



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา

วิศวกรรมโยธา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ในการประมาณอายุยางพารา

Application of SMMS Satellite Imagery to Estimate Age of Rubber Plantation

นามผู้วิจัย

นายประเสริฐษา ญาคำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ดีบุญ เมฆากุลชาติ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ศุภกิจ นนทนานันท์, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ในการประมาณอายุยางพารา

Application of SMMS Satellite Imagery to Estimate Age of Rubber Plantation

โดย

นายประเสริฐญา ญาคำ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเสริฐษา ญาคำ 2555: การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ในการประมาณอายุของพารา
ปริญญวีสวรรคตมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์คินุญ เมธากุลชาติ, Ph.D. 127 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Small Multi Mission Satellite (SMMS) ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจดวงใหม่เพื่อประมาณอายุของพาราโดยการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ร่วมกับการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างแปลงพาราภาคสนาม

จากผล การศึกษา ภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา 6 อำเภอของจังหวัดสกลนครพบว่า อายุของพารา มีความสัมพันธ์ กับขนาดรอบลำต้น แปลงพาราที่มีอายุน้อยกว่า 15 ปี มีขนาดรอบลำต้นโตขึ้นตามอายุอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม อัตราการเติบโตมีแนวโน้มลดลง เมื่อพารามีอายุมากกว่า 15 ปี จากการศึกษาพบว่า ขนาดรอบลำต้นกับอายุของพารามีความสัมพันธ์ในเชิงฟังก์ชันลอการิทึมตามสมการ $y = 19.91 \ln(x) - 2.132$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.731

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้พบว่า ค่าดัชนี NDVI ในช่วงอายุน้อยกว่า 10 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของพารา เมื่อพารามีอายุมากกว่า 10 ปี ค่าดัชนี NDVI ทั้งในกรณีที่ไม่ปรับแก้และปรับแก้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆระหว่าง 0.550 – 0.659 และ 0.709 – 0.818 ตามลำดับ ดังนั้น ในการศึกษาจึงได้เสนออายุของพาราที่ 10 ปีเป็นขอบเขตเบื้องต้นในการแบ่งช่วงของอายุพารา

ค่าดัชนี NDVI สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกอายุพาราได้อย่างถูกต้อง ค่าดัชนี NDVI ของพาราช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี ทั้งในกรณีที่ไม่ปรับแก้และปรับแก้มีค่าเท่ากับ 0.409, 0.477, 0.592 และ 0.527, 0.608, 0.746 ตามลำดับ โดยมีความถูกต้องในการจำแนกอายุแปลงพารามากกว่าร้อยละ 70

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Prasertsak Yakham 2012: Application of SMMS Satellite Imagery to Estimate Age of Rubber Plantation. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Deeboon Mathakullachat, Ph.D. 127 pages.

This research proposes a study on the potential application of satellite images SMMS, a new remote sensing satellite for the prediction of rubber trees' age. Normalize Differenced Vegetation Index (NDVI) and field investigations were used for estimation of rubber trees' age.

Based on the test results of the studied areas that composed of 6 districts in Sakon Nakhon Province, the relationship between age and perimeter of the plantations can be observed. The plantations with the age less than 15 years old revealed that their perimeters increased rapidly as the age increased. However, growth rate of their perimeters tends to decrease as the rubber trees are older than 15 years old. As the result of the findings, the relationship of age and perimeter of the rubbers can be expressed in a formed of logarithm function: $y = 19.91 \ln(x) - 2.132$ with an R^2 of 0.731.

The study of a relationship between age of rubber and NDVI and corrected NDVI revealed that the rubber trees younger than 10 years showed the increases of NDVI with the trees' age. When the rubber trees are older than 10 years, both values of NDVI and corrected NDVI tend to have minimal change of 0.550 to 0.659 and 0.709 to 0.818 respectively. Therefore, the age of rubber trees at 10 years old are proposed as a preliminary boundary to subdivide the ranges of rubber ages.

The NDVI values can be accurately used for age prediction of the rubber trees. of old, respectively. For this study, both uncorrected and corrected values of NDVI of rubber trees less than 5, 7 and 10 years were proposed as 0.409 0.477 0.592 and 0.527, 0.608, 0.746, respectively with reliability more than 70%.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ดิบุญ เมฆากุลชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิจ นนทนานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำในงานวิจัยด้วยความเมตตา เอาใจใส่อย่างสม่ำเสมอ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และสมบูรณ์ด้วยดี ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินิติ โชติสังกาศ ประธานกรรมการดำเนินการสอบ และ ดร.กฤษณะ เพ็ญสมบูรณ์ ผู้ทรงคุณวุฒิจากกองทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองที่ ให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ

ขอขอบคุณ คุณชุมสินธุ์ ทองมิตร สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ ดร.สมเจตน์ ประทุมมิตร ที่ให้คำแนะนำในการสำรวจภาคสนาม ขอขอบคุณผู้อำนวยการโครงการบำรุงรักษาอ่างเก็บน้ำนาคมน้ำอูนและคุณวรวิทย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในช่วงสำรวจข้อมูลภาคสนาม ขอขอบคุณ คุณวรการ นักวิเคราะห์ระบบสารสนเทศ กรมพัฒนาที่ดินที่ให้คำแนะนำการใช้โปรแกรม และข้อมูลด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อนุมัติทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปี 2554 ทำให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และบุคคลทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ขอมอบให้แก่ คุณลุงผู้ให้กำลังใจและคำปรึกษา รวมทั้งดูแลเอาใจใส่มาโดยตลอด กราบขอบพระคุณ คุณแม่ละเอียด ญาคำ ที่อบรมสั่งสอนเลี้ยงดูมาด้วยความอดทนอันยิ่ง ทำยที่สุดนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสเข้าทำงานและอนุมัติให้ลาศึกษาต่อทำให้ได้มีโอกาสศึกษางานวิจัยในครั้งนี้และพัฒนาความรู้ซึ่งเป็นที่ก้าวสำคัญในชีวิต

ประเสริฐญา ญาคำ

เมษายน 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	41
อุปกรณ์	41
วิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	50
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	87
ภาคผนวก ก ตารางข้อมูลการสำรวจแปลงยางพาราภาคสนามและค่าดัชนี NDVI และตารางข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลและตารางการจำแนกอายุยางพาราโดยดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้และตารางร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุยางพาราและตารางการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI	88
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ โดยวิธี Dark Object Subtraction ของแปลงยางพารา	116
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	127

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พัฒนาการของการสำรวจระยะไกล	5
2	ตัวอย่างดาวเทียมสำรวจทรัพยากรรุ่นแรก	17
3	ตัวอย่างดาวเทียมสำรวจทรัพยากรรุ่นใหม่	18
4	รายละเอียดคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเทียม SMMS	23
5	รายละเอียดคุณสมบัติเชิงคลื่นของดาวเทียม SMMS	23
6	ข้อจำกัดการใช้บริการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS	27
7	การสร้างภาพสีผสมของดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM	31
8	จำนวนจุด GCP ที่ใช้ในสมการแปลงพิกัด	34
9	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน	49
10	ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 3-5 ปี	61
11	ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 5-7 ปี	62
12	ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 7-10 ปี	63
13	ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราอายุมากกว่า 10 ปี	64
14	มาตรฐานขนาดลำต้นยางอายุ 2-6 ปี ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	64
15	ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI ยางพาราช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี	75
16	เกณฑ์การคัดเลือกแปลงยางพารา โดยความสัมพันธ์ระหว่างอายุและขนาดรอบลำต้น	75
17	ค่าเฉลี่ย NDVI ในแต่ละช่วงอายุของแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูล	76
18	เกณฑ์จำแนกช่วงอายุยางพารา โดยดัชนี NDVI	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
ก1	ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม และค่าดัชนี NDVI	89
ก2	ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 3-5 ปี	95
ก3	ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 5-7 ปี	96
ก4	ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 7-10 ปี	98
ก5	ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุมากกว่า 10 ปี	100
ก6	การจำแนกอายุยางพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 3-5 ปี และ 5-7 ปี	101
ก7	การจำแนกอายุยางพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 5-7 ปี และ 7-10 ปี	105
ก8	การจำแนกอายุยางพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี	110
ก9	ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุยางพาราช่วง 3-5 ปี 5-7 ปี และค่าเฉลี่ย ถ่วงน้ำหนัก	114
ก10	ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุยางพาราช่วง 5-7 ปี 7-10 ปี และค่าเฉลี่ย ถ่วงน้ำหนัก	114
ก11	ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุยางพาราช่วง 7-10 ปี มากกว่า 10 ปี และ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	114
ก12	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI โดยจำแนกเป็น 4 ช่วงอายุโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบ ความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %	115
ก13	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI (ปรับแก้) โดย จำแนกเป็น 4 ช่วงอายุโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %	115

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสำรวจระยะไกลประเภท Passive remote sensing	7
2	การสำรวจระยะไกลประเภท Active remote sensing	8
3	กระบวนการและองค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล	8
4	ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	9
5	ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	9
6	การสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพืช ดิน และน้ำของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM	10
7	ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินบริเวณพื้นที่ว่างเปล่า	11
8	ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินเหนียว	12
9	ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของทราย	12
10	ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำ	13
11	ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพืช	14
12	ลักษณะการสะท้อนของพืชในช่วง Chlorophyll absorption และ water absorption	15
13	อิทธิพลของน้ำในโครงสร้างพืชต่อการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	15
14	ตัวอย่างของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล	20
15	การส่งดาวเทียม SMMS ขึ้นสู่วงโคจร	21
16	แบบจำลองกล้องถ่ายภาพชนิด CCD ของดาวเทียม SMMS	22
17	กล้องถ่ายภาพระบบ HSI ของดาวเทียม SMMS	22
18	แนวการโคจรถ่ายภาพของดาวเทียม SMMS	24
19	ขอบเขตการถ่ายภาพของดาวเทียม SMMS	24
20	ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ชนิด CCD ระวางที่ Path 11 Row 96	25
21	ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ชนิด Hyper Spectrum Image	26
22	หน้าจอการค้นหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS	27
23	ตัวอย่างภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS	28
24	การผสมแสงสีบวกและการผสมแสงสีลบ	30
25	รูปแบบความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม	33
26	แปลงขงพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมรีออส	36

