกับเนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปีรายจังหวัดปี พ.ศ. 2552 โดยพบว่า จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากเป็นอันดับที่ 2 ของทั้งประเทศรองจากจังหวัดอุบลราชธานี และมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 295 กิโลกรัมต่อไร่

ประเภทการใช้ที่ดินรองลงมาจากพื้นที่เกษตรกรรมคือ พื้นที่ป่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ดและพื้นที่แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 2,353,490 755,755 462,818 และ 270,573 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.38 5.9 3.61 และ 2.11 ของพื้นที่จังหวัด ตามลำดับ (ตารางที่ 1.1 และภาพที่ 1.3)

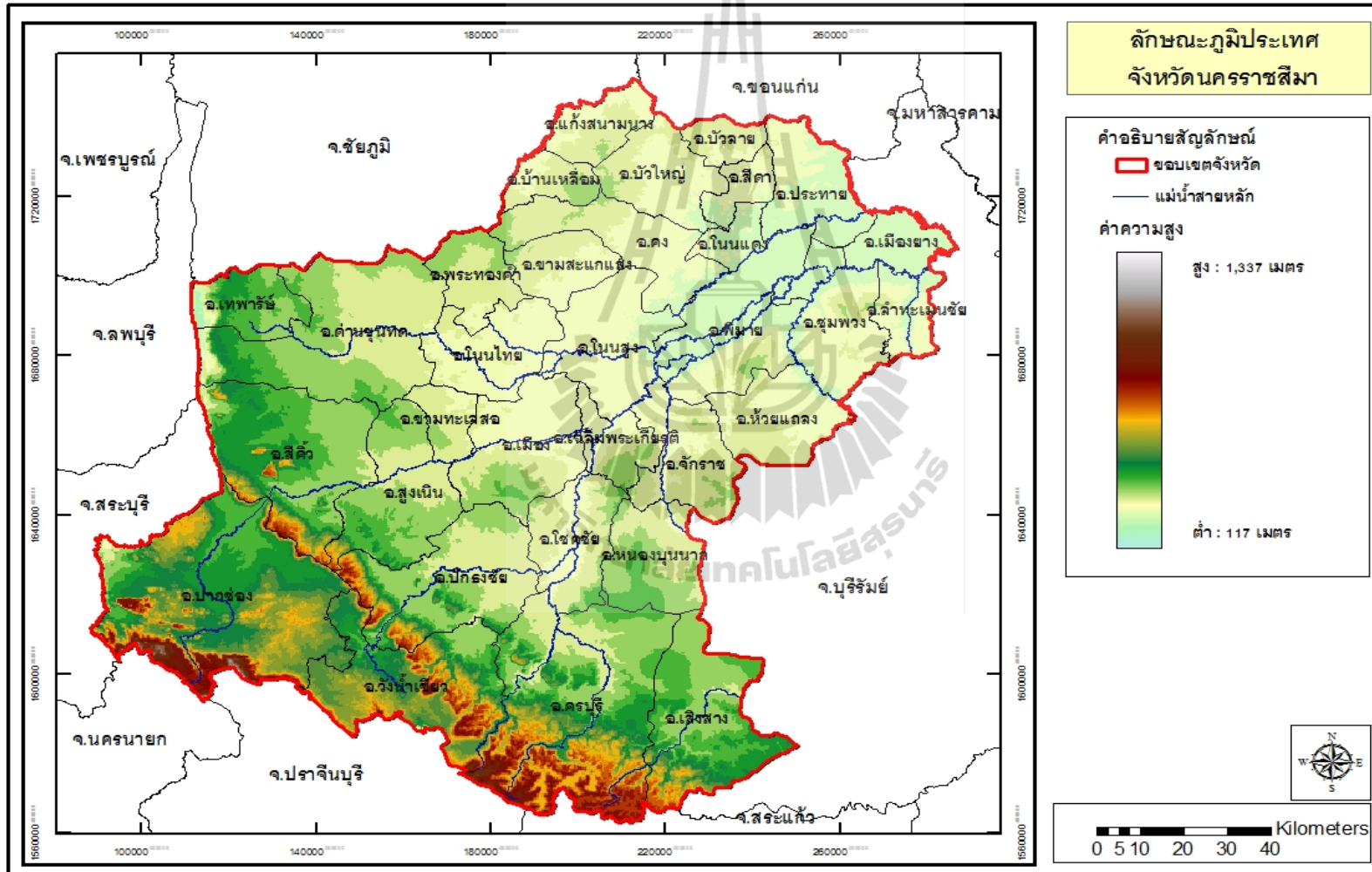
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 สมการในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล
- 1.5.2 พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
- 1.5.3 แผนที่ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส
- 1.5.4 ปริมาณการสะสมคาร์บอนในสวนป่ายูคาลิปตัส

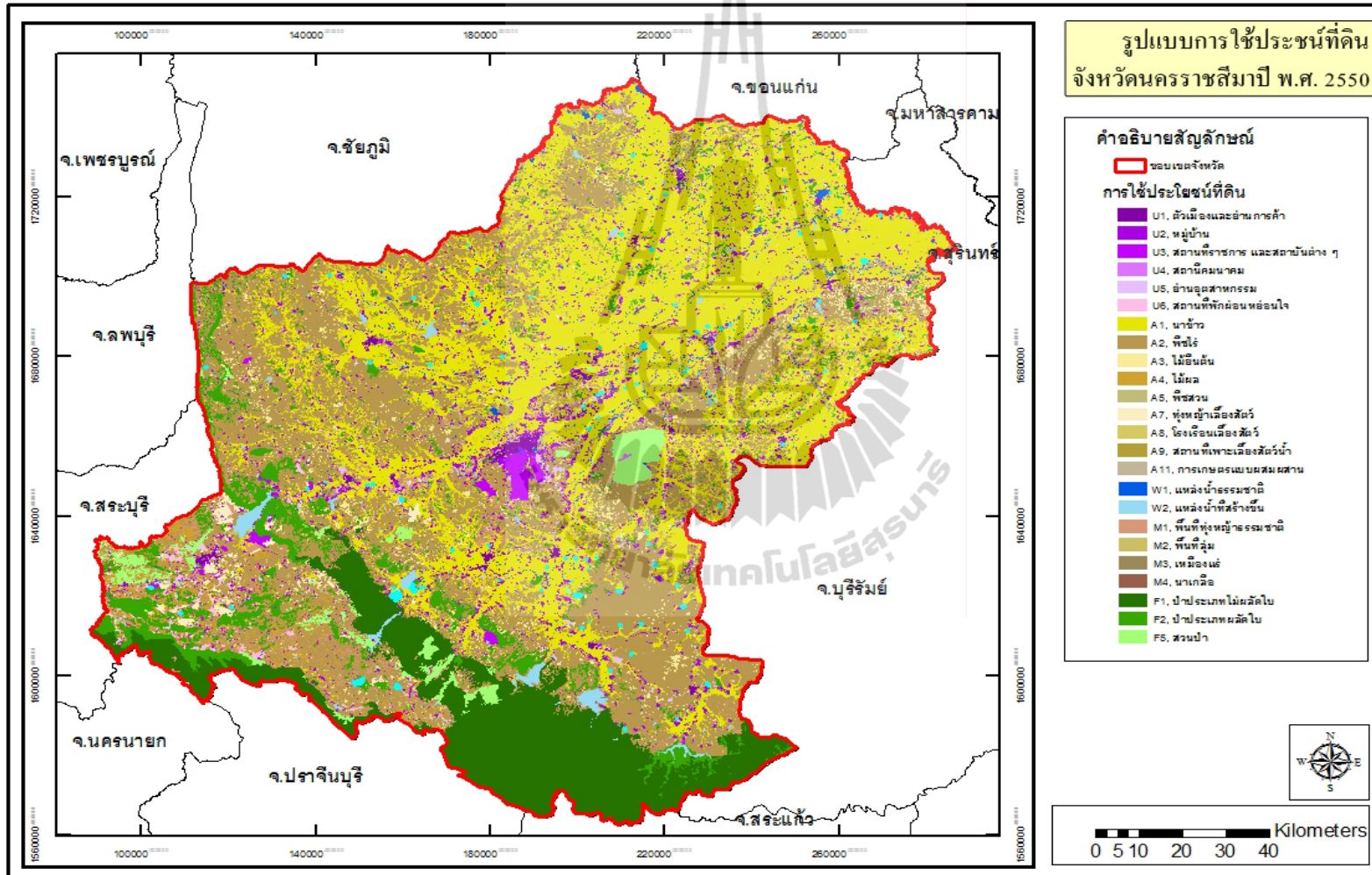
ตารางที่ 1.1 เนื้อที่และสัดส่วนการใช้ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2550

| ประเภทการใช้ที่ดิน | เนื้อที่ | |
|---|-------------------|---------------|
| | ไร่ | ร้อยละ |
| 1.พื้นที่เกษตรกรรม | 8,966,092 | 70.00 |
| - นาข้าว | 4,427,359 | 34.57 |
| - พืชไร่ | 3,856,889 | 30.11 |
| - ไม้ยืนต้น | 263,496 | 2.06 |
| - ไม้ผล | 252,633 | 1.97 |
| - พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรียนเลี้ยงสัตว์ | 126,231 | 0.99 |
| - พืชสวน | 24,596 | 0.19 |
| - สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ | 8,355 | 0.06 |
| - เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม | 6,484 | 0.05 |
| 2.พื้นที่ป่า | 2,353,490 | 18.38 |
| 3.พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง | 755,755 | 5.90 |
| 4.พื้นที่เบ็ดเตล็ด | 462,818 | 3.61 |
| 5.พื้นที่แหล่งน้ำ | 270,573 | 2.11 |
| รวม | 12,808,728 | 100.00 |

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, www (2553)



ภาพที่ 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ. 2550 (กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550)

บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมาณค่ามวลชีวภาพ (Biomass Estimation)

Ovinton (1962) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ คือ ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใดๆ จากนิยามดังกล่าว สิ่งมีชีวิตจะรวมทั้งพืชและสัตว์ แต่เมื่อก้าวถึงมวลชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณนั้น จะหมายถึง ส่วนของเนื้อเยื่อที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงและมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือหญ้าไม้ม้วนในขณะใดขณะหนึ่ง และนิยมวัดค่าในรูปของน้ำหนักแห้งปราศจากน้ำ (Chapman and Moore, 1976) โดยคิดเป็นน้ำหนักต่อต้นของพืช เช่น กิโลกรัมต่อต้น หรือคิดเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับหน่วยวัดมวลชีวภาพมาตรฐานจะใช้เป็น ต้นต่อเฮกแตร์

มวลชีวภาพของพืชพรรณสามารถแยกได้เป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดิน ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในที่นี้จะป็นน้ำหนักหรือมวลทั้งสิ้นของต้นไม้ต้นหนึ่งหรือหลายต้นในพื้นที่ที่กำหนด น้ำหนักแห้งทั้งสิ้นของต้นไม้ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ ทั้งนี้ไม่รวมถึงรากและตอที่เหลืออยู่หลังจากตัดต้นไม้แล้ว (Edward and Grubb, 1977)

วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าไม้ดำเนินการได้หลายวิธี แต่จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง (พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ, 2538; ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546; รัชชาติ สุขสำราญ, 2548 และ Kira and Shidei, 1967) พบว่าการศึกษามวลชีวภาพในประเทศไทยมีวิธีการดำเนินงาน 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่หนึ่ง เป็นกรณีที่ต้องการตรวจสอบทางทฤษฎีและการศึกษาโครงสร้างของผลผลิตพืชพรรณไม้ทั้งป่าหรือหญ้าไม้ (forest stand) ในรูปแผนภาพโครงสร้างผลผลิต (production structure diagram) ซึ่งจำเป็นต้องทำการตัดไม้ทั้งแปลง (clear felling) และใช้เทคนิคการแบ่งชั้นของต้นไม้ที่เรียกว่า Stratified clip technique โดยการตัดทอนต้นไม้ตัวอย่างออกเป็นชั้นๆ ทุก 1 เมตร ตั้งแต่โคนถึงปลายยอด และในแต่ละชั้นจะทำการชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น ส่วนที่เป็นกิ่ง ส่วนที่เป็นใบ และส่วนที่เป็นราก รวมทั้งตอ ตามระดับความสูงของลำต้นไม้

เมื่อได้ทำการชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ของต้นไม้เสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการเก็บตัวอย่างย่อย (subsample) ของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ จากนั้นทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 80 - 90 °C หลังจากทีกลุ่มตัวอย่างย่อยผ่านการอบแห้งแล้ว จะทำการชั่งน้ำหนักในแต่ละ

ส่วนของกลุ่มตัวอย่างย่อย โดยน้ำหนักที่ได้นี้เรียกว่า น้ำหนักอบแห้ง หลังจากที่ได้ข้อมูลน้ำหนักอบแห้งของตัวอย่างแล้ว นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Moisture Content, MC) ในแต่ละส่วนของแต่ละต้น (เกียรติก้อง พิตรปรีชา, ธิติ วิสารรัตน์, สมบูรณ์ กิรติประยูร และชิงชัย วิริยะบัญชา, 2530) จากสมการ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง}} \quad (\text{สมการที่ 2.1})$$

โดยที่ น้ำหนักสดและน้ำหนักอบแห้งของตัวอย่าง (ลำต้น กิ่งใหญ่ กิ่งเล็ก ใบ และราก) มีหน่วยเป็นกรัม

จากนั้น นำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ไปคำนวณเพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสดของต้นไม้ตัวอย่างของแต่ละต้นให้เป็นน้ำหนักอบแห้ง จากสมการ ดังนี้

$$\text{น้ำหนักอบแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}} \quad (\text{สมการที่ 2.2})$$

โดยที่ น้ำหนักสดของตัวอย่างและน้ำหนักอบแห้ง (ลำต้น กิ่งใหญ่ กิ่งเล็ก ใบ และราก) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม น้ำหนักอบแห้ง คือ มวลชีวภาพในแต่ละส่วนของต้นไม้ และจากมวลชีวภาพนี้จะนำไปประมาณหาค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งป่าหรือหมู่ไม้ได้

การตัดไม้ทั้งแปลงในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า ต้องตัดไม้ทุกชนิด ทุกขนาด ภายในแปลงตัวอย่างออกทั้งหมด โดยปกติมักจะตัดฟันไม้ที่มีขนาดตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่เมื่อเทียบปริมาณของต้นไม้ที่ต้องตัดกับการวัดปริมาณมวลชีวภาพอีก 2 รูปแบบ พบว่า วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพในวิธีนี้ ต้นไม้ที่ต้องตัดมีปริมาณสูงสุด นอกจากนี้ยังมีการดำเนินการที่ยุงยาก ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพโดยวิธีนี้จะมีประโยชน์มากในการศึกษาทางสัตวศาสตร์และทางสรีระวิทยาของใบไม้หรือของเนื้อไม้

รูปแบบที่สอง เป็นการวิธีการทางแอลโลเมตรี (allometry method) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (dimension) ต่างๆ ของต้นไม้ โดยวิธีการในขั้นต้นจะทำการตัดฟันแบบเดียวกับวิธีการที่หนึ่ง แต่จะเลือกตัดเฉพาะต้นไม้ที่เป็นตัวแทนในแต่ละชั้น และทำการหาค่าน้ำหนักอบแห้งหรือมวลชีวภาพแต่ละส่วนของต้นไม้ โดยจะนำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับค่าความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Ht) และค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (Diameter at Breast Height, DBH) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และผลจากการคำนวณจะได้สมการแอลโลเมตรีที่สามารถนำไปประมาณค่า

มวลชีวภาพของต้นไม้ต้นอื่นได้ โดยอาศัยค่าความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H_t) และค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) ซึ่งผู้ศึกษาไม่จำเป็นต้องตัดต้นไม้ ทำให้ลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการศึกษามวลชีวภาพได้

ชิงชัย วิริยะบัญชา (2546) รายงานว่า สูตรทางแอลโลเมตรีได้ถูกนำมาใช้ในการประมาณค่าปริมาณของใบไม้โดย Kittredge (1944) ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$\log Wl = b \log D - a \quad (\text{สมการที่ 2.3})$$

โดยที่

Wl คือ ปริมาณของใบไม้ต่อต้น (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

a, b คือ ค่าคงที่

ต่อมา Satoo and Senda (1958) ได้พัฒนาสมการแอลโลเมตรีเพื่อใช้หาปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และรากของต้นไม้ โดยมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$Y = AX^h \quad (\text{สมการที่ 2.4})$$

หรือ

$$\log Y = \log A + h \log X \quad (\text{สมการที่ 2.5})$$

โดยที่

Y คือ มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (กิโลกรัม)

X คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

A, h คือ ค่าคงที่

รูปแบบของสมการแอลโลเมตรีในสมการที่ 2.4 เป็นสมการยกกำลัง (power equation) ซึ่งในอดีตการคำนวณสมการเพื่อหาค่าคงที่ของ A และ h กระทำได้ยาก จึงมีการแปลงรูปสมการให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง แล้วจึงวิเคราะห์หาค่าคงที่ต่างๆ ของความสัมพันธ์โดยอาศัยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) โดยจะทำใส่ค่าลอการิทึมในสมการยกกำลัง ดังแสดงผลในสมการที่ 2.5 ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นิยมใช้ในการคำนวณในอดีตและตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการจะใช้เพียงค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) เพียงค่าเดียว

ต่อมา Kira and Shidei (1967) พบว่า การใช้ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Ht) มาเป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกยกกำลังสอง (DBH^2) ในรูปของปริมาตรเชิงพาราโบลา (parabolic volume) คือ $DBH^2 \cdot Ht$ โดยมีหน่วยเป็น ($cm^2 \cdot m$) สามารถใช้ในการประมาณค่าปริมาตรของลำต้นและมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก ค่ามวลชีวภาพที่ประมาณได้มีความถูกต้องมากขึ้น จึงทำให้มีผู้นิยมใช้ศึกษามวลชีวภาพจนถึงปัจจุบัน โดยมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$Y = aX^b \quad (\text{สมการที่ 2.6})$$

โดยที่

Y คือ มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก (กิโลกรัม)

ปริมาตรของลำต้น (เมตร³)

X คือ ตัวแปรอิสระ $DBH^2 \cdot Ht$ (เซนติเมตร² · เมตร)

a, b คือ ค่าคงที่

การศึกษามวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของพืชนั้น ได้มีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อครอบคลุมชนิดพืชหรือต้นไม้ที่หลากหลาย ทำให้ได้สมการแอลโลเมตรีที่มีความถูกต้องมากที่สุด จึงทำให้สามารถนำสมการแอลโลเมตรีที่ได้ไปปรับใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีชนิดพืชหรือต้นไม้ที่เราสนใจชนิดเดียวกันได้ โดยไม่ต้องทำการพัฒนาสมการแอลโลเมตรีขึ้นมาใหม่

รูปแบบที่สาม เป็นการนำสมการแอลโลเมตรีที่ได้จากการศึกษามาแล้วมาใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพ โดยอาศัยการคัดเลือกสมการของชนิดพืชหรือต้นไม้ที่ใกล้เคียงกัน นิยมใช้กับการศึกษามวลชีวภาพในป่าธรรมชาติ เนื่องจากป่าไม้ในประเทศไทยมีหลายประเภท แต่ละประเภทก็มีสังคมพืชหลักแต่ละชนิดแตกต่างกันเป็นการยากที่จะทำการศึกษาคอบทุกสังคมพืช นอกจากนี้ยังมีความลำบากในการเข้าถึง และด้วยเงื่อนไขในการศึกษาที่ต้องทำการตัดไม้จำนวนมากและมีขนาดใหญ่ ซึ่งป่าธรรมชาติส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ดังนั้น การศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติของในประเทศไทย จะอาศัยสมการแอลโลเมตรีที่ได้มีการจัดทำไว้แล้วของแต่ละประเภทของป่ามาปรับใช้ในการศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติ

2.2 การระบุความเป็นป่าและการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing and Forest Identity)

Kauppi et al. (2006) ได้กล่าวไว้ว่า การระบุความเป็นป่า (forest identity) เป็นหลักการพื้นฐานของการตรวจวัดและเป็นค่าที่ใช้ในการรายงานผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่านั้นๆ การระบุความเป็นป่า นั้นจะเกี่ยวข้องกับกับคุณลักษณะของป่าคือ พื้นที่ (area) ปริมาตร (volume) มวลชีวภาพ (biomass) และคาร์บอน (carbon)

การได้มาของข้อมูลความเป็นป่าในอดีตผู้ศึกษาต้องทำการสำรวจข้อมูลและรังวัดจากพื้นที่จริง ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายที่สูง ใช้บุคลากรจำนวนมาก และจัดทำครอบคลุมได้ในพื้นที่เล็กๆ เท่านั้น ต่อมาได้มีการนำองค์ความรู้ด้านการสำรวจจากระยะไกลมาช่วยในการศึกษา เริ่มแรกนั้นได้มีการนำภาพถ่ายทางอากาศมาใช้ในการจัดทำแผนที่ แต่วิธีการนี้ถูกจำกัดด้วยค่าใช้จ่ายและปริมาณพื้นที่ในการตรวจวัด ต่อมาในปี ค.ศ. 1972 ได้มีการพัฒนาดาวเทียม Landsat-1 ขึ้นมาการศึกษาทางด้านป่าไม้โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจึงมีการพัฒนาและแพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน ข้อดีของการศึกษาด้านป่าไม้ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมคือ ไม่มีความลำเอียงในการตรวจวัด ความถี่ในการจัดเก็บที่สามารถจัดทำได้เป็นรายเดือนจนถึงรายวัน และการตรวจวัดที่ครอบคลุมพื้นที่

Fagan and DeFries (2009) ได้แบ่งอุปกรณ์ด้านการสำรวจจากระยะไกลที่ใช้ในการตรวจวัดป่า ดังนี้

