

การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย
โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR



นายศิณณ์ ธีรกุลโตมร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2553

**FOREST COVER ASSESSMENT IN THAILAND
USING NOAA-A VHRR DATA**

Tinn Thirakultomorn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Science in Geoinformatics

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR

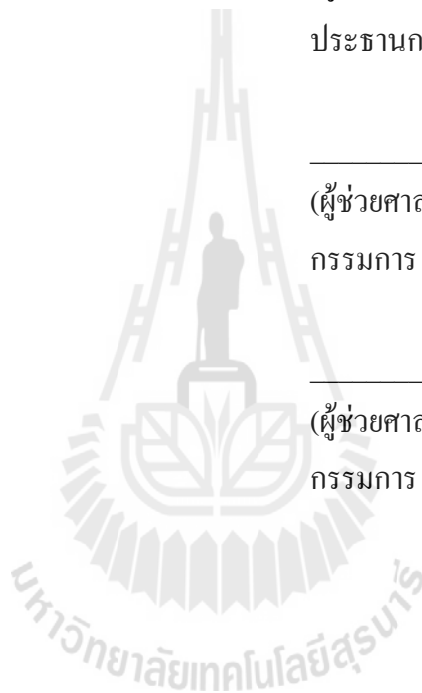
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์)
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์)
กรรมการ



(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ แม่นยำ)
คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์

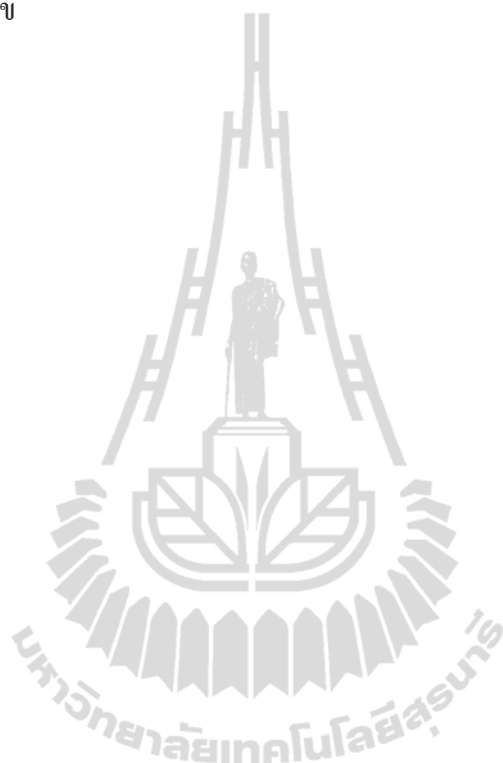
ดิฉันทน์ ธิรกุลโตมร : การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR (FOREST COVER ASSESSMENT IN THAILAND USING NOAA-AVHRR DATA) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง, 124 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ ประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย พ.ศ. 2547 และ 2551 โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในการศึกษาครั้งนี้ นำข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR มาสร้างข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วัน สำหรับใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ เริ่มต้นจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบมีขั้นตอน สำหรับใช้คาดการณ์อัตราการปกคลุมของป่าไม้ โดยกำหนดให้อัตราการปกคลุมของป่าไม้ของกรมป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 เป็นตัวแปรตาม และค่า NDVI สูงสุดรายปี แอมพลิจูดของ NDVI ในรอบปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าในรอบปี ละติจูดและความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นตัวแปรต้น เพื่อใช้สร้างสมการคาดการณ์ ผลการศึกษาพบว่า สมการที่เหมาะสมสูงสุดสำหรับการคาดการณ์อัตราการปกคลุมของป่าไม้จะสัมพันธ์กับค่า NDVI สูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าในรอบปี และความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.958 จากนั้นนำสมการที่ได้รับไปใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ของประเทศไทย พ.ศ. 2547 และ 2551 และอาศัยเงื่อนไขในการกำหนดการปกคลุมของป่าไม้ ผลการศึกษาพบว่า การปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 มีเนื้อที่ประมาณ 199,798 และ 215,131 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 38.77 และ 41.75 ของพื้นที่ประเทศ ตามลำดับ ในการตรวจสอบความถูกต้องอาศัยข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ผลการศึกษาพบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้องในการคาดการณ์การปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 มีค่าเท่ากับร้อยละ 81.31 และ 59.44 และ 81.01 และ 59.82 ตามลำดับ

ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ ได้ทำการประเมินหาพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายและพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมตามเงื่อนไขที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่า ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 พื้นที่ป่าไม้ถูกทำลาย มีเนื้อที่เท่ากับ 908.65 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ประเทศ ในเวลาเดียวกัน พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม มีเนื้อที่เท่ากับ 18,673.01 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 3.62 ของพื้นที่ประเทศ

จากผลการศึกษารูปได้ว่า ข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถนำไปใช้ในการประเมินการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรงระหว่างอัตราการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้กับดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าและระดับความสูง เพื่อกำหนดการปกคลุมของป่าไม้ พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย และพื้นที่ป่าไม้เสื่อมโทรมตามเงื่อนไข



TINN THIRAKULTOMORN : FOREST COVER ASSESSMENT IN
THAILAND USING NOAA-AVHRR DATA. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. SUWIT ONGSOMWANG, Dr. rer. Nat. 124 PP.

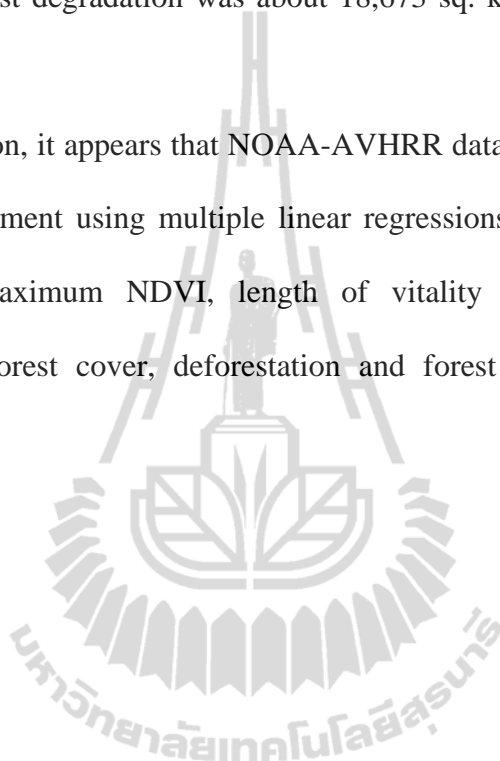
FOREST COVER ASSESSMENT/MULTIPLE LINEAR REGRESSION
ANALYSIS/NOAA-AVHRR DATA

The main objectives of the study are to assess forest cover of Thailand in 2004 and 2008 using NOAA-AVHRR and to compare its changes between 2004 and 2008. In this study NOAA-AVHRR data was a major source used to create the derivative of 10 days NDVI composite dataset for forest cover assessment and its change.

For forest cover assessment, stepwise multiple linear regression was firstly analyzed between forest cover rate of Royal Forest Department in 2004 as dependent variable and annual maximum NDVI, annual NDVI amplitude, length of vitality period, latitude and elevation as independent variables to establish the predictive equation. It was found that the best fit equation for forest cover rate prediction is the function of annual maximum NDVI, length of vitality period and elevation with coefficient of determination of 0.958. The derived equation was then used to predict forest cover area of Thailand in 2004 and 2008 with specific criteria. It was found that forest cover areas in 2004 and 2008 were about 199,798 and 215,130 sq. km or about 38.77% and 41.75% of the country area, respectively. In addition, it was found that overall accuracy and kappa hat coefficient of agreement for forest cover prediction in 2004 and 2008 were 81.31% and 59.44% and 81.31% and 59.82%, respectively.

Finally, forest cover change between 2004 and 2008 was evaluated in terms of deforestation and forest degradation with specific criteria. It was found that in this period deforestation covered area of 908.65 sq. km or 0.18% of the country area. At the same time forest degradation was about 18,673 sq. km or 3.62% of the country area.

In conclusion, it appears that NOAA-AVHRR data can be effectively used for forest cover assessment using multiple linear regressions between forest cover rate against annual maximum NDVI, length of vitality period and elevation for identification of forest cover, deforestation and forest degradation with specific criteria.



School of Remote Sensing

Academic Year 2010

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเป็นแบบอย่างที่ดีในการดำเนินชีวิตเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์ หัวหน้าสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์ และอาจารย์ ดร.คุณฤๅ ชาญลิขิต อาจารย์ประจำสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ที่ให้คำปรึกษาและปรับแก้ตั้งแต่โครงร่างวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงเป็นวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คณะผู้บริหารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้มอบโอกาสในการศึกษาเพื่อความก้าวหน้าในชีวิตการทำงาน

ขอขอบคุณ คุณรัชนิกร นัทรอุทัย เลขานุการสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ที่ให้การช่วยเหลือเรื่องงานเอกสารและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบคุณ เพื่อน-พี่-น้อง นักศึกษาสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลทุกคนที่เป็นกำลังใจช่วยเหลือและแนะนำเพื่อความสมบูรณ์ของงานตั้งแต่โครงร่างวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงเป็นวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณชนิษฐา ศรีไกรเพ็ชร ภรรยาที่อยู่เคียงข้างคอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในการศึกษาอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูและส่งเสริมในด้านการศึกษาให้แก่ลูกคนนี้เป็นอย่างดีเสมอมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

ดิฉัน ถิรกุลโตมร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของเบื้องต้น.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4.1 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4.2 พื้นที่ศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	10
2 ทัศนวิสัยธรรมชาติและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 คำจำกัดความเกี่ยวกับป่าไม้.....	11
2.1.1 พื้นที่ป่าไม้.....	11
2.1.2 ป่าถูกทำลาย.....	13
2.1.3 ป่าเสื่อมโทรม.....	14
2.2 ป่าไม้ในประเทศไทย.....	14
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงอยู่ของป่าไม้.....	16
2.4 ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา.....	17
2.4.1 การพิจารณาเลือกข้อมูลดาวเทียมสำหรับใช้ในการศึกษา.....	17
2.4.2 ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5	ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์..... 20
2.6	การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ในการประเมินพื้นที่ป่าไม้ 21
3	อุปกรณ์และวิธีการศึกษา 28
3.1	ข้อมูลและอุปกรณ์..... 28
3.2	วิธีการศึกษา..... 29
3.2.1	กรอบแนวคิดในการศึกษา..... 29
3.2.2	การประมวลผลเบื้องต้น 30
3.2.2.1	การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี 31
3.2.2.2	การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต 31
3.2.3	การประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ 32
3.2.3.1	การสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์..... 32
3.2.3.2	การสร้างข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ 32
3.2.3.3	การสร้างข้อมูล โดยเทคนิค Local Maximum Fitting..... 33
3.2.3.4	การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก..... 34
3.2.4	การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ..... 36
3.2.4.1	อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้..... 37
3.2.4.2	ดัชนีพืชพรรณรายปีของข้อมูลภาพผสม 10 วัน..... 37
3.2.4.3	ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณในรอบปี..... 38
3.2.4.4	คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า..... 39
3.2.4.5	ข้อมูลระดับความสูง..... 39
3.2.4.6	ข้อมูลตะกอน..... 39
3.2.5	การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ 40
3.2.5.1	การปกคลุมของป่าไม้..... 40
3.2.5.2	การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ 41
4	ผลการศึกษา 43
4.1	ผลการจัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR และการประมวลผลเบื้องต้น 43
4.1.1	ผลการจัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR..... 43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 ผลการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น	43
4.1.2.1 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี	44
4.1.2.2 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต.....	46
4.2 ผลการประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพีชพรรณ	48
4.2.1 ผลการสร้างข้อมูลดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอมอลไลซ์	48
4.2.2 ผลการสร้างข้อมูลภาพผสมดัชนีพีชพรรณ	49
4.2.3 ผลการสร้างข้อมูลโดยเทคนิค Local Maximum Fitting.....	52
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก.....	54
4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	59
4.3.1 ข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้	59
4.3.2 ค่าดัชนีพีชพรรณสูงสุดรายปี.....	61
4.3.3 ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพีชพรรณรายปี.....	62
4.3.4 คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า	62
4.3.5 ระดับความสูง	64
4.3.6 ค่าละติจูด.....	65
4.3.7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	66
4.4 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้.....	68
4.4.1 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547	68
4.4.2 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551	72
4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้	81
4.5.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย.....	81
4.5.2 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม	84
4.5.3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551	87
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	94
5.1 บทสรุป.....	94
5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลและการประมวลผลเบื้องต้น	94
5.1.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....	94

สารบัญ (ต่อ)

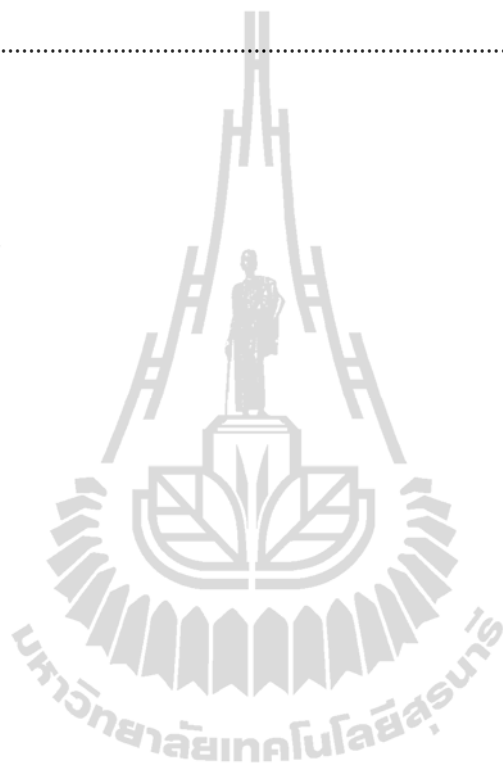
	หน้า
5.1.3 การประเมินการปกคลุมของป่าไม้	95
5.1.4 การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้	95
5.1.4.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551.....	96
5.1.4.2 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551	96
5.1.4.3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551	96
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	98
รายการอ้างอิง	99
ภาคผนวก	104
ภาคผนวก ก พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 รายจังหวัด.....	105
ภาคผนวก ข พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2551 รายจังหวัด.....	108
ภาคผนวก ค พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด	111
ภาคผนวก ง พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด.....	113
ภาคผนวก จ เปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 รายจังหวัด	116
ประวัติผู้เขียน	124

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52	7
2.1 คุณลักษณะของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR	19
2.2 การแบ่งคลาสของการจำแนกป่าไม้	25
3.1 ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ใช้ในการศึกษา.....	28
3.2 ข้อมูลภาพตัวแปรเสริม	35
3.3 ตารางความคลาดเคลื่อนสำหรับการประเมินความถูกต้อง	40
4.1 จำนวนข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ใช้ในการศึกษา.....	43
4.2 ค่าเริ่มต้นและค่าความถูกต้องโดยรวมในการกำหนดคาบเวลาการคงรูปลักษณะ ความเป็นป่า.....	63
4.3 ค่าสถิติของสมการถดถอย.....	68
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น	68
4.5 ผลการประเมินความถูกต้องของการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547.....	69
4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551.....	72
4.7 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค	83
4.8 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค.....	86
4.9 พื้นที่ป่าไม้จากผลการประเมินที่เพิ่มขึ้นและลดลง ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค	88
ก.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 รายจังหวัด.....	105
ข.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2551 รายจังหวัด.....	108
ค.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด.....	111
ง.1 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด	113
จ.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ตรงกัน รายจังหวัด.....	116
จ.2 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้ลดลง รายจังหวัด.....	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ.3	พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น รายจังหวัด..... 121



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	พื้นที่ศึกษาประเทศไทย.....	5
1.2	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52	8
1.3	แผนที่พื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย พ.ศ. 2551	9
2.1	อัตราการปกคลุมของป่าไม้.....	25
2.2	ข้อมูล NDVI ที่ผ่านเทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)	26
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับพืชพรรณที่มีความเคลื่อนไหวตามฤดูกาลในรอบปี.....	27
3.1	กรอบแนวคิดในการศึกษา	30
3.2	เทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)	34
3.3	วิธีการคำนวณอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่.....	37
3.4	หลักการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี	37
3.5	หลักการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณเฉลี่ยรายปี.....	38
3.6	หลักการคำนวณค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณสูงสุด 12 อันดับ.....	38
3.7	หลักการคำนวณค่าพิสัยของดัชนีพืชพรรณในรอบปี.....	38
3.8	หลักการคำนวณคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า	39
4.1	ตัวอย่างข้อมูลในช่วงคลื่นสีแดง (A) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B).....	44
4.2	ตัวอย่างข้อมูล NOAA-AVHRR ภาพสีผสมในแบนด์ 321.....	45
4.3	ตัวอย่างข้อมูล NDVI รายวัน	45
4.4	กระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและสร้างข้อมูล NDVI	46
4.5	จุดตำแหน่งอ้างอิงในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตให้กับข้อมูล NDVI.....	47
4.6	ข้อมูล NDVI หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต	47
4.7	ตัวอย่างข้อมูล NDVI ในช่วงฤดูแล้ง.....	48
4.8	ตัวอย่างข้อมูล NDVI ในช่วงฤดูฝน	49
4.9	กระบวนการสร้างข้อมูล NDVI _C	50
4.10	ตัวอย่างข้อมูล NDVI รอบ 10 วัน สำหรับสร้างข้อมูล NDVI _C	51
4.11	ตัวอย่างข้อมูล NDVI _C ในช่วงฤดูแล้ง	51

สารบัญญภาพ (ต่อ)

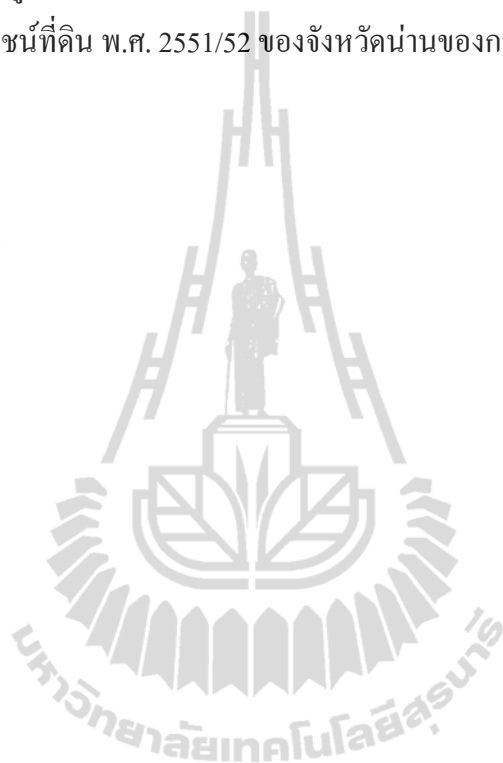
ภาพที่	หน้า
4.12 ตัวอย่างข้อมูล NDVI _C ในช่วงฤดูฝน	52
4.13 ข้อมูล NDVI _C ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่ป่าไม้	53
4.14 โพรไฟล์ในรอบปี ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่ป่าไม้	53
4.15 ข้อมูล NDVI _C ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่เกษตรกรรม	53
4.16 โพรไฟล์ในรอบปี ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่เกษตรกรรม	54
4.17 ข้อมูลแอดดิทีฟ (additive) ของทั้ง 6 ช่วงเวลา	54
4.18 ข้อมูลแมกนิจูด (magnitude) 6 ช่วงเวลา	55
4.19 ข้อมูลเฟส (phase) 6 ช่วงเวลา	56
4.20 ข้อมูล NDVI _C หลังการสร้างข้อมูลใหม่โดยวิธีการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก	57
4.21 โพรไฟล์ของค่า NDVI _C ในรอบปี ณ จุดตัวอย่าง	57
4.22 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกและโพรไฟล์ข้อมูล NDVI ณ จุดตัวอย่าง ของข้อมูล NDVI _C ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ LMF และข้อมูลหลังการวิเคราะห์ ฮาร์มอนิก	58
4.23 แผนที่ขอบเขตและที่ตั้งของพื้นที่ตัวอย่าง 4 บริเวณ	60
4.24 ตัวอย่างข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ของ Path128 และ Row50	60
4.25 ข้อมูล NDVI สูงสุดรายปี พ.ศ. 2547 (A) และ พ.ศ. 2551 (B)	61
4.26 ข้อมูลค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี พ.ศ. 2547 (A) และ พ.ศ. 2551 (B)	62
4.27 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า พ.ศ. 2547 จากค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี เท่ากับ 0.56 กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547	63
4.28 ข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า พ.ศ. 2547 (A) และ พ.ศ. 2551 (B) ของข้อมูล NDVI สูงสุดรายปี	64
4.29 ข้อมูลระดับความสูง	65
4.30 ข้อมูลละติจูด	66
4.31 การวิเคราะห์การซ้อนทับของทุกตัวแปร	67
4.32 อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547	70
4.33 การปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547	71
4.34 อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551	73

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.35 การปกคลุมของป่าไม้ในปี พ.ศ. 2551	74
4.36 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 (A) และ พ.ศ. 2551 (B)	76
4.37 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคเหนือ	77
4.38 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคเหนือ.....	77
4.39 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน.....	78
4.40 พื้นที่ป่าไม้ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน.....	79
4.41 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคใต้.....	80
4.42 พื้นที่ป่าไม้ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคใต้.....	80
4.43 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551	82
4.44 จุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกรุกทำลายที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551	83
4.45 โพรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกรุกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551.....	84
4.46 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่างปี พ.ศ. 2547- 2551.....	85
4.47 จุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551	86
4.48 โพรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้น ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551	87
4.49 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551.....	88
4.50 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและลำปาง	90
4.51 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 (A) และปี พ.ศ. 2551/52 (B) บริเวณเชียงใหม่ ลำพูนและลำปาง.....	90
4.52 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 บริเวณจังหวัดน่าน	91
4.53 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 (A) และปี พ.ศ. 2551/52 (B) บริเวณจังหวัดน่าน	92

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.54	ข้อมูลพื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ซ้อนทับพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของจังหวัดน่านของกรมพัฒนาที่ดิน 93



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเด็นปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในทุกภูมิภาคของโลก โดยเฉพาะเรื่องปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) สาเหตุหลักของปัญหานี้เกิดจากก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ที่กักเก็บความร้อนบางส่วนไว้ในโลก ไม่ให้สะท้อนกลับสู่บรรยากาศทั้งหมด คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ของสหประชาชาติได้สรุปไว้ว่า จากการสังเกตการณ์การเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกที่เกิดขึ้นตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 (ประมาณ พ.ศ. 2490) ก่อนข้างแน่ชัดว่า เกิดจากการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลในรูปของปรากฏการณ์เรือนกระจก (IPCC, 2007) แนวทางแก้ปัญหานี้คือ การลดปริมาณของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งวิธีการที่ได้รับความนิยม ได้แก่ การปลูกป่าและการจัดการป่าไม้เพื่อผลในด้าน การอนุรักษ์ การป้องกัน การพัฒนาปรับปรุง เพื่อให้ได้ผลผลิตถาวรและสูงสุดเพราะป่าไม้ที่สมบูรณ์สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกได้ดี หนึ่ง การจัดการป่าไม้ที่ยั่งยืนต้องอาศัยหลักวิชาการเพื่อให้ได้ข้อมูลในการจัดการที่เหมาะสม ทั้งข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และการกระจายตัวของป่าไม้เพื่อใช้ในการประเมินและติดตามสถานภาพของป่าไม้ที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือและสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของป่าไม้ได้ Center for Earth and Planetary Studies [CEPS] (1999) กล่าวถึงความสำคัญของป่าไม้ไว้ว่า ป่าไม้ปกคลุมพื้นที่หนึ่งในสามของพื้นผิวดินของโลก หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของชีวมวลของโลก และป่าไม้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซและพลังงานระหว่างชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก รวมทั้งเป็นองค์ประกอบหลักในการดูดซับคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ การเพิ่มขึ้นและการกระจายตัวของป่าไม้มีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ การประเมินถึงขนาดและความหลากหลายของป่าไม้ที่ปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่จะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจกระบวนการทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ดีขึ้น

สำหรับพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยซึ่งมีจำนวนที่ลดน้อยลงจากเดิมมาก จากสถิติข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ทั้งประเทศของกรมป่าไม้ที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM ในช่วง พ.ศ. 2543 ถึง 2547 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงจาก พ.ศ. 2543 ที่มีเนื้อที่ 70,111 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 33.15 เหลือเพียง 167,591 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 32.66 ของพื้นที่ทั้งประเทศใน

พ.ศ. 2547 (กรมป่าไม้, 2551) และ Ongsomwang (2006) ได้ทำการประเมินพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2548 แบบเร่งด่วน (rapid classification) โดยการปรับปรุงจากฐานข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ พ.ศ. 2547 เพื่อตรวจสอบพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM พ.ศ. 2548 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2548 ลดลงเหลือเพียง 165,781 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 32.31 ซึ่งระยะเวลาเพียง 1 ปีป่าไม้ลดลงถึง 1,810 ตารางกิโลเมตร ทั้งที่นโยบายป่าไม้แห่งชาติของภาครัฐในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 - 2544) ที่พยายามคงไว้ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ให้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ แต่ในปัจจุบันพบว่ายังมีแนวโน้มไปยังทิศทางตรงกันข้ามและมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ ทั้งการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกป่าเพื่อการเกษตร ภัยธรรมชาติ รวมถึงนโยบายของภาครัฐ

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 - 2554) ที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์และวัตถุประสงค์ด้านป่าไม้ เพื่อการอนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีเป้าหมายในการคุ้มครองพื้นที่ป่าไม้ให้คงความอุดมสมบูรณ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 33 ของพื้นที่ประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม, 2549) ฉะนั้น การคุ้มครองและป้องกันผืนป่าที่เหลืออยู่ และการตรวจสอบการบุกรุกป่าอย่างทันทั่วถึงจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ

ดังนั้นจึงเป็นเหตุจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องทราบถึงข้อมูลแผนที่พื้นที่ป่าไม้ เพื่อใช้ในการติดตามทั้งในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค จนถึงระดับโลก แต่อย่างไรก็ตามป่าไม้ก็มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและยากที่จำแนกเพื่อการทำแผนที่ หากแต่ความต้องการที่จะทำแผนที่พื้นที่ป่าไม้และสภาพของป่าไม้จึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) เข้ามาศึกษา (The Global Forest Resources Assessment [FRA], 2000) ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้การศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ บนผิวโลกทำได้ง่ายขึ้นและข้อมูลที่ได้รับก็มีความเป็นปัจจุบัน จึงมีการนำข้อมูลการรับรู้ระยะไกลมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความเหมาะสมในหลายด้าน ทั้งการสำรวจบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง การมีข้อมูลความละเอียดเชิงพื้นที่ เชิงคลื่น เชิงเวลา และเชิงรังสี รวมถึงการมีต้นทุนที่เหมาะสม

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงนำข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA ซึ่งเป็นข้อมูลการรับรู้ระยะไกลที่บันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง มีความละเอียดเชิงคลื่นที่เหมาะสม มีความละเอียดเชิงเวลาสูงและไม่มีค่าใช้จ่าย มาใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อป่าไม้ เพื่อให้มาซึ่งข้อมูลการปกคลุมและการกระจายตัวของป่าไม้ รวมทั้ง ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ซึ่งแตกต่างจากการประเมินการปกคลุมของ

ป่าไม้ในอดีตที่อาศัยการแปลตีความข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ปานกลาง ที่ต้องใช้เวลาในการแปลตีความมากและมีค่าใช้จ่ายสูง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2547 และ 2551 จากข้อมูล NOAA-AVHRR

1.2.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ ระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ 2551

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

การประยุกต์ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR สำหรับประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย กำหนดคำนิยามพื้นที่ป่าไม้ หมายถึง พื้นที่ที่มีอัตราการปกคลุมของป่าไม้ตั้งแต่ร้อยละ 60 ต่อหน่วยพื้นที่ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมินจะรวมถึงพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า ไม้ยืนต้น ที่มีอัตราการปกคลุมตั้งแต่ร้อยละ 60 ซึ่งปรับปรุงจากข้อกำหนดของ Japan Forest Technology Association [JAFTA], (2006) ที่ได้กำหนดขึ้นสำหรับใช้ประเมินการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง โดยใช้ข้อมูล SPOT Vegetation ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) เท่ากับข้อมูล NOAA-AVHRR

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตการศึกษา

1) สร้างดัชนีแสดงความสมบูรณ์ของพืชพรรณจากข้อมูล NOAA-AVHRR ในรูปแบบดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอมอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

2) ประเมินการปกคลุมของป่าไม้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis: MRA) โดยอาศัยข้อมูล NDVI ที่ได้จาก NOAA-AVHRR ร่วมกับข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการคงอยู่ของป่าไม้ พร้อมการกำหนดเงื่อนไขระบุการปกคลุมของป่าไม้

3) ประเมินการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (deforestation) และป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (forest degradation) ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน 2 ช่วงเวลา โดยการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ 2551 พร้อมใช้เงื่อนไขกำหนดลักษณะของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายและพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม

1.4.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย ดังภาพที่ 1.1 และมีรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา ดังนี้

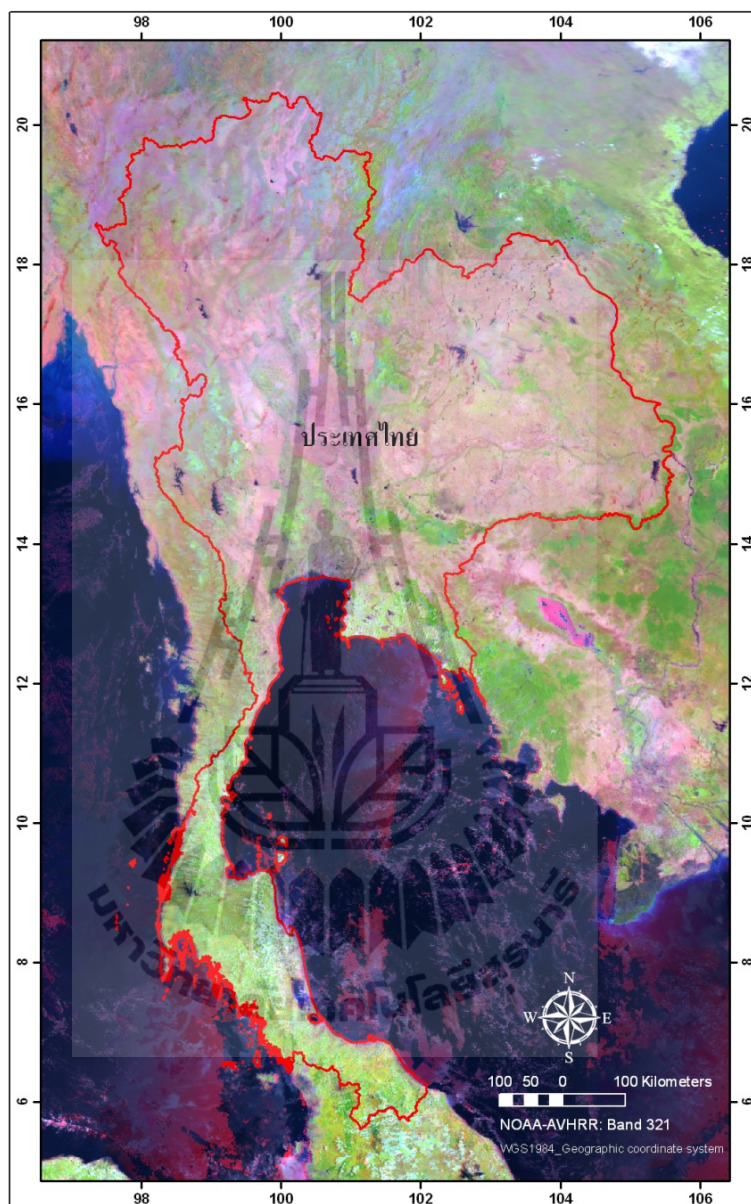
1.4.2.1 ที่ตั้ง

ประเทศไทยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีน ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีขนาดวัดจากเหนือสุดมาใต้สุด เป็นระยะทาง 1,640 กิโลเมตร และจากตะวันออกมาตะวันตกเป็นระยะทาง 780 กิโลเมตร หรืออยู่ระหว่างเส้นรุ้ง (latitude) ที่ $5^{\circ}37'$ ถึง $20^{\circ}27'$ เหนือ และเส้นแวง (longitude) ที่ $97^{\circ}21'$ ถึง $105^{\circ}37'$ ตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร หรือ 321 ล้านไร่

หากพิจารณาที่ตั้งตามเขตภูมิอากาศของโลกแล้ว ประเทศไทยมีทำเลที่ตั้งที่อยู่ในพื้นที่ภูมิอากาศเขตร้อน (tropical zone) ระหว่างเส้นรุ้งที่อยู่ห่างเส้นศูนย์สูตรไปทางเหนือ (tropic of cancer) $23^{\circ}27'$ เหนือ กับเส้นรุ้งที่อยู่ห่างเส้นศูนย์สูตรไปทางใต้ (tropic of capricorn) $23^{\circ}27'$ ใต้ หรืออาจกล่าวได้ว่าตั้งอยู่ในพื้นที่สีเขียวของโลก (green belt) คือ บริเวณเส้นศูนย์สูตรที่มีอากาศร้อนชื้นฝนตกชุก จึงอุดมไปด้วยกลุ่มป่าเขตร้อน (tropical forest) กระจายอยู่ทั่วทุกภาค ทั้งป่าไม้ผลัดใบ อาทิ ป่าดงดิบชื้น ป่าดงดิบเขา ป่าดงดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าชายเลน และป่าผลัดใบ อาทิ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณและทุ่งหญ้า เป็นต้น

โดยพื้นที่ศึกษามีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียงดังนี้

- 1) ทิศเหนือ ติดต่อกับ สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
- 2) ทิศตะวันออก ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ราชอาณาจักรกัมพูชา และอ่าวไทย
- 3) ทิศตะวันตก ติดต่อกับ สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า และทะเลอันดามัน
- 4) ทิศใต้ ติดต่อกับ ประเทศมาเลเซีย และอ่าวไทย



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา ประเทศไทย

1.4.2.2 สภาพภูมิประเทศ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538) กล่าวว่า ประเทศไทยประกอบด้วย กลุ่มเทือกเขาในบริเวณภาคตะวันตกและภาคเหนือ มีที่ราบสูงโคราชอยู่ทางด้านตะวันออกและแอ่งที่ราบเจ้าพระยาในบริเวณภาคกลางซึ่งอยู่เหนืออ่าวไทยกับแหลมทางทิศใต้ หากมองถึงลักษณะภูมิฐานของประเทศไทยที่พิจารณาจากเขต โครงสร้างและลักษณะภูมิประเทศหรือที่เรียกว่า เขตภูมิประเทศ (physiographic region) โดยได้ถือตามแนวการแบ่งเขต โครงสร้างและลักษณะภูมิประเทศของกรมทรัพยากรธรณี และดร.โรเบิร์ต เพนเดิลตัน แต่ได้ตัดแปลงให้เกี่ยวโยงกัน และพยายามอนุโลมให้สอดคล้องกับเขตของจังหวัดต่างๆ และเขตภูมิภาคทางภูมิศาสตร์ของคณะกรรมการ

ภูมิศาสตร์แห่งชาติเท่าที่จะทำได้ ฉะนั้นเขตภูมิประเทศของประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 6 เขตใหญ่ ดังนี้

- 1) เขตภูเขาและหุบเขากภาคเหนือ ภูมิประเทศของที่สูงภาคนี้มีลักษณะเป็นทิวเขาและหุบเขาสลับกันเป็นแนวยาวนานกันจากเหนือมาใต้
- 2) เขตที่ราบลุ่มน้ำภาคกลาง ภูมิฐานที่ราบลุ่มน้ำภาคกลางเป็นที่ราบตอนกลางและตอนล่างของกลุ่มน้ำทั้งหมด ทั้งจากแม่น้ำลำธารจากที่สูงทางเหนือ จากที่สูงทางตะวันตกและตะวันออกที่ล้อมที่ราบภาคกลางที่ไหลลงสู่อ่าวไทย
- 3) เขตที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือที่ราบสูงโคราช มีภูเขาที่ยกขึ้นมาเปรียบดั่งขอบของที่ราบสูง โดยมีด้านชันอยู่ทางที่ราบภาคกลาง มีการลาดเอียงไปทางตะวันออกเฉียงใต้บริเวณลุ่มน้ำโขง
- 4) เขตชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย พื้นที่บริเวณนี้มีลักษณะเป็นลูกคลื่น เป็นเขาเตี้ยๆ ไม่มีลักษณะของที่ราบ
- 5) เขตเทือกเขาและหุบเขากภาคตะวันตก ประกอบด้วยทิวเขายาวต่อเนื่องและเรียงซ้อนกันหลายทิว ทำให้มีลักษณะของเทือกเขาและหุบเขาที่สลับซับซ้อน
- 6) เขตคาบสมุทรภาคใต้ ภูมิฐานประกอบด้วยที่ราบที่อยู่ตามชายฝั่งทะเลและมีภูเขาเป็นแกนหรือสันของคาบสมุทร

1.4.2.3 สภาพภูมิอากาศ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อน (tropical climatic zone) ของซีกโลกเหนือ สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล โดยพื้นที่ที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินบริเวณตั้งแต่ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือขึ้นไปจนถึงภาคเหนือจะมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว และระหว่างกลางวันกับกลางคืน สำหรับพื้นที่ซึ่งอยู่ติดทะเลได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะน้อยกว่า (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551) โดยมีฤดูกาล 3 ฤดู ได้แก่

- 1) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ กลางเดือนพฤษภาคม - กลางเดือนตุลาคม มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน
- 2) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่ กลางเดือนตุลาคม - กลางเดือนกุมภาพันธ์ รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
- 3) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ กลางเดือนกุมภาพันธ์ - กลางเดือนพฤษภาคม

1.4.2.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) ที่ได้จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการตรวจสอบข้อมูลภาคสนาม สามารถสรุปพื้นที่และสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52 ในระดับการจำแนกที่ 1 (ตารางที่ 3.1) โดยพบว่า ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด (ร้อยละ 53.51) รองลงมาคือ พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ 35.29) ซึ่งหากดูในระดับที่ลดลงไปพบว่า เป็นป่าสมบูรณ์ถึงร้อยละ 32.11 ที่เหลือเป็นป่ารอสภาพฟื้นฟู ส่วนพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่แหล่งน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ใกล้เคียงกัน โดยแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52 แสดงดังภาพที่ 1.2

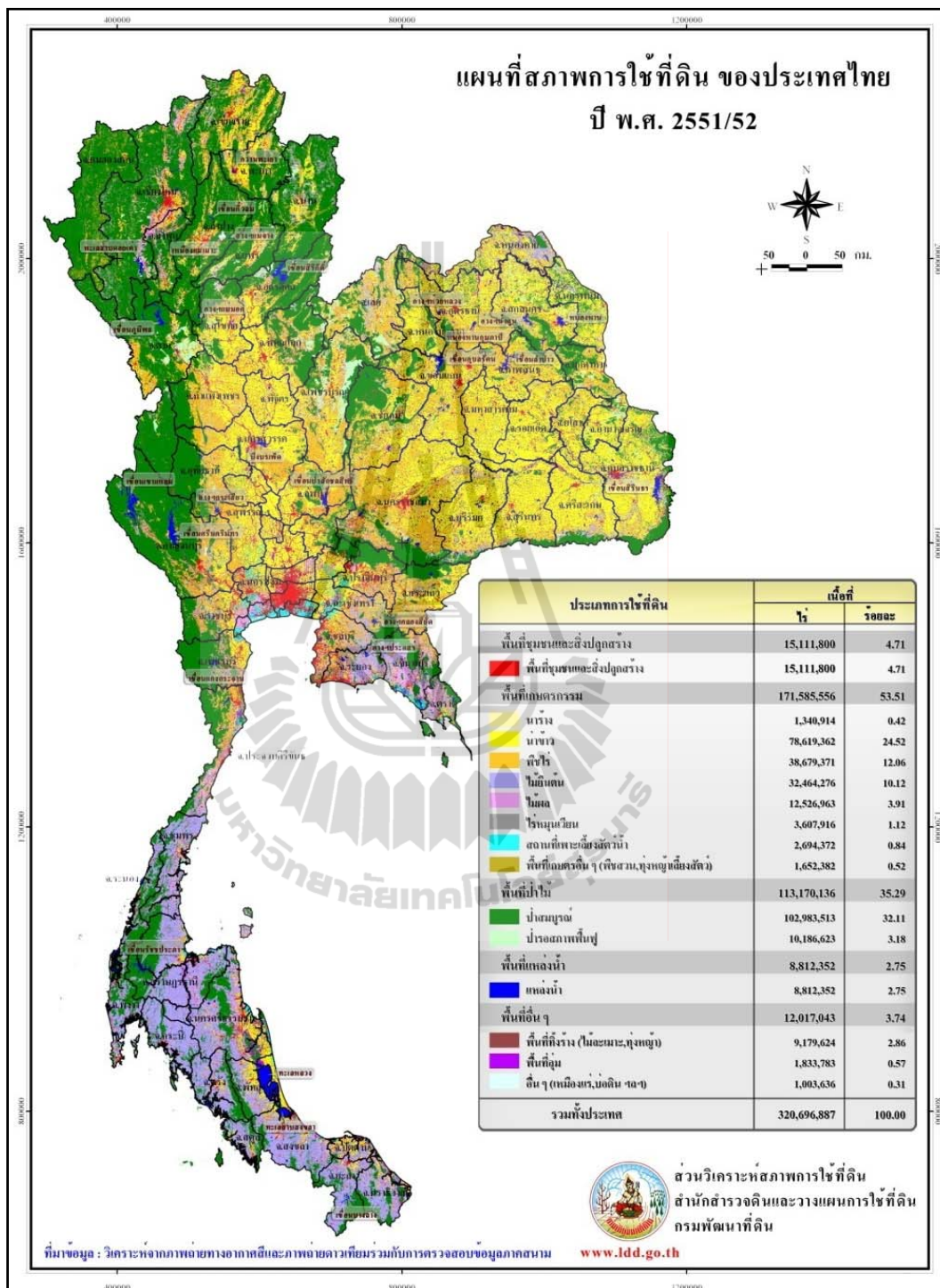
ตารางที่ 1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52

ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	15,111,800	4.71
พื้นที่เกษตรกรรม	171,585,556	53.51
พื้นที่ป่าไม้	113,170,136	35.29
พื้นที่แหล่งน้ำ	8,812,352	2.75
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	12,017,043	3.74
รวม	320,696,887	100.00

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน สำนักนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