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ภาพถ่ายสวนปาล์มน้ำมันจากดาวเทียม SMMS ชนิด CCD	38
28	การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้านอุตุนิยมวิทยาและการเตือนภัย	38
29	รูปแบบการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่	39
30	การปฏิบัติการระหว่างข้อมูล	40
31	ขั้นตอนการวิจัย	42
32	ภาพสีผสมธรรมชาติจากภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS ช่วงคลื่นที่ 3 2 1	44
33	ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาในระวางแผนที่ทหารระวาง 57431 57432 57433 และ 57434	44
34	การปรับปรุงคุณภาพภาพถ่ายโดยการขยายค่าระดับสีเทา (Interactive Stretching)	45
35	ตำแหน่งค่าพิกัดแปลงขงพาราจากโปรแกรม Google Earth	46
36	เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสยี่ห้อ GARMIN รุ่น GPSmap 60CSx ที่ใช้ในการสำรวจ	46
37	การบันทึกข้อมูลค่าพิกัดของแปลงขงพารา	47
38	การวัดขนาดรอบลำต้นของขงพาราที่ความสูง 150 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน	47
39	การสัมภาษณ์สอบถามข้อมูลจากผู้ดูแลสวนขงพารา	48
40	ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS Path 11 Row 96 บันทึกวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555	51
41	ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS หลังการปรับแก้เชิงเรขาคณิต	52
42	ภาพสีธรรมชาติและภาพ NDVI ขงพาราอายุ 7 ปี	53
43	ลักษณะแปลงขงพาราจากภาพถ่ายดาวเทียม	53
44	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงขงพาราอายุ 13 ปีครึ่ง	54
45	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้น บรรยากาศ ของแปลงอายุ 13 ปีครึ่ง	54
46	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงขงพาราอายุ 7 ปี	55
47	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้น บรรยากาศ ของแปลงขงพาราอายุ 7 ปี	55
48	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงขงพาราอายุ 4 ปี	56

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
49	การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ของแปลงยางพาราอายุ 4 ปี	56
50	ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 3.5 ปี อำเภอวาริชภูมิ จ.สกลนคร	57
51	ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 4 ปี อำเภอนิคมน้ำอูน จ.สกลนคร	58
52	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 5 ปี อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร	58
53	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 7 ปี อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร	59
54	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 8 ปี อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร	59
55	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 8 ปี อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร	60
56	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 13 ปี อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร	60
57	ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 30 ปี อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร	61
58	กราฟความสัมพันธ์ของอายุและขนาดรอบลำต้นของยางพารา	65
59	กราฟความสัมพันธ์ของอายุและขนาดรอบลำต้นของยางพารามาตราส่วนลอกาทิม	66
60	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และเส้นรอบวงของยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี	66
61	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและเวลาของพืช	67
62	โครงสร้างและวงเติบโตของลำต้นของไม้ยืนต้น	68
63	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI ของยางพารา	69
64	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพารา	69
65	ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 3-5 ปี	71
66	ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 3-5 ปี	71
67	ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 5-7 ปี	72
68	ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 5-7 ปี	72
69	ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 7-10 ปี	73
70	ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 7-10 ปี	73
71	ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุมากกว่า 10 ปี	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
72	ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุมากกว่า 10 ปี	74
73	ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI ในแต่ละช่วงอายุของแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูล	76
74	เกณฑ์จำแนกช่วงอายุยางพาราโดยดัชนี NDVI	78
75	ร้อยละความถูกต้องของการจำแนกแปลงยางพาราในช่วงอายุ	79
76	ตำแหน่งพิกัดแปลงยางพาราของพื้นที่ศึกษาในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	80
77	ตัวอย่างรายละเอียดของฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	80
ภาพผนวกที่		
ข1	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 30 ปี ตำบลวาริชภูมิ	117
ข2	ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลงยางพาราอายุ 30 ปี ตำบลวาริชภูมิ	117
ข3	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 18 ปี ตำบลปลาไหล	118
ข4	ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลงยางพาราอายุ 18 ปี ตำบลปลาไหล	118
ข5	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 10 ปี ครั้ง ตำบลกุดไห	119
ข6	ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลงยางพาราอายุ 10 ปี ครั้ง ตำบลกุดไห	119
ข7	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 8 ปี ครั้ง ตำบลปลาไหล	120
ข8	ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลงยางพาราอายุ 8 ปี ครั้ง ตำบลปลาไหล	120
ข9	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 7 ปี ตำบลสุวรรณคาม	121
ข10	ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลงยางพาราอายุ 7 ปี ตำบลสุวรรณคาม	121
ข11	ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 6 ปี ตำบลวาริชภูมิ	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข12 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลง ยางพาราอายุ 6 ปี ตำบลวาริชภูมิ	122
ข13 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลวาริชภูมิ	123
ข14 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลง ยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลวาริชภูมิ	123
ข15 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลตาลโกน	124
ข16 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลง ยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลตาลโกน	124
ข17 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 3 ปีครึ่ง ตำบลค้อเขียว	125
ข18 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลง ยางพาราอายุ 3 ปีครึ่ง ตำบลค้อเขียว	125
ข19 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 3 ปี ตำบลวาริชภูมิ	126
ข20 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศของแปลง ยางพาราอายุ 3 ปี ตำบลวาริชภูมิ	126

การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ในการประมาณอายุยางพารา

Application of SMMS Satellite Imagery to Estimate Age of Rubber Plantation

คำนำ

การสำรวจหรือการได้มาซึ่งข้อมูลของวัตถุที่ต้องการทราบในอดีตต้องใช้การสำรวจด้วยแรงงานคนเป็นหลักซึ่งถ้าต้องการทราบข้อมูลพื้นที่เป็นบริเวณกว้างจะต้องใช้เวลา และงบประมาณสูง และไม่สามารถได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันหรือไม่ทันต่อเหตุการณ์ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในระยะเวลาจำกัด ในช่วงสงครามโลกได้มีการนำเทคโนโลยีการสำรวจทางอากาศมาใช้ในการทหารและเมื่อสหรัฐอเมริกาสามารถส่งดาวเทียมขึ้นโคจรรอบโลกพร้อมกับส่งภาพถ่ายพื้นผิวดินประเทศมาอย่างสถานีภาคพื้นดินทำให้เทคโนโลยีด้านการสำรวจก้าวหน้ามากขึ้น

ปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีทำให้สามารถสำรวจหรือรับรู้ข้อมูลได้มาก และละเอียดขึ้นอีกทั้งยังเป็นการแก้ปัญหการสำรวจบริเวณที่ไม่สามารถเข้าถึงได้หรือบริเวณที่มีความเสี่ยงอันตราย ซึ่งในปัจจุบันหลายประเทศได้สร้างดาวเทียมเพื่อใช้ในการสำรวจเช่น LANDSAT SPOT IKONOS และ QUICKBIRD เป็นต้น สำหรับประเทศไทยมีดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรคือ ดาวเทียมธีออส โดยเริ่มปฏิบัติการใน พ.ศ. 2550 ทำให้มีงานศึกษาวิจัยของหน่วยงานต่างๆเพื่อประยุกต์ใช้ประโยชน์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพิ่มมากขึ้น

ประเทศไทยได้ร่วมมือกับสาธารณรัฐประชาชนจีนสร้างดาวเทียมเพื่อใช้สำหรับภารกิจ การการเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ และสำรวจทรัพยากร โดยใช้ชื่อว่าดาวเทียมมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก หรือ Small Multi Mission Satellite หรือ SMMS โดยส่งขึ้นโคจรเมื่อวันที่ 6 กันยายน พ.ศ.2551 และได้มีการจัดตั้งสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำให้ประเทศไทยได้มีโอกาสใช้ประโยชน์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อพัฒนาประเทศในด้านต่างๆเพิ่มมากขึ้น

ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมดังนั้นการศึกษาวิจัยในด้านเกษตรกรรมจะเป็นประโยชน์กับคนส่วนมากเช่น การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการ

สำรวจผลผลิตของพืชเศรษฐกิจต่างๆ เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา เป็นต้น โดยหากทราบข้อมูลของพืชชนิดต่างๆจะมีประโยชน์ในการบริหารหรือวางแผนเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับสถานการณ์ความต้องการได้เหมาะสมมากขึ้น งานศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาหาแนวทางการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS เพื่อสำรวจข้อมูลอายุของยางพาราเนื่องจากหากทราบอายุของยางพาราจะเป็นประโยชน์ในการประมาณอัตราค่าการผลิตทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้

ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่ง ชื่อในทางวิทยาศาสตร์คือ *Hevea brasiliensis* มีถิ่นกำเนิดอยู่บริเวณประเทศบราซิล และเปรู คุณสมบัติพิเศษของยางพารา คือ ความยืดหยุ่น ป้องกันน้ำ เป็นฉนวนกันไฟ เป็นต้น จึง มีการนำ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องมือการแพทย์ เครื่องเรือน เป็นต้น จึงมีการปลูกยางพารา ในพื้นที่หลายประเทศ เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย ไลบีเรีย และแอมะซอน เป็นต้น สำหรับ ประเทศไทยมีการนำยางพาราเข้ามาปลูกในช่วงปี พ.ศ. 2442-2444 และกระจายไปทั่วทุกภาคของประเทศส่งผลให้ยางพารากลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่นำรายได้เข้าประเทศโดยมีการผลิตเป็นอันดับหนึ่งของโลกในปี พ.ศ.2534

ประเทศไทยได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความต้องการใช้ยางพาราในตลาดโลก จากโครงการยางล้านไร่ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระยะแรกในปี พ.ศ. 2547-2549 ในพื้นที่ภาคเหนือ 3 แสนไร่และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 แสนไร่ ทำให้มีพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยใน ปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่ปลูก 2,845,542 ไร่ (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร , 2553) เนื่องจากปริมาณการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นหากทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการหรือวางแผนพัฒนาได้เหมาะสมมากขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการ ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS ในการประมาณอายุของยางพาราโดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุยางพารา โดยวิเคราะห์ ดัชนี NDVI ร่วมกับการสำรวจเก็บข้อมูลแปลงยางพาราภาคสนาม โดยเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถทราบข้อมูลอายุของยางพาราในพื้นที่บริเวณกว้างได้อย่างรวดเร็วทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันและเหมาะสมในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอย่างเร่งด่วนรวมถึงสามารถ ลดค่าใช้จ่ายในการสำรวจภาคสนามซึ่งเป็นส่วนมีค่าใช้จ่ายสูง

วัตถุประสงค์

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1. ศึกษาศักยภาพและแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS เพื่อประโยชน์ในด้านการเกษตร
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ขนาดรอบลำต้นของยางพารา และดัชนี NDVI ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS
3. ศึกษาหาเกณฑ์เพื่อใช้ในการจำแนกช่วงอายุของยางพารา
4. จัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นที่ปลูกยางพารา

ขอบเขตวิทยานิพนธ์

งานวิจัยมีขอบเขตในการศึกษาวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาวิจัยได้แก่ พื้นที่ตามระวางแผนที่ทหารชุด L7018 ระวางที่ 57431, 57432, 57433 และ 57434 โดยอยู่ภายในพื้นที่เขตปกครอง 6 อำเภอได้แก่ อำเภอพังโคน อำเภอกุดบาก อำเภอสว่างแดนดิน อำเภอพรรณานิคม อำเภอวาริชภูมิ และอำเภอนิคมน้ำอูน
2. ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS ที่บันทึกภาพในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ในระวาง Path ที่ 11 และ Row ที่ 96
3. คัดเลือกแปลงยางพาราโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรอบลำต้นและอายุ
4. วิเคราะห์ดัชนี NDVI ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้โปรแกรม ENVI 4.5 และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศโดยวิธี Dark Object Subtraction

