



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรป่าไม้)

ปริญญา

การจัดการทรัพยากรป่าไม้

การจัดการป่าไม้

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุ  
ควนเค็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

Above-ground Carbon Stock and Carbon Loss Assessment of Trees in Khuan  
Khaeng Swamp Forest after severe Burning in 2012 using Satellite Imagery

นามผู้วิจัย นางสาววรรณพร แป้นนวล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจน์เขจร ชูชีพ, Dr.rer.nat. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์วิพัทธ์ จินตนา, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญชัย ดวงสถาพร, วท.ด. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็ง  
หลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

Above-ground Carbon Stock and Carbon Loss Assessment of Trees in Khuan Khaeng  
Swamp Forest after severe Burning in 2012 using Satellite Imagery

โดย

นางสาววรรณพร แป้นนวล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรป่าไม้)  
พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณพร แป้นนวล 2558: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ปริญญุณวทยาการศึกษาระดับบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรป่าไม้) สาขาการจัดการทรัพยากรป่าไม้ ภาควิชาการจัดการป่าไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจน์เชจร ชูชีพ, Dr.rer.nat. 107 หน้า

การศึกษาเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็ง หลังจากการเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 เริ่มจากการจำแนกสภาพป่าตามความสมบูรณ์และผลกระทบจากไฟป่าจากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลการแปลแล้วจัดทำเป็นชั้นข้อมูลแผนที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ในแต่ละสภาพป่า เก็บวัดความโตและความสูงของไม้ต้นในภาคสนามเพื่อนำมาคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสม พร้อมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่างไม้ยืนต้นตายจากอิทธิพลไฟป่านำมาอบแห้งเพื่อสร้างสมการแอลโลเมตรีและหาค่าความเข้มข้นของคาร์บอน จากนั้นทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่คำนวณได้ และนำปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามไปหาความสัมพันธ์เชิงเส้นกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) แล้วนำสมการที่ดีที่สุดไปประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินเชิงพื้นที่ของป่าพรุควนเคร็ง

ผลการศึกษาพบว่า การแปลภาพมีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 73.02 (Kappa coefficient = 0.64) ได้สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายอันเป็นชนิดพันธุ์เด่นในพื้นที่คือ  $W = 0.0381(D^2H)^{0.8952}$  มีค่า  $R^2 = 0.93$  (W คือ มวลชีวภาพ) และความเข้มข้นของคาร์บอนมีค่าเท่ากับร้อยละ 48.21 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อทำการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในแต่ละสภาพป่าของพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเนื้อที่ของปริมาณคาร์บอนที่ประมาณจากมวลชีวภาพพื้นฐานของสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุควนเคร็งรวมทั้งพื้นที่เท่ากับ 161,488.27 ตันคาร์บอน ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 19.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 2.92 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 11.03 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียจากพื้นที่ไปเท่ากับ 13,180.19 ตันคาร์บอน ในขณะที่การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) (ตัวแปรอิสระ) ด้วยการใช้การถดถอยได้สมการที่ดีที่สุดคือ  $CS = 0.0323(G-R) - 6.5495$  มีค่า  $R^2 = 0.2126$  (CS คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน) เมื่อนำสมการไปประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมทั้งพื้นที่ป่าเท่ากับ 158,137.14 ตันคาร์บอน ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 5.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 1.34 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 3.60 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียออกจากพื้นที่เท่ากับ 4,295.81 ตันคาร์บอน ซึ่งการประมาณวิธีนี้ได้ค่าต่ำกว่าการประมาณแบบดั้งเดิม

Wannaporn Pannual 2015: Above-ground Carbon Stock and Carbon Loss Assessment of Trees in Khuan Khaeng Swamp Forest after severe Burning in 2012 using Satellite Imagery. Master of Science (Forest Resource Management), Major Field: Forest Resource Management, Department of Forest Management. Thesis Advisor: Assistant Professor Kankhajane Chuchip, Dr.rer.nat. 107 pages.

This study aimed to assess the above-ground carbon stock and carbon loss of trees in Khuan Khaeng swamp forest after severe burning in 2012. Firstly, the swamp area was classified into different land use and land cover types affected by forest fire using the supervised classification of Thaichote image. Then, ground truth and accuracy assessment have been done. Consequently, the classified image was improved quality through the post-classification technique. The classified image data was then transformed into GIS layers. A number of 30x30 meter sample plots was randomly established in each forest class. The total height and DBH of trees in the plots were measured as variables for calculating the above-ground biomass based on appropriate allometric equations. Some dead trees found in the study area were also sampled to measure dry weight in order to perform specific allometric equations, and to find the percentage of carbon concentration. The linear relationship between the data of carbon stock per unit area derived from allometric calculation and Landsat 8 (OLI) image data were analyzed to find a best fit regression model. Finally, the amount of above-ground carbon stock and carbon loss for the whole area of Khuan Khaeng swamp forest were spatially estimated using the derived regression modal.

The results showed that the overall accuracy of satellite image classification was 73.02% (Kappa coefficient = 0.64). The best-suited allometric equation for estimating the above-ground biomass of the dead swamp tea-tree (*Melaleuca cajuputi*), dominant species in this area, was  $W = 0.0381(D^2H)^{0.8952}$  ( $R^2 = 0.93$ ) ( $W =$  Biomass). The concentration of carbon by dry weight was about 48.21%. The total above-ground biomass of the Khuan Khaeng swamp forest was 37.92 ton per hectare and 17.83 ton-carbon per hectare, averagely. Based on the conventional method that relied on field data measurement and allometric analysis, the total amount of above-ground carbon stock of the whole study area was 161,488.27 tons. The average above-ground carbon loss of the swamp forest was 19.14 ton-carbon per hectare and 2.92 ton-carbon per hectare for degraded forest. The average above-ground carbon loss was about 11.03 ton-carbon per hectare. The total loss of above-ground carbon of the whole study area was 13,180.19 tons. The best regression equation for estimating the spatial above-ground carbon stock per unit area from Landsat 8 (OLI) image data for this site was  $CS = 0.0323 (G-R) - 6.5495$  ( $R^2 = 0.2126$ ) ( $CS =$  Above-ground carbon stock). Using this model, the total above-ground carbon stock for the study area was 158,137.14 tons. The average above-ground carbon loss of the swamp forest was 5.85 ton-carbon per hectare and 1.34 ton-carbon per hectare for degraded forest. The average above-ground carbon loss was 3.60 ton-carbon per hectare. The total above-ground carbon loss for the study area was 4,295.81 tons.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจน์เขจร ชูชีพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.วิพัทธ์ จินตนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนให้การคำชี้แนะและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปัสสี ประสมสินธ์ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ สำหรับนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มอบทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยประเภทวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2556 เพื่อใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณหัวหน้างานกร รักษาธรรม และเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟฟ้าพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนครศรีธรรมราชทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และอนุเคราะห์สถานที่พัก อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นิสิตคณะวนศาสตร์ ที่เสียสละเวลาช่วยเหลือทั้งแรงใจและร่างกายในการรวบรวมข้อมูลและเก็บข้อมูลภาคสนามจนสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและอุปการะเลี้ยงดู ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ตลอดจนสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจตลอดมา หากประโยชน์อันใดที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้พึงมีผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ทุกประการ

วรรณพร แป้นนวล  
พฤศจิกายน 2557

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	87
สรุป	87
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	91
ภาคผนวก	98
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	107

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษา	19
2	ลักษณะและรายละเอียดของดาวเทียมไทยโชต	21
3	ระบบบันทึกข้อมูล Enhanced Thematic Mapper Plus บนดาวเทียม Landsat 7	23
4	ความละเอียดช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8	26
5	สมการแอลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณค่ามวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าพรุในพื้นที่ศึกษา	39
6	รูปแบบสมการของช่วงคลื่น และดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้	40
7	ผลการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความเป็นไปได้สูงสุด ประกอบกับการแปลด้วยสายตา (visual interpretation)	42
8	ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล	45
9	ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล	45
10	ผลการจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง	46
11	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ (เช่นติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัมต่อตัน) ในรูปสมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย	51
12	ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และมวลชีวภาพที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่าง	52
13	ผลการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	56
14	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากมวลชีวภาพกับค่าเฉลี่ยร้อยละของความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้ง ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่าง	57
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ของแต่ละสภาพป่า	60
16	ผลการทดสอบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ระหว่างสภาพป่าแต่ละคู่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม และไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	61
17	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม และไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	62
18	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม และไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	63
19	ค่าดัชนีพืชพรรณบริเวณที่การเปิดหน้าดินหรือไม่มีพืชพรรณปกคลุม (NDVIsoil)	63

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ค่าดัชนีพืชพรรณบริเวณที่พืชพรรณ (NDVIveg)	64
21	ค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ	66
22	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่นำไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI)	69
23	แปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง เพื่อนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น G-R	81
24	แปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง สำหรับตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น G-R	82
25	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและค่าประมาณจากสมการด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI)	84
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	รายชื่อพันธุ์ไม้ที่สำรวจพบในป่าพรุบริเวณพื้นที่ศึกษา	99
2	อันตรายจากชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) ของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 บริเวณพื้นที่ศึกษา	100
3	น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และร้อยละความชื้นของไม้ตัวอย่าง เพื่อศึกษาหามวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 บริเวณพื้นที่ศึกษา	100

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชที่แตกต่างสภาพกัน	17
2	ดาวเทียมไทยโชต	22
3	คุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมไทยโชต	22
4	ดาวเทียม Landsat 7	24
5	ดาวเทียม Landsat 8	25
6	เปรียบเทียบความยาวช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 7 (แถวล่าง) และ ดาวเทียม Landsat 8 (แถบบน)	27
7	ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช	32
8	กระบวนการศึกษาทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้	34
9	รูปร่างและขนาดแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	37
10	ผลการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความเป็นไปได้สูงสุด ประกอบกับการแปลด้วยสายตา (visual interpretation)	43
11	จุดตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM <sup>+</sup> )	44
12	ผลการจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง	47
13	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	48
14	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	49
15	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	49
16	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	50
17	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555	50
18	มวลชีวภาพที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี ตามสภาพป่าต่างๆ	55
19	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากมวลชีวภาพกับค่าเฉลี่ยร้อยละของความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้ง ตามสภาพป่าต่างๆ	59
20	จุดที่อ่านค่า NDVIsoil และ NDVIveg	65



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ผลการตรวจสอบค่าความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและที่ได้จากการแทนค่าในสมการของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ซึ่งทำการทดสอบจำนวน 10 แปลง ด้วยวิธีการทดสอบแบบ t-test	101
2	ผลการตรวจสอบค่าความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและค่าประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ด้วยวิธีการทดสอบแบบ t-test	102
3	สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณป่าพรุสมบูรณ์	103
4	สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณป่าพรุเสื่อมโทรม	104
5	สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	105
6	สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	106

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุ  
ควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจาก  
ดาวเทียม

Above-ground Carbon Stock and Carbon Loss Assessment of Trees in  
Khuan Khaeng Swamp Forest after severe Burning in 2012 using Satellite  
Imagery

คำนำ

การบุกรุกและทำลายป่าเพื่อเป็นที่ทำกินมักก่อให้เกิดปัญหาไฟป่า ที่สามารถพบได้ทั่วทุกภาค  
ของประเทศ ตัวอย่างเช่น การเกิดไฟป่าบริเวณป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ช่วงเดือน  
มีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ที่เกิดขึ้นถึง 115 ครั้ง โดยเกิดขึ้นในพื้นที่ราบและเป็นพื้นที่ที่มี  
ความเปราะบางทางระบบนิเวศ ทำให้มีพื้นที่เสียหายประมาณ 9,913 ไร่ ซึ่งอยู่ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่า  
ทะเลน้อย เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ่อล้อ และป่าสงวนแห่งชาติ (สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 5, 2555)  
สาเหตุเกิดจากปริมาณน้ำในป่าพรุลดลงเนื่องจากภัยแล้ง ประกอบกับดินป่าพรุมีปริมาณซากพืชทับถม  
อยู่ที่ผิวดินเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เป็นเชื้อเพลิงอย่างดีของการเกิดไฟไหม้ นอกจากนี้ ยังมีการบุกรุก  
แผ้วถางและเผาป่าเสริม เพื่อปรับสภาพพื้นที่และขุดร่องเพื่อปลูกปาล์มน้ำมัน ทำให้น้ำไหลลงสู่ร่องคูที่  
มีระดับต่ำกว่า ส่งผลให้พื้นที่ป่าไม่สามารถเก็บน้ำได้เหมือนเดิมในช่วงฤดูฝน อีกทั้งมีการใช้น้ำเพื่อ  
การเกษตรในพื้นที่ข้างเคียงเพิ่มขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,  
2554)

ผลจากการเกิดไฟป่าดังกล่าว ทำให้สภาพพื้นที่ป่าพรุเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ระบบนิเวศของ  
ป่าพรุเริ่มสูญเสียสิ่งปกคลุมดิน สภาพแวดล้อมในป่าพรุเปลี่ยนแปลงจากไฟป่า นอกจากนี้ยังเป็นการ  
ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) สู่อากาศ และยังทำให้ความสามารถในการกักเก็บ  
คาร์บอนของป่าลดลง อันเป็นที่ยอมรับกันว่ามีส่วนที่จะส่งผลกระทบต่อเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพ  
ภูมิอากาศได้ ดังนั้น การได้ทราบถึงข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และการสูญเสียคาร์บอนเหนือ  
พื้นดินของสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่ป่าพรุ จากการเกิดไฟป่าดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อ  
ดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ป่าพรุ และยังเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ประชาสัมพันธ์ให้  
ประชาชนทั่วไปได้ทราบถึงความเสียหายที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ตระหนักในการร่วมมือกันแก้ปัญหาการ  
บุกรุกพื้นที่และเผาป่าให้มากขึ้น

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้ ถือได้ว่าเป็น  
ความสำคัญอย่างยิ่งในระดับโลก จะเห็นได้จากการที่พิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ได้มีการ  
ยอมรับเอาประเด็นของการใช้ที่ดิน (land use) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use change) และ  
ป่าไม้ (forest) เป็นส่วนหนึ่งของการพิจารณาเพื่อให้เกิดการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโลก  
อย่างเป็นทางการ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนของป่าธรรมชาติปกติมัก

ต้องใช้งบประมาณสูง เพราะการสำรวจในพื้นที่ให้ครอบคลุมทั่วถึงกระทำได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) เข้ามาช่วยประเมิน เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมได้จากการวัดค่าการสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินในช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน สามารถใช้ประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าไม้ที่มีขนาดพื้นที่กว้างใหญ่ได้รวดเร็ว ใช้งบประมาณน้อยลง การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยประมาณจากค่ามวลชีวภาพที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตรีด้วยค่าความโต (DBH) และความสูง (H) ของต้นไม้ที่วัดได้จากแปลงตัวอย่าง และการประมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) และดัชนีภาพ ประเมินแบบเชิงพื้นที่ด้วยสมการถดถอยที่สร้างจากความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับค่าคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ที่หาได้จากภาคสนาม

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินหาการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ประมาณจากค่ามวลชีวภาพด้วยสมการแอลโลเมตรี
2. เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในการประเมินหาการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน เชิงพื้นที่ในป่าพรุควนเคร็ง



## การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการตรวจเอกสารออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

- ส่วนที่ 1 ความหมายและความสำคัญของป่าพรุ
- ส่วนที่ 2 มวลชีวภาพ
- ส่วนที่ 3 การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้
- ส่วนที่ 4 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการรับรู้ระยะไกล
- ส่วนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ส่วนที่ 6 สถานที่ทำการศึกษา

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### ความหมายและความสำคัญของป่าพรุ

#### นิยามและความหมาย

นิวัติ (2542) ได้ให้ความหมายของป่าพรุหรือป่าบึง (swamp forest) ไว้ว่าเป็น ป่าที่อยู่ตามที่ราบลุ่มมีน้ำขังอยู่เสมอ และตามริมฝั่งทะเลเข้ามาที่มีโคลนเลน ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี แบ่งเป็นชนิดย่อยๆ ได้อีก 2 ชนิด คือ ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด (fresh water swamp forest) ป่าประเภทนี้อยู่ถัดจากชายฝั่งทะเลเข้ามา หรือบริเวณที่ลุ่มที่มีการทับถมของซากพืชและอินทรีย์วัตถุที่ไม่สลายตัว จะมีน้ำท่วมหรือขึ้นแฉะตลอดปี ดินเป็นดินตะกอนหรือโคลนตม และป่าชายเลน (mangrove swamp forest) ป่าชนิดนี้จะขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเลที่มีดินโคลน และน้ำทะเลท่วมถึงในทำนองเดียวกัน ประเสริฐ (2542) ให้ความหมายไว้ว่า ป่าพรุ คือ สังคมป่าดงดิบพิเศษชนิดหนึ่ง เกิดในที่ลุ่มน้ำขัง ความชื้นสูง ประกอบด้วยดิน น้ำ อากาศ พืช สัตว์ และสภาพแวดล้อมต่างๆ อันมีซากพืชและอินทรีย์วัตถุรวมอยู่บนผิวดินหนา 0.5-5 เมตร หรือมากกว่า ในป่าพรุสมบูรณ์มีค่าความเป็นกรดต่าง 4.5-6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,560 มิลลิเมตรต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 77-83 นอกจากนี้ ธนิตย์ (2547) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ป่าพรุ เป็นป่าชุ่มน้ำประเภทหนึ่ง ที่มีต้นไม้อ่อนขึ้นบนชั้นของซากพืชหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า พีท (peat) ในพื้นที่มีน้ำขังเกือบทั้งปี ป่าพรุถือว่าเป็นป่าดงดิบชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ไม่ผลัดใบ เกิดจากอิทธิพลของสภาพดินที่มีน้ำขังติดต่อกันยาวนาน เป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งจากการสำรวจป่าพรุในประเทศไทยมีรายงานสำรวจพบพรรณไม้มีดอก 109 วงศ์ 437 ชนิด เฟิร์น 15 วงศ์ 33 ชนิด (จำลอง, 2534) โดยเมื่อเทียบกับป่าชายเลนมีการสำรวจพบพรรณไม้เพียง 35 วงศ์ 74 ชนิด (Santisuk, 1983) จึงนับว่าป่าพรุ เป็นป่าที่มีสังคมพืชสลับซับซ้อนมาก

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ป่าพรุ คือ สังคมพืชที่ขึ้นอยู่ในที่ลุ่มที่มีการทับถมของซากพืชและอินทรีย์วัตถุหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า พีท (peat) จะมีน้ำท่วมขังหรือขึ้นแฉะตลอดปี ดินเป็นดินตะกอนหรือโคลนตม ป่าพรุเป็นสังคมพืชป่าไม้ผลัดใบประเภทหนึ่งที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว และ

เป็นป่าที่มีสังคมพืชสลับซับซ้อนมาก ป่าพรุเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การเกษตร ป่าไม้ ประมง และอุตสาหกรรม ธนิตย์ (2547) กล่าวว่า ป่าพรุมีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

## 1. ประโยชน์ทางตรง

1.1 ใช้เป็นแหล่งจับสัตว์น้ำ ทั้งจับปลาเพื่อการบริโภค และจับปลาสวยงามมาเลี้ยงและส่งขาย

1.2 ใช้เป็นแหล่งเก็บหาของป่า เช่น เก็บหาผลหลุมพี เทียะ เงาะป่า หู และมะม่วงป่า ซึ่งนำมารับประทานและส่งขายเพิ่มรายได้ เก็บใบสาकुมาทำจากมุงหลังคา ตัดต้นสาकुมาสกัดเอาแป้ง และนำไปใช้เลี้ยงหนอนสาकु เก็บหาน้ำผึ้ง เห็ด โดยเฉพาะเห็ดเสม็ด มีรสชาติเป็นที่นิยมมาก เก็บใบเฟิร์นสามร้อยยอดมาปักแจกันบูชาพระ เก็บยอดผักกูด ยอดลำเท็ง มารับประทาน เก็บใบกะพ้อมาห่อขนม เก็บเมล็ดหมากแดงมาเพาะชำและส่งขาย เก็บกระจุต เตยหอม ย่านลิเภา และหวาย มาทำเครื่องจักสาน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเก็บหายาสมุนไพร

1.3 ใช้เป็นแหล่งหาไม้ใช้สอย ไม้พิน และไม้แปรรูป มีการนำดินอินทรีย์มาใช้เป็นวัสดุเพาะชำและปลูกต้นไม้

1.4 ใช้พื้นที่เป็นแหล่งปลูกพืชเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน และเป็นสถานที่เลี้ยงสัตว์

## 2. ประโยชน์ทางอ้อม

2.1 เป็นแหล่งเพาะพันธุ์และที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิด

2.2 เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ช่วยควบคุมระบบนิเวศของโลก

2.3 เป็นแหล่งรักษาพันธุกรรมของพืชและสัตว์

2.4 เป็นแหล่งรองรับน้ำที่เปรียบเสมือนเขื่อนขนาดใหญ่ สำหรับรองรับน้ำไว้ใน การเกษตรและน้ำใช้สอย รวมทั้งเป็นพื้นที่สำหรับป้องกันน้ำท่วม

2.5 เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าวิจัย และใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่งดงาม

ธนิตย์ (2547) ได้กล่าวว่า ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยคงเหลือพื้นที่ป่าพรุที่มีสภาพสมบูรณ์ จำนวนน้อยมาก คือ ประมาณ 56,450 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ที่ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส สถานการณ์ปัจจุบันของป่าพรุ พบว่า ยังมีการบุกรุกพื้นที่ป่าพรุ เพื่อใช้ทำการเกษตรกรรม มีการตัดไม้ออกจากป่า

เพื่อการแปรรูป การเผาถ่านจนเกินกำลังผลิตของป่า และปัญหาไฟป่าเผาทำลายป่าพรุในฤดูแล้ง จนน่าวิตกว่าในอนาคตข้างหน้าป่าพรุสมบูรณ์จะหมดไปจากประเทศไทย

## สภาพแวดล้อมทั่วไปในป่าพรุ

### 1. สังคมพืชในป่าพรุ

ธนิตย์ (2547) กล่าวว่า สังคมพืชป่าพรุ มีลักษณะพิเศษของพรรณไม้โดยเฉพาะในส่วนของระบบรากแตกต่างไปจากสังคมพืชอื่น โดยมีการพัฒนาระบบรากให้ตัวเองสามารถอยู่รอดได้ในพื้นที่ดินพรุ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทับถมของซากพืชที่รวมตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ และมีน้ำท่วมขัง โดยพืชพัฒนาให้มีรากพิเศษ ได้แก่ รากเดี่ยวตั้งตรงคล้ายหมุด เช่น รากของอ้ายบัว (*Stemonurus secundiflorus*) หวายสะเดาน้ำ (*Korthalsia lacinososa*) และปาล์มหลุมพี (*Eleiodoxa conferta*) รากโค้งคล้ายบ่วง เช่น รากของซ้อลีแยยากา (*Xylopiia fusca*) ตังหนใบใหญ่ (*Calophyllum sclerophyllum*) รากที่มีลักษณะพับลงคล้ายหัวเข่า เช่น รากของสะเดี้ยว (*Ganua motleyana*) ขี้หนอนพรุ (*Camposperma coriaceum*) กะบวย (*Alstonia spathulata*) และรากคล้ายกับง่ามสะตือคคว่า เช่น รากของต้นหยงป่า (*Elaeocarpus macrocerus*) เป็นต้น ในด้านความหลากหลายของพรรณไม้ในป่าพรุในประเทศไทย พบว่า มีความหลากหลายของพรรณไม้มากกว่าป่าพรุในต่างประเทศมาก กล่าวคือ ป่าพรุในประเทศไทยมีพรรณไม้มากกว่า 470 ชนิด 109 วงศ์ (จำลอง, 2534) ในขณะที่ต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย ที่เกาะกาลิมันตัน มีพรรณไม้เพียง 310 ชนิด 78 วงศ์ (Simbolon and Mirmanto, 1999) ในประเทศรัสเซีย มีพรรณไม้เพียง 55 ชนิด (Grabovik, 1996) ประเทศในแถบยุโรปตอนกลางมีพรรณไม้ป่าพรุทั้งหมดประมาณ 250 ชนิด (Brauckmann, 1996) โดยพรรณไม้ชนิดที่เด่นๆ ในป่าพรุแถบต่างๆ ของโลก พบว่า มีการกระจายพันธุ์ที่ผันแปรแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม (Dugan, 1990)

พันธุ์ไม้ที่ขึ้นในป่าพรุ เช่น สำโรง (*Scaphium lychmophorum*) จิกนม (*Palaquium gutta*) จิกนาหรือกระโดนน้ำ (*Barringtonia acutangula*) กะเบาหน้า (*Hydnocarpus anthelminthicus*) หงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*) กันเกรา (*Fagraea fragrans*) และหลาวชะโอน (*Oncosperma tigillaria*) เป็นต้น (นิวัติ, 2542)

### 2. สัตว์ป่าในป่าพรุ

ธนิตย์ (2547) ได้มีผลการสำรวจและศึกษาชนิดพันธุ์สัตว์ พบสัตว์มากกว่า 325 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่สามารถปรับตัวเองให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการอาศัยอยู่ในป่า ซ่อนตัวอยู่ตามโคนต้นไม้ บนต้นไม้ โพรงไม้ รากไม้ หรือในที่ที่เป็นโคกที่สูงพ้นการท่วมขังของน้ำ ทั้งนี้เพราะตามธรรมชาติของป่าพรุนั้น มีจุดที่เป็นที่ลุ่มน้ำขัง สลับกับโคกที่เกิดจากการยกตัวของรากพืช สำหรับในน้ำเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ซึ่งแม้ว่าน้ำในป่าพรุจะมีสีคล้ายสีของน้ำข่า และมีรสฝาดปนเปรี้ยวอันเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของซากพืชและอินทรีย์วัตถุ แต่แหล่งน้ำในป่าพรุก็เป็นแหล่งอาหาร และแหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ เช่น ปลาช่อน (*Channa striata*) ปลาดุกลำพัน (*Clarias*

*nieuhoffi*) ปลาไหล (*Monopterus albus*) ปลากะพง (*Channa lucius*) และปลาหายากที่ค้นพบใหม่ในป่าพรุ คือ ปลากะแมะ (*Chaca bankanensis*) ซึ่งมีรูปร่างส่วนหัวปานคล้ายกับปลาโบราณ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบ 17 ชนิด เช่น เขียดตะปาด (*Polypedates leucomystax*) เต่า (Turtle) และเขียดว้าก (*Rana glandulosa*) พบมากกว่า 196 ชนิด บางชนิดเป็นนกกินปลา เช่น นกหัวขวาน นกเงือกดำ นกตะกรุม สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบ 62 ชนิด เช่น หมี หมูป่า เสือดำ ค่างควาว แมวป่า ลิง ค่าง และกระรอก สัตว์เลื้อยคลาน พบ 50 ชนิด รวมทั้งพบสัตว์ในป่าพรุซึ่งพบครั้งแรกในประเทศไทย เช่น ค่างควาวตายัค กระรอกบินแฉ้มแดง หนูสิงคโปร์ นกกางเขนหางแดง นกจับแมลงสีฟ้า พันธุ์มาเลเซีย นอกจากนี้มีสัตว์ป่าที่หายาก และใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ แมวป่าหัวแบน อีเห็นน้ำ เขี้ยวปลาใหญ่หัวเทา สัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้พบเฉพาะในป่าพรุเท่านั้น ส่วนในป่าเสม็ดขาวซึ่งเป็นป่าทดแทน หลังจากป่าพรุที่สมบูรณ์ถูกทำลาย พบสัตว์ป่าทั้งหมด 135 ชนิด จำแนกเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 23 ชนิด สัตว์ปีก 89 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 21 ชนิด (ศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติป่าพรุสิรินธร, 2539)

### 3. ดินในป่าพรุ

ดินในป่าพรุส่วนใหญ่เป็นดินอินทรีย์ที่เกิดจากการทับถมของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาและยังไม่สลายตัว เนื่องจากพื้นที่ป่าพรุส่วนใหญ่มีน้ำท่วมขัง ทำให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างช้าๆ และชั้นดินมีความหนาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาการสะสมของชั้นอินทรีย์วัตถุ และปัจจัยการเสี้ยวที่ถูกทำลาย เช่น ไฟป่า เป็นต้น ในประเทศไทย พบว่า ชั้นของดินอินทรีย์มีความหนาแน่นสูงสุดเพียง 3.8 เมตร ในบางประเทศ เช่น ในประเทศเยอรมนี ที่แคว้น Bavaria มีชั้นดินอินทรีย์หนาถึง 18 เมตร และบางพื้นที่ของประเทศโปแลนด์ พบชั้นดินอินทรีย์มีความหนาถึง 20 เมตร (ธนิตย์, 2547)

คุณสมบัติของดินอินทรีย์ในป่าพรุ พบว่า เป็นดินที่มีความหนาแน่นรวมต่ำมาก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.2 กรัมต่อมิลลิกรัม ซึ่งดินทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3-1.6 กรัมต่อมิลลิกรัม ดังนั้น ดินป่าพรุจึงเป็นดินที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรม สีของดินพรุมีสีแตกต่างกันตามชั้นของความลึก คือ มีสี dark gray ถึง dark reddish brown จัดอยู่ในจำพวก fibric มีการสลายตัวอยู่ระหว่าง slightly decomposed ถึง semi decomposed เป็นดินที่มีความเป็นกรดจัด คือ มีค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ประมาณ 4.4 ในดินชั้นบน และ 4.2 ในดินชั้นล่าง (Takai, 1996)

จากการตรวจเอกสารพบว่า ป่าพรุเป็นหนึ่งในระบบนิเวศธรรมชาติที่มีความสำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของโลกที่มีคุณค่าสำคัญสำหรับการควบคุมภูมิอากาศ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ และการสนับสนุนความอุดมสมบูรณ์ทางธรรมชาติ ป่าพรุเป็นระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีลักษณะพิเศษโดยเป็นแหล่งสะสมอินทรีย์วัตถุที่เรียกว่า "พีท" ซึ่งเกิดจากการสะสมของซากพืช ซากอินทรีย์ มีน้ำท่วมขังหรือชื้นแฉะตลอดปี ถ้ามีการบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ที่ไม่เหมาะสมจะนำไปสู่ความเสื่อมโทรมของป่าพรุ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความหลากหลายทางชีวภาพ การทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศของป่าพรุเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้มีข้อมูลสำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์จากป่าพรุ การป้องกันไม่ให้ป่าพรุเสื่อมโทรม ทราบถึงบทบาทของป่าพรุในการกักเก็บคาร์บอน เป็นต้น

## มวลชีวภาพ

### นิยามและความหมาย

Demoll (1972) กล่าวว่า มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึง ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใดๆ มวลชีวภาพอาจวัดได้ในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักอินทรีย์สาร ไม่รวมถึงน้ำหนักขี้เถ้า (ash-free dry weight) น้ำหนักคาร์บอน แคลอรีหรือหน่วยอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์การเปรียบเทียบโดยอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ หรือในรูปพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี ในขณะที่เดียวกัน Ovington (1962) ได้กล่าวไว้ว่า มวลชีวภาพ หมายถึง มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใดๆ มวลของสิ่งมีชีวิตนี้ประกอบด้วย มวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ ซึ่งมวลชีวภาพอาจหาได้ในรูปของน้ำหนักสด (fresh weight) น้ำหนักแห้ง (dry weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้าหรือน้ำหนักคาร์บอน (carbon weight) ซึ่งมีหน่วยเป็นแคลอรี (Odum, 1963) แต่โดยทั่วไปนิยมหาออกมาใช้ในรูปแบบน้ำหนักแห้ง ที่อาจมีหน่วยเป็นตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสอดคล้องกับพงษ์ศักดิ์ (2538) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า มวลชีวภาพ หมายถึง น้ำหนักของพืชที่วัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักแห้งของพืชที่ปราศจากขี้เถ้า อาจเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดันหรือต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งหมายถึงมวลชีวภาพของพืชทั้งกลุ่ม ทั้งหมู่ไม้หรือทั้งสังคมพืช

Brown (1997) ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า มวลชีวภาพ คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนที่มีชีวิตทั้งหมดของพืชที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาเป็นพลังงานเคมีที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์โดยนำธาตุอาหารมาจากดินและอากาศมาใช้ ซึ่งสารอินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพซึ่งวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่

จากคำนิยาม และความหมายข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ว่า มวลชีวภาพ หมายถึง ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใดๆ ที่สามารถวัดออกมาได้ในรูปของน้ำหนักสด (fresh weight) น้ำหนักแห้ง (dry weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้าหรือน้ำหนักคาร์บอน (carbon weight) โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดันหรือต่อหน่วยพื้นที่