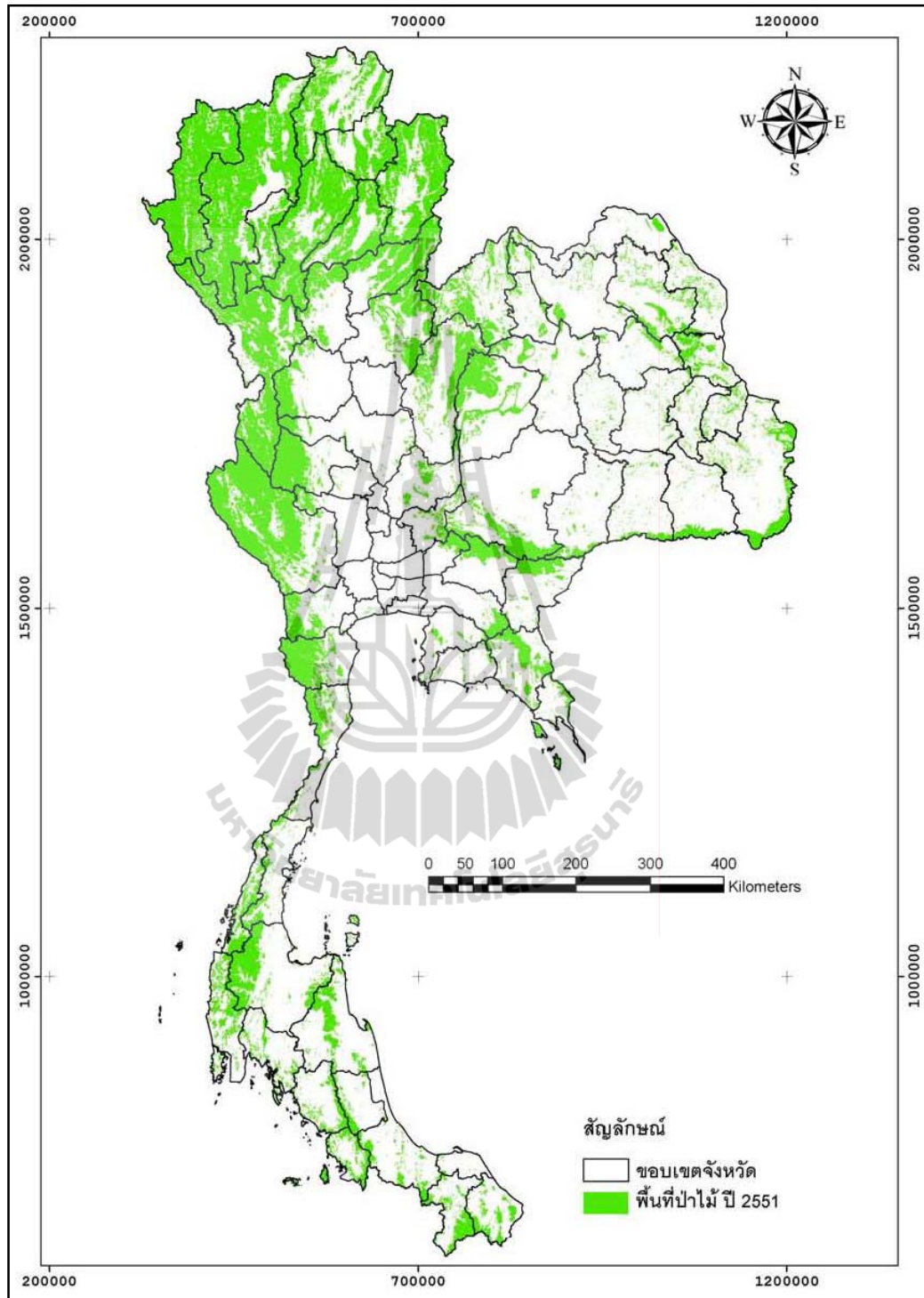
1.4.2.5 พื้นที่ป่าไม้

สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ รายงานว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย พ.ศ. 2547 ที่ได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM มีเนื้อที่ป่าไม้ร้อยละ 32.66 ของพื้นที่ประเทศ และใน พ.ศ. 2551/2552 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการแปลตีความในลักษณะเดียวกัน โดยนำข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ ใน พ.ศ. 2547 มาใช้เป็นข้อมูลฐานสำหรับการแปลตีความและปรับปรุงข้อมูล พบว่า ประเทศไทยมีเนื้อที่ป่าไม้ร้อยละ 33.44 ของพื้นที่ประเทศแสดงดังภาพที่ 1.3 (กรมป่าไม้, 2551) ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 1.2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย พ.ศ. 2551/52

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน สำนักนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 1.3 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย พ.ศ. 2551

ที่มา : สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบถึงสถานภาพและการกระจายของพื้นที่ป่าในประเทศไทย

1.5.2 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเชิงปริมาณและคุณภาพ คือ พื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย และพื้นที่ป่าที่เสื่อมโทรม ตามลำดับ

1.5.3 ได้สมการสำหรับการประเมินอัตราการปกคลุมป่าไม้ของประเทศไทย

1.5.4 ได้แนวทางในการประเมินและติดตามสถานะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยในแต่ละปี เพื่อการกำหนดพื้นที่เป้าหมายสำหรับติดตามและตรวจสอบการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้ ในรูปของ hot spot



บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR นี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าและศึกษาเอกสาร ตลอดจนรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทั้งทางด้านป่าไม้ ข้อมูล NOAA-AVHRR การสร้างดัชนีแสดงความสมบูรณ์ของพืชพรรณในรูปแบบ NDVI และการประยุกต์ใช้ข้อมูล NDVI ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ เพื่อใช้เป็นแหล่งอ้างอิงในการดำเนินการศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1 คำจำกัดความเกี่ยวกับป่าไม้

2.1.1 พื้นที่ป่าไม้

คำจำกัดความเกี่ยวกับป่าไม้ มีหน่วยงานและนักวิจัยหลายท่านได้ให้คำจำกัดความไว้อย่างมากมาย ในที่นี้ได้รวบรวมเฉพาะคำจำกัดความของป่าไม้ในเชิงพื้นที่ สรุปได้ดังต่อไปนี้

ป่าไม้ คือ เนื้อที่ป่าชนิดต่างๆ ได้แก่ ป่าดงดิบ ป่าสน ป่าชายเลน ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังแคระแกร็น ป่าพรุ ป่าชายเลน และป่าชายหาด อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ป่าโครงการ และพื้นที่ใหญ่กว่า 0.5 เฮกแตร์ หรือ 3.125 ไร่ มีเรือนยอดต้นไม้สูงอย่างน้อย 5 เมตร ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ (กรมป่าไม้, 2551)

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) ได้ให้คำนิยามของป่าไม้วา เป็นพื้นที่ขนาดมากกว่า 0.5 เฮกแตร์ ที่มีต้นไม้สูงกว่า 5 เมตรและมีเรือนยอดปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 หรือมีต้นไม้ที่เจริญเติบโตที่สามารถระบุนความสูงได้ โดยพื้นที่ป่าไม้ไม่รวมพื้นที่การใช้ที่ดินทางการเกษตรหรือเขตเมือง ป่าไม้จะรวมถึงพื้นที่ป่าไผ่และต้นปาล์มที่มีความสูงและการปกคลุมของเรือนยอดตามเกณฑ์ ป่าไม้จะรวมถึงถนนในป่า แนวกันไฟและพื้นที่เปิดขนาดเล็กอื่นๆ (พื้นที่เปิดขนาดเล็กในอุทยานแห่งชาติ ป่าสงวนและพื้นที่คุ้มครองอื่นๆ) เช่น พื้นที่เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์วัฒนธรรมหรือพื้นที่สำคัญทางด้านจิตใจ และป่าไม้รวมถึงแนวกันลมและช่องว่างระหว่างต้นไม้ ที่มีพื้นที่มากกว่า 0.5 เฮกแตร์และกว้างมากกว่า 20 เมตร รวมถึงสวนป่า (ป่าปลูก) ที่ใช้สำหรับการป่าไม้ เช่น สวนยางพาราและไม้โอ๊กที่ปลูกเพื่อการอุตสาหกรรม แต่ป่าไม้จะไม่รวมต้นไม้ในระบบการผลิตทางการเกษตร เช่น สวนผลไม้ตัวอย่างและระบบวนเกษตร (ไร่นาสวนผสม) และไม่รวมต้นไม้

ในสวนสาธารณะและสวนในเมือง (Food and Agriculture Organization [FAO], 2006 อ้างถึงใน Schoene, Killmann, Lüpke, and LoycheWilkie, 2007, หน้า 5)

คณะกรรมการเศรษฐกิจยุโรปแห่งสหประชาชาติ (United Nations Economic Commission for Europe: UNECE) และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ร่วมให้คำจำกัดความของป่าไม้ว่า เป็นพื้นที่ที่มีป่าปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 และมีขนาดพื้นที่มากกว่า 0.5 เฮกแตร์ (5,000 ตารางเมตร) และต้นไม้มีความสูงไม่น้อยกว่า 5 เมตร ประกอบด้วยป่าปิด (closed forest) เป็นป่าที่มีการปกคลุมของต้นไม้อยู่หลายชั้น รวมทั้งไม้พุ่มชั้นล่างในอัตราส่วนที่สูงและป่าเปิด (opened forest) เป็นป่าที่มีการปกคลุมของพืชพรรณอย่างต่อเนื่องภายในพื้นที่และมีการปกคลุมเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้รวมถึงป่าที่เกิดขึ้นใหม่ (young forest) และป่าปลูก (plantations) สำหรับวัตถุประสงค์การป่าไม้ จนกระทั่งมีการปกคลุมหนาแน่นร้อยละ 10 หรือต้นไม้มีความสูง 5 เมตรจะถือว่าเป็นป่าไม้ด้วย รวมทั้งในส่วนของพื้นที่ที่ถูกบุกรุกชั่วคราวอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือสาเหตุทางธรรมชาติแต่เป็นพื้นที่คาดว่าจะสามารถกลับไปเป็นป่าได้ รวมไปถึงสวนเพาะชำป่าไม้และสวนผลไม้ และที่ถือเป็นส่วนหนึ่งของป่า ได้แก่ ถนนในป่า บริเวณที่ว่างในป่า แนวกันไฟ และ พื้นที่เปิดขนาดเล็กอื่นๆ ในป่า (หมายถึงในป่าอุทยานแห่งชาติ ป่าสงวนและพื้นที่คุ้มครองอื่นๆ) เช่น พื้นที่เฉพาะทางสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ วัฒนธรรมหรือพื้นที่สำคัญทางด้านจิตใจ รวมทั้งพื้นที่แนวต้นไม้กั้นลมที่มีพื้นที่มากกว่า 0.5 เฮกแตร์และกว้างมากกว่า 20 เมตร ป่าไม้รวมถึงสวนยางพาราและไม้ไผ่ที่ปลูกเพื่อการอุตสาหกรรม แต่ไม่รวมพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ถูกใช้เพื่อการเกษตรกรรม (UN-ECE/FAO, 1997 อ้างถึงใน Choudhury and Jansen, 1998, หน้า 23)

ในอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ได้ให้คำนิยามว่า ป่าไม้ คือ พื้นที่ส่วนน้อยของแผ่นดิน มีขนาดตั้งแต่ 0.05 - 1.0 เฮกแตร์ ที่ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้และมีต้นไม้มากกว่าร้อยละ 10 - 30 ที่มีความสูงอย่างน้อย 2 - 5 เมตร โดยป่าไม้ประกอบด้วยป่าปิด คือ มีการปกคลุมของต้นไม้อยู่หลายชั้นรวมทั้งไม้พุ่มชั้นล่างในอัตราส่วนที่สูง และป่าเปิด คือ มีต้นไม้เบิกนำและพืชพรรณต่างๆ ที่มีความหนาแน่นถึงร้อยละ 10 - 30 หรือมีต้นไม้ที่มีความสูงถึง 2 - 5 เมตรถึงจะรวมเป็นพื้นที่ป่าไม้ รวมทั้งในส่วนของพื้นที่ที่ถูกบุกรุกชั่วคราวอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือสาเหตุทางธรรมชาติ แต่คาดว่าจะสามารถกลับไปเป็นป่าได้ (UNFCCC, 2001 อ้างถึงใน Schoene et al., 2007, หน้า 5)

อนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (Convention on Biological Diversity: CBD) และองค์การสิ่งแวดล้อมโลก (United Nations Environment Programme: UNEP) ให้คำนิยามของป่าไม้ คือ บริเวณที่มีพื้นที่มากกว่า 0.5 เฮกแตร์ ซึ่งไม่เป็นพื้นที่ภายใต้พื้นที่เกษตรกรรมและ

การใช้ที่ดินประเภทอื่น โดยมีเรือนยอดของต้นไม้ปกคลุมมากกว่าร้อยละ 10 ในกรณีของป่าใหม่ ต้องมีต้นไม้ที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติและพบการปกคลุมของเรือนยอดตามข้อกำหนด โดยต้นไม้ต้องมีความสูง 5 เมตรขึ้นไป (UNEP/CBD, 2001 อ้างถึงใน Schoene et al., 2007, หน้า 5)

การศึกษาโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม SPOT Vegetation ในพื้นที่ประเทศไทย ระบุว่าพื้นที่ป่าไม้ ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ทั้งหมดและรวมถึงพื้นที่ป่าชายเลน ไม้พุ่มเตี้ย และสวนป่า (plantation) ที่มีการเพาะปลูกในพื้นที่ประเทศไทย ได้แก่ ยางพารา สัก ยูคาลิปตัส และปาล์มน้ำมัน ซึ่งสวนป่าทั้งหมดถูกรวมเป็นพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวจำแนกโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม SPOT Vegetation ได้ยาก ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ โดยพื้นที่ป่าไม้ต้องมีการปกคลุมตั้งแต่ร้อยละ 60 ต่อหน่วยพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งทาง JAFTA ได้นิยามขึ้นสำหรับใช้ประเมินการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ของเอเชียตะวันออกเฉียง โดยใช้ข้อมูล SPOT Vegetation ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) เท่ากับข้อมูล NOAA-AVHRR (JAFTA, 2006)

จากนิยามของป่าไม้ข้างต้น สามารถสรุปและกำหนดคำจำกัดความของพื้นที่ป่าไม้ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR สำหรับประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทยได้ว่า พื้นที่ป่าไม้ หมายถึง พื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุมตั้งแต่ร้อยละ 60 ต่อหน่วยพื้นที่ หรือต่อขนาดจุดภาพของข้อมูล NOAA-AVHRR โดยพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมินจะรวมถึงพื้นที่ที่มีค่า NDVI สูงเทียบเท่ากับพื้นที่ป่าไม้ และมีการปกคลุมต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

2.1.2 ป่าถูกทำลาย (Deforestation)

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้ให้คำจำกัดความของป่าที่ถูกทำลายว่าเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีการเปลี่ยนสภาพไปเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ หรือมีการลดลงของต้นไม้ที่เป็นสิ่งปกคลุมน้อยกว่าร้อยละ 10 มาเป็นเวลานาน ซึ่งสามารถขยายความได้ดังนี้ (FAO, 2001 อ้างถึงใน Schoene et al., 2007, หน้า 8)

- 1) ป่าที่ถูกทำลายเป็นการลดลงของพื้นที่ปกคลุมของป่าไม้มาเป็นระยะเวลานานหรือถาวรไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและการทำงานของมนุษย์
- 2) พื้นที่ที่ลดลงของป่าไม้ รวมถึงพื้นที่ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ อ่างเก็บน้ำและพื้นที่เมือง
- 3) ป่าที่ถูกทำลายไม่รวมพื้นที่ที่ต้นไม้ถูกตัดออกในกรณีของพื้นที่ที่ถูกเก็บเกี่ยวหรือพื้นที่ที่ถูกสัมปทานไม้ และพื้นที่ป่าไม้กำลังฟื้นฟูตามธรรมชาติหรือพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เป้าหมายของการปลูกป่า
- 4) ป่าที่ถูกทำลายรวมถึงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบุกรุก การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบกับป่าไม้ที่ไม่สามารถรักษาการปกคลุมเรือนยอดได้มากกว่าร้อยละ 10

JAFTA (2006) ให้คำจำกัดความของป่าถูกทำลายต่อหน่วยพื้นที่ว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงของจุดภาพที่มีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้เท่ากับร้อยละ 60 แต่โดยความเป็นจริงแล้วควรมีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้น้อยกว่าร้อยละ 50 เป็นผลมาจากการประเมินที่มีความคลาดเคลื่อน อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ เช่น การตัดไม้เปลี่ยนไปเป็นการใช้ที่ดินอื่น รวมถึงการถูกทำลายจากสภาพอากาศหรือไฟป่า

Hussin (2002) ได้ให้คำจำกัดความของป่าถูกทำลายว่า เป็นการแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การปกคลุมของป่าไม้ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากป่าไม้เป็นไม่ใช่ป่าไม้ โดยเกิดจากหลายสาเหตุ แต่การที่ป่าถูกทำลายหรือเสื่อมโทรมลงในพื้นที่ป่าเขตร้อนส่วนใหญ่ จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

สำหรับในประเทศไทย Ongsomwang (2002) กล่าวว่าป่าถูกทำลายมาจากความต้องการพื้นที่สำหรับภาคเกษตรกรรมตามการเจริญเติบโตของจำนวนประชากร และจากอุตสาหกรรมการตัดไม้เพื่อการค้า โดยความต้องการที่ดินจะขึ้นอยู่กับราคาที่ดิน ความสามารถในการผลิตทางการเกษตร ราคาผลผลิตทางการเกษตร การจ้างงานนอกภาคเกษตรกรรม (off-farm) และรายได้ รวมถึงการขยายตัวของจำนวนประชากร

2.1.3 ป่าเสื่อมโทรม (Forest degradation)

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้ให้คำจำกัดความของป่าเสื่อมโทรมว่าเป็นการลดลงของการปกคลุมของเรือนยอดภายในพื้นที่ป่าไม้ (FAO, 2000 อ้างถึงใน Schoene et al., 2007, หน้า 10) และได้เพิ่มเติมคำจำกัดความว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงภายในพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของไม้ยืนต้น แต่มีการลดลงของความสามารถในการสร้างผลผลิต หรืออธิบายเพิ่มเติมได้ว่าป่าเสื่อมโทรมไม่เป็นการลดลงของพื้นที่ป่า แต่จะเป็นการลดลงของมวลชีวภาพ (FAO, 2001, FAO, 2006 อ้างถึงใน Schoene et al., 2007, หน้า 10)

JAFTA (2006) ให้คำจำกัดความของป่าเสื่อมโทรมต่อหน่วยพื้นที่ว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงของจุดภาพที่มีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากสภาพอากาศหรือไฟป่า แต่อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่ป่าเสื่อมโทรมหลังเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงควรมีอัตราการปกคลุมของป่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ด้วย

2.2 ป่าไม้ในประเทศไทย

ประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตกลุ่มป่าเขตร้อน (tropical forest) ระหว่างเส้น Tropic of cancer (23°27' เหนือ) กับเส้น Tropic of capricorn (23°27' ใต้) หรือตั้งอยู่ในเขตเข็มซัดสิเขียวของโลก คือ

บริเวณเส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีอากาศร้อนชื้น ฝนตกชุก จึงอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าเขตร้อนอยู่ทั่วทุกภาค ทั้งป่าไม่ผลัดใบ เช่น ป่าดงดิบชื้น ป่าดงดิบเขา ป่าดงดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าชายเลน และป่าผลัดใบ เช่น ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณและทุ่งหญ้าเป็นต้น เช่นเดียวกับ สุวิทย์ อ่องสมหวัง (2545) ที่ได้ระบุประเภทป่าไม้ของประเทศไทยตามซีพลักษณ์ (phenology) ของสังคมพืชเป็น 2 ประเภท คือ ป่าไม่ผลัดใบและป่าผลัดใบ

2.2.1 ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (evergreen forest) ได้แก่ ป่าที่มีต้นไม้ซึ่งมีใบติดต้นเขียวชอุ่มอยู่ตลอดทั้งปี สามารถแบ่งป่าประเภทไม่ผลัดใบ ได้ดังนี้

- 1) ป่าดิบชื้น (tropical rain forest) พบในทุกภาคของประเทศไทย มีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่หนาแน่น มีไม้พื้นล่างขึ้นอยู่รกและแน่นทึบ ต้นไม้ใหญ่สำคัญ ได้แก่ กะบาก ตะเคียนทอง ตะแบก
- 2) ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) พืชพรรณในป่าไม่หนาแน่นนัก ประกอบด้วยไม้ขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกยางชนิดต่างๆ
- 3) ป่าดิบเขา (hill evergreen forest) พบบนเขาสูง ในระดับสูงกว่าน้ำทะเลประมาณ 1,000 เมตรขึ้นไป พันธุ์ไม้สำคัญส่วนใหญ่เป็น ไม้ในวงศ์ไม้ก่อ
- 4) ป่าสน (pine forest) พบบนยอดเขาหรือเนินสูงๆ ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลระหว่าง 700 - 1,000 เมตร เป็นสนจำพวกสนสองใบ และสนสามใบ
- 5) ป่าพรุ (swamp forest) ขึ้นอยู่ในที่ราบต่ำ มีน้ำจืดท่วมขังอยู่ทั่วไป
- 6) ป่าชายเลน (mangrove forest) ขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเล พันธุ์ไม้สำคัญได้แก่ ไม้โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก

2.2.2 ป่าประเภทที่ผลัดใบ (deciduous forest) ได้แก่ ป่าที่มีต้นไม้ผลัดใบในฤดูแล้งเพื่อลดการคายน้ำ สามารถแบ่งป่าประเภทผลัดใบ ได้ดังนี้

- 1) ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) พื้นที่มีสภาพดินชุ่มชื้นอุดมสมบูรณ์กว่าป่าเต็งรัง จึงมีพันธุ์ไม้มากชนิดและมีขนาดสูงใหญ่กว่า พันธุ์ไม้สำคัญ ได้แก่ ไม้สัก ไม้แดง ประดู่
 - 2) ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) ขึ้นอยู่บนดินทรายหรือดินลูกรัง ไม้ที่สำคัญได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง
 - 3) ป่าไผ่ (bamboo forest) มีไม้ไผ่ขึ้นอยู่มากกว่าร้อยละ 60 - 80 ของพื้นที่
- มูลนิธิป่าเขตร้อน (2547) ได้ระบุถึงป่าไม้ในประเทศไทยโดยใช้ปัจจัยทางด้านความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็นตัวกำหนดลักษณะของป่าเขตร้อน จะพบว่า บริเวณยอดเขาที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล จะเป็นป่าดิบเขาและป่าสน ความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร เป็นป่าเต็งรัง ความสูงไม่เกิน 700 เมตร เป็นป่าเบญจพรรณ ความสูงไม่เกิน 400 เมตรเป็นป่าดิบชื้นและป่าดิบแล้ง ส่วนบริเวณน้ำกร่อยติดชายฝั่งทะเลเป็นป่าชายเลน ตามลำดับ

หากแยกลักษณะของป่าไม้ตามภูมิภาคของประเทศไทย พบว่าภาคเหนือ มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงที่ติดต่อกับเทือกเขาหิมาลัย มีแนวเทือกเขาและหุบเขากว้างๆ ทอดตัวลงมาทางใต้ เช่น เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาตะนาวศรี กั้นชายแดนไทยพม่า สภาพโดยทั่วไปเป็นภูเขาที่มีระดับความสูงมากกว่า 1,000 เมตร มีอากาศเย็นเหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพรรณไม้ป่าดิบเขาและป่าสนเขา บริเวณที่มีความลาดชันน้อยจะเป็นป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

ในบริเวณที่ราบหุบเขาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นที่ราบสูงเรียกว่าที่ราบสูงโคราช มีอาณาเขตระหว่างเทือกเขาเพชรบูรณ์ เทือกเขาคงพญาเย็น และเทือกเขาพนมดงรัก ปัจจุบันแม้ว่าพื้นที่ป่าถูกทำลายลงไปมากแต่ยังคงมีป่าดงดิบชื้นและดงดิบแล้งเหลือปรากฏให้เห็นในบริเวณนี้

ส่วนภาคกลาง เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา มีลักษณะดั้งเดิมเป็นบึงน้ำจืดและป่ามรสุม ซึ่งถูกเปลี่ยนแปลงสภาพกลายเป็นนาข้าวอย่างกว้างขวาง

ภาคตะวันตก มีแนวเทือกเขาตะนาวศรีเป็นแนวเขาสำคัญ กั้นชายแดนไทย-พม่า มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1,000 เมตร แต่เทือกเขานี้อยู่ภายใต้เขตเงาฝนและเทือกเขาเดียวกันที่สูงกว่าในประเทศพม่าจึงพบป่ากึ่งดิบชื้นเกิดขึ้นบนพื้นที่สูง มีป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณขึ้นสลับกันบนที่ลาดชันรวมทั้งป่าไผ่และทุ่งหญ้าเขตร้อนกระจายอยู่ทั่วไป

ภาคใต้ เป็นคาบสมุทรแคบๆ ยื่นลงไปในทะเล มีเส้นแบ่งขอบเขตของลักษณะพืชพรรณต่างจากภาคอื่นๆ พื้นที่บริเวณคอคอคกระ จังหวัดระนองได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้เกิดฝนตกชุกติดต่อกันเกือบตลอดปี มีฤดูแล้งเพียงช่วงสั้น ๆ ไม่ชัดเจน ภาคใต้ของไทยจึงปกคลุมไปด้วยป่าดงดิบชื้นอันรกทึบ พบป่าชายหาดและป่าดงดิบที่ราบต่ำในบางพื้นที่ มีป่าชายเลนอุดมสมบูรณ์ทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย นอกจากนี้ยังมีป่าพรุแห่งสุดท้ายของไทยเหลืออยู่ที่จังหวัดนราธิวาส มีพื้นที่ป่าพรุบริสุทธิ์ประมาณ 50,000 ไร่

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการคงอยู่ของป่าไม้

อุทิศ กุญอินทร์ (2542) กล่าวว่าป่าไม้ในประเทศไทยมีปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการคงอยู่ของป่าไม้ ดังต่อไปนี้

- 1) สภาพทางภูมิศาสตร์ของประเทศที่ตั้งอยู่ในพื้นที่โซนร้อน
- 2) สภาพภูมิประเทศ ซึ่งโดยทั่วไปประกอบด้วยเทือกเขาสูง ที่ราบและที่ราบสูง ซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมความแตกต่างของป่าไม้ได้

3) สภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย ลมที่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดหยาดน้ำฟ้า ปริมาณน้ำฝนและความชื้นในบรรยากาศและอุณหภูมิ ซึ่งอยู่ในช่วงที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดปี และฤดูกาลซึ่งส่งผลให้สภาพภูมิอากาศผันแปรตามฤดูกาล

4) สภาพทางธรณีที่มีอิทธิพลกับป่าไม้จะมีความแตกต่างกันบ้างในชั้นรายละเอียด

5) สภาพทางปฐพี ชนิดดินมีความสำคัญต่อชนิดของสังคมป่าและการกระจายตัวของป่า ทำให้เกิดป่าต่างชนิดกันได้ แม้ว่าจะอยู่ในภูมิอากาศเดียวกัน

6) สภาพของไฟป่า มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของสังคมป่า โดยเฉพาะกลุ่มป่าผลัดใบ

นอกจากนี้สิ่งมีชีวิต อันได้แก่ มนุษย์ สัตว์ ก็มีบทบาททำให้ป่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การทำลายป่าหรือการเพาะปลูกชั่วคราวทำให้ป่ากลายเป็นทุ่งหญ้าได้ การสร้างเขื่อนกั้นลำน้ำ การทำเหมืองและอีกหลายกิจกรรมจากการกระทำของมนุษย์มีส่วนทำให้ป่าไม้เปลี่ยนสภาพได้

2.4 ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

2.4.1 การพิจารณาเลือกข้อมูลดาวเทียมสำหรับใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ต้องเลือกใช้ข้อมูลดาวเทียมที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในการแสดงข้อมูลพืชพรรณและเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย โดยปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามีดังนี้

- 1) มีความเหมาะสมของความละเอียดเชิงพื้นที่ เชิงคลื่นและเชิงเวลา
- 2) ข้อมูลดาวเทียมต้องครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา
- 3) ข้อมูลดาวเทียมต้องสามารถเข้าถึงได้
- 4) ข้อมูลดาวเทียมต้องมีความต่อเนื่องของข้อมูลในช่วงเวลาที่ศึกษา
- 5) ข้อมูลดาวเทียมต้องมีคาบการสำรวจและความละเอียดที่เหมาะสม

จากปัจจัยดังกล่าวข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาต้องครอบคลุมพื้นที่กว้างในการบันทึกข้อมูลแต่ละครั้ง มีความถี่ของการสำรวจซ้ำรอบสูง โดยในที่นี้จะคัดเลือกข้อมูลดาวเทียมในระดับความละเอียดต่อจุดภาพสูงและปานกลางออกจากการพิจารณาเนื่องจากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากและครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งอาจทำให้ยากต่อการจัดเก็บและการวิเคราะห์ผล

ดังนั้นข้อมูลดาวเทียมที่เลือกใช้ คือ ข้อมูล NOAA-AVHRR ที่มีการจัดเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่ศึกษาและสามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ตลอดจนมีรอบการบันทึกข้อมูล ณ ตำแหน่งเดิมหลายครั้งต่อวัน ทำให้มีข้อมูลที่สามารถใช้ได้อย่างน้อย 1 ภาพต่อวัน แต่ครั้งของการกวาดภาพครอบคลุมพื้นที่ศึกษาได้ทั้งหมด อีกทั้งมีระดับความละเอียดต่อจุดภาพเหมาะสมกับการศึกษาข้อมูลในระดับประเทศและที่สำคัญมีการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่เหมาะสมกับ

การศึกษาด้านพืชพรรณในรูปแบบดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ได้แก่ ช่วงคลื่นสีแดง (visible-red channel) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared channel)

2.4.2 ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHR

ดาวเทียม NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) เป็นดาวเทียมในโครงการ POES (Polar-Orbiting Operational Environmental Satellites) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautic and Space Administration: NASA) มีเครื่องบันทึกสัญญาณ AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดการแผ่รังสีที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นผิวโลกทั้งกลางวันและกลางคืน มีคาบการบันทึกข้อมูลซ้ำรอบหลายครั้งต่อวัน เหมาะสำหรับศึกษาในพื้นที่เขตร้อนที่มีเมฆหมอกปกคลุมเกือบตลอดทั้งปี ชุดข้อมูล AVHRR ที่เครื่องตรวจวัดสามารถบันทึกข้อมูลได้มีอยู่ 6 ช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่นสีแดง (channel 1) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (channel 2) ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (channel 3A, 3B) และช่วงคลื่นความร้อน (channel 4, 5)

NOAA-AVHRR ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1.1 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 2,700 กิโลเมตร ในแนวขวางวงโคจร (cross track) และประมาณ 3,600 กิโลเมตรในแนวนานวงโคจร โดยข้อมูลถูกบันทึกอยู่ใน 2 ระบบ ประกอบด้วย

1) High Resolution Picture Transmission (HRPT) เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่อยู่ที่ 1.1 กิโลเมตร ข้อมูล HRPT สามารถนำไปใช้ได้ทั่วทั้งโลก และเครื่องตรวจวัดสามารถทำการกวาดภาพและส่งสัญญาณแบบ real-time ได้เมื่อดาวเทียมอยู่ในพิสัยการบันทึกของสถานีนั้นๆ

2) Local Area Coverage (LAC) เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1.1 กิโลเมตร ข้อมูล LAC จะบันทึกข้อมูลจากการกวาดภาพลงบนเทปบนตัวยานของดาวเทียม และส่งไปบันทึกที่สถานีเมื่อดาวเทียมอยู่ในพิสัยของสถานี เนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลที่สามารถจัดเก็บได้บนดาวเทียม จึงทำให้ข้อมูล LAC มีอย่างจำกัด

NOAA-AVHRR มีวงโคจรตามแนวขั้วโลกที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun-synchronous polar orbit) มีระดับความสูงในการโคจร 833 กิโลเมตรเหนือผิวโลก โดยระนาบของวงโคจรเอียงทำมุม 98.9 องศาและมีการบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยปกติดาวเทียม NOAA ที่มีเลขคู่จะโคจรข้ามผ่านเส้นศูนย์สูตรในเวลาท้องถิ่นประมาณ 7.30 และ 19.30 นาฬิกาและดาวเทียมที่มีเลขคี่จะโคจรข้ามผ่านเส้นศูนย์สูตร ณ เวลาท้องถิ่นประมาณ 2.30 และ 14.30 นาฬิกา ดังนั้นจึงแบ่งดาวเทียมที่โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ดาวเทียมที่โคจรผ่านในช่วงเช้า (AM Satellite) และดาวเทียมที่โคจรผ่านในช่วงบ่าย (PM Satellite) วิธีการโคจรรอบโลกของดาวเทียมแต่

ละดวง คือ 14.1 รอบต่อวันหรือโคจรครบรอบใช้เวลาประมาณ 102 นาที และได้รับภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นผิวโลกทั้งหมดในทุก 24 ชั่วโมง (Jensen, 2005) คุณลักษณะของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR 16 และ 17 ที่ใช้ในการศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR

Band	Wavelength (μm)	Channel	Spatial resolution	Swath width	IFoV
1	0.58 - 0.68 μm	Red			
2	0.725 - 1.0 μm	Near-Infrared			
3A	1.58 - 1.64 μm	Short wave-Infrared	1.1 km at nadir	2700 km at nadir	~ 1.4 mrad
3B	3.55 - 3.93 μm	Intermediate- Infrared			
4	10.3 - 11.3 μm	Thermal			
5	11.5 - 12.5 μm	Thermal			

จากตารางที่ 2.1 สามารถสรุปคุณลักษณะของข้อมูล NOAA-AVHRR ได้ดังนี้

1) ความละเอียดช่วงคลื่น (spectral resolution) เครื่อง AVHRR สามารถตรวจวัดได้ทั้งหมด 6 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นสีแดงของแสงขาว (visible-red channel), ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared channel), ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง (mid-infrared channel) และช่วงคลื่นความร้อน (thermal channel) ในการประยุกต์ใช้ข้อมูล AVHRR สำหรับการศึกษาด้านที่เกี่ยวข้องกับพื้นผิวโลกจะใช้ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ (channel 1 และ 2) เพราะแสดงถึงความแตกต่างของวัตถุบนพื้นผิวโลกได้ดี โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ทางด้านพืชพรรณ ซึ่งจะมีการสะท้อนต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (การดูดกลืนโดยคลอโรฟิลล์) และค่าการสะท้อนสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (การสะท้อนจากพื้นผิวใบและโครงสร้างภายในใบ) ดังนั้น ทั้งสองช่วงคลื่นจึงมีประโยชน์ในการจำแนกและการติดตามสถานะของพืชพรรณ

2) ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ข้อมูล AVHRR ในระบบ HRPT และ LAC มีความละเอียดอยู่ที่ 1.1 กิโลเมตร ณ นาเดียร์ (nadir) แต่เพราะมีมุมของแนวกวาดภาพ (swath width) ที่กว้างมาก มีแนวที่ห่างจากนาเดียร์และอิทธิพลจากความโค้งของพื้นผิวโลก อาจทำให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ลดลงไปอยู่ที่ประมาณ 2.4 ถึง 6.9 กิโลเมตร ณ มุมการมองเห็นไกลสุดจากนาเดียร์ ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ควรเลือกใช้ข้อมูลที่อยู่ในรัศมีไม่เกิน 25 องศาจากนาเดียร์ ข้อมูล AVHRR ที่ถูกบันทึกจะอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิบ (raw data) จะมีความผิดเพี้ยนในเชิงตำแหน่ง ดังนั้นหากจะใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ต้องทำการปรับแก้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งก่อน

3) ความละเอียดเชิงเวลา (temporal resolution) ดาวเทียม NOAA-AVHRR จะทำงานพร้อมกัน 2 ดวง เพื่อให้ได้ข้อมูลในบริเวณต่างๆ ทุก 6 ชั่วโมง ซึ่งจะบันทึกข้อมูลได้ในช่วงเช้า

ประมาณ 7.30 นาฬิกาและบ่ายประมาณ 14.30 นาฬิกา โดยข้อมูลที่บ้านที่กได้ในช่วงบ่ายเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน เนื่องจากเป็นเวลาของการนำพาความร้อนอย่างรุนแรงและแสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของสิ่งปกคลุมดินได้ดี

ความละเอียดเชิงเวลาของข้อมูลที่มีคาบการบันทึกข้อมูลซ้ำรอบหลายๆ ครั้ง จะมีประโยชน์มากในพื้นที่เขตโซนร้อน ที่มีการปกคลุมของเมฆมีสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้สามารถเลือกใช้ข้อมูลภาพได้ในวันที่ไม่ถูกปกคลุม หรืออาจใช้วิธีการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพผสม (data composite) เพื่อลดผลกระทบจากเมฆได้ (FRA, 2000)

4) ความละเอียดเชิงรังสี (radiometric resolution) ของข้อมูล NOAA-AVHRR ที่เป็นข้อมูลเชิงเลขมีความละเอียดอยู่ที่ 10 บิต (bit) หรือมีค่าการสะท้อนรังสีเชิงตัวเลข (digital reflectance number) 1056 ค่า (0 - 1055) ทั้งข้อมูลในรูปแบบ HRPT และ LAC

2.5 ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI)

ประโยชน์ของการศึกษาการสะท้อนแสงของพืชพรรณ คือ การสร้างดัชนีบ่งชี้ความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (vegetation index) โดยค่าดัชนีนี้จะนิยามจากค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของพื้นที่ศึกษา Rouse et al. (1974, อ้างถึงใน Jensen, 2005, หน้า 311) ได้พัฒนาดัชนีพืชพรรณ ในรูปแบบของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ ซึ่งเป็นดัชนีที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างผลต่างและผลรวมค่าความสว่างของช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ ดังสมการต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2.1)$$

โดยที่ $NDVI$ เป็น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์

NIR เป็น ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Channel 2)

R เป็น ช่วงคลื่นสีแดง (Channel 1)

ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นช่วงคลื่นที่ให้ค่าการสะท้อนสำหรับพืชพรรณที่สมบูรณ์สูง อันเนื่องมาจากการสะท้อนของโครงสร้างของเซลล์ของใบพืช ในขณะที่ช่วงคลื่นสีแดงจะเป็นช่วงคลื่นที่ให้ค่าการสะท้อนแสงของพืชพรรณที่สมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากถูกดูดซับโดยคลอโรฟิลล์ในใบพืช หรืออาจกล่าวได้ว่าช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ จะแสดงถึงจุดขอบของสีแดง (red edge) หรือจุดต่างของพืชที่สมบูรณ์กับไม่สมบูรณ์ของพืชพรรณได้ดี ดังนั้น $NDVI$ จะมีค่าสูงก็ต่อเมื่อมีจำนวนของใบพืชปกคลุมพื้นผิวมากซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดจุดภาพ แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อ

ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ เช่น มวลชีวภาพ ระดับการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ การสะท้อนแบบสองทิศทาง (bi-directional reflectance) และสภาพของดินพื้นหลัง ดัชนีพืชพรรณจะบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณเจริญเติบโตและที่หยุดการเจริญเติบโต โดยเปรียบเทียบจากข้อมูลที่มีอยู่ก่อน

ค่า NDVI จะแปรผันในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงพื้นที่นั้นมีความสมบูรณ์ของพืชพรรณสูงหรือมีพืชพรรณใบเขียวอยู่หนาแน่นมาก ทั้งนี้โดยปกติค่า NDVI จะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.7 ตัวอย่างเช่น ค่าการสะท้อนของ NDVI ในภูมิภาคเขตร้อนชื้นที่มีป่าไม่ผลัดใบหรือป่าฝนเขตร้อนกระจายอยู่ทั่วไป ค่า NDVI ของป่าประเภทนี้จะมีค่าสูงตลอดทั้งปี ส่วนภูมิภาคกึ่งเขตร้อนชื้นที่นอกจากจะมีป่าแบบไม่ผลัดใบแล้ว ยังมีป่าที่เรียกว่า Monsoon/Seasonal Forest ประกอบด้วยป่าผลัดใบผสม ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ซึ่งมีการผลัดใบในฤดูแล้งกระจายอยู่ทั่วไป ค่า NDVI จะลดลงเมื่อหมดฤดูฝน ส่วนที่เป็นป่าเต็งรังจะลดลงมากในช่วงฤดูแล้ง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือมีความแตกต่างของค่า NDVI มากในระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง (JAFTA, 2006)

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ข้อมูล NDVI สำหรับการสร้างแบบจำลองในการประเมินผลผลิตทางการเกษตรอาจเกิดความยุ่งยากได้ เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์และความผันแปรระหว่างปีของ NDVI ดังนั้น การทำดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ให้เป็นมาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประเมินสภาพของพืชพรรณ (Seiler, Kogan, and Guo Wei, 2000)

2.6 การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ในการประเมินพื้นที่ป่าไม้

Gallo (1994) ประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลกับข้อมูล AVHRR เพื่ออธิบาย เกี่ยวกับสิ่งปกคลุมดินโดยประมาณในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากข้อมูล NOAA-AVHRR ความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร แต่ทั้งนี้ต้องมีการพัฒนาข้อมูล AVHRR ให้อยู่ในรูปแบบที่ไม่มีเมฆและมีการปรับแก้ความถูกต้องเชิงพื้นที่ คุณภาพของผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพผสมรายเดือนกับแผนที่พื้นที่ป่าไม้ที่มีอยู่แล้วจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในรูปแบบของ Hot spot ที่ปรากฏในแผนที่ โดยมีข้อเสนอแนะว่า การวิเคราะห์ข้อมูลต้องพิจารณาถึงฤดูกาลของพืชพรรณ (vegetation seasonality) และปฏิทินการเพาะปลูกของพืชพรรณ (crop calendar) ที่มีความหลากหลายในพื้นที่ศึกษา

Lertlum and Murai (1994) สร้างแผนที่ป่าไม้จากข้อมูล NOAA-AVHRR เพื่อการติดตามพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ขนาดใหญ่อย่างภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR แบนด์ 1 2 3 และ 4 โดยผลที่ได้รับจากการจำแนกมีเพียง 2 คลาส คือ พื้นที่ป่าและพื้นที่ไม่ใช่ป่า วิธีการจำแนกจะใช้การกำหนดค่าเริ่มต้น (threshold) ให้กับข้อมูล NDVI คือ ถ้ามีค่ามากกว่า 0.3

จะกำหนดให้เป็นพื้นที่ป่าและพืชพรรณที่มีความหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูล NDVI จะแสดงความสัมพันธ์ที่สูงกับพืชพรรณที่มีองค์ประกอบของชีวมวล (biomass) และพื้นที่ที่มีพืชใบเขียว ทำให้การแยกแยะข้อมูลดังกล่าวออกจากกันโดยใช้ NDVI ทำได้ยากเพราะให้ค่าสะท้อนมาจากคลอโรฟิลล์ที่มีเหมือนกันระหว่างป่ากับพืชพรรณที่หนาแน่น ส่วนผลการตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่พื้นที่ป่าไม้อ้างอิงจากกรมป่าไม้ มาตรการส่วน 1:250,000 มีที่ไม่ตรงกันเพียงร้อยละ 1.17

Suzuki and Shibasaki (1997) ได้พัฒนาวิธีการการจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR, Landsat TM และ DEM โดยมุ่งไปที่การจำแนกข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ (ป่าดิบ ป่าผลัดใบ) นาข้าว พื้นที่เพาะปลูกและทุ่งหญ้า โดยพิจารณาจากค่า NDVI สำหรับจำแนกพื้นที่ป่าดิบจะใช้ข้อมูล NDVI เฉลี่ยรายปี (average NDVI) พื้นที่ป่าผลัดใบใช้ข้อมูล NDVI สูงสุดและต่ำสุด (maximum and minimum of NDVI) ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ จะใช้ข้อมูลรายละเอียดสูงและความลาดชันเข้ามาช่วยในการจำแนก ในการจำแนกข้อมูลป่าดิบทำได้ค่อนข้างง่ายโดยการกำหนดค่าระดับ (level slicing) ให้กับข้อมูล NDVI เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งค่า NDVI ของป่าดิบจะสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ หลังจากนั้น จะจำแนกข้อมูลป่าผลัดใบโดยการกำหนดค่าระดับ NDVI ถัดมาจากป่าดิบ ในส่วนป่าผลัดใบจะมีช่วงความแตกต่างของ NDVI ที่กว้างและมีค่าความชันสูง จากนั้นจึงมาแยกนาข้าวโดยใช้การกำหนดค่าระดับของ NDVI เช่นเดียวกัน แต่จะเป็นพื้นที่ที่มีความชันต่ำ ส่วนพื้นที่การเกษตรอื่นและทุ่งหญ้าจะอาศัยข้อมูลความละเอียดสูงมาหาค่าวัดหลายแล้วจำแนกออกจากกัน ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า การศึกษานี้เหมาะสำหรับใช้จำแนกสิ่งปกคลุมดินในระดับพื้นที่ขนาดใหญ่ (large scale) และมีข้อแนะนำคือ ต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลกับลักษณะการสะท้อนแสงและความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI เฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งกับช่วงความแตกต่างของ NDVI รายปี เพื่อใช้เป็นข้อกำหนดในการจำแนกป่าดิบกับป่าผลัดใบ ส่วนข้อมูลความลาดชันที่ได้มาจาก DEM สามารถใช้ในการจำแนกป่าผลัดใบกับนาข้าวได้

Lertlum, Murai, and Honda (1997) ศึกษาถึงการติดตามพื้นที่ป่าไม้ในระดับภูมิภาค (regional level) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมหลายความถี่ร่วมกับช่วงคลื่นแสงขาวและช่วงคลื่นความร้อน เนื่องจากการที่ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่สูงไม่เหมาะสมสำหรับการศึกษาและการจำแนกข้อมูลป่าไม้ในระดับภูมิภาค จึงได้แก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ ได้แก่ NOAA-AVHRR ในระบบ LAC ความละเอียดเชิงพื้นที่ 1.1 กิโลเมตรมาจำแนกข้อมูล 5 ประเภท คือ ป่าไม้ลำดับที่หนึ่ง (พื้นที่ป่าที่มีความหนาแน่นมากและไม่ถูกรบกวน) ป่าไม้ลำดับที่สอง (พื้นที่ป่าที่ค่อนข้างโปร่ง) พืชพรรณทางการเกษตร พื้นที่ที่ถูกเก็บเกี่ยวและพื้นที่เปิดหน้าดิน อาศัยการตรวจสอบกับข้อมูล Landsat-TM และข้อมูลจากภาคสนาม โดยอาศัยวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้น (threshold) สำหรับผลการศึกษาการจำแนกแต่ละคลาส ได้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.6821 0.5913 0.41 0.29 และ -0.05 ตามลำดับ