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยครั้งนี้คือ

1. ทราบศักยภาพของภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS และแนวทางการประยุกต์ใช้ประโยชน์
2. สามารถประมาณช่วงอายุขางพาราโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม
3. เป็นข้อมูลประกอบการประเมินกำลังการผลิตขางพาราในปัจจุบันและอนาคต
4. ทราบข้อมูลอายุขางพารา ในพื้นที่บริเวณกว้างได้อย่างรวดเร็ว และได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน
5. สามารถสืบค้นและเพิ่มเติม ข้อมูล ได้สะดวกเนื่องจากได้จัดทำเป็นฐานข้อมูล ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
6. เป็นทางเลือกสำหรับการสำรวจข้อมูลอายุขางพาราหรือสามารถประยุกต์ใช้กับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ

การตรวจเอกสาร

ความเป็นมาและพัฒนาการของการสำรวจระยะไกล

การประยุกต์ใช้ดาวเทียมในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติได้พัฒนาขึ้นภายหลังจากที่สามารถรับสัญญาณภาพถ่ายพื้นผิวภูมิประเทศของโลกจากดาวเทียม Explorer 6 โดยพัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พัฒนาการของการสำรวจระยะไกล

ปี ค.ศ.	พัฒนาการของการสำรวจระยะไกล
1820	เริ่มต้นใช้กล้องถ่ายรูป
1859	เริ่มต้นใช้บอลูนในการบันทึกภาพ ณ ประเทศฝรั่งเศส
1862	เริ่มต้นทำแผนที่ป่าไม้จากภาพถ่ายทางอากาศ
1910	Wilbur Wright บันทึกภาพพื้นโลกครั้งแรกจากเครื่องบิน
1920	การทำแผนที่ป่าไม้จากภาพถ่ายทางอากาศโดยประเทศแคนาดาและสหรัฐอเมริกา
1960	เริ่มต้นใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา TIROS-1
1962	เริ่มต้นใช้กล้องถ่ายรูประบบหลายช่วงคลื่น โดย Zaitor และ Tsuprun
1962	เริ่มบันทึกพื้นผิวโลกจากยานอวกาศเมอคิวรี
1966	เริ่มใช้การวิเคราะห์ภาพข้อมูลโดยระบบคอมพิวเตอร์ในการประยุกต์ทางด้านการเกษตร
1972	เริ่มส่งดาวเทียม LANDSAT-1 เข้าสู่วงโคจร
1978	เริ่มส่งดาวเทียม SEASAT
1982	เริ่มส่งดาวเทียม LANDSAT ระบบ Thematic Mapping ดวงที่ 4
1986	เริ่มส่งดาวเทียม SPOT
1988	เริ่มส่งดาวเทียม IRS1-A โดยประเทศอินเดีย
1991	เริ่มส่งดาวเทียม IRS1-C โดยประเทศอินเดีย
1995	เริ่มส่งดาวเทียม RADARSAT โดยประเทศแคนาดา
1992-1998	เริ่มส่งดาวเทียม JERS-1 โดยประเทศญี่ปุ่น
1996-1997	เริ่มส่งดาวเทียม ADEOS โดยประเทศญี่ปุ่น
1998	ส่งดาวเทียม LANDSAT ระบบ Thematic Mapping 7 (Enhanced Thematic Mapping – ETM) โดยเพิ่มช่วงคลื่นที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับพืช (Vegetation Monitoring)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปี ค.ศ.	พัฒนาการของการสำรวจระยะไกล
1999	หน่วยงานเอกชนของสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาระบบ IKONOS-2 ซึ่งมีรายละเอียด 1 เมตรในระบบขาวดำ และ 5 เมตรในระบบสี
2000	ญี่ปุ่นพัฒนาดาวเทียม ADEOS-2 : แคนาดาพัฒนา RADARSAT-2 สหรัฐอเมริกาพัฒนา HRST, ออสเตรเลียพัฒนา AIRIES อินเดียพัฒนา IRS-P สหรัฐ (เอกชน) พัฒนา QUICKBIRD-1 อิสราเอล และสหรัฐร่วมกันพัฒนา WIS Eros-A

ที่มา: สมพร (2543)

หลักการและทฤษฎีการสำรวจระยะไกล

ความหมายและคำจำกัดความของการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)

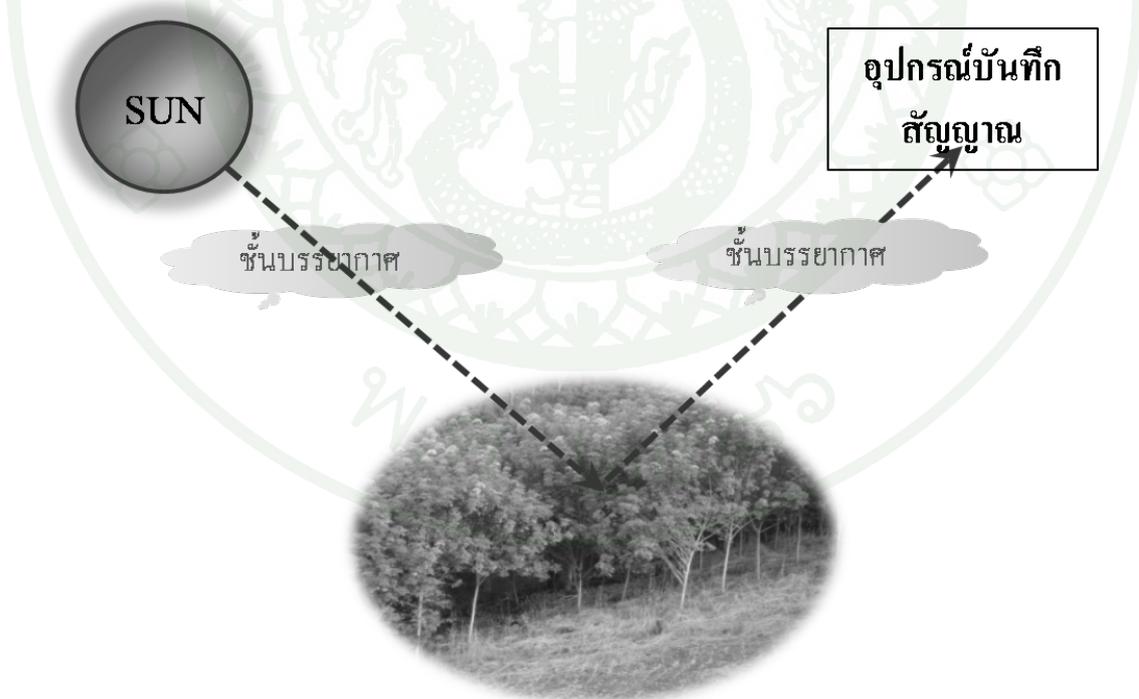
ความหมายของการสำรวจระยะไกลโดยสรุปแล้วคือกระบวนการได้มาของข้อมูลวัตถุหรือสิ่งต่างๆที่สนใจหรือต้องการทราบโดยไม่ได้สัมผัสหรือการวัดวัตถุนั้นๆ โดยตรง และยังมีทำให้ความหมายของการสำรวจระยะไกลเช่น สุทธิณี (2544) ได้ให้ความหมายของการสำรวจระยะไกลว่าเป็นการหาข้อมูลหรือข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ หรือพื้นที่เป้าหมายซึ่งอยู่ไกลจากเครื่องมือที่ใช้วัดหรือใช้บันทึก โดยที่เครื่องมือเหล่านั้นไม่ได้สัมผัสกับวัตถุสิ่งของหรือพื้นที่เป้าหมายดังกล่าว Japan Association an Remote Sensing (1993) ให้ความหมายว่า Remote Sensing เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สามารถบอกลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุที่สนใจโดยไม่สัมผัสกับวัตถุนั้น โดยตรงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกสะท้อนออกมาจากวัตถุคือแหล่งที่มาของข้อมูลสำรวจจากระยะไกล อย่างไรก็ตามแรงโน้มถ่วงหรือสนามแม่เหล็กก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจระยะไกลได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเรียกว่าเครื่องวัดระยะไกลหรือเครื่องตรวจจับเช่น กล้องถ่ายภาพหรือเครื่องกวาดภาพ นอกจากนี้ Lillesand *et al.* (2004) กล่าวว่า การสำรวจระยะไกล คือ วิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ วัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ ที่ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาโดยเครื่องมือที่ไม่ได้สัมผัสกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์นั้น

ประเภทของการสำรวจระยะไกล

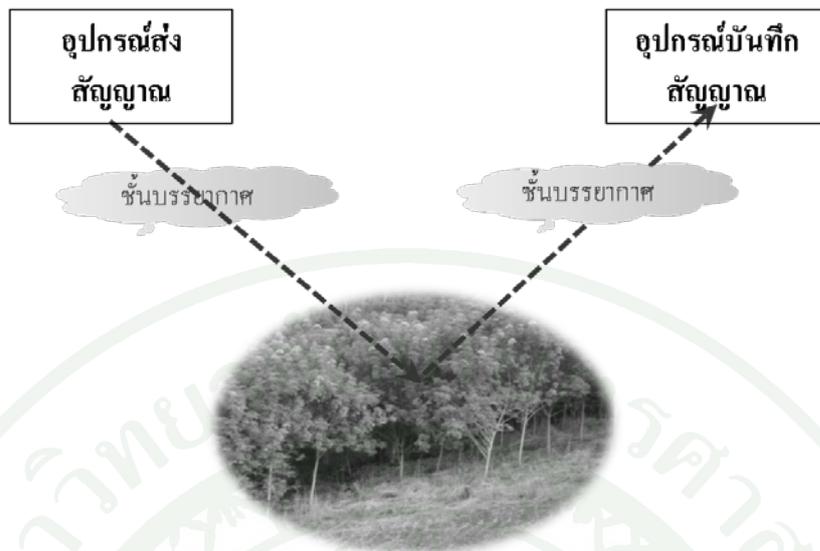
การสำรวจระยะไกลจำแนกตามลักษณะของแหล่งกำเนิดพลังงานได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Passive remote sensing ดังแสดงในภาพที่ 1 และ Active remote sensing ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยระบบทั้งสองสามารถนำมาแปลตีความหรือวิเคราะห์ร่วมกันได้

องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกล

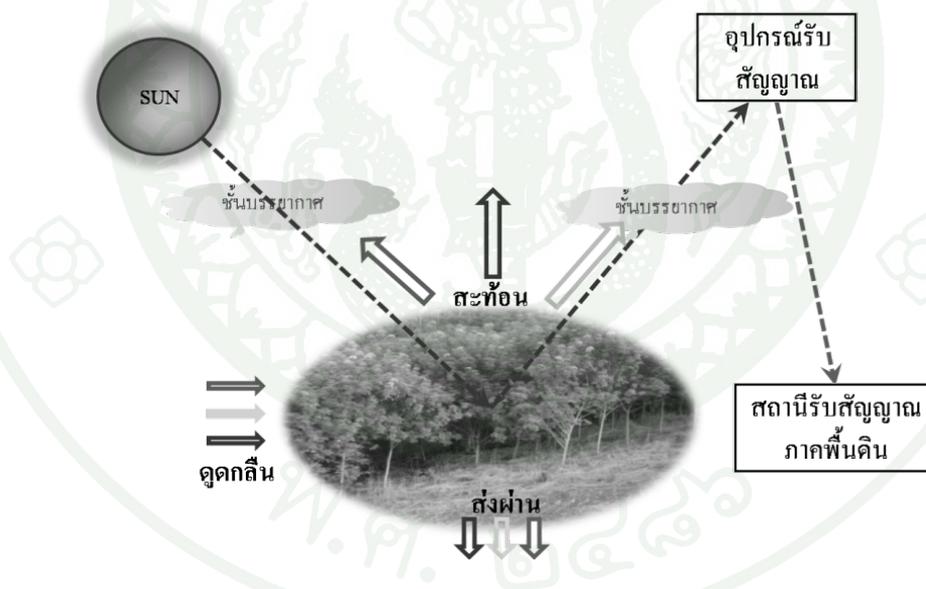
องค์ประกอบของการสำรวจระยะไกลแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Acquisition) ประกอบด้วย แหล่งพลังงาน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปฏิสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ระบบการบันทึกข้อมูล โดยมีกระบวนการดังนี้ แหล่งกำเนิดพลังงานส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมากระทบกับวัตถุทำให้เกิดการสะท้อนมายังเครื่องบันทึกข้อมูล ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) องค์ประกอบและกระบวนการสำรวจระยะไกลดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 1 การสำรวจระยะไกลประเภท Passive remote sensing