### การประมาณค่ามวลชีวภาพ

โดยปกติมวลชีวภาพจะรวมทั้งของพืชและของสัตว์ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของพืชพรรณที่เป็นป่าเท่านั้น ซึ่งสามารถแยกออกเป็นมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน และมวลชีวภาพที่อยู่ใต้พื้นดิน โดยทั่วไปจะมีข้อมูลที่ถูกต้องพิมพ์ออกมาในรูปแบบของมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินมากกว่าใต้พื้นดินที่มีขีดจำกัดในการศึกษา มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินในที่นี้จะป็นน้ำหนักหรือมวลทั้งสิ้นของต้นไม้ต้นหนึ่งหรือหลายๆ ต้นในผืนป่าที่กำหนดน้ำหนักทั้งสิ้น ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ ทั้งนี้ไม่รวมถึงรากและตอที่ตัดแล้ว (Edward and Grubb, 1977) วิธีหามวลชีวภาพที่อยู่เหนือ

พื้นดินของพื้นที่ป่ามีอยู่หลายวิธี พงษ์ศักดิ์ (2538) กล่าวว่าไว้ว่า นักนิเวศวิทยาชาวญี่ปุ่น ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี (allometry method) ระหว่างมิติ (dimension) ต่างๆ ของต้นไม้ กับอีกวิธีหนึ่งที่เรียกว่า stratified clip technique ซึ่งเป็นเทคนิคง่ายๆ ในการตัดฟันส่วนของพืชที่อยู่เหนือพื้นดินออกเป็นชั้นๆ ในแนวราบโดยใช้ช่วงความหนาแน่นของชั้นเท่าๆ กัน ซึ่งการใช้เทคนิคนี้กับสังคมพืชป่าไม่ต้องใช้แรงงาน และเวลาค่อนข้างมาก แต่มีประโยชน์มาก เนื่องจากคุณสมบัติทั้งทางสัณฐานวิทยาและทางสรีรวิทยาของใบไม้ และของเนื้อไม้มันจะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่อยู่ภายในช่องว่างของป่า (forest space)

วิธีการหาค่ามวลชีวภาพนั้น Komiyama *et al.* (1988) ได้แบ่งการหาออกเป็น 3 วิธี คือ 1) การชั่งน้ำหนักสด โดยการตัดพืชทุกชนิดที่อยู่ในพื้นที่ออกให้หมด แล้วนำไปทำการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้น และทำการชั่งน้ำหนักแห้ง นำมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักสด เพื่อหามวลชีวภาพที่แท้จริง แต่วิธีนี้เป็นวิธีการที่ยุ่งยาก และใช้แรงงานคน เวลา ขบประมาณค่อนข้างสูง แต่ก็ได้ผลที่แม่นยำ 2) การเลือกตัดโดยหาค่าเฉลี่ย (mean tree) ใช้ได้ดีกับไม้ต้นที่มีรูปแบบเดียวกัน และป่าที่มีอายุน้อย 3) การชั่งน้ำหนักของตัวอย่างบางส่วน แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่าวิธีการทางแอลโลเมตรี (allometric method)

วิธีทางแอลโลเมตรีถูกนำมาใช้ศึกษานิเวศวิทยาของป่าไม้เป็นครั้งแรกโดย Kittredge (1944) มีรูปแบบสมการคือ

$$\log W_L = b \log D - a \quad (1)$$

โดยใช้ประมาณหามวลชีวภาพของใบไม้ต่อต้น ( $W_L$ ) จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH or D) ซึ่งเป็นกรณีหนึ่งของกฎทางแอลโลเมตรี (law of allometry) ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ทางด้านมิติของต้นไม้สองอย่าง คือ ตัวแปร  $x$  และ  $y$  ในรูป

$$y = Ax^h \quad (2)$$

หรือ  $\log y = h \log x + \log A$  เมื่อ  $A$  และ  $h$  เป็นค่าคงที่

พงษ์ศักดิ์ (2538) ระบุว่า การใช้สมการนี้ ถ้ามิติใดมิติหนึ่งวัดได้ยาก และสามารถวัดอีกมิติหนึ่งได้โดยง่าย ก็สามารถประมาณหาค่าอีกมิติหนึ่งได้ไม่ยาก ในกรณีของต้นไม้ค่า DBH เป็นมิติที่วัดได้ง่าย และในการประมาณหาค่ามวลชีวภาพก็ใช้ค่านี้อย่างไรก็ตาม กรณีที่มวลชีวภาพเป็นน้ำหนักของลำต้นไม้ต่อต้น ( $W_s$ ) (ในการใช้สัญลักษณ์  $W$  นิยมใช้แทนปริมาณของต้นไม้ 1 ต้น แต่  $y$  ใช้แทนมวลชีวภาพของต้นไม้ต่อกลุ่ม ต่อหมู่ไม้ (stand) หรือต่อหน่วยพื้นที่ดิน) สมการดังกล่าว คือ

$$W_s = AD^h \quad (3)$$

อย่างไรก็ตาม ค่าคงที่ A และ h ในสมการข้างต้นจะแตกต่างกันไปแล้วแต่กลุ่มหรือหมู่ไม้ของป่าสาเหตุจากความแตกต่างของอายุของหมู่ไม้ (stand age) ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (stand density) และสภาวะแวดล้อม (environment condition) สามารถแก้ไขให้หมดไปได้โดยใช้ตัวแปรอิสระ (x) ในสมการ 2 ตัว โดยสมการนิยามให้ค่า x เป็นค่ารวมกันระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (D) และความสูง (H) เพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการวัดข้อมูล (Ogawa and Kira, 1977) โดยจะอยู่ในรูปต่อไปนี้

$$W_s = A(D^2H)^h \quad (4)$$

การหามวลชีวภาพของกิ่ง ( $W_B$ ) ต่อดันสามารถประมาณออกมาได้ เช่นเดียวกันกับลำต้น หากทราบความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ระหว่าง  $W_B$  กับ D หรือ  $W_B$  กับ  $D^2H$  แต่เมื่อใช้ความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ระหว่าง  $W_s$  กับ  $D^2H$  แล้วมักนิยามประมาณมวลชีวภาพของกิ่ง จากสมการต่อไปนี้

$$W_B = AW_s^h \quad (5)$$

ในการประมาณมวลชีวภาพของใบ Ogawa *et al.* (1965) ระบุว่ามวลชีวภาพของใบต่อดัน ( $W_L$ ) สามารถหาได้โดยอาศัยน้ำหนักของลำต้นต่อดัน ( $W_s$ ) ในการประมาณมวลชีวภาพของดั่งสมการต่อไปนี้

$$\frac{1}{W_L} = \frac{1}{AW_s^h} + \frac{1}{B} \quad (6)$$

เมื่อ A, h และ B เป็นค่าคงที่

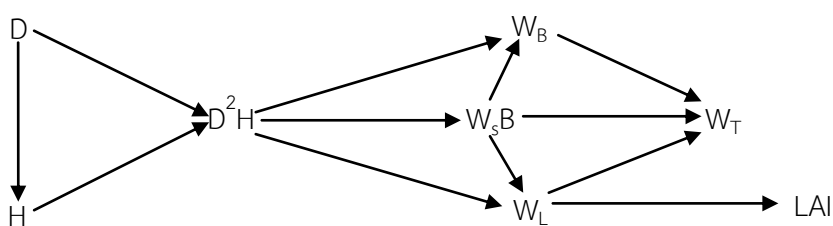
สำหรับการประมาณหาพื้นที่ผิวใบของใบไม้ จะอาศัยความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรีระหว่างดัชนีพื้นที่ผิวใบ (leaf area index: LAI) ทั้งหมดของต้นไม้ต้นหนึ่ง กับน้ำหนักของใบไม้ต่อดัน ( $W_L$ ) โดยระบุเป็นดัชนีพื้นที่ใบ จะอยู่ในรูปสมการต่อไปนี้

$$LAI = AW_L^h \quad (7)$$

นอกจากนี้ Ogawa *et al.* (1961) ได้เขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวใบ และมวลชีวภาพไว้ คือ

$$LAI = A(D^2H)^h \quad (8)$$

Kato *et al.* (1978) สรุปว่า วิธีการทางแอลโลเมตรีสามารถใช้ให้สัมพันธ์กันในการคำนวณดัังภาพต่อไปนี้



เมื่อ  $W_S$  คือ น้ำหนักของลำต้น (weight of stem)  
 $W_B$  คือ น้ำหนักของกิ่ง (weight of branches)  
 $W_L$  คือ น้ำหนักของใบ (weight of leaves)  
 $W_T$  คือ น้ำหนักของต้นไม้ (weight of tree)  
 LAI คือ พื้นที่ใบ (leaf area index)

เมื่อได้ค่าพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้หนึ่งต้น สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่า อัตราส่วนของพื้นที่ผิวใบต่อพื้นผิวดินซึ่งเรียกว่า ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และมวลชีวภาพของต้นไม้ในแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง ใบ) หรือทั้งต้น ทั้งหมู่ไม้ (stand) ทั้งแปลงหรือทั้งป่าได้เช่นเดียวกัน ในการประเมินค่ามวลชีวภาพ โดยใช้ความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรีสำหรับการประเมินค่ามวลชีวภาพของไม้ในป่า จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัด และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสำหรับไม้เนื้อแข็ง ทั้งหมดสามารถที่จะประมาณหาพื้นที่หน้าตัด และยังพบว่าการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเรือนยอดสูงสุด (top-canopy height) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสำหรับป่าผลัดใบสามารถที่จะทำการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินทางด้านความสูงของเรือนยอดได้โดยการสำรวจจากภาคสนาม เพราะว่ามวลชีวภาพของป่าในเขตร้อนจะมีการประเมินค่าจากข้อมูลการสำรวจป่าไม้ (Iverson *et al.*, 1994) โดยปริมาณของไม้ที่ได้จากการสำรวจตามธรรมชาติจะแบ่งได้หลายชั้นตามระดับความละเอียดที่ต้องการ และข้อมูลพื้นฐานนี้จะเป็นข้อมูลสำหรับป่าแต่ละประเภทที่จะจำแนกต่อไป (Cannell, 1982)

จากการตรวจเอกสารพบว่า มวลชีวภาพ คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนที่มีชีวิตทั้งหมดที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง มวลชีวภาพสามารถแยกออกเป็นมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินและมวลชีวภาพที่อยู่ใต้พื้นดิน การศึกษามวลชีวภาพของหมู่ไม้มีประโยชน์อย่างมาก เพราะจะทำให้เราทราบปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (มวลชีวภาพ : คาร์บอน = 1 : 0.47) ซึ่งการศึกษามวลชีวภาพของหมู่ไม้ นับเป็นส่วนสำคัญอีกด้านหนึ่งของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต วิธีการคำนวณหาค่ามวลชีวภาพมีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายและรวดเร็ว คือ การหามวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตรี โดยอาศัยข้อมูลด้านความโตและความสูงของหมู่ไม้แทนค่าในสมการ ก็สามารถคำนวณหามวลชีวภาพได้

## การกักเก็บคาร์บอนและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้

ระบบนิเวศป่าไม้มีบทบาทในวงจรของคาร์บอน (carbon cycle) ทั้งเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และดูดซับเข้าไปเก็บไว้โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช โดยจะนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหาร และเก็บกักไว้ในรูปของมวลชีวภาพ ในขณะเดียวกันก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ การตาย และการย่อยสลายของเศษซากพืช ป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์นั้น ถือว่ามีความสมดุล มีผลผลิตสุทธิโดยรวมเป็นศูนย์ จึงไม่มีการเก็บกักหรือการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากป่าเหล่านี้ ซึ่งป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์เหลือน้อยมากในปัจจุบัน ปัญหาที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคป่าไม้ คือ การลดลงของพื้นที่ป่า หรือการเปลี่ยนสภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดินไปเป็นประเภทอื่น เช่น การเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย การตัดไม้ การเผาป่า เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สะสมอยู่ในรูปของมวลชีวภาพ ตลอดจนคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินเป็นเวลานาน ในทางกลับกันหากมีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มมากขึ้น ป่าไม้จะทำหน้าที่กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกทางหนึ่ง

ลดวอล์ย (2547) กล่าวว่า ภาคป่าไม้ในประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 99.6 ล้านตัน และมีการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการปลูกป่าและการฟื้นคืนธรรมชาติของป่าจำนวน 39.1 ล้านตัน ดังนั้น ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิจากสาขาป่าไม้จึงมีค่าเท่ากับ 60.5 ล้านตัน การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติหรือสวนป่าแต่ละชนิดหรือแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับ 1) ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่างๆ ของต้นไม้แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของป่าธรรมชาติและสวนป่า และ 2) ผลผลิตมวลชีวภาพของป่า โดยทั่วไปปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพมีความผันแปรไม่มากนัก IPCC (2006) จึงกำหนดให้ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2555ก) กล่าวว่า ในปัจจุบันป่าพรุครอบคลุมพื้นที่โลกเพียงร้อยละ 3 แต่พรมีคาร์บอนสะสมอยู่อย่างน้อย 550 GT ซึ่งเทียบเท่ากับ 30 เพอร์เซ็นต์ ของคาร์บอนในดิน 75 เพอร์เซ็นต์ ของปริมาณคาร์บอนในอากาศ ซึ่งเท่ากับปริมาณคาร์บอนของมวลชีวภาพป่าไม้ของโลก ทำให้พรมีแหล่งกักเก็บคาร์บอนระยะยาวของระบบนิเวศบนบก ในบริเวณขั้วโลกมีการกักเก็บคาร์บอน 3.5 เทา เขตขั้วโลกเหนือกักเก็บได้ 7 เทา และเขตร้อนขึ้นกักเก็บได้ 10 เทา ของปริมาณคาร์บอนในดิน ป่าพรุจะกักเก็บคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพ ชั้นของซากพืช ซากสัตว์ และแร่ธาตุในดิน ซึ่งแต่ละแห่งมีการเปลี่ยนแปลงและการหมุนเวียนตลอดเวลา

จากการตรวจเอกสาร พบว่า ป่าไม้มีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) โดยป่าไม้จะมีบทบาททั้งในการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บ (sink) และแหล่งปลดปล่อย (source) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง กลายเป็นมวลชีวภาพ โดยถูกจัดเก็บในรูปของคาร์บอนในเนื้อไม้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ซึ่งในขณะเดียวกันป่าไม้ก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าสู่บรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ

การตาย การย่อยสลายของเศษซากพืช และการถูกเผาไหม้ ปัญหาที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคป่าไม้ คือ การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพที่ถูกเผาไหม้ออกสู่อากาศ ดังนั้น การได้ทราบถึงการปลดปล่อยคาร์บอนของป่าพรุออกสู่อากาศ จะทำให้เรามีข้อมูลสำหรับการป้องกัน แก้ไข การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าพรุ เช่น ปัญหาไฟป่า ปัญหาการบุกรุกพื้นที่ เป็นต้น

### แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการรับรู้ระยะไกล

#### นิยาม และความหมาย

Swain and David (1978) ได้ให้ความหมายของการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ว่าเป็นการวัดหรือตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุบนโลกโดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยอาศัยอุปกรณ์รับสัญญาณ (sensor) ที่สะท้อนหรือปล่อยออกมาจากทรัพยากรบนโลกโดยอาศัยคุณสมบัติพิเศษของแต่ละทรัพยากรที่สะท้อนหรือปล่อยออกมา เพื่อที่จะทราบว่าทรัพยากรนั้นคืออะไร มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ในทำนองเดียวกัน Lillesand and Kiefer (1994) ได้กล่าวไว้ว่า การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ซึ่งสอดคล้องกับสุรชัย (2536) กล่าวว่า การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ต่างๆ จากเครื่องบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal)

จากคำนิยามและความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การรับรู้ระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี ของการได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกมาจากวัตถุ (sensor) เช่น กล้องถ่ายรูป (camera) หรือเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral scanner) ที่ถูกติดตั้งบนยานพาหนะหรือยานสำรวจ (platform) เช่น เครื่องบินหรือดาวเทียม หลังจากนั้นข้อมูลที่ถูกบันทึกจะถูกนำมาวิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูลภาพด้วยสายตาและด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการแปลไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

#### กระบวนการของการรับรู้ระยะไกล

โดยทั่วไปพื้นฐานเกี่ยวกับการรับรู้ระยะไกลมีอยู่ด้วยกัน 2 กระบวนการ (ซรัตัน, 2540) คือ

1. การได้มาซึ่งข้อมูล (data acquisition) องค์ประกอบของการได้มาซึ่งข้อมูลประกอบด้วย แหล่งพลังงาน (energy source) การเคลื่อนที่ของพลังงาน (propagation of energy) ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับลักษณะพื้นผิวโลก (interaction with the target) ระบบการบันทึกข้อมูล (sensor

system) และข้อมูลที่ได้รับทั้งในรูปของรูปภาพและข้อมูลเชิงตัวเลข โดยทั่วไปแล้วจะใช้เครื่องบันทึก (sensor) บันทึกการสะท้อนหรือการเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ 1) การแปลภาพ ทั้งวิธีใช้สายตา (visual) และใช้ข้อมูลเชิงตัวเลขวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computerized analysis) โดยมีข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ ประกอบ ได้แก่ แผนที่ดินสัถิติของการปลูกพืชและอื่นๆ 2) ผลผลิตของการแปลภาพทั้งในรูปแผนที่หรือตัวเลข

### ลักษณะข้อมูลภาพที่ได้จากการรับรู้ระยะไกล

การได้มาซึ่งข้อมูลภาพ (image data) จากดาวเทียมประเภทต่างๆ ของระบบการรับรู้ระยะไกล Landsberg and Gower (1997) กล่าวว่า โดยปกติเครื่องมือที่ติดตั้งบนดาวเทียมเป็นเครื่องมือวัดแบบพาสซีฟ (passive sensor) วัดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่หรือสะท้อนจากผิวโลก เมื่อได้รับพลังงานและความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ที่อัตรา  $2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ mon}^{-1}$  จะมีรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ถึงพื้นผิวโลก (Howard, 1991) สาเหตุจากที่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะถูกดูดกลืนไว้ (absorption) สะท้อนกลับ (reflectance) และเกิดการกระจัดกระจาย (scattering) นั่นขึ้นอยู่กับเมฆ ก๊าซ ฝุ่นละออง และอนุภาคอื่นๆ ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ ส่วนรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหลือเมื่อผ่านสู่พื้นผิวโลกจะถูกทำการดูดกลืน สะท้อน และกระจัดกระจายพลังงานของรังสี (คลื่นสั้น) ในรูปแบบต่างๆ เมื่อพื้นผิวโลกดูดกลืนพลังงานของรังสีคลื่นสั้นไว้แล้ว หลังจากนั้นจะปล่อยออกมาในรูปของรังสีคลื่นยาวที่สะท้อนจากพื้นผิวโลกในลักษณะต่างๆ เครื่องวัดของยานสำรวจ มีประมาณ 8-15 เปอร์เซ็นต์ของรังสีที่เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ โดยพบการสะท้อนของหิมะประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ป่าไม้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดินชั้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ น้ำประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (Howard, 1991)

ข้อมูลที่ได้จากพลังงานที่สะท้อนเข้าสู่เครื่องวัด จะถูกเก็บในรูปของข้อมูลดิจิทัล โดยมีโครงสร้างในรูปของตารางกริด ที่มีการอ้างอิงพิกัดเชิงพื้นที่ตามตำแหน่งของแถว (row) และสดมภ์ (column) (ศุทธิณี, 2549) โดยแต่ละช่องกริดเรียกว่า จุดภาพ (pixel) ในแต่ละจุดภาพจะเป็นค่าตัวเลขเต็มบวกที่เรียกว่า ค่าหลักเลข (digital number: DN) ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นตัวแทนของการแผ่รังสี (radiance or spectral brightness or reflectance value) ในข้อมูลดาวเทียมหรืออาจจะเป็นค่าระดับความสูง (elevation) ค่าความลาดชัน (slope gradient) ก็ได้ (กาญจน์เขจร, 2541) ถึงแม้ข้อมูลภาพที่ได้ไม่ได้บ่งบอกโดยตรงเกี่ยวกับค่าตัวแปรของสิ่งที่สนใจต่างๆ แต่ข้อมูลภาพจะมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่สนใจนั้นๆ ทำให้เครื่องวัดรังสีที่สะท้อนจากสภาพพื้นผิวโลกในช่วงของความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นผิวโลกลักษณะต่างๆ อย่างมากมาย (Landsberg and Gower, 1997)

## การประมวลผลข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล

ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดของข้อมูล (data error) ได้แก่ ความผิดพลาดเชิงคลื่น (radiometric errors) ส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลของกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศหรือจากข้อบกพร่องของเครื่องมือตรวจวัดข้อมูลนั้นๆ และความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (geometric errors) ซึ่งเกิดจากการหมุนรอบตัวเองของโลก การโค้งตัวของเปลือกโลก การโคจรของดาวเทียม เป็นต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)
2. การเน้นภาพ (image enhancement) หมายถึง การปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาของภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพใหม่ที่มีความชัดขึ้น ง่ายต่อการนำมาแปลด้วยสายตา และเพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์ การเน้นภาพจึงนับได้ว่าเป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้เตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ในงานประมวลผลข้อมูลเชิงตัวเลข (สมพร, 2543)
3. การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (image classification) ประกอบด้วย การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่กำกับ (unsupervised classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบกำกับ (supervised classification) (สมพร, 2552)

3.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่กำกับ (unsupervised classification) การจำแนกประเภทข้อมูลวิธีนี้ ขึ้นอยู่กับค่าสถิติการสะท้อนแสงข้อมูลเพียงอย่างเดียว ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลก่อนการจำแนก มักจะใช้ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเสริมเพียงพอในพื้นที่ศึกษา เป็นการนำเอาจุดภาพหรือกลุ่มจุดภาพภายในข้อมูลมาแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามคุณลักษณะด้านการสะท้อนแสงที่คล้ายกัน เรียกว่า เทคนิคการรวมกลุ่ม (clustering) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การรวมกลุ่มแบบลำดับขั้น (hierarchical clustering) และการรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับขั้น (non-hierarchical clustering) ได้แก่ วิธี ISODATA (iterative self organizing data analysis) และวิธี K-mean (sequential clustering)

3.2 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบกำกับ (supervised classification) เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข โดยใช้ค่าสถิติที่คำนวณได้จากพื้นที่ตัวอย่างมาสร้างกลุ่ม ตามขั้นตอนวิธี ของการจำแนก 3 ประเภท ได้แก่

3.2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (minimum distance to means) เป็นการจำแนกที่ง่ายและทำงานได้เร็วที่สุด

3.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคู่ขนาน (parallelepiped classification or box classifier) เป็นการจำแนกที่นิยมใช้มากสุดในงานประมวลผลข้อมูล เพราะทำงานได้รวดเร็วมีขีดความสามารถในการคำนวณสูง การทำงานของวิธีนี้เป็นการจำแนกจุดภาพออก

โดยกำหนดค่าจำนวนตัวเลขต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละช่วงคลื่น หรือใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเสมือนกับเอกรอบสี่เหลี่ยมไปวางรอบๆ ชั้นข้อมูลในข้อมูลตัวอย่าง จุดภาพก็จะถูกจำแนกตามกลุ่มที่ตกอยู่ในขอบเขตของกรอบสี่เหลี่ยม การจำแนกประเภทข้อมูลวิธีนี้นิยมใช้มากที่สุดในงานประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม เพราะทำงานได้รวดเร็ว มีขีดความสามารถในการคำนวณสูง แต่ความถูกต้องอาจต่ำ และอาจต้องมีการแปลงข้อมูลให้เป็นภาพองค์ประกอบหลักก่อน เพื่อลดค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างแบนด์

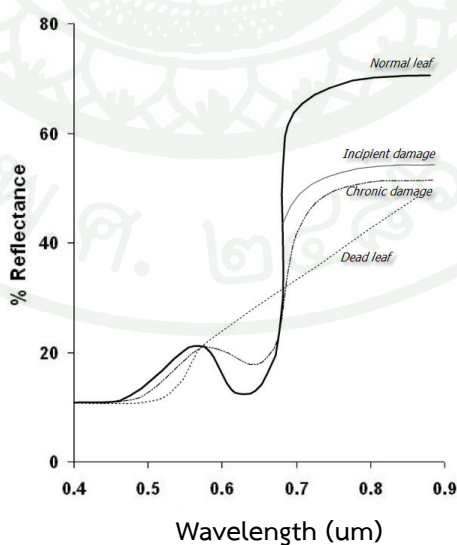
3.2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood classifier) เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการคำนวณมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ หลักการทำงาน คือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (normal distribute) การกระจายตัวของจุดภาพรอบๆ ค่าเฉลี่ย อธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็นหรือ “probability function” ข้อดีของวิธีนี้ คือ มีความถูกต้องมากที่สุด จึงได้รับความนิยมมาก แต่มีข้อจำกัด คือ ใช้เวลาในการคำนวณมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำงานกับข้อมูลหลายช่วงคลื่น หรือใช้ข้อมูลที่มีกลุ่มค่าสะท้อนแสงที่แตกต่างกันจำนวนมาก ดังนั้น การประมาณผลจึงใช้เวลาค่อนข้างมาก ปัญหาดังกล่าวก็สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการลดขนาดของข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์แบบองค์ประกอบหลัก (PCA) ก่อนที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภท เป็นต้น

### ช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ

Lillesand and Kiefer (1994) กล่าวว่า การปรากฏให้เห็นภาพของวัตถุเกิดขึ้นเนื่องจากการสะท้อนแสงของวัตถุ และสาเหตุที่ทำให้ต้นไม้ปรากฏภาพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ เช่น การเรียงตัวของใบ รูปแบบของใบ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ชนิดของดิน และสภาพภูมิประเทศ ดังนั้น ข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลที่ใช้สำหรับจุดประสงค์ทางด้านป่าไม้ เช่น ชนิดป่า สภาพป่า ดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) โครงสร้างป่า มวลชีวภาพของไม้ (biomass) โดยมากการหาช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการให้ข้อมูลของพืชพรรณมักจะนำช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น (visible) กับช่วงอินฟราเรดใกล้ (near infrared) มาใช้ประโยชน์ ซึ่งพืชพรรณจะมีความผันแปรสูงระหว่างช่วงคลื่นสีแดงที่ถูกคลื่นมากกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่มีการสะท้อนมาก

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552) พบว่า ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน 0.45-0.65 ไมโครเมตร และสีแดง 0.6-0.7 ไมโครเมตร แต่สะท้อนพลังงานสีเขียว 0.5-0.6 ไมโครเมตร ดังนั้น ดวงตามนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น แห้งหรือเหี่ยว ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงก็จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้น ในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน 0.7-1.3 ไมโครเมตร การสะท้อนพลังงานของใบพืชสูงมาก คือ สะท้อนพลังงานประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งลักษณะของการสะท้อนพลังงานนี้เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างภายในใบของพืช (cell structure) มีลักษณะโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้น การสะท้อนพลังงานในช่วงนี้ก็จะสามารถจำแนกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้จะใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันการสะท้อน

พลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดสะท้อนของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบ จะมีความแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์กว่า ดังนั้น ระบบการรับรู้ระยะไกลสามารถบันทึกค่าสะท้อนของช่วงคลื่นนี้ได้ สามารถใช้สำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ ในช่วงคลื่นที่มีความยาวสูงกว่า 1.3 ไมโครเมตร พลังงานส่วนใหญ่ถูกดูดกลืนหรือสะท้อนมีการส่งผ่านพลังงานน้อยมาก มักพบค่าต่ำลงที่ 1.4, 1.9 และ 2.7 ไมโครเมตร เพราะว่าในช่วงเหล่านี้น้ำในใบพืชจะดูดกลืนพลังงาน จึงเรียกว่า water absorption band ดังนั้น ค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชแปรผกผันกับปริมาณน้ำทั้งหมดในใบพืช เช่นเดียวกับ Price and Bausch (1995) ยังพบว่าคลื่นแสงสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดเป็นช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการแสดงค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ และประมาณหาผลผลิตของป่าไม้ได้ดี คลื่นแสงสีแดงจะถูกดูดซับโดยคลอโรฟิลล์เป็นปริมาณมาก แหล่งพลังงานของช่วงอินฟราเรดจะกระจาย และแผ่พลังงานรังสีได้สูงจากเรือนยอดโดยอิทธิพลของโครงสร้างภายในใบพืช ปกติแล้วค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจะมีความสัมพันธ์อย่างมากในความแตกต่างระหว่างพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดและช่วงแสงสีแดง ที่แสดงค่าความแตกต่างเป็นตัวเลข นอกจากนี้ ประสงค์ (2553) กล่าวว่า ลักษณะการสะท้อนคลื่นแสงของพืชป่าไม้ยังมีปัจจัยเกี่ยวกับ ชนิด องค์ประกอบในสังคมพืช ความหนาแน่น จำนวนชั้นเรือนยอด และไม้พื้นล่าง โดยพบว่า ป่าไม้ที่มีความหลากหลายในด้านชนิดพันธุ์เรือนยอดมีหลายชั้นเรือนยอด พื้นป่ารกทึบ จะมีค่าการสะท้อนแสงต่ำกว่า ดูดซับแสงได้ดีกว่าป่าโปร่งที่มีไม้กระจัดกระจาย รวมถึงสวนป่า สวนยางพาราหรือสวนผลไม้ที่มีไม้เพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ ปัจจัยที่เกี่ยวกับฤดูกาลยังทำให้ค่าการสะท้อนคลื่นแสงมากกว่าปกติ เนื่องจากปริมาณใบลดลง และมีการสะท้อนกลับโดยพื้นดินในปริมาณที่มาก ใบพืชบางชนิด เช่น ใบโกกาทที่ขึ้นในบริเวณดินเลนติดทะเลจะสร้างเซลล์ใต้ผิวใบเหนือชั้นเนื้อเยื่อ palisade layer เพื่อเก็บกักน้ำที่มีปริมาณมากเกินความต้องการไว้ นอกจากนี้ยังสร้างเซลล์ในชั้นเนื้อเยื่อ palisade layer ให้ทำหน้าที่ถ่ายเก็บสะสมเกลือไว้ในใบด้วยเช่นกัน การจำแนกแบ่งขอบเขตระหว่างสังคมไม้โกกาทกับสังคมไม้เสม็ด ลำพู ลำแพน ในป่าชายเลนจึงทำได้ง่ายกว่า เนื่องจากการสะท้อนคลื่นแสงจะแตกต่างกัน



ภาพที่ 1 ค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชที่แตกต่างสภาพกัน

ที่มา: กาญจน์เขจร (2546)

การปฏิบัติการระหว่างช่วงคลื่น (band operation) เป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้กันมากในการแสดงภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสามารถสร้างขึ้นโดยการคำนวณ เช่น

1. การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (band-to band ratio) เป็นการจำแนกความแตกต่างของข้อมูลโดยการนำเอาความเข้มของแต่ละแบนด์ที่มีจุดภาพตรงกันมาหารกัน ผลที่ได้จากอัตราส่วนนี้ จะช่วยลดรายละเอียดที่เหมือนกันของภาพ แต่ในขณะเดียวกันก็จะช่วยเน้นรายละเอียดที่มีความแตกต่างกันในภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น การทำอัตราส่วนระหว่างแบนด์จะมีประโยชน์มากในภูมิประเทศที่เป็นภูเขา เพราะจะช่วยลดความแตกต่างของความเข้มข้นของข้อมูลหน้าเขา (ส่วนที่รับแสง) และหลังเขา (เงา) ได้

2. การนำช่วงคลื่นมาลบกัน (subtraction) ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ข้อที่ควรระวังในการใช้เทคนิคนี้ คือ ภาพที่ใช้จะต้องมีการแก้ไขทางเรขาคณิตก่อนโดยให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เช่น ครึ่งหนึ่งของจุดภาพระบบบันทึกข้อมูลนั้น เพื่อสามารถนำผลมาเทียบกับแผนที่ต้นฉบับได้ถูกต้องที่สุด วิธีนี้สามารถใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ การเปลี่ยนแปลงระยะสั้น ได้แก่ น้ำท่วม ไฟป่า และการเคลื่อนที่ของเมฆ ระยะยาว เช่น การพัฒนาเมือง การเปลี่ยนแปลงสภาพป่า เป็นต้น

3. การนำช่วงคลื่นมาทำสัดส่วนกันและลบกัน (image differencing) วิธีนี้เป็นที่นิยมมาก ในการแก้ไขปัญหาการปฏิบัติการกับภาพข้อมูลที่ได้รับอิทธิพลจากมุมของดวงอาทิตย์ และลักษณะภูมิประเทศ เช่น การคำนวณดัชนีพืชพรรณ ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า normalized difference vegetation index: NDVI

นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้วิธีการเน้นภาพที่เรียกว่า tasseled-cap component เป็นการแปลงค่าของจุดภาพในรูปแบบผลบวกเชิงเส้นซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาพืชพรรณเช่นเดียวกัน โดยมี 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

- ค่าความสว่าง (brightness) เป็นรูปแบบผลบวกเชิงเส้นที่กำหนดทิศทางความแปรปรวนหลักสำหรับการสะท้อนของดิน (soil reflection)