Weng and Tateishi (1998) ศึกษาการจำแนกสิ่งปกคลุมดินของภูมิภาคเอเชียโดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ในรูปแบบข้อมูลภาพผสม 10 วัน (NOAA-AVHRR NDVI 10 day-composite) และข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (surface temperature) นอกจากนั้นยังอาศัยข้อมูล DEM ในการจำแนกแผนที่สิ่งปกคลุมดิน พบว่า ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว NDVI และ DEM สามารถจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมดินได้

United Nations Environment Programme [UNEP] (1998) ทำการประเมินและติดตามประเภทของสิ่งปกคลุมดินหลักในระดับภูมิภาค โดยอาศัยข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและมีความละเอียดเชิงเวลาสูง ผลของการประเมินสิ่งปกคลุมดินและการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสามารถระบุตำแหน่งในรูปแบบ hot spot ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลดาวเทียมความละเอียดสูงเข้ามาศึกษาและจัดการต่อได้ เช่น ข้อมูล SPOT Landsat หรือ IRS เป็นต้น ผลการจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมดินของประเทศไทย ได้แก่ ป่าไม้ พื้นที่เพาะปลูก นาข้าว แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ โดยมีข้อสรุปว่า ข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถใช้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินหลักของประเทศไทยได้ หากแต่การจำแนกในระดับสูงกว่านี้อาจเป็นเรื่องยาก เช่น ป่าดิบกับป่าผลัดใบ โดยเฉพาะพื้นที่ทางเหนือของประเทศไทยป่าไม้มีความหลากหลายมาก ส่วนป่าชายเลนที่มีลักษณะเป็นหย่อมๆ ก็จะไม่ปรากฏชัดเจนบนข้อมูล AVHRR แต่ถ้าข้อมูลที่ใช้ไม่มีเมฆอาจจะจำแนกได้ดีขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรูปแบบ hot spot นั้นจะพบมากในการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

FRA (2000) ได้แบ่งกลุ่มวิธีการจำแนกข้อมูลป่าไม้ในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ตามพัฒนาการของเทคโนโลยี จากการรวบรวมงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมา เป็นดังต่อไปนี้

1) แปลตีความข้อมูลภาพเดี่ยวด้วยสายตา (visual interpretation) ผลลัพธ์ที่ได้มาจากข้อมูลภาพผสมที่สามารถมองเห็นได้เท่านั้น ไม่สามารถแบ่งแยกขอบเขตป่าไม้ได้อย่างชัดเจน

2) จำแนกข้อมูลภาพเดี่ยวด้วยการกำหนดขีดแบ่ง (threshold) จากค่าการแผ่รังสีหรือพลังงานความร้อน สามารถแสดงขอบเขตระหว่างข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และไม่ใช่ป่าไม้ได้ดี โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความแตกต่างของข้อมูลทั้งสองอย่างชัดเจน แต่ไม่สามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของข้อมูลป่าและพื้นที่ที่ไม่มีการแบ่งแยกพื้นที่ป่ากับไม่ใช่พื้นที่ป่าที่ชัดเจน

3) จำแนกข้อมูลภาพเดี่ยวด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลและแบบไม่กำกับดูแล (supervised and unsupervised classification) เป็นการพัฒนามากขึ้นในเรื่องปริมาณข้อมูลที่จำแนกได้ ทั้งนี้ผลของการจำแนกทั้งสองวิธีอาจไม่ต่างกันมากนัก เพราะข้อมูล NOAA-AVHRR ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่

4) จำแนกข้อมูลหลายภาพหลายช่วงเวลา (multi temporal data) เหมาะสมในการศึกษาตามช่วงเวลา โดยเฉพาะการจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่ผันแปรไปตามช่วงเวลา แต่มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวน

ประเภทที่สามารถจำแนกไม่สามารถลงในรายละเอียดตามประเภทของการจำแนกสิ่งปกคลุมดินได้ อย่างไรก็ตาม การจำแนกจะดีขึ้นหากใช้ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว (surface temperature) ช่วยในการจำแนก และสามารถจำแนกข้อมูลป่าไม้กับไม่ใช่ป่าไม้ในระดับภูมิภาคได้

5) การวิเคราะห์สมการถดถอยและแบบจำลองส่วนผสม (regression analysis and mixture modeling) ข้อมูลใน 1 จุดภาพของ NOAA-AVHRR อาจประกอบด้วยชั้นข้อมูลอื่นๆ รวมกันอยู่ ทำให้ข้อมูลที่จำแนกได้ไม่ได้เป็นตัวแทนที่แท้จริงของข้อมูลที่ปรากฏบนพื้นผิว การวิเคราะห์ที่จะบ่งบอกว่า เป็นป่าไม้หรือไม่ใช่ป่าไม้ จะอาศัยข้อมูลพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูล Landsat-TM มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์กับข้อมูล NDVI ของ NOAA-AVHRR เพื่อใช้สร้างแบบจำลองในการประเมินพื้นที่ป่าของข้อมูล NOAA-AVHRR ต่อไป จุดเด่นของวิธีนี้คือ สามารถนำเสนอข้อมูลสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียมความละเอียดต่ำได้ใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีอยู่บนพื้นผิวจริง

6) ข้อควรพิจารณาในการวิเคราะห์การติดตามและการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ ถ้าหากการจำแนกข้อมูลมีความถูกต้องที่สามารถเชื่อถือได้ การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินก็สามารถระบุได้จากการจำแนกข้อมูลในอดีตพบว่าการจำแนกข้อมูลป่าไม้โดยอาศัยข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถทำได้จริง แต่ผลงานวิจัยมีอยู่น้อยทำให้ขาดผลงานวิจัยในการทบทวน ส่งผลให้การกำหนดขอบเขตของป่าไม้ รวมถึงการติดตามและการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูล NOAA-AVHRR ยังเป็นเรื่องยาก อย่างไรก็ตาม สามารถเห็นข้อมูลได้ชัดเจนในพื้นที่ที่มีขนาดมากกว่า 1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งง่ายในการระบุประเภทสิ่งปกคลุมดิน ส่วนพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ละน้อย (การเสื่อมหรือฟื้นฟูใหม่ของป่า) ยังจำแนกได้ยาก นอกจากต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา (multi temporal) ร่วมกับข้อมูลความละเอียดสูงและข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเข้ามาช่วยในการจำแนก

FRA (2000) ยังได้กล่าวถึงข้อควรพิจารณาในการสร้างแผนที่จากข้อมูลดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำ เช่น NOAA-AVHRR ว่า ปัญหาที่มักเกิดขึ้นคือ ข้อมูลที่ได้จากการจำแนกจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดที่ได้จากการสังเกตและข้อมูลทางกายภาพที่วัดได้ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งบ่อยครั้งที่จุดแบ่งเขตจะรวมอยู่ในจุดภาพ (pixel) เดียวกัน อีกทั้งเทคนิคการจำแนกที่ไม่ดีพออาจประเมินพื้นที่ป่าไม้ที่มีความต่อเนื่องได้ยาก ดังนั้น ความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูล (accuracy) จะขึ้นอยู่กับขนาดของจุดภาพด้วย ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องอาจอยู่ในรูปแบบตารางเมตริกซ์ในรูปแบบของความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก (producer's accuracy) หรือ ความผิดพลาดของส่วนที่ขาดหายไป (error of omission) ความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (user's accuracy) หรือ ความผิดพลาดของส่วนที่เกินเข้ามา (error of commission) หรือค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) โดยจะเป็นการตรวจสอบแบบคลาสต่อคลาสเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนาม จากข้อมูลที่มีอยู่แล้วหรือจากข้อมูลภาพดาวเทียมความละเอียดสูง ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าข้อมูลที่จำแนกจากดาวเทียมความ

ละเอียดสูงมีความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่มีขนาดจุดภาพ 1 ตารางกิโลเมตร เป็นที่ยอมรับว่าจะนำเสนอเป็นแผนที่ได้ดีในมาตราส่วน 1 ต่อ 1,000,000

Nagatani, Saito, Toritani, and Sawada (2002) สร้างแผนที่พื้นที่เกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน โดยใช้ข้อมูล AVHRR NDVI ในรูปข้อมูลภาพผสม 10 วัน (NOAA-AVHRR NDVI 10-days composite data) และอาศัยวิธีการ LMF (Local Maximum Fitting) เพื่อสร้างข้อมูลสำหรับจำแนกพืชพรรณ ซึ่งผลการศึกษสามารถรับรองได้ว่าวิธีการ LMF มีประสิทธิภาพสูงสำหรับจำแนกพืชพรรณที่มีระบบการเพาะปลูกแบบ 1 ครั้งและ 2 ครั้งต่อปี (single or double cropping field)

Roy et al. (2002) ทำการศึกษาในโครงการ Tropical Ecosystem Environment Observation by Satellite (TREES) โดยในโครงการที่ 2 ประเมินถึงพื้นที่ป่าเขตร้อนในอินเดียและพม่าตอนเหนือ โดยมีการกำหนดถึงอัตราการปกคลุมของป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่ที่เป็น 4 หน่วย แสดงดังภาพที่ 2.1 และมีการแบ่งคลาสของการจำแนกป่าไม้ ดังตารางที่ 2.2



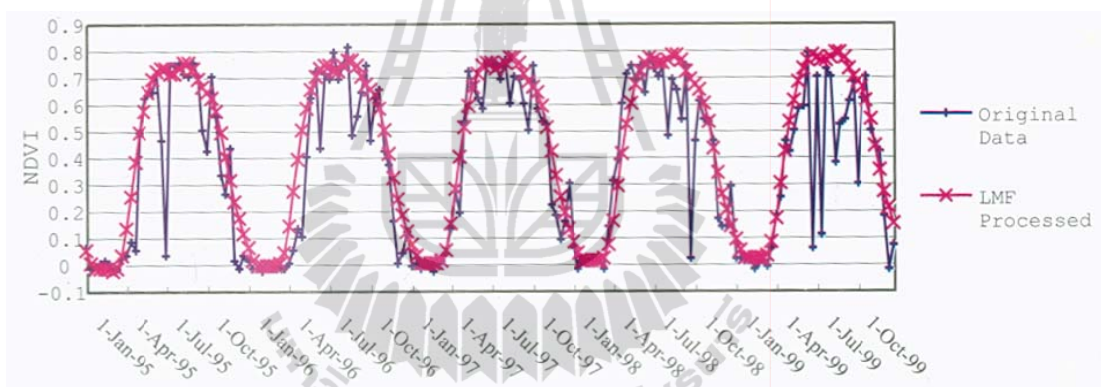
โดยที่ a เป็น การปกคลุมของป่าไม้ มากกว่าร้อยละ 90 - 70 มีลักษณะป่าที่มีความต่อเนื่อง
b เป็น การปกคลุมของป่าไม้ ประมาณร้อยละ 60 มีลักษณะป่าที่มีการแยกเป็นส่วนๆ
c เป็น การปกคลุมของป่าไม้ ร้อยละ 40 - 30 มีลักษณะป่าที่อยู่ในรูปแบบโมเสก
d เป็น การปกคลุมของป่าไม้ ประมาณร้อยละ 10 มีลักษณะที่ไม่ใช่ป่า

ภาพที่ 2.1 อัตราการปกคลุมของป่าไม้

ตารางที่ 2.2 การแบ่งคลาสของการจำแนกป่าไม้

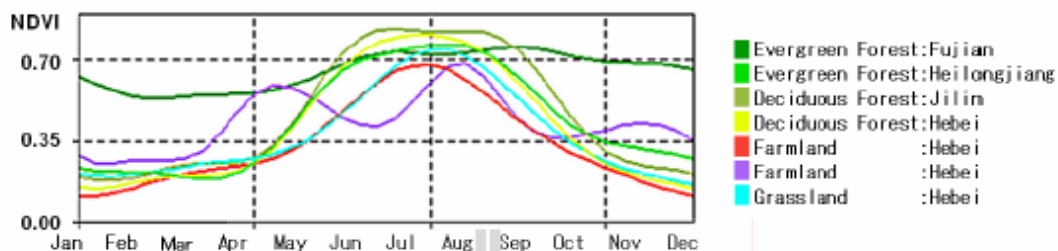
Forest Cover Class	Forest Cover Percentage within Polygon	Estimated crown cover density of forested area
Continuous, closed, dense	>70%	>70%
Continuous, closed, medium density	>70%	70% \geq cc>40
Continuous forest cover, open	>70%	40% \geq cc>10
Fragmented forest cover	>40 and \leq 70%	>10
Mosaics	>10 and \leq 40%	>10
Non-forest	\leq 10%	\leq 10%

Sawada, Sawada, Nagatani, and Anazawa (2002) วิเคราะห์ชีพลักษ์ณ์ในเชิงการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณโดยใช้การรับรู้จากระยะไกล โดยนำเสนอเทคนิคใหม่สำหรับการศึกษาชีพลักษ์ณ์ของพื้นที่ที่มีพืชพรรณ คือ การประยุกต์ใช้เทคนิค Local Maximum Fitting (LMF) ซึ่งเป็นการฟิตเส้นโค้งของค่าการสะท้อนของข้อมูลในอนุกรมเวลา วิธีการนี้สร้างพารามิเตอร์ที่แสดงถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลดาวเทียม (เช่น NOAA-AVHRR SPOT-Vegetation TERRA-MODIS) ตามฤดูกาล เพื่อเป็นการลดอิทธิพลของเมฆ หมอกควันและจุดภาพที่มีสัญญาณรบกวน โดยเทคนิคนี้อาศัยข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วันที่ผ่านการปรับแก้ความถูกต้องแล้วและผลที่ได้รับสามารถอธิบายข้อมูลความสมบูรณ์ของพืชพรรณได้ชัดเจนและเข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างเทคนิค LMF แสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ข้อมูล NDVI ที่ผ่านเทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)

JAFTA (2006) ศึกษาถึงการประเมินพื้นที่ป่าไม้โดยใช้ข้อมูล SPOT Vegetation ได้ระบุความสัมพันธ์ระหว่างป่าไม้กับ NDVI ว่า NDVI ถือเป็นดัชนีหลักที่จะแสดงการปรากฏของระดับและความเคลื่อนไหวของพืชพรรณที่คำนวณได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล โดยมีความสัมพันธ์คือ ป่าไม้ผลัดใบในเขตร้อนชื้นและกึ่งเขตร้อนชื้นจะแสดงความสม่ำเสมอของช่วง NDVI ระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง ป่าผลัดใบจะมีความกว้างของค่า NDVI ค่าสูงและค่าต่ำแตกต่างกันมาก โดยจะมีค่าต่ำในช่วงของการผลัดใบ ส่วนพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยทุ่งหญ้าจะแสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของ NDVI ที่คล้ายกับป่า เพียงแต่มีค่าที่ต่ำกว่าและจะปรากฏช่วงที่มีค่าสูงในระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม พื้นที่เพาะปลูกในบางครั้งจะมีค่า NDVI ที่สูงเหมือนกับป่า จึงทำให้ยากต่อการจำแนกพื้นที่ป่ากับพืชพรรณ โดยการเปรียบเทียบจากค่า NDVI ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ดังภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับพืชพรรณต่างๆ ที่มีความเคลื่อนไหวตามฤดูกาลในรอบปี



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับพืชพรรณที่มีความเคลื่อนไหวตามฤดูกาลในรอบปี

หรรษา วัฒนานุกิจ (2541) ศึกษาประสิทธิภาพในอนาคตของการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมความถี่ข้อมูลสูง NOAA กับกลุ่มน้ำในประเทศไทย (เจ้าพระยาตอนล่าง) ผลการศึกษาสามารถค้นพบประสิทธิภาพของดาวเทียม NOAA-AVHRR ความละเอียดของจุดภาพ 1 กิโลเมตร เพื่อการใช้งานในบริเวณกว้างด้วยคุณภาพที่ดีมาก โดยภาพข้อมูลรายวันในส่วนกลางวันที่ปรับแก้ความผิดพลาดเฉพาะพื้นที่แล้ว สามารถแสดงรายละเอียดพื้นผิวที่ปลอดภัยจากกลุ่มเมฆหมอกและควันด้วยเทคนิคการศึกษา n-day digital mosaic ในพื้นที่ที่กำหนด ดังนั้นการพยากรณ์ด้วยข้อมูลดาวเทียมในอนาคต สามารถเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม NOAA-AVHRR ใน 3 ลักษณะ คือ

- 1) ข้อมูลรายวัน ให้ข้อมูลรวมเมฆหมอกและควัน (real time) แสดงทิศทางและความเข้มของความชื้นในอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อผิวพื้นโลก
- 2) ข้อมูลราย 3 วัน ให้ข้อมูลดี ไม่มีเมฆหมอก (cloud free mosaic) แสดงรายละเอียดความเปลี่ยนแปลงความชื้นผิวดิน หรือพื้นที่โอกาสเกิดน้ำท่วมตามเส้นชั้นความสูงเฉพาะพื้นที่
- 3) ข้อมูลราย 10 วัน ให้ข้อมูลดีที่สุด ไม่มีเมฆหมอก แสดงรายละเอียดความเปลี่ยนแปลงความชื้นผิวดินหรือพื้นที่โอกาสเกิดน้ำท่วมตามเส้นชั้นความสูงในทุกพื้นที่

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์

ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR มีข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1.1 ข้อมูล NOAA-AVHRR จากเว็บไซต์ของ NOAA (www.nsof.class.noaa.gov) ที่มีระบบการให้บริการข้อมูลระบบ HRPT และ LAC ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1.1 กิโลเมตร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ (ตารางที่ 3.1) สำหรับช่วงคลื่นที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ช่วงคลื่นสีแดง (channel 1) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (channel 2)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ใช้ในการศึกษา

ปี พ.ศ.	ช่วงที่บันทึกข้อมูล	หมายเหตุ
2546	เดือนธันวาคม	ใช้ประกอบในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2547
2547	ตลอดทั้งปี	ใช้ในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2547
2548	เดือนมกราคม	ใช้ประกอบในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2547
2550	เดือนธันวาคม	ใช้ประกอบในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2551
2551	ตลอดทั้งปี	ใช้ในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2551
2552	เดือนมกราคม	ใช้ประกอบในประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2551

3.1.2 ข้อมูลแผนที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้ ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM มาตราส่วน 1:50,000 สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณหาอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่และใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547

3.1.3 ข้อมูลแผนที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551 ของกรมป่าไม้ ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM โดยอาศัยการปรับปรุงจากฐานข้อมูลแผนที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 สำหรับใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551

3.1.4 ข้อมูลขอบเขตการปกครอง จากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ชุด L7018
มาตราส่วน 1:50,000

3.1.5 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 ของกรมพัฒนาที่ดิน สำหรับใช้
ตรวจสอบข้อมูลพืชพรรณของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547

3.1.6 ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน สำหรับใช้
ตรวจสอบข้อมูลพืชพรรณของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551

3.1.7 ข้อมูลระดับความสูง ได้จากข้อมูล DEM ของ The NASA Shuttle Radar
Topographic Mission (SRTM) ความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร

3.1.8 โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ได้แก่ ERDAS IMAGINE และ
RSI ENVI

3.1.9 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ESRI ArcGIS

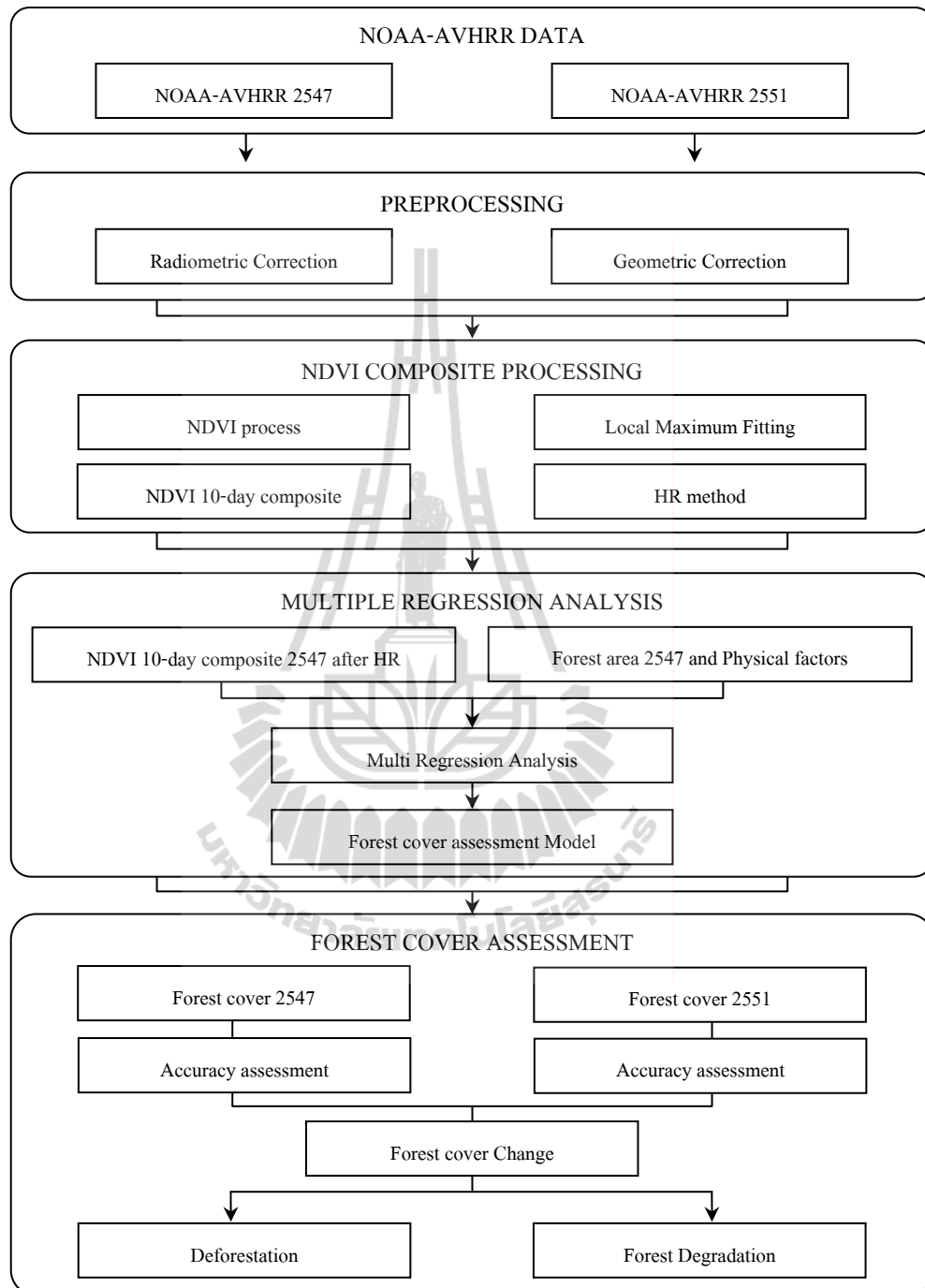
3.1.10 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และคอมพิวเตอร์แบบพกพา

3.2 วิธีการศึกษา

3.2.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย พร้อมทั้งการเปรียบเทียบการปกคลุม
ของพื้นที่ป่าไม้ เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูล NOAA-AVHRR ของปีที่ใช้ในการศึกษา คือ
พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่ต้องทำการปรับค่าข้อมูลให้เข้าสู่มาตรฐาน (calibration) และปรับแก้ความ
คลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเชิงตำแหน่งของข้อมูล (radiometric and geometric correction) จากนั้นจะ
ทำการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณในรูปแบบ NDVI และข้อมูล NDVI ภาพผสม เพื่อลดผลกระทบ
จากอิทธิพลของเมฆ และเพื่อให้ข้อมูลภาพผสมปรากฏค่าข้อมูลตามสภาพอากาศที่ผันแปรในแต่ละ
ปีได้อย่างชัดเจนต้องจัดการข้อมูลโดยเทคนิค LMF และเพื่อให้ข้อมูลแสดงพืชพรรณมีความ
ต่อเนื่องของ NDVI ในรอบอนุกรมเวลาต้องทำการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (harmonic analysis) สุดท้าย
จะได้ข้อมูล NDVI ของแต่ละปีที่พร้อมสำหรับนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างสมการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ โดยการวิเคราะห์การ
ถดถอยพหุคูณ โดยอาศัยข้อมูลของ พ.ศ. 2547 กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องเป็นปีต้นแบบ หลังจากนั้นใช้
สมการประเมินอัตราการปกคลุมของป่าไม้ทั้ง 2 ปี และอาศัยเงื่อนไขในการกำหนดพื้นที่ป่าไม้
สำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลอัตราการปก
คลุมของป่าไม้ทั้ง 2 ปี เพื่อหาพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (deforestation) และพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมลง
(forest degradation) โดยกรอบแนวคิดในการศึกษา แสดงไว้ในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

3.2.2 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)

ในการประมวลผลเบื้องต้น เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตให้กับข้อมูล เนื่องจากระบบรับสัญญาณของดาวเทียม NOAA-AVHRR ไม่มีระบบปรับแก้ข้อมูลให้เป็นมาตรฐานแบบออนบอร์ด (onboard calibration) มีวิธีการ โดยสรุปดังนี้

3.2.2.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric correction)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีเป็นการปรับแก้ค่าสัญญาณดาวเทียมที่เครื่อง AVHRR บันทึกได้ให้เข้าสู่ค่ามาตรฐาน (calibration) เนื่องจากดาวเทียมมีการโคจรเลือนจากแนวโคจรเดิมหรือมีการเสื่อมลงของเครื่องตรวจวัดตามเวลา โดยเฉพาะข้อมูลจากดาวเทียมที่ให้บริการมากกว่า 3 ปี รวมถึงในกรณีศึกษาที่ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม NOAA ที่ต่างดวงกัน โดยเฉพาะการใช้ข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่ต่อเนื่องกัน จำเป็นต้องทำการปรับแก้ข้อมูลตามช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาให้เป็นมาตรฐาน (Doelling, Garber, Avey, Nguyen, and Minnis, 2007) วิธีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของดาวเทียม NOAA-16 และ NOAA-17 จากเว็บไซต์ของ NOAA ได้แก่ <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/calibration.html> จากนั้น อาศัยสมการสำหรับใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี ปรับค่าข้อมูลในช่วงคลื่นสีแดง (channel 1) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (channel 2) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในรูปแบบของการถดถอยเชิงเส้น (linear regression relationship) ระหว่างข้อมูล AVHRR ในหน่วย 10 บิท และค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อน (albedo) ตามสมการต่อไปนี้ (National Climatic Data Center, 2009)

$$A = S \times C_{10} + I \quad (3.1)$$

โดยที่	A	เป็น ค่าอัตราส่วนรังสีสะท้อน (albedo)
	S	เป็น ค่าความชัน (Slope) (percent albedo/count)
	C_{10}	เป็น ข้อมูล AVHRR (ค่าในหน่วย 10 บิท)
	I	เป็น ค่าตัดแกน (Intercept) (percent albedo)

3.2.2.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตเป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในเชิงตำแหน่งของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในตำแหน่งและระบบอ้างอิงเดียวกัน วิธีการปรับแก้เริ่มจากการใช้ค่าเชิงตำแหน่งจากเฮดเดอร์ไฟล์หรือข้อมูลสารสนเทศของรายละเอียดข้อมูล (header file) เพื่อหาตำแหน่งโดยประมาณของข้อมูล ซึ่งค่าจากเฮดเดอร์ไฟล์นี้จะปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความโค้งของโลกไปด้วย จากนั้นทำการปรับความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแบบละเอียดด้วยวิธีการอ้างอิงค่าพิกัดที่ถูกต้องจากภาพที่ต้องการปรับแก้ไปหาภาพที่มีระบบพิกัดอ้างอิงแบบภาพสู่ภาพ (image to image) โดยอาศัยสมการสำหรับใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Second Order Polynomials และกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square error) มีขนาดไม่เกิน 1 จุดภาพ หรือไม่เกิน 1.1 กิโลเมตร และเลือกวิธีการแปลงค่า

ระดับสีเทาใหม่ (resampling) แบบ Nearest Neighbor สำหรับข้อมูลที่ได้หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งจะอยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geographic coordinate system) บนพื้นหลักฐานอ้างอิง (datum) แบบ WGS1984 ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.2.3 การประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ (NDVI composite processing)

การประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณเป็นการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ปราศจากอิทธิพลของเมฆ หมอกและสิ่งรบกวนต่างๆ รวมทั้งเป็นการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่มีความต่อเนื่องสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ของพืชพรรณในช่วงอนุกรมเวลา มีวิธีการดังนี้

3.2.3.1 การสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI)

ในการประยุกต์ใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR เพื่อศึกษาเกี่ยวกับพืชพรรณนิยมใช้ข้อมูลค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง (channel 1) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (channel 2) เพราะเป็นช่วงคลื่นที่แสดงความแตกต่างของวัตถุบนพื้นผิวโลกได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชพรรณเนื่องจากในช่วงคลื่นสีแดงพืชพรรณที่สมบูรณ์จะมีค่าการสะท้อนต่ำเพราะถูกดูดกลืนโดยรงควัตถุในใบ คือ คลอโรฟิลล์ ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะมีค่าการสะท้อนสูงเพราะมีการกระจายได้ดีบนพื้นผิวใบและโครงสร้างภายในใบ โดยคุณลักษณะนี้นิยมประยุกต์ใช้ในรูปแบบดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalize Difference Vegetation Index: NDVI) (Kogan, 1995)

ข้อมูล NDVI แสดงความแตกต่างของการสะท้อนแสงระหว่างช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ สำหรับค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสมบูรณ์ของพืชพรรณสูงในจุดภาพ ดังสมการต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{CH2 - CH1}{CH2 + CH1} \quad (3.2)$$

โดยที่ $NDVI$ เป็น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์

$CH1$ เป็น ค่าสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง (AVHRR channel 1)

$CH2$ เป็น ค่าสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (AVHRR channel 2)

3.2.3.2 การสร้างข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ (NDVI data composite)

ข้อมูล NDVI ที่ได้จากสมการที่ 3.2 เป็นข้อมูลของดัชนีพืชพรรณในแต่ละวัน (daily NDVI) ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของเมฆ หมอกหรือมุมมองของเครื่องตรวจวัดกับดวงอาทิตย์ที่ไม่ดี งานวิจัยส่วนใหญ่จึงต้องทำการลดอิทธิพลดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุด โดยใช้วิธีการสร้างข้อมูลภาพผสมของดัชนีพืชพรรณ (NDVI data composite: $NDVI_C$) ในการศึกษาจะสร้าง

ข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วัน (NDVI 10-day data composite) โดยอาศัยการคัดเลือกใช้ค่า NDVI ที่มีค่ามากที่สุดของข้อมูลในรอบ 10 วัน เนื่องจากพื้นที่ที่มีเมฆหมอกปกคลุมจะมีค่า NDVI ต่ำกว่าข้อมูลบนพื้นผิวโลก เราเรียกวิธีการนี้ว่า Maximum Value Composite หรือ Maximum NDVI Value (MaN) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำข้อมูล NDVI ไปใช้งานในการศึกษาทางด้านพืชพรรณของภูมิภาคเอเชีย และเป็นวิธีการที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย (Lei and Yokoyama, 2001) ดังสมการต่อไปนี้

$$NDVI_c = \text{Maximum}[NDVI_i] \quad (3.3)$$

โดยที่ $NDVI_c$ เป็น ข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วัน

$NDVI_i$ เป็น ค่า NDVI ของแต่ละข้อมูลภาพผสม

ข้อมูล $NDVI_c$ อาจยังมีจุดภาพที่ได้รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดขึ้นจากข้อจำกัดทางการรับรู้จากระยะไกลและจากภูมิอากาศ เช่น การปกคลุมของเมฆที่ทำให้ค่าของบางจุดภาพต่ำกว่าที่เป็นจริง การขจัดค่าข้อมูลที่ผิดปกติดังกล่าวจะอาศัยเทคนิค Smoothly Algorithm ในการลบสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐาน (median) จากจุดภาพข้างเคียงมาทดแทนจุดภาพที่มีความผิดปกติ (Kogan, 1995) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวกรองเชิงพื้นที่หรือเคอร์เนล (kernel) ขนาด 3 x 3 จุดภาพ สำหรับผลลัพธ์ที่ได้ คือ ข้อมูลภาพผสมของ NDVI สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล พ.ศ. 2547 จำนวน 42 ข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลก่อนปีที่ศึกษา (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2546) 3 ข้อมูล ข้อมูลปีที่ศึกษา (พ.ศ. 2547) 36 ข้อมูล และข้อมูลถัดจากปีที่ศึกษา (เดือนมกราคม พ.ศ. 2548) 3 ข้อมูล และข้อมูลภาพผสมของ NDVI สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล พ.ศ. 2551 จำนวน 42 ข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลก่อนปีที่ศึกษา (เดือนธันวาคม พ.ศ. 2550) 3 ข้อมูล ข้อมูลปีที่ศึกษา (พ.ศ. 2551) 36 ข้อมูล และข้อมูลถัดจากปีที่ศึกษา (เดือนมกราคม พ.ศ. 2552) 3 ข้อมูล

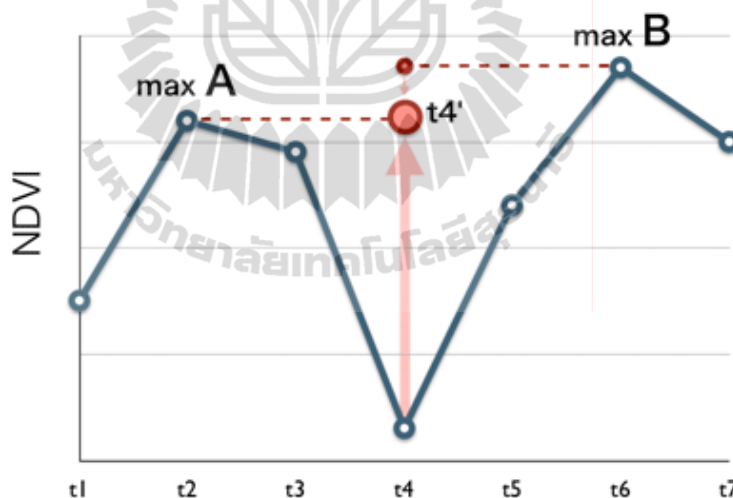
3.2.3.3 การสร้างข้อมูลโดยเทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)

Wada and Ohira (2004) นำเทคนิค LMF มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพผสมของ NDVI จำนวน 42 ข้อมูลต่อการวิเคราะห์ในรอบปี เพื่อให้ค่าข้อมูล $NDVI_c$ ปรากฏความแตกต่างตามสภาพอากาศที่ผันแปรในระหว่างปีได้อย่างชัดเจน วิธีการนี้เกิดจากการประมาณค่าทางสถิติของพลวัตพืชพรรณในแต่ละช่วงเวลาในรอบปี โดยใช้ค่าสูงสุดของจุดภาพใน 4 ช่วงเวลาก่อนหน้าที่ยึดเนื่องกัน (Max A) และค่าสูงสุดของจุดภาพใน 4 ช่วงเวลาถัดไปที่ยึดเนื่องกัน (Max B)

จากนั้น เลือกใช้ค่าต่ำสุดระหว่างข้อมูลช่วงเวลาก่อนหน้าและถัดไป ดังสมการที่ 3.4 และภาพที่ 3.2 ข้อกำหนดของเทคนิคนี้คือ ข้อมูลนำเข้าต้องมีขนาดและจำนวนจุดภาพเท่ากันและมีตำแหน่งตรงกัน และต้องมีข้อมูลนำเข้าในสมการ คือ ช่วงเวลาก่อนหน้า 3 ข้อมูล และช่วงเวลาที่ถัดไป 3 ข้อมูล โดยเลือกใช้ข้อมูลจากเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ในการวิเคราะห์ LMF พ.ศ. 2547 และใช้ข้อมูลเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ในการวิเคราะห์ LMF พ.ศ. 2551 เป็นช่วงเวลาก่อนหน้าและช่วงเวลาที่ถัดไป ตามลำดับ

$$\begin{aligned} \text{Maximum A} &= \text{MAX}[t1, t2, t3, t4] \\ \text{Maximum B} &= \text{MAX}[t4, t5, t6, t7] \\ t4' &= \text{MIN}[\text{Maximum A}, \text{Maximum B}] \end{aligned} \quad (3.4)$$

โดยที่ $t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7$ เป็น ค่า NDVI ของแต่ละจุดภาพตามเวลา
 $t4'$ เป็น ค่า NDVI ของจุดภาพ $t4$ หลังจากการฟิตติ้ง



ภาพที่ 3.2 เทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)

3.2.3.4 การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (Harmonic analysis)

การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกของข้อมูลในอนุกรมเวลา (harmonic analysis of time series) สามารถนำไปปรับใช้ได้กับข้อมูลดาวเทียมประเภทความถี่สูงและครอบคลุมพื้นที่กว้าง (high frequency/extensive coverage) โดยวิธีการนี้จะรวมเอาตัวกรองเชิงเวลาเข้ากับฟังก์ชันการปรับค่าให้เหมาะสม (fitting function) ซึ่งสามารถประเมินค่าจุดภาพเดิมก่อนที่จะได้รับผลกระทบจากเมฆ

หมอกต่างๆ ของข้อมูลได้ เพื่อสร้างข้อมูลที่มีความถูกต้อง และบ่งชี้ถึงพืชพรรณต่างๆ ในช่วงเวลานั้นได้

การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกเริ่มจากการปรับแก้ค่าสูงสุดเฉพาะที่ (local maximum correction) ซึ่งเป็นการประมวลผลหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในอนุกรมเวลา จากนั้นจะทำการปรับค่าให้เหมาะสมโดยใช้ฟังก์ชันเป็นคาบ (periodic function) ที่เป็นกระบวนการหาความแปรผันของข้อมูลในอนุกรมเวลาโดยใช้ฟังก์ชันจาก 6 ช่วงเวลา (1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 6 เดือน และ 1 ปี) ผลที่ได้รับจากการใช้ฟังก์ชันนี้ คือ ค่าข้อมูล NDVI_C ณ เวลาต่างๆ จะถูกคำนวณใหม่ โดยพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูล NDVI_C ใหม่กับค่าข้อมูล NDVI_C ต้นฉบับ หากระดับของค่าที่ได้รับมากกว่าระดับของค่าเริ่มต้น ค่าข้อมูล NDVI_C ต้นฉบับจะถูกตัดทิ้งไป ในการปรับค่าความเหมาะสมในขั้นสุดท้ายจะทำการวิเคราะห์การปรับแก้ค่าสูงสุดเฉพาะที่ร่วมกับการใช้ฟังก์ชันเป็นคาบ (periodic function) (JAFTA, 2006)

การสร้างข้อมูลใหม่จากวิธีการฮาร์มอนิก (harmonic reconstruction) จะได้ข้อมูลที่แสดงพืชพรรณที่มีถูกต้องและมีความต่อเนื่องของค่า NDVI_C การสร้างข้อมูลใหม่ต้องสร้างข้อมูลภาพตัวแปรเสริม (parameter images) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ แอดดิทิฟ (additive) แมกนิจูด (magnitude) และเฟส (phase) เพื่อเป็นตัวแทนของ 6 ช่วงเวลา (ตารางที่ 3.2) (Wada and Ohira, 2004)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลภาพตัวแปรเสริม (parameter images)

Period	Amplitude	Phase	Direct current
			Additive
1-year period term	Magnitude-1	Phase-1	
6-month period term	Magnitude-2	Phase-2	
4-month period term	Magnitude-3	Phase-3	
3-month period term	Magnitude-4	Phase-4	
2-month period term	Magnitude-5	Phase-5	
1-month period term	Magnitude-6	Phase-6	

จากนั้นทำการสร้างข้อมูลใหม่ โดยใช้ข้อมูลภาพตัวแปรเสริมและข้อมูลที่ได้จากเทคนิค Local Maximum Fitting (สมการที่ 3.4) สำหรับผลที่ได้รับจะเป็นข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ จำนวน 36 ชุดข้อมูลต่อปี ที่มีความต่อเนื่องของค่าข้อมูลสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ของพืชพรรณในช่วงอนุกรมเวลา โดยการสร้างข้อมูลใหม่อาศัยสมการที่ 3.5

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{L} - \phi_n\right) \quad (3.5)$$

โดยที่ C_0	เป็น แอดดิทีฟ (additive)
C_n	เป็น 2 คูณด้วย แมกนิจูด (magnitude) ที่ช่วงเวลาที่ n
ϕ_n	เป็น เฟส (phase) ที่ช่วงเวลาที่ n
n	เป็น เวลาของฮาร์โมนิก (times of harmonic)
L	เป็น จำนวนของอนุกรมเวลา (number of timeseries)
t	เป็น เวลา (1 ถึง L)

3.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

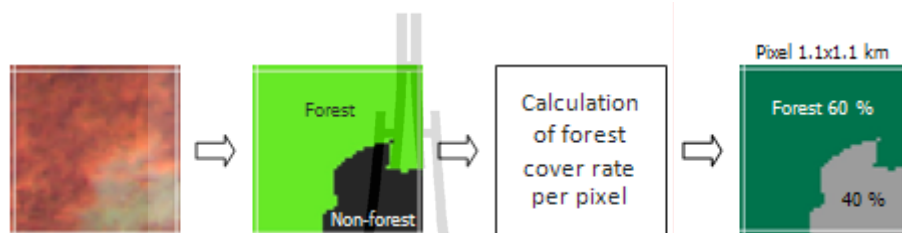
การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ใช้ข้อมูล พ.ศ. 2547 ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ข้อมูลตัวแปรต้น ได้แก่ ข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่ ส่วนข้อมูลตัวแปรตาม ได้แก่ ข้อมูลรายปีของ NDVI ภาพผสม (annual NDVI) ที่ผ่านกระบวนการสร้างข้อมูลใหม่ จากวิธีการฮาร์โมนิก รวมทั้งข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณ ประกอบด้วย ข้อมูลรายปีของแอมพลิจูด NDVI (annual NDVI amplitude) ข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า (length of vitality period) ข้อมูลระดับความสูง (altitude) และข้อมูลละติจูด (latitude) โดยมีรูปแบบของสมการสำหรับใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + eX_5 + f \quad (3.6)$$

โดยที่ Y	เป็น อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้
X_1	เป็น ค่าข้อมูลรายปีของ NDVI แบบภาพผสม 10 วัน
X_2	เป็น ค่าข้อมูลแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณในรอบปี
X_3	เป็น คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า
X_4	เป็น ข้อมูลระดับความสูง
X_5	เป็น ข้อมูลละติจูด
a, b, c, d, e	เป็น ค่าสัมประสิทธิ์แต่ละปัจจัย
f	เป็น ค่าคงที่

3.2.4.1 อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (Forest cover rate)

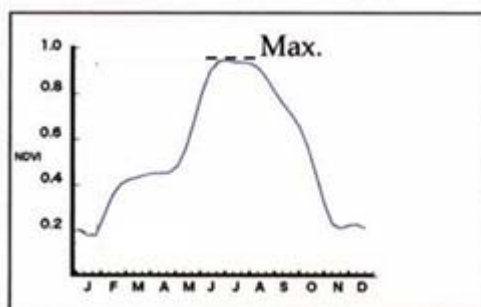
อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ หมายถึง ข้อมูลการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่ คำนวณจากข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ พ.ศ. 2547 ต่อหน่วยพื้นที่ 1.21 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 3.3)



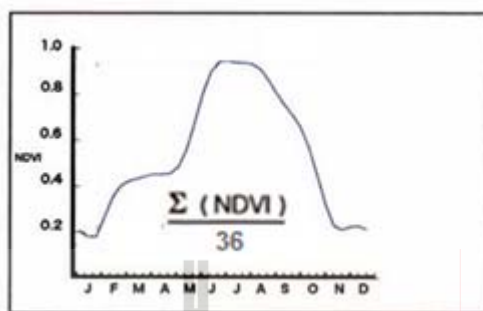
ภาพที่ 3.3 วิธีการคำนวณอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ต่อหน่วยพื้นที่

3.2.4.2 ดัชนีพืชพรรณรายปีของข้อมูลภาพผสม 10 วัน (Annual NDVI 10-day data composite)