ภาพที่ 2 การสำรวจระยะไกลประเภท Active remote sensing



ภาพที่ 3 กระบวนการและองค์ประกอบการสำรวจระยะไกล

ในการสำรวจระยะไกลจะใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ในแต่ละช่วงคลื่นซึ่งมีความแตกต่างกันและอาศัยการปฏิสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุแต่ละชนิดในกระบวนการแปลตีความหรือการวิเคราะห์ภาพถ่ายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ดังนั้นการศึกษาลักษณะพื้นฐานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุจะทำให้การแปลตีความภาพถ่ายได้มีประสิทธิภาพหรือถูกต้องยิ่งขึ้น

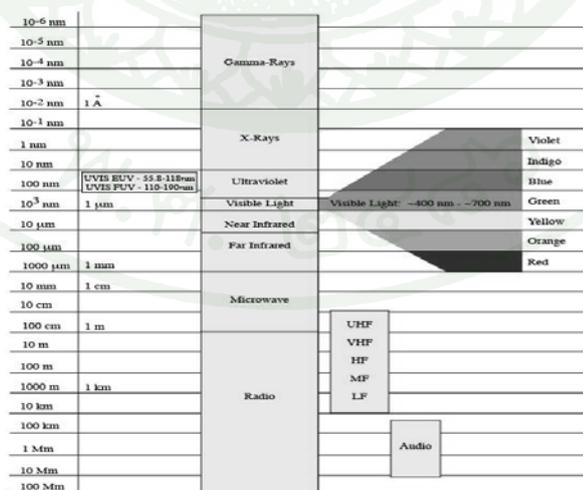
ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือพลังงานชนิดหนึ่งโดยประกอบด้วยสนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้า มีทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกันดังแสดงในภาพที่ 4 จำนวนช่วงคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งออกเป็นหลายช่วงซึ่งแต่ละช่วงจะมีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกันความยาวของแต่ละช่วงคลื่นดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: กรมควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ (2554)

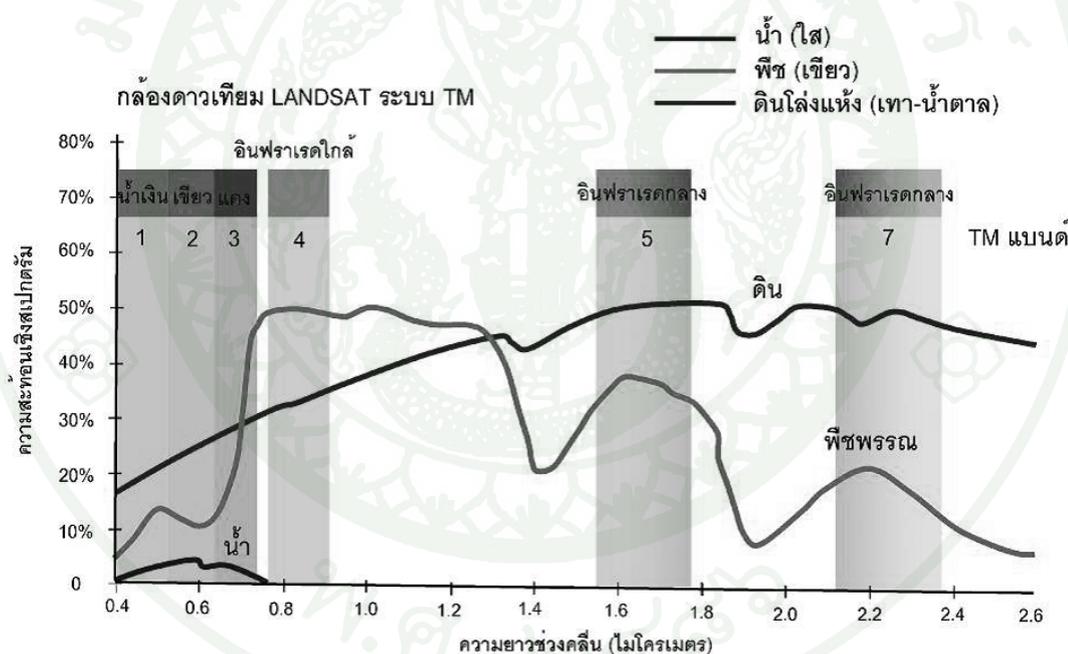


ภาพที่ 5 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: กรมควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ (2554)

ปฏิสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คุณสมบัติของความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและวัตถุบนผิวโลกแต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะตัวคือ วัตถุต่างชนิดจะปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างกัน วัตถุชนิดเดียวกันจะปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละช่วงคลื่นต่างกัน ช่วงเวลาและสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุเปลี่ยนไป วัตถุชนิดเดียวกันจะปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีลักษณะเฉพาะตัวเรียกว่า ลายเส้นเชิงคลื่น (Signature) แต่ทั้งนี้การเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศที่แตกต่างกันทำให้การสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุต่างกันไปด้วย การสะท้อนของวัตถุส่วนใหญ่ที่ปกคลุมโลก ดังแสดงในภาพที่ 6 (โยนงศ์, 2548)

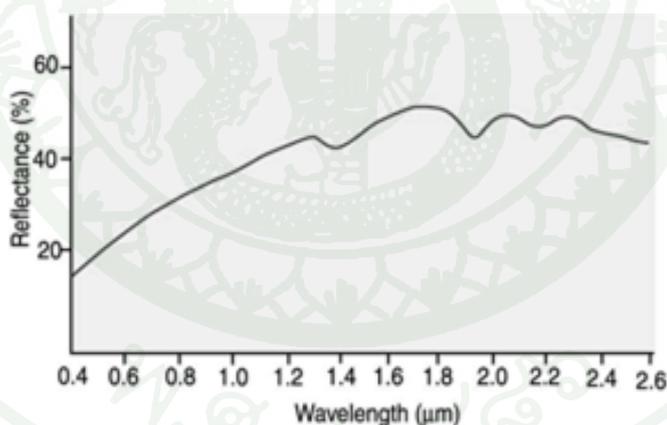


ภาพที่ 6 การสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพืช ดิน และน้ำของดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM

ที่มา: กรมควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ (2554)

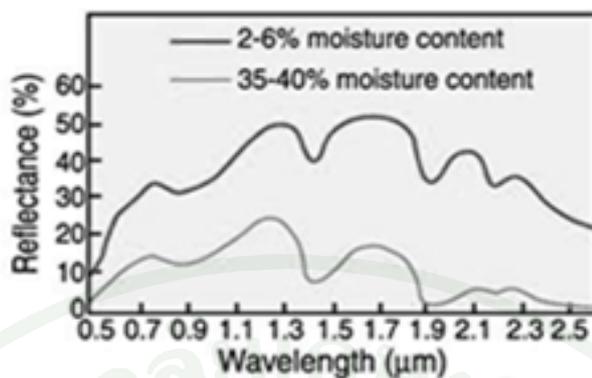
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับดินและแร่ธาตุ

ลักษณะหรือองค์ประกอบหลักโดยทั่วไปของดินและแร่ธาตุประกอบไปด้วย ออกซิเจน ซิลิกอน และอลูมิเนียม องค์ประกอบรองเช่น เหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่นๆ หากแบ่งตามขนาดอนุภาคของดินสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ ดินเหนียว (เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคน้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร) ทรายแป้ง (เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.002-0.05 มิลลิเมตร) ทราย (เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.05-2.00 มิลลิเมตร) ผลจากอะตอมธาตุที่เป็นส่วนประกอบของดินซึ่งมีอิเล็กตรอนที่เกิดปฏิสัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้กราฟการสะท้อนของดินต่ำในช่วงคลื่นสีฟ้าและสีเขียวแล้วสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงคลื่นสีแดงและลดลงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้แต่จะมีค่าการสะท้อนสูงสุดในช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นและลดลงในช่วงอินฟราเรดกลาง ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะการสะท้อนของดินเช่น ความชื้นในดิน สีของดิน ปริมาณอินทรีวัตถุ ปริมาณเหล็กออกไซด์ องค์ประกอบของเนื้อดิน ความขรุขระ และปริมาณหรือชนิดของพืชที่ปกคลุมดิน ลักษณะการสะท้อนของดินดังแสดงในภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 9



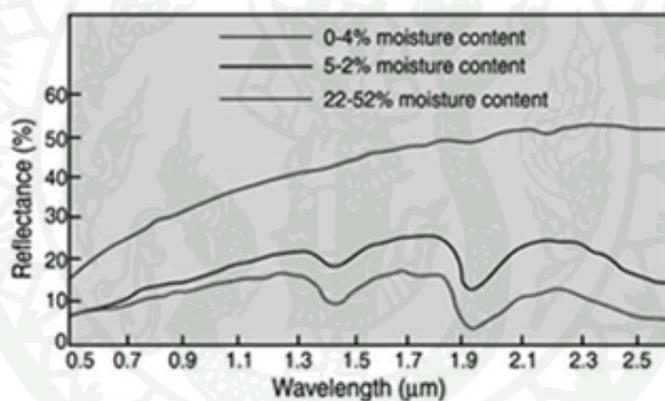
ภาพที่ 7 การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินบริเวณพื้นที่ว่างเปล่า

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)



ภาพที่ 8 ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินเหนียว

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)

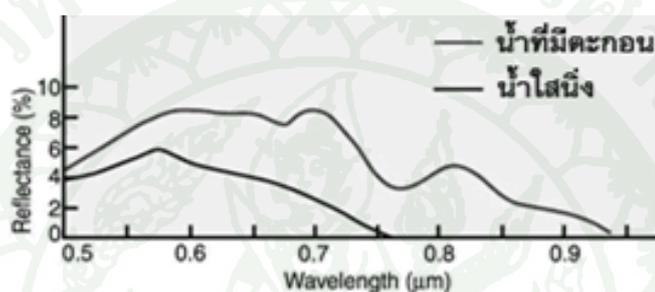


ภาพที่ 9 ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของทราย

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับน้ำ

ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำโดยทั่วไปจะอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการดูดกลืนพลังงานแทบทุกช่วงคลื่นดังนั้นภาพที่ปรากฏจึงเป็นดำหรือสีน้ำเงินทั้งนี้ การที่อุณหภูมิของน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆเช่น ความลึก (น้ำลึกจะดูดกลืนพลังงานได้มากกว่าน้ำตื้น) ลักษณะของพื้นผิวดินและตะกอนใต้น้ำ คุณภาพของน้ำ (ความใสหรือขุ่น) การปะปนกับวัตถุชนิดอื่นๆ อุณหภูมิและความชื้นเป็นต้น ลักษณะการสะท้อนของน้ำดังแสดงในภาพที่ 10