เครื่องมือตรวจวัดแบบรับพลังงาน (passive sensor) เป็นเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดและบันทึกพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือเปล่งออกจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติ โดยอุปกรณ์กลุ่มนี้มักใช้ในการศึกษาถึงพื้นที่ป่า โดยค่าความถูกต้องจะมีมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดปานกลาง (moderate resolution) และค่าความถูกต้องจะสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดสูง (high resolution) นอกจากนี้ เครื่องมือตรวจวัดแบบรับพลังงานยังถูกนำไปใช้ในการศึกษาปริมาตรของป่า โดยค่าความถูกต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 40-90 และค่าความถูกต้องจะลดลงหากนำไปใช้ในการศึกษาพื้นที่ป่าที่มีการปกคลุมเรือนยอดแบบแน่นชิด (closed forests) เนื่องจากทรงพุ่มของต้นไม้มีการซ้อนทับกัน สำหรับการศึกษาด้านมวลชีวภาพจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการตรวจวัดในส่วนของปริมาตร โดยเป็นการประมาณค่าจากภาพถ่ายดาวเทียมเทียบกับการสำรวจข้อมูลในพื้นที่จริง และในการประมาณค่าคาร์บอนอาศัยการคำนวณจาก conversion factor ที่เท่ากับ 0.5 ของค่ามวลชีวภาพ

เครื่องมือตรวจวัดที่ส่งและรับพลังงาน (active sensor) เป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างพลังงานตัวเองแล้วส่งผ่านไปตกกระทบกับวัตถุเป้าหมายที่ต้องการศึกษาแล้วทำการบันทึกค่าการสะท้อน โดยอุปกรณ์กลุ่มนี้มักใช้ในการศึกษาถึงปริมาตรของป่าไม้ เนื่องจากอุปกรณ์กลุ่มนี้

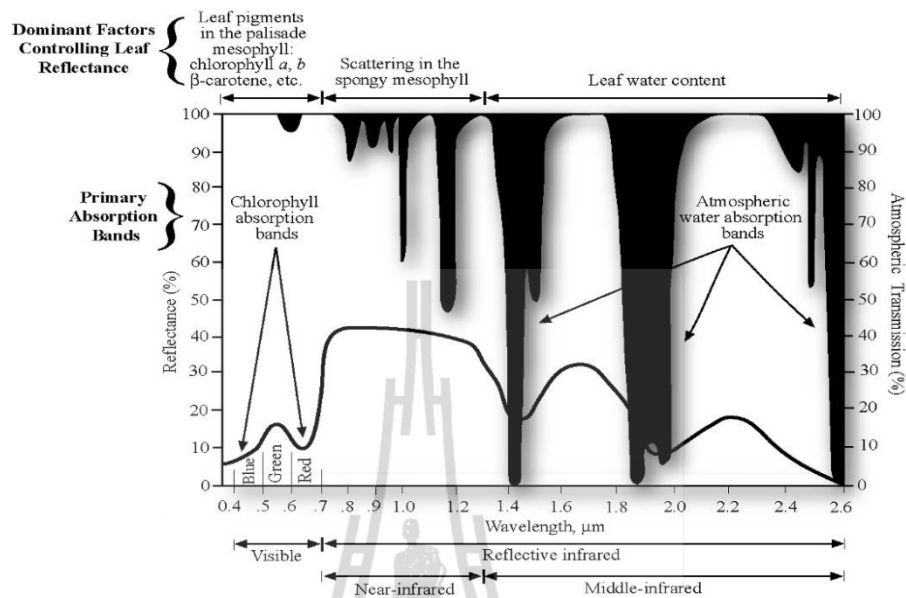
สามารถทำการตรวจวัดผ่านเมฆและสามารถตรวจวัดในส่วนของความสูงและโครงสร้างได้ดี แต่อุปกรณ์เหล่านี้ก็มีข้อจำกัดเช่น อุปกรณ์ SAR จะตรวจวัดได้ไม่ดีในพื้นที่ป่าที่มีความหนาแน่นต่ำ และอุปกรณ์ LIDAR ครอบคลุมพื้นที่ตรวจวัดไม่ใหญ่มากเนื่องจากถูกติดตั้งบนเครื่องบิน ข้อมูลที่ตรวจวัดมีความยุ่งยากสำหรับการวิเคราะห์ และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง

การศึกษาร่วมกันของเครื่องมือตรวจวัด (multi-sensor synergy) เป็นวิธีการที่นำอุปกรณ์ตั้งแต่ 2 ชนิดมาช่วยในการศึกษาพบว่า ผลที่ได้จากการศึกษาร่วมกันของอุปกรณ์สามารถให้รายละเอียดและความถูกต้องมากกว่าผลที่ได้จากการศึกษาอุปกรณ์เพียงประเภทใดประเภทหนึ่งเท่านั้น

การสำรวจจากระยะไกลในการตรวจวัดป่าไม้หรือพืชพรรณส่วนของใบจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เนื่องจากใบมีคุณลักษณะเฉพาะ เมื่อใบได้รับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic energy) จากดวงอาทิตย์ ใบจะมีลักษณะการสะท้อนพลังงานและดูดซับพลังงานจะอยู่ใน 2 ช่วงหลักๆ คือ

การสะท้อนพลังงานของใบในช่วงแสงขาว (visible light) การสะท้อนจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 0.4-0.7 ไมโครเมตร โดยในช่วงนี้ใบจะมีการดูดซับพลังงาน (absorb) ที่ช่วงความยาวคลื่น 0.45 ไมโครเมตร คือช่วงสีน้ำเงิน และ 0.67 ไมโครเมตร คือช่วงสีแดง และสะท้อนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.5 ไมโครเมตรคือช่วงสีเขียว ในช่วงแสงสีแดงและน้ำเงินใบจะดูดซับพลังงานโดยคลอโรฟิลล์ เอ และ บี ที่อยู่ภายในใบ ซึ่งรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของใบ ดังนั้น จึงทำให้เรามองเห็นใบเป็นสีเขียว

การสะท้อนพลังงานของใบในช่วงอินฟราเรดใกล้ (near-infrared) เป็นช่วงที่ใบสะท้อนพลังงานออกมาได้ดีที่สุด ที่ช่วงความยาวคลื่น 0.7-1.3 ไมโครเมตร โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการสะท้อนพลังงานจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในใบ และนอกจากนี้ ใบพืชยังดูดซับพลังงานที่ช่วงความยาวคลื่น 1.5 และ 1.9 ไมโครเมตร โดยน้ำที่อยู่ภายในใบ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การสะท้อนและดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของใบไม้ (Jensen, 2007)

จากรูปแบบการสะท้อนและดูดซับพลังงานของใบถูกนำมาพัฒนาเป็นดัชนีพืชพรรณที่บอกถึงความสมบูรณ์ และมวลชีวภาพของพืชพรรณ เป็นต้น ดัชนีพืชพรรณส่วนใหญ่จะอาศัยลักษณะการสะท้อนพลังงานของใบที่อยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดเปรียบเทียบกับช่วงคลื่นช่วงแสงสีแดงที่ค่าการสะท้อนของพืชพรรณจะต่ำ โดยดัชนีพืชพรรณที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษา มีดังต่อไปนี้

Simple Ratio (SR) ค่าอัตราส่วนพืชพรรณที่คำนวณจากค่าความสว่างของแบนด์สีแดงและอินฟราเรดใกล้ (Cohen, 1991) โดยมีรูปของสมการ ดังนี้

$$SR = \frac{\rho_{red}}{\rho_{nir}} \quad (\text{สมการที่ 2.7})$$

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์พัฒนามาจากค่าดัชนี SR โดย Rouse, Hass, Schell and Deering (1974) เป็นผู้พัฒนา โดยมีรูปของสมการ ดังนี้

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (\text{สมการที่ 2.8})$$

Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation Kauth และ Thomas ได้พัฒนาดัชนีพืชพรรณโดยใช้ข้อมูล Landsat-MSS แปลงสู่ที่ว่าง 4 มิติใหม่ โดยได้ผลลัพธ์ออกเป็น 4 แกน ที่ประกอบด้วยแกนความสว่าง (Brightness, B) แกนความเขียว (Greenness, G) แกนความเหลือง (Yellowness, Y) และแกนเปรียบมิได้ (Non-such, N) โดยแกนความสว่างจะสัมพันธ์กับความแปรผันของการสะท้อนแสงจากดิน แกนความเขียวจะสัมพันธ์กับความเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่สมบูรณ์ แกนความเหลืองจะสัมพันธ์กับความเปลี่ยนแปลงของพืชที่มีโรคและแมลงรบกวน ส่วนแกนเปรียบมิได้เป็นแกนที่ไม่สัมพันธ์กับสิ่งปกคลุมดิน (สรรค้ใจ กลิ่นดาว, 2550) ต่อมา Crist and

Kauth (1986) ได้นำค่าในช่วงแสงขาว อินฟราเรดใกล้ อินฟราเรดกลางจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM โดยปรับให้เหลือสามแถบ โดยแถบความชื้น (Wetness, W) เข้ามาแทนค่าแถบความเหลือง พบว่าแถบความชื้นจะสัมพันธ์กับความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีความชื้น เช่นพื้นที่ชุ่มน้ำ แสดงในรูปของสมการ ดังนี้

$$B = 0.2909TM1 + 0.2493TM2 + 0.4806TM3 + 0.5568TM4 + 0.4438TM5 + 0.1706TM7 \quad (\text{สมการที่ 2.9})$$

$$G = -0.2728TM1 - 0.2174TM2 - 0.5508TM3 + 0.7221TM4 + 0.0733TM5 + 0.1648TM7 \quad (\text{สมการที่ 2.10})$$

$$W = 0.1446TM1 + 0.1761TM2 + 0.3322TM3 + 0.3396TM4 - 0.6210TM5 - 0.4186TM7 \quad (\text{สมการที่ 2.11})$$

Normalized Difference Moisture or Water Index (NDMI or NDWI) ดัชนีที่แสดงถึงน้ำภายในพืชพรรณ ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านการเกษตร การป่าไม้ และอุทกวิทยาโดยอาศัยข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-TM ในช่วงแบนด์อินฟราเรดใกล้ และอินฟราเรดกลาง ดังสมการ

$$NDMI \text{ or } NDWI = \frac{NIR_{TM4} - MidIR_{TM5}}{NIR_{TM4} + MidIR_{TM5}} \quad (\text{สมการที่ 2.12})$$

โดยค่าที่ได้ จะบอกถึงความสัมพันธ์ของเรือนยอดที่มีปริมาณของน้ำ และนำมาใช้ดูการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพและน้ำภายในใบได้ดีกว่าการใช้ค่า NDVI จากการศึกษาเกี่ยวกับข้าวโพดและถั่วเหลือง โดย Jackson et al. (2004) พบว่า ค่า NDVI ยังคงเดิม แต่ค่า NDWI มีการเปลี่ยนแปลง

2.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอย (Correlation and Regression Analysis)

ในกระบวนการศึกษาทางด้านสถิติสำหรับข้อมูลที่ได้จากตัวแปรเชิงปริมาณนั้น วิธีการที่นิยมใช้กันในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ภายในประชากรเดียวกัน นั่นคือ วัดว่าตัวแปรต่างๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีมากน้อยเพียงใด ถ้าหากว่าตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กัน ในกรณีที่ต้องการหารูปแบบของความสัมพันธ์เพื่อวัตถุประสงค์ในการ

ทำนายหรือคาดคะเนเกี่ยวกับตัวแปรหนึ่ง โดยอาศัยความรู้ที่ได้จากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ที่เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอย โดยวิธีการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เริ่มจากการสร้างแผนภาพการกระจาย และจากแผนภาพการกระจายทำให้ทราบแบบคร่าวๆ ถึงระดับของสหสัมพันธ์ว่ามีมากหรือน้อยและมีทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร นอกจากนั้นแผนภาพการกระจายบอกรายละเอียดถึงลักษณะความสัมพันธ์ว่าเป็นแบบเส้นตรงหรือเส้นโค้งอย่างไร ซึ่งมีประโยชน์ต่อการกำหนดรูปแบบการถดถอย ค่าที่เป็นตัวเลขที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ ซึ่งความสัมพันธ์อาจเป็นได้ทั้งแบบเส้นตรง (linear) และเส้นโค้ง (nonlinear) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชนิด ได้แก่ ตัวแปรอิสระ (independent variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดค่าได้หรือควบคุมได้ จะเขียนแทนด้วย x และตัวแปรตาม (dependent variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการศึกษาหรือพยากรณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามเขียนแทนด้วย y สมการที่จะเลือกว่าเป็นสมการที่ดีที่สุดจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยวิธีที่นิยมใช้คือ กำลังสองน้อยที่สุด (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2548)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน พบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้วิธีการทางด้านสถิติในการพัฒนาแบบจำลองในการประมาณค่ามวลชีวภาพในพื้นที่ป่าธรรมชาติและสวนป่า สรุปได้ดังนี้

วิญญู ดำรงสัจจศิริ (2544) นำวิธีการของสำรวจจากระยะไกลมาใช้ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index, LAI) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above Ground Biomass, AGB) ของป่าบริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย โดยจัดสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณจากสมการแอล โลเมตรีกับข้อมูลและดัชนีจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ประเภทต่างๆ (Band3 IR/R Triangular Vegetation Index (TVI) NDVI) ดังผลการศึกษาสรุปในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รูปแบบสมการที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบและค่ามวลชีวภาพเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพืชพรรณของป่าแต่ละประเภท

| ประเภทป่า | ค่าตัวแปร Y | รูปแบบความสัมพันธ์ | |
|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| | | สมการเส้นตรง | สมการแบบไม่เป็นเส้นตรง |
| ป่าเต็งรัง | LAI | $Y = 2.7464(IR/R) - 2.9215$ | $Y = 0.6158(IR/R)^{2.0163}$ |
| | AGB | $Y = 7,848.7(IR/R) - 10,951$ | $Y = 585.1391(IR/R)^{2.9274}$ |
| ป่าเบญจพรรณ | LAI | $Y = 2.5595(IR/R) - 3.1473$ | - |
| | AGB | $Y = 10,261(IR/R) - 16,362$ | - |
| ป่าดิบแล้ง | LAI | $Y = 5.4031(IR/R) - 10.039$ | - |
| | AGB | $Y = 48,535(IR/R) - 118,790$ | $Y = 604.62 e^{1.2637(IR/R)}$ |
| ป่าดิบเขา | LAI | $Y = 46.899(TVI) - 37.366$ | $Y = 23.156(NDVI)^{1.2891}$ |
| | AGB | $Y = 127,782(TVI) - 109,561$ | $Y = 64,190(NDVI)^{1.8356}$ |
| ป่าสนเขา | LAI | $Y = 0.1058(\text{band}3) - 1.4822$ | - |
| | AGB | $Y = 158.99(\text{band}3) - 1,973.8$ | - |

ที่มา: วิษณุ ดำรงศักดิ์ศิริ (2544)

อภิรักษ์ ชันธิราช (2545) ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้และการประมาณค่ามวลชีวภาพป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน – ห้วยสำราญ จังหวัดสุรินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์คือ การจำแนกพื้นที่ป่าไม้ ประมาณค่าพื้นที่ผิวใบของไม้ในป่าและมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในการประมาณค่าพื้นที่ผิวใบของไม้ในป่าและการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจะพิจารณาสมการที่ดีที่สุด จากความสัมพันธ์กับค่าข้อมูลแบนด์ 2 3 4 และค่าดัชนีพืชพรรณทั้งหมด 20 รูปแบบ ทั้งในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรง ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

ผลการศึกษาสามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ได้ 3 ประเภท คือ ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง โดยมีสมการที่ดีที่สุดแบบเส้นตรงสำหรับใช้ในการประมาณค่าพื้นที่ผิวใบของไม้ในป่าจะสัมพันธ์กับข้อมูลดาวเทียมในรูปแบบ Green Vegetation Index (GVI) คือ $y = 2,246.31 + 94.7721GVI$ ที่มีค่า $R^2 = 0.549$ และปริมาณพื้นที่ผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 15,418 ตารางเมตรต่อไร่ และสมการที่ดีที่สุดแบบไม่เป็นเส้นตรงสำหรับใช้ในการประมาณค่าพื้นที่ผิวใบของไม้ในป่าจะสัมพันธ์กับข้อมูลดาวเทียมการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คือ $y = 7,266.17\ln(NIR) - 23,736$ ที่มีค่า $R^2 = 0.557$ และปริมาณพื้นที่ผิวใบเฉลี่ยเท่ากับ 15,414

ตารางเมตรต่อไร่ และสมการที่ให้ความสัมพันธ์ดีที่สุดในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับข้อมูลดัชนีของภาพถ่ายดาวเทียม 20 รูปแบบ สรุปไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รูปแบบสมการที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณกับค่ามวลชีวภาพของป่าแต่ละประเภทที่แสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจและค่ามวลชีวภาพที่ประมาณ

| ประเภทป่า | รูปแบบความสัมพันธ์ | R ² | มวลชีวภาพ (กก./ไร่) |
|-------------|---|----------------|---------------------|
| ป่าดิบแล้ง | สมการเส้นตรง $Y_B = -13,908 + 21,477.4(\text{NIR}/\text{Red})^{0.5}$ | 0.818 | 42,803 |
| | สมการแบบไม่เป็นเส้นตรง $Y_B = 22,639.5\text{TNDVI}^{8.4583}$ | 0.823 | 42,682 |
| ป่าเบญจพรรณ | สมการเส้นตรง $Y_B = 7,125.08 + 131.038\text{GVI}$ | 0.598 | 29,943 |
| | สมการแบบไม่เป็นเส้นตรง $Y_B = 4,915.77 e^{0.0148 \text{ NIR}}$ | 0.665 | 29,839 |

ที่มา: อภินันท์ ชันธิราช (2545)

ศุภฤดี กระต่ายจันทร์ (2546) ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าปริมาตรไม้ในสวนป่าเกรียงกระเวีย จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งอาศัยข้อมูลแปลงตัวอย่างขนาด 50 x 50 เมตร จำนวน 21 แปลง โดยในแต่ละแปลงจะทำการถ่ายภาพเร็นนอยด์ เพื่อตรวจวัดหาพื้นที่ผิวใบสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ พร้อมวัดค่าความโตและความสูงสำหรับคำนวณปริมาตรไม้จากสมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาตรของลำต้นที่ใช้ทำเป็นสินค้าได้ของสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และทำการวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงระหว่างข้อมูลแปลงตัวอย่างกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM โดยเลือกสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุด

ผลการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบมีความสัมพันธ์ กับค่าการสะท้อนแสงและอัตราส่วนของการสะท้อนแสงแบบสองทิศทาง ดังสมการ ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ = $-0.3158 + 0.0345$ (ค่าการสะท้อนแสงช่วงอินฟราเรด) โดยมีค่า $R^2 = 0.6724$ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาตรไม้กับค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ คือ ค่าปริมาตรไม้ = $1.1466 + 3.9865$ (ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ) โดยมี $R^2 = 0.5298$ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถประมาณค่าปริมาตรไม้จากค่าการสะท้อนแสงได้ดังสมการ ค่าปริมาตรไม้ = $-0.1701 + 20.2227$ (NDVI) ไม้ได้ระบุค่า R^2

สิริวรรณ น้อยรักษา (2553) ได้การประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลเพื่อประมาณค่าการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้สักในสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ประเทศไทย โดยนำข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM มาวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ด้วยวิธีทางตรรกศาสตร์ของดัชนีต่างๆ ประกอบด้วยค่า ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีดิน และดัชนีน้ำ เพื่อนำค่าทั้งสามมาบ่งชี้การจำแนกช่วงชั้นอายุของสวนป่าไม้สัก ที่แบ่งช่วงอายุออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงหลังการตัดหมด (อายุ 2-8 ปี) ช่วงยังไม่มี การตัดสางขยายระยะ (อายุ 25-27 ปี) ช่วงตัดสางขยายระยะแบบระดับต่าง (อายุ 32-35 ปี) และช่วงตัดสางขยายระยะแบบเลือกตัด (อายุ 28-31 ปี) และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกับการประมาณค่ามวลชีวภาพและปริมาณการสะสมและเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการสำรวจในแปลงศึกษา 180 ตัวอย่าง จากการศึกษพบว่า ค่าความถูกต้องจากการจำแนกช่วงชั้นอายุสักทั้ง 4 ช่วงอายุ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM มีความถูกต้องรวมร้อยละ 71.27 และสวนป่าไม้สักแต่ละช่วงชั้นอายุสามารถสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ 18.18 66.05 31.79 และ 71.69 ตันต่อเฮกแตร์ตามลำดับ

Lu, Mausel, Brondizio and Moran (2002) ได้ทำการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าสองรูปแบบคือ ป่าที่กำลังเจริญเติบโตกับป่าที่เจริญเติบโตเต็มที่ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำอเมซอนแถบ Altamira และ Bragantina โดยอาศัยข้อมูลของแบนด์ต่างๆ ค่าดัชนีพืชพรรณ และข้อมูลการตรวจวัดลักษณะลายผิว (texture) 4 ค่า ประกอบด้วย ค่า Mean ค่า Euclidean distance ค่า Variance ค่า Skewness และค่า Kurtosis ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลด้วยหน้าต่างที่แตกต่างกัน 5 แบบ (5 x 5 7 x 7 9 x 9 15 x 15) โดยทำการการวิเคราะห์การถดถอยพหุนาม (multiple regression analysis) กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าที่ได้จากแปลงตัวอย่าง แต่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ได้รับไม่สามารถอธิบายผลได้ชัดเจน จึงนำการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน (stepwise regression analysis) มาใช้เพื่อที่จะคัดเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่า ในพื้นที่ป่าบริเวณ Altamira ได้สมการสำหรับใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพคือ $Biomass_A = 122.288 - 1.078 * KT1 - 128.913 * VARtm2_9$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.878 และในบริเวณ Bragantina ได้สมการคือ $Biomass_B = 64.037 - 1.651 * TM4 + 1.405 * SKtm4_9$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.883

Zheng et al. (2004) ได้ประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยใช้ข้อมูล Landsat 7 ETM+ ครอบคลุมบริเวณพื้นที่จัดการในทางตอนเหนือของรัฐวิสกอนซิน มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลแปลงสำรวจ โดยแบ่งข้อมูลแปลงข้อมูลจำนวน 55 แปลงจากทั้งหมด 95 แปลง มาใช้ในการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสมการสำหรับใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าทั้งหมด ป่าสนและป่าไม้เนื้อแข็ง พร้อมนำสมการไปใช้ทดสอบความสัมพันธ์กับข้อมูลแปลงสำรวจที่เหลือ จำนวน 40 แปลง สำหรับข้อมูลจากดาวเทียมที่นำมาใช้ในศึกษามี