- ค่าความเขียว (greenness) ซึ่งจะมีทิศทางของการสะท้อนในช่วงคลื่นแสงสว่างตรงกันข้ามกับคลื่นอินฟราเรดใกล้ จะให้ภาพของพืชสีเขียวชัดขึ้น เป็นการแสดงความต่างระดับระหว่าง NIR (near infrared) กับ VI (vegetation index) ซึ่งสัมพันธ์กับพืชพรรณ

- ความชื้น (wetness) เป็นความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของเรือนยอดพืชกับความชื้น

ตารางที่ 1 ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษา

ตัวดัชนี	สมการ
green	G
red	R
near infrared	NIR
การลบแบบง่าย (simple subtraction)	$NIR - R$
การหารแบบง่าย (simple ratio)	$\frac{NIR}{R}$
NDVI (normalized difference vegetation index)	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$
TNDVI (Transformed Normalized Difference Vegetation Index)	$\left[ \frac{NIR - R}{NIR + R} + 0.5 \right]^{1/2}$
GVI (green vegetation index)	$-0.29(G) - 0.56(R) + 0.60(NIR) + 0.49(NIR)$

หมายเหตุ G = เขียว, R = แดง และ NIR = อินฟราเรดใกล้

ที่มา: Barrett and Curtis (1992)

#### ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fractional green vegetation cover: FC)

ค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว (fractional green vegetation cover: FC) เป็นสัดส่วนของพื้นที่ที่ปกคลุมโดยต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่ สำหรับป่าที่เจริญเติบโตเต็มที่ FC จะมีค่าเท่ากับ 100% ในขณะที่ป่าที่มีการตัดไม้ ค่า FC จะเท่ากับ 0% โดยทั่วไปค่า FC จะไม่เหมือนกับเทคนิคการจำแนกพืชพรรณแบบเดิมที่มีการจำแนกค่าจุดภาพเป็นป่าและไม่ใช่ป่า เนื่องจาก FC เป็นค่าคงที่ซึ่งบอกจำนวนของป่าหรือต้นไม้ “เท่าไร” ดังนั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ที่จะหาจำนวนที่ถูกปกคลุมโดยป่าหรือเพื่อประยุกต์ใช้กับจุดภาพ เพื่อชี้วัดเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมโดยต้นไม้ตัวชี้วัดเหล่านี้จะระบุจำนวนของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้หรือป่า ดังนั้น FC จะเป็นตัวชี้วัดทั่วไปของการกระจายของกิ่งก้านของต้นไม้ทางแนวตั้ง นอกจากนี้ เพื่อกำหนดตัวชี้วัดความหนาแน่นของป่าไม้ FC สามารถนำมาใช้ในหลายกรณีในฐานะที่เป็นตัวชี้วัดความสมบูรณ์ของป่าไม้ เช่น ป่าไม้ที่แยกออกจากกัน และมาตรการของการรบกวนป่า การประเมินค่า FC จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมักสัมพันธ์กับการคำนวณดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ดังนั้น ความสัมพันธ์ของ FC กับดัชนีพืชพรรณจะมีการใช้แบบจำลองเชิงเส้น

โดยตั้งสมมติฐานว่าสัญลักษณ์ของจุดภาพประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ คือ ดินและพืช ดังนั้น fractional soil cover จะเท่ากับ  $1-FC$  ผลจากสัญลักษณ์เหล่านี้ (S) จะถูกสังเกตโดยตัวรับสัญญาณ ดังสมการ

$$S = FC \times Sv + (1-FC) \times Ss \quad (9)$$

เมื่อ  $Sv$  = การกระจายของสัญญาณจากองค์ประกอบของพืชสีเขียว  
 $Ss$  = องค์ประกอบของดิน

ทั้งนี้จุดภาพจะประกอบด้วยองค์ประกอบมากกว่า 2 องค์ประกอบ จากสมการ (11) ต้องการการแก้ไข การวิเคราะห์เหล่านี้สามารถสมมติได้ว่าจุดภาพประกอบด้วยพืชและดิน จากสมการ (11) สามารถนำไปประยุกต์กับข้อมูลในส่วนของการสะท้อนกลับ (Mass, 1998) ในช่วงคลื่นที่แสดงค่าของดัชนีพืชพรรณ (Zeng, 1999) เมื่อประยุกต์กับดัชนีพืชพรรณ เช่น NDVI ดังนั้น จากสมการ (11) อาจประมาณค่าโดย

$$NDVI = FC \times NDVI_{veg} + (1-FC) \times NDVI_{soil} \quad (10)$$

หรือ

$$FC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (11)$$

เมื่อ  $NDVI_{soil}$  = ค่า NDVI ของพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินหรือไม่มีพืชพรรณปกคลุม  
 $NDVI_{veg}$  = ค่า NDVI ของพื้นที่ที่มีพืชพรรณ

### ดาวเทียมไทยโชต

ดาวเทียมไทยโชตหรือดาวเทียม THEOS (Thailand Earth Observation Satellite) เป็นดาวเทียมที่เกิดขึ้นจากความร่วมมือด้านเทคโนโลยีอวกาศระหว่างรัฐบาลไทยและรัฐบาลฝรั่งเศส โดยมีสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานกลางในการดำเนินการสร้าง ดาวเทียมไทยโชตขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2551 (ประสงค์, 2553) ได้รับการออกแบบให้มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 5 ปี โดยข้อมูลที่บันทึกจากเครื่องรับรู้จะส่งมายังส่วนรับภาพภาคพื้นดิน (image ground segment: IGS) ซึ่งเป็นส่วนควบคุมภาคพื้นดิน (control ground segment: CGS) ที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อส่งการและควบคุมดาวเทียม

เครื่องรับรู้ของดาวเทียมไทยโชต ทำการบันทึกภาพพื้นผิวโลกด้วยอุปกรณ์ charge coupled devices (CCD) ณ ระนาบรวมแสงของระบบเชิงแสงที่มีความเที่ยงตรงสูง องค์ประกอบภายในกล้องบันทึกภาพขาวดำ (กระจกหลักและระนาบรวมแสง) ทำจากวัสดุ silicon carbide (SiC) ซึ่งทำให้ระบบมีความเสถียรเป็นอย่างยิ่ง ส่วนเครื่องรับรู้ระบบหลายสเปกตรัมเป็นแบบ dioptic ซึ่งมีแผ่นกรองแสง 4 อัน ที่ระนาบรวมแสงของกล้องแต่ละตัวมีอุปกรณ์ CCD ซึ่งจะแปลงข้อมูลจากแสงที่สะท้อนจากพื้นโลกให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ทั้งนี้หลักการพื้นฐานในการบันทึกภาพ เรียกว่า “pushbroom scanning” โดยเป็นการบันทึกแต่ละเส้นของภาพแบบอิเล็กทรอนิกส์ แล้วรวมเส้นที่ต่อเนื่องกันให้เป็นภาพที่สมบูรณ์ ตามการเคลื่อนที่ของแนวเล็ง (line of sight) บนพื้นผิวโลก ความละเอียดช่วงคลื่น ของ

เครื่องรับรู้อัลตราสเปกตรัม คล้ายคลึงกับความละเอียดช่วงคลื่นของดาวเทียม SPOT แต่อย่างไรก็ตาม ช่วงคลื่น แพนโครมาติกของดาวเทียมไทยโชต ครอบคลุมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ด้วย วงโคจรของ ดาวเทียมไทยโชต จะโคจรผ่านระนาบศูนย์สูตรจากทิศเหนือลงทิศใต้ เวลา 10.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น โดยมีคาบโคจรรอบโลก 1 รอบใช้เวลา 101 นาที และจะโคจรถ่ายภาพซ้ำที่เดิมทุกๆ 26 วัน โคจรรอบโลกทั้งสิ้น 369 วงโคจร หรือ 1 รอบวงโคจร (ดาวเทียมโคจรรอบโลก 14 รอบเศษต่อหนึ่งวัน) และโคจร ลักษณะเดียวกันตลอด ซึ่งระยะห่างระหว่างวงโคจรแต่ละวงเท่ากับ 105 กิโลเมตร สามารถถ่ายภาพ ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกภายใน 35 วัน โดยใช้เครื่องรับรู้อัลตราสเปกตรัม และภายใน 130 วัน เมื่อใช้เครื่องรับรู้อัลตราสเปกตรัม

สมรรถนะในการบันทึกภาพ กล้องของดาวเทียมไทยโชต สามารถปรับมุมเอียงได้สูงถึง 50 องศา ทำให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นในการกลับมาบันทึกภาพบริเวณเดิม และภายใน 1 วันดาวเทียม สามารถถ่ายภาพได้กว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่โลก สมรรถนะในการปรับเอียงกล้องของดาวเทียมทำให้สามารถถ่ายภาพได้ทุกพื้นที่ภายในแนวการบันทึก 1,000 กิโลเมตร ความกว้างแนวถ่ายภาพของภาพ แพนโครมาติก มีความกว้างประมาณ 22 กิโลเมตร และภาพหลายสเปกตรัมมีความกว้างประมาณ 90 กิโลเมตร เมื่อปรับเอียงกล้อง 30 องศา ความสามารถนี้ช่วยเพิ่มความถี่ในการถ่ายภาพพื้นที่ภายในการ โคจรรอบโลก 1 รอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูดของพื้นที่สำหรับ ประเทศไทยสามารถถ่ายภาพ พื้นที่ที่ต้องการได้ถึง 9 ครั้งใน 26 วัน หรือ 126 ครั้งใน 1 ปี กล่าวคือ โดยเฉลี่ยแล้วสามารถถ่ายภาพได้ ทุกๆ 3 วัน และใช้เวลาไม่เกิน 5 วัน ดาวเทียมไทยโชต มีความสามารถสูงในการปรับเอียงเพื่อถ่ายภาพ สามารถถ่ายภาพได้หลายเป้าหมายในการโคจรผ่าน 1 ครั้ง พื้นที่ภายใต้มุมเอียง 12 องศา จากแนวตั้ง ใต้ดาวเทียม (nadir) ถือว่าเป็นภาพใกล้แนวตั้ง โดยปกติแล้วการบันทึกภาพจะอยู่ภายใต้มุมเอียง 30 องศา แต่เมื่อมีการกิจเร่งด่วน สามารถถ่ายภาพโดยมีมุมเอียงได้ถึง 50 องศา

## ตารางที่ 2 ลักษณะและรายละเอียดของดาวเทียมไทยโชต

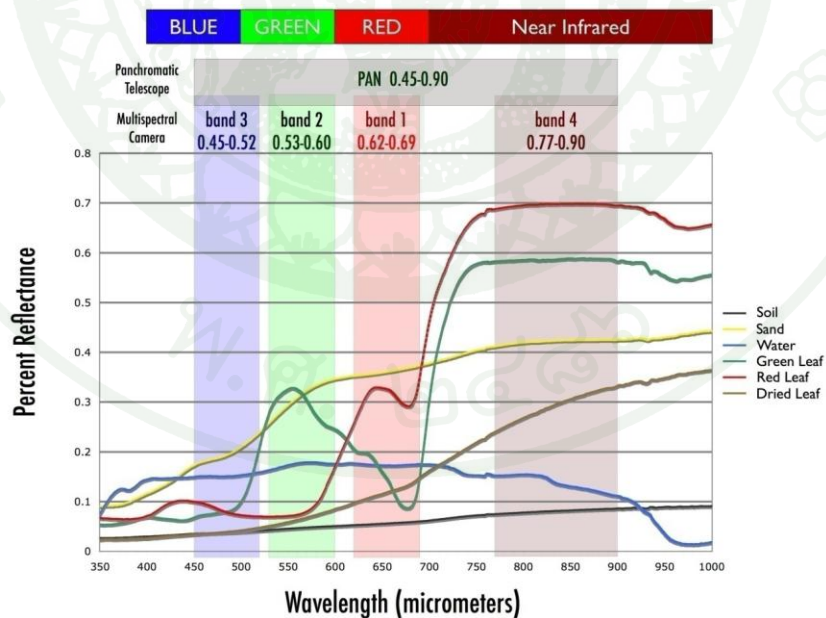
คุณลักษณะดาวเทียม	แพนโครมาติก	สเปกตรัม
ความละเอียดช่วงคลื่น	แพนโครมาติก	4 ช่วงคลื่น
ความละเอียดภาพ	2 เมตร	15 เมตร
พิสัยสเปกตรัม	0.45 – 0.90 ไมโครเมตร	B1 (น้ำเงิน) : 0.45–0.52 ไมโครเมตร B2 (เขียว) : 0.53–0.60 ไมโครเมตร B3 (แดง) : 0.62–0.69 ไมโครเมตร B4 (อินฟราเรดใกล้) : 0.77–0.90 ไมโครเมตร
ความกว้างแนวถ่ายภาพ	22 กิโลเมตร	90 กิโลเมตร
ความละเอียดเชิงแสง	8 บิต จาก 12 บิต	8 บิต จาก 12 บิต
ความถูกต้องสัมบูรณ์	< 300 เมตร ( $1\sigma$ )	< 300 เมตร ( $1\sigma$ )
มุมมองแนวเอียง	$\pm 50^\circ$ (เอียงและกระดก)	$\pm 50^\circ$ (เอียงและกระดก)
อัตราส่วนระหว่างสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน	>90	>100

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552)



ภาพที่ 2 ดาวเทียมไทยโชต

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552)



ภาพที่ 3 คุณสมบัติการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจวัดของดาวเทียมไทยโชต

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552)

## ดาวเทียม Landsat 7

ดาวเทียม Landsat 7 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542 ส่งขึ้นสู่วงโคจรที่ Western Test Range of Vandenberg Air Force Base, California โดยจรวด Delta-II รูปร่างของดาวเทียม Landsat 7 เป็นกล่องสี่เหลี่ยมติดตั้งแผงผลิตพลังงานทางด้านข้าง ปรับเปลี่ยนมุมเพื่อรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ด้วย Course Sun Sensor มีอุปกรณ์ติดตั้งไว้หลายตำแหน่ง Enhanced Thematic Mapper ติดตั้งไว้ที่ส่วนหน้า มีอุปกรณ์ควบคุมการวางตัวของดาวเทียม อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารในช่วงคลื่น S แบนด์ อุปกรณ์การส่งข้อมูลภาพ (downlink) มายังสถานีรับสัญญาณข้อมูลในช่วงคลื่น X แบนด์ (ประสงค์, 2553)

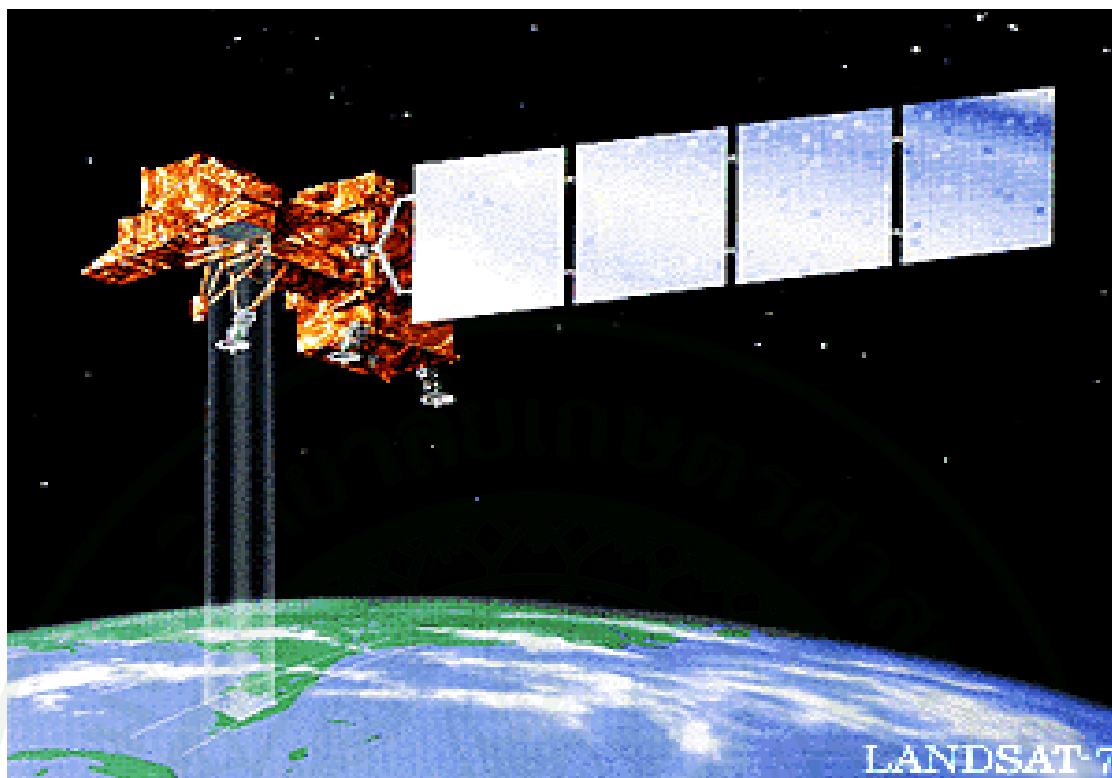
การโคจรของดาวเทียม Landsat 7 โคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกโดยเฉลี่ย 705 กิโลเมตร วงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun synchronous orbit) โดยผ่านขั้วโลกเหนือสู่ใต้ ทำการถ่ายบันทึกข้อมูลภาพเฉพาะช่วงเวลากลางวัน ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 99 นาทีต่อหนึ่งรอบโคจรหรือ 14 รอบครึ่งในหนึ่งวัน แต่ละรอบโคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรกลางท้องฟ้าประมาณ 10.00-10.15 นาฬิกา แนวโคจรรอบถัดไปในวันเดียวกันอยู่ห่างไปทางตะวันตก การโคจรกลับมาบันทึกข้อมูลภาพบริเวณเดิมใช้เวลา 16 วันหรือวันที่ 17 จะเริ่มบันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณเดิมอีกครั้ง ระบบบันทึกข้อมูลของดาวเทียม Landsat 7 มีเพียงระบบเดียว คือ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM<sup>+</sup>)

### ตารางที่ 3 ระบบบันทึกข้อมูล Enhanced Thematic Mapper Plus บนดาวเทียม Landsat 7

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด (เมตร)	การประยุกต์ใช้
TM ช่วงคลื่นที่ 1	0.45-0.54 (B)	30 เมตร	ตะกอนแขวนลอย คุณภาพน้ำ ชายฝั่ง
TM ช่วงคลื่นที่ 2	0.52-0.60 (G)	30 เมตร	พืชพรรณ
TM ช่วงคลื่นที่ 3	0.63-0.69 (R)	30 เมตร	พืชพรรณ ความเครียดของพืช
TM ช่วงคลื่นที่ 4	0.76-0.90 (NIR)	30 เมตร	ความแตกต่างของดินและน้ำ
TM ช่วงคลื่นที่ 5	1.55-1.75 (MIR)	30 เมตร	น้ำ
TM ช่วงคลื่นที่ 6	10.40-12.50 (TMIR)	120 เมตร	ความร้อน
TM ช่วงคลื่นที่ 7	2.08-2.35 (MIR)	30 เมตร	น้ำ
ETM <sup>+</sup> ช่วงคลื่นที่ 8	0.52-0.90 (G-R-NIR)	15 เมตร	พื้นดิน น้ำ ทะเล

หมายเหตุ 1) B คือ แสงน้ำเงิน G คือ แสงเขียว R คือ แสงแดง NIR คือ อินฟราเรดใกล้  
MIR คือ อินฟราเรดกลาง  
2) TMIR คือ ช่วงคลื่นความร้อน  
3) ETM<sup>+</sup> คือ Enhanced Thematic Mapper Plus

ที่มา: ประสงค์ (2553)



ภาพที่ 4 ดาวเทียม Landsat 7

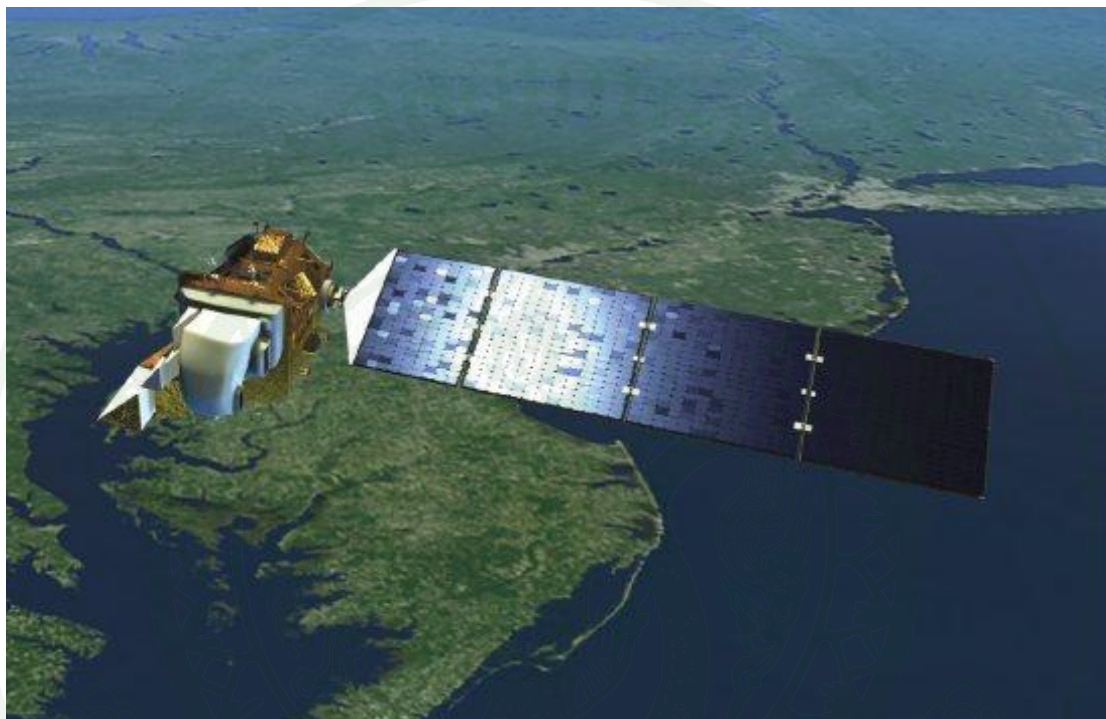
ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2556)

#### ดาวเทียม Landsat 8

ดาวเทียม Landsat 8 ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 โดยองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Aeronautic and Space Administration: NASA) โดยมีคาบโคจรรอบโลก 1 รอบใช้เวลา 99 นาที ในแนวขั้วโลกเหนือใต้ ที่ระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร และจะโคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำตำแหน่งเดิมทุก 16 วัน (สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ, 2557) องค์การนาซาได้พัฒนาระบบบันทึกข้อมูลแบบ Operational Land Imager (OLI) ซึ่งเป็นระบบบันทึกสัญญาณแบบ pushbroom sensor ที่บันทึกข้อมูลใน 9 ช่วงคลื่น (spectral bands) โดยมี 7 ช่วงคลื่นที่มีการบันทึกข้อมูลเหมือนกับดาวเทียม Landsat 7 โดยเพิ่มการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่น 0.43–0.45 ไมโครเมตร และช่วงคลื่น 1.36–1.38 ไมโครเมตร และมีการพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลแบบ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ในช่วงคลื่น 10.6–11.19 ไมโครเมตร และช่วงคลื่น 11.5–12.51 ไมโครเมตร

ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ที่องค์การนาซาจัดเตรียมเพื่อให้บริการ มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งโดยรวม (positional global accuracy) ที่แสดงเป็นค่าความผิดพลาดโดยรอบ (circular error) 12 เมตร สำหรับข้อมูลบันทึกภาพแบบ Operational Land Imager (OLI) และ 41 เมตร สำหรับข้อมูลบันทึกภาพแบบ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดย

ข้อมูลภาพเป็นแบบ 16 บิต เข้าตำแหน่งกับระบบพิกัดกริด Universal Transverse Mercator (UTM) ระบบ World Geodetic System (WGS) 1984 (The United States Geological Survey, 2013) ระบบ OLI มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.43–1.38 ไมครอนที่สัญญาณช่วงคลื่นตามมองเห็นได้ (visible) และอินฟราเรดสะท้อน (reflective infrared) ส่วนระบบ Thermal Infrared Sensor (TIRS) บันทึกสัญญาณอินฟราเรดความร้อน เป็นย่านพลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีของพื้นผิววัตถุ (emitted radiation) โดยมีอิทธิพลจากการสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์น้อยมาก (จรัญธร, 2557)



ภาพที่ 5 ดาวเทียม Landsat 8

ที่มา: Google Earth Blog (2014)

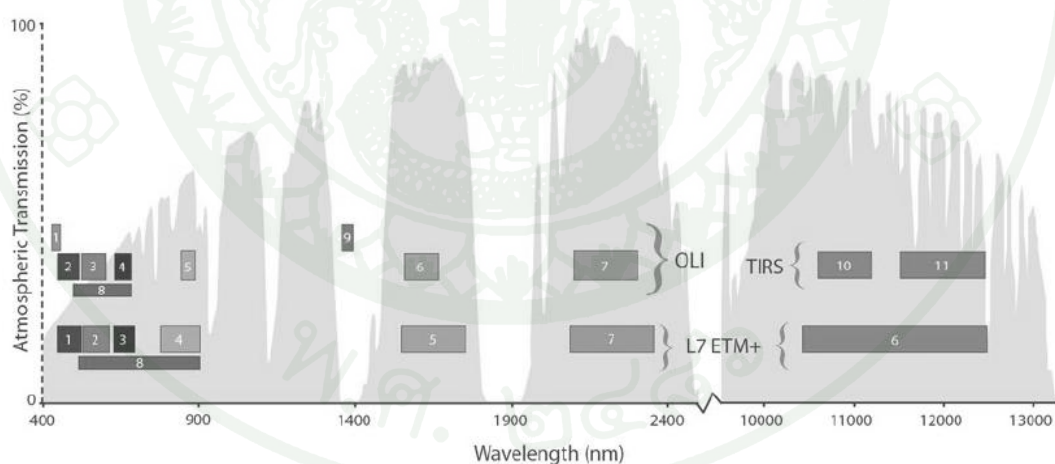
ตารางที่ 4 ความละเอียดช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด (เมตร)	การประยุกต์ใช้
1	0.43-0.45 (Coastal Aerosol)	30	เพื่อศึกษาลักษณะของชายฝั่งทะเลและละออง
2	0.45-0.51 (Blue)	30	สามารถทะลุน้ำได้โดยเฉพาะบริเวณที่ขุ่นน้อยเป็นประโยชน์ในการทำแผนที่บริเวณชายฝั่งแสดงความแตกต่างระหว่างดินและพืชพรรณ ความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ เช่น ป่าสน (การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์) การมีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์ และแสดงดินประเภทต่างๆ
3	0.53-0.59 (Green)	30	ให้รายละเอียดค่าการสะท้อนสีเขียวเป็นประโยชน์ในการหาอัตราการเจริญเติบโตของพืช (แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวของพืชที่เจริญเติบโตแล้ว) การประเมินความแข็งแรงของพืช ประเมินการตกตะกอน และสามารถทะลุน้ำที่ค่อนข้างขุ่นได้
4	0.64-0.67 (Red)	30	ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่างๆ (ช่วยในการแยกชนิดของพืชพรรณ)
5	0.85-0.88 (Near Infrared: NIR)	30	ตรวจวัดปริมาณชีวภาพ (biomass) แสดงความหนาแน่นของพืชพรรณ และศึกษาความเครียดของพืชพรรณ (เช่น ขาดน้ำแมลงทำลาย) รวมทั้งดูความแตกต่างของส่วนที่เป็นน้ำและไม่ใช่น้ำ
6	1.57-1.65 (Short wave IR: SWIR 1)	30	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืชพรรณและความชื้นของดิน พืชที่มีความเครียด (stress) จำแนกประเภทแร่ดินเหนียว ตลอดจนเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ
7	2.11-2.29 (Short wave IR: SWIR 2)	30	มีศักยภาพในการจำแนกชนิดของหินในการหาแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิต่ำ

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด (เมตร)	การประยุกต์ใช้
8	0.50-0.68 (Panchromatic)	15	ความสามารถถ่ายภาพถ่ายทางอากาศ เนื่องจากมีความละเอียดของพื้นที่มาก โดยเฉพาะข้อมูลเชิงเส้น ทำให้สามารถนำไปศึกษาด้านการทำแผนที่ได้
9	1.36 – 1.38 (Cirrus)	30	เพื่อวัดคุณภาพของน้ำและตรวจจับชั้นเมฆบางๆ
10	10.6 – 11.19 (Thermal Infrared: TIRS 1)	100	นำไปใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ จำแนกแหล่งชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่งน้ำและการหาแหล่งความร้อน ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน
11	11.5 – 12.51 (Thermal Infrared: TIRS 2)	100	

ที่มา: จริญญา (2557)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความยาวช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat 7 (แถวล่าง) และดาวเทียม Landsat 8 (แถบบน)

ที่มา: สถาบันพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (2557)

จากการตรวจเอกสารเรื่องนี้มีประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 8 ที่ได้จากเทคนิคการรับรู้ระยะไกลประกอบกับการสำรวจภาคสนาม เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประมาณค่ามวลชีวภาพ และประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุ โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น การนำช่วงคลื่นมาลบกัน การใช้ผลต่างดัชนีพืชพรรณ การหาค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืช เป็นต้น ซึ่งสามารถทำได้สะดวก ใช้ประมาณค่าได้อย่างรวดเร็ว และใช้งบประมาณน้อยลง

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tange *et al.* (2000) ได้ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส โดยได้เลือกพื้นที่ป่าเสม็ดขาวในป่าธรรมชาติที่ป่าพรุบาเจาะ และป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส เพื่อวางแผนทดลองหาผลผลิตมวลชีวภาพ โดยได้ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ รวมทั้งได้วางกระเบาะเก็บซากพืชที่ร่วงหล่นลงมา พร้อมกับทำการสุ่มตัวอย่างและตัดต้นไม้ เพื่อหามวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi* Piwell.) ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ที่สามารถขึ้นทดแทนได้ดีในพื้นที่ป่าพรุที่เสื่อมสภาพ พบว่า ไม้เสม็ดขาวในแต่ละแปลงเป็นป่าที่มีอายุชั้นเดียวกัน ซึ่งขึ้นทดแทนเองตามธรรมชาติหลังจากถูกไฟไหม้ ป่าในแปลงที่มีอายุมากที่สุด มีความสูงเฉลี่ย 14 เมตร และมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินประมาณ 6-16 ตันต่อเฮกตาร์ โดยมีปริมาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับดัชนีของพื้นที่ผิวใบ (LAI) นอกจากนี้ พบว่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณซากพืชที่ร่วงลงเป็นส่วนของใบ และสัดส่วนของปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นลงมารายปีในแต่ละแปลงนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพของใบ โดยมีผลผลิตส่วนเหนือพื้นดินสุทธิ (รวมมวลชีวภาพของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาด้วย) ประมาณ 6-19 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี

วิชญ์ (2544) ได้ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกล เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ ที่อยู่ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ระบบ TM และเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร จำนวน 30 แปลง ในแต่ละแปลงวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกและความสูงทั้งหมดของต้นไม้ เพื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ตำแหน่งของแปลงตัวอย่างนำมาหาการสะท้อนแบบสองทิศทาง (bidirectional reflectance distribution: BRD) และ BRD Ratio แล้วนำไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากภาคสนามในรูปแบบของสมการถดถอย ผลการศึกษาพบว่าเมื่อกำหนดให้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นตัวแปรอิสระและข้อมูลจากภาคสนามเป็นตัวแปรตาม ได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน จากรูปแบบสมการที่ดีที่สุดของป่าแต่ละชนิด ดังนี้ ป่าดิบเขามีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบมากที่สุด เท่ากับ 9.252 รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และป่าสนเขา มีค่า 6.614, 4.846, 3.129 และ 1.009 ตามลำดับ ขณะที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของป่าดิบแล้ง มีค่าโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 373,837.49 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมา ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และป่าสนเขา มีค่า 195,701.57, 174,258.44, 70,653.92, 19,663.85 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ยุทธนา (2549) ได้ศึกษาการประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ อันได้แก่ ป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพที่ผิวดินในรูปปริมาณเชื้อเพลิงใบ ค่ามวลชีวภาพของใบโดยสมการความสัมพันธ์ต่างมิติ (allometry equation) ค่ามวลชีวภาพของใบที่ได้จากค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่างๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ที่กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ นอกจากนี้ได้ศึกษาเพื่อประเมินแบบรวดเร็ว โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเพลิงใบกับค่าสัดส่วนของสิ่งปกคลุมพืชสีเขียว และค่าดัชนีพืชพรรณแบบต่างๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม พบว่า ปริมาณเชื้อเพลิงใบเฉลี่ยในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ เท่ากับ 499.82 กิโลกรัมต่อไร่ 561.99 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบ จากการเกิดไฟป่าทั้ง 2 ชนิดป่า เท่ากับ 35.34 เปอร์เซ็นต์ และ 35.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณการสูญเสียปริมาณเชื้อเพลิงใบจากการเกิดไฟป่าในพื้นที่ทั้ง 2 ชนิดป่า เท่ากับ 6,359,971.21 กิโลกรัม 13,300,721.60 กิโลกรัม ตามลำดับ พื้นที่ที่เกิดไฟป่าทั้ง 2 ชนิดป่า เท่ากับ 36,005.85 ไร่ และ 67,447.00 ไร่ ตามลำดับ