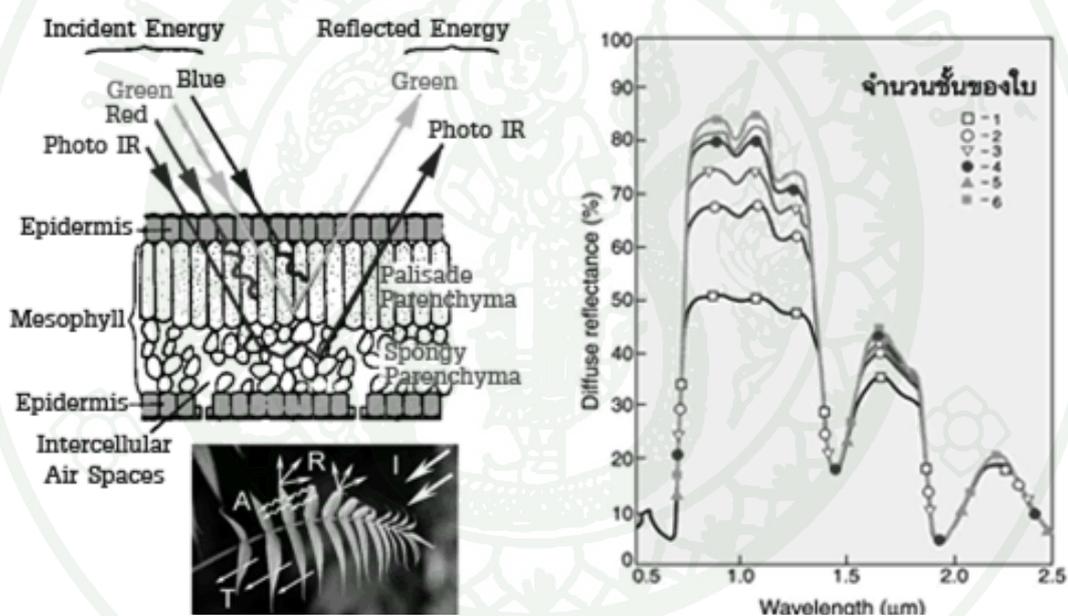


ภาพที่ 10 ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำ

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพืชและดัชนี NDVI

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อลักษณะการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible Band) คือ คลอโรฟิลล์ในใบหรือส่วนอื่นๆ ในโครงสร้างพืชโดยคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45 ไมโครเมตร) และสีแดง (0.65 ไมโครเมตร) แต่จะมีการสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียว (0.50 ไมโครเมตร) ดังแสดงในภาพที่ 11 ตาของมนุษย์จึงมองเห็นพืชเป็นสีเขียวโดยพืชที่ไม่สมบูรณ์หรือพืชที่ผิดปกติ เช่น พืชที่เป็นโรค การดูดกลืนช่วงคลื่นสีน้ำเงินและสีแดงลดลง ส่งผลให้มองเห็นพืชเป็นสีเหลือง สีส้ม หรือสีน้ำตาล เนื่องจากการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดงผสมกับช่วงคลื่นสีเขียว



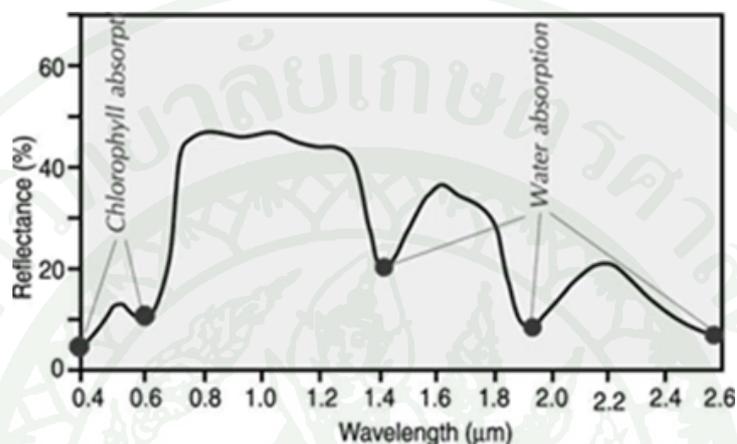
(ก)

(ข)

ภาพที่ 11 ลักษณะการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพืช (ก) การสะท้อนช่วงคลื่นของใบพืช (ข) อิทธิพลของชั้นใบต่อการสะท้อนแสง

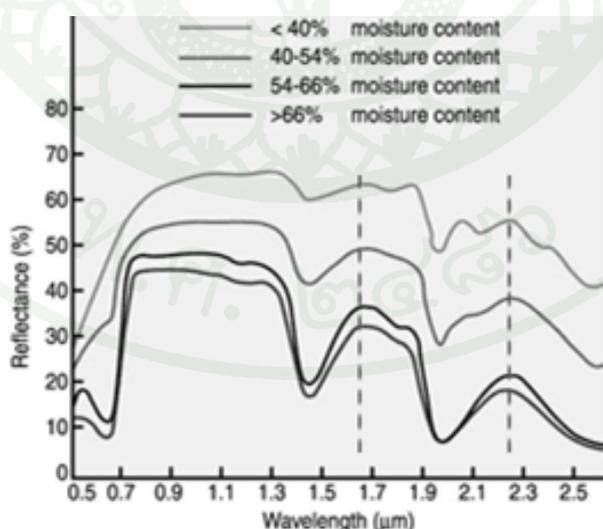
ที่มา: หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2549)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพืชอีกประการหนึ่งคือความชื้นภายในองค์ประกอบของพืชโดยในช่วงคลื่นที่ 1.4 ไมโครเมตร 1.9 ไมโครเมตร และ 2.7 ไมโครเมตร พลังงานถูกดูดกลืนโดยน้ำในโครงสร้างของพืชดังนั้นจึงมีค่าการสะท้อนต่ำ เรียกช่วงคลื่นนี้ว่า Water Absorption Bands ดังแสดงในภาพที่ 12 และภาพที่ 13



ภาพที่ 12 ลักษณะการสะท้อนของพืชในช่วง Chlorophyll absorption และ water absorption

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)



ภาพที่ 13 อิทธิพลของน้ำในโครงสร้างพืชต่อการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2548)

นอกจากลักษณะการสะท้อนของพืชในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแล้วปัจจัยหรือลักษณะเฉพาะที่สามารถนำมาพิจารณาจำแนกพืชอีกปัจจัยหนึ่งคือ ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) ซึ่งมีหลายวิธีได้แก่ ดัชนี Ratio Vegetation Index (RVI) Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI) Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) Transformed Vegetation Index (TVI) เนื่องจากแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมในการเน้นรายละเอียดข้อมูลที่แตกต่างกันจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุที่จำแนกโดยตามปกติของพืชจะดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน (0.4-0.5 ไมโครเมตร) และสีเขียว (0.6-0.7 ไมโครเมตร) แต่สะท้อนพลังงานสีเขียว (0.5-0.6 ไมโครเมตร) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบของพืช โดยช่วงคลื่นดังกล่าวเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็นดังนั้นมนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว และในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (0.7-1.3 ไมโครเมตร) พลังงานที่ตกกระทบจะถูกสะท้อนประมาณร้อยละ 50 สาเหตุจากโครงสร้างภายในใบของพืช (Cell structure) ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกชนิดของพืชได้ กล่าวคือดัชนี Index (NDVI) คืออัตราส่วนของคลื่นสีแดงและคลื่นอินฟราเรดใกล้ ที่ปรับให้อยู่ในรูปการกระจายปกติ ค่าของดัชนีจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งอัตราส่วนของดัชนี NDVI ดังแสดงในสมการที่ 1 (ศุทธิณี, 2544)

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (1)$$

โดยที่ ρ_{NIR} คือ ค่าสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และ ρ_{Red} คือ ค่าสะท้อนช่วงคลื่นสีแดง

คุณสมบัติของดาวเทียมและภาพถ่ายจากดาวเทียม

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการถ่ายภาพสามารถให้รายละเอียดจุดภาพที่มีความคมชัดสูงขึ้นแต่การนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาจะยากยิ่งขึ้นเนื่องจากข้อจำกัดของการออกแบบอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งบนดาวเทียมเนื่องจากต้องคำนึงถึงอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนซึ่งจะต้องมีความสมดุลกันทำให้ไม่สามารถออกแบบให้ถ่ายภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง โดยปัจจุบันดาวเทียมแต่ละดวงจะมีคุณสมบัติที่ต่างกันตามจุดประสงค์ของผู้ออกแบบและการใช้งานเช่น ลักษณะการโคจร ระดับความสูง จำนวนช่วงคลื่น ขนาดช่วงคลื่น พื้นที่การถ่ายภาพ ความละเอียดของจุดภาพ เป็นต้น โดยดาวเทียมรุ่นแรกจะมีความละเอียดของจุดภาพในระดับปานกลาง ตัวอย่างคุณสมบัติของดาวเทียมดังแสดงในตารางที่ 2 และดาวเทียมรุ่นใหม่จะมีความละเอียดของจุดภาพในระดับสูง ตัวอย่างคุณสมบัติของดาวเทียมดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างดาวเทียมสำรวจทรัพยากรรุ่นแรก