ทั้งหมด 11 ตัวแปร ประกอบด้วยข้อมูลค่าการสะท้อนพลังงานจากข้อมูลดาวเทียม Landsat 6 แบนด์ (ไม่รวมแบนด์ในช่วงอินฟราเรดย่านความร้อน) และค่าดัชนีพืชพรรณ 5 ประเภท คือ Blue/Red NDVI SR Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI) และ corrected Normalized Difference Vegetation Index (NDVIc)

ผลการศึกษาพบว่า สมการสำหรับใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าทั้งหมด มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ อายุกับค่าดัชนี SR และ MSAVI สมการสำหรับป่าสนมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ค่าดัชนี NDVIc และสมการสำหรับป่าไม้เนื้อแข็ง มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ค่าแบนด์ 4 (NIR) และอายุ ดังสรุปในตารางที่ 2.3 และเมื่อนำค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้รับจากทั้ง 3 สมการไปหาความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพจากข้อมูลแปลงสำรวจ จะได้ความสัมพันธ์ คือ Estimate = 0.73*Observed + 9.3 ที่มีค่า R² เท่ากับ 0.67

ตารางที่ 2.3 รูปแบบสมการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้โดยรวมกับป่าสนและไม้เนื้อแข็ง โดยแสดงค่าจำนวนแปลงตัวอย่างและค่าความสัมพันธ์การตัดสินใจ

| Models | Description | n | R ² |
|---|-------------|----|----------------|
| AGB = 48.8*(NIR/Red) + 2.3*Age-454*MSAVI-38 | Overall | 55 | 0.82 |
| AGB = 111*(NDVIc ^{10.3} / (NDVIc ^{10.3} + 0.35 ^{10.3})) | Pine | 35 | 0.86 |
| AGB = 232.5*(NIR) + 2.7*Age-71 | Hardwood | 20 | 0.95 |

ที่มา: Zheng et al. (2004)

Labrecque, Fournier, Luther and Piercey (2006) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดทำแผนที่มวลชีวภาพจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM กับข้อมูลแปลงสำรวจบริเวณทางตะวันตกของเกาะนิวฟันแลนด์ แคนาดาใน 4 รูปแบบ ประกอบด้วย (1) Direct Radiometric Relationships (DRR) (2) *k*-Nearest Neighbors (*k*-NN) (3) Land Cover Classification (LCC) และ (4) Biomass from Cluster Labeling Using Structure and Type (BioCLUST) โดยนำค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังที่สองน้อยที่สุด (RMSE) และค่าอคติ (Bias) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากประมาณและค่าที่วัดได้จริงจากแปลงสำรวจ

ผลการศึกษาพบว่า การจัดทำแผนที่มวลชีวภาพจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM โดยวิธี DRR มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดโดยมีค่า RMSE = 54 และ Bias = 1 ในขณะที่ วิธี LCC มีความคลาดเคลื่อนสูงสุด โดยมีค่า RMSE = 76 และ Bias = 42 แต่เมื่อนำสมการที่ได้ไปใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพในพื้นที่ทั้งหมด พบว่า วิธีการ BioCLUST มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด โดยมีค่า RMSE = 41 และ Bias = -4 ส่วนวิธีการ LCC มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด โดยมีค่า RMSE = 79

และ Bias = 64 (ตารางที่ 2.4) ผู้ศึกษาได้สรุปว่า การเลือกใช้วิธีการจัดทำแผนที่มวลชีวภาพจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักคือ ความสามารถในการจัดหาชุดของข้อมูลดาวเทียมที่จะนำมาใช้ในการ วิเคราะห์ และระดับการตัดสินใจของผลลัพธ์ที่ได้รับจากแต่ละวิธี ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาเลือกวิธีการ BioCLUST

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนและค่าอคติของวิธีการ 4 วิธี ทั้งค่าในระดับแปลงและค่าในระดับแผนที่

| Methods | <i>n</i> (plot, pixel) | Mean Biomass (t/ha) | RMSE (t/ha) | Bias (t/ha) |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------|----------------|
| Plot values | | | | |
| DRR(1equation) | 164(plots) | 110 | 54 | 1 |
| <i>k</i> -NN, <i>t</i> =1 | 164(plots) | 116 | 59 | 7 |
| LCC | 164(plots) | 151 | 76 | 42 |
| BioCLUST | 164(plots) | 93 | 58 | -17 |
| Map values | | | | |
| DRR(1equation) | 7,842,964 | 109 | 48 | 20 |
| <i>k</i> -NN, <i>t</i> =1 | 7,842,964 | 112 | 54 | 23 |
| LCC | 7,842,964 | 153 | 79 | 64 |
| BioCLUST | 7,842,964 | 93 | 41 | -4 |

ที่มา: Labrecque et al. (2006)

Zheng, Chen, Tian, Ju and Xia (2007) ได้นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลอายุของป่ามาใช้ในการจัดทำแผนที่มวลชีวภาพของเมือง Liping มณฑล Guizhou ประเทศจีน โดยนำดัชนีพืชพรรณ SR, reduced simple ratio (RSR) และค่า NDVI ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนาม คือ ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) และอายุ (AGE) มาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่า 4 ประเภทคือ ไม้สนจีน (chinese fir) ไม้สน (conifer) ไม้ใบกว้าง (broadleaf) ป่าผสม (mix forest) โดยการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับป่าแต่ละประเภท ดังผลการศึกษาสรุปไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 รูปแบบสมการสำหรับใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพของพื้นที่ป่าไม้โดยรวมและป่า 4 ประเภท

| Descriptions | Models | R ² |
|--------------|---|----------------|
| Overall | $AGB = 43.351 * LAI + 4.443 * AGE - 166.565$ | 0.895 |
| Chinese fir | $AGB = 36.941 * LAI + 197.411 * NDVI - 125.951$ | 0.930 |
| Conifer | $AGB = 55.185 * LAI + 3.862 * AGE - 204.038$ | 0.937 |
| Broadleaf | $AGB = 7.238 * AGE - 15.792$ | 0.792 |
| Mixed forest | $AGB = 26.808 * LAI + 15.181 * SR - 60.584$ | 0.931 |

ที่มา: Zheng et al. (2006)

Iglesias (2007) ได้ทำการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและการสะสมคาร์บอนของสวนป่า ยูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล บริเวณจังหวัดสระแก้ว ประเทศไทย โดยวัตถุประสงค์ คือ การจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสในแต่ละชั้นอายุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ใน 3 รูปแบบ คือ (1) วิธี maximum likelihood (2) วิธีการแบบจำลองชั้นอายุ และ (3) วิธีการดำเนินการ ทางตรง พร้อมทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนก และนำเสนอแผนที่ที่ได้มาคำนวณหา ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและความสามารถในการจัดเก็บของไม้ยูคาลิปตัสในแต่ละชั้นอายุที่ได้ จากข้อมูลแปลงสำรวจร่วมกับข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล

ผลการศึกษา พบว่า การจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสในแต่ละชั้นอายุโดยวิธี Maximum likelihood ให้ความถูกต้องโดยรวมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.33 รองลงมาคือ วิธีการดำเนินการ ทางตรง มีความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 72.50 และวิธีการแบบจำลองชั้นอายุ มีความถูกต้องโดยรวมน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.83 และนำผลที่ได้รับจากการจำแนกโดยวิธี Maximum likelihood มาใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพในแต่ละชั้นอายุระหว่าง 1 ถึง 5 ปี โดยมีการกักเก็บ คาร์บอนเท่ากับ 1.68 9.09 15.60 25.62 และ 25.90 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีการสะสม คาร์บอนในแต่ละชั้นอายุเท่ากับ 1.68 4.55 5.20 6.41 และ 5.18 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

Srisuwan, Liangrocapart and Nakapakorn (2009) ได้ทำการประมาณค่ามวลชีวภาพของ สวนไม้สักบริเวณจังหวัดปราจีนบุรี จากข้อมูล Landsat-TM โดยอาศัยการวิเคราะห์การถดถอย ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของข้อมูลแปลงสำรวจกับข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM โดยแบ่ง ข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ชุดข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงของข้อมูลดาวเทียมจำนวน 6 แบนด์ ซึ่ง ไม่รวมแบนด์ในช่วงอินฟราเรดย่านความร้อน และชุดข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณ ประกอบด้วย ค่า NDVI, soil adjusted vegetation index (SAVI) และดัชนี Brightness, Greenness และ Wetness ที่ได้ จาก Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation โดยนำชุดข้อมูลแรกมาหาความสัมพันธ์แบบ

เส้นตรงและชุดที่สองมาหาความสัมพันธ์ 3 รูปแบบ คือ เชิงเส้นตรง โพลินอร์เมียล เอ็กซ์โพเนนเชียล โดยแบ่งข้อมูลแปลงสำรวจสำหรับใช้ในการหาความสัมพันธ์จำนวน 28 แปลง และสำหรับใช้ในการทดสอบจำนวน 12 แปลง

ผลการศึกษา พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนคลื่นแสงของข้อมูลดาวเทียมในแบนด์ 1 2 3 5 และ 7 กับข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มีทิศทางตรงกันข้าม และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.207 0.234 0.456 0.584 และ 0.614 ตามลำดับ ในขณะที่ แบนด์ 4 มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน มีค่า R^2 เท่ากับ 0.688 ส่วนชุดข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณ ค่ามวลชีวภาพของสวนไม้สักสัมพันธ์กับค่าดัชนี Greenness มากที่สุด โดยมีค่า R^2 ของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โพลินอร์เมียล เอ็กซ์โพเนนเชียล เท่ากับ 0.87 0.90 และ 0.80 ตามลำดับ

จากค่าความสัมพันธ์ที่ได้รับ ผู้ศึกษาได้นำมาทำการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนาม (multiple linear regression) เพิ่มเติม โดยอาศัยสมมติฐานของความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและค่าดัชนี Greenness ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง สมการค่ามวลชีวภาพที่ได้รับจากการวิเคราะห์คือ $Y = -38.22 + 4.614TM_1 - 19.247 TM_2 + 5.546 TM_3 + 5.840 TM_4 - 0.459 TM_5 - 1.777 TM_7$ โดยมีค่า $R^2 = 0.91$ ซึ่งผลที่ได้รับให้ความถูกต้องมากกว่าสมการแบบ Polynomial และ นำค่ามวลชีวภาพที่ได้รับจากสมการเชิงเส้นไปหาความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพของแปลงทดสอบ 12 แปลง พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เท่ากับ 0.78 พร้อมนำค่ามวลชีวภาพที่ได้ไปประมาณค่าปริมาณคาร์บอน

Gasparri, Parmuchi, Bono, Karszenbaume and Montenegro (2010) ได้นำภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ในหลายช่วงเวลา มาใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าแห้งแล้งเขตร้อนในประเทศอาเจนตินา โดยทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงคลื่นกับข้อมูลจากแปลงสำรวจเพื่อทำการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน สำหรับข้อมูลเชิงคลื่นใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 9 ตัวแปร โดยแบ่งเป็นชุดข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงของข้อมูลดาวเทียมจำนวน 6 แบนด์ ซึ่งไม่รวมแบนด์ในช่วงอินฟราเรดย่านความร้อน และชุดดัชนีพืชพรรณ 3 ดัชนี คือ NDVI SAVI และ NDMI ที่ได้จากข้อมูลที่บันทึกใน 5 ช่วงเวลา ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Spearman และการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอนในรูปแบบเชิงเส้นตรง เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงของข้อมูลดาวเทียมจำนวน 6 แบนด์ สำหรับชุดดัชนีพืชพรรณทำการวิเคราะห์แบบเส้นตรงและเส้นโค้ง พร้อมทำการประเมินความสัมพันธ์จากค่าสถิติทดสอบ F (F -test) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความผิดพลาด (S) และทำการคัดเลือกรูปแบบสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากนั้นนำสมการที่ได้รับมาทำการวิเคราะห์ Reduced Major Axis (RMA)

ผลการศึกษา พบว่า สมการที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงคือ ค่าแบนด์ 7 โดยมีรูปแบบสมการและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.581 คือ สมการที่ 1 ในตารางที่ 2.6 และสมการที่ดีที่สุดสำหรับชุดข้อมูลดัชนีพืชพรรณคือ ค่าดัชนี NDVI คือ สมการที่ 4 ถึง 6 ในตารางที่ 2.6 ผู้ศึกษาได้เลือกสมการที่ 4 มาทำการวิเคราะห์ RMA เพื่อนำไปใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ผลลัพธ์ที่ได้รับคือ $AGB = -320.72 + 707.46 * NDVI$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.61

ตารางที่ 2.6 รูปแบบสมการที่พัฒนาได้จากข้อมูลเชิงคลื่นกับข้อมูลจากแปลงสำรวจที่วิเคราะห์เชิงเส้นตรงและไม่เชิงเส้นตรง

| Model | R | S | F | P |
|---|-------|------|------|-------|
| 1. $AGB = 214.07 - 20.36 B7$ | 0.581 | 18.1 | 6.63 | 0.023 |
| 2. $AGB = 222.52 - 37.50 B3$ | 0.560 | 18.3 | 5.95 | 0.030 |
| 3. $AGB = 254.01 - 12.28 B5$ | 0.436 | 19.9 | 3.06 | 0.104 |
| 4. $AGB = -211.65 + 470.26 NDVI$ | 0.636 | 17.1 | 8.83 | 0.011 |
| 5. $AGB = -2,423 + 7,000 NDVI - 4,810 NDVI^2$ | 0.663 | 17.2 | 4.72 | 0.030 |
| 6. $AGB = 3.79 e^{4.9NDVI}$ | 0.613 | 17.3 | 7.86 | 0.014 |
| 7. $AGB = 232.16 + 320.69 \ln NDVI$ | 0.640 | 17.0 | 9.01 | 0.010 |
| 8. $AGB = 51.97 + 357.85 NDMI$ | 0.533 | 18.7 | 5.17 | 0.041 |
| 9. $AGB = -35.95 + 1,507 NDMI - 3,547 NDMI^2$ | 0.564 | 19.0 | 2.80 | 0.100 |
| 10. $AGB = 59.84 e^{3.6NDMI}$ | 0.504 | 18.9 | 4.42 | 0.055 |
| 11. $AGB = 57.41 \ln NDMI$ | 0.549 | 18.5 | 5.62 | 0.034 |

ที่มา: Gasparri et al. (2010)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล: ภูมิศึกษา จังหวัดนครราชสีมา แบ่งขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การรวบรวมและจัดการข้อมูล (2) การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส (3) การจัดทำแผนที่และการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

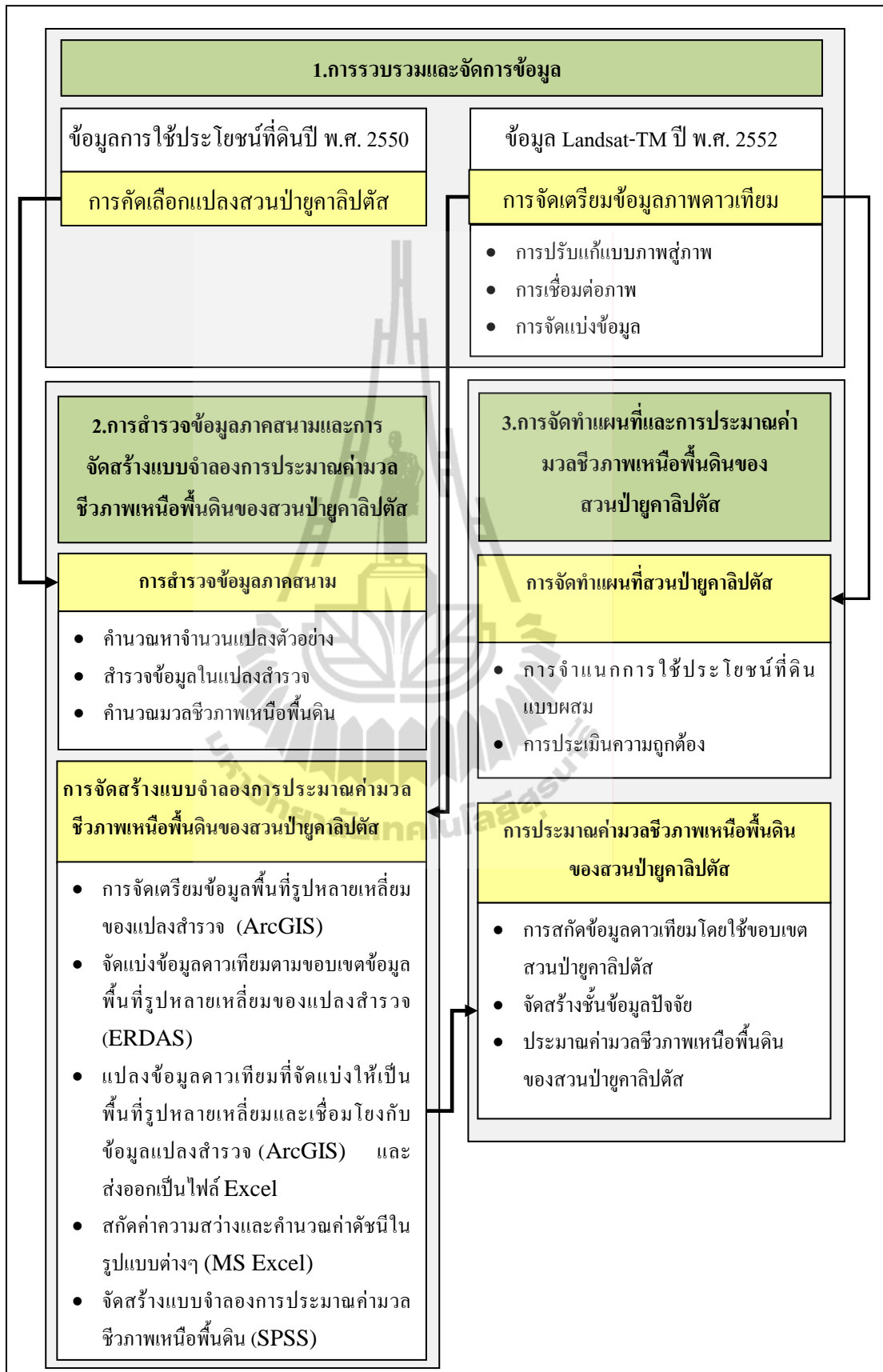
3.1 การรวบรวมและจัดการข้อมูล (data collection and manipulation)

ในการรวบรวมและจัดการข้อมูล สำหรับใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ในการจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่นำมาใช้ในการศึกษา มีขั้นตอนการดำเนินงานหลักคือ การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) ให้กับข้อมูลภาพจากดาวเทียมแบบภาพคู่ภาพ (image to image) โดยใช้โปรแกรม ERDAS Imagine ที่อาศัยข้อมูลภาพถ่ายออร์โธซีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งมีระบบพิกัดอ้างอิงเป็นระบบ UTM WGS 84 Zone 48 เป็นข้อมูลภาพอ้างอิง โดยใช้สมการคำนวณการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Second Order Polynomials ที่กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean squared error) จากการแปลงค่าตำแหน่งมีขนาดไม่เกิน 1 จุดภาพ (25 x 25 เมตร) และเลือกใช้วิธีการในการปรับค่าประจำจุดภาพใหม่แบบตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (nearest neighbor)

จากนั้น นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตจำนวน 2 ภาพมาทำการเชื่อมต่อ (mosaic) เข้าด้วยกัน เพื่อรวมกันเป็นข้อมูลภาพเดียว และทำการจัดแบ่งข้อมูล (subset) ให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษาพร้อมระยะกันชน 700 เมตร สำหรับใช้ในการประมวลผลข้อมูลภาพต่อไป



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการศึกษา

3.1.2 การคัดเลือกแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสสำหรับการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม

ในการคัดเลือกแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสสำหรับการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม จะดำเนินการภายใต้โปรแกรม ArcGIS โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาสืบค้นหาแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสที่มีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 ไร่

จากนั้น นำข้อมูลแปลงที่คัดเลือกได้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดิน ไปซ้อนทับกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ซึ่งบันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2552 เพื่อตรวจทานความเป็นปัจจุบันของแปลงปลูกสวนป่ายูคาลิปตัส ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามอายุการตัดฟันที่กำหนดไว้ ประมาณ 3-4 ปี พร้อมกำหนดแปลงยูคาลิปตัสที่เป็นปัจจุบันสำหรับนำไปใช้ในการสำรวจภาคสนามต่อไป

3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.2.1 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม จะทำการคำนวณหาจำนวนแปลงตัวอย่างตามวิธีของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane) (ประกายรัตน์ สุวรรณ, 2548) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (\text{สมการที่ 3.1})$$

โดยที่ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดของกลุ่มประชากรเป้าหมาย

e คือ ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้ ขนาดของกลุ่มประชากรเป้าหมาย (N) คือ จำนวนแปลงสวนป่ายูคาลิปตัสที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 ไร่ จำนวนทั้งสิ้น 3,682 แปลง โดยกำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 และค่าความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง (e) เท่ากับ 0.1 ดังนั้น ผลการคำนวณจำนวนแปลงตัวอย่างสวนป่ายูคาลิปตัส (n) ที่ต้องทำการสำรวจในภาคสนามมีจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 97 แปลง

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม จะทำการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 x 20 เมตร ซึ่งเป็นตัวแทนของจุดภาพ (pixel) ในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยทำการบันทึกขนาดเส้นรอบวง

(Girth at Breast Height, GBH) ณ ระดับความสูงเพียงอก (1.30 เมตร) ของไม้ทุกต้น สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (Diameter Breast Height, DBH) ณ ระดับความสูงเพียงอก (1.30 เมตร) และความสูงเฉลี่ยของไม้ที่สุ่มเลือกจำนวนไม่น้อยกว่า 30 ต้น พร้อมข้อมูลตำแหน่งพิกัดของแปลงและระยะห่างของต้นไม้ในแปลงสวนป่ายูคาลิปตัส

จากนั้น นำผลที่ได้รับจากการสำรวจภาคสนามที่จัดเก็บในรูปแบบของไฟล์ Microsoft Excel มาทำการคำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยอาศัยสมการแอลโลเมตรีของ ชิง ชัย วิริยะบัญชา, กิตินันท์ ผิวสะอาด และสิริรัตน์ จันทน์มหเสถียร (2548) ดังต่อไปนี้

$$W_t = 0.341(DBH^2 Ht)^{0.9528} \quad (\text{สมการที่ 3.2})$$

โดยที่

W_t คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

DBH คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (เซนติเมตร)