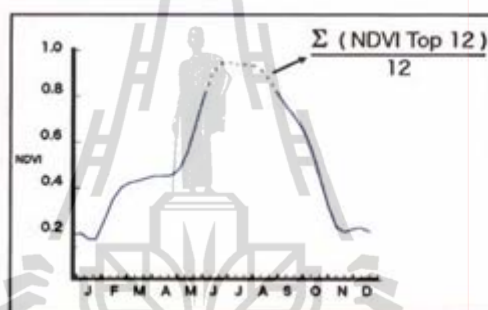
ข้อมูลดัชนีพืชพรรณรายปีของข้อมูลภาพผสม 10 วัน (annual NDVI 10-day data composite) ที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณรายปี ประกอบด้วย (1) ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (annual Maximum NDVI) (2) ดัชนีพืชพรรณเฉลี่ยรายปี (annual Mean NDVI) (3) ค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณสูงสุด 12 อันดับ (NDVI mean value of top 12 time point) (JAFTA, 2006) หลักการคำนวณข้อมูลทั้ง 3 แสดงดังภาพที่ 3.4 ภาพที่ 3.5 และภาพที่ 3.6 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีในการวิเคราะห์ ซึ่งทาง JAFTA (2006) ระบุว่า มีความเหมาะสมสำหรับใช้กับพื้นที่ป่าไม้ที่มีเรือนยอดแบบปิด (closed forest) และค่าข้อมูลที่จัดขึ้นเป็นตัวแทนสูงสุดในช่วงเวลา 1 ปี สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ ที่ได้จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 3.4 หลักการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (annual maximum NDVI)



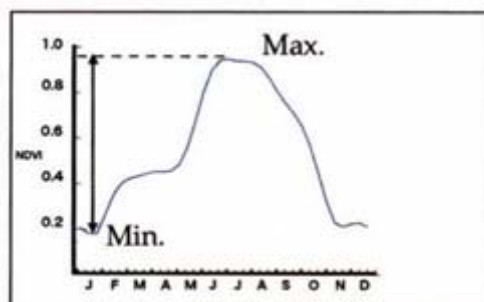
ภาพที่ 3.5 หลักการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณเฉลี่ยรายปี (annual mean NDVI)



ภาพที่ 3.6 หลักการคำนวณค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณสูงสุด 12 อันดับ (NDVI mean value of top 12 time point)

3.2.4.3 ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณในรอบปี (Annual NDVI amplitude)

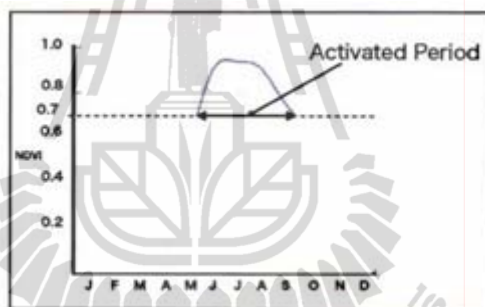
ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณในรอบปี เป็นข้อมูลที่แสดงถึงช่วงที่มีความเคลื่อนไหวของพืชพรรณของแต่ละจุดภาพ จำนวนได้จากผลต่างข้อมูลรายปีของ NDVI สูงสุด (annual maximum NDVI) กับข้อมูลรายปีของ NDVI ต่ำสุด (annual minimum NDVI) หลักการคำนวณดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 หลักการคำนวณค่าพิสัยของดัชนีพืชพรรณในรอบปี (annual NDVI amplitude)

3.2.4.4 คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า (Length of vitality period)

คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า ประเมินจากค่าความต่อเนื่องของดัชนีพืชพรรณที่สัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ป่าไม้ โดยวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้น (threshold) ซึ่งค่าเริ่มต้นกำหนดขึ้นมาจากการระบุค่าเริ่มต้นให้กับข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ใช้เป็นตัวแทนรายปี ของ พ.ศ. 2547 แล้ว จำแนกเป็นข้อมูลพื้นที่ที่พืชพรรณ จากนั้นนำมาประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้ หากพื้นที่ที่พืชพรรณที่ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นไหน ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดจะกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการประเมินหาคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าต่อไป ผลลัพธ์ของคาบเวลาจะเป็นจำนวนของการคงสภาพของแต่ละจุดภาพในรอบปี คือ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 36 หลักการคำนวณดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 หลักการคำนวณคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า (length of vitality period)

3.2.4.5 ข้อมูลระดับความสูง (Altitude)

ข้อมูลระดับความสูง เป็นระดับความสูงในหน่วยเมตร ที่ได้จากข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศ (DEM) ของ The NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 กิโลเมตร ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการปรับความละเอียดเชิงพื้นที่เป็น 1.1 กิโลเมตร

3.2.4.6 ข้อมูลละติจูด (Latitude)

ข้อมูลละติจูด เป็นข้อมูลแสดงถึงทำเลที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาตามตำแหน่งละติจูดในหน่วยองศา ซึ่งทำเลที่ตั้งที่มีละติจูดต่างกัน แสดงถึงการได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในรอบปี ซึ่งส่งผลให้พืชพรรณมีความแตกต่างกันทั้งชนิดพันธุ์และความหนาแน่น ในการศึกษานี้ จะใช้ค่าละติจูดในรูปแบบของโคไซน์ (Cosine)

3.2.5 การประเมินการปกคลุมของป่าไม้ (Forest cover assessment)

ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ อาศัยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการประเมินหาการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 และการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ที่เกิดขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551

3.2.5.1 การปกคลุมของป่าไม้ (Forest cover)

จากข้อมูลอัตราการปกคลุมของป่าไม้ จะนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการกำหนดอัตราการปกคลุมเพื่อประเมินหาพื้นที่ป่าไม้ โดยกำหนดค่าให้จุดภาพที่มีค่าอัตราการปกคลุมของป่าไม้ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการตามเงื่อนไข ดังนี้

$$\text{Forest area} = Y \geq 60\% \quad (3.7)$$

โดยที่ Y เป็น อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ)

อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่ได้จากการประเมิน จะนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ของกรมป่าไม้ รวมทั้งพิจารณาร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน

โดยการตรวจสอบความถูกต้องจะแสดงในรูปของตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) เพื่อประเมินหาค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) คือ การประเมินค่าความถูกต้องที่พิจารณาจากการนำค่าผลรวมของพื้นที่เป็นป่าไม้และไม่ใช่ป่าไม้ตรงกันทั้งหมดหารด้วยพื้นที่ทั้งหมด และการประเมินความถูกต้องอีกวิธีหนึ่ง จะประเมินหาค่าความถูกต้องโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (κ coefficient) เป็นวิธีการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างข้อมูลป่าไม้ที่ได้จากการประเมินกับพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ ในการพิจารณาจะนำเอาค่าของจุดที่ถูกต้องในแนวเฉียงของตารางความคลาดเคลื่อน มาใช้คำนวณรวมกับผลรวมทั้งในแนวสควมภ์และแถวตามตารางที่ 3.3 และสมการที่ 3.8

ตารางที่ 3.3 ตารางความคลาดเคลื่อนสำหรับการประเมินความถูกต้อง (Jensen, 2005)

		Ground reference Test Information				
Remote Sensing Classification	Class	1	2	3	k	Row total
		1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,k}$
	2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,k}$	X_{2+}
	3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,k}$	X_{3+}
	k	$X_{k,1}$	$X_{k,2}$	$X_{k,3}$	$X_{k,k}$	X_{k+}
	Column total	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+k}	N

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^k X_{ii} - \sum_{i=1}^k (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (X_{i+} \times X_{+i})} \quad (3.8)$$

โดยที่	k	เป็น จำนวนจุดในแถวหรือประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
	X_{ii}	เป็น จำนวนจุดในแนวเฉียงของแถว i และ คอลัมน์ i
	X_{i+}	เป็น จำนวนจุดรวมในแถว i
	X_{+i}	เป็น จำนวนจุดรวมในคอลัมน์ i
	N	เป็น จำนวนจุดรวมทั้งหมด

ผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา สามารถแบ่งระดับความถูกต้องของการตรวจสอบระหว่างข้อมูลที่ได้จากการประเมินและข้อมูลอ้างอิงได้ดังนี้

- 1) ค่ามากกว่า 0.80 แสดงว่ามีความถูกต้องสูง
- 2) ค่าระหว่าง 0.40 ถึง 0.80 แสดงว่ามีความถูกต้องปานกลาง
- 3) ค่าน้อยกว่า 0.40 แสดงว่ามีความถูกต้องต่ำ

3.2.5.2 การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ (Forest cover change)

การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ อาศัยอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่ได้จากการประเมินมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ ในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (deforestation) และ พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (forest degradation) ตามลำดับ โดยมีข้อกำหนดสำหรับระบุถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี ดังต่อไปนี้

- 1) พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (deforestation) มีเงื่อนไขดังนี้

$$Deforestation = Forest\ cover\ 2547 \geq 60\%$$

$$AND\ Forest\ cover\ 2547 - Forest\ cover\ 2551 \geq 10\% \quad (3.9)$$

$$AND\ Forest\ cover\ 2551 < 50$$

จากเงื่อนไขที่ระบุข้างต้น พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 คือ อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 และผลต่างของอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 และอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551 ต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย

2) พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (forest degradation) มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

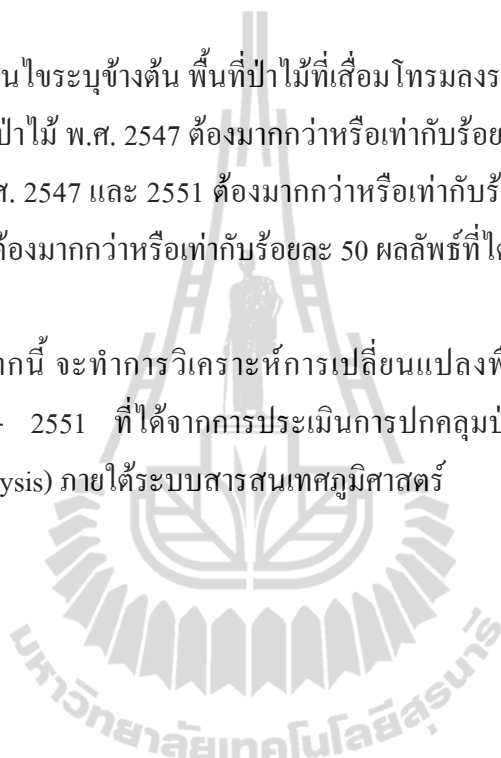
Forest degradation = Forest cover 2547 \geq 60%

AND Forest cover 2547 – Forest cover 2551 \geq 10% (3.10)

AND Forest cover 2551 \geq 50%

จากเงื่อนไขระบุข้างต้น พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมลงระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 คือ อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 และผลต่างของอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 และอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551 ต้องมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพื้นที่ป่าที่เสื่อมโทรมลง

นอกจากนี้ จะทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่มิใช่ป่าไม้ ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ที่ได้จากการประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยอาศัยการวิเคราะห์การซ้อนทับ (overlay analysis) ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR แสดงผลตามกรอบแนวคิดในการศึกษา ประกอบด้วย (1) การจัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR พร้อมการประมวลผลเบื้องต้น (2) การประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ (3) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และ (4) การประเมินการปกคลุมของป่าไม้

4.1 ผลการจัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR และการประมวลผลเบื้องต้น (Data preparation and preprocessing)

4.1.1 ผลการจัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR (Data preparation)

ในการศึกษาได้จัดเตรียมข้อมูล NOAA-AVHRR จากเว็บไซต์ของ NOAA ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและอยู่ในปีที่ทำการศึกษาทั้งหมด ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ใช้ในการศึกษา

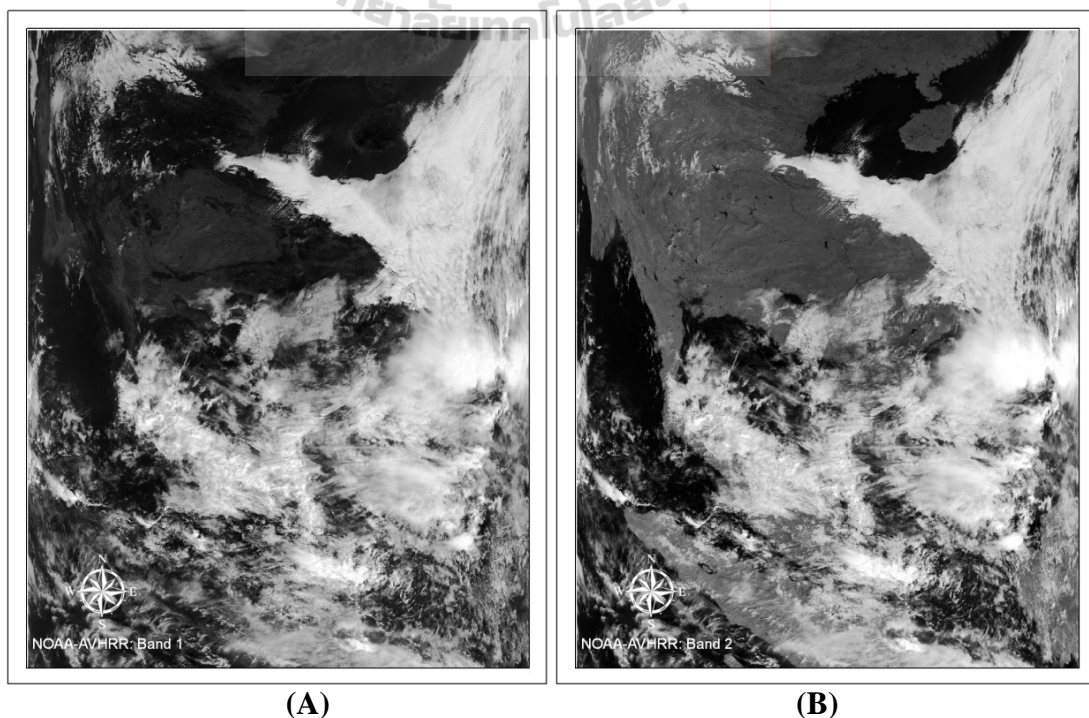
ปี พ.ศ.	ช่วงที่บันทึกข้อมูล	จำนวนข้อมูล	ข้อมูล NOAA-N
2546	เดือนธันวาคม	28	NOAA-16, NOAA-17
2547	ตลอดทั้งปี	331	NOAA-16, NOAA-17
2548	เดือนมกราคม	29	NOAA-16, NOAA-17
2550	เดือนธันวาคม	23	NOAA-16, NOAA-17
2551	ตลอดทั้งปี	282	NOAA-16, NOAA-17
2552	เดือนมกราคม	19	NOAA-16, NOAA-17

4.1.2 ผลการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Data preprocessing)

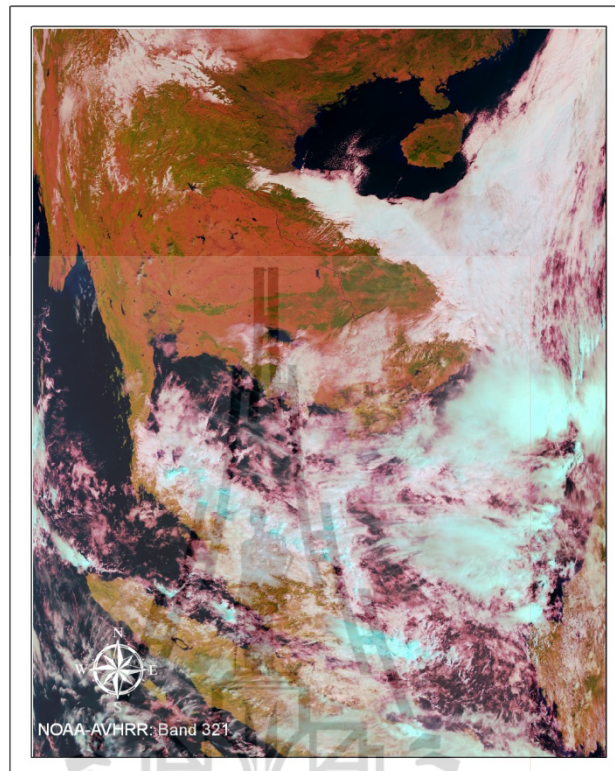
ผลการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเชิงเรขาคณิตให้กับข้อมูล NOAA-AVHRR ทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา

4.1.2.1 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric correction)

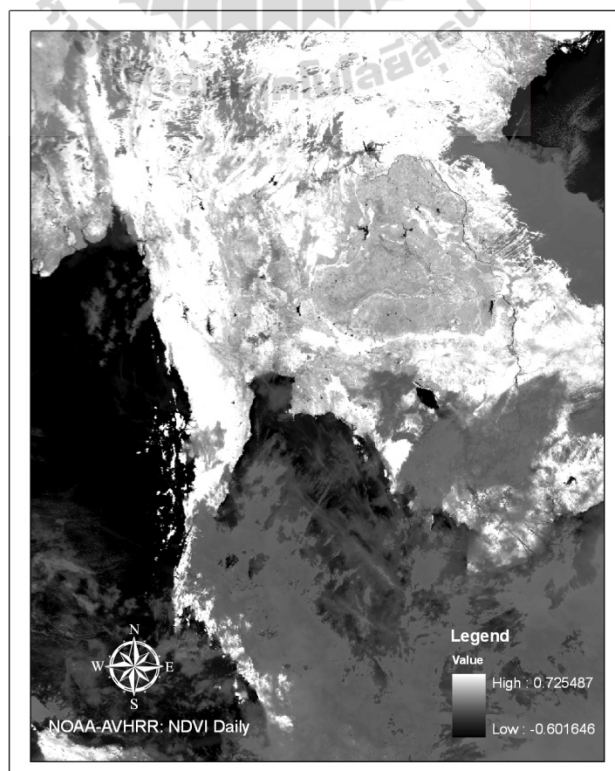
ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีเป็นการปรับแก้ค่าสัญญาณดาวเทียมที่เครื่อง AVHRR บันทึกได้ให้เข้าสู่ค่ามาตรฐาน โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของดาวเทียม NOAA-16 และ NOAA-17 และใช้สมการ 3.1 ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี เพื่อปรับค่าข้อมูลในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ให้มีค่าการสะท้อนของสัญญาณดาวเทียมอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ตัวอย่างข้อมูลหลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีของเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 (ภาพที่ 4.1) พบว่า ในช่วงคลื่นสีแดงจะแสดงข้อมูลระหว่างพื้นผิวและเมฆได้ดี ส่วนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงรอยต่อระหว่างพื้นดินกับน้ำได้ชัดเจน ส่วนในภาพที่ 4.2 เป็นข้อมูลภาพสีผสมในแบนด์ 321 ที่แสดงข้อมูลพื้นผิว เมฆและน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง พร้อมกันนี้ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้จะได้ข้อมูล NDVI ของแต่ละวันที่ถูกสร้างโดยอาศัยสมการ 3.2 ผลลัพธ์ของข้อมูล NDVI แสดงในภาพที่ 4.3 โดยเป็นตัวอย่างของข้อมูล NDVI ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ซึ่งข้อมูลที่ได้หลังการปรับแก้มีจำนวนทั้งหมด 712 ข้อมูล ในการศึกษาคั้งนี้กระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีประมวลผลภายใต้โมดูล Spatial Modeler ของโปรแกรม ERDAS Imagine โดยเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล NOAA-AVHRR จากนั้นแยกปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีสำหรับช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้และนำข้อมูลที่ผ่านการปรับแก้สร้างเป็นข้อมูล NDVI ดังแสดงในภาพที่ 4.4



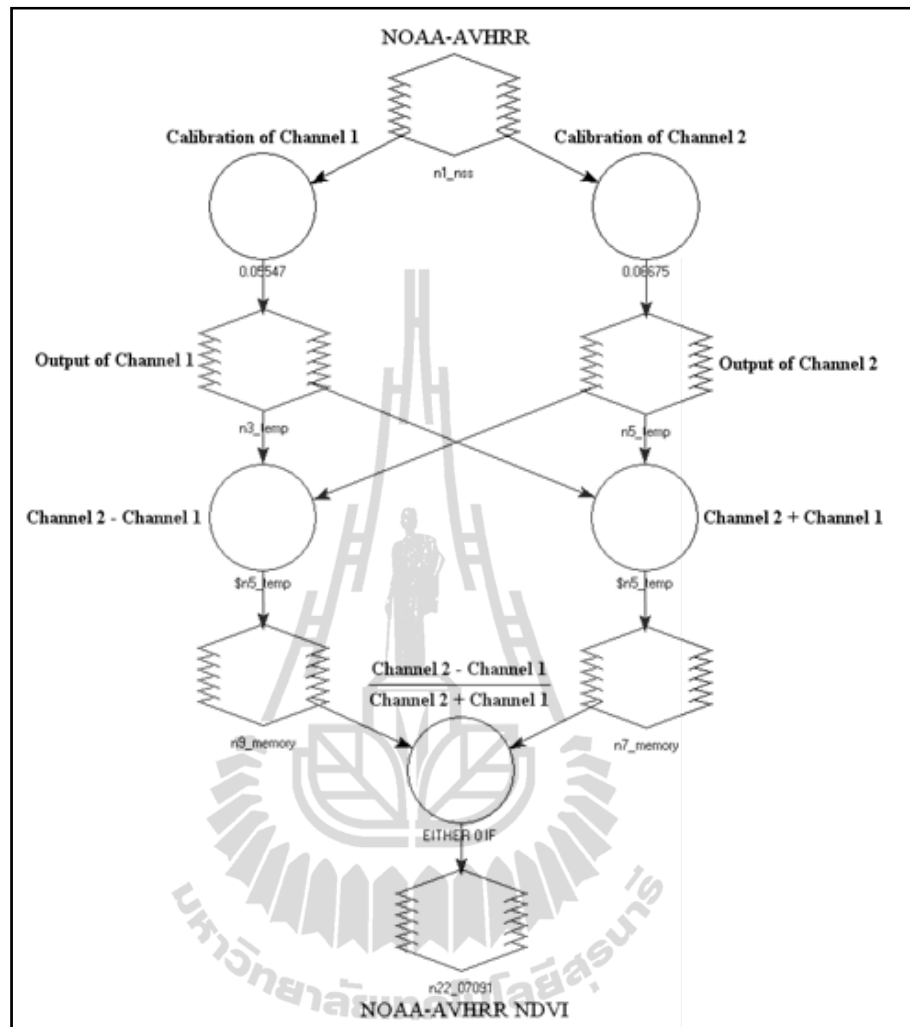
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลในช่วงคลื่นสีแดง (A) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B)



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูล NOAA-AVHRR ภาพสีผสมในแบนด์ 321



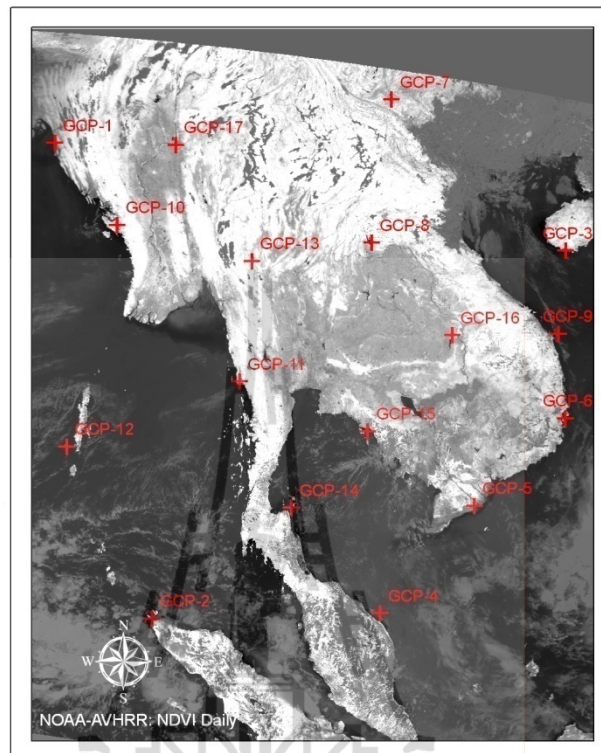
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูล NDVI รายวัน



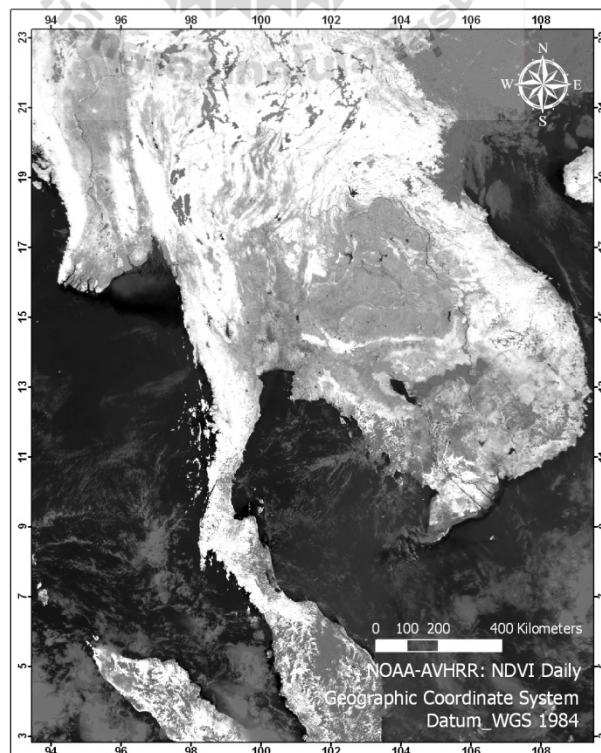
ภาพที่ 4.4 กระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและสร้างข้อมูล NDVI

4.1.2.2 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตเป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนในเชิงตำแหน่งให้กับข้อมูล NDVI ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีแล้ว โดยใช้ค่าเชิงตำแหน่งจากข้อมูลสารสนเทศของรายละเอียดข้อมูล (header file) จากนั้นปรับความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแบบละเอียดด้วยวิธีการอ้างอิงค่าพิกัดที่ถูกต้องจากภาพที่ต้องการปรับแก้ไปหาภาพที่มีระบบพิกัดอ้างอิงแบบภาพสู่ภาพ (image to image) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูล NDVI รายวัน ที่อยู่ในตำแหน่งและระบบอ้างอิงเดียวกัน ได้แก่ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geographic coordinate system) บนพื้นหลักฐานอ้างอิง (datum) แบบ WGS1984 ตัวอย่างการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแสดงดังภาพที่ 4.5 เป็นตำแหน่งจุดอ้างอิงที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง และภาพที่ 4.6 ข้อมูลหลังการปรับแก้จะอยู่ในตำแหน่งและระบบอ้างอิงที่ถูกต้อง



ภาพที่ 4.5 จุดตำแหน่งอ้างอิงในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตให้กับข้อมูล NDVI



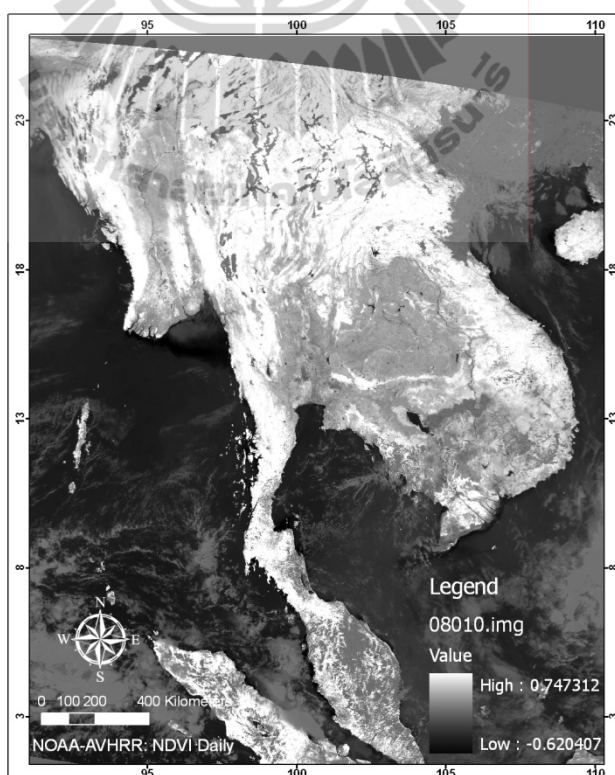
ภาพที่ 4.6 ข้อมูล NDVI หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

4.2 ผลการประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ (NDVI composite processing)

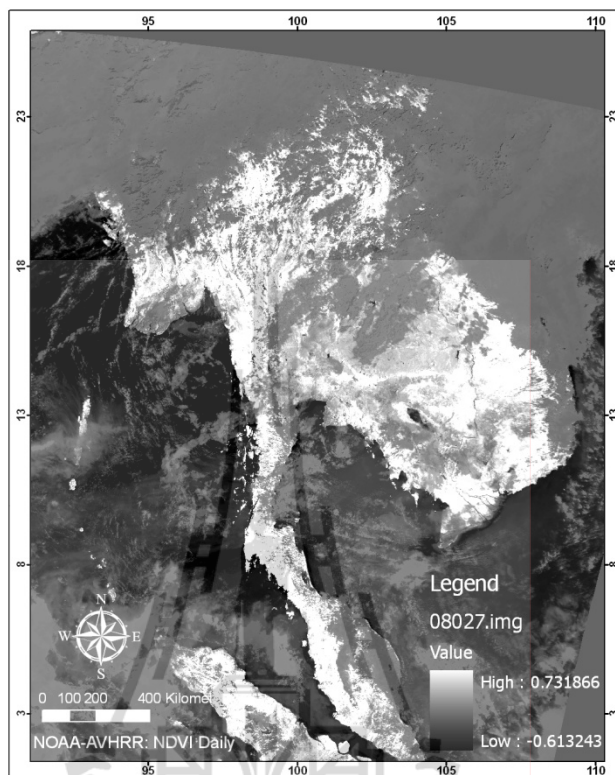
ในการประมวลผลข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ ผลลัพธ์จะเป็นข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ปราศจากอิทธิพลของเมฆหมอก รวมทั้งอยู่ในรูปแบบข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่มีความต่อเนื่องสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ของพืชพรรณในช่วงอนุกรมเวลา ผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนการประมวลผลมีดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอมอลไลซ์ (NDVI)

ข้อมูล NDVI ที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น เป็นข้อมูล NDVI รายวัน ที่แสดงค่าดัชนีพืชพรรณอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสมบูรณ์ของพืชพรรณสูง ในการศึกษาครั้งนี้ข้อมูล NDVI รายวัน มีจำนวนทั้งหมด 712 ข้อมูล โดยเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ พ.ศ. 2547 จำนวน 388 ข้อมูลและ พ.ศ. 2551 จำนวน 324 ข้อมูล ตัวอย่างข้อมูล NDVI รายวันในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม พ.ศ. 2551) และฤดูฝน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2551) แสดงในภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า ข้อมูล NDVI รายวันได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของเมฆหมอกสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างข้อมูล NDVI ในช่วงฤดูแล้ง



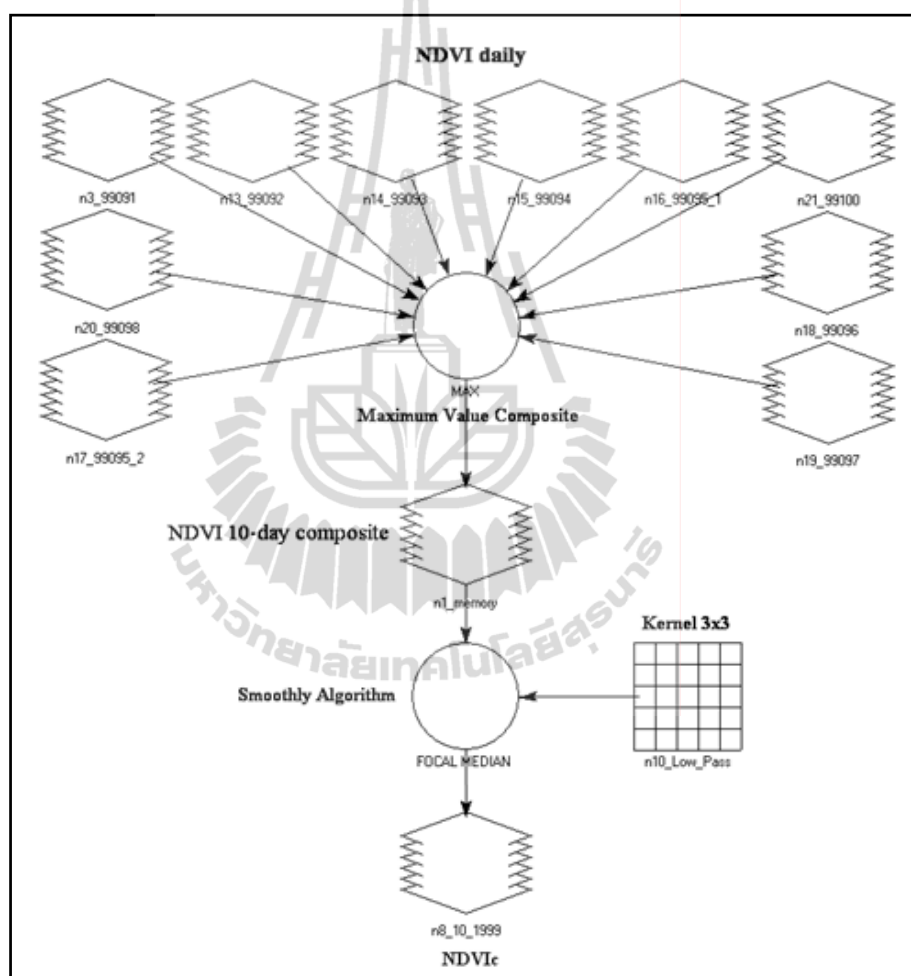
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูล NDVI ในช่วงฤดูฝน

4.2.2 ผลการสร้างข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณ (NDVI data composite)

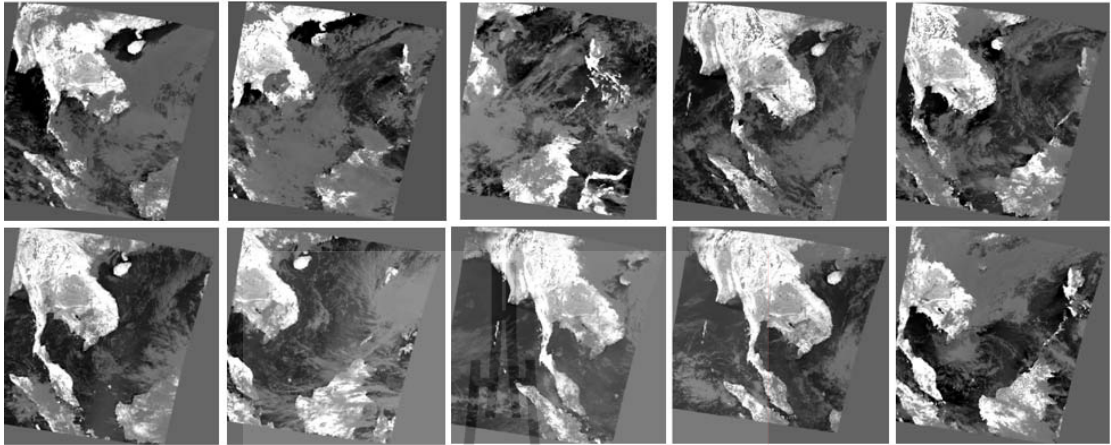
ข้อมูล NDVI ของแต่ละวันอาจได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของเมฆสูง จึงต้องทำการลดอิทธิพลดังกล่าวให้เหลือน้อยที่สุดโดยวิธีการสร้างข้อมูลภาพผสมของดัชนีพืชพรรณในการศึกษานี้เลือกใช้การสร้างข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วัน (NDVI 10-day data composite: NDVI_c) โดยอาศัยการคัดเลือกใช้ค่า NDVI ที่มีค่ามากที่สุดของข้อมูลในรอบ 10 วัน โดยใช้สมการที่ 3.3 จากนั้นจะเป็นการกรองภาพเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค Smoothly Algorithm เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ค่ามัธยฐานจากจุดภาพข้างเคียงมาทดแทนจุดภาพที่ได้รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวนภายในตัวกรองเชิงพื้นที่ (kernel) ขนาด 3 x 3 จุดภาพ โดยการสร้างข้อมูลภาพผสมดัชนีพืชพรรณนี้อาศัยการประมวลผลภายใต้โมดูล Spatial Modeler ของโปรแกรม ERDAS Imagine ดังแสดงในภาพที่ 4.9 สำหรับในภาพที่ 4.10 แสดงถึงข้อมูล NDVI รายวัน ในระยะเวลา 10 วัน ต่อเนื่องกันที่ใช้สำหรับการสร้างข้อมูล NDVI_c

ผลลัพธ์ที่ได้รับประกอบด้วยข้อมูล NDVI ภาพผสม 10 วัน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล พ.ศ. 2547 จำนวน 42 ข้อมูล และสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล พ.ศ. 2551 จำนวน 42 ข้อมูล ตัวอย่างข้อมูล NDVI_c แสดงดังภาพที่ 4.11 และภาพที่ 4.12 ที่เป็นตัวอย่างข้อมูล NDVI_c ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) และช่วงฤดูฝน (เดือนกันยายน) ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ข้อมูล NDVI_c ได้ถูกปรับ

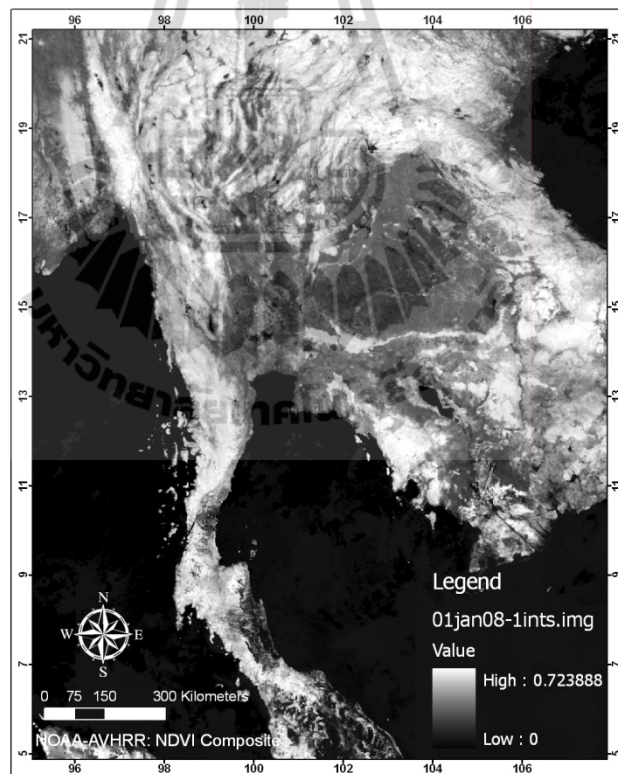
ลคอิทธิพลของเมฆหมอกไปบางส่วน แต่ในฤดูฝนที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่ค่อนข้างสูงนั้น ความแตกต่างของค่าข้อมูล NDVI_C ตามสภาพอากาศที่ผันแปรในระหว่างปียังไม่ปรากฏชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูล NDVI_C โดยอาศัยเทคนิค LMF และการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (harmonic analysis) เพื่อให้ข้อมูล NDVI_C แสดงความเป็นพืชพรรณที่ถูกต้องและมีความต่อเนื่องของค่า NDVI_C ที่บ่งชี้ถึงพืชพรรณในช่วงเวลานั้นๆ ได้



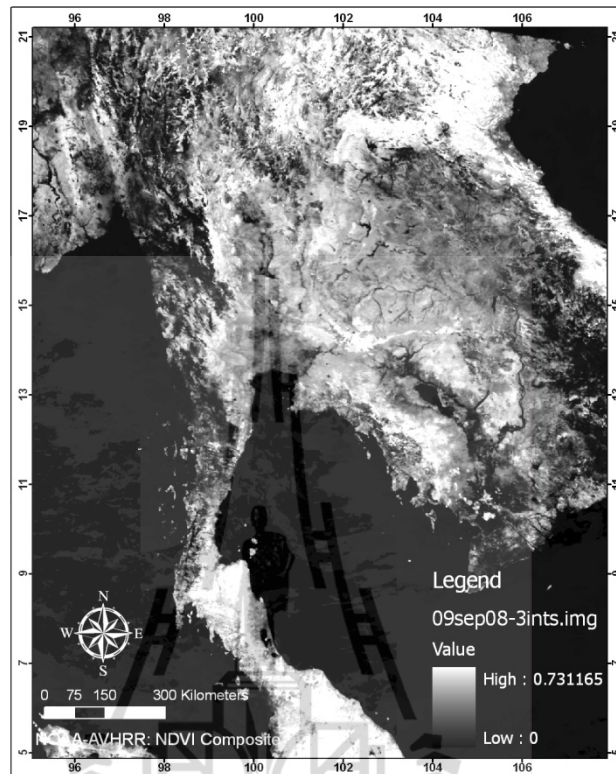
ภาพที่ 4.9 กระบวนการสร้างข้อมูล NDVI_C



ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างข้อมูล NDVI รอบ 10 วัน สำหรับสร้างข้อมูล NDVI_C



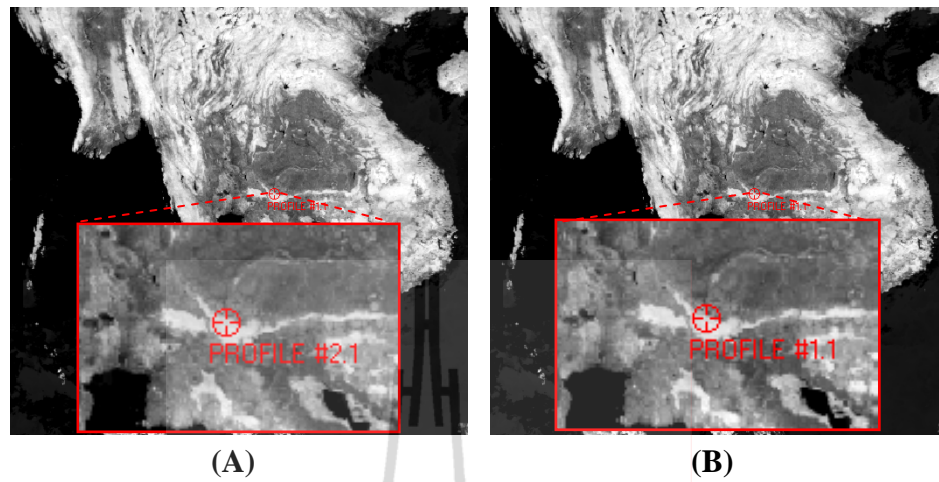
ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูล NDVI_C ในช่วงฤดูแล้ง



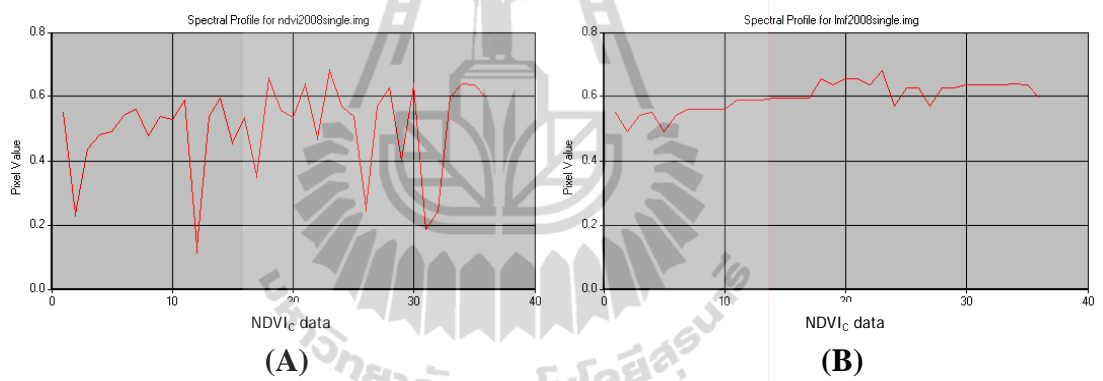
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างข้อมูล NDVI_C ในช่วงฤดูฝน

4.2.3 ผลการสร้างข้อมูลโดยเทคนิค Local Maximum Fitting (LMF)