สุรเชษฐ์ (2551) ได้ศึกษาการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลน บริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลและการวิเคราะห์การถดถอย การหาความสัมพันธ์ใน 2 รูปแบบได้แก่ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพื้นที่ผิวน้ำและค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM พบว่า สมการที่ดีที่สุด เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน กับค่า IR/R และ NDVI ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM อยู่ในรูปสมการ การกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดิน =  $3,400.161 + 2,112.693 (IR/R) - 17,023.629 (NDVI)$  โดยสามารถประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คิดเฉพาะพื้นที่ป่าชายเลนได้ 71.10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และคิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของป่าชายเลนบริเวณเกาะลันตา เท่ากับ 262,006.99 ตันคาร์บอน

สุชี (2554) ได้ศึกษาการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น จังหวัดตาก โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดินกับค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM เพื่อหาสมการที่เหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น พบว่า สมการที่เหมาะสมที่สุดในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (CS) ของป่าดิบแล้ง คือ  $CS = 630.339(R) - 74.019$  และมีค่าสัมประสิทธิ์กำหนด ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.839 ป่าดิบเขา คือ  $CS = 327.630(IR) - 27.974(IR/R) - 36.188$  และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.854 ป่าเบญจพรรณ คือ  $CS = 951.608(IR-R) - 505.367(IR) - 62.406(IR/R) + 134.572$  และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.741 และป่าเต็งรัง คือ  $CS = 53.140(IR) - 41.031(TVI) - 194.004(G) + 59.783$  และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.745 ในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น ป่าดิบแล้งมี อัตราการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด รองลงมาคือ ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตามลำดับ (129, 102.43, 80.16 และ 54.68 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)

## สถานที่ศึกษา

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคื่องหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ได้เลือกพื้นที่ป่าพรุควนเคื่อง ซึ่งมีข้อมูลพื้นฐาน ดังนี้

### 1. ที่ตั้งและอาณาเขต

ป่าพรุควนเคื่อง มีเนื้อที่ประมาณ 86,942 ไร่ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเชียรใหญ่ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช และอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีอาณาเขตดังนี้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11, 2542)

ทิศเหนือ	ติดต่อกับคลองชะอวด อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
ทิศใต้	ติดต่อกับเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง
ทิศตะวันออก	อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย 14 – 17 กิโลเมตร
ทิศตะวันตก	อยู่ห่างจากทางรถไฟสายใต้ประมาณ 6 กิโลเมตร

### 2. ลักษณะภูมิประเทศ

ป่าพรุควนเคื่องเป็นป่าพรุในลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เดิมเป็นพื้นที่ซึ่งเคยเป็นทะเลมาก่อน แต่ต่อมาได้เกิดหาดสันดอน (barrier beach) และมีตะกอนจากภูเขาตื้นทิศตะวันตกของโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังไหลลงมาทับถม จึงกลายเป็นพื้นที่ป่าพรุหรือลากูน (lagoon)

### 3. ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศโดยทั่วไปเป็นแบบมรสุมเมืองร้อน ปริมาณฝนตกชุก ความชื้นสัมพัทธ์สูง มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนและฤดูฝน ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ประมาณ 97.78 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งตามปกติในฤดูฝนช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม จะเกิดน้ำท่วมในบริเวณพรุควนเคื่องทุกปี ส่วนช่วงฤดูแล้งขาดน้ำอุบโภคและเกิดไฟไหม้พรุเป็นประจำทุกปี จังหวัดนครศรีธรรมราช มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 82 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบปี 2,427 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตกในรอบปี 176 วัน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11, 2542)

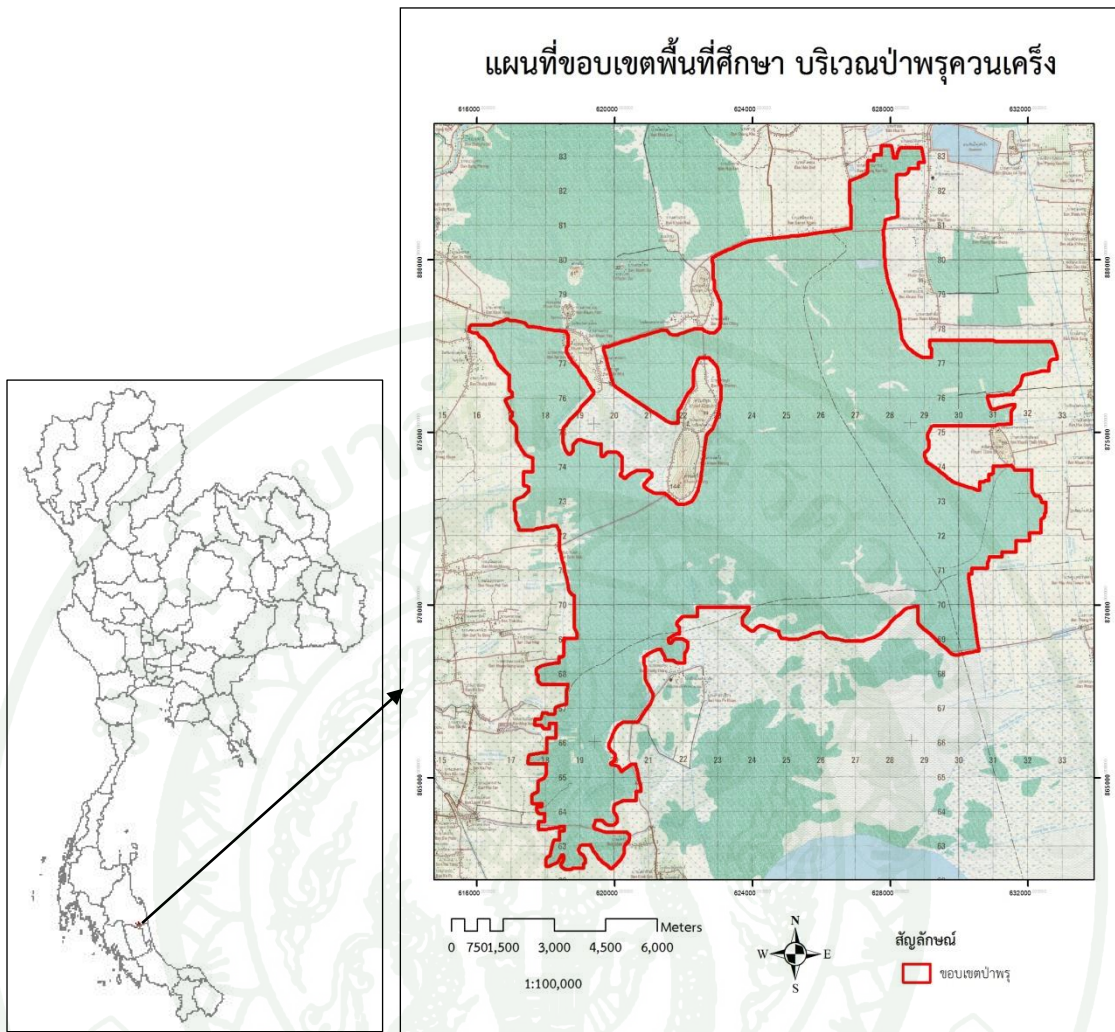
#### 4. สภาพเศรษฐกิจและสังคม

ลักษณะการประกอบอาชีพของประชาชนในพื้นที่รอบๆ ป่าพรุควนเคร็ง อาชีพหลัก คือ ทำนา สวนยางพารา ไร่นาสวนผสม และสวนมะพร้าว ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากพรุควนเคร็งสำหรับเป็น แหล่งผลิตไม้เสม็ด เก็บกระจุต เลี้ยงสัตว์ และแหล่งประมงน้ำจืด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 และ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11, 2542)

#### 5. ทรัพยากรธรรมชาติ

5.1 ทรัพยากรป่าไม้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554) รายงานการสำรวจพบพันธุ์ไม้ทั้งสิ้น 260 ชนิด จาก 198 สกุล 95 วงศ์ แบ่งเป็น เฟิร์น 10 วงศ์ ไบเลียง คู่ 62 วงศ์ ไบเลียงเดี่ยว 23 วงศ์ เป็นพืชหายาก 1 ชนิด พรรณไม้หลักที่ขึ้นปกคลุม คือ เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi*) นอกจากนี้ยังพบ ทุ้งฟ้า (*Alstonia macrophylla*) เที้ยะ (*A. spathulata*) แคน้ำ (*Dolichandrone spathacea*) สมอทะเล (*Shirakiopsis indica*) และกระทุ่มขี้หมู (*Mitragyna javanica*) ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนในน้ำพบพืชน้ำหลายชนิด เช่น กง (*Hanguana malayana*) ผักกระเฉด (*Neptunia oleracea*) เตยน้ำ (*Pandanus immersus*) จูดหนู (*Eleocharis ochrostachys*) กระจุต (*Lepironia articulate*) เป็นต้น

5.2 ทรัพยากรสัตว์ป่า สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554) รายงานการสำรวจพบ สัตว์ป่า 131 ชนิด ประกอบด้วย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 10 ชนิด นก 77 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 32 ชนิด และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 12 ชนิด นอกจากนี้ พบสัตว์ในสถานภาพมี แนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (vulnerable: VU) จำนวน 8 ชนิด เช่น ปลา 2 ชนิด ซึ่งอยู่ในสถานภาพมี แนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ คือ ปลาดุกอูย (*Clarias macrocephalus*) และปลาชีวหนู (*Boraras urophthalmoides*) และสถานภาพถูกคุกคามในแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ (threatened in situ: TI) จำนวน 1 ชนิด คือ ปลากัดภาคใต้ (*Betta imbellis*)



ภาพที่ 7 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. อุปกรณ์สำนักงาน

1.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ชนิด multispectral บันทึกภาพวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2555 (จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ครอบคลุมพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้สำหรับจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

1.2 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 (path/row: 129/54) ระบบบันทึกภาพแบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM<sup>+</sup>) บันทึกภาพวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 (ข้อมูลจาก USGS: <http://earthexplorer.usgs.gov/>) ครอบคลุมพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้สำหรับจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

1.3 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (path/row: 129/54) ระบบบันทึกภาพแบบ OLI บันทึกภาพวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2556 (ข้อมูลจาก USGS: <http://earthexplorer.usgs.gov/>) ครอบคลุมพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้สำหรับการวิเคราะห์ประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน

1.3 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 50,000 ลำดับชุด L7018 ระยะเวลาที่ 5024 IV ของกรมแผนที่ทหาร ครอบคลุมพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.4 เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.5 อุปกรณ์เครื่องเขียน

#### 2. อุปกรณ์ภาคสนาม

2.1 เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (global positioning system: GPS)

2.2 เทปวัดระยะทาง

2.3 เทปวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ (diameter tape)

2.4 เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ (haga hypsometer)

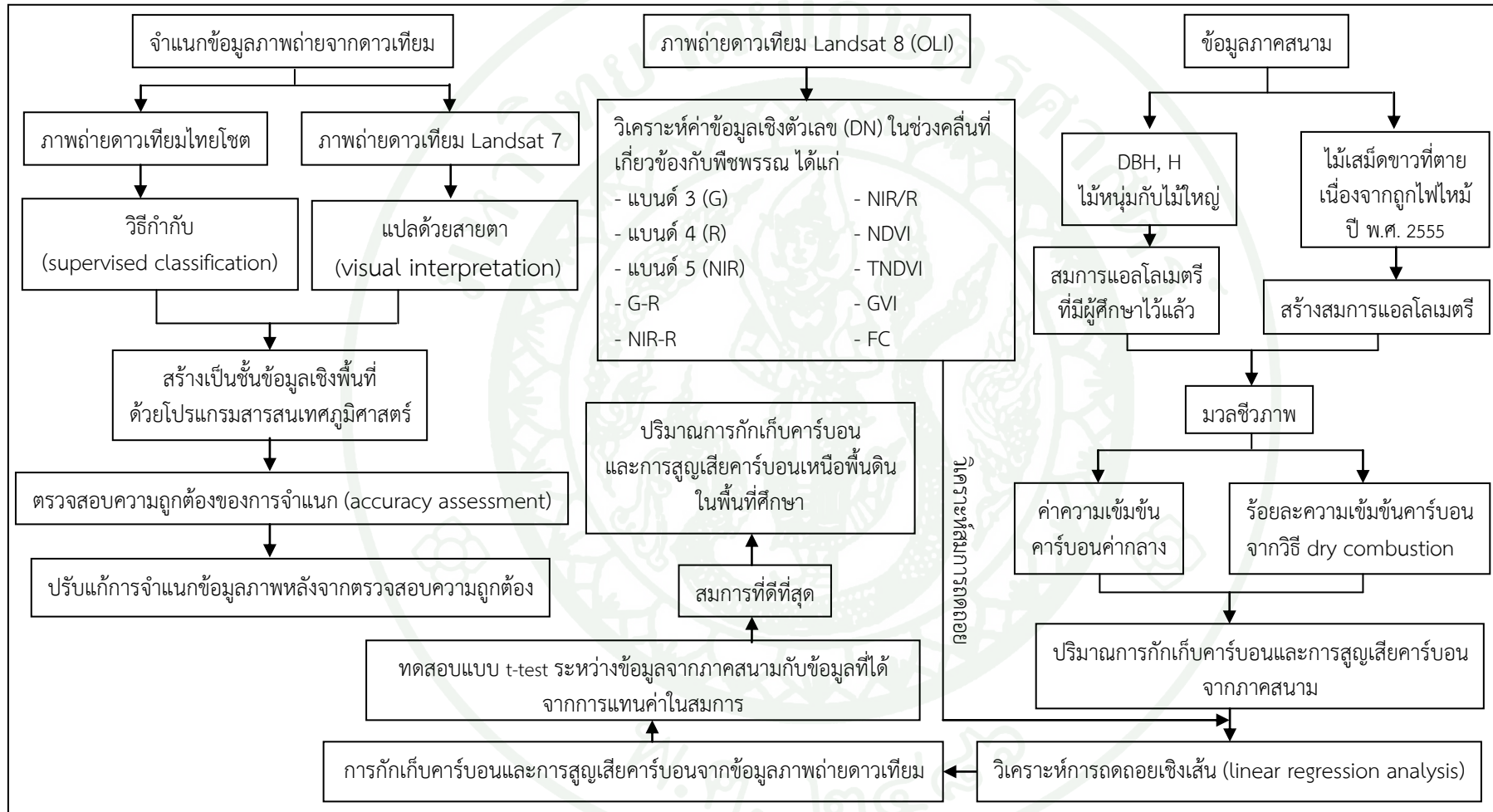
2.5 เลื่อย

2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.7 ถังเก็บตัวอย่าง

2.8 กล้องถ่ายรูป

2.9 แบบบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 8 กระบวนการศึกษาทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้

## วิธีการ

ขั้นตอนการศึกษาการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถแบ่งการศึกษาออกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม การสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อประมาณค่ามวลชีวภาพ และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

1.1 การเตรียมข้อมูลภาพ การศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและป่าไม้ของพื้นที่ก่อนการสำรวจภาคสนาม จึงเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ชนิด multispectral มีรายละเอียดของจุดภาพ 15 เมตร บันทึกภาพวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาไฟในพื้นที่ศึกษาหมดแล้ว ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงคลื่นและความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแล้ว โดยทำการปรับแก้แบบ orthorectification และมีค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งไม่เกิน 4 เมตร อ้างอิงกับตำแหน่งบนพื้นที่โลกด้วยระบบแผนที่ภูมิศาสตร์แบบ UTM บนพื้นหลักฐาน WGS 84 Zone 47N มีหน่วยระยะทางเป็นเมตร ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 (path/row: 129/54) ระบบบันทึกภาพแบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM<sup>+</sup>) ชนิด multispectral มีรายละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร บันทึกภาพวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ใช้สำหรับจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) (path/row: 129/54) ชนิด multispectral มีรายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร บันทึกภาพวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2556 ใช้เป็นภาพปัจจุบันเพื่อศึกษาประเมินหาการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน

1.2 การจำแนกข้อมูลภาพ (image classification) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ชนิด multispectral บันทึกภาพเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood classifier) และใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) ชนิด multispectral บันทึกภาพวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ด้วยวิธีการแปลด้วยสายตา (visual interpretation) เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตมีเมฆปกคลุม โดยทำการตีความหมายสภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยอาศัยหลักการเบื้องต้นในการแปลตีความหมาย ได้แก่ รูปร่าง ขนาด สี ความหยابละเอียด เงา รูปแบบ สิ่งที่อยู่ใกล้เคียง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียงของวัตถุ เพื่อให้ได้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นำผลการแปลทั้ง 2 วิธี สร้างเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.3 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (accuracy assessment) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) ใช้จำนวนจุดสำรวจขั้นต่ำ อิงหลักการทฤษฎีความน่าจะเป็นทวินาม (binomial probability theory) (Congalton and Green, 1998) ดังนี้

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2} \quad (12)$$

เมื่อ  $N$  = จำนวนจุดสำรวจ  
 $p$  = เปอร์เซนต์ความถูกต้องที่คาดหวัง  
 $q$  = เปอร์เซนต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้  $(1-p)$   
 $Z$  = ค่าพื้นที่จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน ในที่นี้กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96)  
 $E$  = เปอร์เซนต์ความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดที่ยอมรับให้เกิดได้

ในที่นี้กำหนดเปอร์เซนต์ความถูกต้องที่คาดหวังไว้ที่ 80 เปอร์เซนต์ และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 10 นั่นคือ จำนวนจุดสำรวจขั้นต่ำที่ต้องใช้ในครั้งนี้เท่ากับ 62 จุด

1.4 ทำการตรวจสอบพื้นที่ที่เป็นป่าพรุบริเวณพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกไฟไหม้และพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้รวมทั้งการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ตามตำแหน่งของพื้นที่ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>)

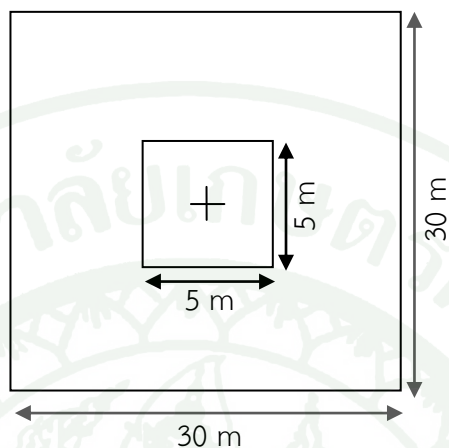
1.5 ปรับแก้การจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง โดยนำผลที่ได้จากการตรวจสอบทั้งจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) มาจำแนกข้อมูลอีกครั้ง เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเมื่อทำการจำแนกข้อมูลแล้วเสร็จผู้วิจัยไม่ได้ไปทำการสำรวจความถูกต้องภาคสนามอีก

## 2. การสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อการประมาณค่ามวลชีวภาพ

2.2 ทำการวางแผนตัวอย่างเพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพที่จะใช้ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนของไม้หนุ่ม (sapling) ไม้ใหญ่ (tree) และไม้ยืนต้นตาย โดยวางแผนตัวอย่างบริเวณพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกไฟไหม้และพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ครอบคลุมและกระจายทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) ในการบันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงตัวอย่าง

ทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดจุดภาพของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยวางแผนตัวอย่างแต่ละสภาพป่าในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกไฟไหม้ คือ พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ จำนวน 14 แปลง พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม จำนวน 11 แปลง และพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ คือ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 10 แปลง พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 15 แปลง รวมทั้งหมด 50 แปลง ทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร ที่ความสูงจากระดับพื้นดิน 1.30 เมตร และวัดความสูงของต้นไม้ (H) ทั้งหมด ด้วย haga hypsometer ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ และวางแผนย่อยขนาด 5x5 เมตร ในแปลง

ตัวอย่าง 30x30 เมตร ทำการเก็บข้อมูลไม้หนุ่มที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร เฉพาะพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 วางแปลงขนาด 1x1 เมตร ภายในแปลงตัวอย่าง 30x30 เมตร จำนวน 3 จุด โดยเลือก บริเวณที่มีหญ้าปริมาณน้อย ปานกลาง และมาก เก็บตัวอย่างหญ้าเหนือพื้นดิน ชั่งน้ำหนักสด และนำไป อบให้แห้ง



ภาพที่ 9 รูปร่างและขนาดแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

2.3 นำค่า DBH ของไม้เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi*) ยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 มาแจกแจงตารางความถี่จำนวน 4 อันตรภาคชั้น แล้วหาขนาดของ DBH เฉลี่ยในแต่ละ อันตรภาคชั้นเป็นไม้ตัวอย่างที่จะทำการตัดเพื่อศึกษาหามวลชีวภาพ ในการศึกษารั้งนี้ทำการตัดไม้ ตัวอย่างจำนวน 11 ต้น (แสดงในตารางผนวกที่ 2) ทำการบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน ( $D_0$ ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร ( $D_{30}$ ) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง เพียงอก (DBH) และวัดความสูงทั้งหมด (H) หลังจากนั้นทำการตัดไม้ตัวอย่างที่ระดับขีดดินและทุกๆ ระยะ 1 เมตร นำไม้ตัวอย่างแต่ละท่อนไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักสดทั้งหมดของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น สุ่มตัวอย่างไม้ อันตรภาคชั้นละ 1 ต้น ตัดไม้ตัวอย่างบริเวณโคนต้น กลางต้น และบริเวณปลายต้น ขนาด ความหนาประมาณ 1 นิ้ว ชั่งน้ำหนักสด และเก็บตัวอย่างใส่ในถุงเก็บตัวอย่าง

2.4 นำตัวอย่างส่วนต่างๆ ของไม้ตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.3 ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งของตัวอย่างคงที่ จากนั้นบันทึกค่าน้ำหนักแห้ง ของตัวอย่าง (แสดงในตารางผนวกที่ 3) เพื่อนำไปเปลี่ยนค่าน้ำหนักสดของต้นไม้ให้เป็นค่าน้ำหนักแห้ง หรือมวลชีวภาพ

2.5 นำตัวอย่างไม้ของแต่ละต้นจากข้อ 2.4 ไปบดให้ละเอียด นำไปวิเคราะห์หาร้อยละความ เข้มข้นของคาร์บอนที่สะสมอยู่ (carbon content) ด้วยวิธี dry combustion ที่ห้องปฏิบัติการ วนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การสร้างสมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยนำน้ำหนักอบแห้งของไม้ตัวอย่างมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture content: MC) ของไม้แต่ละต้นจากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (เทียบกับน้ำหนักอบแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง}} \times 100 \quad (13)$$

โดยที่ น้ำหนักสดของตัวอย่างและน้ำหนักอบแห้งของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ไปคำนวณเพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสดของต้นไม้ตัวอย่างแต่ละต้น ให้เป็นน้ำหนักอบแห้งจากสูตร

$$\text{น้ำหนักอบแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}} \quad (14)$$

โดยที่ น้ำหนักสดและน้ำหนักอบแห้ง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

หาสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย โดยนำข้อมูลน้ำหนักแห้งที่คำนวณได้มาหาความสัมพันธ์กับมิติต่างๆ ของต้นไม้ ซึ่งมีรูปสมการ ดังนี้

$$y = Ax^h \quad (15)$$

หรือ  $\log y = h \log x + \log A$

เมื่อ  $y$  คือ มวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายรวมทั้งต้น  
 $x$  คือ parabolic volume ในรูป  $D$  และ  $D^2H$  ซึ่ง  $D$  และ  $H$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ และความสูงทั้งหมดของต้นไม้  
 $A$  และ  $h$  คือ ค่าคงที่ของสมการ

ในการประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ ควรเลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างมิติที่วัดได้กับน้ำหนักแห้งที่มีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ )

3.2 คำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) ของพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่าง ในการศึกษาคั้งนี้ใช้สมการแอลโลเมตรีของพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ ที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว (ดังตารางที่ 5) โดยทำการประเมินมวลชีวภาพของไม้หนุ่มและไม้ใหญ่ในแปลงตัวอย่าง จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเป็นรายต้น แล้วจึงหาผลรวมของมวลชีวภาพทุกต้นในแปลงตัวอย่าง ส่วนไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายจะใช้สมการที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 5 สมการแอลโลเมตรีที่ใช้ในการคำนวณค่ามวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่าพรุในพื้นที่ศึกษา

ชนิดพันธุ์ไม้	สมการแอลโลเมตรี	หมายเหตุ
ไม้หนุ่มเสม็ดขาว และไม้หนุ่มของ พันธุ์ไม้อื่น ที่มา: กอบศักดิ์ (2556)	*Ws = 105.04(D) <sup>1.9916</sup> *Wb = 20.059(D) <sup>2.1419</sup> *Wl = 6.247(D) <sup>2.9918</sup>	ศึกษาที่นครศรีธรรมราช
ไม้ใหญ่เสม็ดขาว ที่มา: Tange <i>et al.</i> (2000)	**W = 0.062(D <sup>2</sup> H) <sup>0.91</sup>	ศึกษาที่ราวีวาส
ไม้ใหญ่ชนิดอื่น ๆ ในป่าพรุ นอกจากเสม็ดขาว ที่มา: Ogawa <i>et al.</i> (1965)	**Ws = 0.0396(D <sup>2</sup> H) <sup>0.9326</sup> **Wb = 0.006002(D <sup>2</sup> H) <sup>1.027</sup> **Wl = (18.0/Wtc+0.025) <sup>-1</sup>	ศึกษาที่ตราด

หมายเหตุ D = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

W = มวลชีวภาพทั้งหมดของทั้งต้น

Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น

Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง

Wl = มวลชีวภาพส่วนของใบ

Wtc = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น+กิ่ง

\* = มวลชีวภาพมีหน่วยเป็นกรัม

\*\* = มวลชีวภาพมีหน่วยเป็นกิโลกรัม

3.3 การประเมินค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพ โดยไม้หนุ่มกับไม้ใหญ่ใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนค่ากลาง (default value) ซึ่ง IPCC (2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.47 หรือร้อยละ 47 ส่วนไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย ใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละคาร์บอนที่สะสมอยู่

$$\text{Total Carbon} = \% \text{Carbon} \times \text{Biomass} \quad (16)$$

3.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.5 ทำการประเมินการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินระหว่างพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 จะทำให้ได้ปริมาณการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินออกไปจากพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555

3.6 การหาค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ โดยใช้ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN) ของจุดภาพ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) บันทึกภาพวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2556 บริเวณเดียวกับ

พื้นที่ที่ทำการวางแผนตัวอย่าง ซึ่งบันทึกจากเครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ แบนด์ 3 สีเขียว (Green; G), แบนด์ 4 สีแดง (Red; R), แบนด์ 5 อินฟราเรดใกล้ (Near infrared; NIR) และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ การลบแบบง่าย (Simple Subtraction; G-R, NIR-R), การหารแบบง่าย (Simple Ratio; NIR/R), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Transformed Normalized Difference Vegetation Index (TNDVI), Green Vegetation Index (GVI) และ Fractional green vegetation cover (Fc) โดยมีรูปแบบสมการแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รูปแบบสมการของช่วงคลื่น และดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

รูปแบบสมการ	สมการ
green	G
red	R
near infrared	NIR
การลบแบบง่าย (simple subtraction)	G - R NIR - R
การหารแบบง่าย (simple ratio)	$\frac{NIR}{R}$
NDVI (normalized difference vegetation index)	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$
TNDVI (Transformed Normalized Difference Vegetation Index)	$\left[ \frac{NIR - R}{NIR + R} + 0.5 \right]^{1/2}$
GVI (green vegetation index)	$-0.29(G) - 0.56(R) + 0.60(NIR) + 0.49(NIR)$
Fc (fractional green vegetation cover)	$\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}}$

3.7 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม (dependent variable, y) กับค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN) ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ที่กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable, x) โดยใช้จุดภาพ (pixel) บริเวณเดียวกันกับตำแหน่งแปลงตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ และเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุด และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) โดยสุ่มแปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง เพื่อนำมาสร้างสมการ และแปลงตัวอย่าง 10 แปลง ใช้สำหรับตรวจสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หา

จากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากการแทนค่าในสมการที่ได้ โดยมีรูปแบบสมการ คือ

$$Y = a + bX \quad (17)$$

เมื่อกำหนดให้

$Y$  = ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

$X$  = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) (G, R, NIR, G-R, NIR-R, NIR/R, NDVI, TNDVI, GVI และ FC)

$a$  = ค่าที่เส้นสมการถดถอยตัดแกน  $y$  ( $y$ - intercept)

$b$  = ค่าความลาดชัน (slope) ของเส้นการถดถอย เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการถดถอย (coefficient of regression)

3.7 เปรียบเทียบค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

คำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินในตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งการเก็บข้อมูลภาคสนาม และนำค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และการสูญเสียคาร์บอนที่คำนวณได้จากการแทนค่าในสมการกับค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีมาทดสอบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ  $t$ -test

3.8 นำสมการที่ดีที่สุดไปประมาณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน คัดเฉพาะพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

## ผลและวิจารณ์

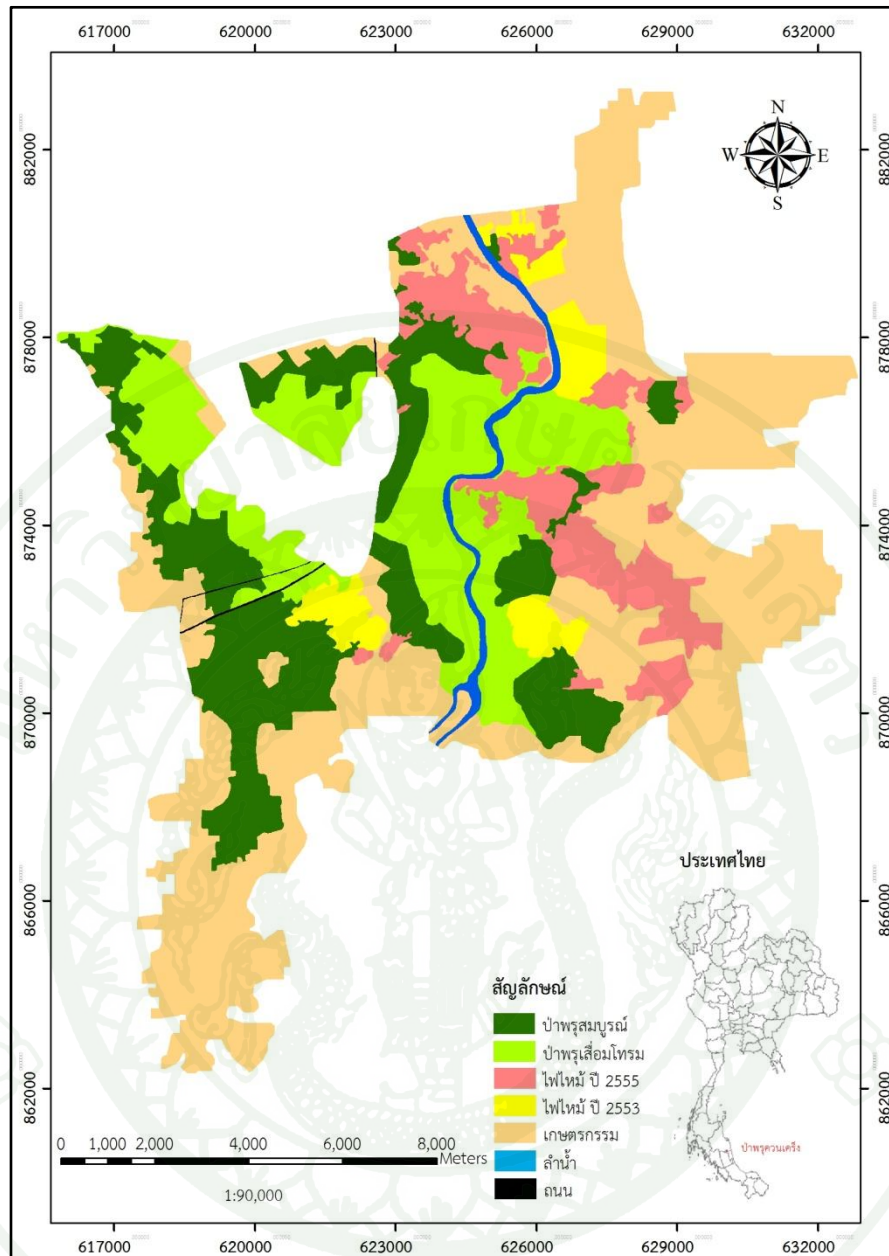
### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