Ht คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

3.2.2 การจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ในการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เริ่มจากการจัดเตรียมชั้นข้อมูลพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (polygon) ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 150 x 150 เมตร ให้ครอบคลุมตำแหน่งของแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส และนำขอบเขตของพื้นที่รูปหลายเหลี่ยมที่ได้ไปตัดแบ่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ที่ผ่านการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตโดยโปรแกรม ERDAS Imagine เพื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของแต่ละแปลงไปจัดสร้างชุดข้อมูลใหม่ สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับค่าความสว่างและค่าดัชนีต่างๆ

จากนั้น นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ของแต่ละแปลงสำรวจ ซึ่งประกอบด้วย แบนด์ 1-5 และ 7 แปลงให้เป็นข้อมูลพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (polygon) โดยโปรแกรม ArcGIS เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลคุณลักษณะของแต่ละแบนด์กับตำแหน่งของแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส และทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้รับในรูปแบบของไฟล์ Microsoft Excel พร้อมคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบด้วย NDVI IR/R Square root (IR/R) Vegetation Index Transformed Normalized Difference Vegetation Index (TNDVI) Brightness Greenness Wetness NDWI Perpendicular Vegetation Index (PVI) SAVI และ Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ภายใต้อุปกรณ์ Microsoft Excel และนำผลที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากขั้นตอน 3.2.1 สำหรับนำไปใช้

ในการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายุคาลิปัตต์ด้วยโปรแกรมทางด้านสถิติ SPSS

ตารางที่ 3.1 ดัชนีพืชพรรณและรูปแบบสมการที่ใช้ในการศึกษา

| ชื่อดัชนี | รูปแบบสมการ |
|--------------------|--|
| NDVI | $\frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$ |
| IR/R | $\frac{TM4}{TM3}$ |
| Square root (IR/R) | $Sqrt\left(\frac{TM4}{TM3}\right)$ |
| Vegetation index | $TM4 - TM3$ |
| TNDVI | $Sqrt\left[\left(\frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}\right) + 0.5\right]$ |
| Brightness | $0.2909TM1 + 0.2493TM2 + 0.4806TM3 + 0.5568TM4 + 0.4438TM5 + 0.1706TM7$ |
| Greenness | $-0.2728TM1 - 0.2174TM2 - 0.5508TM3 + 0.7221TM4 + 0.0733TM5 + 0.1648TM7$ |
| Wetness | $0.1446TM1 + 0.1761TM2 + 0.3322TM3 + 0.3396TM4 - 0.6210TM5 - 0.4186TM7$ |
| NDWI | $\frac{TM4 - TM5}{TM4 + TM5}$ |
| PVI | $\sqrt{(0.355TM4 - 0.149TM3)^2 + (0.355TM3 - 0.852TM4)^2}$ |
| SAVI | $\frac{(1 + L)(TM4 - TM3)}{TM4 + TM3 + L}$ |
| ARVI | $\frac{TM4 - RB}{TM4 + RB}$ $RB = TM3 - (TM1 - TM3)$ |

ที่มา: ดัดแปลงจาก ERDAS, Inc. (2010) และ Jensen (2007)

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่หนึ่งใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง (model data) และชุดที่สองใช้สำหรับการทดสอบความสมเหตุสมผล (validate data) สำหรับแบบจำลองที่เลือกใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ได้แก่ แบบจำลองถดถอยพหุนามเชิงเส้น (Multiple Linear Regression Model) (ภัทรลีนี ภัทรโกศล, 2550) ดังแสดงในสมการดังต่อไปนี้

$$\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_k x_k \quad (\text{สมการที่ 3.3})$$

โดยที่

\hat{y}_i คือ ค่าประมาณของตัวแปรตามที่ได้จากสมการถดถอย

$\hat{\beta}_0$ คือ ค่าประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าคงตัว

x_k คือ ตัวแปรอิสระที่ 1 ถึง k

$\hat{\beta}_k$ คือ ค่าประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระที่ 1 ถึง k

ในการสร้างแบบจำลองภายใต้โปรแกรมทางด้านสถิติ SPSS จะใช้การวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน (Stepwise Regression Analysis) โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม (y) คือมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส และตัวแปรอิสระ (x) ที่ประกอบด้วยค่าความสว่างของแต่ละแบนด์และค่าดัชนีในรูปแบบต่างๆ โดยมีการพิจารณาค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (Standard Error of Estimate, SEE) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ

สำหรับการทดสอบความสมเหตุสมผลจะอาศัยการพล็อตค่าความสัมพันธ์และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณที่ได้จากสมการและค่าสังเกตการณ์ที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนามจากข้อมูลชุดที่สอง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ และค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย

3.3 การจัดทำแผนที่และการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ในการจัดทำแผนที่และการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.3.1 การจัดทำแผนที่สวนป่ายุคาลิปัตส

ในการจัดทำแผนที่สวนป่ายุคาลิปัตสจะทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2552 โดยวิธีการจำแนกแบบผสม (hybrid classification) ระหว่างการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) โดยกรรมวิธีแบบ ISODATA และการจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) โดยกรรมวิธีแบบ Maximum likelihood เพื่อจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ประเภทหลัก ดังนี้

- (1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง หมายถึง เขตชุมชน อาคาร บ้านเรือน ที่พักอาศัย และสถานที่ราชการ
- (2) พื้นที่เกษตรกรรม หมายถึง พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูก พื้นที่ไร่หรือนา พื้นที่สวนผสม เช่น ไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อย สวนผลไม้ รวมไปถึงพื้นที่แปลงเกษตรที่ไถพรวนเตรียมเอาไว้แต่ยังไม่มีการปลูกพืช และพื้นที่ป่าสวนสัตว์
- (3) พื้นที่ป่า หมายถึง พื้นที่ป่าตามธรรมชาติ สวนป่าเพื่อการอนุรักษ์ และพื้นที่วนเกษตร
- (4) พื้นที่สวนป่ายุคาลิปัตส หมายถึง พื้นที่ปลูกไม้ยุคาลิปัตสเพื่อการพาณิชย์
- (5) แหล่งน้ำ หมายถึง แหล่งน้ำผิวดิน ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใหม่พื้นที่
- (6) พื้นที่อื่นๆ หมายถึง พื้นที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ที่ไม่สามารถจำแนกได้ พื้นที่ที่ไม่รวมอยู่ในการใช้ที่ดินประเภทอื่น

จากนั้น นำข้อมูลที่ได้รับจากจำแนกไปทำการประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) โดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-TM กับข้อมูลอ้างอิงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดินและข้อมูลการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2553 ซึ่งแสดงผลในรูปของตารางเมตริกค่าความคลาดเคลื่อน (ตารางที่ 3.2)

ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดจุดสำรวจภาคสนามของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เท่ากับ 50 จุด ตามคำแนะนำของ Congalton and Green (1999) ที่ระบุว่า ขนาดจำนวนจุดตัวอย่างขั้นต่ำของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินควรมีไม่น้อยกว่า 50 จุด และใช้การสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (stratified random sampling) เพื่อนำผลการสำรวจที่ได้มาคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa hat coefficient of agreement) ดังสมการที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 ตารางค่าความคาดเคลื่อน (error matrix or confusion matrix)

| Ground reference Test Information | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Class | | 1 | 2 | 3 | <i>i</i> | Row total |
| Remote sensing Classification | 1 | $X_{1,1}$ | $X_{1,2}$ | $X_{1,3}$ | $X_{1,i}$ | X_{1+} |
| | 2 | $X_{2,1}$ | $X_{2,2}$ | $X_{2,3}$ | $X_{2,i}$ | X_{2+} |
| | 3 | $X_{3,1}$ | $X_{3,2}$ | $X_{3,3}$ | $X_{3,i}$ | X_{3+} |
| | <i>i</i> | $X_{i,1}$ | $X_{i,2}$ | $X_{i,3}$ | $X_{i,i}$ | X_{i+} |
| Column total | | X_{+1} | X_{+2} | X_{+3} | X_{+i} | N |

ที่มา: Jensen (2005)

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \quad (\text{สมการที่ 3.4})$$

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (\text{สมการที่ 3.5})$$

โดยที่

i คือ จำนวนของแถว (จำนวนประเภทของการจำแนก) ในตารางเมตริกค่าความคาดเคลื่อน

x_{ii} คือ จำนวนของจุดสำรวจในแนวเฉียงของแถว i และ คอลัมน์ i

x_{i+} คือ จำนวนรวมของจุดสำรวจนอกแนวเฉียงในแถว i

x_{+i} คือ จำนวนรวมของจุดสำรวจนอกแนวเฉียงในคอลัมน์ i

N คือ จำนวนรวมของจุดสำรวจทั้งหมด

3.3.2 การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นของสวนป่ายูคาลิปตัส

ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นของสวนป่ายูคาลิปตัส แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานหลัก 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การสกัดข้อมูลภาพจากดาวเทียมตามขอบเขตของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้รับจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2552 ในขั้นตอนที่ 3.3.1 โดยโปรแกรม ERDAS Imagine (2) การจัดสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยตามผลลัพธ์ที่ได้รับจากการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในขั้นตอนที่ 3.2.2 และ (3) การคำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสตามแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน รวมทั้งการคำนวณหาค่าคาร์บอนสะสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 เท่าของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้

3.4 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่า ยูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล มีดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM (Path/Row 128/49-50, 129/49-50) ที่บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 12 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2552 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 25 x 25 เมตร ข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2543
2. แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 มาตรฐาน 1:50,000
3. ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ขอบเขตการปกครองจากกรมการปกครอง
4. ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2550
5. ข้อมูลพื้นฐานการปลูกไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ของเอกชน ปิงปิงประมาณ พ.ศ. 2551 ประเภทไม้ยูคาลิปตัส ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ของส่วนส่งเสริมการปลูกป่า สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 10 (นครราชสีมา)
6. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพ ERDAS Imagine
7. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS
8. โปรแกรมวิเคราะห์ทางด้านสถิติ Microsoft Excel และ SPSS
9. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS)
10. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และคอมพิวเตอร์พกพา
11. เชือกสำหรับใช้ในการวางแปลนตัวอย่างขนาดความยาว 20 เมตร จำนวน 4 เส้น
12. เทปวัดเส้นรอบวงของต้นไม้
13. เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (clinometer)
14. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล
15. แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูล

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล: ภูมิศึกษา จังหวัดนครราชสีมา แบ่งผลการศึกษออกเป็น 3 ส่วนหลักตามวิธีการศึกษา ประกอบด้วย (1) การรวบรวมและจัดการข้อมูล (2) การจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส (3) การจัดทำแผนที่และประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการรวบรวมและจัดการข้อมูล

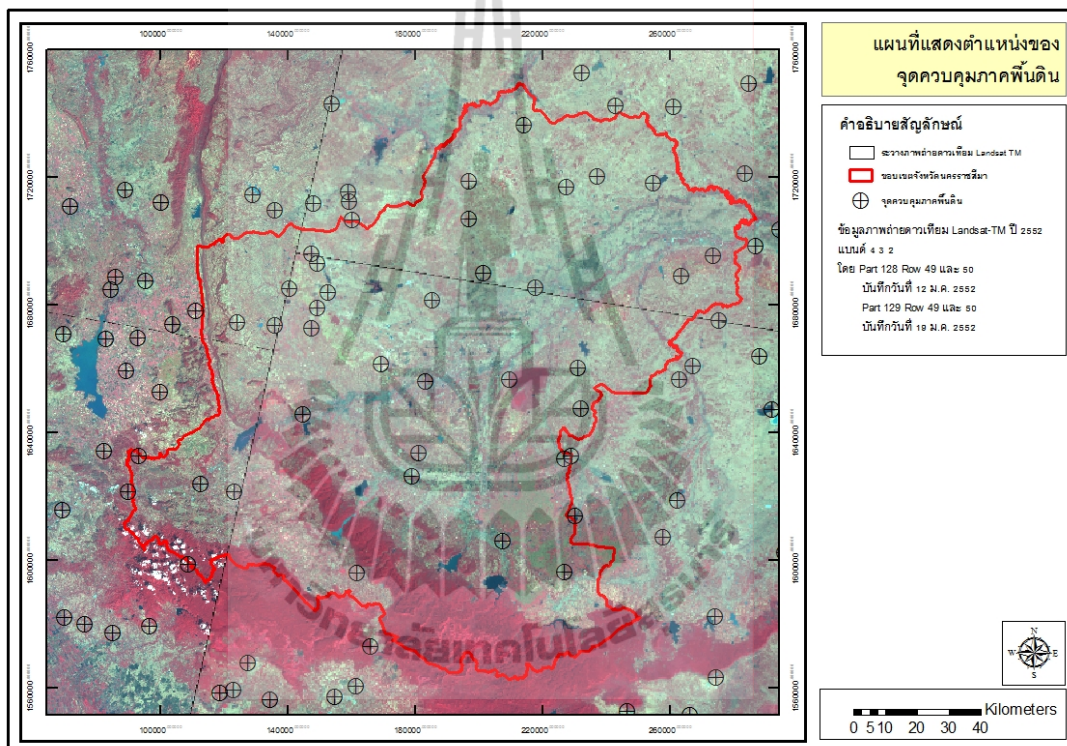
การรวบรวมและจัดการข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ผลในแต่ละขั้นตอนของการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน มีผลการดำเนินการสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

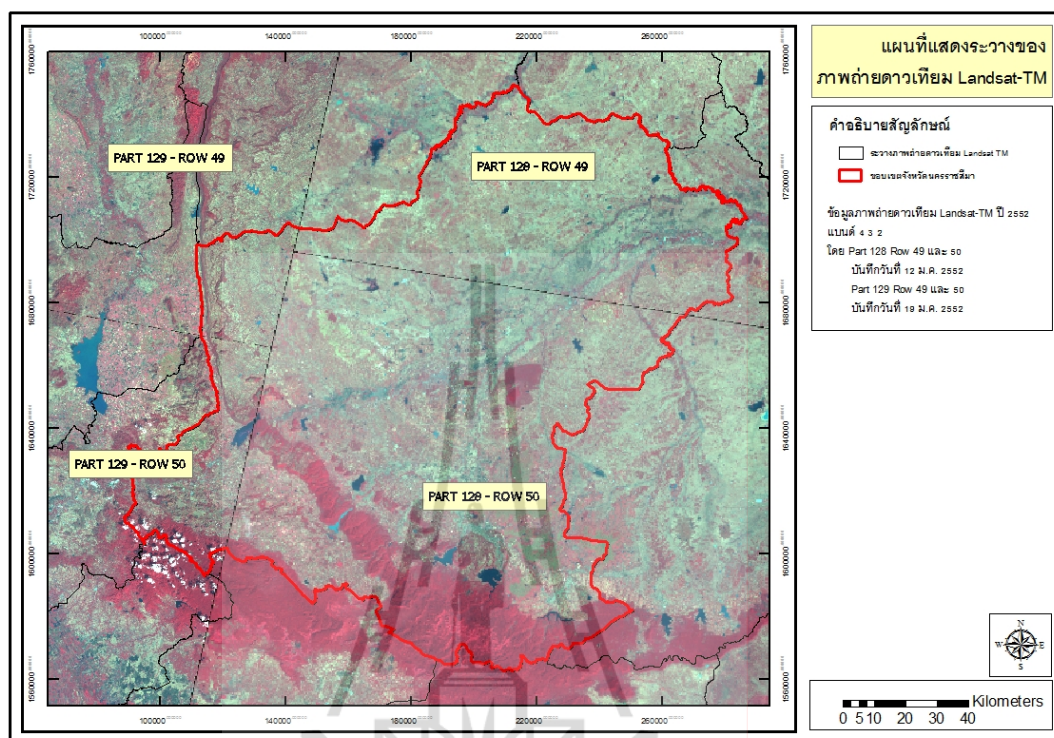
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่ใช้ในการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM จำนวน 4 ภาพ Path/Row 128/49 128/50 129/49 และ 129/50 ที่บันทึกข้อมูลในวันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2552 และ 19 มกราคม พ.ศ. 2552 ตามลำดับ โดยข้อมูลภาพทั้งหมดผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) แบบภาพสู่ภาพ (image to image) ซึ่งทำการแปลงค่าพิกัดของภาพที่ต้องการปรับแก้ไปหาภาพที่มีระบบพิกัดอ้างอิง ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลภาพออร์โธรีทิคปี พ.ศ. 2543-2545 มาตราส่วน 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นข้อมูลภาพอ้างอิงให้กับจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน (GCPs) จำนวนรวมทั้งสิ้น 101 จุด (ภาพที่ 4.1) โดยอาศัยสมการในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แบบ Second Order Polynomial ที่กำหนดขนาดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square error) ในการปรับแก้ไม่เกินหนึ่งจุดภาพ (17.25 เมตร) และใช้วิธีการแปลงค่าระดับสีเทาใหม่ (resampling) แบบ Nearest Neighbor จากนั้น นำภาพที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต จำนวนทั้งหมด 4 ภาพ มาเชื่อมต่อข้อมูลภาพให้เป็นภาพเดียว (ภาพที่ 4.2) พร้อมทำการตัดภาพให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครราชสีมาโดยรวมระยะกั้นชน 700 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.3

4.1.2 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

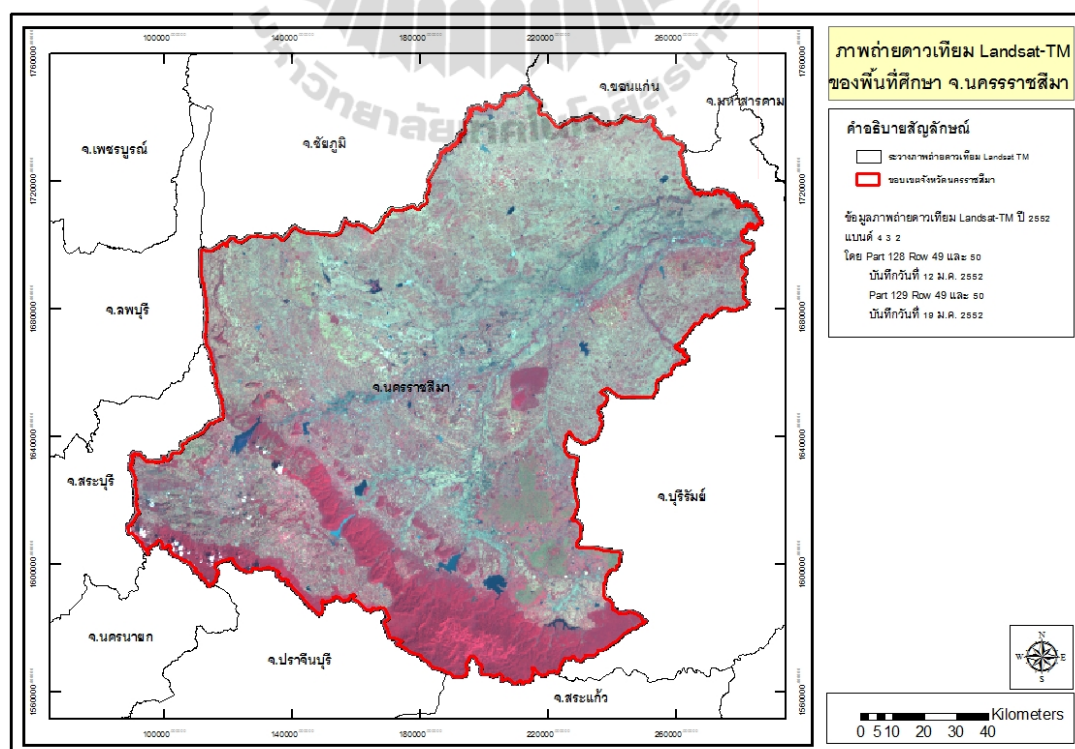
จากการคัดเลือกข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2550 พบว่า พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่มีพื้นที่มากกว่า 10 ไร่ มีจำนวนทั้งสิ้น 3,682 แปลง พื้นที่รวมทั้งหมด 333.68 ตารางกิโลเมตร และพบมากที่สุด ในอำเภอชุมพวง ลำทะเมนชัย พิมาย และโชคชัย คิดเป็นเนื้อที่ 37.96 32.74 28.84 และ 25.86 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4)



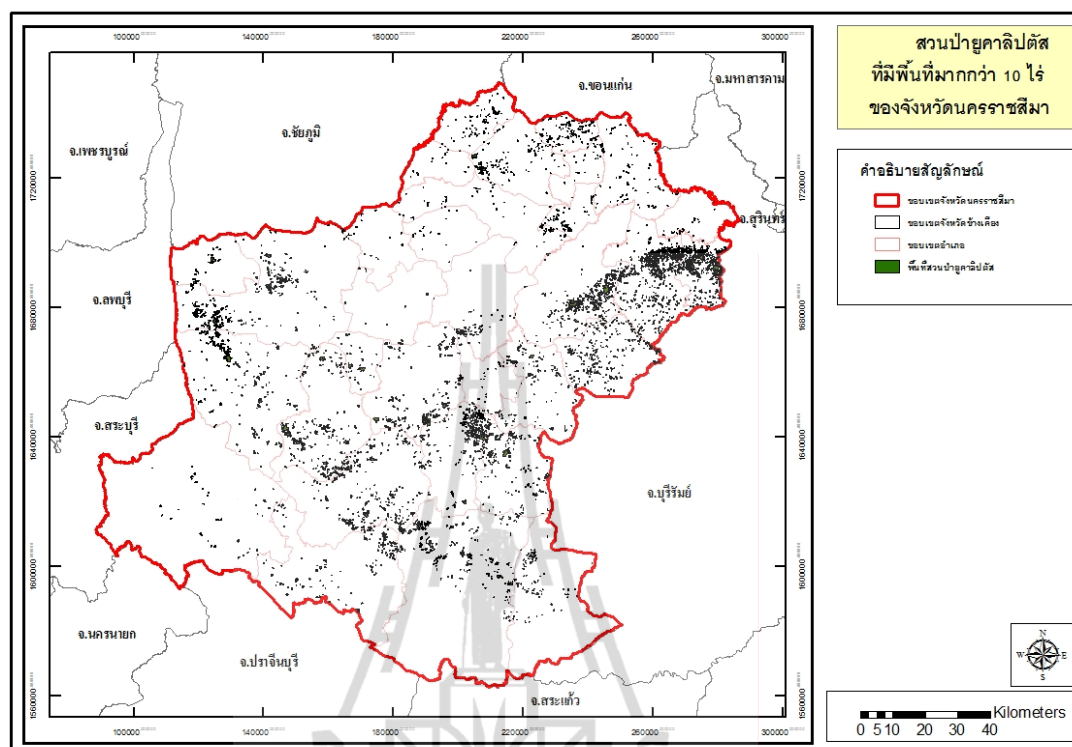
ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ที่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 4.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของจังหวัดนครราชสีมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 4.4 แผนที่แสดงพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่มีพื้นที่มากกว่า 10 ไร่ ของจังหวัดนครราชสีมา