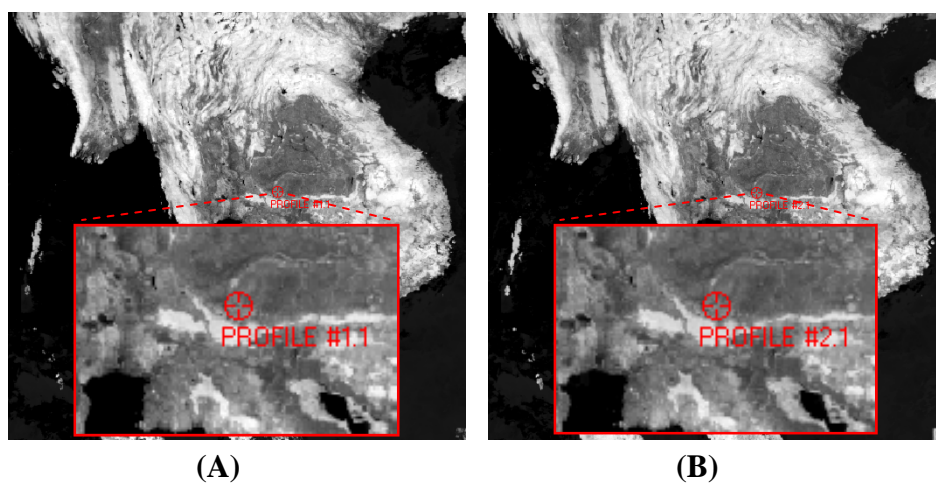
ผลลัพธ์ของการสร้างข้อมูลโดยเทคนิค LMF จะได้ข้อมูล NDVI_C ที่ปรากฏความแตกต่างของค่าข้อมูลตามสภาพอากาศที่ผันแปรในระหว่างปีได้อย่างชัดเจน เทคนิคนี้จะมีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ข้อมูล NDVI_C สำหรับ พ.ศ. 2547 และ 2551 จำนวนปีละ 42 ข้อมูล (ข้อมูลในรอบปี 36 ข้อมูล ข้อมูลช่วงเวลาก่อนหน้า 3 ข้อมูลและช่วงเวลาที่ถัดไป 3 ข้อมูล) ที่มีขนาดจุดภาพ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร มีจำนวนจุดภาพ 1845 x 1714 จุดภาพและมีตำแหน่งตรงกันทุกข้อมูล โดยอาศัยสมการ 3.4 ในการประมวลผล ตัวอย่างข้อมูล NDVI_C และ โพรไฟล์ในรอบปีของพื้นที่ป่าไม้ก่อนและหลังกระบวนการ LMF แสดงดังภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.14 ตามลำดับ ซึ่งเป็นป่าไม้ไม่ผลัดใบมีค่า NDVI_C ก่อนข้างสม่ำเสมอ และตัวอย่างข้อมูล NDVI_C และ โพรไฟล์ในรอบปีของพื้นที่เกษตรกรรมก่อนและหลังกระบวนการ LMF แสดงในภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16 ตามลำดับ ซึ่งมีการเพาะปลูกตามฤดูกาลเพาะปลูกและมีช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวที่มีค่า NDVI_C ลดต่ำลง



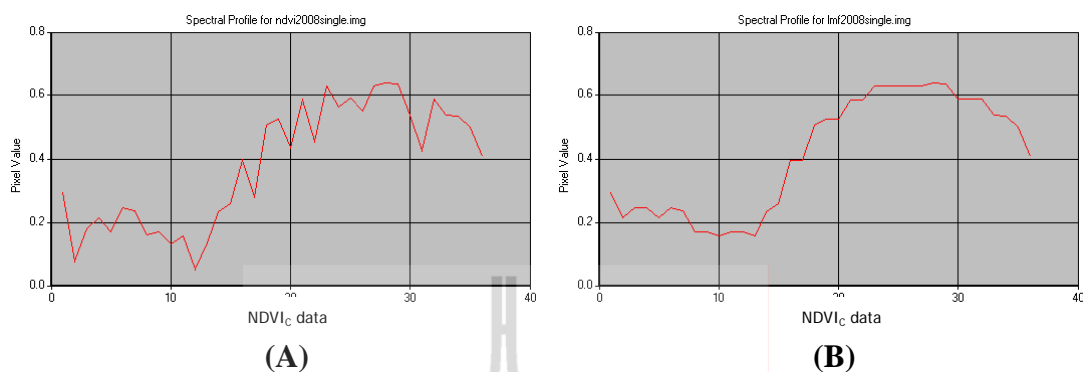
ภาพที่ 4.13 ข้อมูล NDVI_c ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่ป่าไม้



ภาพที่ 4.14 โปรไฟล์ในรอบปี ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่ป่าไม้



ภาพที่ 4.15 ข้อมูล NDVI_c ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่เกษตรกรรม

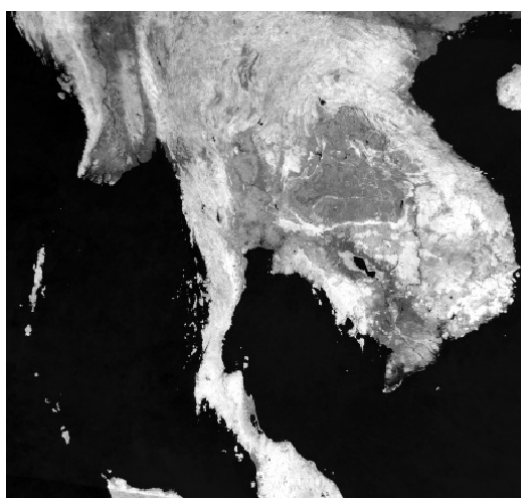


ภาพที่ 4.16 โพรไฟล์ในรอปปี ก่อน (A) และหลังกระบวนการ LMF (B) ของพื้นที่เกษตรกรรม

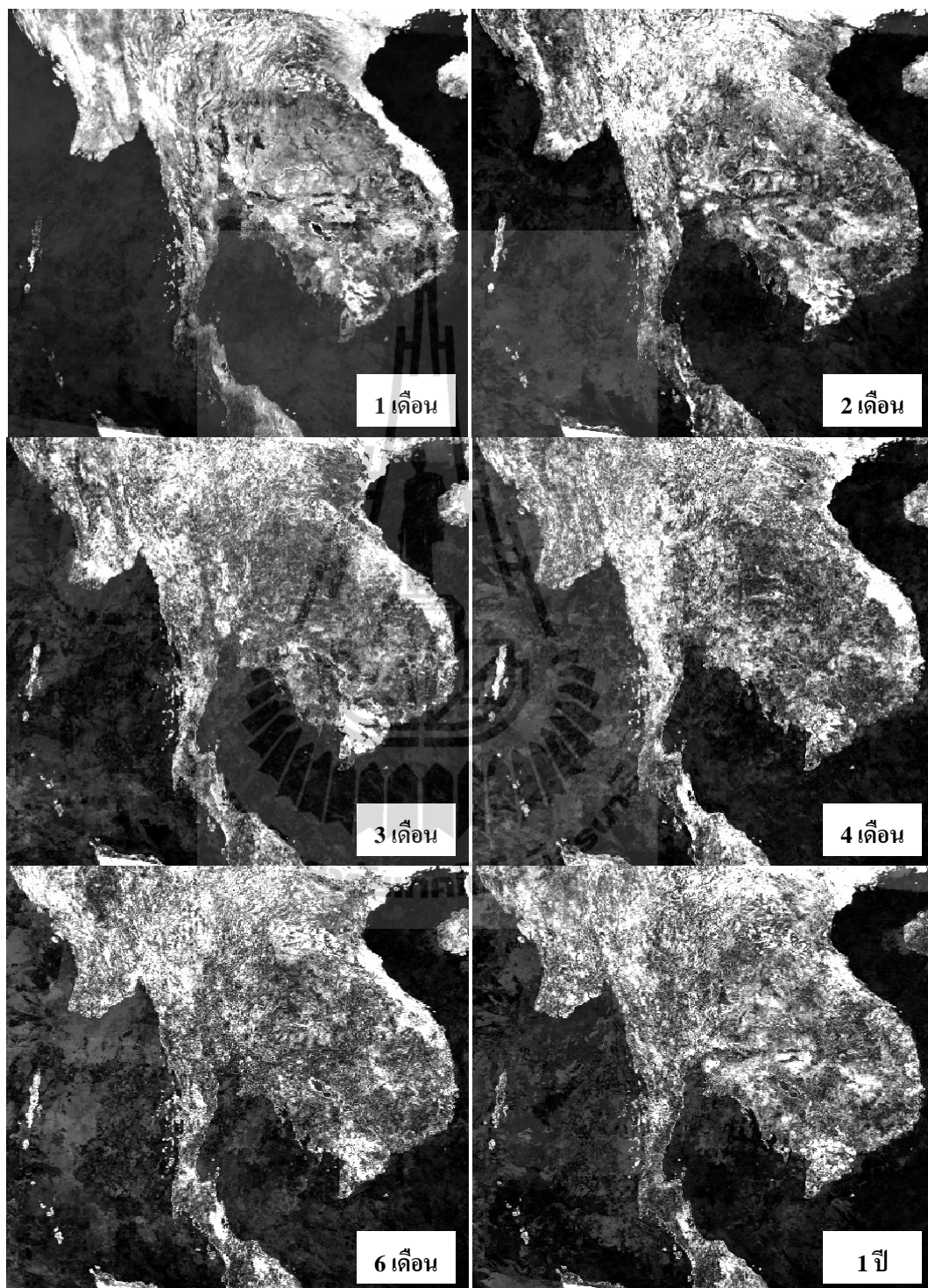
4.2.4 ผลการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (Harmonic Analysis, HA)

ผลลัพธ์ที่ได้รับจากกระบวนการ LMF ยังปรากฏอิทธิพลของเมฆหมอกและสิ่งรบกวนของชุดข้อมูลตามลำดับ จึงต้องอาศัยการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกเพื่อขจัดอิทธิพลดังกล่าว ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการสร้างข้อมูลใหม่ (data reconstruction) มีค่า NDVI ที่แสดงความเป็นพืชพรรณที่ถูกต้องและมีความต่อเนื่องของค่า NDVI ที่บ่งชี้ถึงพืชพรรณต่างๆ ในช่วงเวลานั้นได้

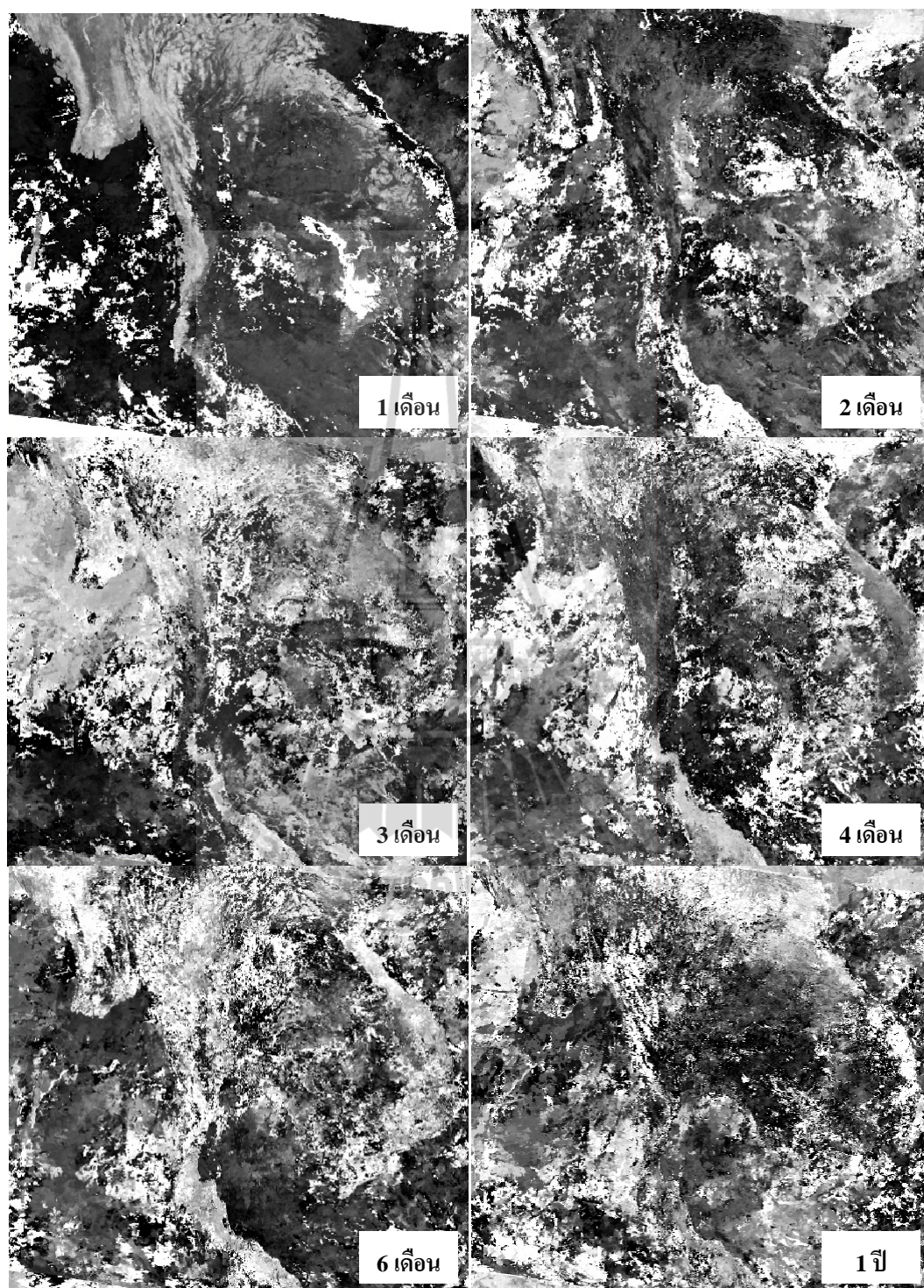
อนึ่งการสร้างข้อมูลใหม่จากวิธีการฮาร์มอนิกจะอาศัยข้อมูลภาพตัวแปรเสริมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ แอดดิทีฟ (additive) (ภาพที่ 4.17) แมกนิจูด (magnitude) (ภาพที่ 4.18) และเฟส (phase) (ภาพที่ 4.19) เพื่อเป็นตัวแทนของ 6 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาในรอบ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 6 เดือน และ 1 ปี



ภาพที่ 4.17 ข้อมูลแอดดิทีฟ (additive) ของทั้ง 6 ช่วงเวลา



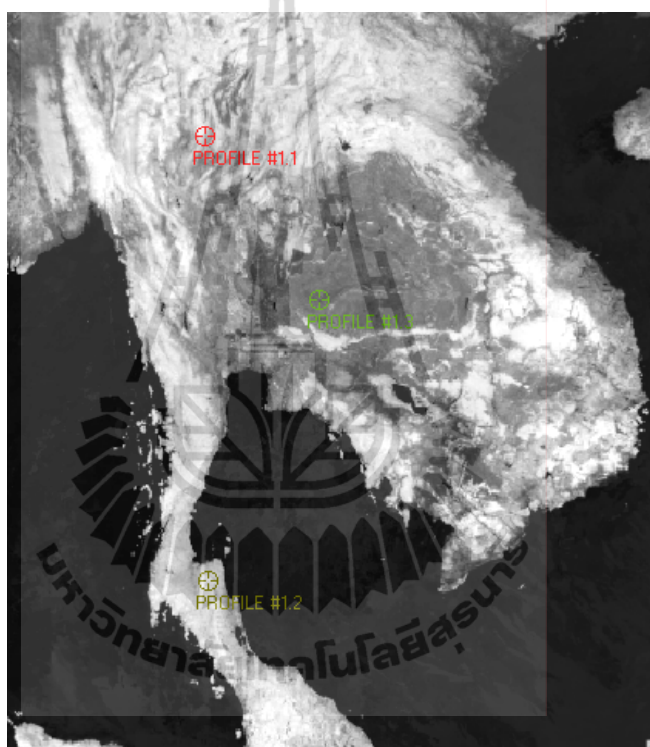
ภาพที่ 4.18 ข้อมูลแมกนิจูด (magnitude) 6 ช่วงเวลา



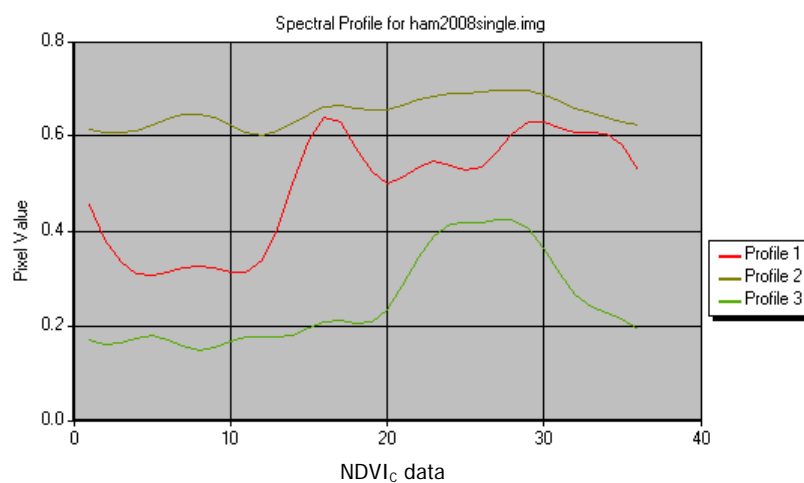
ภาพที่ 4.19 ข้อมูลเฟส (phase) 6 ช่วงเวลา

ผลลัพธ์จากการสร้างข้อมูลใหม่โดยวิธีการฮาร์มอนิก (สมการ 3.5) แสดงไว้ในภาพที่ 4.20 ซึ่งพบว่า ข้อมูลของ $NDVI_c$ มีความต่อเนื่องอย่างชัดเจนและแสดงความเป็นพีชพรรณที่ผันแปรตามเวลาได้อย่างราบเรียบ (smooth curve) ดังปรากฏในตัวอย่างของโปรไฟล์ 3 รูปแบบ

โปรไฟล์ที่ 1 เป็นตัวแทนข้อมูลพื้นที่ป่าผลัดใบ ซึ่งค่า $NDVI_C$ จะลดลงในช่วงที่ป่ามีการผลัดใบ (ภาพที่ 4.21: Profile 1) ในทางตรงกันข้าม โปรไฟล์ที่ 2 เป็นตัวแทนข้อมูลพื้นที่ป่าไม่ผลัดใบที่มี เรือนยอดเขียวทั้งปีจะมีค่า $NDVI_C$ สูงและสม่ำเสมอตลอดทั้งปี (ภาพที่ 4.21: Profile 2) ส่วนโปรไฟล์ที่ 3 เป็นตัวแทนพื้นที่ทำนาปี ซึ่งค่า $NDVI_C$ จะสูงในช่วงที่ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ (ภาพที่ 4.21: Profile 3)

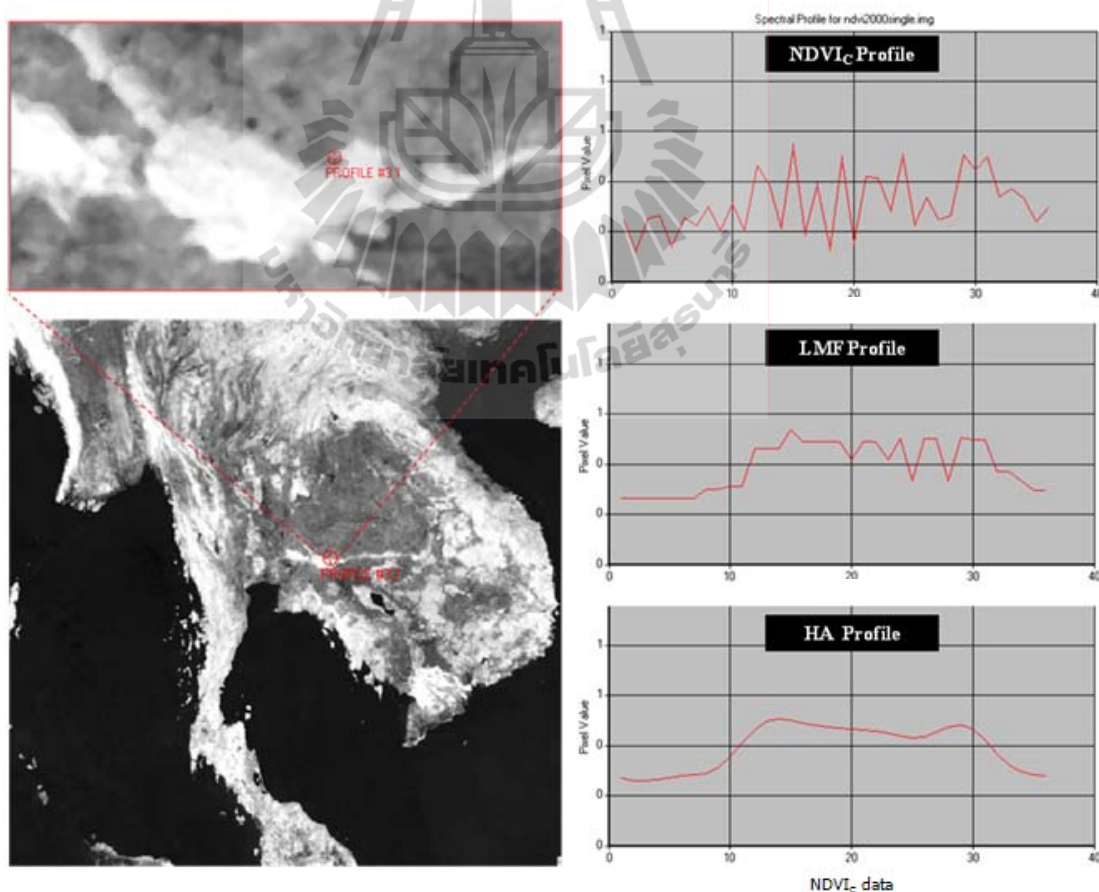


ภาพที่ 4.20 ข้อมูล $NDVI_C$ หลังการสร้างข้อมูลใหม่โดยวิธีการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก



ภาพที่ 4.21 โปรไฟล์ของค่า $NDVI_C$ ในรอบปี ณ จุดตัวอย่าง

สำหรับภาพที่ 4.22 แสดงถึงผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ฮาร์มอนิกและโปรไฟล์ของข้อมูล NDVI ณ จุดตัวอย่างในรอบปี (36 ข้อมูล) ซึ่งประกอบด้วย (1) NDVI_C Profile ซึ่งเป็นโปรไฟล์ของข้อมูล NDVI_C (2) LMF Profile ซึ่งเป็นข้อมูล NDVI_C ที่ผ่านการปรับปรุงโดยเทคนิค LMF และ (3) HA Profile ซึ่งข้อมูล NDVI_C หลังการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก ซึ่งจากโปรไฟล์พบว่า ใน NDVI_C Profile ข้อมูล NDVI_C ของพืชพรรณในรอบปีมีความแปรผันสูงเนื่องจากถูกรบกวนโดยอิทธิพลของเมฆหมอกและไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาที่ต้องการข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกันได้ ส่วนใน LMF Profile ค่าข้อมูล NDVI_C ของพืชพรรณมีความแตกต่างอย่างชัดเจนตามสภาพอากาศที่ผันแปรในระหว่างปี แต่ยังคงปรากฏอิทธิพลของเมฆหมอกและสิ่งรบกวนในบางช่วงเวลา สำหรับ HA Profile พบว่า ข้อมูลมีความต่อเนื่องของ NDVI_C อย่างชัดเจนและแสดงความเป็นพืชพรรณได้อย่างราบเรียบตามพลวัตพืชพรรณในอนุกรมเวลา



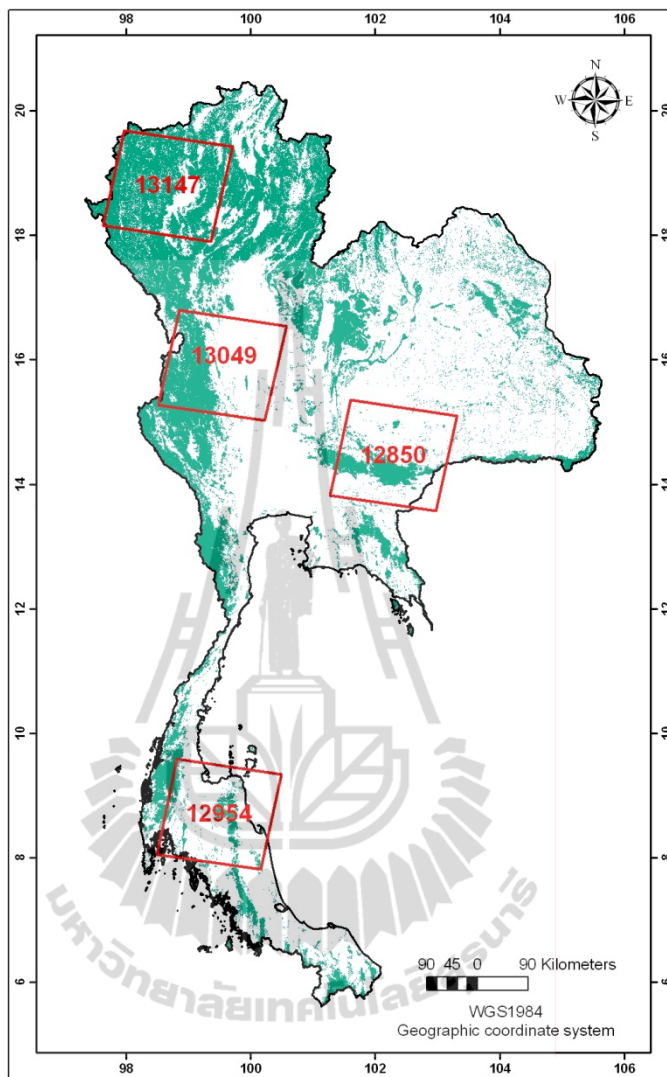
ภาพที่ 4.22 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกและโปรไฟล์ข้อมูล NDVI ณ จุดตัวอย่างของข้อมูล NDVI_C ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการ LMF และข้อมูลหลังการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก

4.3 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

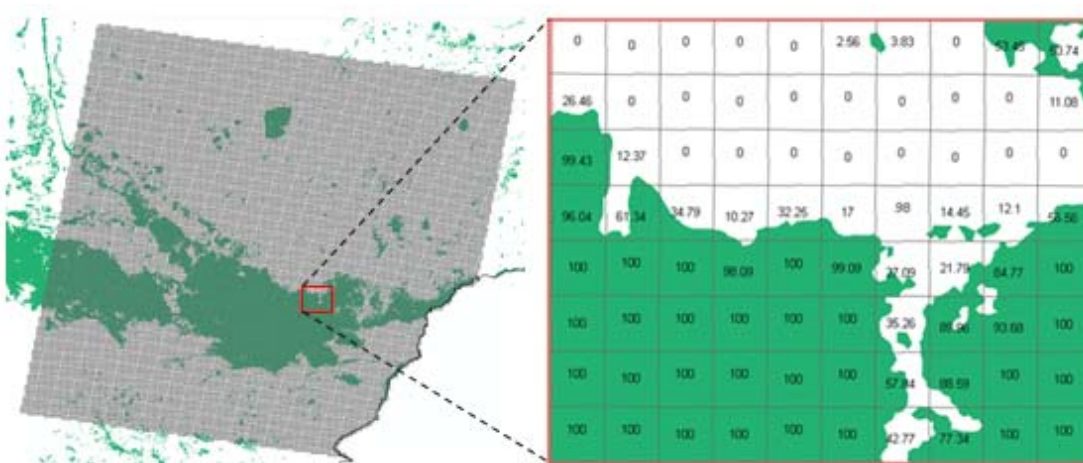
ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ อาศัยข้อมูลใน พ.ศ. 2547 เป็นข้อมูลต้นแบบในการสร้างสมการสำหรับการประเมินพื้นที่ป่าไม้ ผลการศึกษาในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยการสร้างชั้นข้อมูลตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (forest cover rate) และข้อมูลตัวแปรตาม ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (annual maximum NDVI_C) แอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี (annual NDVI_C amplitude) คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า (length of vitality period) ระดับความสูง (altitude) และละติจูด (latitude) สำหรับการประเมินการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551

4.3.1 ข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (Forest cover rate)

ข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้เป็นอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้ต่อหน่วยจุดภาพของข้อมูล NOAA ขนาด 1.1 x 1.1 กิโลเมตร โดยนำข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 มาวิเคราะห์การซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับกริดขนาด 1.1 x 1.1 กิโลเมตร และคำนวณอัตราการปกคลุมต่อหน่วยพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้คือ อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0-100 ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างสำหรับการคำนวณอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ 4 บริเวณ ตามขอบเขตของ Path และ Row ดัชนีข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ที่ครอบคลุมประเทศไทย คือ Path128 และ Row50 Path129 และ Row54 Path130 และ Row49 และ Path131 และ Row47 ดังแสดงในภาพที่ 4.23 และตัวอย่างอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ตัวอย่าง Path128 และ Row50 แสดงในภาพที่ 4.24



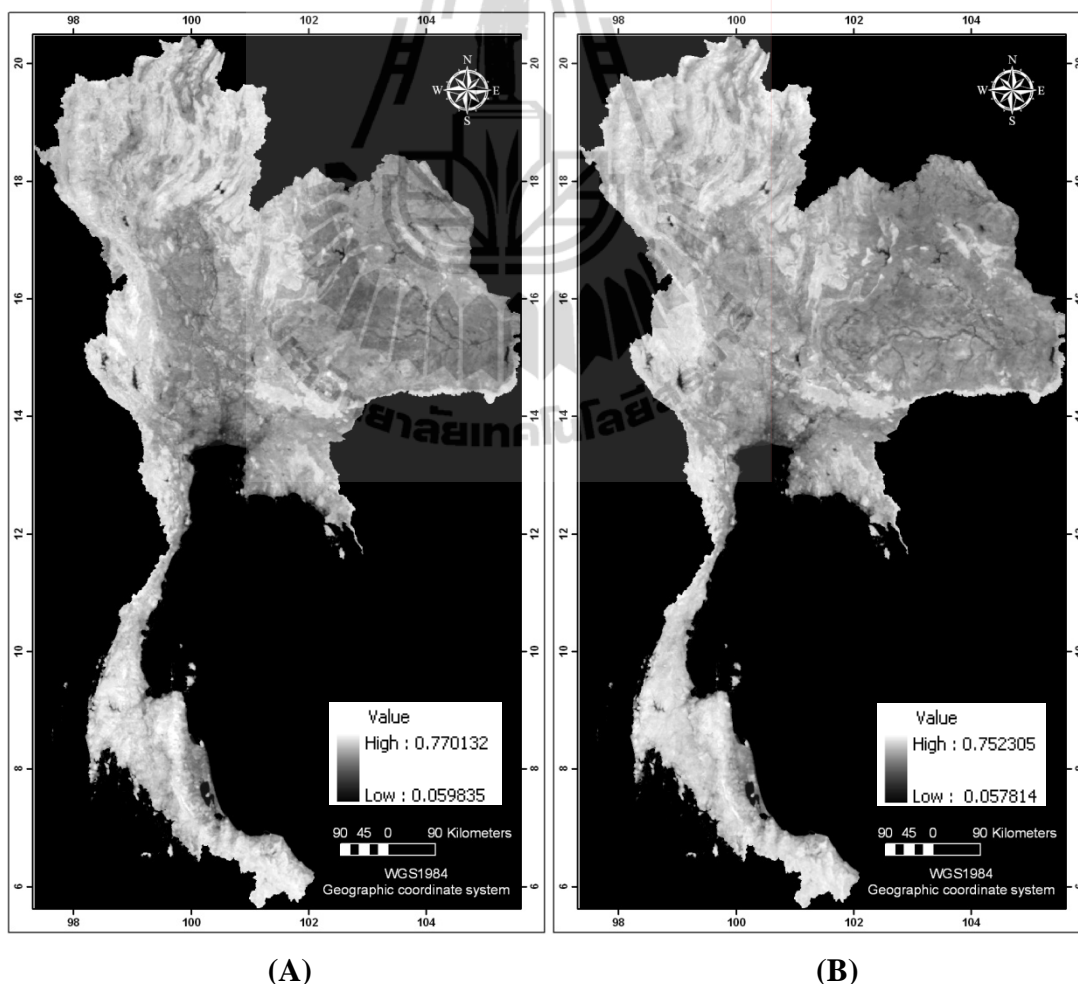
ภาพที่ 4.23 แผนที่ขอบเขตและที่ตั้งของพื้นที่ตัวอย่าง 4 บริเวณ



ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ของ Path128 และ Row50

4.3.2 ค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (Annual Maximum NDVI)

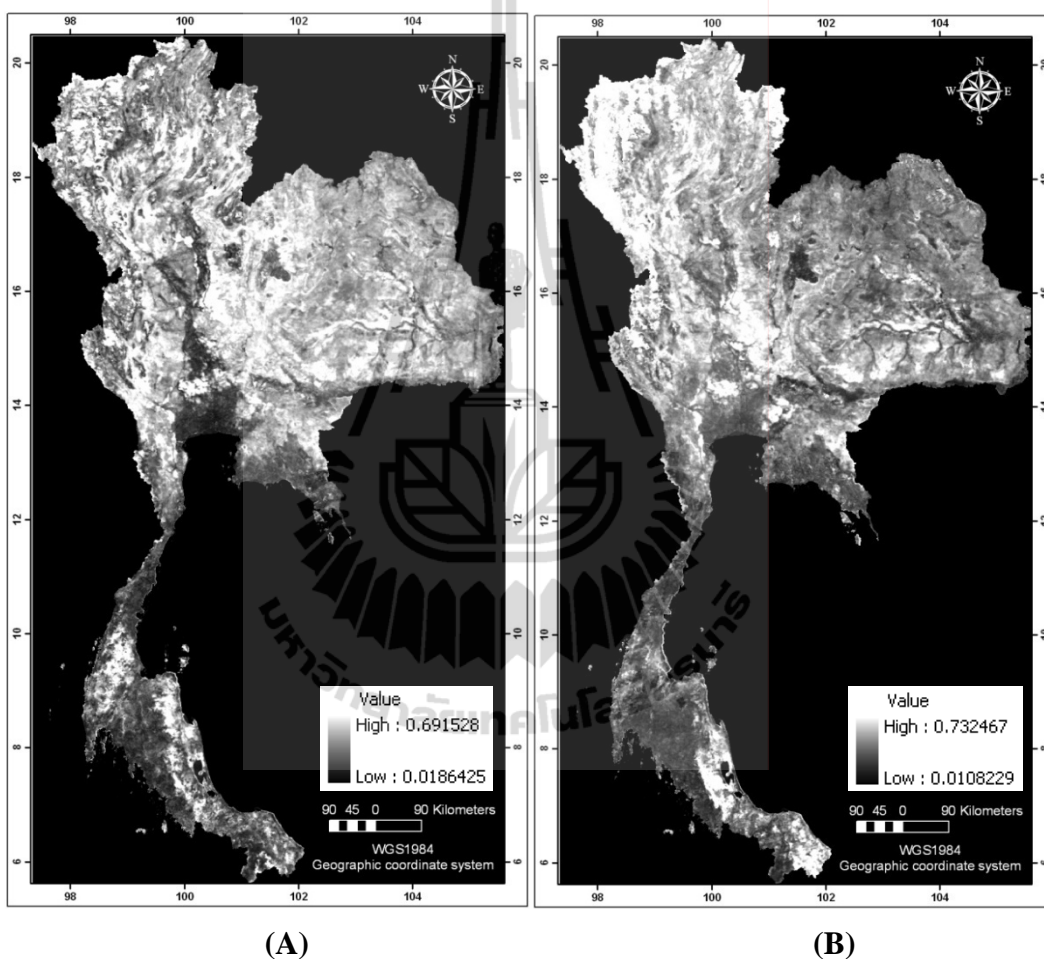
ค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (Annual Maximum NDVI) เป็นค่าสูงสุดในรอบปีของดัชนีพืชพรรณรายปีของข้อมูลผสม 10 วัน โดยค่าพิสัยของค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี พ.ศ. 2547 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.059 ถึง 0.770 และค่าพิสัยของค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี พ.ศ. 2551 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.057 ถึง 0.752 (ภาพที่ 4.25) ทั้งนี้ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีที่ทาง JAFTA (2006) ระบุว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้กับพื้นที่ป่าไม้ที่มีเรือนยอดแบบปิดนั้น จากผลการหาความสัมพันธ์กับอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พบว่า ข้อมูลดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีมีความสอดคล้องกับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้มากที่สุดเช่นเดียวกัน คือ มีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.611



ภาพที่ 4.25 ข้อมูล NDVI สูงสุดรายปี (A) พ.ศ. 2547 และ (B) พ.ศ. 2551

4.3.3 ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี (Annual NDVI Amplitude)

ค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปีเป็นผลต่างค่าข้อมูลรายปีของ NDVI สูงสุดกับค่าข้อมูลรายปีของ NDVI ต่ำสุด ที่แสดงถึงช่วงที่มีความเคลื่อนไหวของพืชพรรณของแต่ละจุดภาพค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณ พ.ศ. 2547 และ 2551 แสดงไว้ในภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.26 ข้อมูลค่าแอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี (A) พ.ศ. 2547 (B) พ.ศ. 2551

4.3.4 คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า (Length of vitality period)

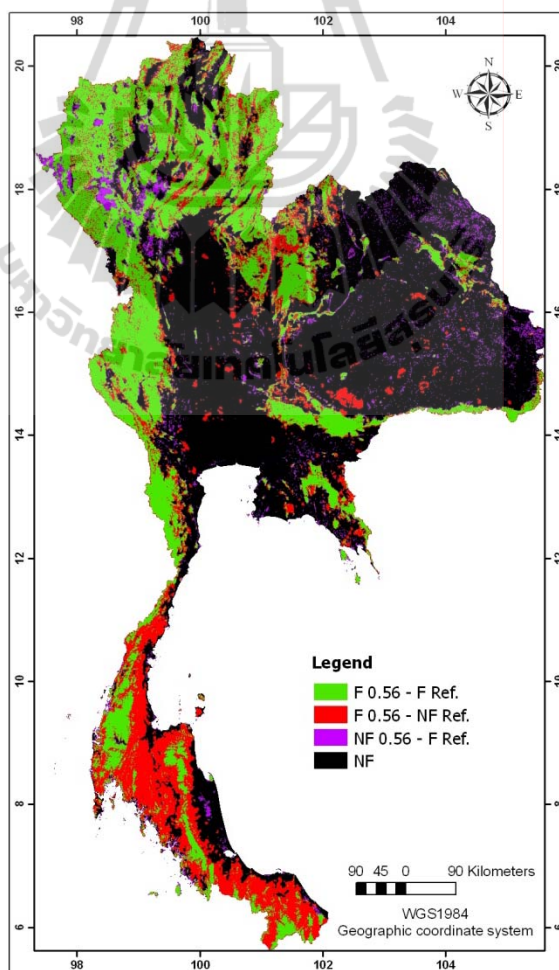
คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้น (threshold) โดยพิจารณาหาค่าที่ดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้มากที่สุด โดยคิดจากการผลการประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) ในการศึกษานี้กำหนดพิสัยของค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 0.60 และเพิ่มค่าครั้งละ 0.01 พร้อมกับประเมินค่าความถูกต้องโดยรวม ผลที่ได้รับพบว่า ค่าเริ่มต้นของค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีที่ทำให้ความถูกต้องสูงสุด คือ 0.56 ที่มีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 56.82 ดังรายละเอียดใน

ตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.27 แสดงความสอดคล้องของข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความ
เป็นป่าที่ใช้ค่าค่าตั้งต้นของดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี เท่ากับ 0.56 กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547

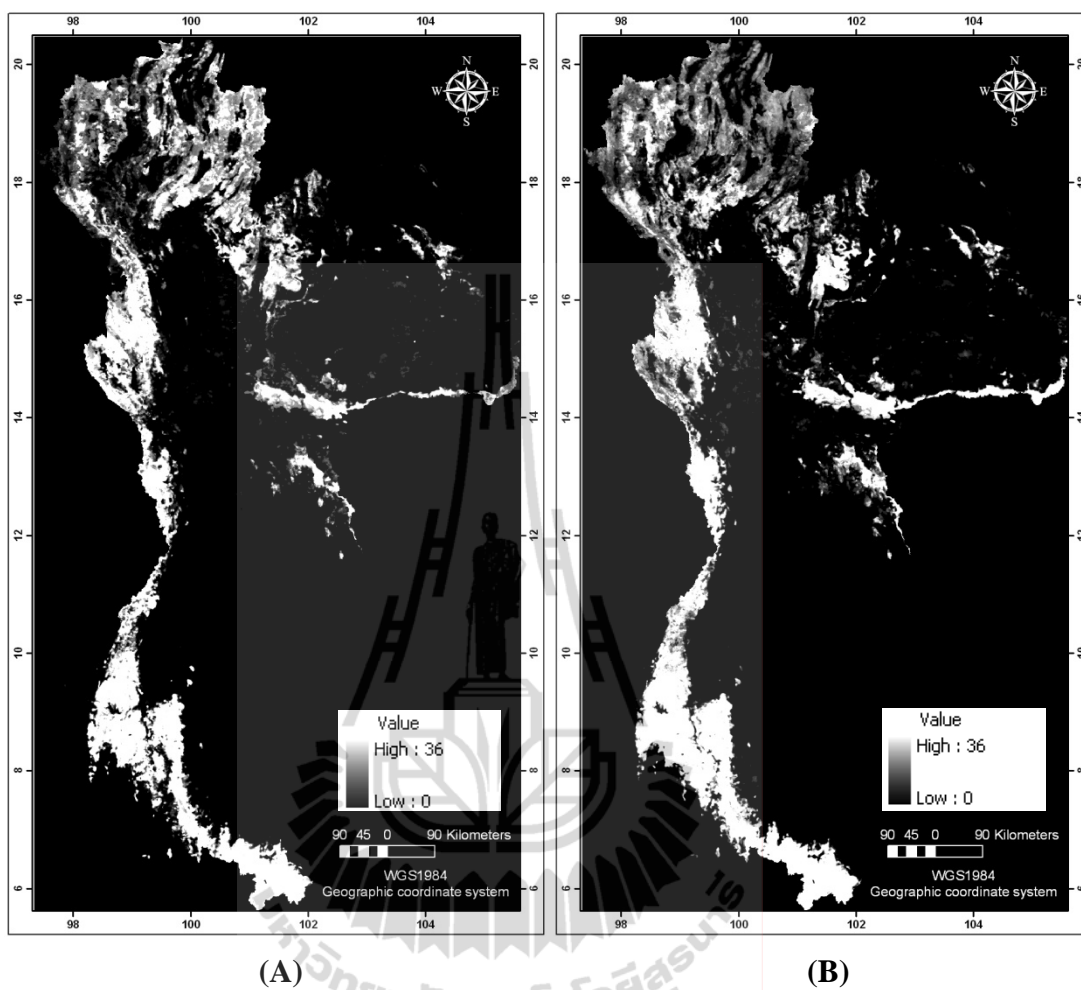
ผลลัพธ์ของข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า พ.ศ. 2547 และ 2551 มี
ค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 36 ดังแสดงใน ภาพที่ 4.28

ตารางที่ 4.2 ค่าเริ่มต้นและค่าความถูกต้อง โดยรวมในการกำหนดคาบเวลาการคงรูปลักษณะความ
เป็นป่า

	Annual Maximum NDVI _C										
Threshold	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60
Overall Accuracy	47.24	49.36	51.44	53.35	54.95	56.18	56.82	56.80	55.92	54.12	51.40



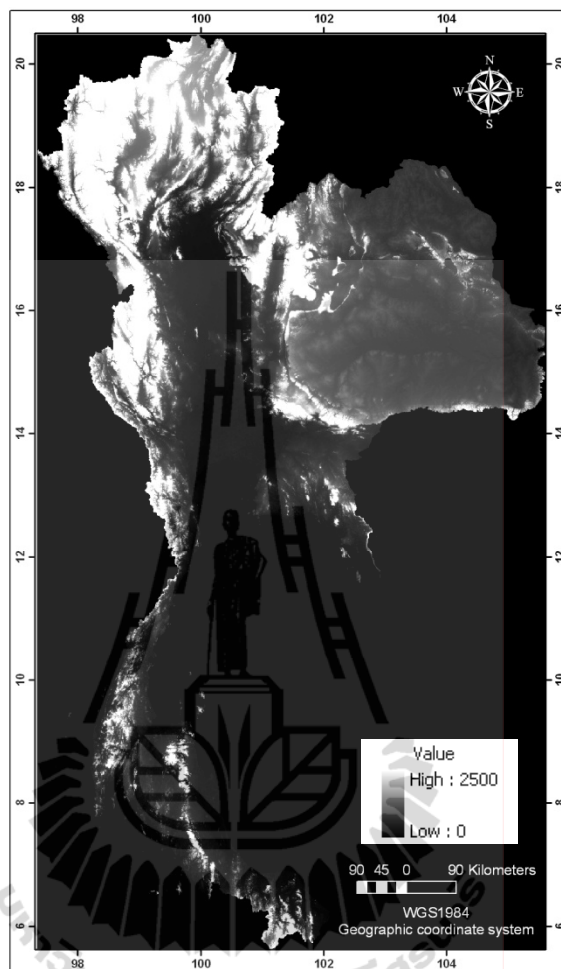
ภาพที่ 4.27 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะของความ
เป็นป่า พ.ศ. 2547 จากค่าดัชนี
พืชพรรณสูงสุดรายปี เท่ากับ 0.56 กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547



ภาพที่ 4.28 ข้อมูลคาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า (A) พ.ศ. 2547 (B) พ.ศ. 2551 ของข้อมูล NDVI สูงสุดรายปี

4.3.5 ระดับความสูง (Altitude)

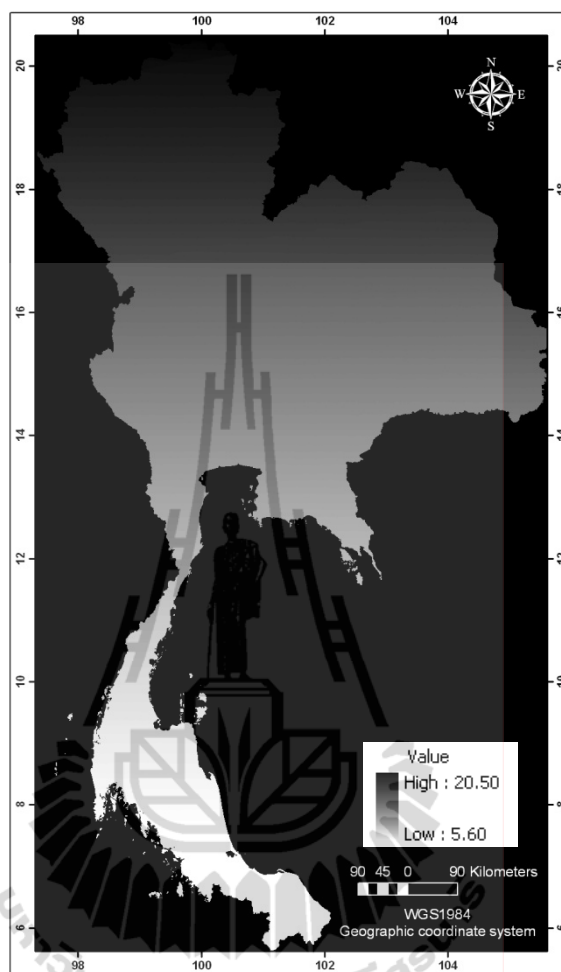
ข้อมูลระดับความสูงเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศ (DEM) ของ SRTM ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร ผลลัพธ์ของข้อมูลระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา มีระดับความสูงตั้งแต่ 0 ถึง 2,500 เมตร (ภาพที่ 4.29)



ภาพที่ 4.29 ข้อมูลระดับความสูง (altitude)

4.3.6 ค่าละติจูด (Latitude)

ค่าละติจูดเป็นข้อมูลในรูปแบบของโคไซน์ (Cosine) ของข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในแนวละติจูด (องศา) ซึ่งค่าละติจูดในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 5.6 ถึง 20.5 องศา (ภาพที่ 4.30) และกำหนดให้ผลลัพธ์มีความละเอียดเชิงพื้นที่ เท่ากับ 1.1 กิโลเมตร



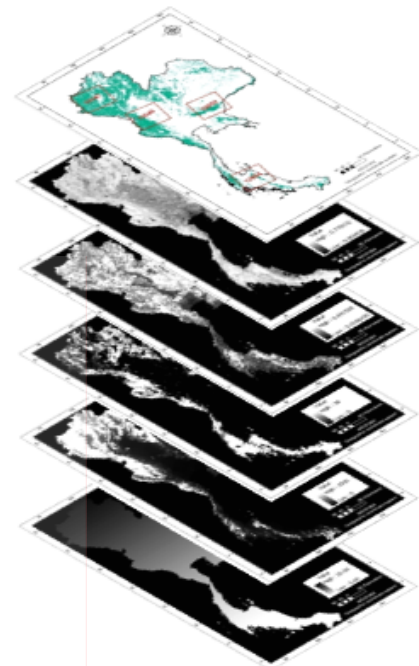
ภาพที่ 4.30 ข้อมูลละติจูด (latitude)

4.3.7 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)

ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณสำหรับใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 ซึ่งอาศัยข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 เป็นตัวแปรต้น และข้อมูลตัวแปรตามประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (X_1) แอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี (X_2) คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า (X_3) ระดับความสูง (X_4) และละติจูด (X_5) อาศัยเทคนิคการวิเคราะห์การซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของทุกตัวแปร เพื่อสกัดค่าของทุกตัวแปรในพื้นที่ตัวอย่าง 4 บริเวณ มาสุ่มตัวอย่างสำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.31 ซึ่งแต่ละตัวแปรตามมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับพื้นที่ป่าไม้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.5971 0.1786 0.3783 0.7410 และ -0.4329 ตามลำดับ

Variable processing (2004): *Overlay analysis*

Forest cover rate	Maximum value	Amplitude	Length of vitality	Altitude	Latitude
41.99	0.4701	0.2421	0	288	0.968997192
43.67	0.4810	0.1716	0	9	0.969313697
47.57	0.4829	0.3173	0	283	0.967087491
44.82	0.4889	0.3124	0	47	0.962858445
81.52	0.6414	0.3917	22	1163	0.945013428
84.39	0.6428	0.3267	19	917	0.945291056
86.20	0.6445	0.3084	25	386	0.961599170
81.45	0.6463	0.3873	21	345	0.962023880
87.36	0.6469	0.2940	23	316	0.968669339
93.53	0.6479	0.2368	19	699	0.968369672
82.93	0.6511	0.3145	21	1169	0.945979024
81.14	0.6536	0.1993	26	458	0.967965445
84.75	0.6550	0.3351	28	395	0.968788460
88.26	0.6557	0.1569	20	551	0.962441496
83.95	0.6563	0.3329	20	889	0.945901470
99.92	0.6592	0.1698	23	756	0.963245128
98.94	0.6599	0.2343	25	907	0.959215854
100.00	0.6599	0.1970	25	729	0.964514114
100.00	0.6599	0.1172	28	491	0.970005379
.
.