#### 1.1 การจำแนกข้อมูลภาพ (image classification)

การจำแนกข้อมูลภาพ (image classification) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ชนิด multispectral บันทึกภาพวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2555 ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด การจำแนกด้วยวิธีนี้ทำให้ได้การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จำนวน 6 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่ป่าพรุสมบурณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 เกษตรกรรม และแม่น้ำ แต่เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตมีเมฆปกคลุม จำเป็นต้องแปลด้วยสายตา (visual interpretation) เพิ่ม โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) (path/row: 129/54) ชนิด multispectral บันทึกภาพวันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2556 มาช่วยในส่วนที่มีเมฆปกคลุม ในขั้นตอนนี้สามารถแปลภาพได้อีก 1 ประเภท คือ ถนน นำผลการแปลทั้ง 2 วิธี สร้างเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) ดังนี้ ป่าพรุสมบурณ์มีเนื้อที่ประมาณ 17,039.85 ไร่หรือ 2,726.38 เฮกตาร์ ป่าพรุเสื่อมโทรมมีเนื้อที่ประมาณ 16,293.41 ไร่หรือ 2,606.95 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 9,273.22 ไร่หรือ 1,483.72 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 มีเนื้อที่ประมาณ 3,827.25 ไร่หรือ 612.36 เฮกตาร์ เกษตรกรรมมีเนื้อที่ประมาณ 38,998.51 ไร่หรือ 6,239.76 เฮกตาร์ ลำน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 1,359.18 ไร่หรือ 217.47 เฮกตาร์ และถนนมีเนื้อที่ประมาณ 149.36 ไร่หรือ 23.90 เฮกตาร์ รายละเอียดในการจำแนกแสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 10

**ตารางที่ 7** ผลการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ประกอบกับการแปลด้วยสายตา (visual interpretation)

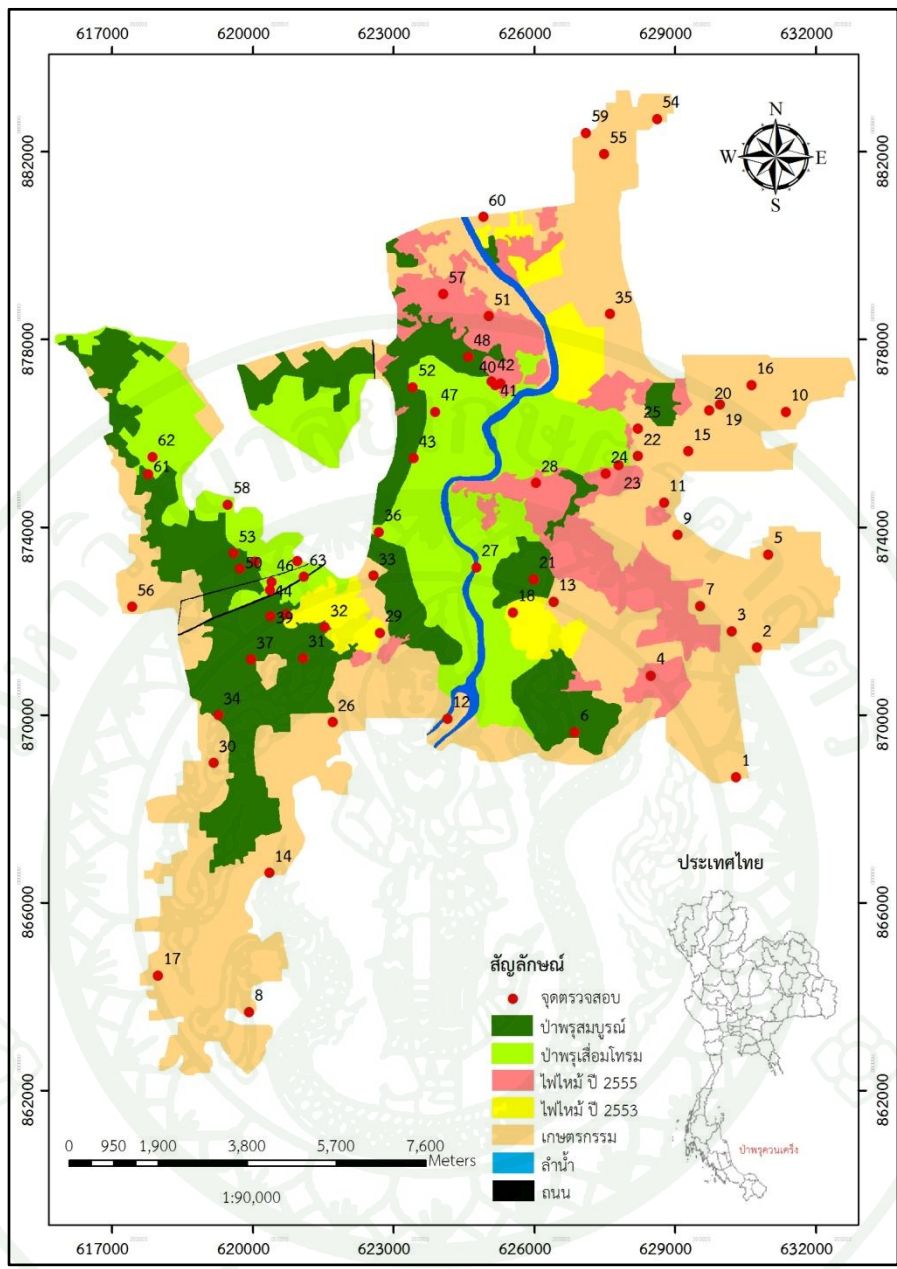
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน	เนื้อที่		
	ไร่	เฮกตาร์	ร้อยละ
ป่าพรุสมบурณ์	17,039.85	2,726.38	19.60
ป่าพรุเสื่อมโทรม	16,293.41	2,606.95	18.74
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9,273.22	1,483.72	10.67
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	3,827.25	612.36	4.40
เกษตรกรรม	38,998.51	6,239.76	44.86
ลำน้ำ	1,359.18	217.47	1.56
ถนน	149.36	23.90	0.17
<b>รวม</b>	<b>86,942</b>	<b>13,911</b>	<b>100</b>



ภาพที่ 10 ผลการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) ด้วยตัวจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด ประกอบกับการแปลด้วยสายตา (visual interpretation)

## 1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (accuracy assessment)

การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาคสนามตามจุดต่างๆ จากการคำนวณจุดสำรวจอิงหลักการทฤษฎีความน่าจะเป็นทวินาม จำนวนจุดสำรวจขั้นต่ำที่ต้องใช้เท่ากับ 62 จุด แต่ในการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้มีจุดสำรวจทั้งหมด 63 จุด (ทั้งนี้ต้องการประเมินแค่ความถูกต้องโดยรวม ไม่ได้คำนึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของตัวจำแนก) ทำการสุ่มตัวอย่างแบบ stratified random sampling กระจายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 จุดตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>)

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาคสนาม ได้ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล ดังตารางที่ 8

### ตารางที่ 8 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

ข้อมูลอ้างอิงจากการสำรวจภาคสนาม									
ประเภทการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน	ป่าพรุ สมบูรณ์	ป่าพรุ เสื่อม โทรม	ไฟไหม้	ไฟไหม้	เกษตร กรรม	ลำน้ำ	ถนน	รวม	
			ปี พ.ศ. 2555	ปี พ.ศ. 2553					
การจำแนกข้อมูลภาพ	ป่าพรุสมบูรณ์	9	2	0	0	1	0	0	12
	ป่าพรุเสื่อมโทรม	3	9	0	0	0	0	0	12
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	0	0	3	3	0	0	0	6
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	0	0	0	3	0	0	0	3
	เกษตรกรรม	1	4	0	2	21	0	0	28
	ลำน้ำ	1	0	0	0	0	0	0	1
	ถนน	0	0	0	0	0	0	1	1
	<b>รวม</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>63</b>

### ตารางที่ 9 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล

ประเภทการใช้ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดิน	ความถูกต้องของผู้ผลิต	ความถูกต้องของผู้ใช้
ป่าพรุสมบูรณ์	64.29	75.00
ป่าพรุเสื่อมโทรม	60.00	75.00
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	100.00	50.00
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	37.50	100.00
เกษตรกรรม	95.45	75.00
ลำน้ำ	0.00	0.00
ถนน	100.00	100.00
<b>Overall accuracy (%)</b>	<b>73.02</b>	
<b>Kappa coefficient (K)</b>	<b>0.64</b>	

จากตารางที่ 9 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล มีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 73.02 และค่าสัมประสิทธิ์แค็ปปา (kappa coefficient) เท่ากับ 0.64

#### 1.3 ปรับแก้การจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง

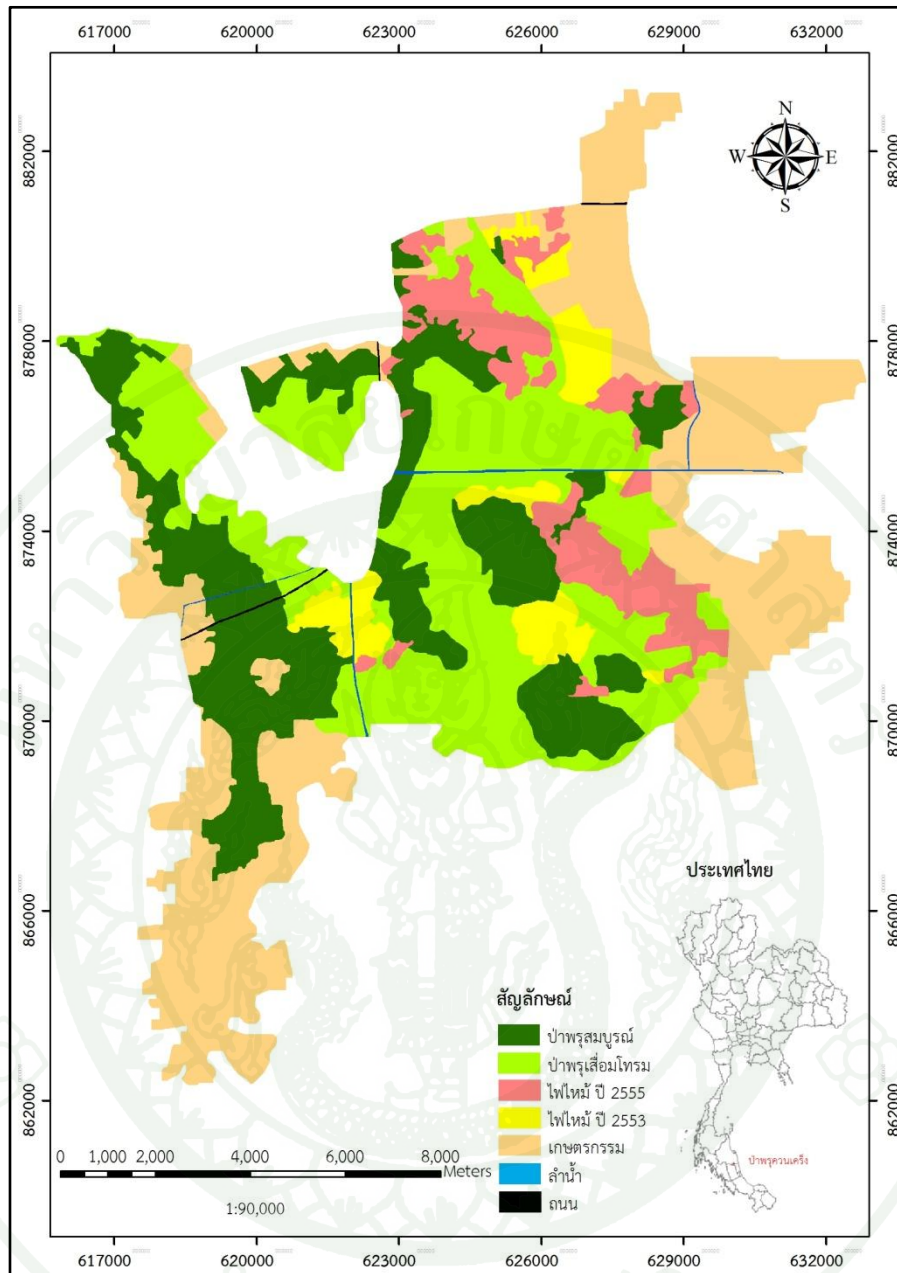
นำผลที่ได้จากการตรวจสอบทั้งจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) มาจำแนกข้อมูลอีกครั้ง เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการจำแนกข้อมูลแล้วเสร็จผู้วิจัยไม่ได้ไปทำการสำรวจความ

ถูกต้องภาคสนามอีก ซึ่งการจำแนกข้อมูลได้ผลการจำแนกดังนี้ ป่าพรุสมบูรณ์มีเนื้อที่ประมาณ 19,632.44 ไร่หรือ 3,141.19 เฮกตาร์ ป่าพรุเสื่อมโทรมมีเนื้อที่ประมาณ 24,788.84 ไร่หรือ 3,966.21 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 มีเนื้อที่ประมาณ 4,717.30 ไร่หรือ 754.77 เฮกตาร์ เกษตรกรรมมีเนื้อที่ประมาณ 29,839.87 ไร่หรือ 4,774.38 เฮกตาร์ ลำน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 363.59 ไร่หรือ 58.17 เฮกตาร์ และถนนมีเนื้อที่ประมาณ 131.08 ไร่หรือ 20.97 เฮกตาร์ รายละเอียดในการจำแนกแสดงดังตารางที่ 10 และภาพที่ 12

ตารางที่ 10 ผลการจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง

ประเภทการใช้ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดิน	เนื้อที่		
	ไร่	เฮกตาร์	ร้อยละ
ป่าพรุสมบูรณ์	19,632.44	3,141.19	22.58
ป่าพรุเสื่อมโทรม	24,788.84	3,966.21	28.51
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	7,468.38	1,194.94	8.59
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	4,717.30	754.77	5.43
เกษตรกรรม	29,839.87	4,774.38	34.32
ลำน้ำ	363.59	58.17	0.42
ถนน	131.08	20.97	0.15
<b>รวม</b>	<b>86,942</b>	<b>13,911</b>	<b>100</b>

จากภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้ทำการจำแนกแม่น้ำผ่านกลางพื้นที่ศึกษาทิศเหนือได้ แต่เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องภาคสนาม พบว่า พื้นที่ดังกล่าวไม่ใช่ลำน้ำ แต่เป็นพื้นที่เนินสูง คนท้องถิ่น เรียกอีกชื่อว่า “พังการ” ช่วงฤดูฝนน้ำจะท่วม ส่วนช่วงฤดูแล้งปริมาณน้ำจะลดลง ชาวบ้านจะนำสัตว์ เช่น วัว ควาย ฯลฯ ไปเลี้ยงในช่วงฤดูแล้ง ส่วนพื้นที่แม่น้ำจะอยู่บริเวณกลางพื้นที่ป่าพรุในทิศตะวันออกเฉียงใต้และอื่นๆ ซึ่งมีขนาดเล็ก ดังภาพที่ 12

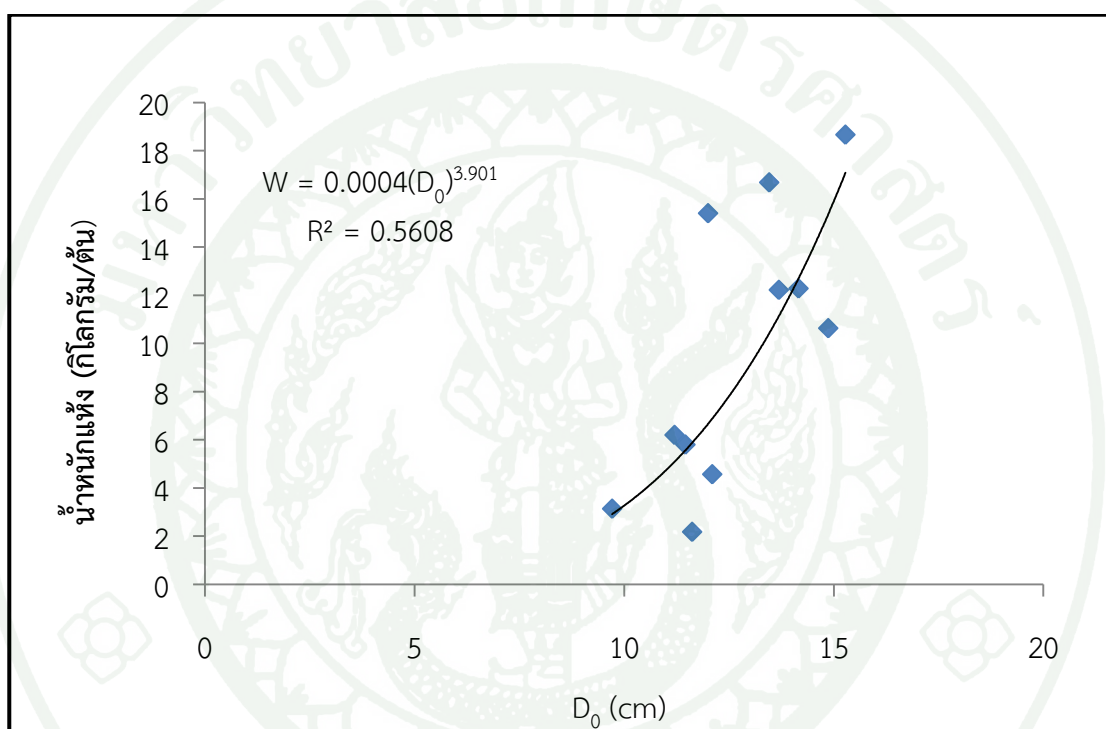


ภาพที่ 12 ผลการจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้อง

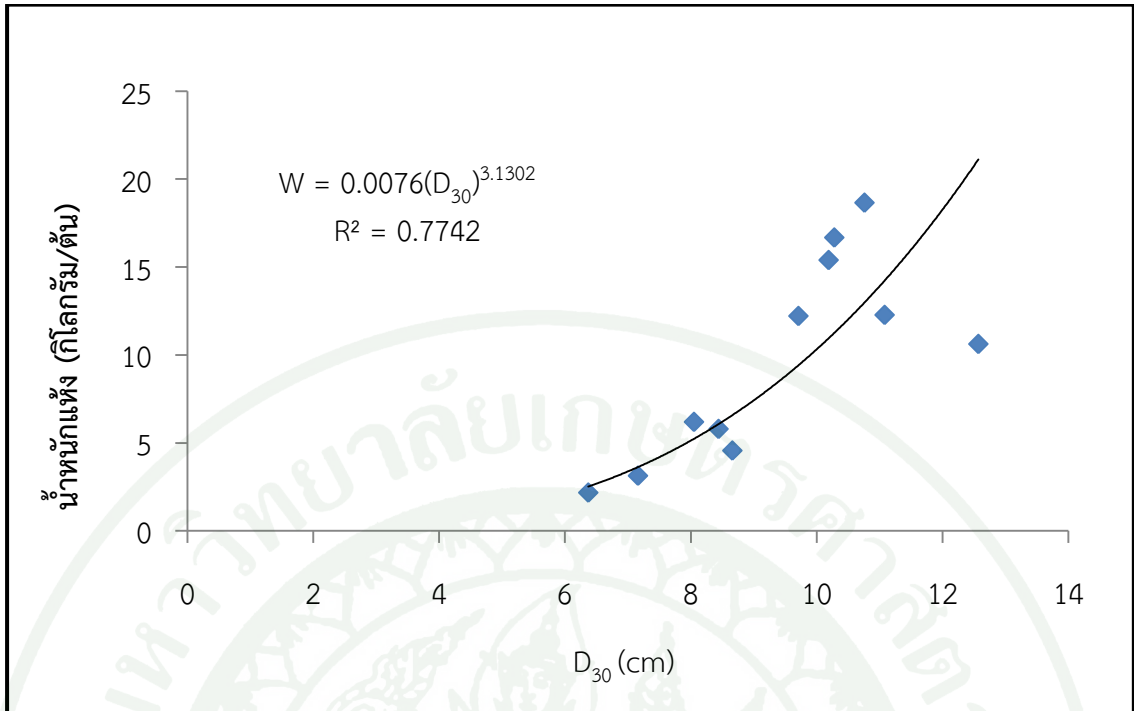
## 2. การวิเคราะห์หามวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน

### 2.1 สมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย

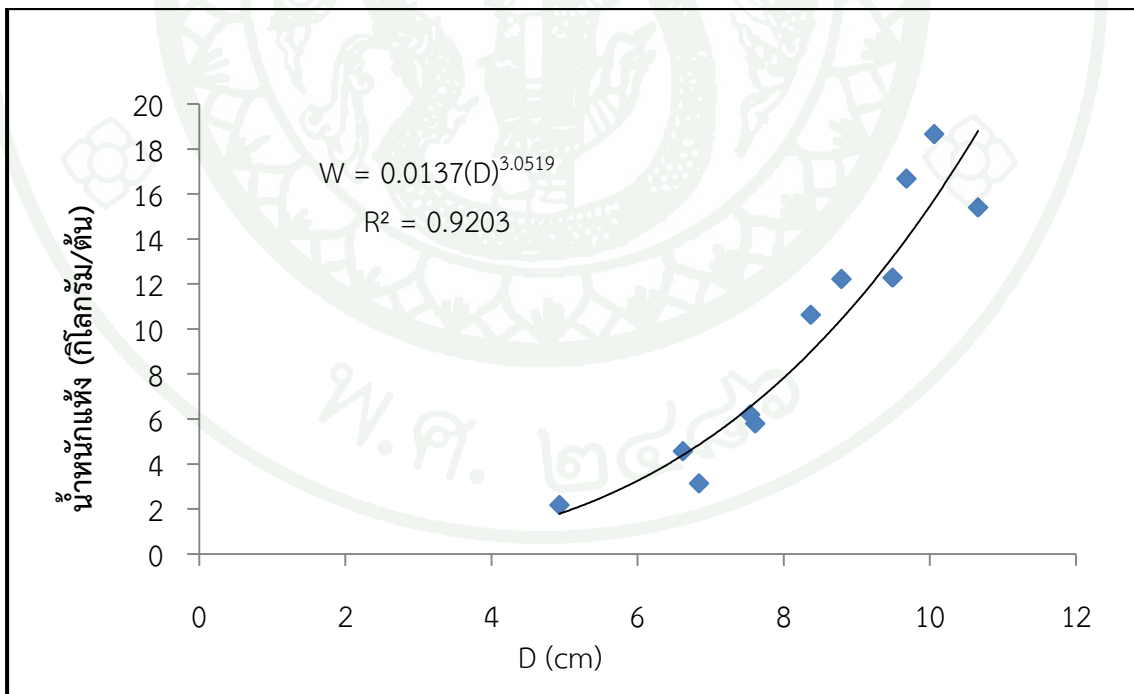
การสร้างสมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 อาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน ( $D_0$ ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร ( $D_{30}$ ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (D) ความสูงทั้งหมด (H) และน้ำหนักแห้งของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย ได้สมการดังภาพที่ 13-17 และตารางที่ 11



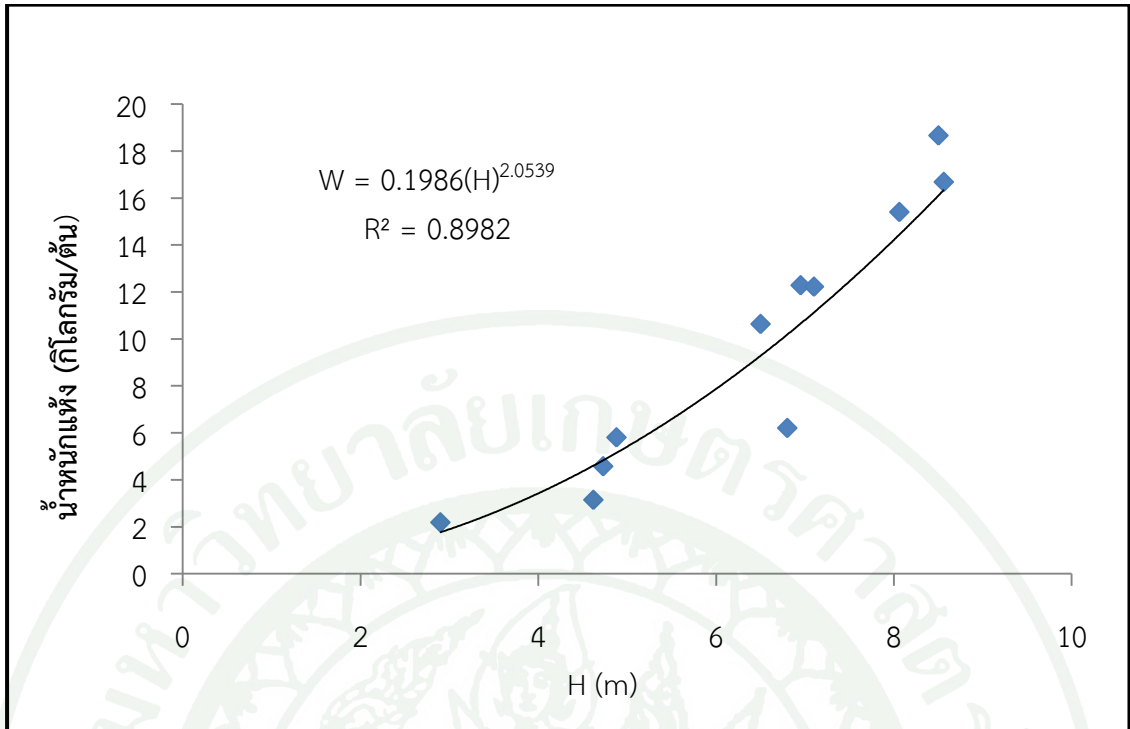
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555



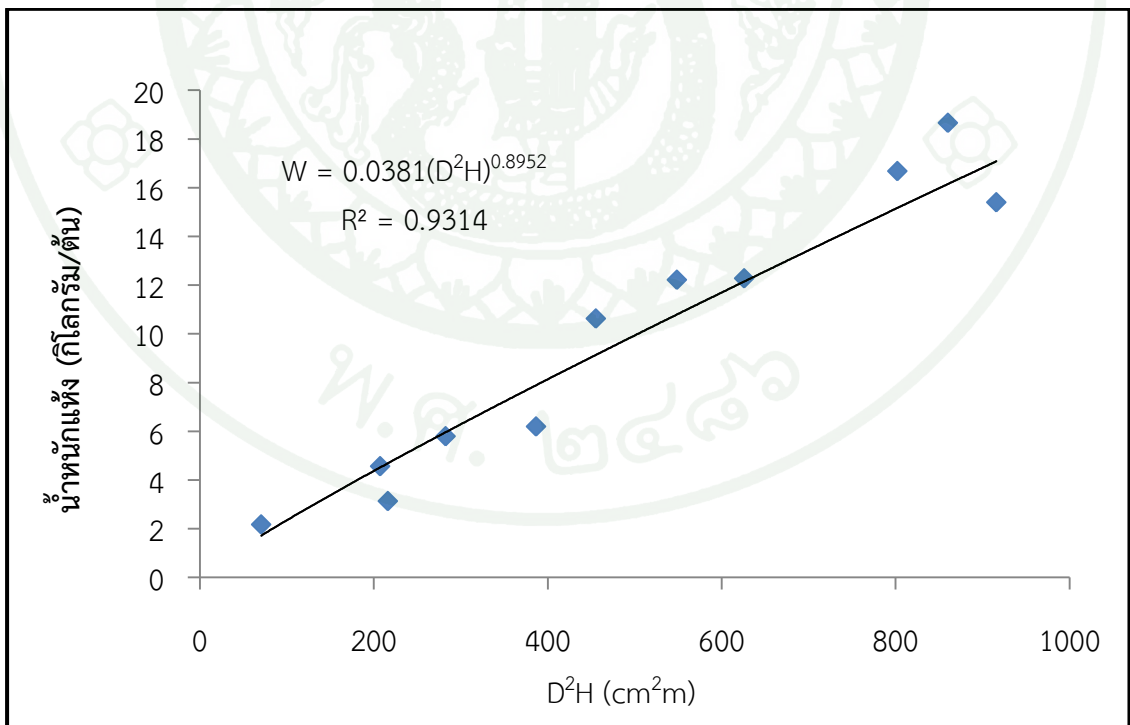
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555

**ตารางที่ 11** ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ (เซนติเมตร) ความสูงทั้งหมด (เมตร) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม/ตัน) ในรูปสมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย

สมการ	$R^2$
$W = 0.0004(D_0)^{3.901}$	0.5608
$W = 0.0076(D_{30})^{3.1302}$	0.7742
$W = 0.1986(H)^{2.0539}$	0.8982
$W = 0.0137(D)^{3.0519}$	0.9203
$W = 0.0381(D^2H)^{0.8952}$	0.9314

หมายเหตุ  $D_0$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (เซนติเมตร)

$D_{30}$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร (เซนติเมตร)

$D$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)

$H$  = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

$W$  = มวลชีวภาพทั้งหมด (กิโลกรัม/ตัน)

$R^2$  = ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

การเลือกสมการแอลโลเมตรีไปใช้จะพิจารณาสมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากที่สุด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สมการ  $W = 0.0381(D^2H)^{0.8952}$  เพื่อคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย

## 2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ผลการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน ในการศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนตัวอย่างจำนวน 50 แปลง กระจายทั่วพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง และนำข้อมูลที่ได้จากแปลงตัวอย่างภาคสนามมาคำนวณหามวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตรีที่มีผู้ศึกษาไว้แล้ว และใช้สมการแอลโลเมตรีที่สร้างขึ้นสำหรับไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย แล้วทำการเฉลี่ยให้ข้อมูลอยู่ในรูปของแปลงตัวอย่างขนาดแปลง 30x30 เมตร สำหรับไม้ใหญ่กับไม้ยืนต้นตาย และแปลงย่อยขนาด 5x5 เมตร สำหรับไม้หนุ่ม ได้ข้อมูลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย และมวลชีวภาพที่คำนวณได้จาก  
สมการแอลโลเมตรี ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่าง

รหัส แปลง	สภาพป่า	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูง เฉลี่ย (ม.)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตันต่อเฮกตาร์)			
				ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	ทั้งหมด
1	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	10.43	5.30	-	30.24	1.70	31.94
2	ป่าพรุสมบูนอร์น	10.05	5.82	1.54	50.25	-	51.79
3	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	11.40	6.55	-	59.76	-	59.76
4	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	10.91	5.55	-	28.52	3.16	31.68
5	ป่าพรุสมบูนอร์น	11.95	6.71	-	85.65	-	85.65
6	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.87	5.43	-	25.68	1.74	27.43
7	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8.63	5.48	-	22.94	1.23	24.17
8	ป่าพรุสมบูนอร์น	10.87	7.23	-	52.12	-	52.12
9	ป่าพรุสมบูนอร์น	17.70	8.94	-	120.58	-	120.58
10	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	5.41	3.35	15.16	4.29	0.79	20.25
11	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	13.56	7.32	3.12	89.79	2.01	94.92
12	ป่าพรุสมบูนอร์น	13.66	7.27	-	57.47	-	57.47
13	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	10.53	5.35	1.61	31.35	0.19	33.15
14	ป่าพรุเสื่อมโทรม	13.90	6.24	1.75	41.83	1.28	44.87
15	ป่าพรุสมบูนอร์น	7.93	4.74	24.85	95.50	-	120.36
16	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.71	4.64	-	51.25	1.10	52.36
17	ป่าพรุเสื่อมโทรม	16.18	4.29	-	3.61	-	3.61
18	ป่าพรุสมบูนอร์น	10.06	3.96	-	30.34	-	30.34
19	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.28	4.36	0.05	15.51	1.67	17.23
20	ป่าพรุเสื่อมโทรม	6.34	5.25	4.33	17.98	8.63	30.94
21	ป่าพรุสมบูนอร์น	10.23	7.31	2.64	70.89	1.86	75.39
22	ป่าพรุเสื่อมโทรม	7.83	3.96	8.79	6.84	-	15.63
23	ป่าพรุสมบูนอร์น	9.24	3.81	-	33.42	-	33.42
24	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.04	4.03	-	6.18	-	6.18
25	ป่าพรุสมบูนอร์น	9.48	4.04	-	42.13	-	42.13
26	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.42	6.48	1.23	95.75	2.20	99.19
27	ป่าพรุสมบูนอร์น	11.59	7.42	-	72.11	-	72.11
28	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8.51	3.73	-	5.06	-	5.06
29	ป่าพรุสมบูนอร์น	9.29	4.31	0.54	28.61	-	29.14
30	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	11.45	6.45	-	25.16	1.73	26.89
31	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.93	5.28	0.35	15.23	4.61	20.18
32	ป่าพรุสมบูนอร์น	12.15	4.7	-	100.75	-	100.75
33	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	10.08	7.5	-	43.92	1.90	45.82
34	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.88	4.73	-	20.04	-	20.04
35	ป่าพรุสมบูนอร์น	18.9	8.61	-	26.33	-	26.33
36	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	4.85	3.01	1.80	2.42	1.30	5.53
37	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	3.84	3.05	1.89	1.92	1.87	5.68
38	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	5.71	4.02	2.76	12.19	0.06	15.02