4.2 ผลการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลการศึกษาในขั้นตอนของการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ผลการสำรวจและวิเคราะห์ผลข้อมูลแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส (2) ผลการสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง (3) ผลการจัดสร้างแบบจำลอง

4.2.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์ผลข้อมูลแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส

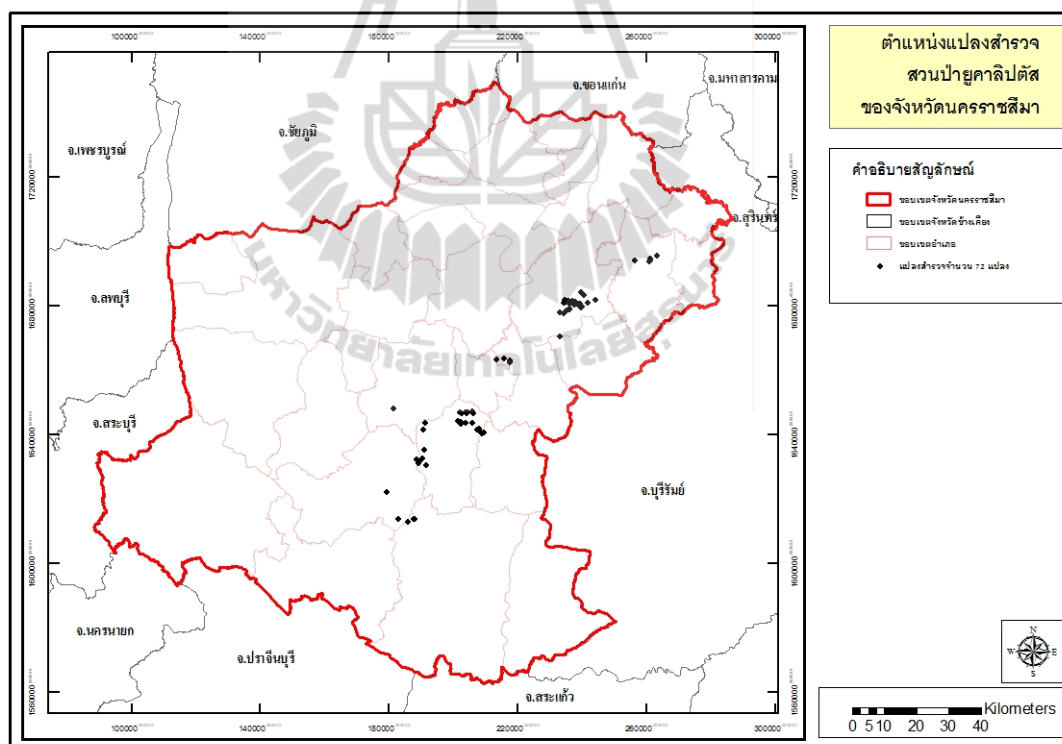
จากข้อมูลแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้ทำการจัดเก็บในแปลงสำรวจขนาด 20 x 20 เมตร พบว่า จำนวนแปลงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี จำนวน 72 แปลง (ภาพที่ 4.5) ซึ่งประกอบด้วย ชุดที่หนึ่ง จำนวน 55 แปลง สำหรับใช้สร้างแบบจำลอง (model data) และชุดที่สอง จำนวน 17 แปลง สำหรับใช้ในการทดสอบความสมเหตุสมผล (validate data) พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยูคาลิปตัสที่คำนวณจากแปลงสำรวจ พื้นที่ 400 ตารางเมตร มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเท่ากับ 4,631 และ 260 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของไม้ยูคาลิปตัสเท่ากับ 17.73 และ 1.5 เมตร ตามลำดับ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 16.87 และ 0.96 เซนติเมตรตามลำดับ และพบว่า ระยะห่าง (spacing) ในการสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสที่พบมากที่สุด

คือ ระยะห่าง 2 x 3 เมตร รองลงมาได้แก่ ระยะห่าง 3 x 3 เมตร และ 1.5 x 3 เมตร ตามลำดับ ดังรายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

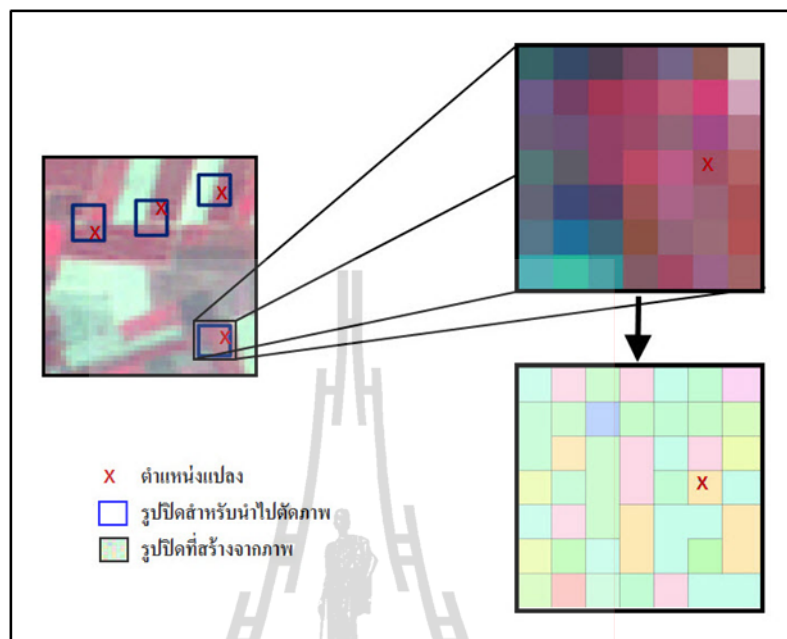
4.2.2 ผลการสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง

ในการสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง เริ่มจากการจัดสร้างชั้นข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม (polygon) ขนาด 150 x 150 เมตร ให้ครอบคลุมตำแหน่งแปลงสำรวจ และนำไปใช้ตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM พร้อมแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM แบนด์ 1-5 และ 7 ที่ได้ให้อยู่ในรูปข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.6

จากนั้น นำข้อมูลที่ได้รับมามีจำนวนค่าดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่างๆ (ดูตารางที่ 4.1 ประกอบ) พร้อมเชื่อมโยงจุดภาพเข้ากับข้อมูลแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัส ดังผลสรุปค่าทางสถิติพื้นฐานจากข้อมูลแปลงสำรวจทั้งหมด 72 แปลง แสดงไว้ในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.5 แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัสของจังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 4.6 การสร้างรูปหลายเหลี่ยมจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM สำหรับใช้ในการสร้างแบบจำลอง

4.2.3 ผลการจัดสร้างแบบจำลอง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากชุดข้อมูลแปลงสำรวจ 55 แปลงกับข้อมูลค่าความสว่าง 5 แบนด์และค่าดัชนีในรูปแบบต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้น ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ที่ใช้ฟังก์ชันการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน โดยกำหนดให้ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส (biomass) เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) และข้อมูลค่าความสว่าง 5 แบนด์ของข้อมูลภาพ Landsat-TM (แบนด์ 1-5 และ 7 และค่าดัชนีใน 12 รูปแบบ ประกอบด้วย NDVI IR/R Square root (IR/R) Vegetation Index TNDVI Brightness Greenness Wetness NDWI PVI SAVI และ ARVI เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) พบว่า มีรูปแบบความสัมพันธ์ 2 รูปแบบที่ผ่านการคัดเลือกปัจจัยและสร้างเป็นสมการถดถอยพหุนามเชิงเส้น (ตารางที่ 4.2) โดยสมการรูปแบบที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสกับค่าดัชนีของพืชพรรณ (Greenness) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) เท่ากับ 0.718 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.847 และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 533.011 กิโลกรัมในขณะเดียวกัน สมการรูปแบบที่ 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสกับค่าดัชนีของพืชพรรณ (Greenness) และดัชนีความชื้นผลต่างแบบนอมอลไลซ์ (Normalize Difference Wetness, NDWI) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) เท่ากับ 0.741 ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.861 และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 515.718 กิโลกรัม

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) ซึ่งใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแปรปรวนของค่าการประมาณที่แตกต่างไปจากค่าตรวจวัดจริง พบว่า สมการที่ 2 จะให้ค่าที่ดีกว่าสมการที่ 1 (ตารางที่ 4.2) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกใช้แบบจำลองสมการที่ 2 ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัสในจังหวัดนครราชสีมา รายละเอียดของการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS แสดงไว้ในภาคผนวก ค



ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสถิติพื้นฐานของแปลงสำรวจสวนป่ายูคาลิปตัสจำนวน 72 แปลง

| ประเภทข้อมูล | ค่าทางสถิติ | | | |
|--------------------|-------------|-----------|------------|---------------------|
| | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| BIOMASS | 260.963 | 4,631.244 | 1,844.8116 | 958.315996 |
| Band 1 | 59 | 73 | 65.44 | 2.742 |
| Band 2 | 24 | 34 | 28.74 | 1.792 |
| Band 3 | 21 | 39 | 28.72 | 3.806 |
| Band 4 | 50 | 85 | 68.21 | 6.842 |
| Band 5 | 40 | 111 | 67.61 | 14.842 |
| Band 7 | 12 | 59 | 26.94 | 9.487 |
| NDVI | 0.267 | 0.592 | 0.40595 | 0.074432 |
| IR/R | 1.73 | 3.905 | 2.42205 | 0.455615 |
| Square root (IR/R) | 1.315 | 1.976 | 1.54982 | 0.142773 |
| Vegetation Index | 23 | 61 | 39.49 | 8.367 |
| TNDVI | 0.876 | 1.045 | 0.95102 | 0.039121 |
| Brightness | 95.84 | 142.528 | 112.58653 | 10.065063 |
| Greenness | -2.583 | 27.122 | 9.84801 | 6.571835 |
| Wetness | -42.69 | 17.299 | -6.03668 | 12.616829 |
| NDWI | -0.241 | 0.344 | 0.01314 | 0.134794 |
| PVI | 35.755 | 69.215 | 51.89824 | 6.717264 |
| SAVI | 0.399 | 0.884 | 0.60579 | 0.111144 |
| ARVI | 0.659 | 1.914 | 1.29078 | 0.224223 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

| รูปแบบสมการ | หน่วยวัดเป็นกิโลกรัม | | |
|---|----------------------|----------------|---------|
| | R | R ² | SEE |
| 1. $AGB_{EP} = 661.011 + 127.288(\text{Greenness})$ | 0.847 | 0.718 | 533.011 |
| 2. $AGB_{EP} = 1,113.145 + 78.316 (\text{Greenness})$ $+ 2,561.736(\text{NDWI})$ | 0.861 | 0.741 | 515.718 |

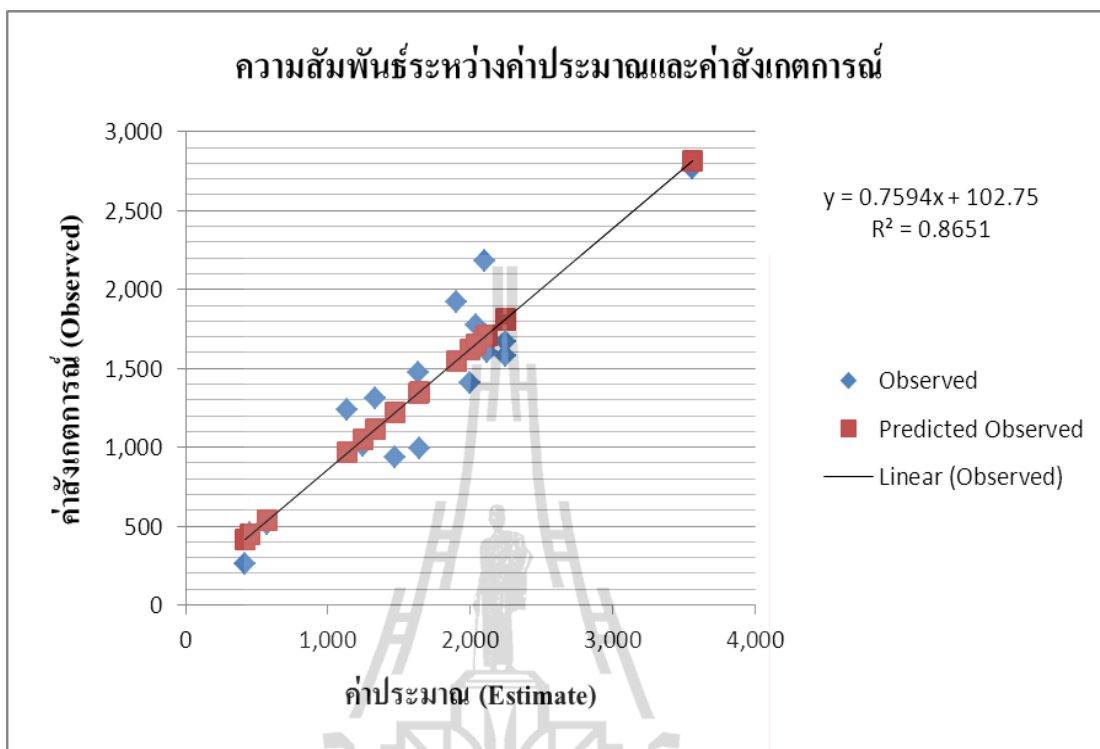
ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (validation) ของแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นอาศัยการเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการ 2 รูปแบบ (สมการที่ 1 และสมการที่ 2) ซึ่งเป็นค่าประมาณ (estimate value) กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี ซึ่งเป็นค่าสังเกตการณ์ (observed value) ของแปลงสำรวจ จำนวน 17 แปลง (ตารางที่ 4.3) ซึ่งอาศัยการพล็อตค่าความสัมพันธ์และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณและค่าสังเกตการณ์ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าประมาณจากสมการรูปแบบที่ 1 มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าสังเกตการณ์ (ภาพที่ 4.7) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R²) เท่ากับ 0.865 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.930 และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 242.703 กิโลกรัม ในขณะที่พบความสัมพันธ์ของค่าประมาณจากสมการรูปแบบที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าสังเกตการณ์ (ภาพที่ 4.8) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R²) เท่ากับ 0.867 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุ (R) เท่ากับ 0.931 และการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าเท่ากับ 241.125 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.4) รายละเอียดของการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายแสดงไว้ในภาคผนวก ค

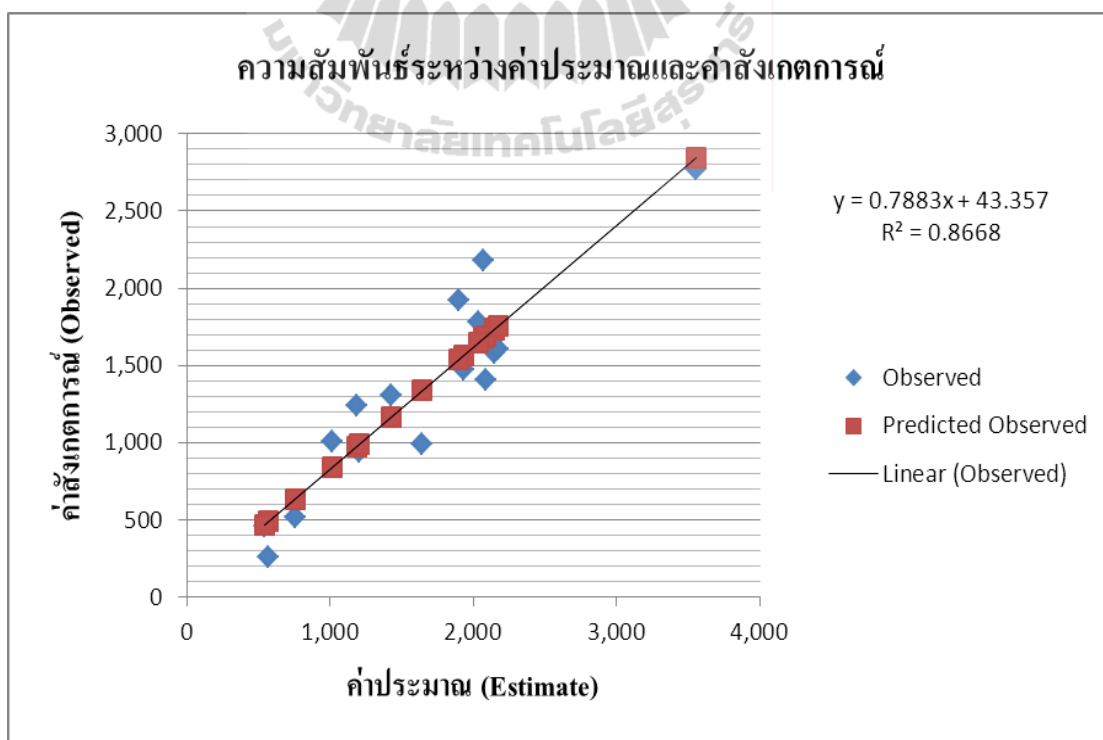
ตารางที่ 4.3 ผลเปรียบเทียบผลค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินจริงกับค่ามวลชีวภาพที่ได้จากสมการ
2 รูปแบบ

| แปลงที่ | ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน(kg/400 m ²) | | | | |
|---------------------|---|------------|--------|------------|--------|
| | แปลงสำรวจ | สมการที่ 1 | ผลต่าง | สมการที่ 2 | ผลต่าง |
| 1 | 1,011 | 1,248 | 237 | 1,013 | 2 |
| 2 | 1,472 | 1,637 | 165 | 1,935 | 463 |
| 3 | 1,579 | 2,253 | 674 | 2,147 | 568 |
| 4 | 1,922 | 1,902 | -20 | 1,897 | -25 |
| 5 | 2,181 | 2,104 | -77 | 2,073 | -108 |
| 6 | 1,670 | 2,246 | 576 | 2,145 | 475 |
| 7 | 2,768 | 3,567 | 799 | 3,557 | 789 |
| 8 | 1,241 | 1,135 | -106 | 1,186 | -55 |
| 9 | 261 | 414 | 153 | 568 | 307 |
| 10 | 940 | 1,470 | 530 | 1,203 | 263 |
| 11 | 457 | 455 | -2 | 540 | 83 |
| 12 | 1,311 | 1,329 | 18 | 1,426 | 115 |
| 13 | 516 | 577 | 61 | 754 | 238 |
| 14 | 994 | 1,644 | 650 | 1,644 | 650 |
| 15 | 1,410 | 2,000 | 590 | 2,092 | 682 |
| 16 | 1,604 | 2,117 | 513 | 2,172 | 568 |
| 17 | 1,777 | 2,038 | 261 | 2,036 | 259 |
| ค่าเฉลี่ย (Mean) | | | 295.41 | | 310.24 |
| ค่าสูงสุด (Maximum) | | | 799 | | 789 |
| ค่าต่ำสุด (Minimum) | | | -106 | | -108 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 1) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 2) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)

ผลลัพธ์ที่ได้รับแสดงถึงความสอดคล้องของค่าประมาณ (Estimate value) และค่าสังเกตการณ์ (Observed value) จึงมีความสมเหตุสมผลที่จะนำแบบจำลองที่ได้รับจากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นไปใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสได้

หากนำค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) ที่ได้รับมาพิจารณา พบว่า สมการที่ 2 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพที่ปรากฏอยู่จริง (ตัวแปรตาม) กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการ (ตัวแปรอิสระ) ได้ดีกว่าสมการที่ 1 นอกจากนี้ ค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) ของสมการที่ 2 ให้ค่าที่ต่ำกว่าสมการที่ 1 แสดงว่าค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับค่ามวลชีวภาพที่ปรากฏอยู่จริง

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่ายระหว่างค่าประมาณและค่าสังเกตการณ์

| รูปแบบสมการ | หน่วยวัดเป็นกิโลกรัม | | |
|--|----------------------|-------|---------|
| | R | R^2 | SEE |
| 1.Observed = 0.7594 * Estimate _{eq1} + 102.75 | 0.930 | 0.865 | 242.703 |
| 2.Observed = 0.7883 * Estimate _{eq2} + 43.357 | 0.931 | 0.867 | 241.125 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

4.3 ผลการจัดทำแผนที่และประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลการจัดทำแผนที่และประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสนำเสนอผลการศึกษา 3 ส่วน คือ (1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (2) การประเมินความถูกต้องของการจำแนก (3) ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

4.3.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดนครราชสีมา จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2552 อาศัยการจำแนกแบบผสม (hybrid classification) ระหว่างการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล และการจำแนกแบบกำกับ

ในการศึกษาครั้งนี้ ในการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล นำเอาเทคนิค isodata มาใช้ จำแนกการเกาะกลุ่มของข้อมูลในขอบเขตของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลัก 6 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ โดยกำหนดจำนวนกลุ่ม (คลาส) ของแต่ละประเภท เท่ากับ 40 คลาส เพื่อคัดเลือกลาสที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำของการเกาะกลุ่มในแต่ละประเภท เพื่อนำไปใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่างในขั้นตอนการจำแนกแบบกำกับดูแล