ภาพที่ 4.31 การวิเคราะห์การซ้อนทับ (Overlay analysis) ของทุกตัวแปร

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise multiple regression analysis) ได้คัดเลือกปัจจัยใช้ในการวิเคราะห์ คือ ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่า และระดับความสูง และมีรูปแบบสมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้น ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$Y = (137.016 x X_1) + (0.943 x X_3) + (0.007 x X_4) - 23.887 \quad (4.1)$$

- โดยที่ Y เป็น อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ หน่วยเป็นร้อยละ
 X_1 เป็น ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี หน่วยเป็นค่าดัชนีพืชพรรณ
 X_3 เป็น คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า หน่วยเป็นจำนวนครั้ง
 X_4 เป็น ระดับความสูง หน่วยเป็นเมตร

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.958 ดังรายละเอียดในตารางค่าสถิติของสมการถดถอยใน ตารางที่ 4.3 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 4.4 ซึ่งสมการที่ได้รับจะนำไปใช้ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติของสมการถดถอย

Model Summary			
Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.979	0.958	0.958	7.282

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้น

	Coefficients				
	Non-standardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
(Constant)	-23.887	1.595		-14.975	0.000
Maximum NDVI	137.016	4.863	.675	28.174	0.000
Vitality Period	.943	.074	.275	12.784	0.000
Altitude	.007	.001	.076	5.421	0.000

4.4 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ (Forest cover assessment)

ในการประเมินการปกคลุมของป่าไม้อาศัยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอนระหว่างอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (forest cover rate) กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่าและระดับความสูง (สมการที่ 4.1) และเงื่อนไขที่ใช้ในการกำหนดการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ จากสมการ 3.7 เพื่อประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551

4.4.1 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547

ในการประเมินอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พบว่า พ.ศ. 2547 พิสัยค่าอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้มีค่าอยู่ระหว่าง -15.688 ถึง 116.392 (ภาพที่ 4.32) และจากเงื่อนไขที่ใช้ในการกำหนดการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พบว่า พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ ประมาณ 199,797.77 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 38.77 ของพื้นที่ประเทศ (ภาพที่ 4.33) และรายละเอียดของผลการประเมินพื้นที่ป่าในระดับจังหวัด แสดงไว้ในภาคผนวก ก

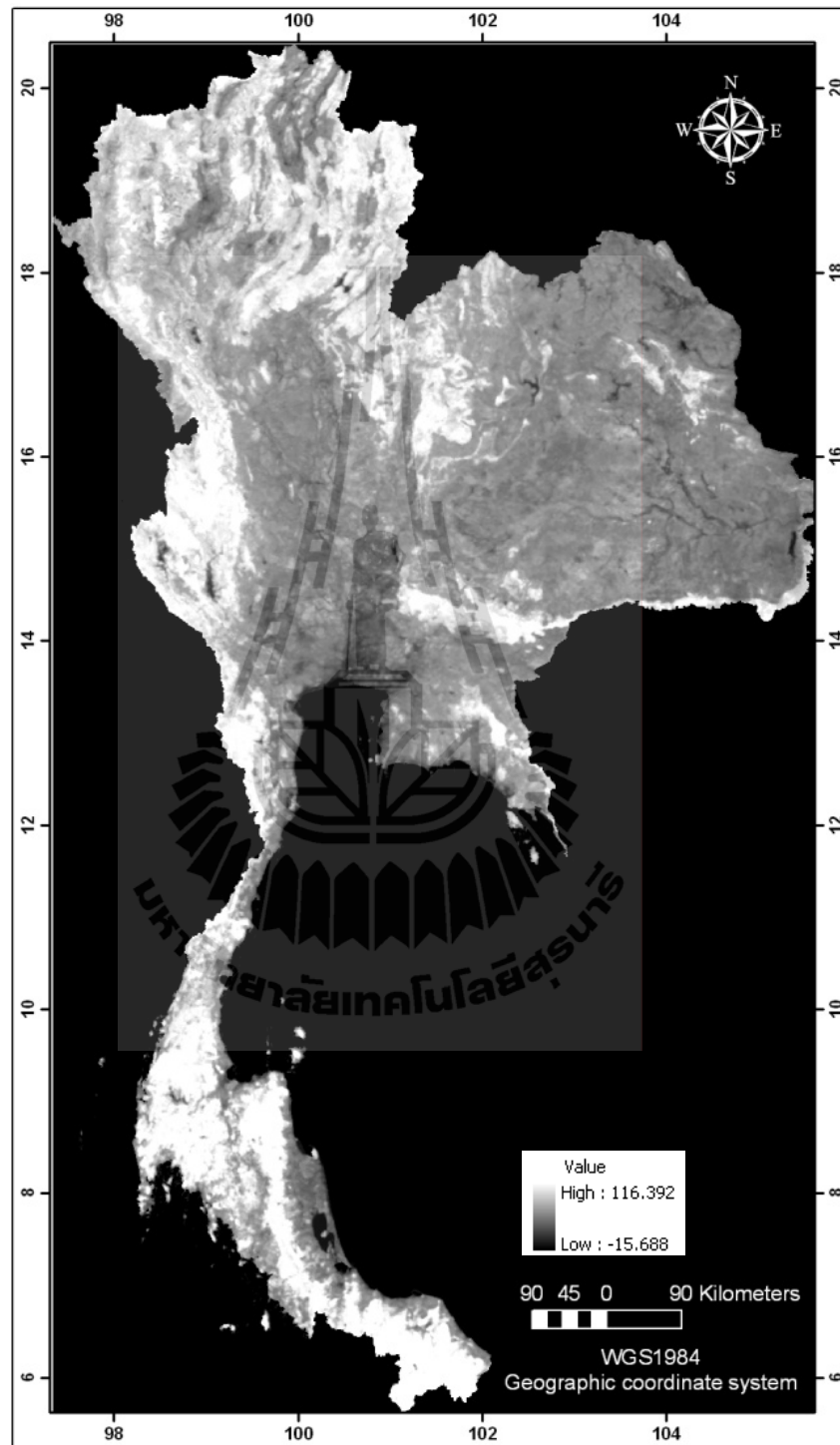
สำหรับการประเมินความถูกต้องของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 กับข้อมูลการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้ โดยการวิเคราะห์การซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 81.31 (ตารางที่ 4.5) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) เท่ากับร้อยละ 59.44 ซึ่งหาก

พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แคปตามเกณฑ์ที่ Jensen (2005) ระบุไว้ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แคปของข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ที่มีความถูกต้องปานกลาง

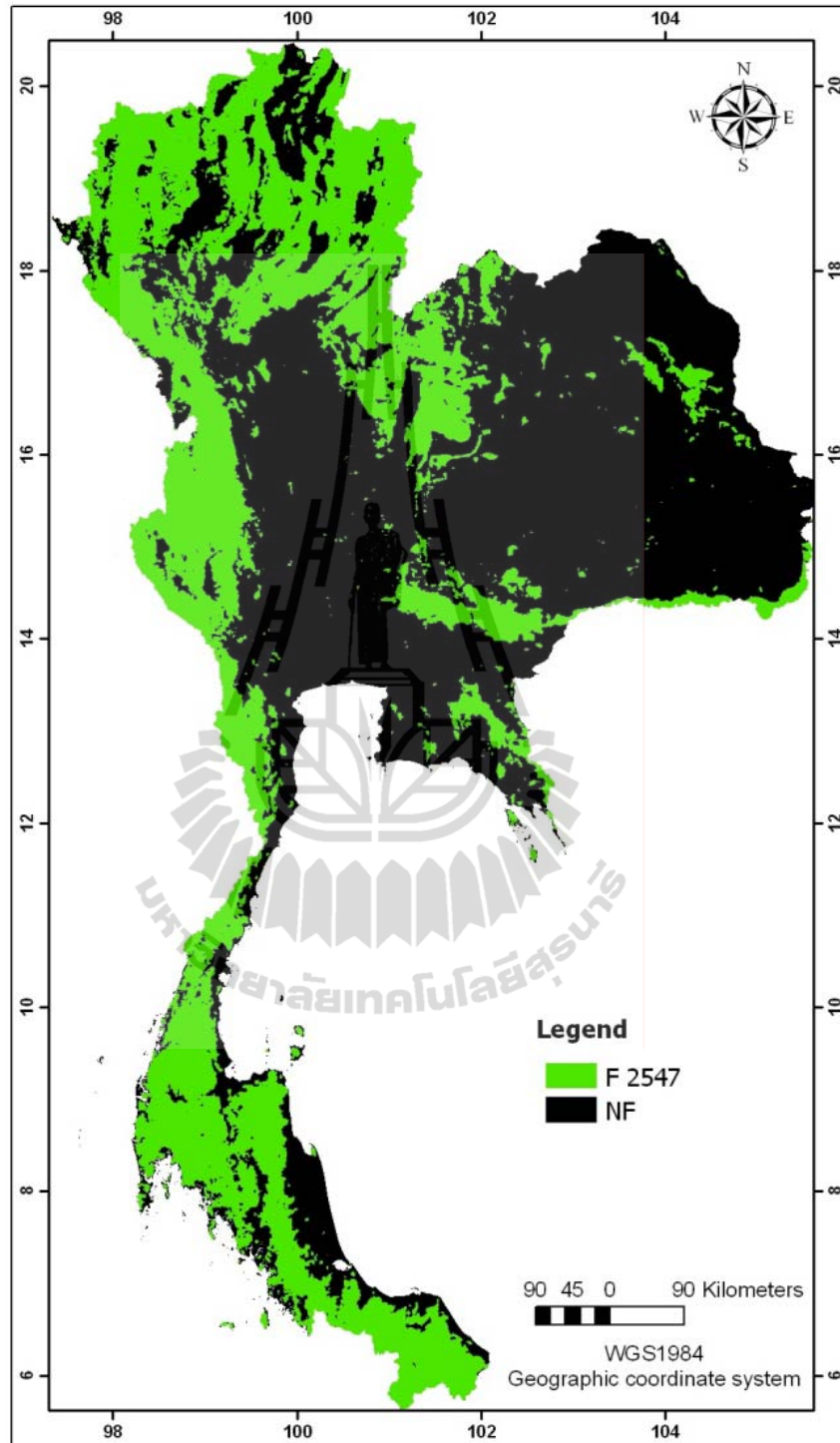
ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความถูกต้องของการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547

(หน่วยวัด: ตร. กม.)		ข้อมูลจากการประเมินโดยสมการถดถอย		รวมทั้งสิ้น
		พื้นที่มีชีป่า	พื้นที่ป่า	
ข้อมูลกรมป่า ไม้	พื้นที่มีชีป่า	283,286.86	64,087.41	347,374.27
	พื้นที่ป่า	32,251.82	135,710.36	167,962.18
	รวมทั้งสิ้น	315,538.68	199,797.77	515,336.45





ภาพที่ 4.32 อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547



ภาพที่ 4.33 การปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547

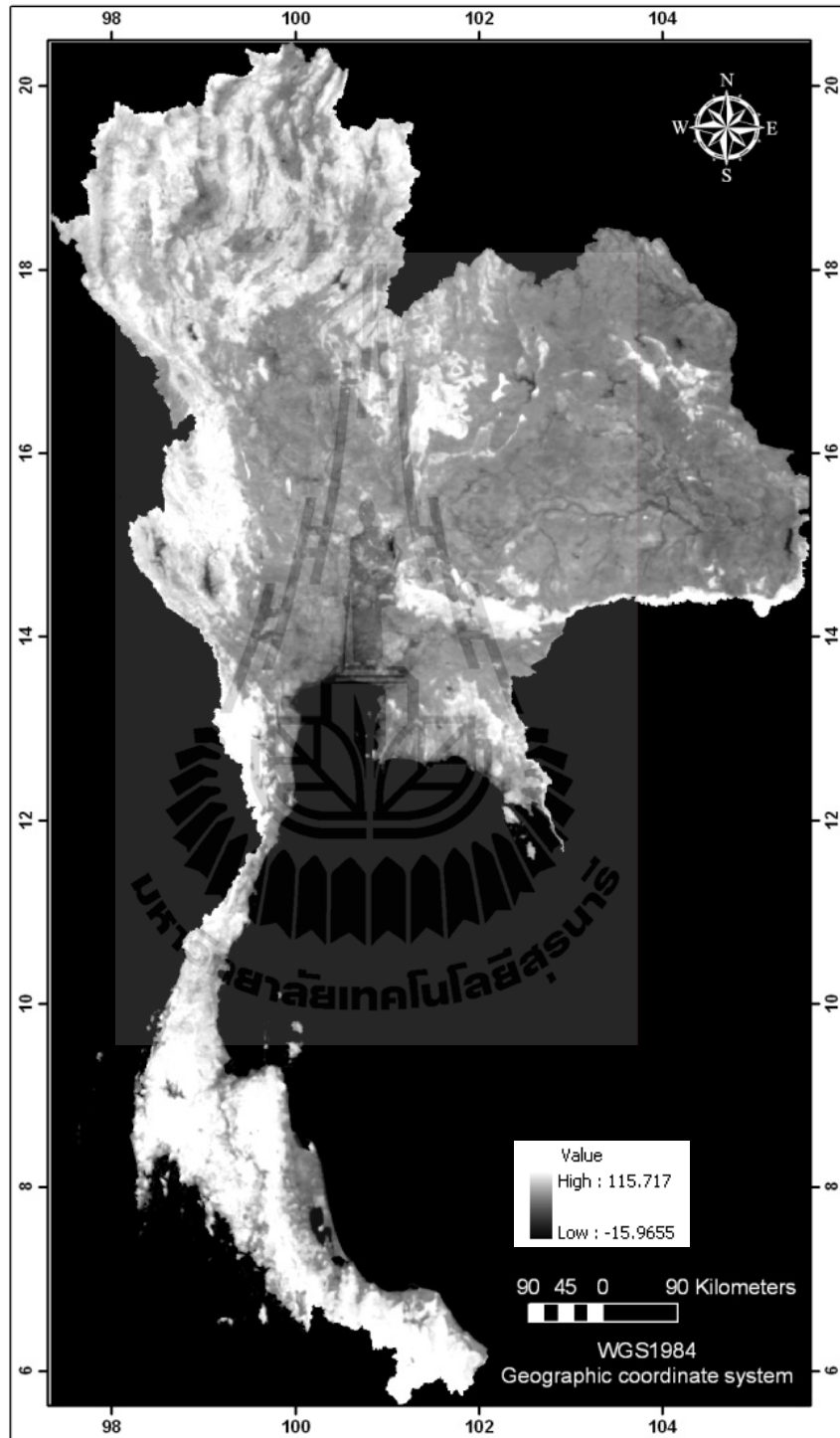
4.4.2 ผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551

ในการประเมินอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พบว่า พ.ศ. 2551 พิสัยค่าอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้มีค่าอยู่ระหว่าง -15.965 ถึง 115.717 (ภาพที่ 4.34) และจากเงื่อนไขที่ใช้ในการกำหนดการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ พบว่า พ.ศ. 2551 ประเทศไทย มีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมประมาณ 215,130.94 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 41.75 ของพื้นที่ประเทศ (ภาพที่ 4.35) และรายละเอียดของผลการประเมินพื้นที่ป่าในระดับจังหวัด แสดงไว้ในภาคผนวก ข

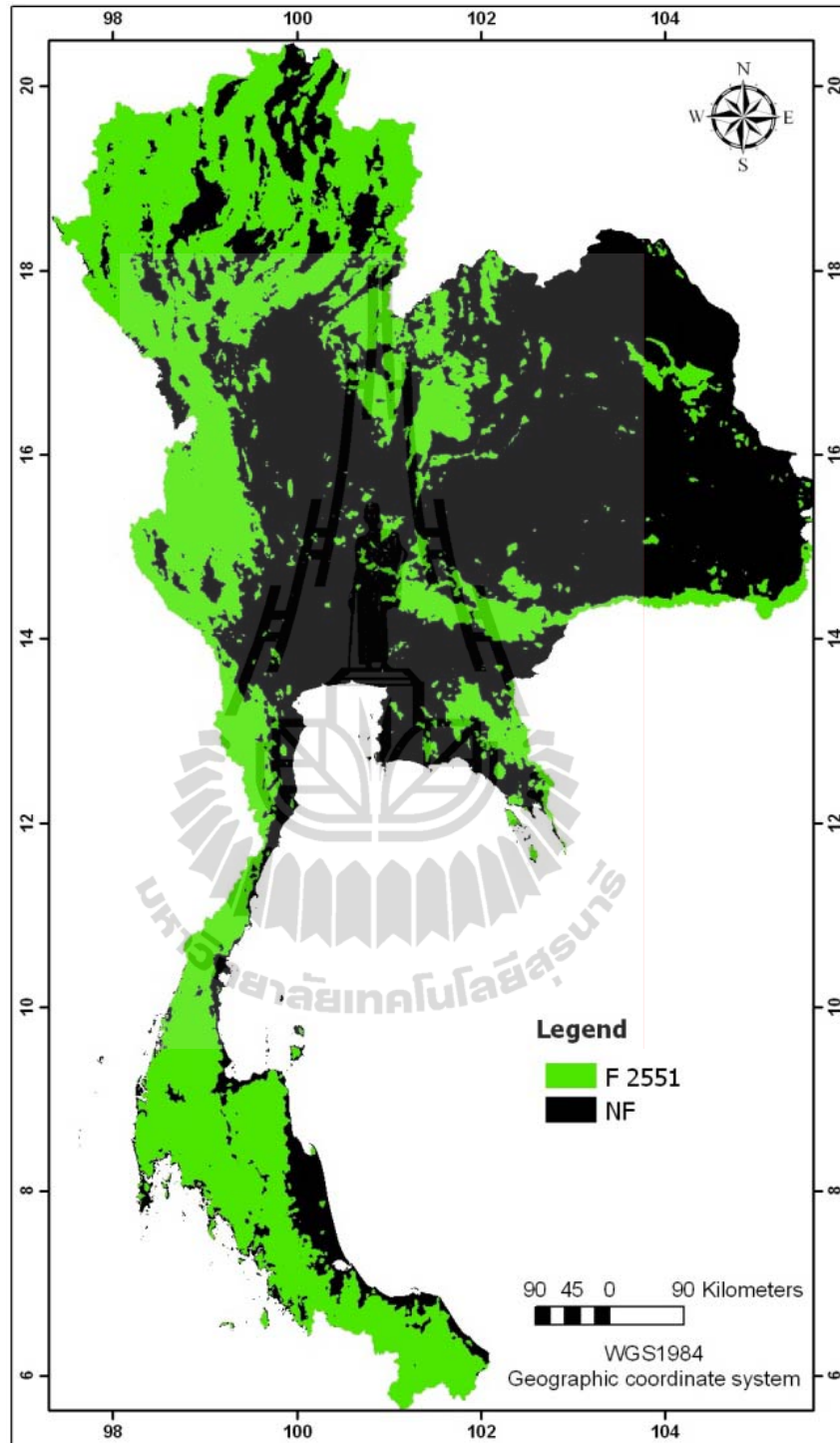
ในการประเมินความถูกต้องของผลการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551 กับข้อมูลการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551 ของกรมป่าไม้ อาศัยการวิเคราะห์การซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 81.01 (ตารางที่ 4.6) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (kappa coefficient) เท่ากับร้อยละ 59.82 ซึ่งหากพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์แคปปาตามเกณฑ์ที่ Jensen (2005) ระบุไว้ พบว่า ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551 ให้ผลลัพธ์อยู่ในเกณฑ์ถูกต้องปานกลาง และให้ค่าที่สูงกว่าความถูกต้องของการประเมินพื้นที่ป่าไม้ของ พ.ศ. 2547

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551

	(หน่วยวัด: ตร. กม.)	ข้อมูลจากการประเมินโดยสมการถดถอย		รวมทั้งสิ้น
		พื้นที่มีป่า	พื้นที่ป่า	
ข้อมูลกรมป่าไม้	พื้นที่มีป่า	272,855.15	70,497.69	343,352.84
	พื้นที่ป่า	27,350.35	144,633.25	171,983.60
	รวมทั้งสิ้น	300,205.50	215,130.94	515,336.44



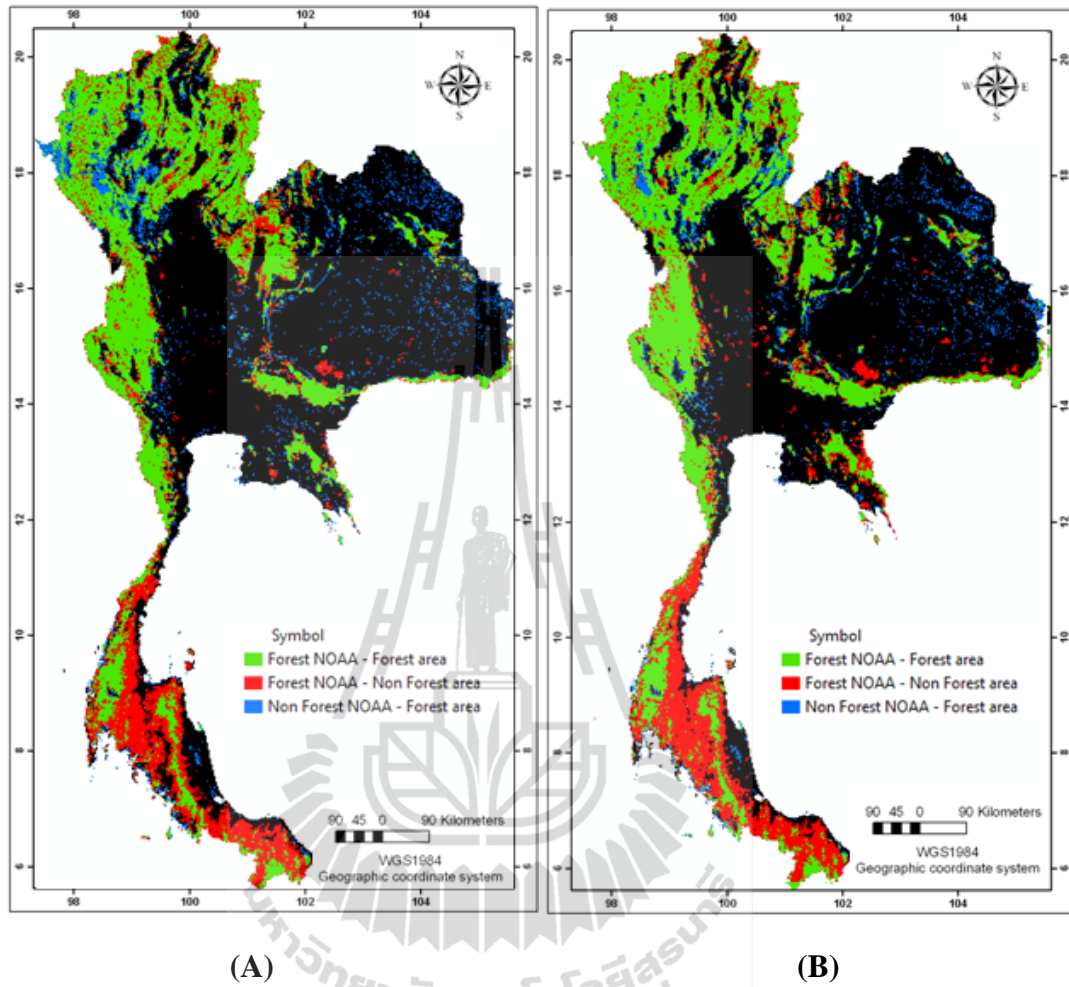
ภาพที่ 4.34 อัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551



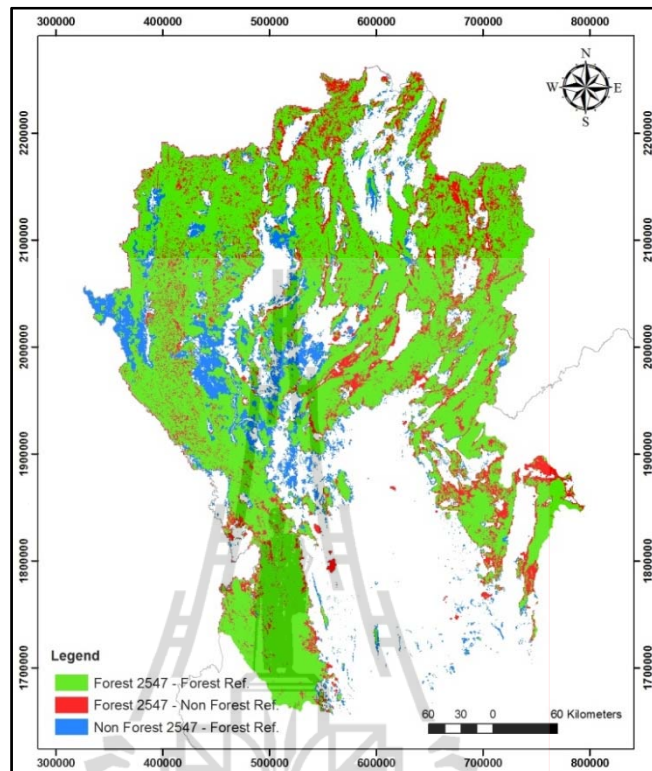
ภาพที่ 4.35 การปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551

จากข้อมูลการประเมินความถูกต้องในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 หากพิจารณาในรายละเอียดเกี่ยวกับความสอดคล้องของพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่มิใช่ป่าไม้ ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการประเมินการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้จากสมการถดถอยและข้อมูลอ้างอิงจากกรมป่าไม้ โดยการวิเคราะห์การซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 4.36 ซึ่งกำหนดให้สัญลักษณ์สีเขียวเป็นพื้นที่ที่ผลการประเมินการปกคลุมเป็นป่าไม้และข้อมูลอ้างอิงเป็นพื้นที่ป่าไม้ ตรงกัน สีแดงเป็นพื้นที่ที่ผลการประเมินการปกคลุมเป็นป่าไม้แต่ข้อมูลอ้างอิงไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ และสีน้ำเงินเป็นพื้นที่ที่ผลการประเมินไม่ใช่ป่าไม้แต่ข้อมูลอ้างอิงเป็นพื้นที่ป่าไม้ จากผลการวิเคราะห์ซ้อนทับพบว่า ความผิดพลาดของพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน โดยมีพื้นที่ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงที่ไม่เป็นพื้นที่ป่าไม้ (สีแดง) มีเนื้อที่เท่ากับ 64,087.41 ตารางกิโลเมตรและ 70,497.69 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ภาคใต้ ในขณะเดียวกัน ความผิดพลาดของการประเมินพื้นที่มิใช่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ (สีน้ำเงิน) มีเนื้อที่เท่ากับ 32,251.82 ตารางกิโลเมตรและ 27,350.35 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ความผิดพลาดดังกล่าวพบมากในภาคเหนือ และกระจายเป็นพื้นที่เล็กๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

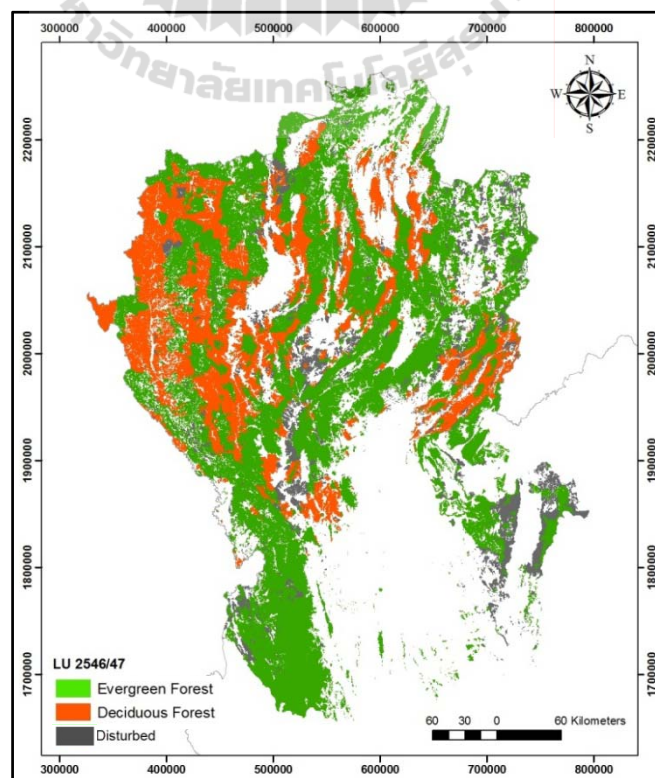
ดังนั้น หากนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2546/47 ซึ่งจัดทำจากการแปลตีความภาพจากถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1:25,000 และมีรายละเอียดการใช้ประโยชน์ในระดับที่ 3 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลความผิดพลาดจากการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 ในพื้นที่ตัวอย่าง 3 บริเวณ คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และภาคใต้ เพื่อหาอธิบายสาเหตุของความผิดพลาดเกิดขึ้น พบว่า ในบริเวณที่เกิดความผิดพลาดของการประเมินที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 และไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ (สีน้ำเงิน) ในภาคเหนือ (ภาพที่ 4.37) จะเป็นพื้นที่ป่าผลัดใบและป่ารอสภาพฟื้นฟูในข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 4.38) ซึ่งหากพิจารณาจากวิธีการประเมินการปกคลุมป่าไม้ ที่ต้องมีอัตราการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปในเงื่อนไขที่กำหนดพื้นที่ป่าไม้ อาจมีค่าสูงเกินไป ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพป่าไม้ผลัดใบและป่ารอสภาพฟื้นฟูซึ่งมีการผลัดใบในช่วงฤดูแล้งและมีความสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ



ภาพที่ 4.36 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 (A) และ พ.ศ. 2551 (B)

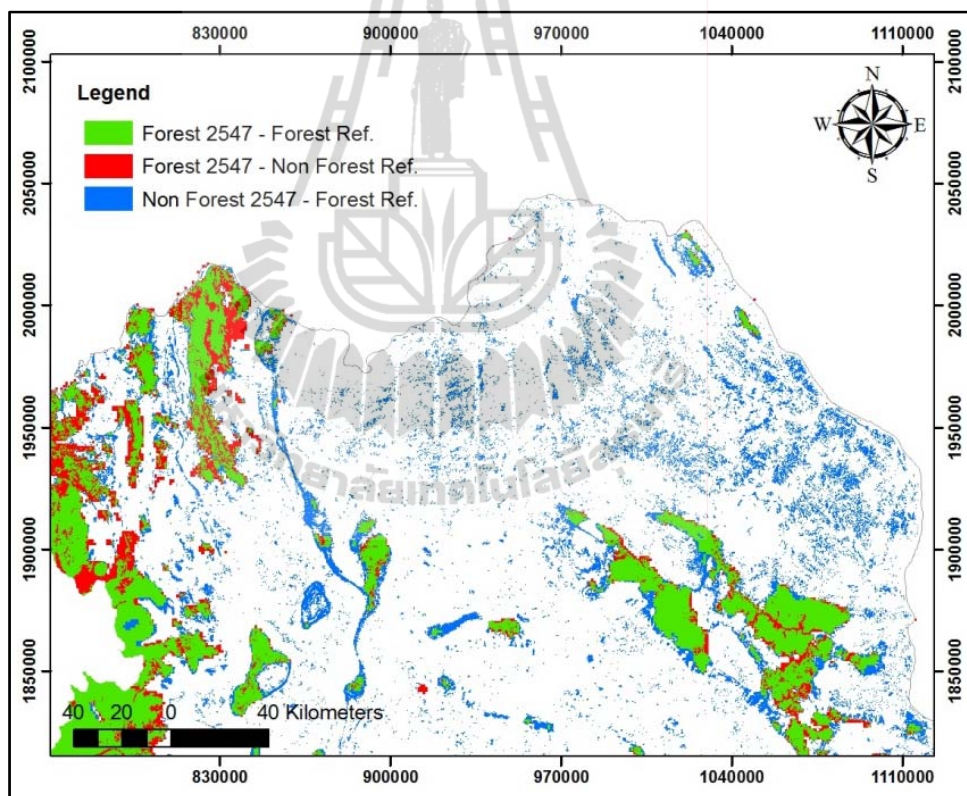


ภาพที่ 4.37 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคเหนือ

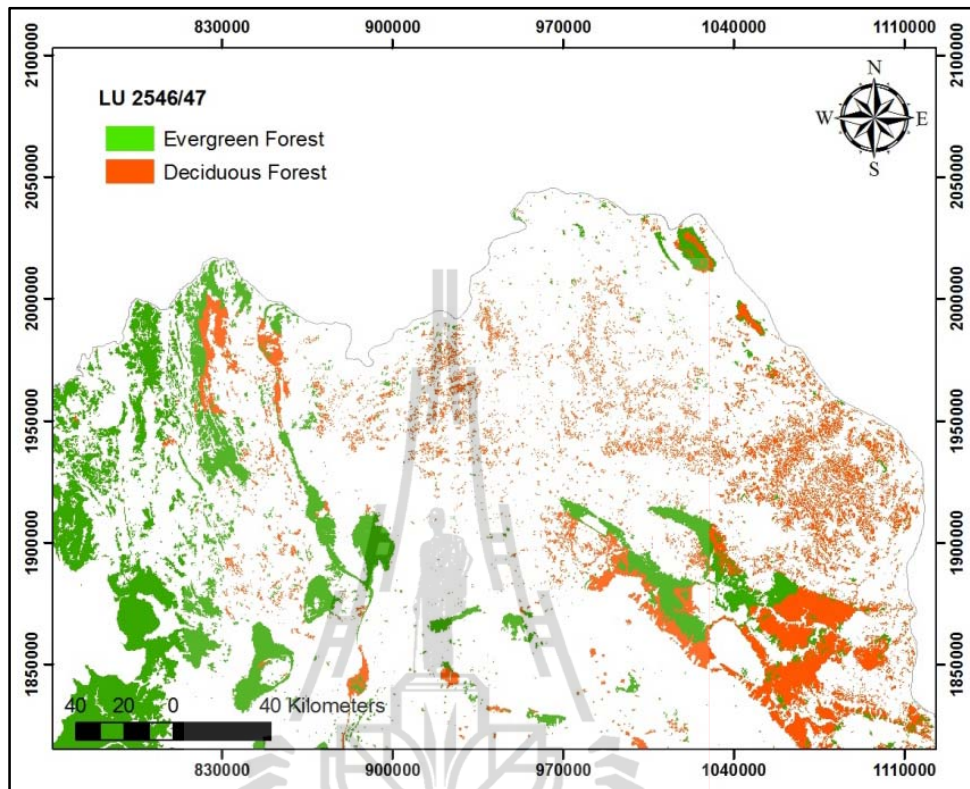


ภาพที่ 4.38 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคเหนือ

ในกรณีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ผลการวิเคราะห์ซ้อนทับพบว่า ในบริเวณที่เกิดความผิดพลาดของการประเมินพื้นที่ไม้ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ (สีน้ำเงิน) (ภาพที่ 4.39) ซึ่งเป็นพื้นที่ของป่าผลัดใบในข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 4.40) โดยมีลักษณะพื้นที่เป็นหย่อมขนาดเล็ก กระจายแบบสุ่ม ทำให้อัตราส่วนของการปกคลุมของป่าผลัดใบในลักษณะนี้ มีโอกาสที่ค่าต่ำกว่าร้อยละ 60 เนื่องจากขนาดจุดภาพของข้อมูล NOAA มีขนาดใหญ่ ทำให้ค่าการสะท้อนที่เป็นตัวแทนของจุดภาพนั้นมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นที่ไม่ใช่ป่าผลัดใบตามที่ปรากฏ (ดูภาพ 2.1d ประกอบ)

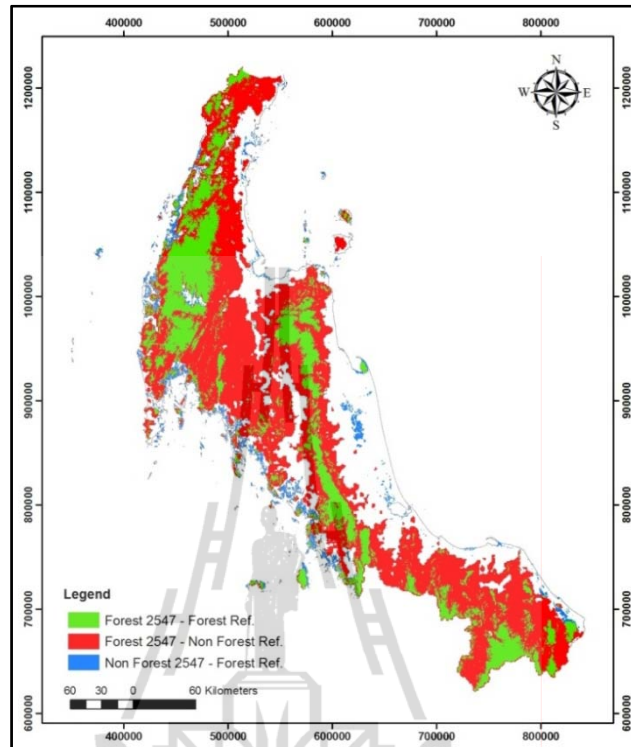


ภาพที่ 4.39 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน

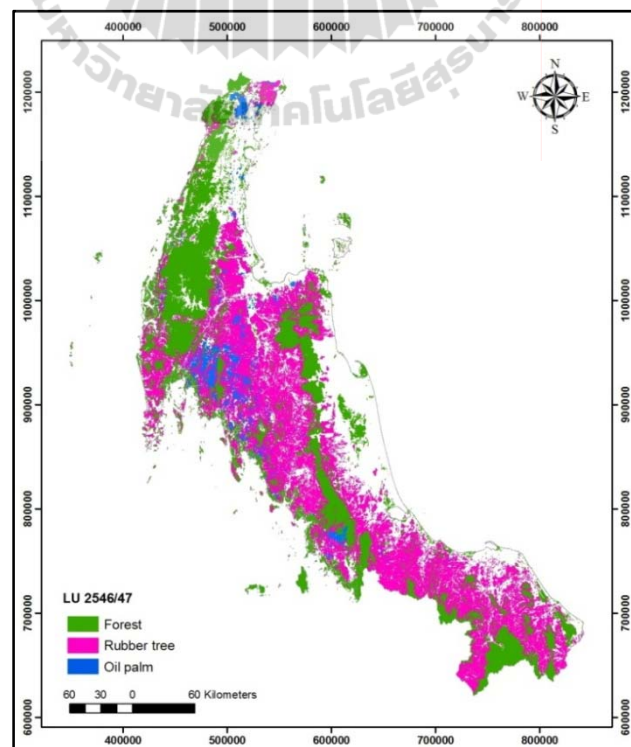


ภาพที่ 4.40 พื้นที่ป่าไม้ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน

ส่วนในกรณีของภาคใต้ พบว่า ในบริเวณที่เกิดความผิดพลาดของการประเมินที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่มีไร่ป่าไม้ (สีแดง) (ภาพที่ 4.41) พบว่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันในข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 4.42) ซึ่งหากพิจารณาจากวิธีการประเมินการปกคลุมป่าไม้ อัตราการปกคลุมพื้นที่ของสวนยางพาราและปาล์มน้ำมันที่สมบูรณ์มีมากกว่าร้อยละ 60 โดยพื้นที่ดังกล่าวยังมีค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปีคล้ายคลึงกับพื้นที่ป่าไม้ในธรรมชาติ ทำให้ยากต่อการจำแนกออกจากพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับ JAFTA (2006) ที่ได้รวมเอาข้อมูลพืชทั้งสองชนิดนี้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของป่าไม้ของประเทศไทยในการประเมินอัตราการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย ในโครงการ The Forest Dynamism Study Project for Eastern Part of Asia (FDSP)