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รหัสแปลง	สภาพป่า	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตันต่อเฮกตาร์)			
				ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	ทั้งหมด
38	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	5.71	4.02	2.76	12.19	0.06	15.02
39	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.92	4.72	-	12.16	3.21	15.37
40	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.42	4.84	0.20	50.09	1.54	51.82
41	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	12.4	5.7	-	22.41	0.77	23.18
42	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.9	5.76	-	18.36	1.21	19.58
43	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.2	5.03	-	14.33	1.73	16.05
44	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	7.65	5.22	-	16.77	4.77	21.54
45	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	5.47	3.52	0.49	7.53	-	8.02
46	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	6.83	4.28	0.79	12.33	0.06	13.18
47	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	6.62	4.45	0.07	17.01	0.58	17.66
48	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.93	4.89	0.08	13.50	0.50	14.09
49	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.76	5.05	-	2.82	4.50	7.31
50	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.18	5.63	-	49.93	2.89	52.82
ค่าเฉลี่ย		9.88	5.31	1.48	35.22	1.22	37.92

**หมายเหตุ** ไม้ใหญ่ คือ ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป และ ความสูงมากกว่า 1.30 เมตร  
ไม้หนุ่ม คือ ต้นไม้ขนาดวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และ ความสูงมากกว่า 1.30 เมตร

2.2.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.48 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 35.22 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 1.22 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มมีค่ามากกว่า และไม้ใหญ่มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของกอบศักดิ์ (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังจากไฟไหม้เท่ากับ 36.94 ตันต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.53 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 36.41 ตันต่อเฮกตาร์ และผลการศึกษานี้ มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงกว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่รายงานโดย Tange *et al.* (2000) ซึ่งศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส ที่รายงานว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินประมาณ 6-16 ตันต่อเฮกตาร์ ผลกระทบของไฟป่าต่อการตายของไม้เสม็ด จากการศึกษาของกอบศักดิ์ (2556) พบว่า ไฟป่าที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการตายของต้นเสม็ด (tree) อย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับต้นเสม็ดในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกไฟไหม้ อัตราการตายของต้นเสม็ดในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกไฟไหม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กล่าวคือ อัตราการตายที่ระยะเวลา 8 เดือน หลังไฟไหม้สูงขึ้นมากกว่าอัตราการตายเมื่อระยะเวลา 1 เดือนภายหลังจากไฟไหม้ โดยเมื่อ 1 เดือนภายหลังจากไฟไหม้นั้น พบว่า ต้นเสม็ดที่ถูกไฟไหม้ยังสามารถแตกหน่อและยอดออกมาจากลำต้นและกิ่ง จึงเป็นสัญญาณ

ของการยังมีชีวิตรอดของต้นไม้ โดยอัตราการตายในช่วงนี้อยู่ระหว่างร้อยละ 0.0–18.9 แต่อย่างไรก็ตามภายหลังจากเกิดไฟไหม้ไปเป็นระยะเวลา 8 เดือน กลับพบว่า อัตราการตายของต้นไม้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้ ซึ่งพบว่ามีอัตราการตายในช่วงเวลาดังกล่าวระหว่างร้อยละ 8.7–32.0 ในขณะที่พื้นที่ป่าเสม็ดที่ไม่ถูกไฟไหม้นั้นต้นไม้ไม่มีการตายแต่อย่างใด





การสุ่มตัวอย่างต้นเสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 ในพื้นที่เพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสะสมคาร์บอน โดยทำการสุ่มตัวอย่างไม้ใหญ่จำนวน 4 ต้น โดยนำตัวอย่างเฉพาะส่วนของลำต้นไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยร้อยละ 48.21 (ตารางที่ 13) ซึ่งการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของสุรเชษฐ์ (2551) ซึ่งศึกษาปริมาณคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งในไม้โกงกางใบเล็ก, โปรงแดง และถั่วขาว บริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยใช้วิธีการหาคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งของลำต้นเฉลี่ยร้อยละ 48.64 และการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ปริมาณคาร์บอนที่ได้มีค่าสูงกว่าปริมาณคาร์บอนที่รายงานโดยชลิตา และลดาวัลย์ (2551) ซึ่งศึกษาปริมาณคาร์บอน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ในไม้โกงกางใบเล็ก ในบริเวณสวนป่าชายเลน อำเภอบางพลี จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้วิธีการหาคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion พบว่า มีปริมาณคาร์บอนบริเวณลำต้นเฉลี่ยร้อยละ 46.51

**ตารางที่ 13** ผลการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555

ตัวอย่างที่	ร้อยละคาร์บอน
1	47.68
2	48.71
3	49.02
4	47.44
<b>เฉลี่ย</b>	<b>48.21</b>

จากนั้นทำการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในแปลงตัวอย่างโดยใช้วิธีการนำค่ามวลชีวภาพที่ได้จากสมการแอลโลเมตรี (ตารางที่ 12) มาคูณกับร้อยละความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้ง ไม้หนุ่มกับไม้ใหญ่ใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนค่ากลาง (default value) ซึ่ง IPCC (2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.47 หรือร้อยละ 47 ส่วนไม้ยืนต้นตายใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่ 0.48 หรือร้อยละ 48 จะได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในรูปของน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ ดังตารางที่ 14

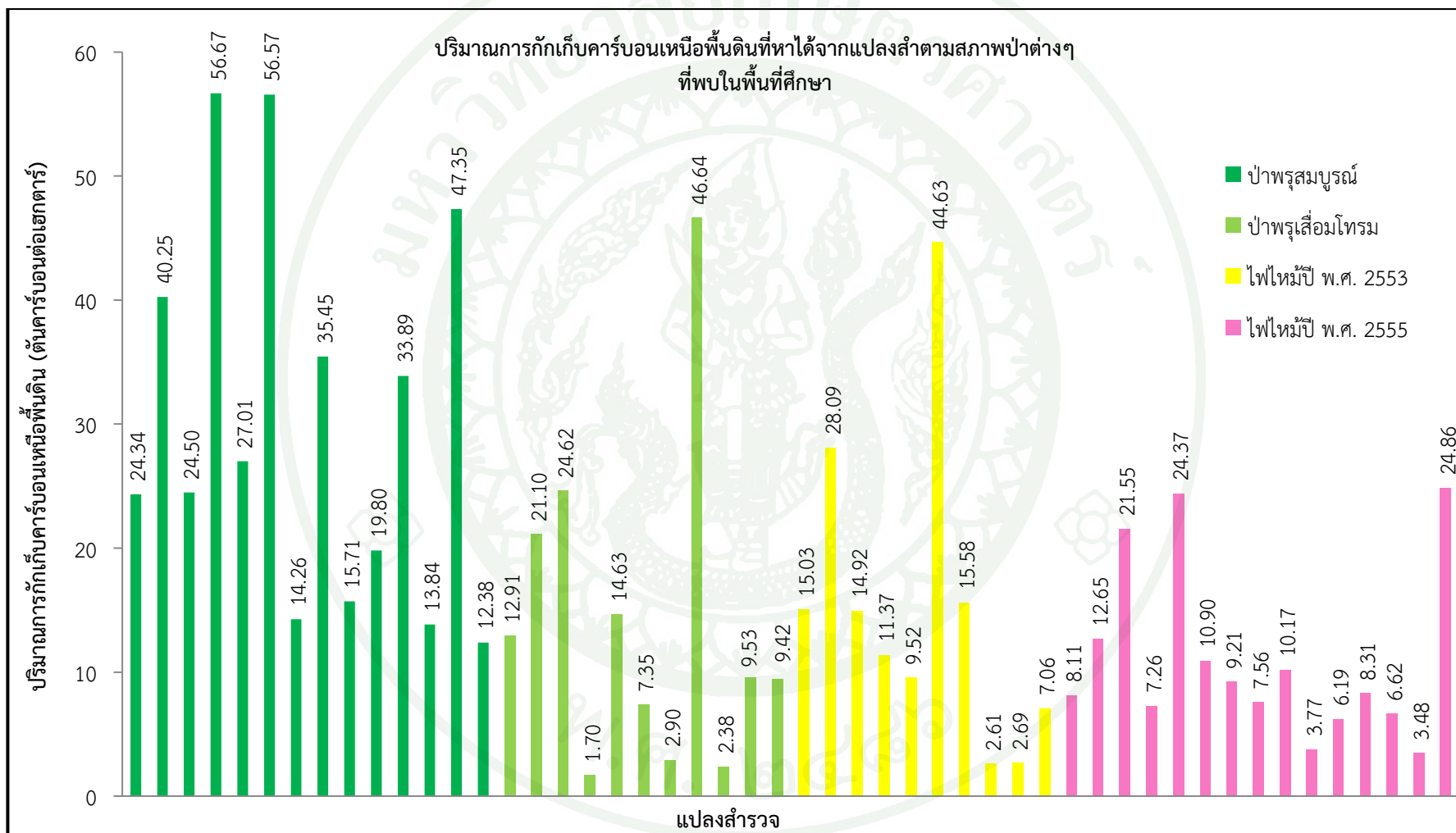
ตารางที่ 14 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากมวลชีวภาพกับค่าเฉลี่ยร้อยละของความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้ง ตามตำแหน่งพิกัดของแปลงตัวอย่าง

รหัสแปลง	สภาพป่า	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)			
				ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	รวม
1	ไฟไหม้ปี พ.ศ.2553	10.43	5.30	-	14.21	0.81	15.03
2	ป่าพรุสมบูรณ์	10.05	5.82	0.72	23.62	-	24.34
3	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	11.40	6.55	-	28.09	-	28.09
4	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	10.91	5.55	-	13.41	1.52	14.92
5	ป่าพรุสมบูรณ์	11.95	6.71	-	40.25	-	40.25
6	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.87	5.43	-	12.07	0.84	12.91
7	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8.63	5.48	-	10.78	0.59	11.37
8	ป่าพรุสมบูรณ์	10.87	7.23	-	24.50	-	24.50
9	ป่าพรุสมบูรณ์	17.70	8.94	-	56.67	-	56.67
10	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	5.41	3.35	7.13	2.02	0.38	9.52
11	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	13.56	7.32	1.47	42.20	0.97	44.63
12	ป่าพรุสมบูรณ์	13.66	7.27	-	27.01	-	27.01
13	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	10.53	5.35	0.76	14.73	0.09	15.58
14	ป่าพรุเสื่อมโทรม	13.90	6.24	0.82	19.66	0.61	21.10
15	ป่าพรุสมบูรณ์	7.93	4.74	11.68	44.89	-	56.57
16	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.71	4.64	-	24.09	0.53	24.62
17	ป่าพรุเสื่อมโทรม	16.18	4.29	-	1.70	-	1.70
18	ป่าพรุสมบูรณ์	10.06	3.96	-	14.26	-	14.26
19	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.28	4.36	0.02	7.29	0.80	8.11
20	ป่าพรุเสื่อมโทรม	6.34	5.25	2.04	8.45	4.14	14.63
21	ป่าพรุสมบูรณ์	10.23	7.31	1.24	33.32	0.89	35.45
22	ป่าพรุเสื่อมโทรม	7.83	3.96	4.13	3.21	-	7.35
23	ป่าพรุสมบูรณ์	9.24	3.81	-	15.71	-	15.71
24	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.04	4.03	-	2.90	-	2.90
25	ป่าพรุสมบูรณ์	9.48	4.04	-	19.80	-	19.80
26	ป่าพรุเสื่อมโทรม	10.42	6.48	0.58	45.00	1.06	46.64
27	ป่าพรุสมบูรณ์	11.59	7.42	-	33.89	-	33.89
28	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8.51	3.73	-	2.38	-	2.38
29	ป่าพรุสมบูรณ์	9.29	4.31	0.25	13.59	-	13.84
30	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	11.45	6.45	-	11.82	0.83	12.65
31	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.93	5.28	0.16	7.16	2.21	9.53
32	ป่าพรุสมบูรณ์	12.15	4.7	-	47.35	-	47.35
33	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	10.08	7.5	-	20.64	0.91	21.55
34	ป่าพรุเสื่อมโทรม	9.88	4.73	-	9.42	-	9.42
35	ป่าพรุสมบูรณ์	18.9	8.61	-	12.38	-	12.38
36	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	4.85	3.01	0.85	1.14	0.63	2.61
37	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	3.84	3.05	0.89	0.90	0.90	2.69

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รหัสแปลง	สภาพป่า	DBH เฉลี่ย (ซม.)	ความสูงเฉลี่ย (ม.)	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)			
				ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	รวม
38	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	5.71	4.02	1.30	5.73	0.03	7.06
39	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.92	4.72	-	5.71	1.54	7.26
40	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.42	4.84	0.09	23.54	0.74	24.37
41	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	12.4	5.7	-	10.53	0.37	10.90
42	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.9	5.76	-	8.63	0.58	9.21
43	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	9.2	5.03	-	6.73	0.83	7.56
44	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	7.65	5.22	-	7.88	2.29	10.17
45	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	5.47	3.52	0.23	3.54	-	3.77
46	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	6.83	4.28	0.37	5.79	0.03	6.19
47	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	6.62	4.45	0.03	8.00	0.28	8.31
48	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.93	4.89	0.04	6.35	0.24	6.62
49	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.76	5.05	-	1.32	2.16	3.48
50	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8.18	5.63	-	23.47	1.39	24.86
ค่าเฉลี่ย		9.88	5.31	0.70	16.55	0.58	17.83

2.2.2 การประมาณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 16.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มมีค่ามากกว่า และไม้ใหญ่มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของกอบศักดิ์ (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังไฟไหม้เท่ากับ 17.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 17.11 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์



ภาพที่ 19 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากมวลชีวภาพกับค่าเฉลี่ยร้อยละของความเข้มข้นคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้ง ตามสภาพป่าต่างๆ

2.2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับสภาพป่าต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

$H_0$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) แต่ละสภาพป่าทั้ง 4 ป่า ไม่มีความแตกต่างกัน

$H_1$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) แต่ละสภาพป่าต่างกันอย่างน้อย 2 ป่า

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตารางที่ 15 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ  $F = 6.772$  ค่าช่วงวิกฤติ  $CR : F \geq F_{0.05(3, 46)} = 2.81$  ซึ่งค่า  $F$  จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_0$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_1$  หมายความว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) แต่ละสภาพป่าทั้ง 4 ป่า มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ป่า

**ตารางที่ 15** การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ของแต่ละสภาพป่า

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F
Regression	3	3062.103	1020.701	6.772
Residual	46	6933.542	150.729	
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>9995.645</b>		

หมายเหตุ  $F_{0.05(3,46)} = 2.81$

เมื่อทราบว่าป่าทั้ง 4 สภาพป่ามีความแตกต่างกันจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) Post Hoc ด้วยตัวตรวจสอบ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อพิจารณาว่าสภาพป่าคู่ใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ พบว่า ป่าพรุสมบูรณ์กับป่าพรุเสื่อมโทรม มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (0.05) จึงปฏิเสธ สมมติฐาน  $H_0$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_1$  หมายความว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 (มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.005) และพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 (มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.000) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ระหว่างสภาพป่าแต่ละคู่

Group I	Group II	Mean Difference	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ป่าพรุสมบูรณ์	ป่าพรุเสื่อมโทรม	16.21883*	4.94662	0.002	6.2618	26.1759
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	14.99429*	5.08324	0.005	4.7623	25.2263
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	19.14362*	4.56234	0.000	9.9601	28.3271
ป่าพรุเสื่อมโทรม	ป่าพรุสมบูรณ์	-16.21883*	4.94662	0.002	-26.1759	-6.2618
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	-1.22455	5.36429	0.820	-12.0223	9.5732
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	2.92479	4.87353	0.551	-6.8851	12.7347
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	ป่าพรุสมบูรณ์	-14.99429*	5.08324	0.005	-25.2263	-4.7623
	ป่าพรุเสื่อมโทรม	1.22455	5.36429	0.820	-9.5732	12.0223
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	4.14933	5.01214	0.412	-5.9396	14.2382
ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	ป่าพรุสมบูรณ์	-19.14362*	4.56234	0.000	-28.3271	-9.9601
	ป่าพรุเสื่อมโทรม	-2.92479	4.87353	0.551	-12.7347	6.8851
	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	-4.14933	5.01214	0.412	-14.2382	5.9396

หมายเหตุ \* นัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยคิดเฉพาะพื้นที่ป่าพรุ คือ พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 56,606.96 ไร่หรือ 9,057.11 เฮกตาร์ ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมทั้งพื้นที่ป่าพรุเท่ากับ 161,488.27 ตันคาร์บอน

### 3. การวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน

3.1 การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 64.11 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 2.11 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 61.87 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.13 ตันต่อเฮกตาร์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 29.59 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.50 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 26.31 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนตายเท่ากับ 1.78 ตันต่อเฮกตาร์ และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 23.36 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.11 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 21.45 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนตายเท่ากับ 1.80 ตันต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 17) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูญเสียไป

จากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 34.52 ต้นต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 6.23 ต้นต่อเฮกตาร์

การศึกษาของ กอบศักดิ์ (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินก่อนไฟไหม้เท่ากับ 46.31 ต้นต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 2.50 ต้นต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 43.81 ต้นต่อเฮกตาร์ และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังไฟไหม้เท่ากับ 36.94 ต้นต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.53 ต้นต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 36.41 ต้นต่อเฮกตาร์ ทำให้มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่เท่ากับ 9.37 ต้นต่อเฮกตาร์

ตารางที่ 17 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม และไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555

	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ต้นต่อเฮกตาร์)		
	ป่าพรุสมบูรณ์	ป่าพรุเสื่อมโทรม	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555
ไม้หนุ่ม	2.11	1.50	0.11
ไม้ใหญ่	61.87	26.31	21.45
ไม้ยืนต้นตาย	0.13	1.78	1.80
<b>รวม</b>	<b>64.11</b>	<b>29.59</b>	<b>23.36</b>

3.2 การประมาณค่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 30.14 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.99 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 29.09 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.06 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมมีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 13.92 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 12.37 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.85 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 11.00 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.05 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 10.08 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.87 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไฟป่าทำให้ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินลดลง (ตารางที่ 18)

การศึกษาของกอบศักดิ์ (2556) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณคาร์บอนของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินก่อนไฟไหม้เท่ากับ 21.77 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.18 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 20.59 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังไฟไหม้เท่ากับ 17.36 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.25 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 17.11 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่เท่ากับ 4.41 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์

ตารางที่ 18 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือในพื้นดินพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ ป่าพรุเสื่อมโทรม และไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555

	คาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)		
	ป่าพรุสมบูรณ์	ป่าพรุเสื่อมโทรม	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555
ไม้หนุ่ม	0.99	0.70	0.05
ไม้ใหญ่	29.09	12.37	10.08
ไม้ยืนต้นตาย	0.06	0.85	0.87
<b>รวม</b>	<b>30.14</b>	<b>13.92</b>	<b>11.00</b>

ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 19.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 2.92 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 11.03 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อนำพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เป็นพื้นที่เสียหาย 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียออกจากพื้นที่เท่ากับ 13,180.19 ตันคาร์บอน

#### 4. การวิเคราะห์ค่าข้อมูลเชิงตัวเลขจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

##### 4.1 การหาค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ

การหาค่า fractional green vegetation cover (FC) บริเวณพื้นที่ศึกษาโดยการอ่านค่าข้อมูลเชิงตัวเลข จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในพื้นที่ที่มีการเปิดหน้าดินหรือไม่มีพืชพรรณปกคลุม (NDVIsoil) (ตารางที่ 19) และพื้นที่ที่มีพืชพรรณ (NDVIveg) (ตารางที่ 20) และจุดที่อ่านค่า ดังภาพที่ 20

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีพืชพรรณบริเวณที่มีการเปิดหน้าดินหรือไม่มีพืชพรรณปกคลุม (NDVIsoil)

จุดที่	พิกัดยูทีเอ็ม		ค่า NDVIsoil
	ตะวันออก	เหนือ	
1	628097	870403	0.234
2	623710	870120	0.205
3	620606	868285	0.213
4	627172	869075	0.246
5	626321	876760	0.253
	<b>ค่าเฉลี่ย</b>		<b>0.230</b>

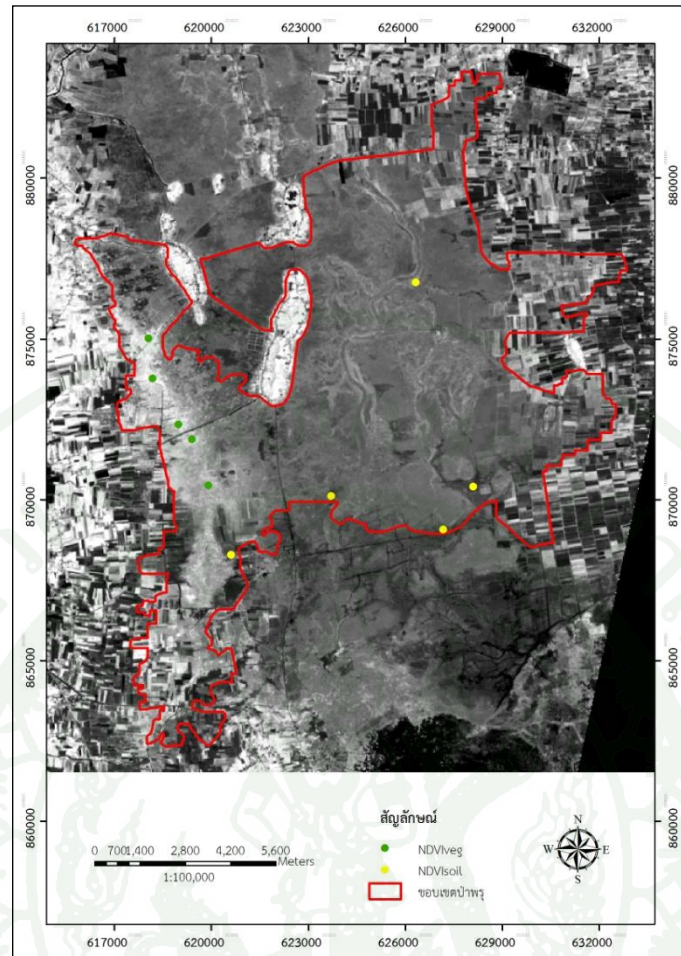
ตารางที่ 20 ค่าดัชนีพืชพรรณบริเวณที่มีพืชพรรณ (NDVIveg)

จุดที่	พิกัดยูทีเอ็ม		ค่า NDVIveg
	ตะวันออก	เหนือ	
1	618055	875014	0.539
2	618174	873776	0.536
3	618980	872343	0.513
4	619905	870448	0.480
5	619398	871881	0.511
ค่าเฉลี่ย			0.516

นำค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 พื้นที่ แทนค่าในสมการที่ (11) ได้สมการดังนี้

$$FC = \frac{NDVI - 0.230}{0.516 - 0.230} \quad (18)$$

เมื่อ NDVI = ค่าดัชนีพืชพรรณแบบผลต่างนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index)



ภาพที่ 20 จุดที่อ่านค่า NDVIsoil และ NDVIveg

4.2 การหาค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ โดยใช้ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (DN) ขนาด 16 บิต ของจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ที่มีตำแหน่งพิกัดเดียวกันกับตำแหน่งพิกัดจุดสำรวจที่ได้จากภาคสนาม ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ แบนด์ 3 (G), แบนด์ 4 (R), แบนด์ 5 (NIR) และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ การลบแบบง่าย (G-R, NIR-R), การหารแบบง่าย (NIR/R), NDVI, TNDVI และ GVI และ FC ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ

รหัส แปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข			ดัชนีพืชพรรณ						
	ตะวันออก	เหนือ		แบนด์ 3 (G)	แบนด์ 4 (R)	แบนด์ 5 (NIR)	G-R	NIR-R	NIR/R	NDVI	TNDVI	GVI	FC
1	628487	870838	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8604	8000	14631	604	6631	1.829	0.293	0.891	8972.63	0.220
2	626867	869638	ป่าพรุสมบูน	8405	7578	15167	827	7589	2.001	0.334	0.913	9850.90	0.362
3	626417	872413	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8184	7340	14494	844	7154	1.975	0.328	0.910	9314.70	0.341
4	625547	872188	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8138	7400	12805	738	5405	1.730	0.268	0.876	7453.43	0.131
5	625997	872893	ป่าพรุสมบูน	8236	7420	14715	816	7295	1.983	0.330	0.911	9495.71	0.348
6	627797	875323	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8455	7815	14549	640	6734	1.862	0.301	0.895	9030.06	0.249
7	627527	875143	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8464	7834	14847	630	7013	1.895	0.309	0.900	9341.63	0.277
8	628217	876103	ป่าพรุสมบูน	8472	7940	14846	532	6906	1.870	0.303	0.896	9278.86	0.256
9	624767	873148	ป่าพรุสมบูน	8264	7500	14824	764	7324	1.977	0.328	0.910	9561.60	0.343
10	626042	874948	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8369	7632	14583	737	6951	1.911	0.313	0.902	9194.54	0.290
11	622712	871753	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8237	7547	12975	690	5428	1.719	0.264	0.874	7527.70	0.121
12	621077	871213	ป่าพรุสมบูน	8461	7432	16892	1029	9460	2.273	0.389	0.943	11796.67	0.556
13	621542	871873	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8605	8232	14665	373	6433	1.781	0.281	0.884	8879.48	0.178
14	622577	872968	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8157	7374	14338	783	6964	1.944	0.321	0.906	9133.45	0.317
15	619277	869998	ป่าพรุสมบูน	8470	7156	20080	1314	12924	2.806	0.475	0.987	15423.54	0.855
16	622697	873898	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8240	7514	15054	726	7540	2.003	0.334	0.913	9811.42	0.364
17	620717	872143	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8322	7599	15437	723	7838	2.031	0.340	0.917	10157.51	0.385
18	620387	872098	ป่าพรุสมบูน	8180	7283	14879	897	7596	2.043	0.343	0.918	9767.43	0.394
19	625292	877063	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8180	7477	16159	703	8682	2.161	0.367	0.931	11053.99	0.480
20	625172	877033	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8128	7306	14779	822	7473	2.023	0.338	0.916	9660.63	0.379

ตารางที่ 21 (ต่อ)

รหัส แปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข			ดัชนีพืชพรรณ						
	ตะวันออก	เหนือ		แบนด์ 3 (G)	แบนด์ 4 (R)	แบนด์ 5 (NIR)	G-R	NIR-R	NIR/R	NDVI	TNDVI	GVI	FC
21	625097	877108	ป่าพรุสมบูรณ์	8214	7449	14966	765	7517	2.009	0.335	0.914	9759.44	0.368
22	623432	875473	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8117	7343	14236	774	6893	1.939	0.319	0.905	9051.23	0.313
23	620372	872668	ป่าพรุสมบูรณ์	8231	7448	13895	783	6447	1.866	0.302	0.896	8587.68	0.252
24	620957	873283	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8327	7614	14994	713	7380	1.969	0.326	0.909	9664.79	0.337
25	620402	872833	ป่าพรุสมบูรณ์	8147	7294	14482	853	7188	1.985	0.330	0.911	9338.11	0.350
26	623897	876463	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8109	7347	14676	762	7329	1.998	0.333	0.913	9530.91	0.359
27	624602	877633	ป่าพรุสมบูรณ์	8275	7677	13861	598	6184	1.806	0.287	0.887	8409.62	0.200
28	620057	873268	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8488	7860	14300	628	6440	1.819	0.291	0.889	8723.88	0.212
29	619710	873105	ป่าพรุสมบูรณ์	8209	7363	14472	846	7109	1.966	0.326	0.909	9270.59	0.334
30	625037	878503	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8393	7665	15111	728	7446	1.971	0.327	0.909	9744.62	0.339
31	623417	876988	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8199	7532	14576	667	7044	1.935	0.319	0.905	9292.21	0.310
32	619592	873448	ป่าพรุสมบูรณ์	8366	7303	16946	1063	9643	2.320	0.398	0.947	11955.32	0.586
33	624062	878968	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8297	7573	15111	724	7538	1.995	0.332	0.912	9823.98	0.358
34	619455	874500	ป่าพรุเสื่อมโทรม	8119	7175	16362	944	9187	2.280	0.390	0.944	11462.07	0.561
35	617777	875128	ป่าพรุสมบูรณ์	8551	7270	20082	1281	12812	2.762	0.468	0.984	15338.39	0.834
36	625520	880490	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8687	8193	15443	494	7250	1.885	0.307	0.898	9725.56	0.268
37	625640	880235	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8678	8162	14806	516	6644	1.814	0.289	0.888	9051.20	0.207
38	626435	879970	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553	8580	8126	15153	454	7027	1.865	0.302	0.895	9478.01	0.251
39	624400	879772	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8373	7587	15856	786	8269	2.090	0.353	0.923	10606.15	0.429
40	624430	879308	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8345	7647	15779	698	8132	2.063	0.347	0.920	10496.74	0.410

ตารางที่ 21 (ต่อ)

รหัสแปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข						ดัชนีพืชพรรณ			
	ตะวันออก	เหนือ		แบนด์ 3 (G)	แบนด์ 4 (R)	แบนด์ 5 (NIR)	G-R	NIR-R	NIR/R	NDVI	TNDVI	GVI	FC
41	624410	878955	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8319	7627	15555	692	7928	2.039	0.342	0.918	10271.32	0.392
42	624800	878720	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8259	7569	14961	690	7392	1.977	0.328	0.910	9673.74	0.343
43	625100	878210	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8232	7509	15323	723	7814	2.041	0.342	0.918	10109.75	0.392
44	625500	877635	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8194	745 5	15202	739	7747	2.039	0.342	0.918	10019.12	0.391
45	625700	879970	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8492	7984	15080	508	7096	1.889	0.308	0.899	9503.48	0.272
46	626080	879816	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8550	8005	15347	545	7342	1.917	0.314	0.902	9765.93	0.295
47	626320	879950	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8619	8099	15016	520	6917	1.854	0.299	0.894	9332.49	0.242
48	623400	880280	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8139	7256	14725	883	7469	2.029	0.340	0.916	9626.58	0.384
49	623510	880085	ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555	8072	7166	14680	906	7514	2.049	0.344	0.919	9647.36	0.398
50	623319	879980	ไฟไหม้ปี พ.ศ.2555	8343	7651	15075	692	7424	1.970	0.327	0.909	9727.72	0.338

## 5. การวิเคราะห์หาสมการถดถอยเชิงเส้นที่เหมาะสมในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

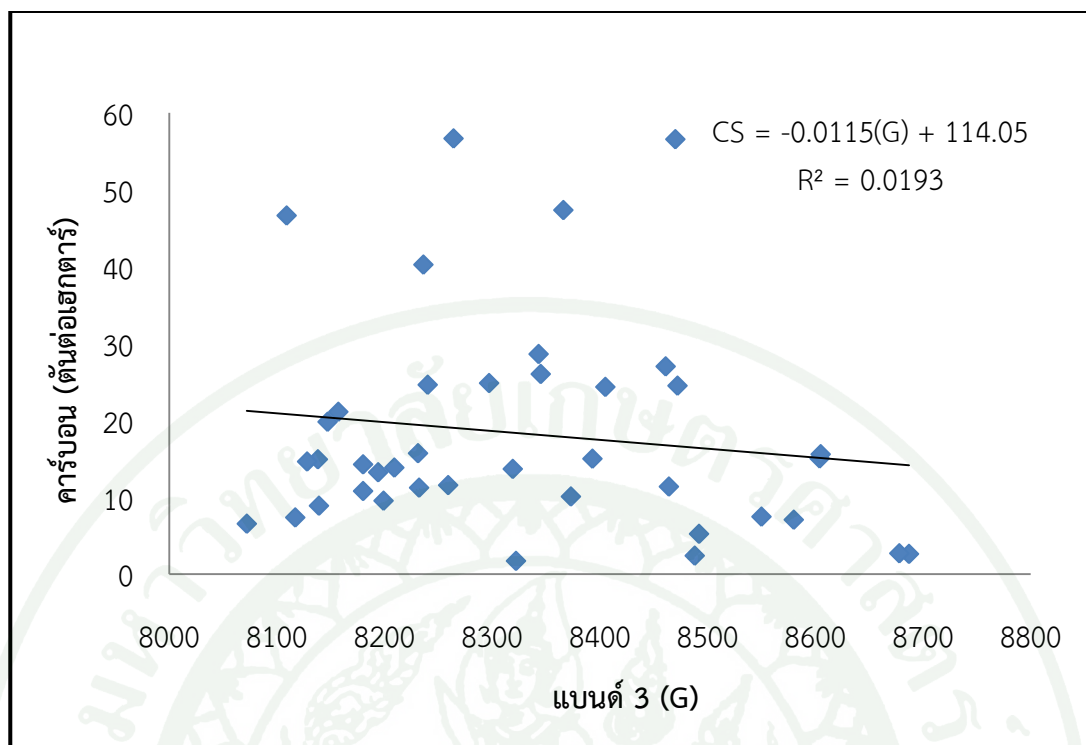
เมื่อนำค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากตารางที่ 22 (นำปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของหญ้ามารวมด้วย) มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้จากตารางที่ 21 ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ แบนด์ 3 (G), แบนด์ 4 (R), แบนด์ 5 (NIR) และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ การลบแบบง่าย (G-R, NIR-R), การหารแบบง่าย (NIR/R), NDVI, TNDVI, GVI และ FC เป็นตัวแปรอิสระ (x) และค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม (y) นำไปวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหารูปแบบที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีนใจ ( $R^2$ ) โดยสุ่มแปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง เพื่อนำมาสร้างสมการ ส่วนแปลงตัวอย่าง 10 แปลง ใช้สำหรับตรวจสอบความแตกต่างระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากการแทนค่าในสมการ