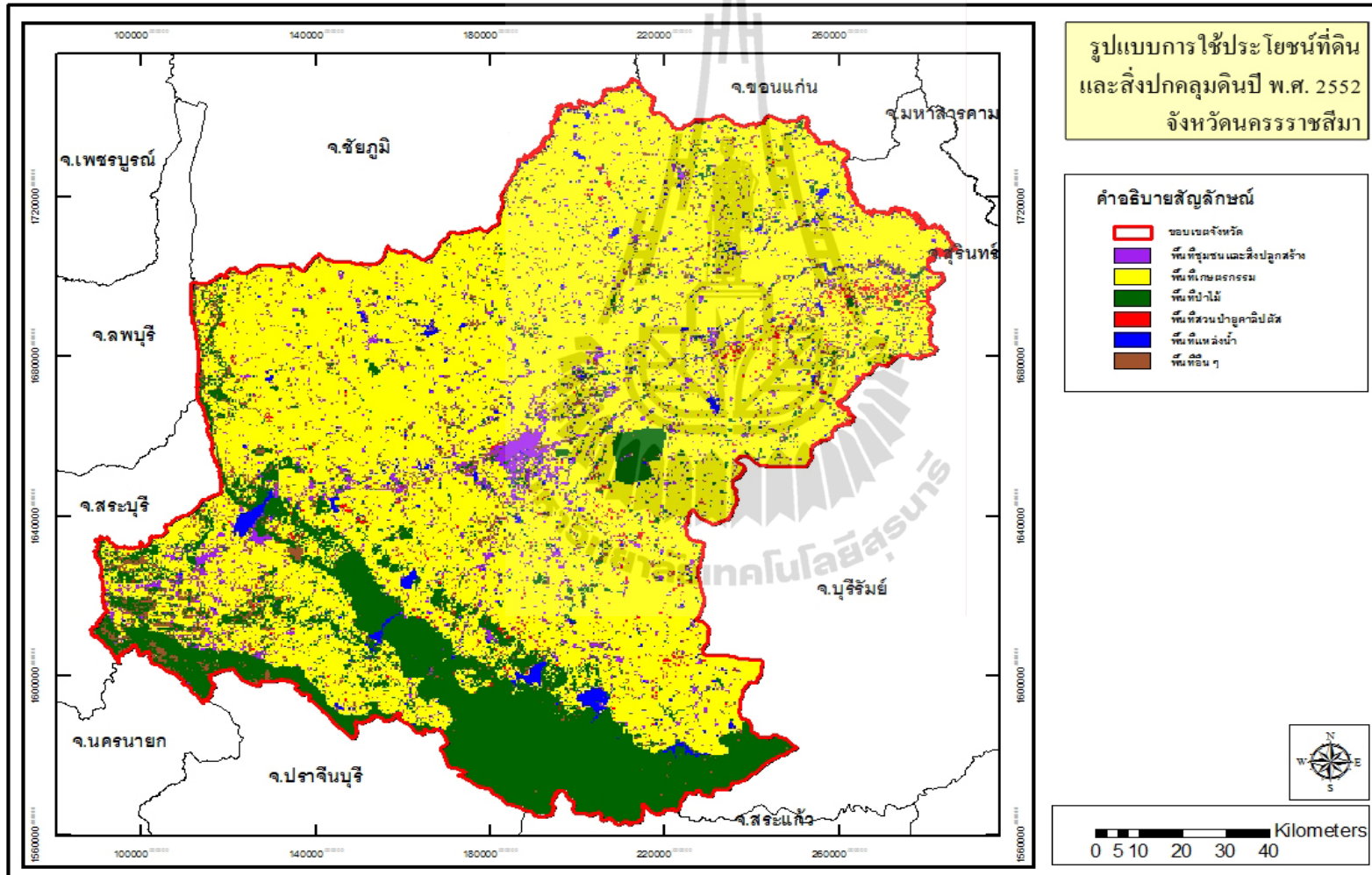
ในการจำแนกแบบกำกับดูแลซึ่งใช้กรรมวิธีแบบ maximum likelihood ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะทำการคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM โดยนำข้อมูลภาพออร์โทสี มาตรฐาน 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มาใช้ประกอบในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง โดยกำหนดให้พื้นที่ตัวอย่างมีขนาดไม่น้อยกว่า 6,250 ตารางเมตร (10 จุดภาพ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน รวมทั้งนำพื้นที่ตัวอย่างที่ได้จากเทคนิค isodata มาใช้งานร่วมกัน และกำหนดจำนวนพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไม่น้อยกว่า 10 พื้นที่ตัวอย่าง

ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2552 ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ (1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (2) พื้นที่เกษตรกรรม (3) พื้นที่ป่าไม้ (4) พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส (5) พื้นที่แหล่งน้ำ และ (6) พื้นที่อื่นๆ โดยพบว่า มีพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสกระจายในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 258 ตร. กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.24 ของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา แสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.5 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2552

| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|--|------------------|--------|
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง | 870 | 4.20 |
| พื้นที่เกษตรกรรม | 14,642 | 70.64 |
| พื้นที่ป่าไม้ | 3,723 | 17.96 |
| พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส | 258 | 1.24 |
| พื้นที่แหล่งน้ำ | 385 | 1.86 |
| พื้นที่อื่นๆ | 850 | 4.10 |
| รวมพื้นที่ทั้งหมด | 20,728 | 100 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

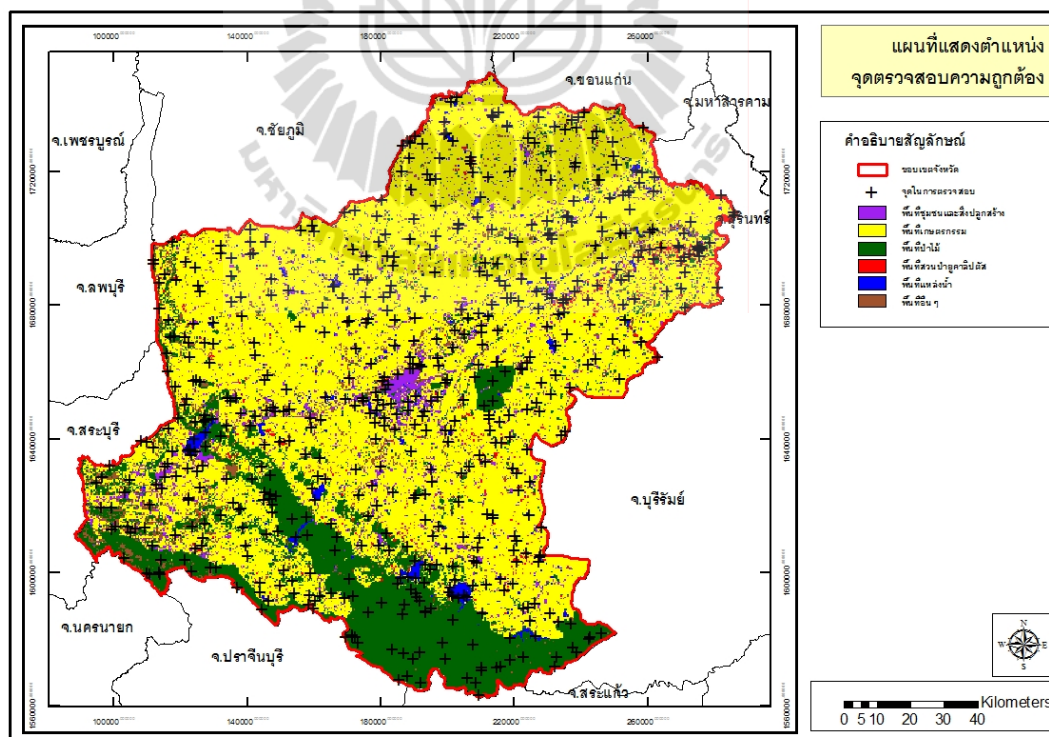


ภาพที่ 4.9 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนกในปี พ.ศ. 2552

4.3.2 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนก

ในการประเมินความถูกต้องของผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในปี พ.ศ. 2552 ใช้จำนวนจุดตัวอย่างในการตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 600 จุด และการสุ่มจุดตัวอย่างแบบ stratified random sampling ให้กระจายตามสัดส่วนของพื้นที่แต่ละประเภท ดังแสดงในภาพที่ 4.10

ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในปี พ.ศ. 2552 พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 89 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา มีค่าเท่ากับร้อยละ 86.21 ซึ่งพบว่า ค่าความถูกต้องที่ได้รับอยู่ในเกณฑ์สูง กล่าวคือ ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปามากกว่าร้อยละ 80 (Congalton and Green, 1999) และความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.49 และความถูกต้องของผู้ใช้งาน (user's accuracy) มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 73.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของสวนป่ายูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 95.99 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงการกระจายของจุดที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง

ตารางที่ 4.6 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนกปี พ.ศ. 2552

| | Reference Data | | | | | | รวม |
|------------------------------|-------------------------|------------------|------------|---------------|----------|--------------|-----|
| | พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูก | พื้นที่เกษตรกรรม | พื้นที่ป่า | พื้นที่สวนป่า | พื้นที่ | พื้นที่อื่นๆ | |
| | สร้าง | | | ยูคาลิปตัส | แหล่งน้ำ | | |
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง | 76 | 3 | - | - | 1 | - | 80 |
| พื้นที่เกษตรกรรม | 1 | 179 | 3 | 1 | 1 | 3 | 188 |
| พื้นที่ป่า | 3 | - | 98 | - | - | 1 | 102 |
| สวนป่ายูคาลิปตัส | - | 19 | 1 | 55 | - | - | 75 |
| พื้นที่แหล่งน้ำ | - | 5 | 1 | 1 | 68 | 1 | 79 |
| พื้นที่อื่นๆ | 1 | 3 | 13 | - | 4 | 58 | 79 |
| รวม | 81 | 209 | 116 | 57 | 74 | 63 | 600 |

ความถูกต้องโดยรวม = 89%

Producer's accuracy

| | | | |
|--------------------------------|------------------------|---|--------|
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง = | $(76/81) \times 100$ | = | 93.83% |
| พื้นที่เกษตรกรรม = | $(179/209) \times 100$ | = | 85.65% |
| พื้นที่ป่า = | $(98/116) \times 100$ | = | 84.48% |
| สวนป่ายูคาลิปตัส = | $(55/57) \times 100$ | = | 96.49% |
| พื้นที่แหล่งน้ำ = | $(68/74) \times 100$ | = | 91.89% |
| พื้นที่อื่นๆ = | $(58/63) \times 100$ | = | 92.06% |

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา = 86.21%

User's accuracy

| | | | |
|--------------------------------|------------------------|---|--------|
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง = | $(76/80) \times 100$ | = | 95.00% |
| พื้นที่เกษตรกรรม = | $(179/188) \times 100$ | = | 95.21% |
| พื้นที่ป่า = | $(98/102) \times 100$ | = | 96.08% |
| สวนป่ายูคาลิปตัส = | $(55/75) \times 100$ | = | 73.33% |
| พื้นที่แหล่งน้ำ = | $(68/79) \times 100$ | = | 86.08% |
| พื้นที่อื่นๆ = | $(58/79) \times 100$ | = | 73.42% |

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของสวนป่ายูคาลิปตัส = 95.99%

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

4.3.3 ผลการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

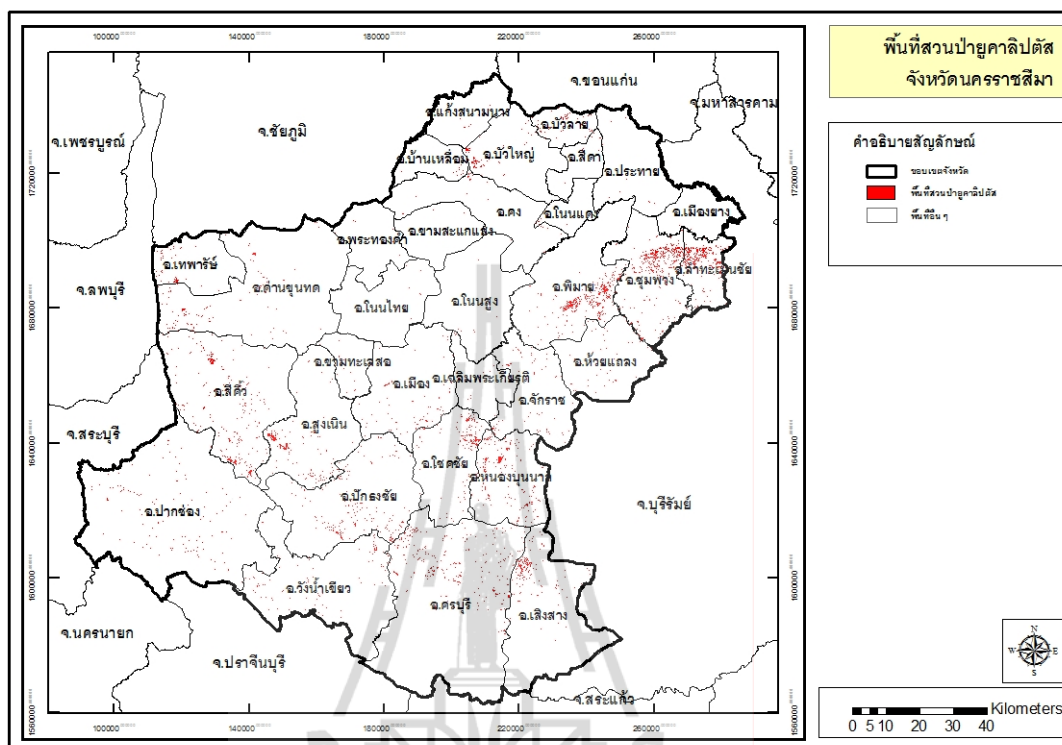
ผลการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส สามารถสรุปตามขั้นตอนการดำเนินงานหลัก 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) ผลการสกัดข้อมูลภาพจากดาวเทียมตามขอบเขตของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้รับจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2552 ในขั้นตอนที่ 4.3.1 ซึ่งพบว่าจังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส 258 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.11

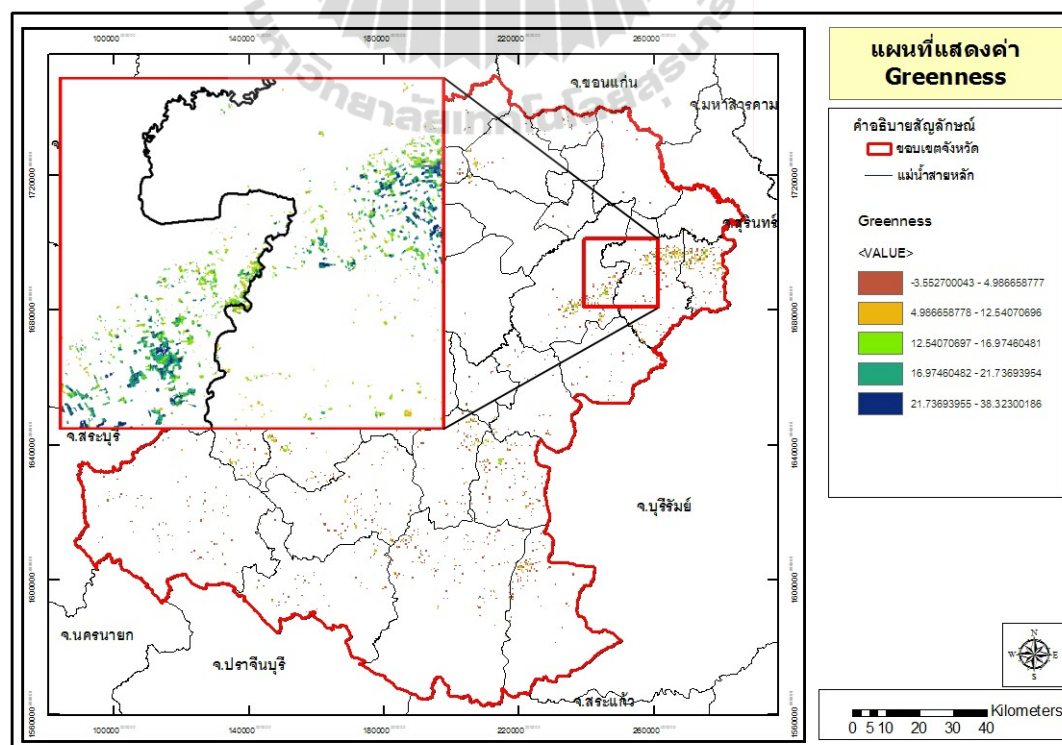
(2) ผลการจัดสร้างชั้นข้อมูลปัจจัยตามผลลัพธ์ที่ได้รับจากการจัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ซึ่งได้แก่ ดัชนี Greenness และ ดัชนี NDWI ดังแสดงในภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13 ตามลำดับ

(3) ผลการคำนวณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากแบบจำลองสมการที่ 2 คือ $AGB_{EP} = 1,113.145 + 78.316 (\text{Greenness}) + 2,561.736 (\text{NDWI})$ (ตารางที่ 4.2) รวมทั้งการคำนวณหาค่าคาร์บอนสะสม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 เท่าของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณได้

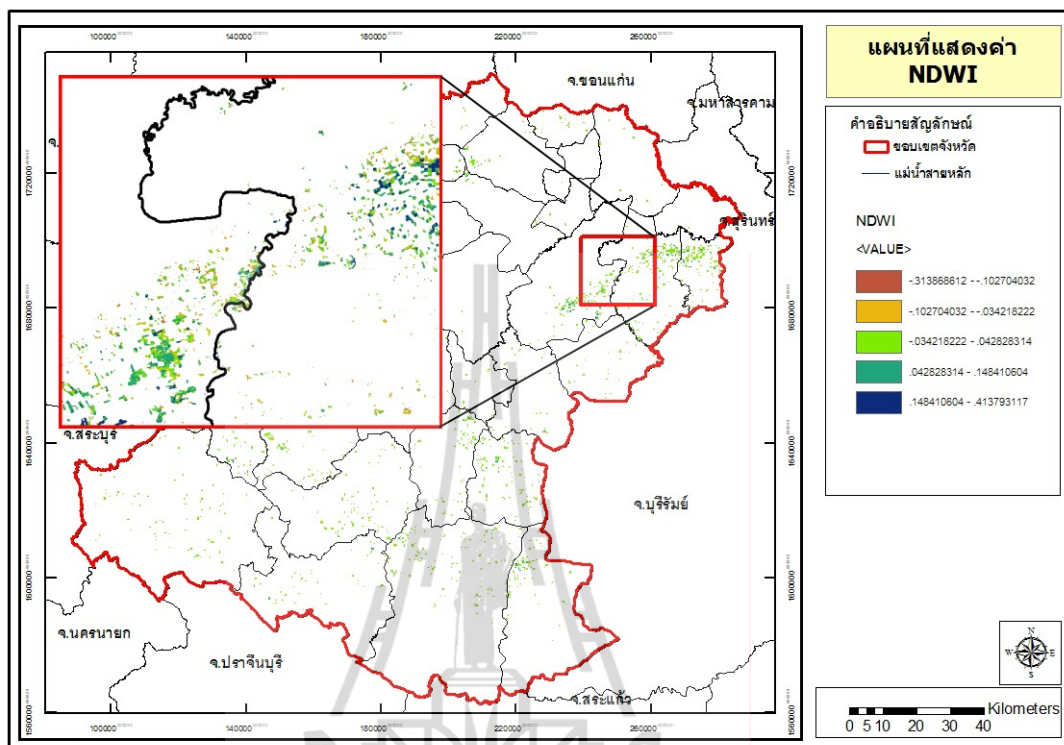
จากการวิเคราะห์พบว่า จังหวัดนครราชสีมาที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสอยู่ทั้งสิ้น 999,143.97 ตัน โดยพบมากที่สุดบริเวณอำเภอชุมพวงมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 126,400.27 ตัน มีค่าคาร์บอนสะสมเท่ากับ 63,200.13 ตัน และพบน้อยที่สุดบริเวณอำเภอเมืองยางมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 991.60 ตัน มีค่าคาร์บอนสะสมเท่ากับ 495.80 ตัน (ภาพที่ 4.14 และตารางที่ 4.7) ในการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสของทุกขั้นตอนจะประมวลผลโดยใช้ Module Spatial Modeler ของโปรแกรม ERDAS Imagine ดังแสดงในภาพที่ 4.15



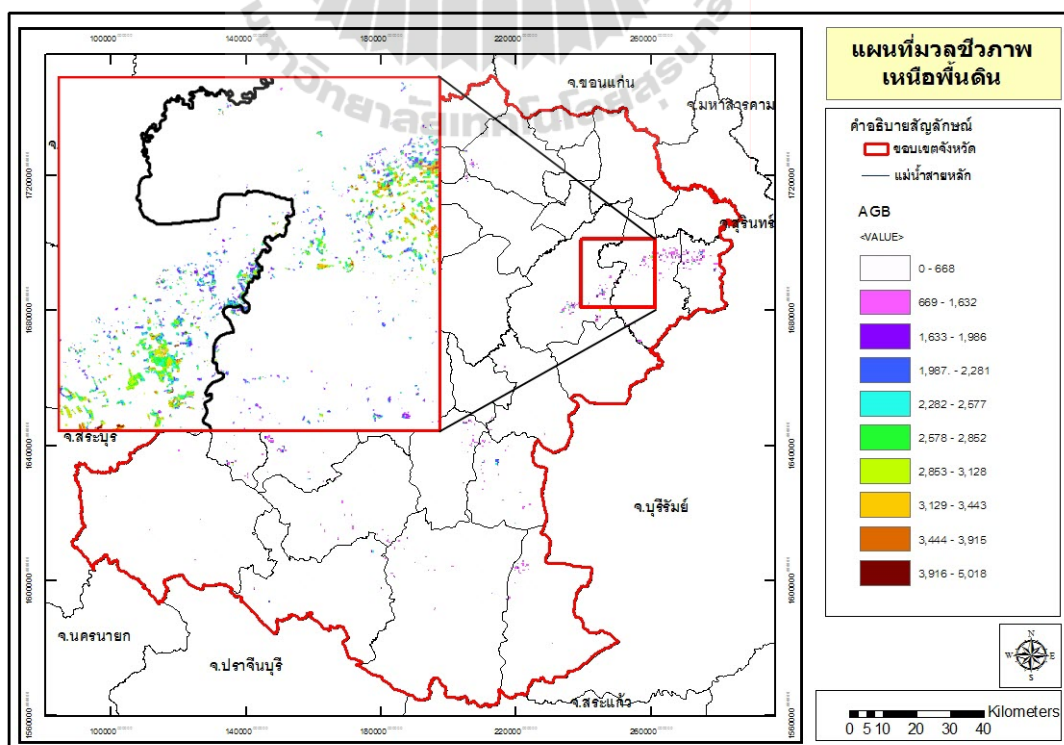
ภาพที่ 4.11 แสดงพื้นที่ส่วนป่ายุคาลิปตัส