ภาพที่ 4.41 ผลการประเมินความถูกต้อง พ.ศ. 2547 บริเวณภาคใต้



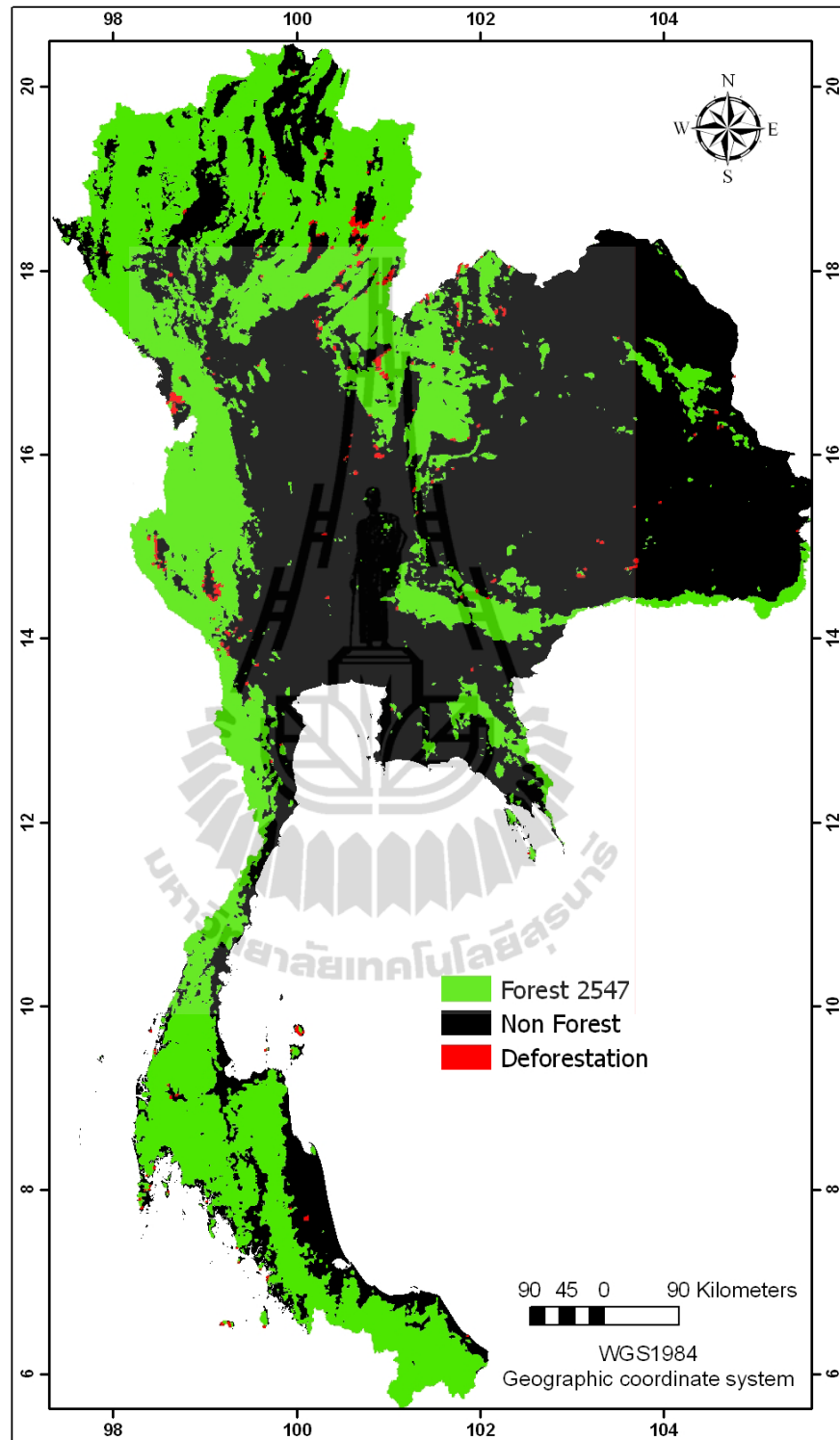
ภาพที่ 4.42 พื้นที่ป่าไม้ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 บริเวณภาคใต้

4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (Forest cover changes)

ผลของการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ที่ประเมินจากข้อมูลอัตราการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 และ 2551 อธิบายการเปลี่ยนแปลงใน 2 รูปแบบคือ (1) พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (Deforestation) และ (2) พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (Forest degradation)

4.5.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (Deforestation)

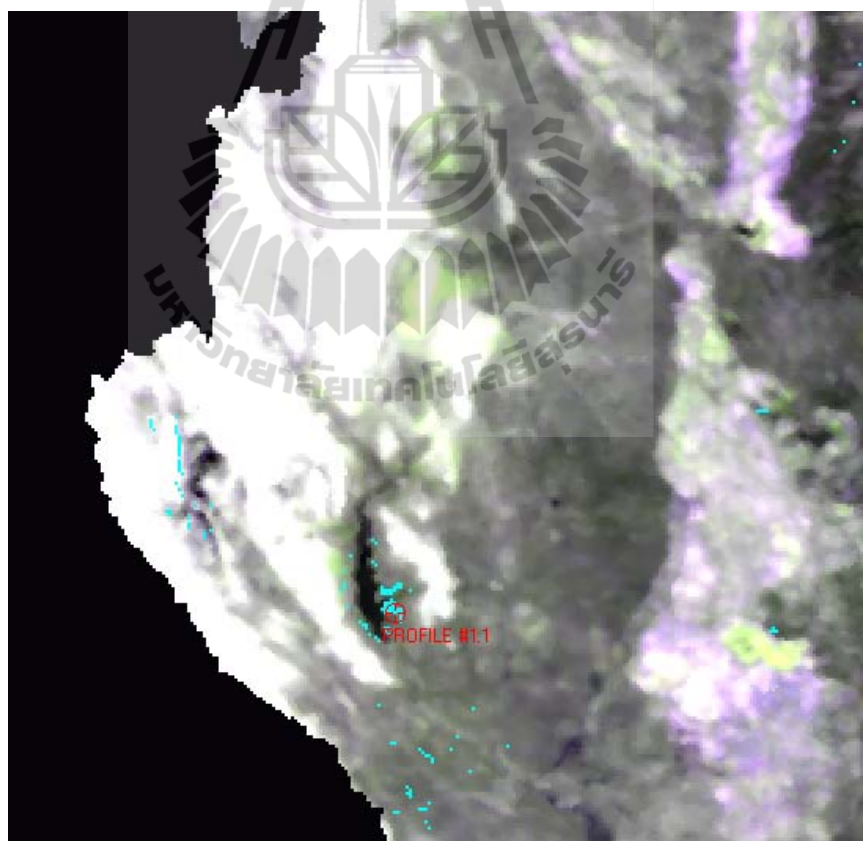
พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายซึ่งได้ประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 โดยอาศัยเงื่อนไขกำหนดพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายจากสมการที่ 3.9 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ถูกบุกรุกทำลายใน พ.ศ. 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 908.65 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ประเทศ (ภาพที่ 4.43) และพบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายที่เกิดขึ้น ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 พบมากในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศ โดยคิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 508.35 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 55.95 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายทั้งหมด และรองลงมาพบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 170.68 และ 163.56 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับหรือ คิดเป็นร้อยละ 18.78 และ 18.00 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายทั้งหมด ตามลำดับ นอกจากนี้พบกระจายอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออก ดังรายละเอียดสรุปในตารางที่ 4.7 สำหรับรายละเอียดของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายในระดับจังหวัด แสดงไว้ในภาคผนวก ก ภาพที่ 4.44 แสดงพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2551 ที่ได้จากการประเมินการเปลี่ยนแปลงการปกคลุม และภาพที่ 4.45 แสดงโปรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่าง พ.ศ. 2547 (คาบเวลา 1 - 36) และ พ.ศ. 2551 (คาบเวลา 37 - 72) ซึ่งพบว่า ค่า NDVI พ.ศ. 2551 มีค่าต่ำกว่าค่า NDVI ใน พ.ศ. 2547 และรูปแบบของโปรไฟล์ไม่สอดคล้องกับพื้นที่ป่าไม้ ฉะนั้น จุดภาพบริเวณนี้จึงเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายที่เกิดขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551



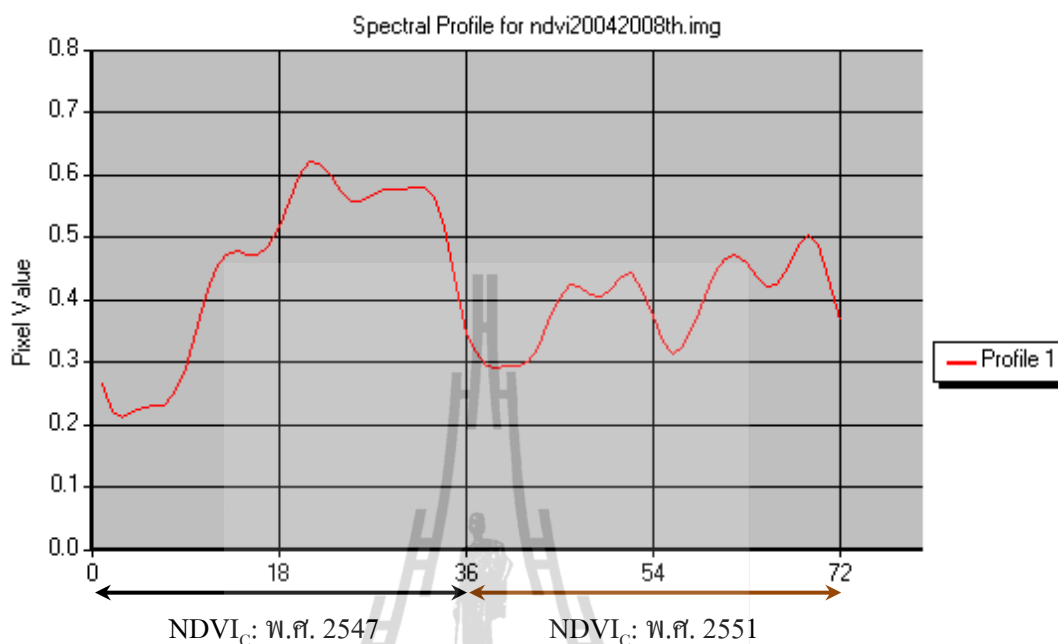
ภาพที่ 4.43 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (deforestation) ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

ตารางที่ 4.7 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค

ภาค	พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547	พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551	พื้นที่ป่าไม้ ที่ถูกทำลาย	ร้อยละของ พื้นที่ที่ถูกทำลาย
เหนือ	97,359.65	100,727.93	508.35	55.95
ตะวันออกเฉียงเหนือ	21,747.11	23,627.52	170.68	18.78
กลาง	22,923.77	24,804.32	163.56	18.00
ตะวันออก	7,907.18	10,334.87	6.43	0.71
ใต้	49,860.07	55,636.30	59.63	6.56
รวม	199,797.77	215,130.94	908.65	100



ภาพที่ 4.44 จุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551



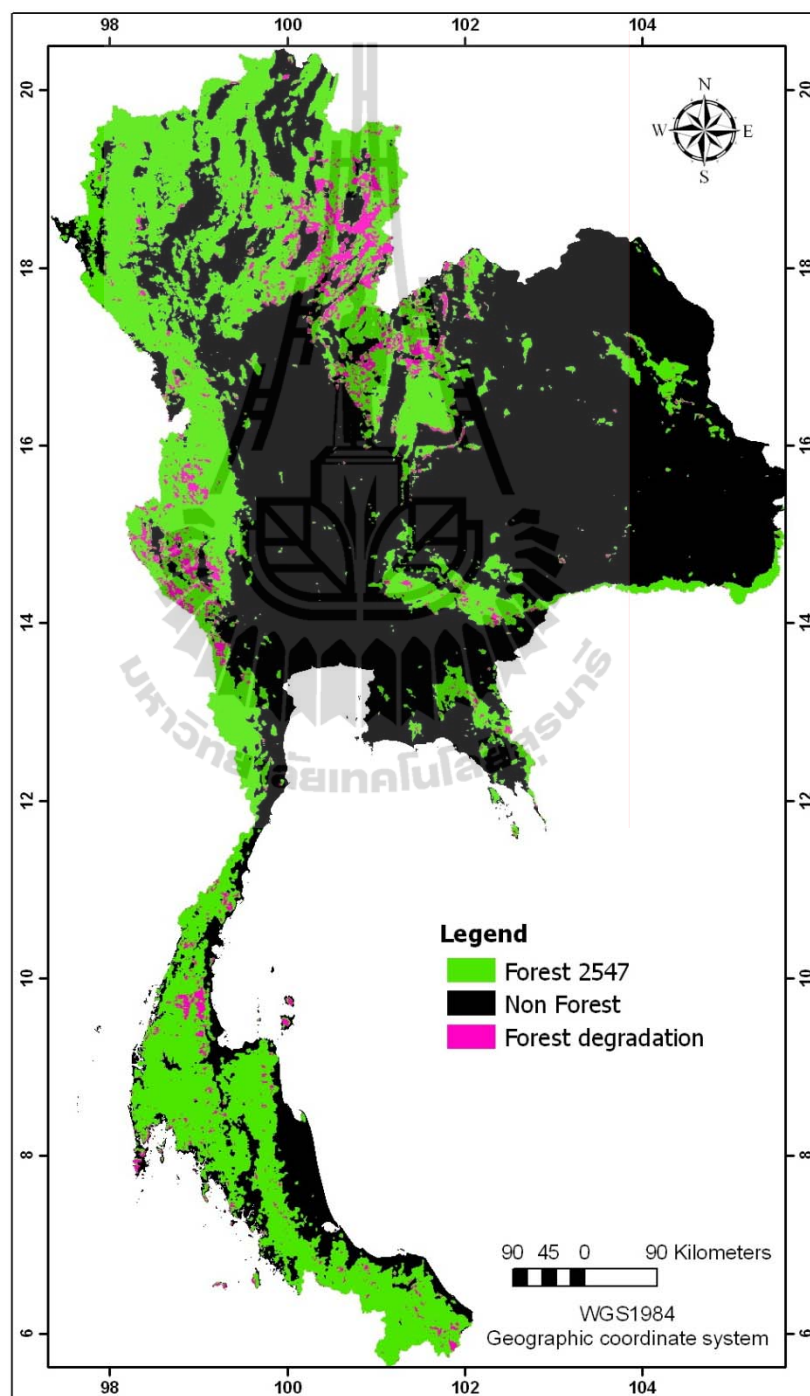
ภาพที่ 4.45 โปรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกรุกรทำลายระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

4.5.2 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (Forest degradation)

พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมซึ่งประเมินจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 โดยอาศัยเงื่อนไขในสมการที่ 3.10 พบว่า ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 มีสภาพเสื่อมโทรมลงใน พ.ศ. 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 18,673.01 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับร้อยละ 3.62 ของพื้นที่ประเทศ (ภาพที่ 4.46) และพบว่า พื้นที่ป่าไม้เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 อยู่ในภาคเหนือของประเทศมากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 10,178.49 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 54.51 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งหมด และรองลงมาในภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 3,093.81 2,806.61 และ 2,067.13 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 16.57 15.03 และ 11.07 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งหมด ตามลำดับ นอกนั้นกระจายอยู่ในภาคตะวันออก ดังรายละเอียดสรุปในตารางที่ 4.8 สำหรับรายละเอียดพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมในระดับจังหวัด แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ภาพที่ 4.47 แสดงพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2551 ส่วนภาพที่ 4.48 แสดงโปรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่างในคาบเวลา 1 - 36 พ.ศ. 2547 และในคาบเวลา 37 - 72 พ.ศ. 2551 ซึ่งพบว่า โปรไฟล์ที่ 1 (เส้นสีแดง) มีลักษณะของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 เป็นพื้นที่ป่าผลัดใบ มีค่า NDVI สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 และโปรไฟล์ที่ 2 (เส้นสีน้ำเงิน) มีลักษณะของพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ พ.ศ. 2547 ที่มีค่า NDVI สูงกว่าใน

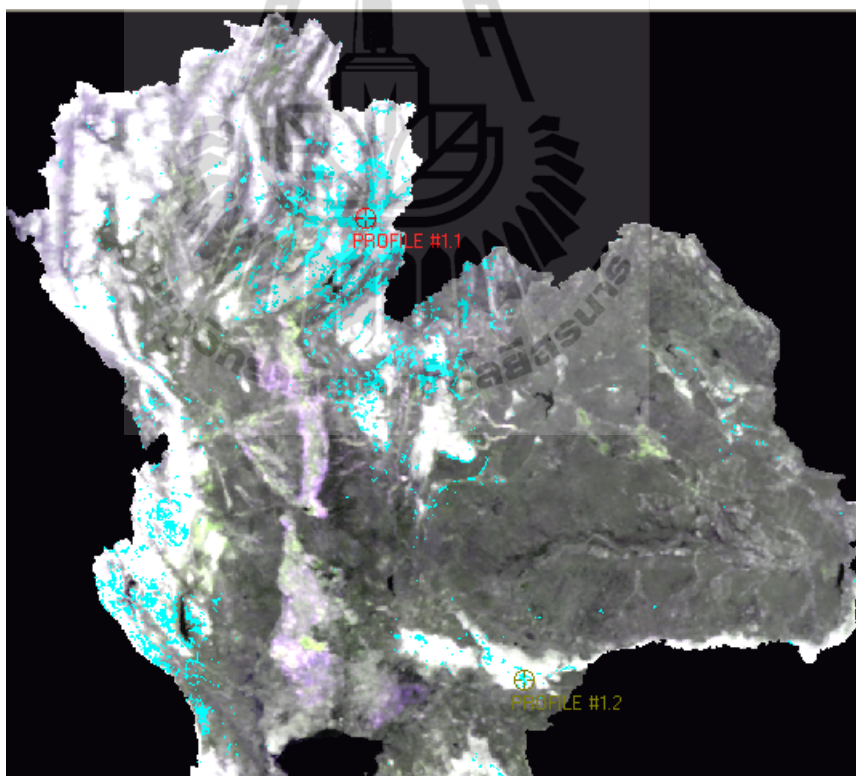
พ.ศ. 2551 และลักษณะของโปรไฟล์ทั้งสองเหมือนกัน คือ มีความเคลื่อนไหวของค่า NDVI ใน พ.ศ. 2551 แบบเดียวกับ พ.ศ. 2547 เพียงแต่มีค่าต่ำกว่า ฉะนั้น จุดภาพบริเวณนี้จึงเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551



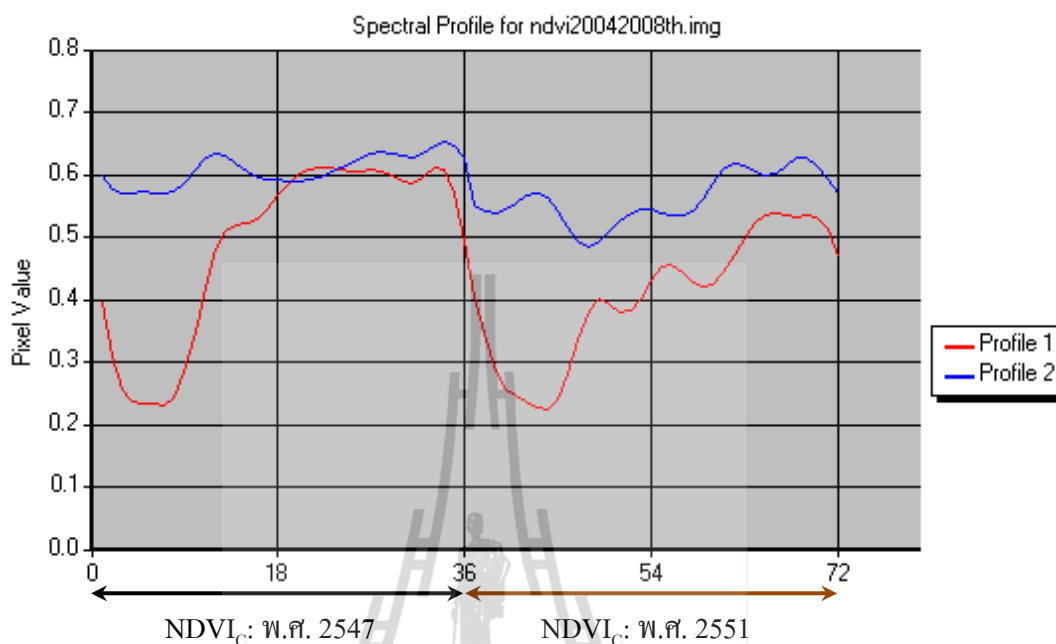
ภาพที่ 4.46 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (forest degradation) ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

ตารางที่ 4.8 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค

ภาค	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่า ที่เสื่อมโทรม	ร้อยละของ พื้นที่เสื่อมโทรม
	พ.ศ. 2547	พ.ศ. 2551		
เหนือ	97,359.65	100,727.93	10,178.49	54.51
ตะวันออกเฉียงเหนือ	21,747.11	23,627.52	2,067.13	11.07
กลาง	22,923.77	24,804.32	3,093.81	16.57
ตะวันออก	7,907.18	10,334.87	526.97	2.82
ใต้	49,860.07	55,636.30	2,806.61	15.03
รวม	199,797.77	215,130.94	18,673.01	100



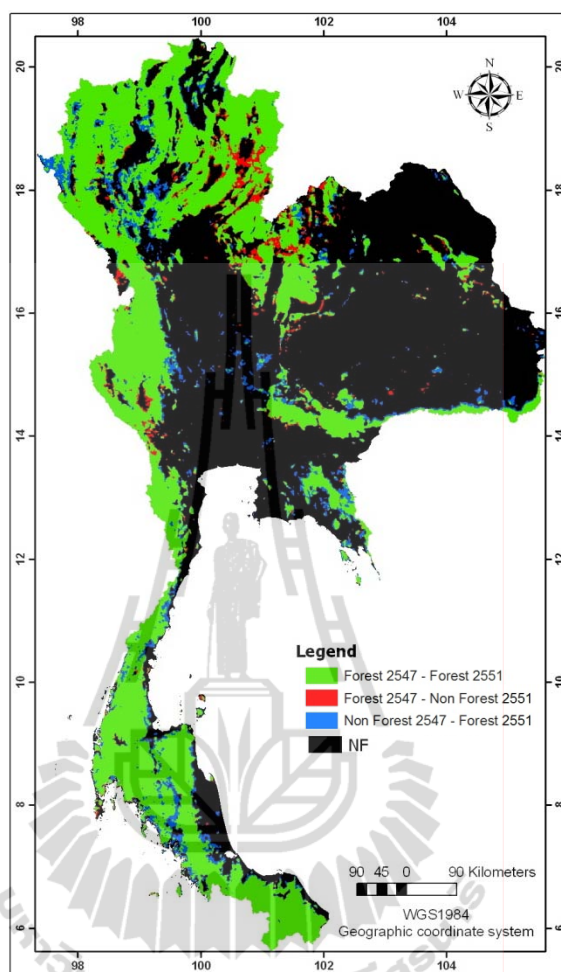
ภาพที่ 4.47 จุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551



ภาพที่ 4.48 โพรไฟล์ของค่า NDVI ของจุดตัวอย่างของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

4.5.3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551

ผลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 เป็นการวิเคราะห์การซ้อนทับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่มิใช่ป่าไม้ภายใต้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ภาพที่ 4.49) เพื่ออธิบายสาเหตุของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมินที่เกิดขึ้น ซึ่งกำหนดให้ สัญลักษณ์สีเขียวเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ เป็นพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 และ 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 186,979.33 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 36.28 ของพื้นที่ประเทศ สัญลักษณ์สีแดงเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 12,818.44 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 2.49 ของพื้นที่ประเทศ และ สัญลักษณ์สีน้ำเงินเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 28,151.61 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 5.46 ของพื้นที่ประเทศ สำหรับรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในระดับจังหวัด ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงไว้ใน ภาคผนวก จ.1 จ.2 และ จ.3 ตามลำดับ



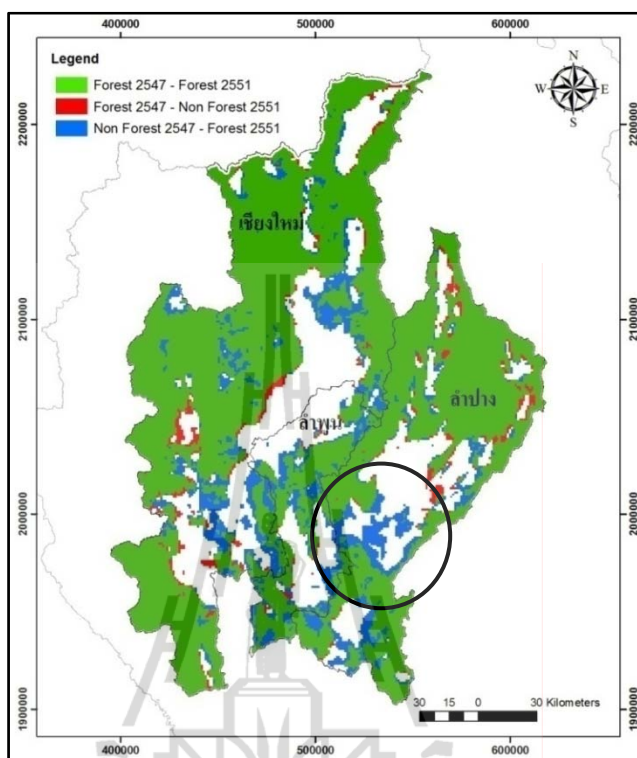
ภาพที่ 4.49 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551

ตารางที่ 4.9 พื้นที่ป่าไม้จากผลการประเมินที่เพิ่มขึ้นและลดลง ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในแต่ละภาค

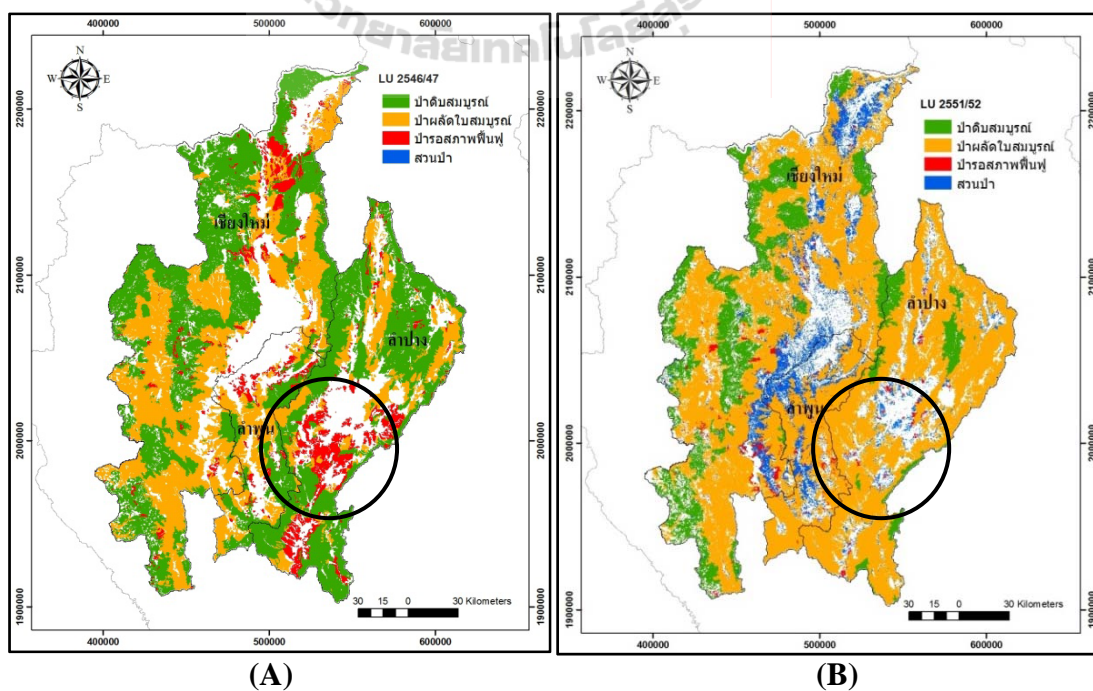
ภาค	พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547	พื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551	พื้นที่ป่า ที่เพิ่มขึ้น	ร้อยละของ พื้นที่เพิ่มขึ้น	พื้นที่ป่า ที่ลดลง	ร้อยละของ พื้นที่ลดลง
เหนือ	97,359.65	100,727.93	10,654.23	37.85	7,285.94	56.84
ตะวันออกเฉียงเหนือ	21,747.11	23,627.52	5,006.87	17.79	3,126.46	24.39
กลาง	22,923.77	24,804.32	3,307.25	11.75	1,428.70	11.13
ตะวันออก	7,907.18	10,334.87	2,774.70	9.86	347.02	2.71
ใต้	49,860.07	55,636.30	6,408.55	22.76	632.32	4.93
รวม	199,797.77	215,130.94	28,151.61	100	12,818.44	100

จากภาพที่ 4.49 และตารางที่ 4.9 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในภาคเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 7,285.94 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.84 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทั้งหมด รองลงมาอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 3,126.46 และ 1,426.70 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 24.39 และ 11.13 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทั้งหมด และเกิดขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้เล็กน้อย ในขณะเดียวกัน จากตารางที่ 4.9 พื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 พบมากในภาคเหนือเช่นเดียวกัน คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 10,654.23 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 37.85 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด รองลงมาพบในภาคใต้และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 6,408.55 และ 5,006.87 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 22.76 และ 17.79 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด และพบที่เหลือในภาคกลางและภาคตะวันออก

ดังนั้น หากนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2546/47 และ 2551/52 ที่มีรายละเอียดการใช้ประโยชน์ในระดับที่ 3 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของภาคเหนือซึ่งเกิดขึ้นมากที่สุด เพื่ออธิบายถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยเลือกใช้ข้อมูลของจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและลำปางเป็นข้อมูลตัวอย่างในการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ ดังแสดงในภาพที่ 4.50 และใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในภาพที่ 4.51 และใช้ข้อมูลของจังหวัดน่านเป็นข้อมูลตัวอย่างในการวิเคราะห์การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ดังแสดงในภาพที่ 4.52 และใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดน่านจากกรมพัฒนาที่ดิน แสดงไว้ในภาพที่ 4.53

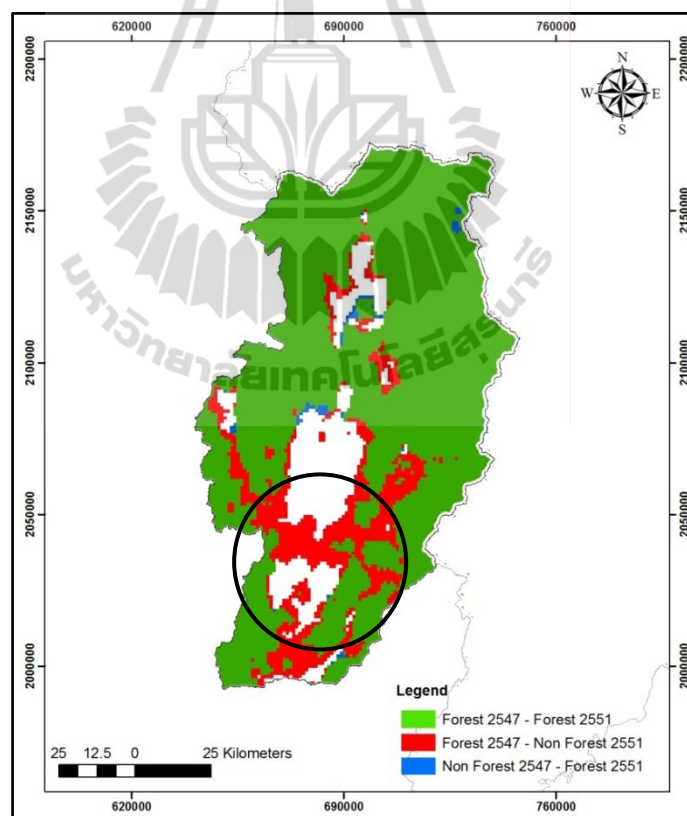


ภาพที่ 4.50 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและลำปาง

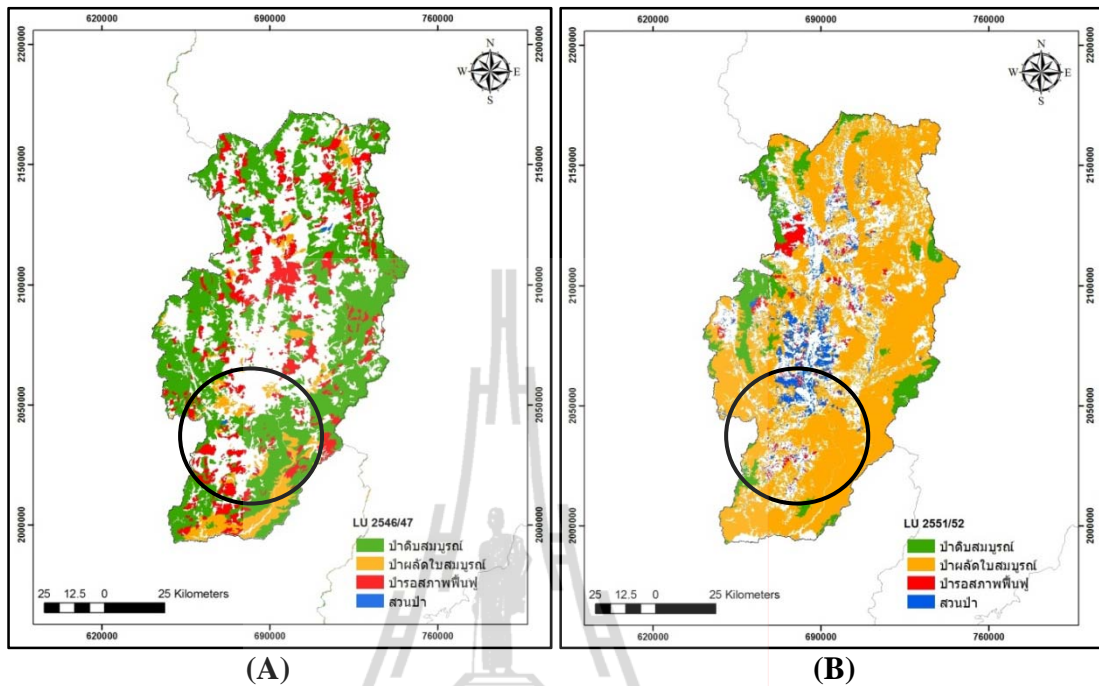


ภาพที่ 4.51 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 (A) และ พ.ศ. 2551/52 (B) บริเวณเชียงใหม่ ลำพูนและลำปาง

จากภาพที่ 4.50 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่อยู่บริเวณกลางพื้นที่ ริมขอบของพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และหากพิจารณาพื้นที่ในรูปวงกลมที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นร่วมกับภาพที่ 4.51A ซึ่งเป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า เป็นพื้นที่ของป่าไม้ผลัดใบเสื่อมโทรมและป่ารอสภาพฟื้นฟู ซึ่งทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่มีสภาพความเป็นป่าเล็กน้อย ส่งผลให้มีค่า NDVI ต่ำ จึงมีผลทำให้การประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยอาศัยสมการและเงื่อนไขที่กำหนดจะไม่ปรากฏเป็นพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดินในภาพที่ 4.51B พบว่า พื้นที่ดังกล่าวเปลี่ยนสภาพเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ ซึ่งหมายถึงว่า มีโอกาสที่ค่า NDVI จะสูงกว่า จึงมีผลทำให้การประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยสมการถอดอยและการกำหนดเงื่อนไขใน พ.ศ. 2551 เป็นพื้นที่ป่าไม้ ทำให้มีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 ถึง 2551

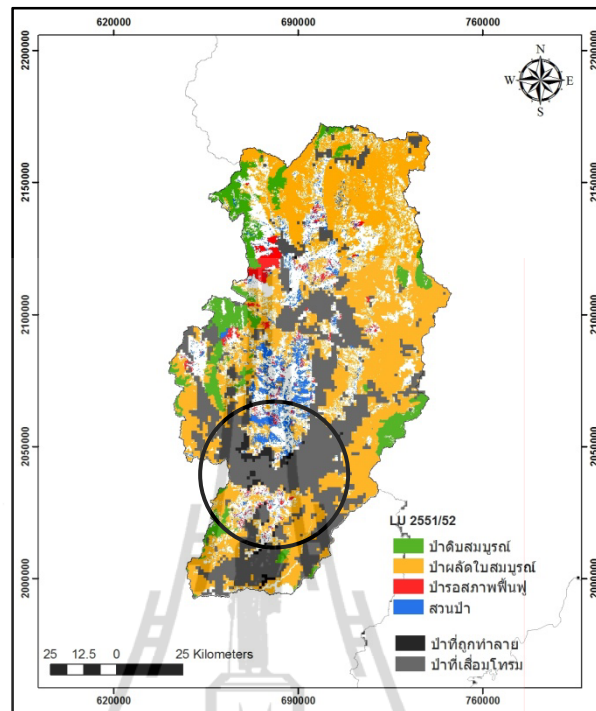


ภาพที่ 4.52 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 บริเวณจังหวัดน่าน



ภาพที่ 4.53 พื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 (A) และ พ.ศ. 2551/52 (B) บริเวณจังหวัดน่าน

ในประเด็นของป่าไม้ที่ลดลง จากภาพที่ 4.52 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนกลางของจังหวัด หากพิจารณาพื้นที่ในรูปวงกลม สัญลักษณ์สีแดงที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงร่วมกับภาพที่ 4.53A ซึ่งเป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2546/47 ของกรมพัฒนาที่ดิน จะพบว่า เป็นพื้นที่ป่าดิบสมบูรณ์ ซึ่งจะมีค่า NDVI ที่ค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี จึงส่งผลให้การประเมินโดยสมการถดถอยและการกำหนดเงื่อนไขใน พ.ศ. 2547 ได้ผลลัพธ์เป็นพื้นที่ป่าไม้ และในขณะเดียวกัน ในภาพที่ 4.53B ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พื้นที่ดังกล่าวเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ ซึ่งสามารถให้ผลลัพธ์ของการประเมินโดยสมการถดถอยและการกำหนดเงื่อนไขใน พ.ศ. 2551 เป็นพื้นที่ป่าไม้ได้เช่นเดียวกัน แต่ผลที่ปรากฏกลายเป็นพื้นที่ป่าที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตาม หากนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ใน 2 รูปแบบคือ พื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมาซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน ดังภาพที่ 4.54 พบว่า ในพื้นที่ที่ป่าไม้ที่ลดลงนั้น เป็นทั้งพื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ซึ่งหมายความว่า ในคาบเวลาทั้งหมด 36 คาบ (1 ปี) อาจมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดขึ้น หรือความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าลดลง จึงมีผลทำให้การประเมินอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูล NDVI ใน พ.ศ. 2552 กลายเป็นพื้นที่มิใช่ป่า ส่งผลให้มีพื้นที่ป่าไม้ลดลงในระหว่าง พ.ศ. 2547 ถึง 2551



ภาพที่ 4.54 ข้อมูลพื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ซ้อนทับพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2551/52 ของจังหวัดน่านของกรมพัฒนาที่ดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR เพื่อประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทยใน พ.ศ. 2547 และ 2551 รวมถึงเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของป่าไม้ที่เกิดขึ้น มีบทสรุปและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 บทสรุป

จากผลการศึกษาการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทยโดยอาศัยข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลและการประมวลผลเบื้องต้น

ในการจัดเตรียมข้อมูลทำการรวบรวมข้อมูล NOAA-AVHRR จำนวนทั้งหมด 712 ภาพ เพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเชิงตำแหน่งของข้อมูล (radiometric and geometric correction) การสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณในรูปแบบ NDVI และข้อมูล NDVI แบบภาพผสม เพื่อลดผลกระทบจากอิทธิพลของเมฆ และเพื่อให้ข้อมูลภาพผสมปรากฏค่าข้อมูลตามสภาพอากาศที่ผันแปรในแต่ละปีได้อย่างชัดเจนต้องทำการสร้างข้อมูลโดยเทคนิค Local Maximum Fitting (LMF) และการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (harmonic analysis) เพื่อทำให้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณมีความต่อเนื่องในรอบอนุกรมเวลา รวมทั้งการจัดเตรียมชั้นข้อมูลอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ (forest cover rate) ซึ่งเป็นตัวแปรต้น และข้อมูลตัวแปรตาม ประกอบด้วย ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี (annual maximum NDVI_c) แอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี (annual NDVIC amplitude) คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า (length of vitality period) ระดับความสูง (altitude) และละติจูด (latitude) สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (MRA) เพื่อประเมินการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 และ 2551

5.1.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (MRA)

ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณใช้ข้อมูล พ.ศ. 2547 เป็นปีต้นแบบ บนสมมุติฐานว่า อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงกับดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี แอมพลิจูดของดัชนีพืชพรรณรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า ระดับความสูงและ

ละติจูด และจากผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) พบว่า สมการถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรงที่เหมาะสมสูงสำหรับใช้ในการประเมินค่าอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่า คือ

$$Y = (137.016 \times X_1) + (0.943 \times X_3) + (0.007 \times X_4) - 23.887$$

โดยที่ Y	เป็น อัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ หน่วยเป็นร้อยละ
X_1	เป็น ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี หน่วยเป็นค่าดัชนีพืชพรรณ
X_3	เป็น คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่า หน่วยเป็นจำนวนครั้ง
X_4	เป็น ระดับความสูง หน่วยเป็นเมตร

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.958

5.1.3 การประเมินการปกคลุมของป่าไม้

จากการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ที่อาศัยสมการที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอนระหว่างอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะความเป็นป่าและระดับความสูง และเงื่อนไขที่ใช้กำหนดให้พื้นที่ที่มีป่าปกคลุมต้องมีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 พบว่า ใน พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 199,797.77 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 38.77 ของพื้นที่ประเทศ และใน พ.ศ. 2551 มีการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 215,130.94 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 41.75 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

จากผลการประเมินความถูกต้องของการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2547 กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 ของกรมป่าไม้ พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 81.31 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับร้อยละ 59.44 ในขณะเดียวกัน ผลการประเมินความถูกต้องของการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ พ.ศ. 2551 กับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2551 ของกรมป่าไม้ พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับร้อยละ 81.01 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับร้อยละ 59.82

5.1.4 การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้

การเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ที่ประเมินจากข้อมูลการปกคลุมของป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 และ 2551 อธิบายการเปลี่ยนแปลงใน 2 รูปแบบคือ (1) พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (Deforestation) และ (2) พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม (Forest degradation)

5.1.4.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ซึ่งได้จากการประเมินการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 โดยอาศัยเงื่อนไขที่กำหนดคือ พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย หมายถึง พื้นที่ที่มีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 และความแตกต่างระหว่างอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 กับอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 และอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยพบว่า พื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 ถูกบุกรุกทำลายใน พ.ศ. 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 908.65 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับร้อยละ 0.18 ของพื้นที่ประเทศ และ พบว่า ภาคเหนือเป็นภาคที่มีพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 มากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 508.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 55.95 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายทั้งหมด และรองลงมาพบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 170.68 และ 163.56 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 18.78 และ 18.00 ตามลำดับ นอกนั้นพบกระจายอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออก

5.1.4.2 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551

พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ซึ่งได้จากการประเมินจากการเปลี่ยนแปลงการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 โดยอาศัยเงื่อนไขที่กำหนดคือ พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม หมายถึง พื้นที่ที่มีอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 60 และความแตกต่างระหว่างอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2547 กับอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 และอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ใน พ.ศ. 2551 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 โดยพบว่า ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ พ.ศ. 2547 มีสภาพเสื่อมโทรมลงใน พ.ศ. 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 18,673.01 ตารางกิโลเมตร หรือเท่ากับร้อยละ 3.62 ของพื้นที่ประเทศ และพบว่า ในภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมเกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 มากที่สุด คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 10,178.49 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 54.51 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งหมด และรองลงมาพบในภาคกลางและภาคใต้ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 3,093.81 และ 2,806.61 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 16.57 และ 15.03 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งหมด ตามลำดับ และพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 2,067.13 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11.07 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรมทั้งหมด นอกจากนั้นพบกระจายในภาคตะวันออก

5.1.4.3 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมินที่เกิดขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 เป็นการวิเคราะห์การซ้อนทับข้อมูลพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่มิใช่ป่าไม้ภายใต้ระบบสารสนเทศ