ตารางที่ 22 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่นำไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

รหัสแปลง	สภาพป่า	พิกัดยูทีเอ็ม		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)				
		ตะวันออก	เหนือ	ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	หญ้า	รวม
1	ไฟไหม้ปี 2553	628487	870838	-	14.21	0.81	-	15.03
2	ป่าพรุสมบูรณ์	626867	869638	0.72	23.62	-	-	24.34
3	ไฟไหม้ปี 2553	626417	872413	-	28.09	-	-	28.09
4	ไฟไหม้ปี 2553	625547	872188	-	13.41	1.52	-	14.92
5	ป่าพรุสมบูรณ์	625997	872893	-	40.25	-	-	40.25
6	ป่าพรุเสื่อมโทรม	627797	875323	-	12.07	0.84	-	12.91
7	ไฟไหม้ปี 2553	627527	875143	-	10.78	0.59	-	11.37
8	ป่าพรุสมบูรณ์	628217	876103	-	24.50	-	-	24.50
9	ป่าพรุสมบูรณ์	624767	873148	-	56.67	-	-	56.67
10	ไฟไหม้ปี 2553	626042	874948	7.13	2.02	0.38	-	9.52
11	ไฟไหม้ปี 2553	622712	871753	1.47	42.20	0.97	-	44.63
12	ป่าพรุสมบูรณ์	621077	871213	-	27.01	-	-	27.01
13	ไฟไหม้ปี 2553	621542	871873	0.76	14.73	0.09	-	15.58
14	ป่าพรุเสื่อมโทรม	622577	872968	0.82	19.66	0.61	-	21.10
15	ป่าพรุสมบูรณ์	619277	869998	11.68	44.89	-	-	56.57
16	ป่าพรุเสื่อมโทรม	622697	873898	-	24.09	0.53	-	24.62
17	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620717	872143	-	1.70	-	-	1.70
18	ป่าพรุสมบูรณ์	620387	872098	-	14.26	-	-	14.26
19	ไฟไหม้ปี 2555	625292	877063	0.02	7.29	0.80	2.68	10.79

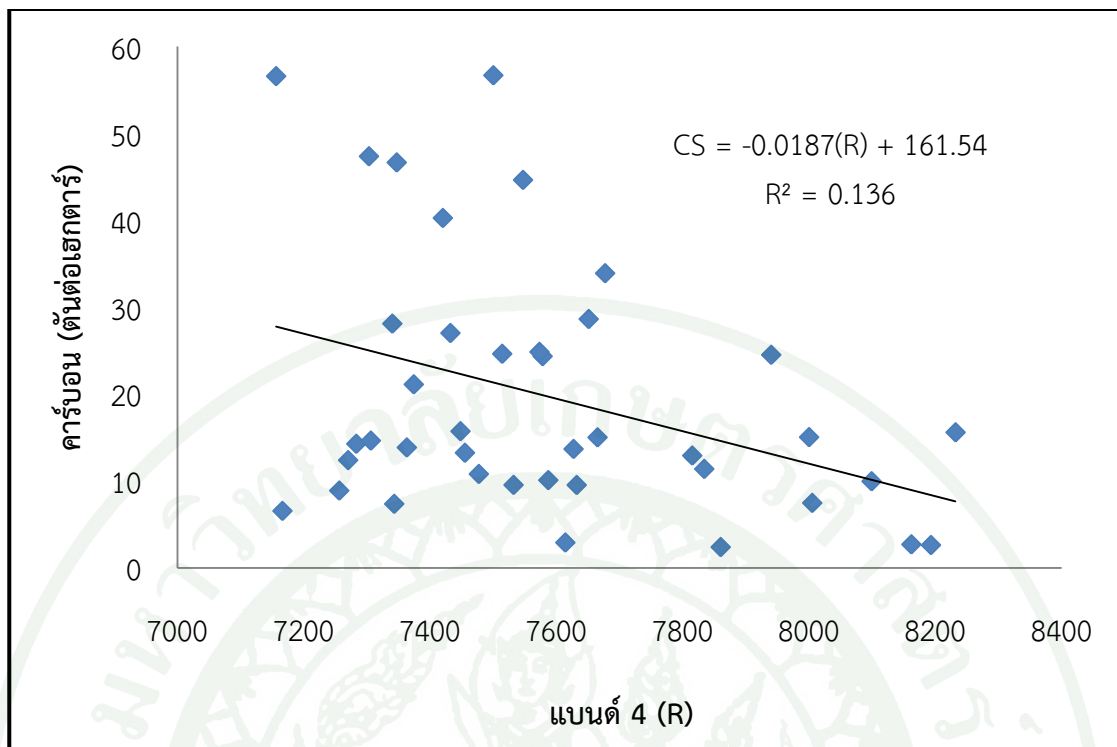
ตารางที่ 22 (ต่อ)

รหัส แปลง	สภาพป่า	พิกัดยูทีเอ็ม		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)				
		ตะวันออก	เหนือ	ไม้หนุ่ม	ไม้ใหญ่	ไม้ยืนต้นตาย	หญ้า	รวม
20	ป่าพรุเสื่อมโทรม	625172	877033	2.04	8.45	4.14	-	14.63
21	ป่าพรุสมบูรณ์	625097	877108	1.24	33.32	0.89	-	35.45
22	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623432	875473	4.13	3.21	-	-	7.35
23	ป่าพรุสมบูรณ์	620372	872668	-	15.71	-	-	15.71
24	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620957	873283	-	2.90	-	-	2.90
25	ป่าพรุสมบูรณ์	620402	872833	-	19.80	-	-	19.80
26	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623897	876463	0.58	45.00	1.06	-	46.64
27	ป่าพรุสมบูรณ์	624602	877633	-	33.89	-	-	33.89
28	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620057	873268	-	2.38	-	-	2.38
29	ป่าพรุสมบูรณ์	619710	873105	0.25	13.59	-	-	13.84
30	ไฟไหม้ปี 2555	625037	878503	-	11.82	0.83	2.35	15.00
31	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623417	876988	0.16	7.16	2.21	-	9.53
32	ป่าพรุสมบูรณ์	619592	873448	-	47.35	-	-	47.35
33	ไฟไหม้ปี 2555	624062	878968	-	20.64	0.91	3.29	24.84
34	ป่าพรุเสื่อมโทรม	619455	874500	-	9.42	-	-	9.42
35	ป่าพรุสมบูรณ์	617777	875128	-	12.38	-	-	12.38
36	ไฟไหม้ปี 2553	625520	880490	0.85	1.14	0.63	-	2.61
37	ไฟไหม้ปี 2553	625640	880235	0.89	0.90	0.90	-	2.69
38	ไฟไหม้ปี 2553	626435	879970	1.30	5.73	0.03	-	7.06
39	ไฟไหม้ปี 2555	624400	879772	-	5.71	1.54	2.82	10.08
40	ไฟไหม้ปี 2555	624430	879308	0.09	23.54	0.74	1.65	26.02
41	ไฟไหม้ปี 2555	624410	878955	-	10.53	0.37	2.77	13.67
42	ไฟไหม้ปี 2555	624800	878720	-	8.63	0.58	2.35	11.56
43	ไฟไหม้ปี 2555	625100	878210	-	6.73	0.83	3.67	11.23
44	ไฟไหม้ปี 2555	625500	877635	-	7.88	2.29	3.06	13.23
45	ไฟไหม้ปี 2555	625700	879970	0.23	3.54	-	1.46	5.22
46	ไฟไหม้ปี 2555	626080	879816	0.37	5.79	0.03	1.27	7.46
47	ไฟไหม้ปี 2555	626320	879950	0.03	8.00	0.28	1.65	9.95
48	ไฟไหม้ปี 2555	623400	880280	0.04	6.35	0.24	2.26	8.88
49	ไฟไหม้ปี 2555	623510	880085	-	1.32	2.16	3.06	6.54
50	ไฟไหม้ปี 2555	623319	879980	-	23.47	1.39	3.76	28.62



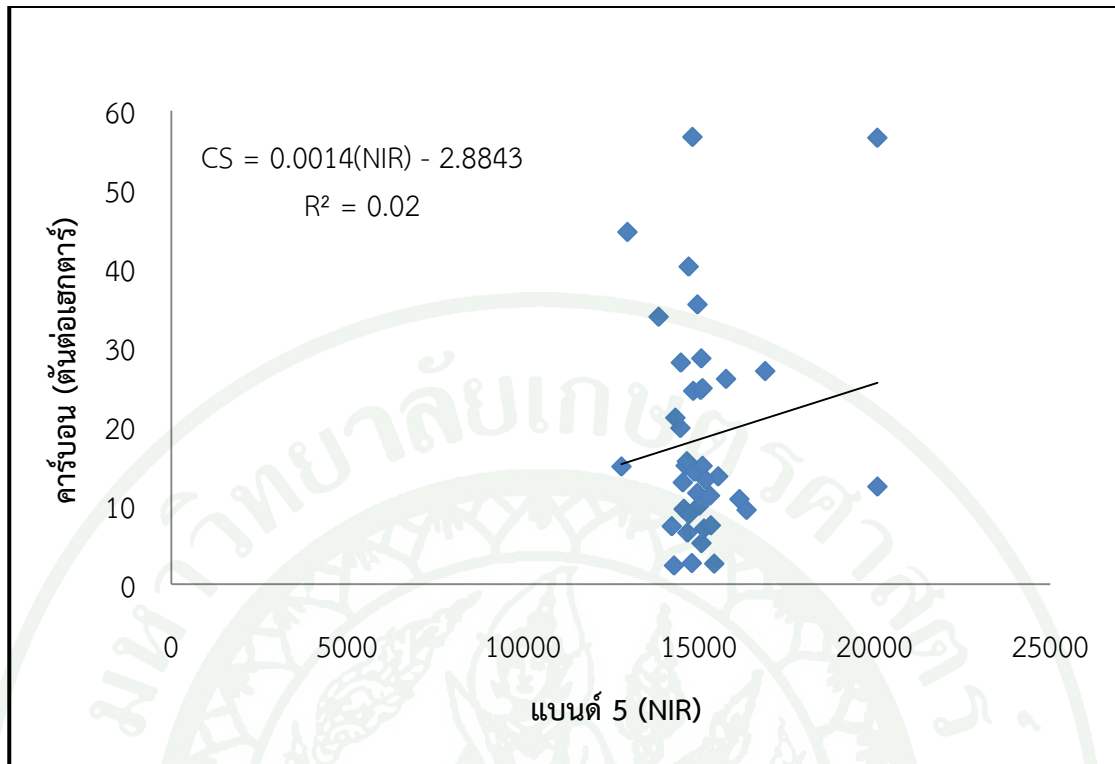
ภาพที่ 21 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่นแบนด์ 3 (G) ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 21 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = -0.0115(G) + 114.05$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.0193 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า G สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 1.93



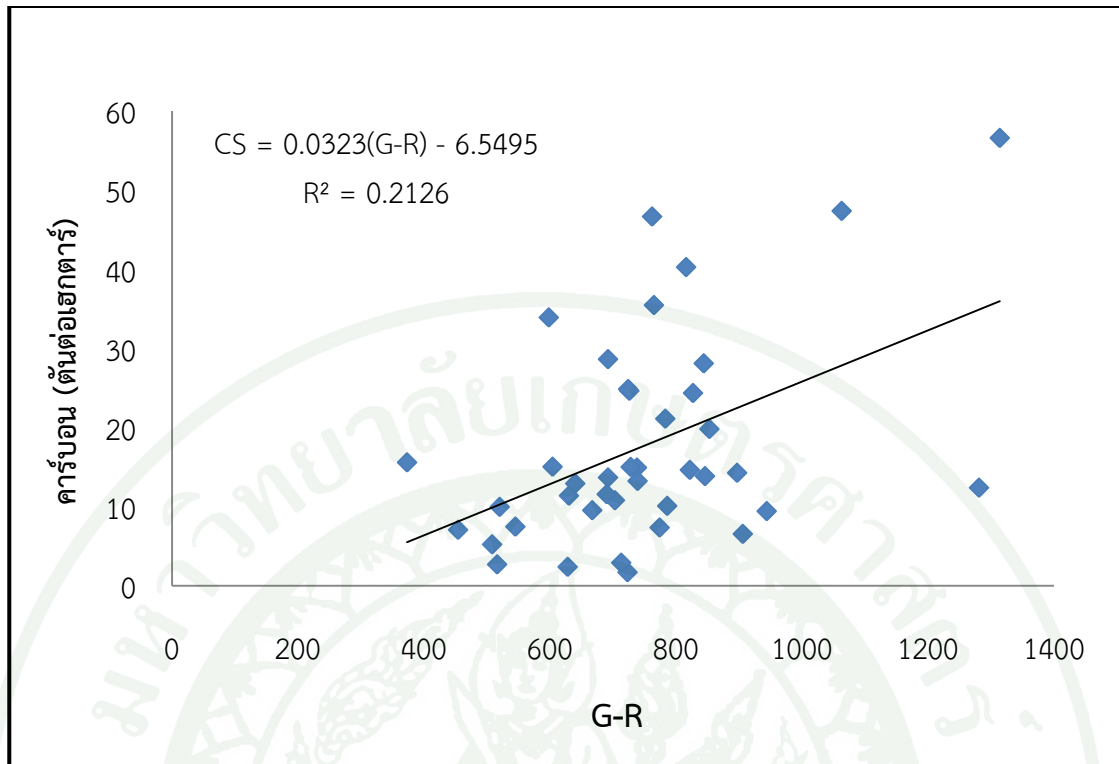
ภาพที่ 22 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่นแบนด์ 4 (R) ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 22 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = -0.0187(R) + 161.54$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.136 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า R สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 13.60



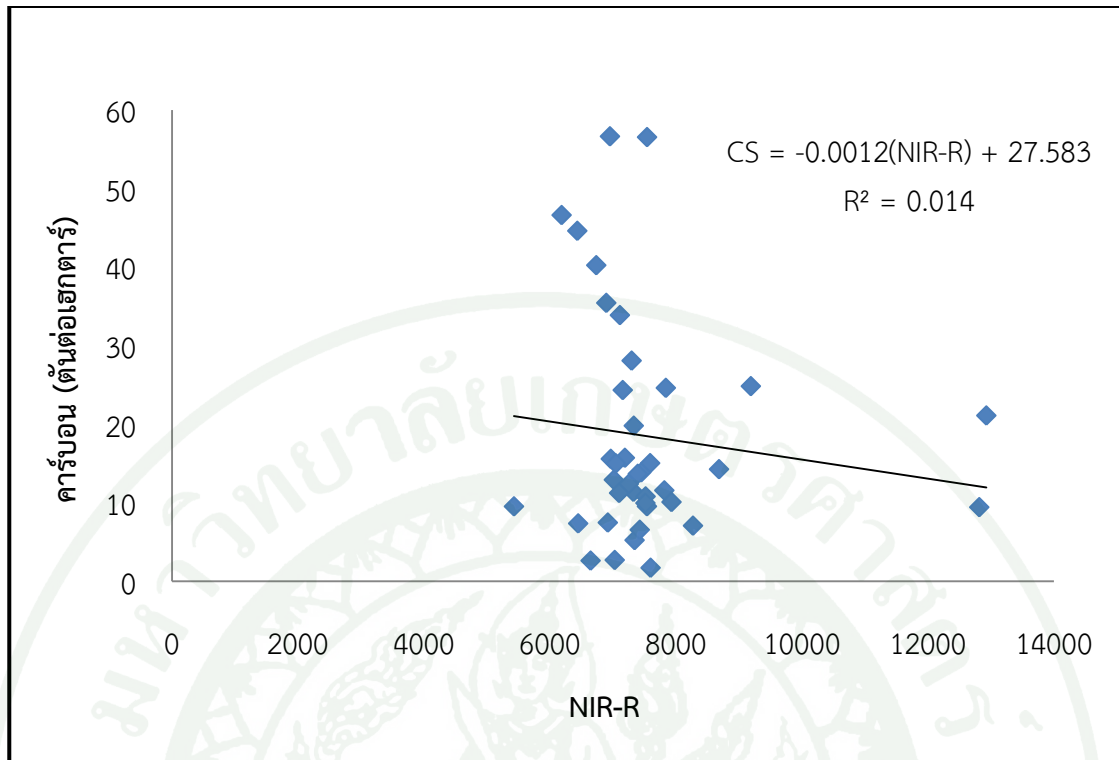
ภาพที่ 23 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่นแบนด์ 5 (NIR) ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 23 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 0.0014(NIR) - 2.8843$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.02 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า NIR สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 2



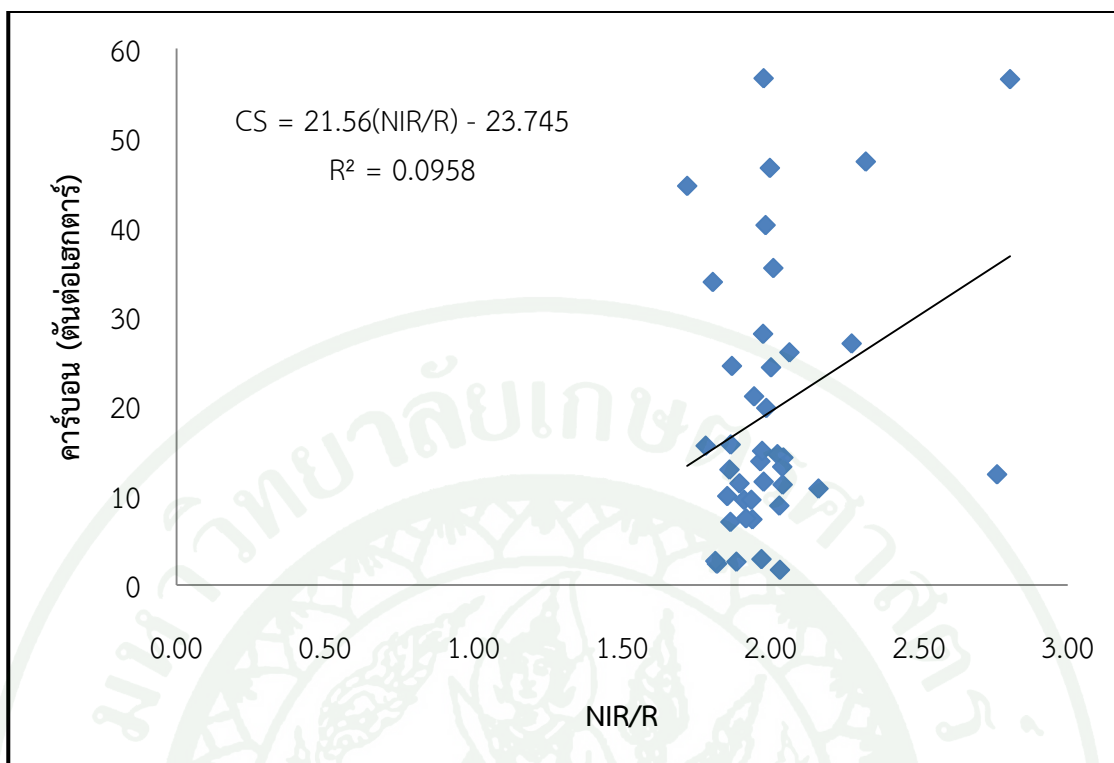
ภาพที่ 24 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น G-R ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 24 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 0.0323(G-R) - 6.5495$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.2126 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า G-R สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 21.26



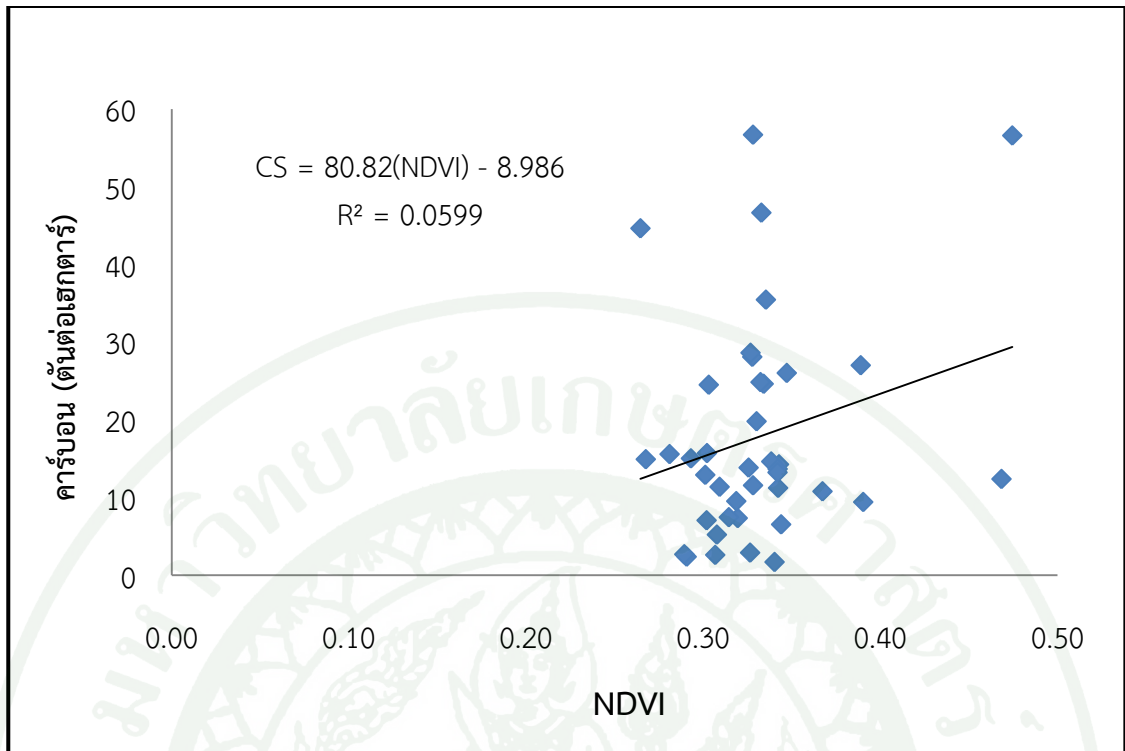
ภาพที่ 25 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น NIR-R ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 25 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = -0.0012(NIR-R) + 27.583$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.014 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า NIR-R สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 1.40



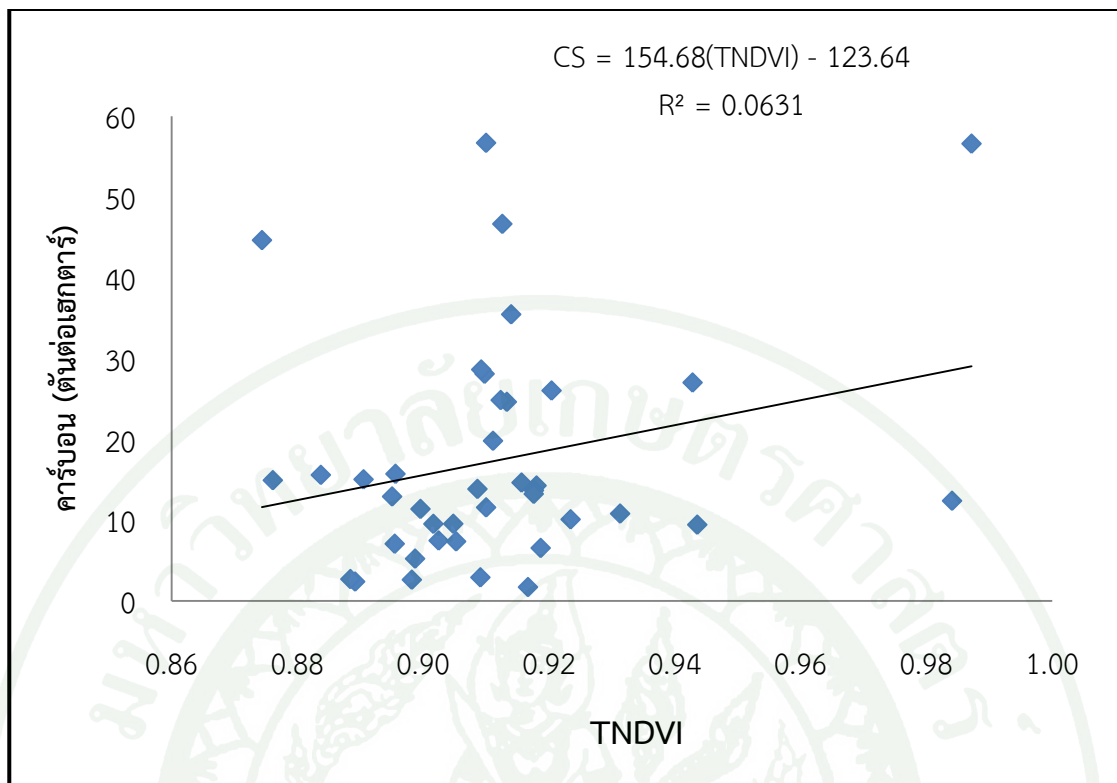
ภาพที่ 26 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น NIR/R ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 26 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 21.56(NIR/R) - 23.745$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.0958 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า NIR/R สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 9.58



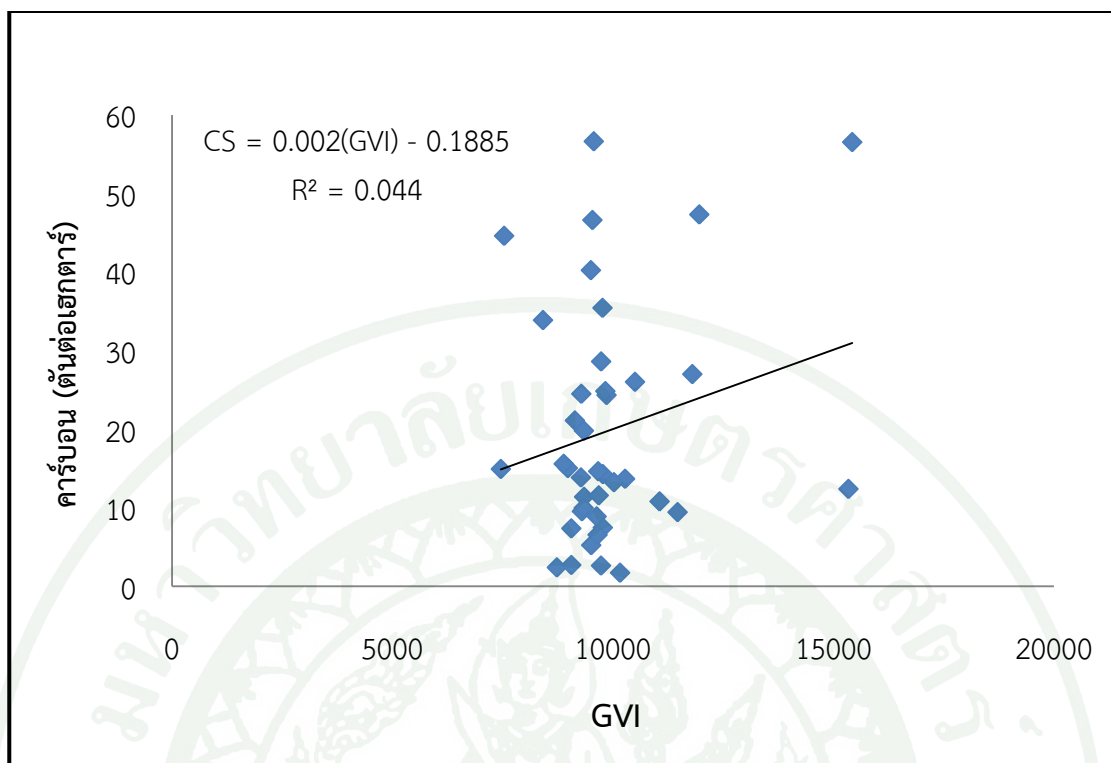
ภาพที่ 27 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น NDVI ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 27 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 80.82(NDVI) - 8.986$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.0599 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า NDVI สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 5.99



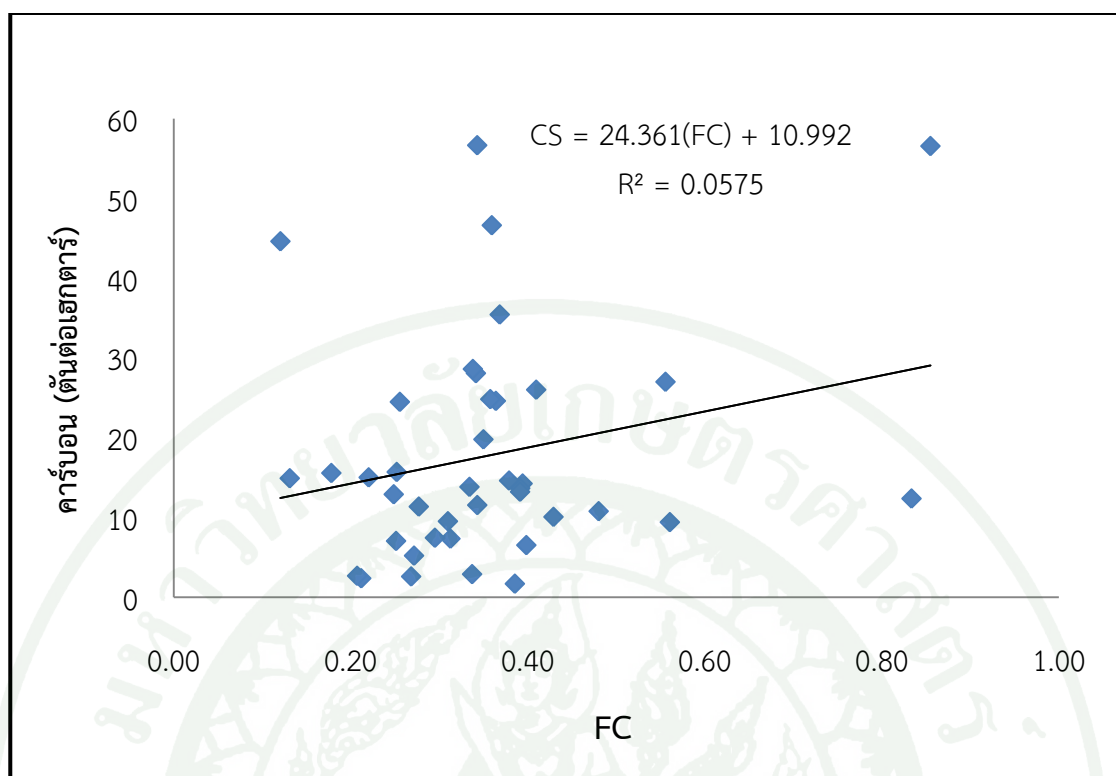
ภาพที่ 28 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น TNDVI ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 28 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 154.68(TNDVI) - 123.64$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสนใจ ( $R^2$ ) = 0.0631 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า TNDVI สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 6.31



ภาพที่ 29 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น GVI ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 29 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 0.002(GVI) - 0.1885$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) = 0.044 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า GVI สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 4.40



ภาพที่ 30 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น FC ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 30 สมการความสัมพันธ์ คือ  $CS = 24.361(FC) + 10.992$  สมการดังกล่าวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสิ้นใจ ( $R^2$ ) = 0.0575 หมายความว่า ตัวแปรอิสระ คือ ค่า FC สามารถใช้พยากรณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ ร้อยละ 5.75

การสร้างสมการ ถดถอยเชิงเส้น พบว่า ค่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี มีความสัมพันธ์กับข้อมูลดัชนีภาพถ่ายดาวเทียม ในรูปสมการถดถอยโดยตัวแปรอิสระ คือ ผลต่างระหว่าง ช่วงคลื่นแสงสีเขียวกับแสงสีแดง (G-R) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสิ้นใจ ( $R^2$ ) มากที่สุด เท่ากับ 0.2126 มีสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$CS = 0.0323(G-R) - 6.5495 \quad (19)$$

เมื่อ CS = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

สาเหตุที่ทำให้ค่า  $R^2$  มีค่าน้อยอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่ ช่วงเวลาที่เกิดไฟป่า กับเวลาที่เก็บข้อมูลห่างกันประมาณ 1 ปี เมื่อเกิดไฟป่าแล้วช่วงปลายเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 เป็นช่วงฤดูฝน ทำให้หญ้าและกล้าไม้เจริญเติบโตได้ดี ประกอบกับภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2556 เป็นช่วงฤดูฝน ทำให้มีน้ำท่วมขังสูงในพื้นที่ศึกษา ส่งผลให้ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสมการมีความผันแปร กล่าวคือ มีตัวแปรภายนอกมาก ในที่นี้ผู้วิจัยได้แสดงข้อมูลแปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง สำหรับสร้างสมการความสัมพันธ์ (ตารางที่ 23) และแปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง สำหรับตรวจสอบความแตกต่าง (ตารางที่ 24) ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการแทนค่าในสมการ

**ตารางที่ 23** แปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง เพื่อนำมาสร้างสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ภาคสนามกับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น G-R