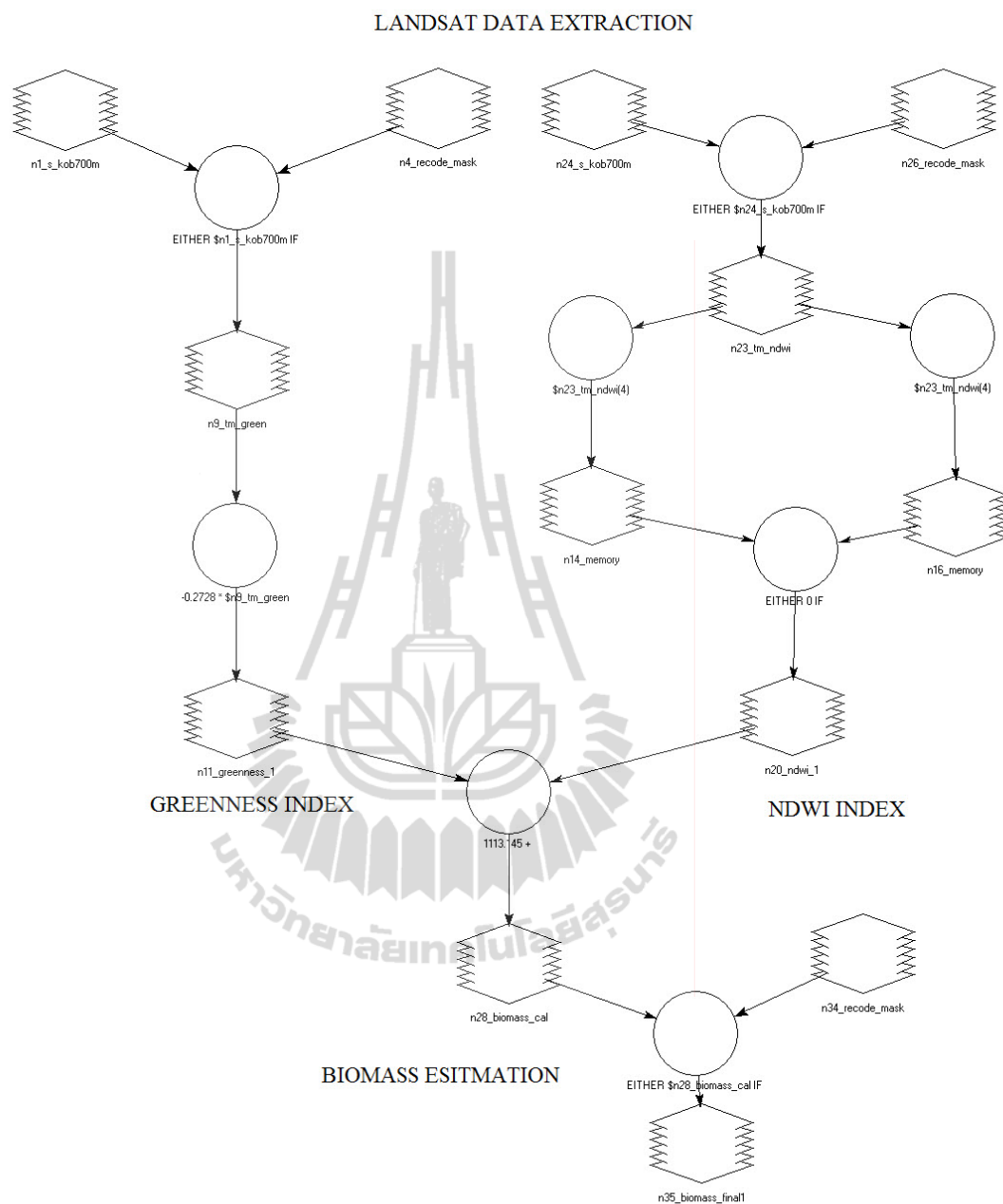
ภาพที่ 4.12 ชั้นข้อมูลดัชนี Greenness



ภาพที่ 4.13 ชั้นข้อมูลดัชนี NDWI



ภาพที่ 4.14 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายุคาลิปตส์ที่ได้จากการวิเคราะห์



ภาพที่ 4.15 ฟังก์ชันประมวลผลของ Module Spatial Modeler สำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ตารางที่ 4.7 พื้นที่สวนป่ายุคาลิปตัส มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และค่าการสะสมคาร์บอนที่แสดงผลเป็นรายอำเภอ

| ลำดับ | อำเภอ | พื้นที่ (ตร.กม.) | มวลชีวภาพ (ตัน) | คาร์บอนสะสม (ตัน) |
|-------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | ชุมพวง | 30.90 | 126,400.27 | 63,200.13 |
| 2 | พิมาย | 24.27 | 106,131.68 | 53,065.84 |
| 3 | ครบุรี | 23.62 | 89,282.98 | 44,641.49 |
| 4 | ลำทะเมนชัย | 21.75 | 89,074.21 | 44,537.10 |
| 5 | สีคิ้ว | 20.67 | 73,138.34 | 36,569.17 |
| 6 | หนองบุญนา | 17.12 | 66,405.60 | 33,202.80 |
| 7 | ปักธงชัย | 14.30 | 52,416.35 | 26,208.18 |
| 8 | เสิงสาง | 13.23 | 52,014.39 | 26,007.19 |
| 9 | โชคชัย | 12.42 | 46,872.74 | 23,436.37 |
| 10 | สูงเนิน | 11.84 | 43,344.41 | 21,672.20 |
| 11 | ปากช่อง | 10.59 | 36,115.95 | 18,057.98 |
| 12 | ด่านขุนทด | 9.66 | 34,174.65 | 17,087.33 |
| 13 | วังน้ำเขียว | 7.93 | 30,659.13 | 15,329.56 |
| 14 | เมือง | 5.31 | 22,819.21 | 11,409.60 |
| 15 | บัวใหญ่ | 5.26 | 19,030.34 | 9,515.17 |
| 16 | จักราช | 5.12 | 18,052.14 | 9,026.07 |
| 17 | ห้วยแถลง | 4.67 | 16,977.12 | 8,488.56 |
| 18 | เทพารักษ์ | 4.58 | 16,287.25 | 8,143.62 |
| 19 | บัวลาย | 3.61 | 14,704.85 | 7,352.43 |
| 20 | คง | 2.82 | 12,215.28 | 6,107.64 |
| 21 | เฉลิมพระเกียรติ | 1.13 | 4,610.40 | 2,305.20 |
| 22 | บ้านเหลื่อม | 1.05 | 3,932.81 | 1,966.40 |

ตารางที่ 4.7 พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และค่าการสะสมคาร์บอนที่แสดงผลเป็นรายอำเภอ (ต่อ)

| ลำดับ | อำเภอ | พื้นที่ (ตร.กม.) | มวลชีวภาพ (ตัน) | คาร์บอนสะสม (ตัน) |
|-------|-------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 23 | ขามทะเลสอ | 0.98 | 3,874.29 | 1,937.15 |
| 24 | แก่งสนามนาง | 0.98 | 3,427.38 | 1,713.69 |
| 25 | โนนไทย | 0.96 | 3,401.32 | 1,700.66 |
| 26 | ประทาย | 0.89 | 3,187.30 | 1,593.65 |
| 27 | สีดา | 0.61 | 2,433.81 | 1,216.91 |
| 28 | พระทองคำ | 0.60 | 2,338.06 | 1,169.03 |
| 29 | โนนแดง | 0.57 | 2,130.01 | 1,065.00 |
| 30 | โนนสูง | 0.47 | 1,665.91 | 832.96 |
| 31 | ขามสะแกแสง | 0.27 | 1,034.19 | 517.10 |
| 32 | เมืองยาง | 0.26 | 991.60 | 495.80 |
| | รวม | 258.41 | 999,143.97 | 499,571.99 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการศึกษาระยะการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล: ภูมิศึกษา จังหวัดนครราชสีมา ที่มีวัตถุประสงค์หลักคือ (1) จัดสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส (2) การจัดทำแผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (3) ประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส โดยนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM มาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและจัดสร้างชุดข้อมูลค่าความสว่างและดัชนีพืชพรรณสำหรับการใช้ในการสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การสร้างแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากชุดข้อมูลแปลงสำรวจ 55 แปลงกับข้อมูลค่าความสว่าง 6 แบนด์และค่าดัชนีในรูปแบบต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM โดยการวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้น โดยอาศัยการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน (stepwise regression analysis) พบว่า มีรูปแบบความสัมพันธ์ 2 รูปแบบ ที่ผ่านการคัดเลือกปัจจัยและสร้างเป็นสมการถดถอยพหุนามเชิงเส้น 2 รูปแบบ คือ (1) $AGB_{EP} = 661.011 + 127.288 (Greenness)$ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) เท่ากับ 0.718 มีค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 533.011 กิโลกรัม และ (2) $AGB_{EP} = 1,113.145 + 78.316 (Greenness) + 2,561.736 (NDWI)$ ที่มี R^2 เท่ากับ 0.741 มีค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) เท่ากับ 515.718 กิโลกรัม

ในการทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง (validation) ที่อาศัยการพล็อตค่าความสัมพันธ์และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบง่าย เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากการประมาณ (estimate value) และค่าที่ได้จากการสังเกตการณ์ (observed value) ของแปลงสำรวจ จำนวน 17 แปลง พบว่า ความสัมพันธ์ของสมการรูปแบบที่ 1 คือ $Observed = 0.7594 * Estimate_{eq1} + 102.75$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.865 ค่า R เท่ากับ 0.930 และค่า SEE เท่ากับ 242.703 กิโลกรัม ในขณะที่เดียวกัน ความสัมพันธ์ของสมการรูปแบบที่ 2 คือ

Observed = 0.7883 * Estimate_{eq2} + 43.357 โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.867 ค่า R เท่ากับ 0.931 และค่า SEE เท่ากับ 241.125 กิโลกรัม

จากข้อมูลข้างต้นกล่าวสรุปได้ว่า การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการทั้ง 2 รูปแบบ ให้ค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) สูงเนื่องจากความแปรผันตามธรรมชาติของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่มีวงรอบการตัดฟันสั้น (ประมาณ 3-5 ปี) และการปล่อยให้ตอที่ถูกตัดฟันเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ ทำให้ขนาดและรูปร่างของไม้ยูคาลิปตัสไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ ในการตรวจวัดไม้ยูคาลิปตัสไม่สามารถจำแนกชั้นอายุของไม้ยูคาลิปตัสได้

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลของการทดสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงพหุและค่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ ระหว่างค่ามวลชีวภาพจริงกับค่ามวลชีวภาพที่ได้จากแบบจำลองสมการที่ 1 และสมการที่ 2 มีค่าสูง และค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) มีค่าที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของค่าประมาณและค่าสังเกตการณ์ สามารถนำแบบจำลองที่ได้รับจากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นไปใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสได้ ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้สมการรูปแบบที่ 2 ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสของจังหวัดนครราชสีมา

5.1.2 แผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

แผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสเป็นผลที่ได้จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดนครราชสีมา จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ในปี พ.ศ. 2552 ที่อาศัยการจำแนกแบบผสม (hybrid classification) ระหว่างการจำแนกแบบไม่กำกับดูแลโดยกรรมวิธีแบบ isodata และการจำแนกแบบกำกับดูแลโดยกรรมวิธีแบบ maximum likelihood ซึ่งพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักของจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีเนื้อที่ 14,642 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 70.64 ของพื้นที่จังหวัด รองลงมาได้แก่พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ 3,723 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.96 ของพื้นที่จังหวัด และการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ (พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ) รวมกันมีเนื้อที่เท่ากับ 2,363 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.40 ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในปี พ.ศ. 2552 สอดคล้องกับรายงานการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ในปี พ.ศ. 2550 ในขณะเดียวกันพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสในจังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่เท่ากับ 258 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.24 ของพื้นที่จังหวัด

ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2552 ที่ใช้จำนวนจุดตัวอย่างในการตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 600 จุด โดยการสุ่มจุดตัวอย่างแบบ stratified random sampling พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 89.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา มีค่าเท่ากับร้อยละ 86.21 ซึ่งค่าความถูกต้องที่ได้รับอยู่ในเกณฑ์สูง ในขณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของสวนป่ายูคาลิปตัส พบว่ามีค่าความถูกต้องที่สูงเช่นเดียวกัน ซึ่งเท่ากับร้อยละ 95.99 และความถูกต้องของผู้ผลิต เท่ากับร้อยละ 96.49 หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการจำแนกขาดหายไป (omission error) ของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.51 และความถูกต้องของผู้ใช้งาน เท่ากับร้อยละ 73.33 หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการจำแนกเกินมา (commission error) มีค่าเท่ากับร้อยละ 26.67 สาเหตุหลักของความผิดพลาดมาจากพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลายประเภท เช่น ไม้ผล ไม้ยืนต้น เป็นต้น

5.1.3 ประเมินค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส

ผลการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสที่อาศัยข้อมูลจากดาวเทียมและแบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสในรูปแบบการพหุนามเชิงเส้น พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 จังหวัดนครราชสีมามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสอยู่ทั้งสิ้น 999,143.97 ตัน และมีค่าคาร์บอนสะสมเท่ากับ 499,571.99 ตัน

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการจัดทำแผนที่พื้นที่ปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสและการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการสำรวจภาคสนามและชุดข้อมูลดัชนีพืชพรรณ (Greenness) และค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) ที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้รับจากการศึกษาการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ภูมิศึกษา จังหวัดนครราชสีมาในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ สำหรับใช้เป็นแนวทางศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1. ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ควรเป็นช่วงระยะเวลาหรือฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากสวนป่ายูคาลิปตัสมีรอบในการตัดฟันที่สั้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงของ พื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสมีสูง

2. ในการพัฒนาแบบจำลองควรทำการทดสอบโดยแยกตามชั้นอายุของยูคาลิปตัสเพื่อให้ ความถูกต้องในการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในแต่ละชั้นอายุ และควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้ เหมาะสมในแต่ละชั้นอายุ

3. ในการนำแบบจำลองไปใช้งานจริง ควรทำการทดสอบแบบจำลองก่อนใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ควรทดสอบกับช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อดูประสิทธิภาพของแบบจำลองในการ ประเมินมวลชีวภาพ

4. แบบจำลองการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ เป็น แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาเท่านั้น หากจะนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่สภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน หากนำไปใช้กับพื้นที่ ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

5. แบบจำลองการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินถูกพัฒนาขึ้นบนสมมติฐานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมกับมวลชีวภาพในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้น หาก ในอนาคตต้องการนำกรอบแนวคิดของการศึกษาครั้งนี้ไปขยายผลเพิ่มเติม อาจพิจารณาเลือกใช้ ความสัมพันธ์ในรูปแบบไม่เชิงเส้นตรงเพิ่มเติม



รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

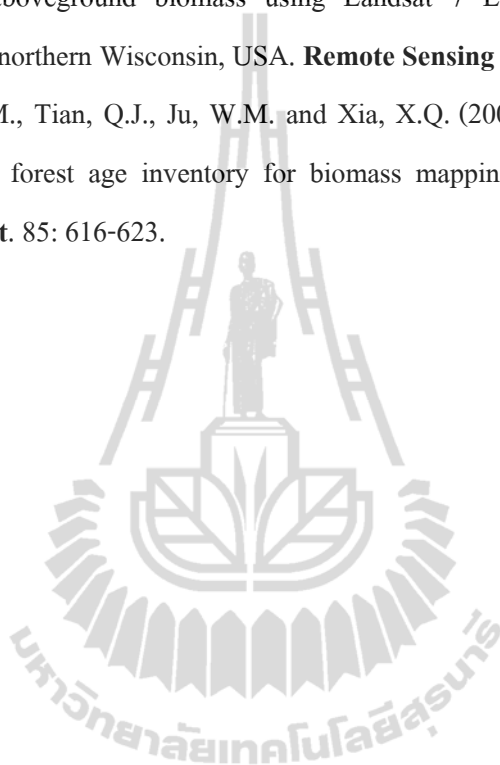
- เกียรติก้อง พิตรปรีชา, ธิติ วิสารัตน์, สมบูรณ์ กิระดิประยูร และชิงชัย วิริยะบัญชา. (2530). การประมาณมวลชีวภาพและปริมาตรรายต้นของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดดูเลนซิส. เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ 18. กรุงเทพฯ: งานนิเวศวิทยาป่าไม้ ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้.
- กรมป่าไม้. (2554). สถิติป่าไม้. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://web2.forest.go.th/stat/>.
- กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย. (2550). ความรู้อุตุนิยมหาวิทยาลัย. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86>.
- จิรนนท์ ชีระกุลพิศุทธิ์ และนันทนา คชเสนี. (2547). ศักยภาพการสะสมธาตุคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าทองผาภูมิ. ใน การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (หน้า 110-119). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัย และพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา, กิตินันท์ ศิวสะอาด และสิริรัตน์ จันทรมหเสถียร. (2548). การประเมินศักยภาพของกิจกรรมการปลูกสร้างสวนป่าใน การลดความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ใน การประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต (หน้า 119-136). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. (2548). การวิเคราะห์การถดถอย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประกายรัตน์ สุวรรณ. (2548). คู่มือการใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 12 สำหรับ Windows. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. (2538). ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภัทรสินี ภัทร โกลล. (2550). สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- รัชชาติ สุขสำราญ. (2548). การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพไม้ป่าชายเลน. เอกสารทางวิชาการ เลขที่ 15/2448. กรุงเทพฯ: สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ลดาวลัย พวงจิตร. (2552). การศึกษาติดตามการเจรจาเรื่อง REDD ในเวทีการเจรจาเรื่องโลกร้อนและนัยสำคัญต่อประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานสนับสนุนกองทุนวิจัย (สกว).
- วิษณุ คำรังสัจจ์ศิริ. (2544). การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรศักดิ์ กลิ่นดาว. (2550). การสำรวจจากระยะไกล: การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2551). ประชุมระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดกรอบการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าไม้. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://thainews.prd.go.th/view.php?m_newsid=255109090047&tb=N255109.
- กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. (2550). ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา. [ซีดี-รอม]. ได้จาก: สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. (2553). ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเทศไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://osl101.ldd.go.th/luse/LandUse.htm>.
- สิริวรรณ น้อยรักษา. (2553). การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประเมินการสะสมคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้สักในสวนป่าขุนแม่กามี จังหวัดแพร่ ประเทศไทย [ซีดี-รอม]. ใน การประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2553. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).
- สุกฤดี กระจ่างจันทร์. (2546). ประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณปริมาตรไม้ในสวนป่าเกรียงกระเวีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). GHG & Climate change. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=382&Itemid=81.

- อกินันท์ ชันธิราช. (2545). ประยุกต์ใช้ข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้และการประมาณมวลชีวภาพป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยทับทัน – ห้วยสำราญ จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chapman, S.B. and Moore, P.D. (1976). **In methods in plant ecology** (2nd ed.). London: Blackwell Scientific Publications.
- Cohen, W.B. (1991). Response of vegetation indices to changes in tree measures of leaf water stress. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 57(2): 195-202.
- Congalton, R.G. and Green, K. (1999). **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices** (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Crist, E.P. and Kauth, R.J. (1986). The tasseled cap de-mystified. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 52(1): 81-86.
- Edwards, P.J. and Grubb, P.J. (1977). Studies of mineral cycling in a Montane rain forest in New Guinea: The distribution of organic matter in the vegetation and soil. **Journal of Ecology**, 65: 43-69.
- ERDAS, Inc. (2010). **ERDAS Field Guide**. USA: ERDAS.
- Fagan, M. and DeFries, R. (2009). **Measurement and monitoring of the world's forests: A review and summary of remote sensing technical capability, 2009-2015**. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Gasparri, N.I., Parmuchi, M.G., Bono, J., Karszenbaum, H. and Montenegro, C.L. (2010). Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina. **Journal of Arid Environments**, 74: 1262-1270.
- Iglesias, C.O. (2007). Determination of carbon sequestration and storage capacity of eucalyptus plantation in Sra Kaew province, Thailand using remote sensing. M.Sc. thesis, Natural Resource Management Faculty of Graduate Studies, Mahidol University.
- IPCC. (2007). **Climate change 2007: The physical science basis**. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Jackson, T.J., Chen, D., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., Doriaswamy, P. and Hunt, E.R. (2004). Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. **Remote Sensing of Environment**. 92: 475-482.
- Jensen, J.R. (2005). **Introductory digital image processing: A remote sensing perspective**. (3th ed.). USA: Pearson Prentice Hall.
- Jensen, J.R. (2007). **Remote sensing of the environment: An earth resource** (2nd ed.). USA: Pearson Prentice Hall.
- Kauppi, P.E., Ausubel, J.H., Fang, J.Y., Mather, A.S., Sedjo, R.A. and Waggoner, P.E. (2006). Returning forests analyzed with the forest identity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**. 103(46): 17574-17579.
- Kira, T. and Shidei, T. (1967). Primary production and turnover of organic matter in different ecosystems of the Western Pacific. **Japanese Journal of Ecology**. 17: 70-87.
- Kittredge, J. (1944). Estimation of the amount of foliage of trees and stands. **Journal of Forestry**. 42(12): 905-912.
- Labrecque, S., Fournier, R.A., Luther, J.E. and Piercey, D. (2006). A comparison of four methods to map biomass from Landsat-TM and inventory data in Western Newfoundland. **Forest Ecology and Management**. 226: 129-144.
- Lu, D.S., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E. (2002). Above ground biomass estimation of successional and mature forests using TM image in the Amazon Basin. In D. Richardson and P. van Oosterom (Eds.). **Advances in Spatial Data Handling** (pp. 183-196). New York: Springer-Verlag.
- Ovinton, J.D. (1962). Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. **Advances in Ecological Research**. 1: 103-192.
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In **Proceedings of the Third ERTS Symposium Volume I: Technical Presentations** (pp. 309-317). Greenbelt: NASA.
- Satoo, T. and Senda, M. (1958). Materials for the studies of growth in stand. IV. Amount of leaves and production of wood in young plantation of *chamaecyparis obtusa*. **Departmental Bulletin Paper The Tokyo University Forests**. 54: 71-100.