ข้อมูล	LANDSAT	SPOT	ERS-1,2	IRS-1A,1B,1C,1D
ประเทศเจ้าของ	สหรัฐอเมริกา	ฝรั่งเศส	สหภาพยุโรป	อินเดีย
หน่วยงานรับผิดชอบ	NASA	SPOT IMAGE	ESA	รัฐบาลอินเดีย
ปีที่เริ่มปฏิบัติการ	2515, 2527 2542-ปัจจุบัน	2529, 2533, 2536 2541, 2545-ปัจจุบัน	2534-2544	2531, 2534, 2538 2540, 2548-ปัจจุบัน
จำนวนดาวเทียม	7	5	2	4
ระดับความสูง	920 กม. (MSS) 705 กม. (TM)	830 กม.	780 กม.	904 กม.
ลักษณะการโคจร	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์
จำนวนช่วงคลื่น	4 (MSS), 7 (TM) 8 (ETM+)	4 (SPOT1-3), 5 (SPOT4-5)	10	4 (IRS-1A, 1B), 7 (IRS-1C, 1D)
ขนาดช่วงคลื่น (μm)	ระบบ MSS 4 คลื่น 0.50-0.60 0.60-0.70 0.70-0.80 0.80-1.10 ระบบ TM 7 คลื่น 0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90 1.15-1.75 10.40-12.50 2.08-2.35 ระบบ ETM+ 8 คลื่น 0.450-0.515 0.525-0.605 0.630-0.690 0.750-0.900	SPOT1-3 ระบบ XS 3 คลื่น 0.50-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89 ระบบ Pan 1 คลื่น 0.51-0.73 คุณสมบัติพิเศษ คือ ถ่ายภาพในแนว เฉียงได้ 27 องศา SPOT4-5 ระบบ XS 5 คลื่น 0.50-0.59 0.61-0.68	ระหว่าง 0.4-11.5 มีระบบ Radar Microwave	(IRS-1A, 1B) 0.45-0.52 0.52-0.59 0.62-0.68 0.77-0.86 IRS-1C, 1D 0.52-0.59 0.62-0.68 0.77-0.86 1.55-1.70 0.5-0.75 (Pan) 0.62-0.86 (WiFS) 0.77-0.86 (WiFS-Wide Field Sensor)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ข้อมูล	LANDSAT	SPOT	ERS-1,2	IRS-1A,1B,1C,1D
	1.550-1.75	และมีระบบ		
	10.40-12.50	Vegetation		
	2.090-2.350	ในคลื่นสีน้ำเงิน		
	0.520-0.900 (Pan)	แดง อินฟราเรด และอินฟราเรดคลื่น สั้น		
เวลาที่ผ่าน ณ จุดเดิม	16 วัน	26 วัน (SPOT1-3) 2-3 วัน (SPOT4-5)	3 วัน	22, 24, 5 วัน
ขนาดจุดภาพ	MMS 80 ม. TM, ETM+ 30 ม. TM คลื่นที่ 6 120 ม. ETM+คลื่นที่ 6 60 ม.	Vegetation 2,250 กม. SPOT (1-4) (XS) 20 ม. (Pan) 10 ม. SPOT5 (XS) 10 ม. (Pan) 5 ม.	30 ม. 400 ม.	148x148 146x146 142x142 70x70 72.5, 36.25, 23, 70, 5.8, 188 ม.
ขนาดภาพต่อระวาง	185x185 ตร.กม.	60x60 ตร.กม.	200x200 ตร.กม.	774x774 ตร.กม.

ที่มา: ไยอนงค์ (2548)

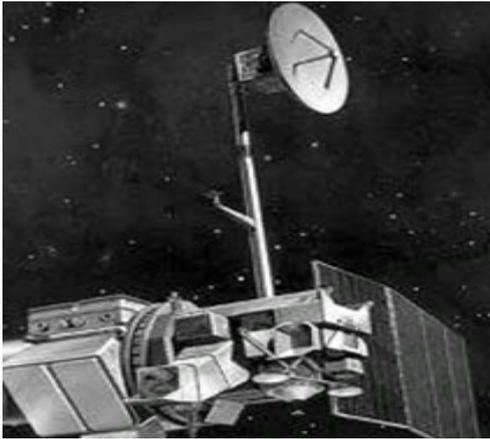
ตารางที่ 3 ตัวอย่างดาวเทียมสำรวจทรัพยากรรุ่นใหม่

ข้อมูล	IKONOS	QUICKBIRD	OrbView3	THEOS
ประเทศเจ้าของ	สหรัฐอเมริกา	สหรัฐอเมริกา	สหรัฐอเมริกา	ไทย
หน่วยงานรับผิดชอบ	Space Imaging	Earth Watch, Inc.	ORBIMAGE	สทอภ. (GISTDA)
ปีที่เริ่มปฏิบัติการ	2542-ปัจจุบัน	2544-ปัจจุบัน	2543-ปัจจุบัน	2550
จำนวนดาวเทียม	2	1	2	1
ระดับความสูง	681 กม.	600 กม.	470 กม.	832 กม.
ลักษณะการโคจร	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับ ดวงอาทิตย์

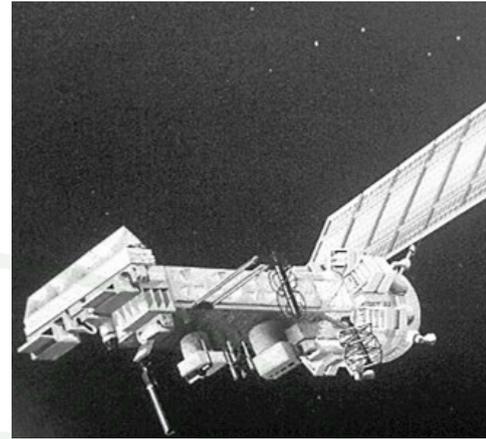
ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อมูล	IKONOS	QUICKBIRD	OrbView3	THEOS
จำนวนช่วงคลื่น	4 (MS)	4 (MS)	4 (MS)	4 (MS)
	1 (Pan)	1 (Pan)	1 (Pan)	1 (Pan)
ขนาดช่วงคลื่น (μm)	0.45-0.53	0.45-0.52	0.45-0.52	0.45-0.52
	0.52-0.61	0.52-0.60	0.52-0.60	0.53-0.60
	0.63-0.72	0.63-0.69	0.625-0.695	0.62-0.69
	0.77-0.88	0.76-0.89	0.76-0.90	0.77-0.90
	0.45-0.90 (Pan)	0.45-0.90 (Pan)	0.45-0.90 (Pan)	0.45-0.90 (Pan)
เวลาที่ผ่าน ณ จุดเดิม	1-3 วัน	1-3, 5 วัน	น้อยกว่า 3 วัน	2, 26 วัน
ขนาดภาพต่อระวาง	11x11 ตร.กม.	16.5x16.5 ตร.กม.	8x8 ตร.กม.	90x90 ตร.กม. (MS) 22x22 ตร.กม. (Pan)
	ขนาดจุดภาพ	4 ม. (MS) 1 ม. (Pan)	2 ม. (MS) 0.60 ม. (Pan)	4 ม. (MS) 1 ม. (Pan)

ที่มา: ไยอนงค์ (2548)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 14 ตัวอย่างของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล (ก) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร LANDSAT 5 (ข) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา NOAA (ค) ดาวเทียมเฝ้าระวังภัยธรรมชาติ SMMS (ง) ดาวเทียมสำรวจโลก CMOS

ที่มา: สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

ดาวเทียมเอนกประสงค์ขนาดเล็ก (Small Multi Mission Satellite: SMMS)

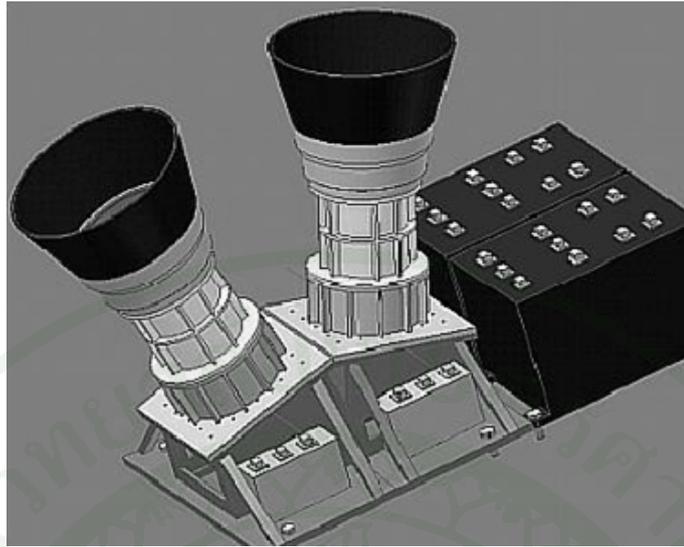
ประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาชนจีนมีโครงการความร่วมมือในการสร้างดาวเทียมเอนกประสงค์ขนาดเล็กเพื่อใช้ประโยชน์ในการเฝ้าระวังภัยพิบัติและสำรวจโลกโดยใช้ชื่อว่า Small Multi Mission Satellite (SMMS) ซึ่งสาธารณรัฐประชาชนจีนสร้างและพัฒนาเกี่ยวกับตัวดาวเทียม และการจัดส่งขึ้นโคจรและประเทศไทยพัฒนาด้านระบบทดลองสื่อสาร Ka-Band ดาวเทียมถูกส่งขึ้นโคจรในวันที่ 6 กันยายน พ.ศ.2551 จากสถานีจัดส่งดาวเทียมที่เมืองไท่หยวน



ภาพที่ 15 การส่งดาวเทียม SMMS ขึ้นสู่วงโคจร

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

ลักษณะเด่นของดาวเทียม SMMS คือ กล้องระบบ CCD (ภาพที่ 16) บันทึกภาพ ได้กว้าง 700 กิโลเมตร มีจำนวน 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ช่วงคลื่น 0.43-0.52 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน) 0.52-0.60 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีเขียว) 0.63-0.69 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีแดง) 0.75-0.89 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้) ที่ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ซึ่งทำให้สามารถศึกษาภาพรวมหรือติดตามสถานการณ์ในบริเวณพื้นที่กว้างได้ดี และกล้องระบบ HSI (ภาพที่ 17) มีจำนวนช่วงคลื่นมากถึง 115 ช่วงคลื่น



ภาพที่ 16 แบบจำลองกล้องถ่ายภาพระบบ CCD ของดาวเทียม SMMS

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)



ภาพที่ 17 กล้องถ่ายภาพระบบ HSI ของดาวเทียม SMMS

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

ลักษณะคุณสมบัติและแนวการโคจรถ่ายภาพของดาวเทียม SMMS

รายละเอียดคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเทียม SMMS ดังแสดงในตารางที่ 4 และรายละเอียดคุณสมบัติเชิงคลื่น ดังแสดงในตารางที่ 5 และแนวการโคจรถ่ายภาพพื้นที่ประเทศไทย และความกว้างของภาพดังแสดงในภาพที่ 18 และ ภาพที่ 19

ตารางที่ 4 รายละเอียดคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเทียม SMMS

ประเภท	ลักษณะคุณสมบัติ
ลักษณะการโคจร	โคจรในแนวเหนือ-ใต้ (Sun-synchronous orbit)
ความสูงวงโคจร	649 กิโลเมตร
น้ำหนักรวม	472.7 กิโลกรัม
ขนาดความกว้าง	7.5 เมตร
ชนิดอุปกรณ์บันทึกภาพ	CCD จำนวน 2 ชุด 4 ช่วงคลื่น ความกว้างการถ่ายภาพ 700 กิโลเมตร HSI จำนวน 1 ชุด 115 ช่วงคลื่น ความกว้างการถ่ายภาพ 50 กิโลเมตร
ระยะเวลาการใช้งาน	3 ปี

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

ตารางที่ 5 รายละเอียดคุณสมบัติเชิงคลื่นของดาวเทียม SMMS

Band No.	Wavelength Interval	Spectral Response	Resolution (meter)
1	0.43 - 0.52 (μm)	Blue	30
2	0.52 - 0.60 (μm)	Green	30
3	0.63 - 0.69 (μm)	Red	30
4	0.75 - 0.89 (μm)	Near IR	30
Hyper spectrum	0.45 - 0.95 (μm)		100