ลำดับที่	รหัสแปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	G-R	ปริมาณคาร์บอนภาคสนาม (ton/ha)
		ตะวันออก	เหนือ			
1	1	628487	870838	ไฟป่า 53	604	15.03
2	2	626867	869638	ป่าพรุสมบูรณ์	827	24.34
3	3	626417	872413	ไฟป่า 53	844	28.09
4	4	625547	872188	ไฟป่า 53	738	14.92
5	5	625997	872893	ป่าพรุสมบูรณ์	816	40.25
6	6	627797	875323	ป่าพรุเสื่อมโทรม	640	12.91
7	7	627527	875143	ไฟป่า 53	630	11.37
8	13	621542	871873	ไฟป่า 53	373	15.58
9	14	622577	872968	ป่าพรุเสื่อมโทรม	783	21.10
10	15	619277	869998	ป่าพรุสมบูรณ์	1314	56.57
11	16	622697	873898	ป่าพรุเสื่อมโทรม	726	24.62
12	17	620717	872143	ป่าพรุเสื่อมโทรม	723	1.70
13	18	620387	872098	ป่าพรุสมบูรณ์	897	14.26
14	19	625292	877063	ไฟป่า 55	703	10.79
15	20	625172	877033	ป่าพรุเสื่อมโทรม	822	14.63
16	21	625097	877108	ป่าพรุสมบูรณ์	765	35.45
17	22	623432	875473	ป่าพรุเสื่อมโทรม	774	7.35
18	24	620957	873283	ป่าพรุเสื่อมโทรม	713	2.90
19	25	620402	872833	ป่าพรุสมบูรณ์	853	19.80
20	26	623897	876463	ป่าพรุเสื่อมโทรม	762	46.64
21	27	624602	877633	ป่าพรุสมบูรณ์	598	33.89
22	28	620057	873268	ป่าพรุเสื่อมโทรม	628	2.38
23	29	619710	873105	ป่าพรุสมบูรณ์	846	13.84

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ลำดับที่	รหัสแปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	G-R	ปริมาณคาร์บอนภาคสนาม (ton/ha)
		ตะวันออก	เหนือ			
24	30	625037	878503	ไฟป่า 55	728	15.00
25	31	623417	876988	ป่าพรุเสื่อมโทรม	667	9.53
26	32	619592	873448	ป่าพรุสมบูรณ์	1063	47.35
27	33	624062	878968	ไฟป่า 55	724	24.84
28	34	619455	874500	ป่าพรุเสื่อมโทรม	944	9.42
29	35	617777	875128	ป่าพรุสมบูรณ์	1281	12.38
30	37	625640	880235	ไฟป่า 53	516	2.69
31	38	626435	879970	ไฟป่า 53	454	7.06
32	39	624400	879772	ไฟป่า 55	786	10.08
33	41	624410	878955	ไฟป่า 55	692	13.67
34	42	624800	878720	ไฟป่า 55	690	11.56
35	44	625500	877635	ไฟป่า 55	739	13.23
36	45	625700	879970	ไฟป่า 55	508	5.22
37	46	626080	879816	ไฟป่า 55	545	7.46
38	47	626320	879950	ไฟป่า 55	520	9.95
39	49	623510	880085	ไฟป่า 55	906	6.54
40	50	623319	879980	ไฟป่า 55	692	28.62

ตารางที่ 24 แปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง สำหรับตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ช่วงคลื่น G-R

ลำดับที่	รหัสแปลง	พิกัดยูทีเอ็ม		สภาพป่า	G-R	ปริมาณคาร์บอนภาคสนาม (ton/ha)
		ตะวันออก	เหนือ			
1	8	628217	876103	ป่าพรุสมบูรณ์	532	24.50
2	9	624767	873148	ป่าพรุสมบูรณ์	764	56.67
3	10	626042	874948	ไฟป่า 53	737	9.52
4	11	622712	871753	ไฟป่า 53	690	44.63
5	12	621077	871213	ป่าพรุสมบูรณ์	1029	27.01
6	23	620372	872668	ป่าพรุสมบูรณ์	783	15.71
7	36	625520	880490	ไฟป่า 53	494	2.61
8	40	624430	879308	ไฟป่า 55	698	26.02
9	43	625100	878210	ไฟป่า 55	723	11.23
10	48	623400	880280	ไฟป่า 55	883	8.88

เมื่อนำสมการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) มาคำนวณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยนำค่า G-R ไปแทนค่าในสมการที่ (19) จะได้ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

นำข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) จำนวน 10 แปลง มาทำการตรวจสอบว่าข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดสมมติฐานว่า

$H_0$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนาม และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ไม่มีความแตกต่างกัน

$H_1$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนาม และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) มีความแตกต่างกัน

จากผลการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $\alpha = 0.05$ ) (ดังภาพผนวกที่ 1) ให้ค่าตัวทดสอบสถิติ  $t = 1.026$  และค่า Sig. = 0.332 ซึ่งค่า Sig. จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่า  $\alpha = 0.05$  ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_1$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  จึงสรุปได้ว่า สมการการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) เมื่อใช้ประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแล้วให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

## 6. การประเมินหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุบริเวณพื้นที่ศึกษาด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น

6.1 การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน นำสมการถดถอยเชิงเส้นมาประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยใช้ค่า G (ตัวแปรอิสระ) ได้ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและค่าประมาณจากสมการด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI)

แปลงที่	สภาพป่า	พิกัดยูทีเอ็ม		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)	
		ตะวันออก	เหนือ	ข้อมูลจากภาคสนาม	ค่าประมาณจากข้อมูลดาวเทียม Landsat 8
1	ไฟไหม้ปี 2553	628487	870838	15.03	12.96
2	ป่าพรุสมบูรณ์	626867	869638	24.34	20.16
3	ไฟไหม้ปี 2553	626417	872413	28.09	20.71
4	ไฟไหม้ปี 2553	625547	872188	14.92	17.29
5	ป่าพรุสมบูรณ์	625997	872893	40.25	19.81
6	ป่าพรุเสื่อมโทรม	627797	875323	12.91	14.12
7	ไฟไหม้ปี 2553	627527	875143	11.37	13.80
8	ป่าพรุสมบูรณ์	628217	876103	24.50	10.63
9	ป่าพรุสมบูรณ์	624767	873148	56.67	18.13
10	ไฟไหม้ปี 2553	626042	874948	9.52	17.26
11	ไฟไหม้ปี 2553	622712	871753	44.63	15.74
12	ป่าพรุสมบูรณ์	621077	871213	27.01	26.69
13	ไฟไหม้ปี 2553	621542	871873	15.58	5.50
14	ป่าพรุเสื่อมโทรม	622577	872968	21.10	18.74
15	ป่าพรุสมบูรณ์	619277	869998	56.57	35.89
16	ป่าพรุเสื่อมโทรม	622697	873898	24.62	16.90
17	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620717	872143	1.70	16.80
18	ป่าพรุสมบูรณ์	620387	872098	14.26	22.42
19	ไฟไหม้ปี 2555	625292	877063	10.79	16.16
20	ป่าพรุเสื่อมโทรม	625172	877033	14.63	20.00
21	ป่าพรุสมบูรณ์	625097	877108	35.45	18.16
22	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623432	875473	7.35	18.45
23	ป่าพรุสมบูรณ์	620372	872668	15.71	18.74
24	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620957	873283	2.90	16.48
25	ป่าพรุสมบูรณ์	620402	872833	19.80	21.00
26	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623897	876463	46.64	18.06
27	ป่าพรุสมบูรณ์	624602	877633	33.89	12.77
28	ป่าพรุเสื่อมโทรม	620057	873268	2.38	13.73
29	ป่าพรุสมบูรณ์	619710	873105	13.84	20.78
30	ไฟไหม้ปี 2555	625037	878503	15.00	16.96
31	ป่าพรุเสื่อมโทรม	623417	876988	9.53	14.99
32	ป่าพรุสมบูรณ์	619592	873448	47.35	27.79
33	ไฟไหม้ปี 2555	624062	878968	24.84	16.84
34	ป่าพรุเสื่อมโทรม	619455	874500	9.42	23.94

## ตารางที่ 25 (ต่อ)

แปลงที่	สภาพป่า	พิกัดยูทีเอ็ม		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์)	
		ตะวันออก	เหนือ	ข้อมูลจาก ภาคสนาม	ค่าประมาณจากข้อมูล ดาวเทียม Landsat 8
35	ป่าพรุสมบูรณ์	617777	875128	12.38	34.83
36	ไฟไหม้ปี 2553	625520	880490	2.61	9.41
37	ไฟไหม้ปี 2553	625640	880235	2.69	10.12
38	ไฟไหม้ปี 2553	626435	879970	7.06	8.11
39	ไฟไหม้ปี 2555	624400	879772	10.08	18.84
40	ไฟไหม้ปี 2555	624430	879308	26.02	16.00
41	ไฟไหม้ปี 2555	624410	878955	13.67	15.80
42	ไฟไหม้ปี 2555	624800	878720	11.56	15.74
43	ไฟไหม้ปี 2555	625100	878210	11.23	16.80
44	ไฟไหม้ปี 2555	625500	877635	13.23	17.32
45	ไฟไหม้ปี 2555	625700	879970	5.22	9.86
46	ไฟไหม้ปี 2555	626080	879816	7.46	11.05
47	ไฟไหม้ปี 2555	626320	879950	9.95	10.25
48	ไฟไหม้ปี 2555	623400	880280	8.88	21.97
49	ไฟไหม้ปี 2555	623510	880085	6.54	22.71
50	ไฟไหม้ปี 2555	623319	879980	28.62	15.80
<b>เฉลี่ย</b>				<b>18.60</b>	<b>17.46</b>

นำข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) มาทำการทดสอบความถูกต้องของค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของทั้ง 2 วิธี โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดสมมติฐานว่า

$H_0$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและค่าที่ประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ไม่มีความแตกต่างกัน

$H_1$  : ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามและค่าที่ประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) มีความแตกต่างกัน

จากผลการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $\alpha = 0.05$ ) (ดังภาพผนวกที่ 2) ให้ค่าตัวทดสอบสถิติ  $t = 0.621$  และค่า  $\text{Sig.} = 0.538$  ซึ่งค่า  $\text{Sig.}$  จากการ

ทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่า  $\alpha = 0.05$  ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน  $H_1$  และยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  จึงสรุปได้ว่า สมการการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) เมื่อใช้ประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแล้วให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การประมาณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยคิดเฉพาะพื้นที่ป่าพรุ คือ พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 56,606.96 ไร่หรือ 9,057.11 เฮกตาร์ ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) เฉลี่ย 17.46 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมทั้งพื้นที่ป่าพรุเท่ากับ 158,137.14 ตันคาร์บอน

6.2 การประมาณการสูญเสียคาร์บอน นำสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้มาประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 ทำให้ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เฉลี่ย 21.99, 17.48 และ 16.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 5.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 1.34 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 3.60 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อนำพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เป็นพื้นที่เสียหาย 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียออกไปจากพื้นที่เท่ากับ 4,295.81 ตันคาร์บอน

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

#### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

การจำแนกข้อมูลภาพ มีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 73.02 (kappa coefficient = 0.64) นำผลที่ได้จากการตรวจสอบทั้งจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตและดาวเทียม Landsat 7 (ETM<sup>+</sup>) มาจำแนกข้อมูลอีกครั้ง เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการจำแนกข้อมูลแล้วเสร็จผู้วิจัยไม่ได้ไปทำการสำรวจความถูกต้องภาคสนามอีก พบว่า ป่าพรุสมบูรณ์มีเนื้อที่ประมาณ 19,632.44 ไร่หรือ 3,141.19 เฮกตาร์ ป่าพรุเสื่อมโทรมมีเนื้อที่ประมาณ 24,788.84 ไร่หรือ 3,966.21 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 มีเนื้อที่ประมาณ 4,717.30 ไร่หรือ 754.77 เฮกตาร์ เกษตรกรรมมีเนื้อที่ประมาณ 29,839.87 ไร่หรือ 4,774.38 เฮกตาร์ ลำน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 363.59 ไร่หรือ 58.17 เฮกตาร์ และถนนมีเนื้อที่ประมาณ 131.08 ไร่หรือ 20.97 เฮกตาร์

#### 2. การวิเคราะห์หาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย เนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 คือ  $W = 0.0381(D^2H)^{0.8952}$  ( $R^2 = 0.93$ ) และการหาร้อยละการสะสมคาร์บอนของไม้เสม็ดยืนต้นตาย พบว่า ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยร้อยละ 48.21 การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.48 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 35.22 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 1.22 ตันต่อเฮกตาร์ และการประมาณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 16.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับสภาพป่าต่างๆ พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 และพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยคิดเฉพาะพื้นที่ป่าพรุ คือ พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 และพื้นที่

ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุควนเคร็งรวมทั้งพื้นที่เท่ากับ 161,488.27 ตันคาร์บอน

### 3. การวิเคราะห์หาปริมาณการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดิน

การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 64.11 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 2.11 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 61.87 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.13 ตันต่อเฮกตาร์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 29.59 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.50 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 26.31 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 1.78 ตันต่อเฮกตาร์ และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 23.36 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.11 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 21.45 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 1.80 ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 34.52 ตันต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 6.23 ตันต่อเฮกตาร์

การประมาณหาค่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 30.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.99 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 29.09 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.06 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมมีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 13.92 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 12.37 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 11.00 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.05 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 10.08 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ยืนต้นตายเท่ากับ 0.87 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ สรุปได้ว่าไฟป่าทำให้ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินลดลง

ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไป จากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ เท่ากับ 19.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม เท่ากับ 2.92 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 11.03 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อนำพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เป็นพื้นที่เสียหาย 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียออกไปจากพื้นที่เท่ากับ 13,180.19 ตันคาร์บอน

#### 4. การวิเคราะห์หาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุบริเวณพื้นที่ศึกษา

4.1 การประมาณหาค่าปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) และค่าข้อมูลเชิงตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับพีชพรรณ และค่าดัชนีพีชพรรณที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) (ตัวแปรอิสระ) โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น พบว่า G-R เป็นตัวแปรอิสระในการสร้างสมการและให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) สูงที่สุด ซึ่งตัวแปรอิสระนี้สามารถอธิบายตัวแปรตามได้ร้อยละ 21.26 ซึ่งไม่สูงมากนักแต่ก็มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ จึงใช้ประมาณการกักเก็บคาร์บอนและการสูญเสียคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ โดยมีรูปแบบสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$CS = 0.0323(G-R) - 6.5495 \quad (R^2 = 0.2126)$$

4.2 การเปรียบเทียบค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยวิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการประมาณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยคิดเฉพาะพื้นที่ป่าพรุ คือ พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุควนเคร็งรวมทั้งพื้นที่เท่ากับ 158,137.14 ตันคาร์บอน

4.3 การประมาณการสูญเสียคาร์บอน นำสมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้มาประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 ทำให้ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุสมบูรณ์ พื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เฉลี่ย 21.99, 17.48 และ 16.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

ปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์เท่ากับ 5.85 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และสูญเสียไปจากพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรมเท่ากับ 1.34 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการสูญเสียการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อพื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 เป็นพื้นที่เสียหาย 7,468.38 ไร่หรือ 1,194.94 เฮกตาร์ ทำให้มีปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินสูญเสียออกไปจากพื้นที่เท่ากับ 4,295.81 ตันคาร์บอน

### ข้อเสนอแนะ

1. การจำแนกการใช้ที่ดินและชนิดป่านั้น ควรมีการสำรวจภาคสนามในเบื้องต้น เพื่อกำหนดชั้นข้อมูล (class) และพื้นที่ตัวอย่างเพื่อใช้ในการจำแนกชั้นข้อมูลด้วยวิธีกำกับ เพื่อไม่ให้ขาดชั้นข้อมูล บางประเภทการใช้ที่ดินเหมือนการศึกษานี้ ส่วนการประเมินความถูกต้องด้วยตารางความผิดพลาด (contingency matrix) เพื่อหาความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แค้ป่านั้น ถ้าจะพิจารณาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของตัวจำแนกและผลการจัดชั้น ควรใช้จำนวนจุดสำรวจมากขึ้นโดยอิงทฤษฎีความน่าจะเป็นพหุนาม (multinomial probability theory) (Congalton and Green, 1998)
2. การสุ่มตัวอย่างพันธุ์ไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 เพื่อนำไปสร้างสมการแอลโลเมตรี ในรูปมวลชีวภาพนั้นควรทำการเลือกสุ่มพันธุ์ไม้ให้กระจายครบทุก DBH และความสูงที่ทำการสำรวจพบ และมีจำนวนตัวอย่างที่มากกว่าการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีในการสร้างสมการแอลโลเมตรี
3. เมื่อพิจารณาผลการศึกษาแล้ว พบว่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินแบบเร่งด่วนเพื่อหาค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าพรุที่มีไม้เสม็ดขาวเป็นไม้เด่นได้ (แต่อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ เช่น ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส) โดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปสำรวจภาคสนามทั้งหมด เพื่อลดงบประมาณ ค่าใช้จ่าย และเวลาในการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่ทันสมัยสนองความต้องการใช้ข้อมูลที่เร่งด่วนได้ แต่สมการถดถอยเชิงเส้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ซึ่งตัวแปรอิสระนี้สามารถอธิบายตัวแปรตามได้เพียงร้อยละ 21.26 จึงควรมีการศึกษาต่อไป
4. คุณลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงเวลา จะส่งผลต่อการประมาณค่าผลผลิตของป่าพรุ เมื่อใช้กับโมเดลความสัมพันธ์เชิงเส้น
5. การเก็บข้อมูลควรเก็บในช่วงที่ป่าพรุแห้งหรือฤดูร้อน คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม เพราะจะทำให้เก็บข้อมูลได้ง่ายและสะดวกกว่าช่วงฤดูฝน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กอบศักดิ์ วันธงไชย. 2556. การประเมินลักษณะเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า การสูญเสียคาร์บอน และผลกระทบของไฟฟ้าต่อลักษณะโครงสร้างสังคมพืช จากเหตุการณ์ไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2555, น. 4-11. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การประเมินความเสียหายของไฟไหม้ป่าพรุควนเคร็ง ปี พ.ศ. 2555. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2541. หลักการเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจระยะไกล เล่ม 1. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2546. เอกสารประกอบการสอนหลักการสำรวจระยะไกล. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จรัญธร บุญญาภาพ. 2557. หลักการรับรู้จากระยะไกลด้านนิเวศพืชพรรณและการอนุรักษ์. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- จำลอง เฟ็งคล้าย, ชวลิต นิยมธรรม และวิวัฒน์ เอื้อจิรกาล. 2534. พรรณไม้ป่าพรุ จังหวัดนราธิวาส. โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาส. ส.สมบูรณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2540. การสำรวจระยะไกล. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ชลิตา ศรีลัดดา และลดาวลัย พวงจิตร. 2549. การกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าชายเลน อำเภอบางพลี จังหวัดนครศรีธรรมราช. ใน การประชุมวิชาการระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ “ป่าชายเลน : รากฐานเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชนชายฝั่ง” จังหวัดเพชรบุรี 12-14 กันยายน 2550. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรุงเทพฯ.
- ธนิตย์ หนูยิ้ม. 2547. คู่มือการปลูกและฟื้นฟูป่าพรุ. โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง จังหวัดนราธิวาส อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ส่วนโครงการพระราชดำริและความมั่นคงกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- นิวัติ เรืองพานิช. 2542. การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์ รุ่งเรือง. โครงการตำราชุดการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เล่มที่ 1 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ประสงค์ สงวนธรรม. 2553. การสำรวจระยะไกลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประเสริฐ โพธิ์ปักข์. 2542. ป่าพรุ. โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยุทธนา แสงทอง. 2549. การประเมินการสูญเสียมวลชีวภาพจากการเกิดไฟป่าในป่าผลัดใบ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยเทคนิคการสำรวจจากระยะไกล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลดาวัลย์ พวงจิตร. 2547. การคำนวณปริมาณการปลดปล่อยและเก็บกักก๊าซเรือนกระจก จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้, น. 37 ใน เอกสารประกอบการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- วิชญ์ ดำรงสัจจศิริ. 2544. การประยุกต์การใช้การสำรวจระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศุภินี ดนตรี. 2549. ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจระยะไกล. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติป่าพรุสิรินธร. 2539. สัตว์ป่าในพรุโต๊ะแดง. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- สถาบันพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ. 2557. การผสมสีข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8. แหล่งที่มา: <http://igkd.gistda.or.th/2013/07/band-combinations-for-landsat-8/>, 1 มกราคม 2557
- สมพร สง่าวงศ์. 2543. รีโมทเซนซิงเบื้องต้นและกรณีศึกษารีโมทเซนซิง. นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่.

สมพร สง่าวงศ์. 2552. การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สุชี บุญสร้าง. 2554. การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋อน จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล, น. 89-112. ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุรเชษฐ์ สีแดง. 2551. การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลน บริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ. 2557. Landsat 8 : โครงการสานความต่อเนื่องข้อมูลภาพของพื้นโลก จากอดีตสู่อนาคต. แหล่งที่มา: <http://www.space.mict.go.th/knowledge.php?id=Landsat8>, 25 เมษายน 2557.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2553. พิมพ์ครั้งที่ 1 ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2555ก. การประเมินพหุความหลากหลายทางชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. แหล่งที่มา: [http://dbccc.onep.go.th/newweb/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=103:&Itemid=45&lang=th](http://dbccc.onep.go.th/newweb/index.php?option=com_k2&view=item&id=103:&Itemid=45&lang=th), 8 ธันวาคม 2556.

\_\_\_\_\_. 2555ข. โครงการสำรวจสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำประเภทพรุประเทศไทย. แหล่งที่มา: [http://www.chmthai.onep.go.th/chm/Inlandwater/data/peat%20survey/physical\\_01\\_17.htm](http://www.chmthai.onep.go.th/chm/Inlandwater/data/peat%20survey/physical_01_17.htm), 29 ธันวาคม 2555. (ข้อมูลเกี่ยวกับป่าพรุควนเค็ริง) [http://www.chmthai.onep.go.th/chm/Inlandwater/data/peat%20survey/image/bound\\_ortho/16.jpg](http://www.chmthai.onep.go.th/chm/Inlandwater/data/peat%20survey/image/bound_ortho/16.jpg), 29 ธันวาคม 2555. (แผนที่ป่าพรุควนเค็ริง)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2556. **รายละเอียดดาวเทียม Landsat 7**. แหล่งที่มา: <http://www.gistda.or.th/old-web/index.php/service/75>, 15 ธันวาคม 2556.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11. 2542. **รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมภาคใต้ปี 2541**. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 5. 2555. **สรุปสถานการณ์ไฟป่าพื้นที่ป่าพรุ จังหวัดนครศรีธรรมราช**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

Barrett, E.C. and L.F. Curtis. 1992. **Introduction to Environmental Remote Sensing**. Chapman & Hall, London.

Brauckmann, G. G. 1996. Classification of peat and peatbogs in Germany and its botanical, ecological and pedological foundations. *In Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Peat Congress* Vol. 2, Bremen, 27 May-2 June 1996 pp. 21-38.

Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests. *In FAO Forest Report*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nation.

Cannell, M.G.R. 1982. **World Forest Biomass and Primary Production Data**. London Academic Press. 391.

Congalton, R.G. and K. Green. 1998. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Lewis, New York.

Demoll, R. 1972. **Betrachtungen uber produktions berechnungen**. Arch. F. Hydrobiol. 18: 460-463. *Cited by* L.R. Dice. Natural Communities. Univ. of Michigan Press, Michigan.

Dugan, P. C. 1990. Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. Burn: IUCN-The World Conservation Union.

- Edward, P.J. and Grubb, A. 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.
- Google Earth Blog. 2014. **NASA's Landsat 8 satellite to launch on February 11.** Available Source: [http://www.gearthblog.com/archives/2013/01/nasas\\_landsat\\_8\\_satellite\\_to\\_launch.html](http://www.gearthblog.com/archives/2013/01/nasas_landsat_8_satellite_to_launch.html), December 8, 2014.
- Grabovik, S. 1996. Ridge-hollow complexes of northern Karelia mire ecosystems, their structure and biological productivity. *In Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Peat Congress* Vol. 2, Bremen, 27 May-2 June 1996 pp. 13-20.
- Howard, J.A. 1991. **Remote Sensing of Forest Resources.** Chapman & Hall, London.
- IPCC. 2006. **IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories.** Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. National Greenhouse Gas Inventories Program. IGES, Japan.
- Iverson, L.R., S. Bron, A. Prasad, H. Mitasova, A.J.R. Gillespie and A.E. Lugo. 1994. Use of GIS of Estimating Potential and Actual Forest Biomass for Continental South and Southeast Asia, pp 67 – 116. *In* V.H. Dale (ed.). **Effect of Land Use Change on Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration.** Springer Verlag, New York.
- Kato, R., Y. Tadaki and H.K. Ogawa. 1978. Plant Biomass and Growth Increment Studies in the Pasoh Forest. **Malay. Nat. J.** 30: 211-24.
- Kittredge, J. 1944. Estimation of the amount of foliage of tree and stands. **J. For.** 42: 905-912
- Komiyama A., Moriya H., and Suhardjono P. 1988. **Primary Productivity of Mangrove Forest.** Biological System of Mangroves. Japan.
- Landsberg, J.J. and S.T. Gower. 1997. **Applications of Physiological Ecology to Forest Management.** Academic Press, California.

- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York.
- Maas, S. 1998. **Estimating cotton canopy ground cover from remotely sensed scene reflectance**. *Agron. J.*, 90:384-388.
- Odum, E.P. 1963. **Fundamental of Ecology**. Halt, Reinhart & Winston Inc., New York.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. *Nat. Life in Southeast Asia* 1: 20 – 158.
- Ogawa, H.K. Yoda and T. Kira. 1965. Comparative Ecological Study on Three Main Types of Forest Vegetation in Thailand *In Structure and Floristic Composition: Nature and Life in South-East Asia*. **Fauna and Flora Research Society**. Kyoto, Japan. Vol. 4.
- Ogawa, H. and T. Kira. 1977. **Method of Estimating Forest Biomass**. JIPB Dysthesis: 16. The University of Toyko Press, Toyko.
- Ovington, J.D. 1962. Quantitative Ecology and The Woody Ecosystem Concept. **Adv Ecol. Res.** 1: 103-192.
- Price, J.C. and Bausch, W.C. 1995. Leaf Area Index Estimation from Visible and Near-Infrared Reflectance Data. **Remote Sensing and Environment**. 52: 55-75 .
- Simbolon, H and Mirmanto, E. 1999. Checklist of plant species in the peat swamp forest of Central Kalimantan, Indonesia. *In Proceeding of the international Symposium on: Tropical peatlands*. Bogor, Indonesia, 22-23 November 1999. pp.179-190.
- Santisuk.T. 1983. Taxonomy of the terrestrial tree and shrubs in the mangrove formations in Thailand. *In the UNDP/UNESCO Regional Training Course on Introduction to Mangrove Ecosystems*, Bangkok, 2-10 March 1983 pp. 2-30.
- Swain, P.H. and S.M. David. 1978. **Remote Sensing: The Quantitative Approach**. McGraw- Hill, inc., New York.

- Takai, Y. 1996. Environmental characteristics and conservation in boggy region of southeast Asia. *In Proceedings International Seminar on Environmental Conservation and Sustainable Agriculture Land Management in Boggy Region* (ed. P. Vijarnsorn and K. Daigo). Narathiwat, 5-8 November 1996 pp. 3-25.
- Tange, T., T. Kawazoe, T. Yamanoshita, Y. Morikawa and T. Nuyim. 2000. Biomass Production of *Melaleuca cajuputi* Forest in Degraded Peat Swamp of Southern Thailand. *In Research Journal of Research and Study Sirinthorn Swamp Forest Center*. Volume 2/2001 Royal Forest Department, Bangkok.
- The United States Geological Survey. 2013. **Landsat 8 Data Product Information**. Available Source: [http://www.gistda.or.th/gistda\\_n/dmdocuments/ls8-product-band-combin.pdf](http://www.gistda.or.th/gistda_n/dmdocuments/ls8-product-band-combin.pdf), December 20, 2013.
- Zeng, X., R. E. Dickinson, A. Walker, M. Shaikh, R. S. DeFries and J. Qi. 1999. **Derivation and Evaluation of Global 1-km Fractional Vegetation Cover Data for Land Modeling**. *Journal of Applied Meteorology* (forthcoming).



ตารางผนวกที่ 1 รายชื่อพันธุ์ไม้ที่สำรวจพบในป่าพรุบริเวณพื้นที่ศึกษา

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์
1	แคทะเล,แค่น้ำ,แคณา	<i>Dolichandrone spathacea</i> (L.f.) K. Schum.	BIGNONIACEAE
2	ชุมเสียด,สมเสียด	<i>Glochidion perakense</i> Hook. f.	EUPHORBIACEAE
3	ชะมวง	<i>Garcinia cowa</i> Roxb. Ex DC.	GUTTIFERAE
4	จิกนา,กระโดนน้ำ	<i>Barringtonia acutangula</i> (L.) Gaertn.	LECYTHIDACEAE
5	ไทรย้อย	<i>Ficus benjamina</i> L.	MORACEAE
6	เสม็ดขาว	<i>Melaleuca cajuputi</i> Powell.	MYRTACEAE
7	เสม็ดชุน,เสม็ดแดง	<i>Syzygium gratum</i> (Wight) S.N. Mitra var.	MYRTACEAE
8	เมา,ชะเมา	<i>Eugenia grandis</i> Wight.	MYRTACEAE
9	หว่า	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	MYRTACEAE
10	กระท่อมนา,กระท่อมขี้หมู	<i>Mitragyna diversifolia</i> (Wall. Ex G. Don) Havil.	RUBIACEAE
11	กระท่อม	<i>Anthocephalus chinensis</i> (Lam.) A. Rich ex Walp.	RUBIACEAE
12	โลด,เหมือดใบต่อม	<i>Symplocos adenophylla</i> Wall. ex G. Don	SYMPLOCACEAE
13	กระจูด	<i>Lepironia articulata</i> (Retz.) Domin	CYPERACEAE
14	ปรีอ	<i>Scleria sumatrensis</i> Retz.	CYPERACEAE
15	หญ้าคมบาง	<i>Scleria poaeformis</i> Retz.	CYPERACEAE
16	หญ้าพง	<i>Andropogon halepensis</i> .Brot.	GRAMINEAE
17	กง	<i>Hanguana malayana</i> (Jack.) Merr.	HANGUANACEAE

ตารางผนวกที่ 2 อันตรภาคชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) ของไม้  
เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 บริเวณพื้นที่ศึกษา

อันตรภาคชั้นที่	DBH (cm)	ค่าเฉลี่ยของ DBH	DBH ที่ใช้ในการศึกษา
1	4.77 – 6.37	5.57	4.93
2	6.37 – 7.96	7.17	6.62, 6.84, 7.54, 7.61
3	7.96 – 9.55	8.76	8.37, 8.79, 9.49
4	9.55 – 11.14	10.35	9.68, 10.06, 10.66

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และร้อยละความชื้นของไม้ตัวอย่าง เพื่อศึกษาหามวล  
ชีวภาพของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 บริเวณพื้นที่  
ศึกษา

ต้นที่	น้ำหนักสดตัวอย่าง (g)	น้ำหนักแห้งตัวอย่าง (g)	ร้อยละความชื้น (MC)
1	226	109.33	106.71
2	284	145.70	94.93
3	232	120.47	92.58
4	172	85.78	100.52
5	666	332.50	100.30
6	660	339.19	94.58
7	450	236.48	90.29
8	186	101.53	83.19
9	286	144.14	98.42
10	465	255.91	81.70
11	534	297.45	79.53

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	carbon_from_field	22.6780	10	17.05043	5.39182
	carbon_from_landsat	17.1370	10	4.98435	1.57619

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	carbon_from_field & carbon_from_landsat	10	0.142	0.696

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	carbon_from_field - carbon_from_landsat	5.5410	17.07343	5.39909	-6.67260	17.75460	1.026	9	0.332

**ภาพผนวกที่ 1** ผลการตรวจสอบค่าความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ภาคสนามและที่ได้จากการแทนค่าในสมการของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ซึ่งทำการทดสอบจำนวน 10 แปลง ด้วยวิธีการทดสอบแบบ t-test

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	carbon_from_field	18.5958	50	13.99213	1.97879
	carbon_from_landsat	17.4602	50	5.82074	0.82318

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	carbon_from_field & carbon_from_landsat	50	0.383	0.006

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	carbon_from_field - carbon_from_landsat	1.1356	12.93219	1.82889	-2.53969	4.81089	0.621	49	0.538

**ภาพผนวกที่ 2** ผลการตรวจสอบค่าความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ภาคสนามและค่าประมาณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ด้วยวิธีการทดสอบแบบ t-test



ภาพผนวกที่ 3 สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณป่าพรุสมบูรณ์



ภาพผนวกที่ 4 สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณป่าพรุเสื่อมโทรม



ภาพผนวกที่ 5 สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเคร็งบริเวณไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553



ภาพผนวกที่ 6 สภาพพื้นที่ป่าพรุควนเครื่องบริเวณไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววรรณพร แป้นนวล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	5 สิงหาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่บริหารโครงการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักประสานงานชุดโครงการยางพารา สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยประเภทวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2556 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์