ทางภูมิศาสตร์ เพื่ออธิบายสาเหตุของเพิ่มขึ้นหรือลดลงที่พื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้น โดยพบว่า มีพื้นที่ป่าไม้ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 186,979.33 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 36.28 ของพื้นที่ประเทศ ในขณะที่เดียวกัน พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 12,818.44 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 2.49 ของพื้นที่ประเทศ และพบว่ามีพื้นที่ป่าที่เพิ่มขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 28,151.61 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 5.46 ของพื้นที่ประเทศ โดยพบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในภาคเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 7,285.94 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.84 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทั้งหมด รองลงมาอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 3,126.46 และภาคกลาง 1,426.70 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 24.39 และ 11.23 ของพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงทั้งหมด ตามลำดับ และพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้เล็กน้อย ในขณะเดียวกัน พื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2547 และ 2551 พบมาก ในภาคเหนือเช่นเดียวกัน คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 10,654.23 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 37.85 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด รองลงมาพบในภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นเนื้อที่เท่ากับ 6,408.55 และ 5,006.87 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 22.76 และ 17.79 ของพื้นที่ป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด ตามลำดับ และพบที่เหลือในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นอกจากนี้ เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ใน พ.ศ. 2546/47 ซึ่งจัดทำจากการแปลตีความภาพจากถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1:25,000 และมีรายละเอียดการใช้ประโยชน์ในระดับที่ 3 มาซ้อนทับกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของภาคเหนือซึ่งเกิดขึ้นมากที่สุด เพื่ออธิบายถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยพบว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในพื้นที่ตัวอย่างจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูนและลำปาง มีสาเหตุมาจากพื้นที่ไม้ไผ่ป่าใน พ.ศ. 2547 มีสภาพเป็นป่าไม้ผลัดใบเสื่อมโทรมและป่ารอสภาพฟื้นฟู ซึ่งมีค่าดัชนีพืชพรรณต่ำ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยอาศัยสมการและเงื่อนไขใน พ.ศ. 2547 เป็นพื้นที่ไม้ไผ่ แต่ต่อมาพื้นที่ดังกล่าวเปลี่ยนสภาพเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ ซึ่งมีค่าดัชนีพืชพรรณสูง จึงทำให้ผลลัพธ์ประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยอาศัยสมการและเงื่อนไขในลักษณะเดียวกันใน พ.ศ. 2551 กลายเป็นพื้นที่ป่าไม้ ส่งผลทำให้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น

ในขณะเดียวกัน การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 ในพื้นที่ตัวอย่างจังหวัดน่าน มีสาเหตุมาจากพื้นที่ป่าใน พ.ศ. 2547 มีสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ ซึ่งมีค่าดัชนีพืชพรรณค่อนข้างสูง ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการประเมินการปกคลุมป่าไม้โดยอาศัยสมการและเงื่อนไขใน พ.ศ. 2547 เป็นพื้นที่ป่า และในขณะเดียวกัน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พื้นที่ดังกล่าวเป็นป่าผลัดใบสมบูรณ์ ซึ่งควรให้ผลลัพธ์

ของการประเมิน โดยสมการและการกำหนดเงื่อนไขใน พ.ศ. 2551 เป็นพื้นที่ป่าไม้ แต่ผลลัพธ์ที่ได้รับกลับตรงกันข้ามกลายเป็นพื้นที่มีไร่ป่า ส่งผลทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง แต่อย่างไรก็ตาม หากนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ใน 2 รูปแบบ คือ พื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมาซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2551/52 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า พื้นที่ที่ป่าไม้ที่ลดลงนี้เป็นทั้งพื้นที่ป่าถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ซึ่งหมายความว่า ในคาบเวลาทั้งหมด 36 คาบ (1 ปี) อาจมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกิดขึ้นหรือความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าลดลง จึงส่งผลทำให้การประเมินอัตราการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้จากข้อมูลดัชนีพืชพรรณใน พ.ศ. 2551 กลายเป็นพื้นที่มีไร่ป่า

จากผลการศึกษาที่ได้รับดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถนำมาใช้ในการประเมินการปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยสมการจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นตรงระหว่างอัตราการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้กับดัชนีพืชพรรณสูงสุดรายปี คาบเวลาการคงรูปลักษณะของความเป็นป่าและระดับความสูง และเงื่อนไขการกำหนดสภาพความเป็นป่าไม้ พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายและพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้รับจากการศึกษาจากการศึกษาการประเมินการปกคลุมของป่าไม้ในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR ในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยอนาคต ดังต่อไปนี้

5.2.1 ควรนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้ในติดตามและตรวจสอบพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การกำหนดพื้นที่เป้าหมายสำหรับติดตามและตรวจสอบการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้ในรูปแบบของ hot spot

5.2.2 ควรทดลองนำข้อมูลจากดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่าข้อมูล NOAA-AVHRR และมีขนาดพื้นที่ครอบคลุมใหญ่คล้ายกับข้อมูล NOAA-AVHRR เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS มาใช้ในการวิจัยตามกรอบแนวคิดเดิมเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้รับว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

5.2.3 ควรติดตามและตรวจสอบการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผลการศึกษาบ่งชี้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เกิดขึ้นในภาคเหนือสูงกว่าภาคอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายและพื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม



รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- กรมป่าไม้. (2551). การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในแต่ละจังหวัด ในประเทศไทย ปี 2543 และ 2547 [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://web2.forest.go.th/stat/stat50/TAB3.htm>.
- กรมป่าไม้. (2551). โครงการจัดทำแผนที่ป่าไม้โดยภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2551 [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.forest.go.th/fl_mgt/index.php?option=com_docman&task=doc_download &gid=8&Itemid](http://www.forest.go.th/fl_mgt/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=8&Itemid).
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). สรุปประเภทการใช้ที่ดินประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551/52 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://osl101.ldd.go.th/luse/luse_product51-52.htm.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2551). ภูมิอากาศของประเทศไทย [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22>.
- มูลนิธิป่าเขตร้อน. (2547). ความรู้เกี่ยวกับป่า [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tropicalforest.or.th/knowledge.htm>.
- สุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2545). สถานภาพทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทย. เอกสารบรรยาย “สารสนเทศภูมิศาสตร์และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม” สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม. (2549). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่10 [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=139>.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2538). ธรณีสัณฐานประเทศไทยจากห้วงอวกาศ. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- หรรษา วัฒนานุกิจ. (2541). ประสิทธิภาพขนาดของการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมความถี่ข้อมูลสูง NOAA กับลุ่มน้ำในประเทศไทย (เจ้าพระยาตอนล่าง) [ออนไลน์]. ได้จาก: http://gis.eng.ku.ac.th/Research/TTSF3_abs.html.
- อุทิศย์ กุญชรินทร์, (2542). นิเวศวิทยาพื้นฐานเพื่อการป่าไม้. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Center for Earth and Planetary Studies. (1999). **Remote Sensing of Forest Canopy Structure** [Online]. Available: <http://www.nasm.si.edu/ceps/research/johnston/dc/forest.html>.
- Choudhury, K. and Jansen, L. J. M. (eds.). (1998). **Terminology for Integrated Resources Planning and Management** [Online]. Available: <http://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/landglos.pdf>.
- Doelling, D. R., Garber, D. P., Avey, L. A., Nguyen, L. and Minnis, P. (2007). **The Calibration of AVHRR visible dual gain using Meteosat-8 for NOAA-16 to 18** [Online]. Available: http://www-pm.larc.nasa.gov/calibration/pub/conference/Doelling_SPIE_07_final.pdf.
- Hussin, Y. A. (2002). Detecting tropical deforestation using optical and radar remotely sensed data in Southeast Asia. In Roy, P. S., Stibig, H. J. and Agrawal, S. (eds.). **Forest cover assessment in Asia** (pp 101-109). Dehra Dun: Shiva Offset Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Summary for Policymakers. In Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., and Miller, H.L. (eds.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** (pp 2-18). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Japan Forest Technology Association. (2006). **The forest dynamism study project for Eastern part of Asia (FDSP) Report 2005/2006**. Japan, JAFTA.
- Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective** (3rd ed). New Jersey: United state of America.
- Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. **Advances in Space Research**. 15(11): 91-100.
- Kevin Gallo. (1994). Overview of South-East Asia land cover using a NOAA. **Geocarto International**. 9(4): 45-52.

- Lei, L. and Yokoyama, R. (2001). An algorithm of extracting optimal pixels for AVHRR 10-day composite image data set of Asian region. **Geoscience and Remote Sensing Symposium**. 5(2001, July): 2334-2336.
- Lertlum, L. and Murai, S. (1994). **Forest mapping with NOAA AVHRR data case study: Effect of thermal band for refining forest mapping** [Online]. Available: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS1994/Papers/FR94-4.htm>.
- Nagatani, I., Saito, G., Toritani, H. and Sawada, H. (2002). **Agricultural map of Asian region using time series AVHRR NDVI data** [Online]. Available: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2002/Papers/PS202-4.pdf>.
- National Climatic Data Center. (2009). **NOAA-KLM User's Guide** [Online]. Available: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/pod-guide/ncdc/docs/klm/html/c7/sec7-1.htm>.
- Ongsomwang, S. (2002). Forest assessment and conservation in Thailand. In Roy, P. S., Stibig, H. J. and Agrawal, S. (eds.). **Forest cover assessment in Asia** (pp 101-109). Dehra Dun: Shiva Offset Press.
- Ongsomwang, S. (2006). Forest Cover Assessment in Thailand. In **Land Use and Land Cover Change Research in Thailand**: 28 November 2006. Bangkok, THAILAND. (Unpublished manuscript).
- Roy, P. S., Joshi, P. K., Talukdar, G., Chadrashekar, M. B., Jegannathan, C., Saran, S., Kushwaha, S. P. S., Singh, S., Tripath, R. S., Porwal, M. C., Tiwari, A. K., Sudhakar, S., Singh, H., Singh, T. P., Kumar, U. and Tomar, S. (2002). Biodiversity characterization at landscape level and defining conservation strategies. In Roy, P. S., Stibig, H. J. and Agrawal, S. (eds.). **Forest cover assessment in Asia** (pp 101-109). Dehra Dun: Shiva Offset Press.
- Sawada, H., Sawada Y., Nagatani, I. and Anazawa, M. (2002). Phenology analysis using remote sensing. In Roy, P. S., Stibig, H. J. and Agrawal, S. (eds.). **Forest cover assessment in Asia** (pp 101-109). Dehra Dun: Shiva Offset Press.

- Schoene, D., Killmann, W., Lüpke, H. and LoycheWilkie, M. (2007). **Definitional issues related to reducing emissions from deforestation in developing countries** [Online]. Available: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9345e/j9345e00.pdf>.
- Seiler, R. A., Kogan, F. N. and Guo Wei. (2000). **Monitoring weather impact and crop yield from NOAA-AVHRR data in Argentina**. Adv. Space Res. 26(7): 1177-1185.
- Suzuki, J. and Shibasaki, R. (1997). **Development of land cover classification method using Noaa Avhrr, Landsat TM and DEM images** [Online]. Available: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS1997/Papers/PS397-2.htm>.
- Lertlum, S., Murai, S. and Hinda, K. (1997). **Forest Monitoring Framework At Regional Level Using Multi-Resolution Satellite Data With Combination Of Optical And Thermal Bands** [Online]. Available: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS1997/Papers/FR97-6.htm>.
- The Global Forest Resources Assessment. (2000). **Forest cover mapping & monitoring with NOAA-AVHRR & other coarse spatial resolution sensors**. [Online]. Available: <http://www.fao.org/docrep/007/ae161e/ae161e00.HTM>.
- United Nations Environment Programme. (1998). **Land Cover Assessment and Monitoring** [Online]. Available: <http://www.rrcap.unep.org/lc/cd/html/thailand.html>.
- Wada, Y. and Ohira, W. (2004). **Reconstructing cloud free SPOT/Vegetation using harmonic analysis with local maximum fitting** [Online]. Available: <http://www.microimages.com/papers/ACRS25.pdf>.
- Weng, C. G. and Tateishi, R. (1996). **Land Cover Classification of Asia Region Using NOAA AVHRR 1-KM Dataset** [Online]. Available: http://www.geospatialworld.net/index.php?option=com_content&view=article&id=15268&catid=124%3Aenvironment-conservation-monitoring&Itemid=41.



ภาคผนวก ก

พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 รายจังหวัด

ก.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 รายจังหวัด

ตารางที่ ก.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 รายจังหวัด

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	2,175.31	25.47	2.23	1.09
จังหวัดตาก	12,394.86	71.75	12.73	6.20
จังหวัดนครสวรรค์	655.79	6.85	0.67	0.33
จังหวัดน่าน	10,668.78	87.34	10.96	5.34
จังหวัดพะเยา	3,409.10	55.14	3.50	1.71
จังหวัดพิจิตร	7.76	0.18	0.01	0.00
จังหวัดพิษณุโลก	4,906.53	46.61	5.04	2.46
จังหวัดลำปาง	8,134.05	65.13	8.35	4.07
จังหวัดลำพูน	1,872.50	41.81	1.92	0.94
จังหวัดสุโขทัย	1,989.98	29.83	2.04	1.00
จังหวัดอุตรดิตถ์	5,123.17	65.21	5.26	2.56
จังหวัดอุทัยธานี	3,385.04	51.12	3.48	1.69
จังหวัดเชียงราย	6,464.57	55.81	6.64	3.24
จังหวัดเชียงใหม่	15,416.01	69.71	15.83	7.72
จังหวัดเพชรบูรณ์	5,305.23	42.96	5.45	2.66
จังหวัดแพร่	5,327.11	82.07	5.47	2.67
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	10,123.85	79.32	10.40	5.07
รวม ภาคเหนือ	97,359.65	-	100.00	48.73
จังหวัดกาฬสินธุ์	458.29	6.62	2.11	0.23
จังหวัดขอนแก่น	758.67	7.13	3.49	0.38
จังหวัดชัยภูมิ	3,772.53	29.81	17.35	1.89
จังหวัดนครพนม	225.80	4.00	1.04	0.11
จังหวัดนครราชสีมา	3,720.21	17.90	17.11	1.86

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดบุรีรัมย์	781.94	7.75	3.60	0.39
จังหวัดมุกดาหาร	1,259.01	30.54	5.79	0.63
จังหวัดยโสธร	101.98	2.47	0.47	0.05
จังหวัดร้อยเอ็ด	71.45	0.91	0.33	0.04
จังหวัดศรีสะเกษ	779.32	8.73	3.58	0.39
จังหวัดสกลนคร	961.24	10.03	4.42	0.48
จังหวัดสุรินทร์	478.38	5.40	2.20	0.24
จังหวัดหนองคาย	324.97	4.46	1.49	0.16
จังหวัดหนองบัวลำภู	233.21	5.70	1.07	0.12
จังหวัดอำนาจเจริญ	124.23	3.78	0.57	0.06
จังหวัดอุดรธานี	773.13	6.98	3.56	0.39
จังหวัดอุบลราชธานี	1,335.89	8.55	6.14	0.67
จังหวัดเลย	5,586.85	53.35	25.69	2.80
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	21,747.11	-	100.00	10.88
จังหวัดกาญจนบุรี	12,409.95	63.92	54.14	6.21
จังหวัดชัยนาท	9.32	0.37	0.04	0.00
จังหวัดพระจวบคีรีขันธ์	3,155.05	48.91	13.76	1.58
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	14.95	0.58	0.07	0.01
จังหวัดราชบุรี	1,864.22	35.90	8.13	0.93
จังหวัดลพบุรี	305.91	4.70	1.33	0.15
จังหวัดสมุทรสงคราม	38.26	9.24	0.17	0.02
จังหวัดสระบุรี	819.60	23.47	3.58	0.41
จังหวัดสิงห์บุรี	1.38	0.17	0.01	0.00
จังหวัดสุพรรณบุรี	614.93	11.33	2.68	0.31
จังหวัดเพชรบุรี	3,690.19	59.78	16.10	1.85
รวม ภาคกลาง	22,923.77	-	100.00	11.47
จังหวัดจันทบุรี	2,253.42	35.37	28.50	1.13
จังหวัดฉะเชิงเทรา	671.84	13.00	8.50	0.34
จังหวัดชลบุรี	201.40	4.47	2.55	0.10
จังหวัดตราด	833.49	28.97	10.54	0.42
จังหวัดนครนายก	735.98	34.36	9.31	0.37

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดปราจีนบุรี	1,521.17	30.39	19.24	0.76
จังหวัดระยอง	340.34	9.25	4.30	0.17
จังหวัดสระแก้ว	1,349.52	19.58	17.07	0.68
รวม ภาคตะวันออก	7,907.18	-	100.00	3.96
จังหวัดกระบี่	4,013.14	82.07	8.05	2.01
จังหวัดชุมพร	4,431.83	73.73	8.89	2.22
จังหวัดตรัง	2,697.33	58.78	5.41	1.35
จังหวัดนครศรีธรรมราช	5,561.88	56.03	11.15	2.78
จังหวัดนราธิวาส	3,745.10	83.42	7.51	1.87
จังหวัดปัตตานี	711.18	36.18	1.43	0.36
จังหวัดพังงา	3,150.08	78.98	6.32	1.58
จังหวัดพัทลุง	1,549.08	45.54	3.11	0.78
จังหวัดภูเก็ต	189.69	34.88	0.38	0.09
จังหวัดยะลา	4,297.69	96.04	8.62	2.15
จังหวัดระนอง	2,510.51	80.23	5.04	1.26
จังหวัดสงขลา	4,430.17	61.67	8.89	2.22
จังหวัดสตูล	1,958.45	69.11	3.93	0.98
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	10,613.94	80.98	21.29	5.31
รวม ภาคใต้	49,860.07	-	100.00	24.96
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ	199,797.77	-	-	100.00

ภาคผนวก ข

พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2551 รายจังหวัด

ข.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2551 รายจังหวัด

ตารางที่ ข.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2551 รายจังหวัด

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	2,354.53	27.57	2.34	1.09
จังหวัดตาก	12,986.33	75.18	12.89	6.04
จังหวัดนครสวรรค์	1,059.40	11.07	1.05	0.49
จังหวัดน่าน	9,060.31	74.18	8.99	4.21
จังหวัดพะเยา	3,412.35	55.19	3.39	1.59
จังหวัดพิจิตร	20.62	0.47	0.02	0.01
จังหวัดพิษณุโลก	4,325.09	41.09	4.29	2.01
จังหวัดลำปาง	9,158.89	73.34	9.09	4.26
จังหวัดลำพูน	2,637.50	58.89	2.62	1.23
จังหวัดสุโขทัย	2,098.46	31.46	2.08	0.98
จังหวัดอุตรดิตถ์	4,030.97	51.31	4.00	1.87
จังหวัดอุทัยธานี	4,067.83	61.43	4.04	1.89
จังหวัดเชียงราย	7,160.21	61.82	7.11	3.33
จังหวัดเชียงใหม่	16,953.17	76.66	16.83	7.88
จังหวัดเพชรบูรณ์	4,594.97	37.21	4.56	2.14
จังหวัดแพร่	4,839.92	74.57	4.80	2.25
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	11,967.37	93.76	11.88	5.56
รวม ภาคเหนือ	100,727.93	-	100.00	46.82
จังหวัดกาฬสินธุ์	453.00	6.54	1.92	0.21
จังหวัดขอนแก่น	920.67	8.65	3.90	0.43
จังหวัดชัยภูมิ	3,547.86	28.04	15.02	1.65
จังหวัดนครพนม	243.49	4.32	1.03	0.11
จังหวัดนครราชสีมา	4,404.16	21.19	18.64	2.05

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดบุรีรัมย์	1,166.79	11.57	4.94	0.54
จังหวัดมหาสารคาม	4.76	0.08	0.02	0.00
จังหวัดมุกดาหาร	1,169.65	28.37	4.95	0.54
จังหวัดยโสธร	83.81	2.03	0.35	0.04
จังหวัดร้อยเอ็ด	58.32	0.74	0.25	0.03
จังหวัดศรีสะเกษ	1,270.72	14.23	5.38	0.59
จังหวัดสกลนคร	1,009.61	10.53	4.27	0.47
จังหวัดสุรินทร์	779.16	8.79	3.30	0.36
จังหวัดหนองคาย	398.30	5.46	1.69	0.19
จังหวัดหนองบัวลำภู	229.84	5.62	0.97	0.11
จังหวัดอำนาจเจริญ	99.20	3.02	0.42	0.05
จังหวัดอุดรธานี	933.59	8.43	3.95	0.43
จังหวัดอุบลราชธานี	1,850.34	11.84	7.83	0.86
จังหวัดเลย	5,004.24	47.79	21.18	2.33
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	23,627.52	-	100.00	10.98
จังหวัดสมุทรปราการ	3.52	0.37	0.01	0.00
จังหวัดกาญจนบุรี	11,945.46	61.53	48.16	5.55
จังหวัดชัยนาท	126.93	5.08	0.51	0.06
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	3,848.99	59.67	15.52	1.79
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	44.25	1.73	0.18	0.02
จังหวัดราชบุรี	1,936.23	37.28	7.81	0.90
จังหวัดลพบุรี	1,023.48	15.74	4.13	0.48
จังหวัดสมุทรสงคราม	45.37	10.96	0.18	0.02
จังหวัดสระบุรี	1,155.45	33.09	4.66	0.54
จังหวัดสิงห์บุรี	20.83	2.51	0.08	0.01
จังหวัดสุพรรณบุรี	800.36	14.75	3.23	0.37
จังหวัดเพชรบุรี	3,853.45	62.43	15.54	1.79
รวม ภาคกลาง	24,804.32	-	100.00	11.53
จังหวัดจันทบุรี	3,436.62	53.93	33.25	1.60
จังหวัดฉะเชิงเทรา	984.94	19.06	9.53	0.46
จังหวัดชลบุรี	392.99	8.73	3.80	0.18

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)		
		จังหวัด	ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดตราด	1,262.08	43.87	12.21	0.59
จังหวัดนครนายก	678.79	31.69	6.57	0.32
จังหวัดปราจีนบุรี	1,428.34	28.54	13.82	0.66
จังหวัดระยอง	543.22	14.76	5.26	0.25
จังหวัดสระแก้ว	1,607.88	23.33	15.56	0.75
รวม ภาคตะวันออก	10,334.87	-	100.00	4.80
จังหวัดกระบี่	4,387.18	89.71	7.89	2.04
จังหวัดชุมพร	4,836.11	80.46	8.69	2.25
จังหวัดตรัง	3,863.49	84.19	6.94	1.80
จังหวัดนครศรีธรรมราช	6,510.49	65.59	11.70	3.03
จังหวัดนราธิวาส	3,814.40	84.97	6.86	1.77
จังหวัดปัตตานี	880.26	44.78	1.58	0.41
จังหวัดพังงา	3,349.86	83.99	6.02	1.56
จังหวัดพัทลุง	2,031.00	59.69	3.65	0.94
จังหวัดภูเก็ต	127.65	23.47	0.23	0.06
จังหวัดยะลา	4,331.04	96.79	7.78	2.01
จังหวัดระนอง	2,822.74	90.21	5.07	1.31
จังหวัดสงขลา	5,042.97	70.15	9.06	2.34
จังหวัดสตูล	2,248.10	79.33	4.04	1.04
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	11,391.02	86.91	20.47	5.29
รวม ภาคใต้	55,636.30	-	100.00	25.86
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ	215,130.94	-	-	100.00

ภาคผนวก ก

พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

ค.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

ตารางที่ ค.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดตาก	117.14	23.04	12.89
จังหวัดนครสวรรค์	6.23	1.22	0.69
จังหวัดน่าน	115.08	22.64	12.67
จังหวัดพะเยา	2.28	0.45	0.25
จังหวัดพิจิตร	4.22	0.83	0.46
จังหวัดพิษณุโลก	78.12	15.37	8.60
จังหวัดลำปาง	4.58	0.90	0.50
จังหวัดสุโขทัย	1.15	0.23	0.13
จังหวัดอุตรดิตถ์	83.37	16.40	9.17
จังหวัดเชียงราย	1.13	0.22	0.12
จังหวัดเชียงใหม่	13.76	2.71	1.51
จังหวัดเพชรบูรณ์	49.19	9.68	5.41
จังหวัดแพร่	30.95	6.09	3.41
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	1.15	0.23	0.13
รวม ภาคเหนือ	508.35	100.00	55.95
จังหวัดชัยภูมิ	17.43	10.21	1.92
จังหวัดนครพนม	0.02	0.01	0.00
จังหวัดนครราชสีมา	16.39	9.61	1.80
จังหวัดบุรีรัมย์	19.93	11.68	2.19
จังหวัดมุกดาหาร	8.18	4.79	0.90
จังหวัดยโสธร	2.34	1.37	0.26
จังหวัดร้อยเอ็ด	1.17	0.69	0.13
จังหวัดสกลนคร	1.16	0.68	0.13

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดสุรินทร์	26.99	15.82	2.97
จังหวัดหนองคาย	1.15	0.67	0.13
จังหวัดหนองบัวลำภู	33.24	19.47	3.66
จังหวัดอุบลราชธานี	1.18	0.69	0.13
จังหวัดเลย	41.51	24.32	4.57
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	170.68	100.00	18.78
จังหวัดกาญจนบุรี	140.15	85.68	15.42
จังหวัดชัยนาท	4.66	2.85	0.51
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	4.68	2.86	0.51
จังหวัดราชบุรี	9.38	5.74	1.03
จังหวัดลพบุรี	1.17	0.71	0.13
จังหวัดเพชรบุรี	3.53	2.16	0.39
รวม ภาคกลาง	163.56	100.00	18.00
จังหวัดชลบุรี	1.18	18.29	0.13
จังหวัดตราด	0.56	8.74	0.06
จังหวัดนครนายก	2.34	36.41	0.26
จังหวัดปราจีนบุรี	2.35	36.56	0.26
รวม ภาคตะวันออก	6.43	100.00	0.71
จังหวัดกระบี่	0.75	1.25	0.08
จังหวัดตรัง	1.43	2.39	0.16
จังหวัดนราธิวาส	1.20	2.01	0.13
จังหวัดพังงา	3.43	5.75	0.38
จังหวัดพัทลุง	10.76	18.04	1.18
จังหวัดภูเก็ต	6.95	11.65	0.76
จังหวัดระนอง	5.30	8.89	0.58
จังหวัดสตูล	5.89	9.88	0.65
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	23.93	40.13	2.63
รวม ภาคใต้	59.63	100.00	6.56
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ	908.65		100.00

ภาคผนวก ง

พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

ง.1 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

ตารางที่ ง.1 พื้นที่ป่าไม้ที่เสื่อมโทรม ระหว่าง พ.ศ. 2547 - 2551 รายจังหวัด

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	60.36	0.59	0.32
จังหวัดตาก	1,001.70	9.84	5.36
จังหวัดนครสวรรค์	11.95	0.12	0.06
จังหวัดน่าน	2,898.02	28.47	15.52
จังหวัดพะเยา	306.95	3.02	1.64
จังหวัดพิจิตร	938.39	9.22	5.03
จังหวัดลำปาง	348.72	3.43	1.87
จังหวัดลำพูน	12.64	0.12	0.07
จังหวัดสุโขทัย	182.13	1.79	0.98
จังหวัดอุตรดิตถ์	1,824.04	17.92	9.77
จังหวัดอุทัยธานี	64.88	0.64	0.35
จังหวัดเชียงราย	81.55	0.80	0.44
จังหวัดเชียงใหม่	259.76	2.55	1.39
จังหวัดเพชรบูรณ์	836.32	8.22	4.48
จังหวัดแพร่	1,253.82	12.32	6.71
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	97.27	0.96	0.52
รวม ภาคเหนือ	10,178.49	100.00	54.51
จังหวัดกาฬสินธุ์	20.01	0.97	0.11
จังหวัดขอนแก่น	8.30	0.40	0.04
จังหวัดชัยภูมิ	296.75	14.36	1.59
จังหวัดนครพนม	8.15	0.39	0.04
จังหวัดนครราชสีมา	186.84	9.04	1.00
จังหวัดบุรีรัมย์	41.25	2.00	0.22

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดมุกดาหาร	83.08	4.02	0.44
จังหวัดยโสธร	9.55	0.46	0.05
จังหวัดร้อยเอ็ด	9.63	0.47	0.05
จังหวัดศรีสะเกษ	1.61	0.08	0.01
จังหวัดสกลนคร	45.26	2.19	0.24
จังหวัดสุรินทร์	12.91	0.62	0.07
จังหวัดหนองคาย	4.09	0.20	0.02
จังหวัดหนองบัวลำภู	38.40	1.86	0.21
จังหวัดอำนาจเจริญ	1.90	0.09	0.01
จังหวัดอุดรธานี	18.29	0.88	0.10
จังหวัดอุบลราชธานี	9.88	0.48	0.05
จังหวัดเลย	1,271.21	61.50	6.81
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2,067.13	100.00	11.07
จังหวัดกาญจนบุรี	2,686.19	86.82	14.39
จังหวัดชัยนาท	1.17	0.04	0.01
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	56.65	1.83	0.30
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1.17	0.04	0.01
จังหวัดราชบุรี	248.27	8.02	1.33
จังหวัดลพบุรี	10.47	0.34	0.06
จังหวัดสมุทรสงคราม	0.36	0.01	0.00
จังหวัดสระบุรี	28.02	0.91	0.15
จังหวัดสุพรรณบุรี	37.28	1.21	0.20
จังหวัดเพชรบุรี	24.24	0.78	0.13
รวม ภาคกลาง	3,093.81	100.00	16.57
จังหวัดจันทบุรี	168.73	32.02	0.90
จังหวัดฉะเชิงเทรา	14.12	2.68	0.08
จังหวัดชลบุรี	3.53	0.67	0.02
จังหวัดตราด	29.09	5.52	0.16
จังหวัดนครนายก	61.93	11.75	0.33
จังหวัดปราจีนบุรี	64.07	12.16	0.34
จังหวัดระยอง	21.21	4.02	0.11

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดสระแก้ว	164.29	31.18	0.88
รวม ภาคตะวันออก	526.97	100.00	2.82
จังหวัดกระบี่	160.68	5.72	0.86
จังหวัดชุมพร	682.43	24.32	3.65
จังหวัดตรัง	87.79	3.13	0.47
จังหวัดนครศรีธรรมราช	122.81	4.38	0.66
จังหวัดนราธิวาส	294.38	10.49	1.58
จังหวัดปัตตานี	20.46	0.73	0.11
จังหวัดพังงา	127.79	4.55	0.68
จังหวัดพัทลุง	62.28	2.22	0.33
จังหวัดภูเก็ต	103.95	3.70	0.56
จังหวัดยะลา	59.37	2.12	0.32
จังหวัดระนอง	141.76	5.05	0.76
จังหวัดสงขลา	162.43	5.79	0.87
จังหวัดสตูล	66.98	2.39	0.36
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	713.50	25.42	3.82
รวม ภาคใต้	2,806.61	100.00	15.03
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั้งประเทศ	18,673.01		100.00

ภาคผนวก จ

เปรียบเทียบพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551

รายจังหวัด

จ.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ตรงกัน
รายจังหวัด

ตารางที่ จ.1 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ตรงกัน

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	2,068.44	2.30	1.11
จังหวัดตาก	11,842.54	13.15	6.33
จังหวัดนครสวรรค์	639.15	0.71	0.34
จังหวัดน่าน	8,974.16	9.96	4.80
จังหวัดพะเยา	3,140.77	3.49	1.68
จังหวัดพิษณุโลก	4,169.88	4.63	2.23
จังหวัดลำปาง	7,730.06	8.58	4.13
จังหวัดลำพูน	1,815.89	2.02	0.97
จังหวัดสุโขทัย	1,900.31	2.11	1.02
จังหวัดอุตรดิตถ์	3,990.50	4.43	2.13
จังหวัดอุทัยธานี	3,382.70	3.76	1.81
จังหวัดเชียงราย	6,351.03	7.05	3.40
จังหวัดเชียงใหม่	14,861.05	16.50	7.95
จังหวัดเพชรบูรณ์	4,445.89	4.94	2.38
จังหวัดแพร่	4,790.58	5.32	2.56
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	9,970.74	11.07	5.33
รวม ภาคเหนือ	90,073.70	100.00	48.17
จังหวัดกาฬสินธุ์	364.93	1.96	0.20
จังหวัดขอนแก่น	705.83	3.79	0.38
จังหวัดชัยภูมิ	3,295.59	17.70	1.76
จังหวัดนครพนม	222.28	1.19	0.12

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดนครราชสีมา	3,463.38	18.60	1.85
จังหวัดนครพนม	222.28	1.19	0.12
จังหวัดบุรีรัมย์	712.01	3.82	0.38
จังหวัดมุกดาหาร	1,002.91	5.39	0.54
จังหวัดยโสธร	63.81	0.34	0.03
จังหวัดร้อยเอ็ด	55.98	0.30	0.03
จังหวัดศรีสะเกษ	779.32	4.19	0.42
จังหวัดสกลนคร	837.41	4.50	0.45
จังหวัดสุรินทร์	420.74	2.26	0.23
จังหวัดหนองคาย	272.01	1.46	0.15
จังหวัดหนองบัวลำภู	135.94	0.73	0.07
จังหวัดอำนาจเจริญ	75.89	0.41	0.04
จังหวัดอุดรธานี	694.43	3.73	0.37
จังหวัดอุบลราชธานี	1,300.59	6.98	0.70
จังหวัดเลย	4,217.59	22.65	2.26
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	18,620.65	100.00	9.96
จังหวัดกาญจนบุรี	11,412.14	53.09	6.10
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	3,085.34	14.35	1.65
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	7.93	0.04	0.00
จังหวัดราชบุรี	1,715.87	7.98	0.92
จังหวัดลพบุรี	256.01	1.19	0.14
จังหวัดสมุทรสงคราม	29.19	0.14	0.02
จังหวัดสระบุรี	780.00	3.63	0.42
จังหวัดสิงห์บุรี	1.38	0.01	0.00
จังหวัดสุพรรณบุรี	574.14	2.67	0.31
จังหวัดเพชรบุรี	3,635.06	16.91	1.94
รวม ภาคกลาง	21,497.07	100.00	11.50
จังหวัดจันทบุรี	2,226.82	29.45	1.19
จังหวัดฉะเชิงเทรา	671.84	8.89	0.36
จังหวัดชลบุรี	182.91	2.42	0.10
จังหวัดตราด	788.39	10.43	0.42

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดนครนายก	678.15	8.97	0.36
จังหวัดปราจีนบุรี	1,403.58	18.57	0.75
จังหวัดระยอง	321.16	4.25	0.17
จังหวัดสระแก้ว	1,287.31	17.03	0.69
รวม ภาคตะวันออก	7,560.17	100.00	4.04
จังหวัดกระบี่	3,973.06	8.07	2.12
จังหวัดชุมพร	4,343.98	8.82	2.32
จังหวัดตรัง	2,670.77	5.43	1.43
จังหวัดนครศรีธรรมราช	5,535.02	11.24	2.96
จังหวัดนราธิวาส	3,725.89	7.57	1.99
จังหวัดปัตตานี	687.81	1.40	0.37
จังหวัดพังงา	3,065.22	6.23	1.64
จังหวัดพัทลุง	1,512.01	3.07	0.81
จังหวัดภูเก็ต	113.59	0.23	0.06
จังหวัดยะลา	4,293.48	8.72	2.30
จังหวัดระนอง	2,478.66	5.04	1.33
จังหวัดสงขลา	4,416.53	8.97	2.36
จังหวัดสตูล	1,909.03	3.88	1.02
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	10,502.69	21.33	5.62
รวม ภาคใต้	49,227.75	100.00	26.33
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ	186,979.33		100.00

จ.2 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้ลดลง
รายจังหวัด

ตารางที่ จ.2 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้ลดลง

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	106.87	1.47	0.83
จังหวัดตาก	552.32	7.58	4.31
จังหวัดนครสวรรค์	16.63	0.23	0.13

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดน่าน	1,694.62	23.26	13.22
จังหวัดพะเยา	268.33	3.68	2.09
จังหวัดพิจิตร	7.76	0.11	0.06
จังหวัดพิษณุโลก	736.65	10.11	5.75
จังหวัดลำปาง	403.98	5.54	3.15
จังหวัดลำพูน	56.61	0.78	0.44
จังหวัดสุโขทัย	89.66	1.23	0.70
จังหวัดอุตรดิตถ์	1,132.67	15.55	8.84
จังหวัดอุทัยธานี	2.35	0.03	0.02
จังหวัดเชียงราย	113.54	1.56	0.89
จังหวัดเชียงใหม่	554.96	7.62	4.33
จังหวัดเพชรบูรณ์	859.34	11.79	6.70
จังหวัดแพร่	536.53	7.36	4.19
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	153.11	2.10	1.19
รวม ภาคเหนือ	7,285.94	100.00	56.84
จังหวัดกาฬสินธุ์	93.35	2.99	0.73
จังหวัดขอนแก่น	52.85	1.69	0.41
จังหวัดชัยภูมิ	476.94	15.25	3.72
จังหวัดนครพนม	3.51	0.11	0.03
จังหวัดนครราชสีมา	256.83	8.21	2.00
จังหวัดบุรีรัมย์	69.94	2.24	0.55
จังหวัดมุกดาหาร	256.10	8.19	2.00
จังหวัดยโสธร	38.17	1.22	0.30
จังหวัดร้อยเอ็ด	15.47	0.49	0.12
จังหวัดศรีสะเกษ	0.00	0.00	0.00
จังหวัดสกลนคร	123.83	3.96	0.97
จังหวัดสุรินทร์	57.64	1.84	0.45
จังหวัดหนองคาย	52.96	1.69	0.41
จังหวัดหนองบัวลำภู	97.27	3.11	0.76
จังหวัดอำนาจเจริญ	48.34	1.55	0.38
จังหวัดอุดรธานี	78.70	2.52	0.61

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดอุบลราชธานี	35.30	1.13	0.28
จังหวัดเลย	1,369.27	43.80	10.68
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3,126.46	100.00	24.39
จังหวัดกาญจนบุรี	997.81	69.94	7.78
จังหวัดชัยนาท	9.32	0.65	0.07
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	69.71	4.89	0.54
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	7.02	0.49	0.05
จังหวัดราชบุรี	148.35	10.40	1.16
จังหวัดลพบุรี	49.90	3.50	0.39
จังหวัดสมุทรสงคราม	9.07	0.64	0.07
จังหวัดสระบุรี	39.60	2.78	0.31
จังหวัดสุพรรณบุรี	40.79	2.86	0.32
จังหวัดเพชรบุรี	55.13	3.86	0.43
รวม ภาคกลาง	1,426.70	100.00	11.13
จังหวัดจันทบุรี	26.61	7.67	0.21
จังหวัดฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00
จังหวัดชลบุรี	18.49	5.33	0.14
จังหวัดตราด	45.11	13.00	0.35
จังหวัดนครนายก	57.83	16.66	0.45
จังหวัดปราจีนบุรี	117.59	33.89	0.92
จังหวัดระยอง	19.18	5.53	0.15
จังหวัดสระแก้ว	62.21	17.93	0.49
รวม ภาคตะวันออก	347.01	100.00	2.71
จังหวัดกระบี่	40.08	6.34	0.31
จังหวัดชุมพร	87.85	13.89	0.69
จังหวัดตรัง	26.56	4.20	0.21
จังหวัดนครศรีธรรมราช	26.86	4.25	0.21
จังหวัดนราธิวาส	19.20	3.04	0.15
จังหวัดปัตตานี	23.37	3.70	0.18
จังหวัดพังงา	84.85	13.42	0.66
จังหวัดพัทลุง	37.07	5.86	0.29

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดภูเก็ต	76.10	12.04	0.59
จังหวัดยะลา	4.21	0.67	0.03
จังหวัดระนอง	31.85	5.04	0.25
จังหวัดสงขลา	13.64	2.16	0.11
จังหวัดสตูล	49.42	7.82	0.39
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	111.25	17.59	0.87
รวม ภาคใต้	632.32	100.00	4.93
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั้งประเทศ	12,818.44		100.00

จ.3 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น
รายจังหวัด

ตารางที่ จ.3 พื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการประเมิน พ.ศ. 2547 และ 2551 ที่พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั้งประเทศ
จังหวัดกำแพงเพชร	286.09	2.69	1.02
จังหวัดตาก	1,143.79	10.74	4.06
จังหวัดนครสวรรค์	420.25	3.94	1.49
จังหวัดน่าน	86.15	0.81	0.31
จังหวัดพะเยา	271.58	2.55	0.96
จังหวัดพิจิตร	20.62	0.19	0.07
จังหวัดพิจญ์โลก	155.22	1.46	0.55
จังหวัดลำปาง	1,428.83	13.41	5.08
จังหวัดลำพูน	821.61	7.71	2.92
จังหวัดสุโขทัย	198.15	1.86	0.70
จังหวัดอุตรดิตถ์	40.47	0.38	0.14
จังหวัดอุทัยธานี	685.14	6.43	2.43
จังหวัดเชียงราย	809.18	7.59	2.87
จังหวัดเชียงใหม่	2,092.12	19.64	7.43
จังหวัดเพชรบูรณ์	149.07	1.40	0.53
จังหวัดแพร่	49.34	0.46	0.18

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	1,996.63	18.74	7.09
รวม ภาคเหนือ	10,654.23	100.00	37.85
จังหวัดกาฬสินธุ์	88.07	1.76	0.31
จังหวัดขอนแก่น	214.84	4.29	0.76
จังหวัดชัยภูมิ	252.27	5.04	0.90
จังหวัดนครพนม	21.21	0.42	0.08
จังหวัดนครราชสีมา	940.78	18.79	3.34
จังหวัดบุรีรัมย์	454.79	9.08	1.62
จังหวัดมหาสารคาม	4.76	0.10	0.02
จังหวัดมุกดาหาร	166.74	3.33	0.59
จังหวัดยโสธร	20.00	0.40	0.07
จังหวัดร้อยเอ็ด	2.33	0.05	0.01
จังหวัดศรีสะเกษ	491.39	9.81	1.75
จังหวัดสกลนคร	172.20	3.44	0.61
จังหวัดสุรินทร์	358.42	7.16	1.27
จังหวัดหนองคาย	126.29	2.52	0.45
จังหวัดหนองบัวลำภู	93.90	1.88	0.33
จังหวัดอำนาจเจริญ	23.32	0.47	0.08
จังหวัดอุดรธานี	239.16	4.78	0.85
จังหวัดอุบลราชธานี	549.76	10.98	1.95
จังหวัดเลย	786.65	15.71	2.79
รวม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	5,006.87	100.00	17.79
จังหวัดกาญจนบุรี	533.32	16.13	1.89
จังหวัดชัยนาท	126.93	3.84	0.45
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	763.65	23.09	2.71
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	36.32	1.10	0.13
จังหวัดราชบุรี	220.36	6.66	0.78
จังหวัดลพบุรี	767.47	23.21	2.73
จังหวัดสมุทรปราการ	3.52	0.11	0.01
จังหวัดสมุทรสงคราม	16.18	0.49	0.06
จังหวัดสระบุรี	375.44	11.35	1.33

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

จังหวัด/ภาค	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	อัตราการปกคลุมต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด (ร้อยละ)	
		ภาค	ทั่วประเทศ
จังหวัดสิงห์บุรี	19.45	0.59	0.07
จังหวัดสุพรรณบุรี	226.23	6.84	0.80
จังหวัดเพชรบุรี	218.38	6.60	0.78
รวม ภาคกลาง	3,307.25	100.00	11.75
จังหวัดจันทบุรี	1,209.81	43.60	4.30
จังหวัดฉะเชิงเทรา	313.10	11.28	1.11
จังหวัดชลบุรี	210.08	7.57	0.75
จังหวัดตราด	473.70	17.07	1.68
จังหวัดนครนายก	0.64	0.02	0.00
จังหวัดปราจีนบุรี	24.76	0.89	0.09
จังหวัดระยอง	222.06	8.00	0.79
จังหวัดสระแก้ว	320.57	11.55	1.14
รวม ภาคตะวันออก	2,774.70	100.00	9.86
จังหวัดกระบี่	414.11	6.46	1.47
จังหวัดชุมพร	492.12	7.68	1.75
จังหวัดตรัง	1,192.72	18.61	4.24
จังหวัดนครศรีธรรมราช	975.47	15.22	3.47
จังหวัดนราธิวาส	88.51	1.38	0.31
จังหวัดปัตตานี	192.45	3.00	0.68
จังหวัดพังงา	284.63	4.44	1.01
จังหวัดพัทลุง	518.52	8.09	1.84
จังหวัดภูเก็ต	14.07	0.22	0.05
จังหวัดยะลา	37.56	0.59	0.13
จังหวัดระนอง	344.08	5.37	1.22
จังหวัดสงขลา	626.91	9.78	2.22
จังหวัดสตูล	339.07	5.29	1.20
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	888.34	13.86	3.16
รวม ภาคใต้	6,408.55	100.00	22.76
รวมพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศ	28,151.61		100.00