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

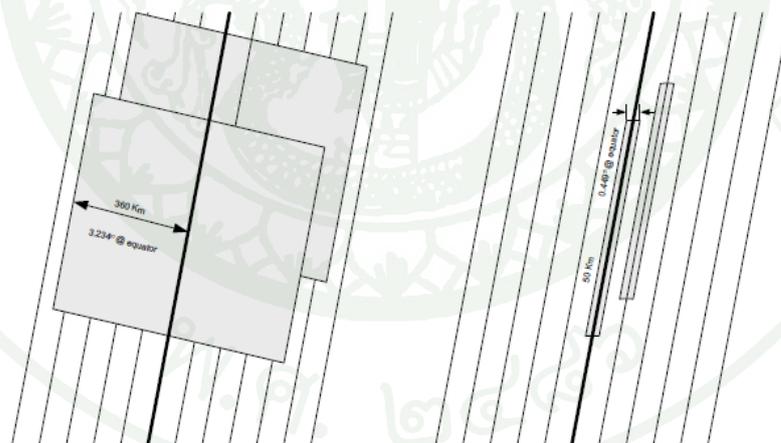


(ก)

(ข)

ภาพที่ 18 แนวการ โคจรถ่ายภาพของดาวเทียม SMMS (ก) ดาวเทียม HJ-1A (ข) ดาวเทียม HJ-1B

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)



(ก)

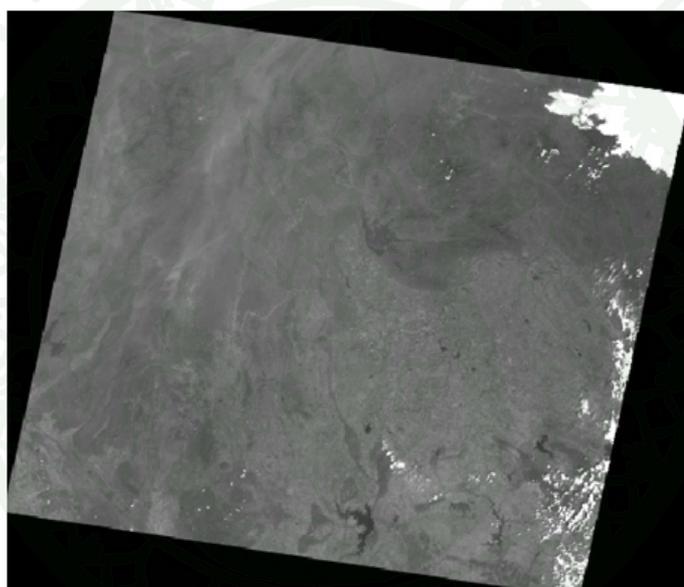
(ข)

ภาพที่ 19 ขอบเขตการถ่ายภาพของดาวเทียม SMMS (ก) ความกว้างของภาพจากกล้อง CCD
(ข) ความกว้างของภาพจากกล้อง HIS

ที่มา: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2554)

ผลิตภัณฑ์ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS

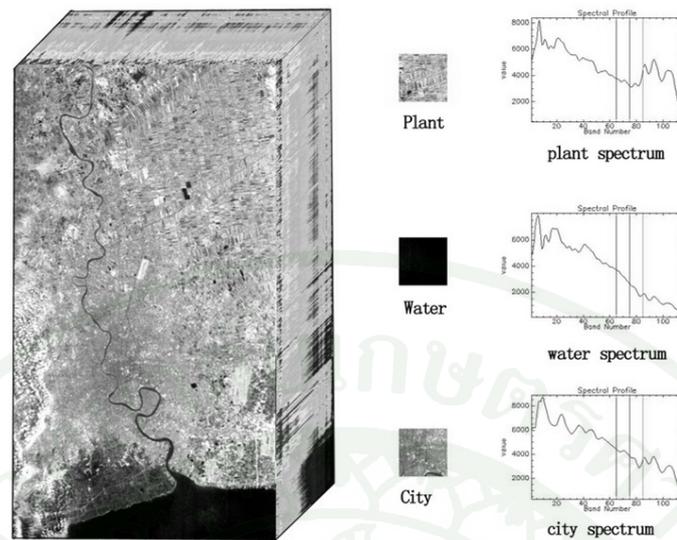
ภาพถ่ายแบบ CCD เป็นภาพถ่ายที่ประกอบด้วยช่วงคลื่นจำนวน 4 ช่วงคลื่นได้แก่ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น 0.43-0.52 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน) 0.52-0.60 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีเขียว) 0.63-0.69 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นสีแดง) 0.75-0.89 ไมโครเมตร (ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้) โดยภาพถ่ายมีความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ความกว้างของภาพประมาณ 350 กิโลเมตร โดยภาพที่ได้จากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมจะเป็นภาพที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและเชิงภูมิศาสตร์ในระดับที่ 2 ตัวอย่างภาพชนิด CCD แสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ชนิด CCD ระยะเวลาที่ Path 11 Row 96

ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

ผลิตภัณฑ์ภาพถ่ายชนิด Hyper Spectrum Image เป็นภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูง โดยมีความละเอียดประมาณ 4 นาโนเมตร และมีจำนวนช่วงคลื่น 115 ช่วงคลื่นจึงให้รายละเอียดความแตกต่างของข้อมูลการสะท้อนต่อช่วงคลื่นของวัตถุแต่ละชนิดดีโดยมีความละเอียดของจุดภาพ 100 เมตร ตัวอย่างภาพชนิด HSI แสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ชนิด Hyper Spectrum Image

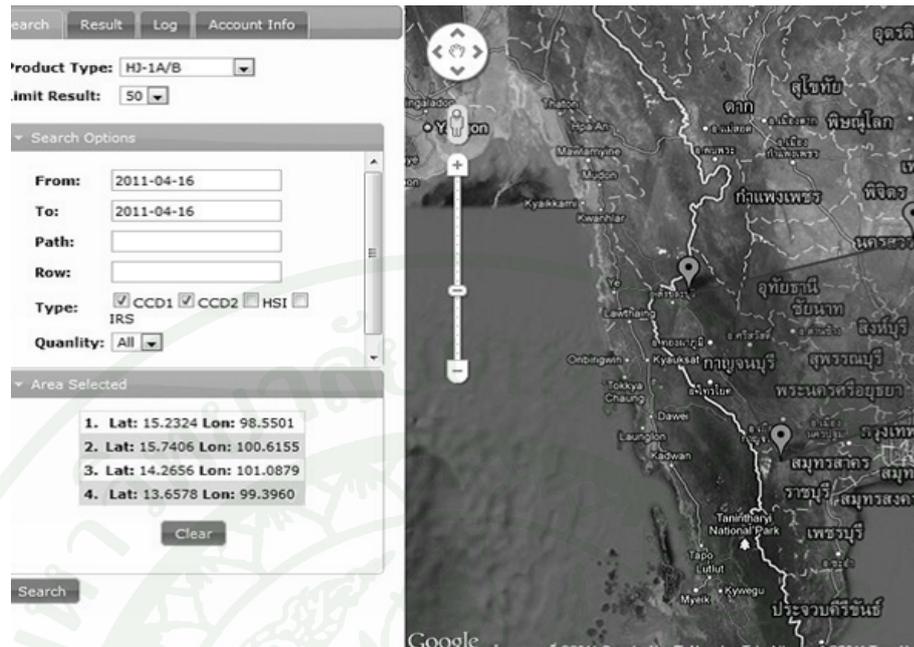
ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

สถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน

หลังจากการเจรจาขยายความร่วมมือในด้านการใช้งานประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS เพื่อใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศไทย เช่น การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การวางแผน การเกษตร และการเตือนหรือเฝ้าระวังภัยพิบัติต่างๆ โดยรัฐบาลจีนจะให้ใช้สัญญาณภาพถ่ายดาวเทียมโดยไม่คิดมูลค่า ดังนั้นในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ได้มีการติดตั้งจานดาวเทียมและสถานีรับสัญญาณดาวเทียม ณ อาคารบุญสม สุวชิรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเผยแพร่ให้กับหน่วยงานต่างๆ โดยไม่คิดมูลค่าผ่านเว็บไซต์ <http://www.smms.eng.ku.ac.th/>

การเผยแพร่และการให้บริการภาพถ่ายดาวเทียม SMMS

เพื่อความสะดวกของหน่วยงานต่างๆ ในการเข้าถึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้จัดสร้างระบบ Catalog ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้สามารถเลือกใช้ภาพในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการได้สะดวกภาพตัวอย่างการเข้าถึงข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 หน้าจอการค้นหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS

ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีขนาดของข้อมูลใหญ่ดังนั้นทางผู้ดูแลจึงจำเป็นต้องจำกัดการให้บริการเพื่อให้การบริการเป็นไปอย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพโดยได้กำหนดความสามารถในการให้บริการดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อจำกัดการให้บริการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS

ระดับผู้ใช้	ภาพ/สัปดาห์	ผลิตภัณฑ์	ภาพย้อนหลัง (วัน)
Normal	2	HJ-1A, Base Map	30
Silver	4	HJ-1A, Base Map, Contour Height	15
Gold	6	HJ-1A, Base Map, Contour Height, Classify	7
Platinum	8	HJ-1A, Base Map, Contour Height, Classify	1
Ultimate	ไม่จำกัด	ทุกอย่าง	ไม่จำกัด

ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

ตัวอย่างภาพถ่ายจากดาวเทียมSMMS



(ก)



(ข)

ภาพที่ 23 ตัวอย่างภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS (ก) ภาพถ่ายสนามบินดอนเมือง (ข) ภาพถ่ายสนามบินสุวรรณภูมิ

ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

หลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Data analysis) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) คือ การแปลความหมายภาพถ่ายด้วยสายตาโดยอาศัยองค์ประกอบของภาพ เช่น สี (Color) เงา (Shadow) รูปทรง (Form) ขนาด (Size) รูปแบบ (Size) ลวดลาย (Texture) และองค์ประกอบด้านพื้นที่ (Spatial Components) และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Image Processing) คือ การแปลความหมายภาพถ่ายโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติในการจำแนกชนิดของข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) คือ การกำหนดตัวอย่างของประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ก่อนการประมวลผล โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ใช้ในกรณีที่มีความคุ้นเคยกับพื้นที่หรือจากการสำรวจพื้นที่จริง และการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) คือ การกำหนดให้คอมพิวเตอร์จำแนกประเภทข้อมูลเองโดยอาศัยหลักการทางสถิติซึ่งผู้แปลเป็นคนกำหนดจำนวนประเภทข้อมูล (Classes) และคอมพิวเตอร์จะประมวลผลเพื่อจำแนกพื้นที่ต่างๆ ตามจำนวนประเภทที่ได้กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามภาพถ่ายจากดาวเทียม อาจจะต้องปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพก่อนนำไปใช้ในการจำแนกเพื่อ ความมีประสิทธิภาพ ในการแปลตีความหรือจำแนกขอบเขตของวัตถุต่าง ๆ ได้ตรงกับพื้นที่จริงมากที่สุดและจะต้องได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตเพื่อให้ตำแหน่งพิกัดในภาพตรงกับระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงพื้นผิวโลก