- Srisuwan, S., Liangrocapart, S. and Nakapakorn, K. (2009). The estimate of teak plantation biomass from Landsat TM data. In **Proceedings of RSPSoc 2009 Annual Conference** (pp. 664-652). UK: Leicester.
- Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Moined, J.L. and Ryua, S.R. (2004). Estimating aboveground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. **Remote Sensing of Environment**. 93: 402-411.
- Zheng, G., Chen, J.M., Tian, Q.J., Ju, W.M. and Xia, X.Q. (2007). Combining remote sensing imagery and forest age inventory for biomass mapping. **Journal of Environmental Management**. 85: 616-623.







ภาควิชา ก

ตารางแสดงรายละเอียดรายแปลง

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงรายละเอียดของแปลงสำรวจยูคาลิปตัส

| No. | Plot | X | Y | Density | Spacing | DBH | | Avg. High | Biomass |
|-----|------|--------|---------|---------|---------|------|-------|--------------|----------|
| | | | | | | Min | Max | | |
| 1 | 1 | 181456 | 1647937 | 12x7 | 1.5 x 3 | 3.87 | 9.87 | 9.33 | 888.27 |
| 2 | 13 | 213281 | 1663112 | 11x7 | 2x3 | 3.50 | 6.05 | 5.72 | 337.49 |
| 3 | 15 | 233028 | 1670288 | 13x10 | 2x3 | 2.86 | 9.39 | 7.00 | 751.44 |
| 4 | 24 | 239779 | 1684114 | 13x8 | 1.5x3 | 2.22 | 7.80 | 7.63 | 656.51 |
| 5 | 25 | 261306 | 1694511 | 14x8 | 1.5x2.5 | 1.59 | 7.96 | 7.68 | 591.85 |
| 6 | 28 | 189380 | 1631588 | 10x10 | 2x2 | 3.82 | 7.64 | 9.46 | 899.88 |
| 7 | 29 | 191507 | 1630359 | 11x11 | 2x2 | 8.50 | 9.39 | 12.18 | 1,740.98 |
| 8 | 30 | 190932 | 1635188 | 10x9 | 2x2.5 | 4.77 | 8.28 | 8.75 | 900.72 |
| 9 | 35 | 207356 | 1641560 | 11x7 | 2x3 | 4.61 | 13.21 | 13.25 | 2,066.58 |
| 10 | 36 | 209530 | 1640688 | 12x7 | 2x3 | 6.68 | 12.10 | 11.92 | 2,390.60 |
| 11 | 38 | 205804 | 1647165 | 11x7 | 2x3 | 4.45 | 13.05 | 12.06 | 1,918.98 |
| 12 | 42 | 182957 | 1613691 | 11x9 | 2x2.5 | 2.70 | 9.71 | 9.41 | 772.91 |
| 13 | 43 | 187682 | 1613717 | 14x9 | 1.5x2.5 | 4.45 | 9.87 | 10.58 | 1,884.78 |
| 14 | 44 | 187583 | 1613613 | 14x9 | 1.5x2.5 | 2.86 | 11.62 | 13.44 | 2,693.77 |
| 15 | 46 | 234509 | 1681656 | 12x8 | 2x2.5 | 5.57 | 10.82 | 11.32 | 1,983.30 |
| 16 | 50 | 235753 | 1681188 | 12x7 | 2x3 | 4.49 | 11.62 | 11.43 | 1,815.85 |
| 17 | 54 | 237354 | 1680489 | 12x7 | 2x3 | 6.05 | 12.42 | 13.32 | 2,690.15 |
| 18 | 56 | 237932 | 1681059 | 12x7 | 2x3 | 4.14 | 13.30 | 13.62 | 2,769.18 |
| 19 | 57 | 239382 | 1680610 | 14x7 | 1.5x3 | 4.77 | 10.98 | 11.48 | 2,011.49 |
| 20 | 67 | 190461 | 1632361 | 10x7 | 2x3 | 7.00 | 12.42 | 13.42 | 2,196.59 |
| 21 | 68 | 203985 | 1646611 | 11x7 | 2x3 | 3.66 | 12.57 | 11.92 | 1,709.56 |
| 22 | 69 | 204479 | 1646739 | 11x7 | 2x3 | 6.68 | 15.60 | 15.33 | 2,865.24 |
| 23 | 70 | 186034 | 1612680 | 11x9 | 2x2 | 2.86 | 10.82 | 10.35 | 1,079.79 |
| 24 | 72 | 236205 | 1679013 | 12x8 | 2x3 | 3.87 | 11.14 | 11.02 | 2,014.19 |

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงรายละเอียดของแปลงสำรวจคุณภาพปัด (ต่อ)

| No. | Plot | X | Y | Density | Spacing | DBH | | Avg. High | Biomass |
|-----|------|--------|---------|---------|---------|------|-------|--------------|----------|
| | | | | | | Min | Max | | |
| 25 | 74 | 233058 | 1677816 | 11x8 | 2x3 | 2.86 | 11.14 | 12.35 | 2,506.30 |
| 26 | 75 | 234281 | 1677588 | 11x7 | 2x3 | 6.68 | 15.12 | 12.28 | 2,463.41 |
| 27 | 76 | 234357 | 1680911 | 10x7 | 2x3 | 6.84 | 12.89 | 14.17 | 3,256.92 |
| 28 | 77 | 235357 | 1681585 | 12x7 | 2x3 | 2.86 | 14.40 | 10.09 | 1,263.02 |
| 29 | 79 | 236181 | 1680510 | 12x7 | 2x3 | 2.70 | 11.78 | 12.02 | 1,713.40 |
| 30 | 81 | 239102 | 1680681 | 13x8 | 1.5x2.5 | 4.29 | 12.89 | 11.71 | 2,065.97 |
| 31 | 82 | 238800 | 1680355 | 12x7 | 2x3 | 4.77 | 10.19 | 11.82 | 2,180.45 |
| 32 | 85 | 240705 | 1683366 | 11x7 | 2x3 | 4.45 | 11.62 | 13.12 | 2,894.79 |
| 33 | 86 | 256506 | 1693962 | 10x7 | 2x3 | 5.57 | 13.37 | 11.75 | 1,778.77 |
| 34 | 88 | 260911 | 1693607 | 11x7 | 2x3 | 2.22 | 12.73 | 14.78 | 2,600.45 |
| 35 | 89 | 261149 | 1694118 | 15x7 | 1.5x3 | 3.18 | 12.73 | 10.52 | 1,613.79 |
| 36 | 90 | 263402 | 1695561 | 11x7 | 2x3 | 2.70 | 12.89 | 13.72 | 1,925.94 |
| 37 | 91 | 190605 | 1641389 | 11x7 | 2x3.5 | 3.66 | 12.42 | 15.44 | 2,607.61 |
| 38 | 94 | 206056 | 1646539 | 11x7 | 2x3 | 6.68 | 13.37 | 14.85 | 2,961.59 |
| 39 | 96 | 215706 | 1663467 | 10x7 | 2x3 | 4.14 | 16.87 | 17.65 | 3,886.66 |
| 40 | 97 | 236103 | 1678944 | 10x7 | 2x3 | 7.48 | 15.12 | 17.38 | 3,969.61 |
| 41 | 98 | 235159 | 1678638 | 12x7 | 2x3 | 5.09 | 15.44 | 12.85 | 2,380.54 |
| 42 | 99 | 237477 | 1680418 | 12X7 | 2X3 | 6.84 | 11.62 | 15.73 | 4,631.24 |
| 43 | 100 | 237279 | 1680588 | 12X7 | 2X3 | 5.41 | 15.44 | 15.20 | 3,439.84 |
| 44 | 101 | 237253 | 1680833 | 12X7 | 2X3 | 6.68 | 14.49 | 13.71 | 3,041.37 |
| 45 | 102 | 239760 | 1679316 | 10X7 | 2X3 | 6.68 | 13.05 | 14.34 | 2,930.84 |
| 46 | 103 | 241831 | 1680992 | 12X7 | 2X3 | 4.29 | 13.05 | 12.82 | 2,424.34 |
| 47 | 108 | 187831 | 1613664 | 7X7 | 3X3 | 3.02 | 11.78 | 17.73 | 3,099.95 |
| 48 | 110 | 201384 | 1643991 | 11x8 | 2x3 | 2.07 | 14.96 | 7.65 | 456.75 |

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงรายละเอียดของแปลงสำรวจยูคาลิปตัส (ต่อ)

| No. | Plot | X | Y | Density | Spacing | DBH | | Avg. High | Biomass |
|-----|------|--------|---------|---------|---------|------|-------|--------------|----------|
| | | | | | | Min | Max | | |
| 49 | 111 | 203827 | 1646764 | 11x7 | 2x3 | 2.07 | 5.57 | 7.39 | 511.81 |
| 50 | 113 | 234583 | 1681165 | 12x7 | 12x7 | 1.59 | 9.55 | 7.55 | 554.16 |
| 51 | 116 | 235682 | 1681589 | 14x7 | 2x3 | 1.91 | 7.00 | 1.50 | 333.22 |
| 52 | 123 | 244233 | 1681659 | 12x7 | 2x3 | 1.59 | 5.73 | 8.93 | 1,037.17 |
| 53 | 124 | 208138 | 1641745 | 8x7 | 3x3 | 2.22 | 8.75 | 13.90 | 1,564.00 |
| 54 | 125 | 202056 | 1646760 | 8x8 | 3x3 | 3.50 | 9.71 | 11.98 | 1,390.21 |
| 55 | 128 | 234634 | 1680788 | 14x8 | 1.5x3 | 2.54 | 10.50 | 13.17 | 2,596.63 |
| 56 | 129 | 240006 | 1679763 | 10x7 | 2x3 | 2.22 | 8.43 | 10.79 | 1,011.01 |
| 57 | 133 | 202232 | 1643837 | 7x8 | 3x3 | 2.22 | 6.36 | 12.52 | 1,472.46 |
| 58 | 134 | 203726 | 1643484 | 8x7 | 3x3 | 2.70 | 11.78 | 12.76 | 1,579.09 |
| 59 | 135 | 208479 | 1640667 | 8x10 | 2x3 | 3.34 | 10.98 | 11.84 | 1,922.20 |
| 60 | 136 | 202729 | 1646557 | 8x8 | 3x3 | 3.18 | 10.50 | 13.58 | 2,181.30 |
| 61 | 137 | 204534 | 1646916 | 7x8 | 3x3 | 2.86 | 11.62 | 12.66 | 1,670.23 |
| 62 | 139 | 237006 | 1681437 | 10x7 | 2x3 | 0.49 | 10.03 | 14.11 | 2,767.80 |
| 63 | 142 | 202227 | 1643261 | 7x7 | 3x3 | 3.66 | 14.80 | 11.89 | 1,240.77 |
| 64 | 146 | 189280 | 1630882 | 7x7 | 2.5x3 | 4.14 | 11.46 | 7.27 | 260.96 |
| 65 | 148 | 205938 | 1646817 | 8x7 | 2.5x3 | 1.59 | 8.91 | 8.55 | 940.21 |
| 66 | 149 | 179355 | 1622141 | 8x8 | 3x3 | 2.22 | 8.91 | 7.10 | 457.05 |
| 67 | 153 | 188657 | 1632041 | 10x6 | 2x4 | 1.59 | 8.12 | 12.34 | 1,311.05 |
| 68 | 155 | 191130 | 1643539 | 8x8 | 3x3 | 3.18 | 10.50 | 7.79 | 515.73 |
| 69 | 156 | 208784 | 1640144 | 7x8 | 3x3 | 2.54 | 8.91 | 8.95 | 994.49 |
| 70 | 160 | 217580 | 1662290 | 7x7 | 3x3 | 2.22 | 9.87 | 11.98 | 1,410.32 |
| 71 | 162 | 205763 | 1643669 | 8x8 | 2.5x3 | 3.02 | 10.35 | 15.45 | 1,604.35 |
| 72 | 164 | 217561 | 1663011 | 8x7 | 3x3.5 | 2.54 | 13.85 | 11.44 | 1,776.60 |

ที่มา: จากผลการวิเคราะห์



Ave. DBH = 3.5 cm

Ave. Height = 1.50m

Ave.No of trees/plot = 98



ภาพที่ ข-1 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 0-1 ปี

Ave. DBH = 5 cm

Ave. Height = 5.72 m

Ave.No of trees/plot = 77



ภาพที่ ข-2 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 0-1 ปี

Ave. DBH = 8.5 cm

Ave. Height = 10.58 m

Ave.No of trees/plot = 126



ภาพที่ ข-3 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 1-2 ปี

Ave. DBH = 10 cm

Ave. Height = 13.44 m

Ave.No of trees/plot = 126



ภาพที่ ข-4 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 2-3 ปี

Ave. DBH = 11.25 cm

Ave. Height = 17.73 m

Ave.No of trees/plot = 64



ภาพที่ ข-5 ยูคาลิปตัสอายุประมาณ 3-4 ปี

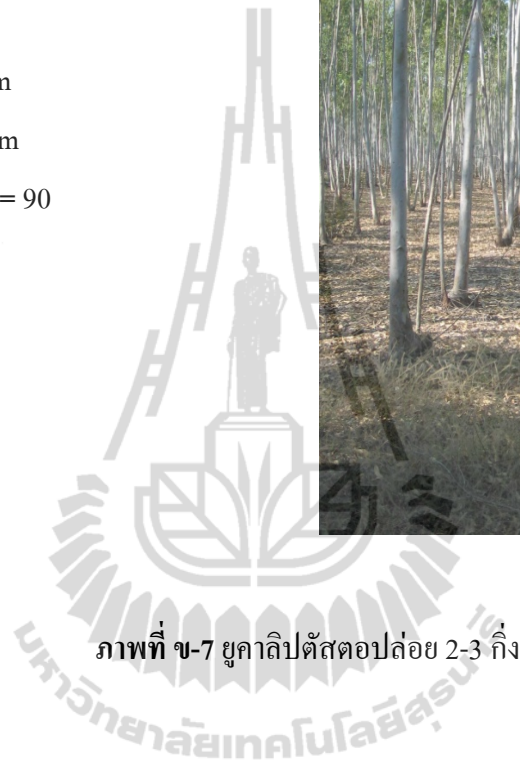


ภาพที่ ข-6 การแตกกิ่งของตอยูคาลิปตัส

Ave. DBH = 11.32 cm

Ave. Height = 13.72 m

Ave.No of trees/plot = 90



ภาพที่ ข-7 ยูคาลิปตัสตอปล้อย 2-3 กิ่ง

Ave. DBH = 10.21 cm

Ave. Height = 12.85 m

Ave.No of trees/plot = 130



ภาพที่ ข-8 ยูคาลิปตัสตอที่ไม่มีการตัดกิ่ง



ภาคผนวก ค

ค่าทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ SPSS

Regression

Variables Entered/Removed^a

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|-------------------|-------------------|---|
| 1 | Greenness | | Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100). |
| 2 | NDWI | | Stepwise (Criteria: Probability-of-F-to-enter <= .050, Probability-of-F-to-remove >= .100). |

a. Dependent Variable: BIOMASS

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .847 ^a | .718 | .713 | 533.011206 |
| 2 | .861 ^b | .741 | .731 | 515.717836 |

a. Predictors: (Constant), Greenness

b. Predictors: (Constant), Greenness, NDWI

ANOVA^c

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|--------------|---------|-------------------|
| 1 | Regression | 38361141.145 | 1 | 38361141.145 | 135.026 | .000 ^a |
| | Residual | 15057350.124 | 53 | 284100.946 | | |
| | Total | 53418491.270 | 54 | | | |
| 2 | Regression | 39588317.176 | 2 | 19794158.588 | 74.424 | .000 ^b |
| | Residual | 13830174.094 | 52 | 265964.886 | | |
| | Total | 53418491.270 | 54 | | | |

a. Predictors: (Constant), Greenness

b. Predictors: (Constant), Greenness, NDWI

c. Dependent Variable: BIOMASS

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Beta |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | | |
| 1 | (Constant) | 661.011 | 135.423 | | 4.881 | .000 | |
| | Greenness | 127.288 | 10.954 | .847 | 11.620 | .000 | |
| 2 | (Constant) | 1113.145 | 247.939 | | 4.490 | .000 | |
| | Greenness | 78.316 | 25.142 | .521 | 3.115 | .003 | |
| | NDWI | 2561.736 | 1192.595 | .360 | 2.148 | .036 | |

ภาพที่ ค-1 ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้นที่ใช้ฟังก์ชันการวิเคราะห์ถดถอยแบบมีขั้นตอน

Regression

Variables Entered/Removed^a

| Model | Variables Entered | Variables Removed | Method |
|-------|-------------------------------------|-------------------|--------|
| 1 | Estimate _{๑๐} ^a | . | Enter |

a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: Observed

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .930 ^a | .865 | .856 | 242.703 |

a. Predictors: (Constant), Estimate_{๑๐}

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 5665570.205 | 1 | 5665570.205 | 96.182 | .000 ^a |
| | Residual | 883671.677 | 15 | 58904.778 | | |
| | Total | 6549141.882 | 16 | | | |

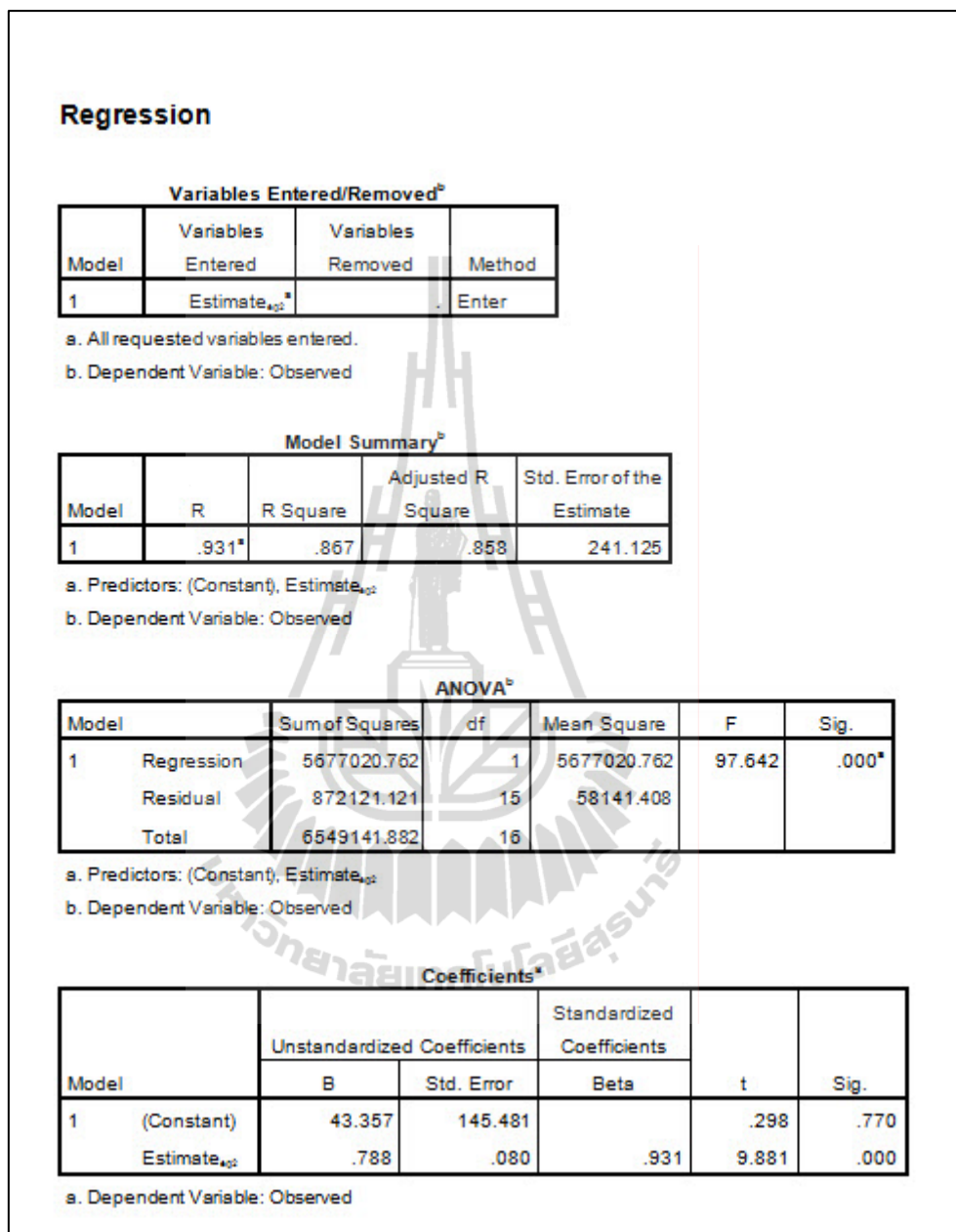
a. Predictors: (Constant), Estimate_{๑๐}
b. Dependent Variable: Observed

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 102.747 | 141.032 | | .729 | .478 |
| | Estimate _{๑๐} | .759 | .077 | .930 | 9.807 | .000 |

a. Dependent Variable: Observed

ภาพที่ ค-2 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 1) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)



ภาพที่ ค-3 ผลวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นของค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินระหว่างค่าประมาณ (สมการที่ 2) และค่าสังเกตการณ์ (สำรวจภาคสนาม)

ประวัติผู้เขียน

| | |
|-----------------|--|
| ชื่อ | นายพิทักษ์ ไชยลังกา |
| วันเดือนปีเกิด | วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2525 |
| สถานที่เกิด | 156 หมู่ 10 ตำบลปงน้อย อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย |
| ประวัติการศึกษา | |
| พ.ศ. 2538 | ชั้นประถมศึกษา โรงเรียนบ้านปงน้อย อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย |
| พ.ศ. 2541 | ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสามัคคีวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย |
| พ.ศ. 2544 | ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย |
| พ.ศ. 2549 | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ |

ประสบการณ์การทำงาน

- ร่วมเป็นคณะทำงานศึกษาโครงการศึกษาเบื้องต้นมาตรฐานระบบภูมิสารสนเทศ ISO/TC211 ISO/DIS 19144-1: Classification Systems Part 1: Classification System Structure นำเสนอสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) รับผิดชอบโดยสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ร่วมเป็นคณะทำงานศึกษาโครงการศึกษาเพื่อจัดทำร่างมาตรฐานระบบภูมิสารสนเทศ ISO/TC211 ISO 19107: Geographic information - Spatial schema นำเสนอสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) รับผิดชอบโดยสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การนำเสนอผลงาน

- สุวิทย์ อ่องสมหวัง และ พิทักษ์ ไชยลังกา (2553). แบบจำลองการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2553. ณ อิมแพ็ค คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี, ประเทศไทย.