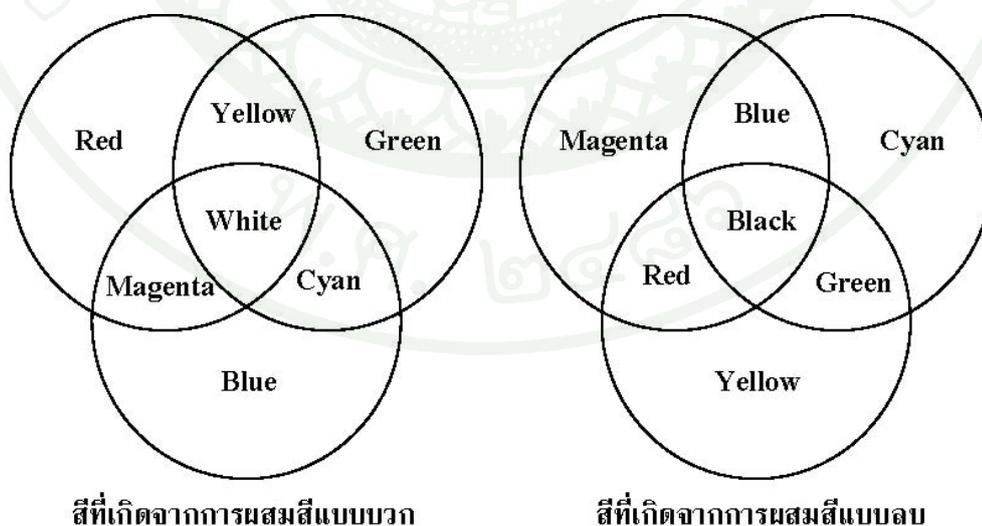
การปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย

หลักในการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพคือ การเน้นรายละเอียดความชัดเจนของข้อมูลภาพโดยการเพิ่มระดับความแตกต่างของวัตถุ (Contrast) ซึ่งจะทำได้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุแต่ละชนิดชัดเจนขึ้น เทคนิคการปรับปรุงข้อมูลภาพมีหลายวิธี ได้แก่ การยืดภาพ (Image Stretching) การทำภาพสีผสม (Color Composite) การกรองภาพ (Image Filtering) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) และการปฏิบัติการระหว่างภาพ (Multispectral Image Ratios) โดยแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมความแตกต่างกัน

การยืดภาพ (Image Stretching) คือ การขยายค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดของระดับค่าสีเทาให้มีช่วงกว้างขึ้นจนถึงค่าระดับสีเทาที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้คือ 256 ระดับ (0-255) โดยให้ค่าต่ำสุดมีค่าเป็น 0 และค่าสูงสุดมีค่าเป็น 255 การยืดภาพหลายวิธีได้แก่ การยืดภาพเชิงเส้น

(Linear Stretching) การยืดภาพบางส่วน (Special Stretching) การยืดภาพมีขอบเขต (Linear with Saturation Stretching) การยืดภาพตามความถี่ของข้อมูล (Histogram Equalization Stretching) และการเน้นรายละเอียดแบบแบ่งช่วงคลื่นเท่ากัน (Density Slicing)

การทำภาพสีผสม (Color Composite) คือ การนำรายละเอียดของแต่ละช่วงคลื่นมารวมกัน เพื่อเน้นรายละเอียดของวัตถุโดยสามารถนำช่วงคลื่นมารวมกันได้ครั้งละ 3 ช่วงคลื่นเพราะสายตาของมนุษย์ตอบสนองช่วงคลื่น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.4-0.5 μm) สีเขียว (0.5-0.6 μm) และสีแดง (0.6-0.7 μm) รูปแบบการผสมสีได้แก่ การผสมสีบวก การผสมสีลบ การผสมสีเทียม โดยส่วนใหญ่การแปลภาพถ่ายจะใช้การผสมสีบวกแบ่งเป็น 2 ลักษณะได้แก่ ภาพสีผสมธรรมชาติ (Natural Color Composite) คือ การกำหนดสีให้แต่ละช่วงคลื่นตรงกับสีที่มนุษย์มองเห็นตามธรรมชาติ เช่น ให้สีพืชเป็นสีเขียว น้ำเป็นสีน้ำเงิน เป็นต้น ภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite) คือ การนำช่วงคลื่นมาผสมกันแล้วให้สีไม่ตรงกับสีตามธรรมชาติเช่น พืชเป็นสีแดง ดินเป็นสีเขียว ทำให้สามารถเน้นข้อมูลความแตกต่างของวัตถุได้ชัดเจนขึ้น ส่วนใหญ่ในการแปลภาพถ่ายจะกำหนดให้พืชเป็นสีแดง เนื่องจากกลุ่มของสีแดงมีความละเอียดตาของมนุษย์จึงสามารถแยกสีแดงได้ดีระดับความละเอียดของสีแดงดังนี้ ม่วงแดง แดง ชมพู เหลือง เหลือง ส้ม แสด น้ำตาลแดง น้ำตาลคล้ำ การผสมแสงสีดังแสดงในภาพที่ 24 และ รายละเอียด การทำภาพสีผสมดังแสดงในตารางที่ 7



ภาพที่ 24 การผสมแสงสีบวกและการผสมแสงสีลบ

ที่มา: สุทธิณี (2544)

ตารางที่ 7 การสร้างภาพสีผสมของดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM

แบนด์ / B G	คุณสมบัติ
1 2 3	ให้ภาพสีผสมแบบธรรมชาติ (Natural Color Composite) คือ พืชพรรณเป็นสีเขียว ใช้ศึกษาความชุ่มของตะกอน น้ำตื้น และพื้นที่ชายฝั่ง
2 3 4	ให้สีผสมเท็จแบบมาตรฐาน (Standard False Color Composite) พืชพรรณปรากฏเป็นสีแดง น้ำเป็นสีน้ำเงิน พื้นที่โล่งเป็นสีขาว
3 4 5	พืชพรรณเป็นสีเขียวให้รายละเอียดความแตกต่างของความชื้นของดิน มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ
3 5 4	พืชพรรณเป็นสีแดงและสีส้ม แสดงขอบเขตพื้นดิน และน้ำ แยกป่าชายเลน (สีส้ม) ออกจากป่าบก (สีแดง) ให้ลักษณะคลองระบายน้ำ
2 5 4	พืชพรรณสีแดงแยกพื้นที่สวนยางพารา (สีส้มและสีชมพู) ได้ชัดเจน
7 5 4	พืชพรรณสีแดงให้รายละเอียดความชื้นที่แตกต่างตามลักษณะพื้นที่
1 2 4	พืชพรรณสีแดง ให้รายละเอียดความชุ่มของตะกอนชายฝั่ง

ที่มา: จรรย์ธร (2546)

การกรองภาพ (Image Filtering) เป็นเทคนิคการปรับปรุงภาพให้มีความละเอียดขึ้น โดยการลบบางส่วนที่ไม่ต้องการของภาพออกหรือการเน้นบางส่วนของภาพให้ชัดมากขึ้น การกรองภาพคือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คำนวณค่าจุดกึ่งกลางข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number: DN) ของแต่ละจุดภาพใหม่โดยใช้ค่าจากทุกจุดภาพที่อยู่ในขอบเขตของตัวกรอง ตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เช่น การคูณ การหาร ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) มัชยฐาน (Median) ฐานนิยม (Mode) และค่าความเบี่ยงเบนในกรอบตัวกรอง (Local Standard Deviation) โดยหลักการในการกรองภาพคือการเลื่อนตัวกรองภาพซึ่งเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีจุดภาพเป็นเลขคู่เสมอเพื่อให้ภาพมีความสมดุลโดยการเลื่อนจากซ้ายไปขวา

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) คือ การสร้างองค์ประกอบของคลื่นใหม่จากกลุ่มช่วงคลื่นเดิมจึงเป็นการลดจำนวนช่วงคลื่นแต่ยังคงลักษณะเด่น

ของแต่ละช่วงคลื่นไว้ และเมื่อนำช่วงคลื่นมาทำภาพสีผสมจะได้ภาพที่มีรายละเอียดชัดเจนมากขึ้น และยังเป็นการลดปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลทำให้ใช้เวลาน้อยลงมาก การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักได้แก่ การคำนวณค่าทางสถิติ การคำนวณ Variance-Covariance Matrix การคำนวณค่าสหสัมพันธ์ และการคำนวณพิกัดใหม่ของจุดภาพ

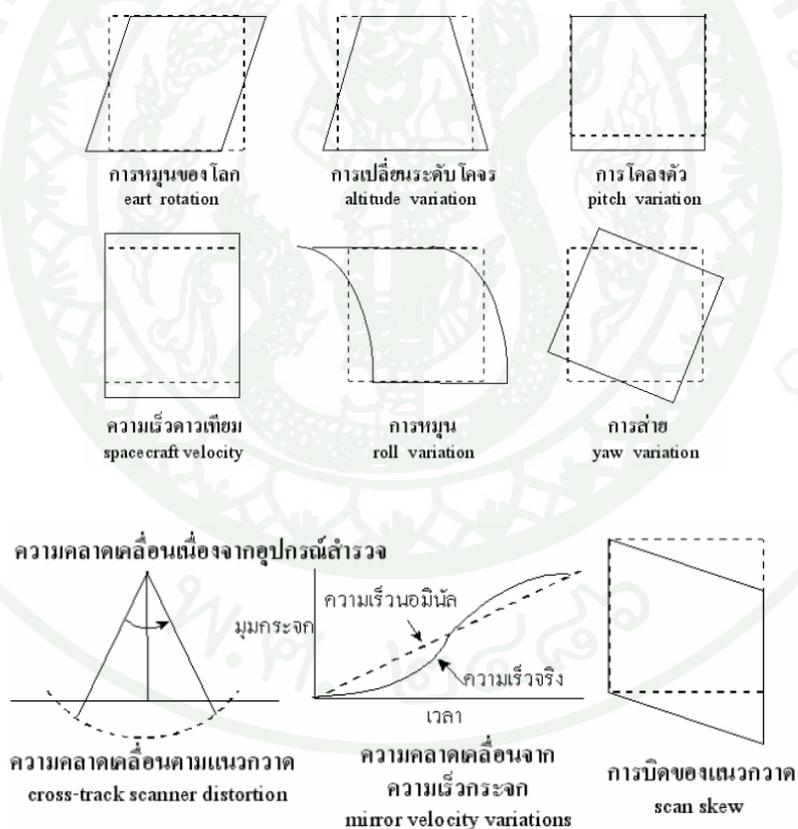
การปฏิบัติการระหว่างภาพ (Multispectral Image Ratios) เป็นปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลเพื่อเน้นรายละเอียดของวัตถุที่สนใจ โดยมีหลักการคือ การนำข้อมูลหลายช่วงคลื่นมาคำนวณทางคณิตศาสตร์เช่น บวก ลบ คูณ หาร หรือการทำอัตราส่วน เพื่อจำแนกชนิดของวัตถุที่สนใจให้ชัดเจนขึ้น ปฏิบัติการระหว่างภาพที่นิยมใช้ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ ดัชนีความสว่าง และการทำสัดส่วนระหว่างข้อมูลภาพ ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) คือ การนำช่วงคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนพลังงานจากใบของพืชหรือในส่วนที่มีคลอโรฟิลล์ มาทำอัตราส่วนเพื่อเน้นหรือจำแนกความแตกต่างระหว่างบริเวณที่เป็นพืชและไม่ใช่พืชซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ ดัชนี Ratio Vegetation Index (RVI) Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI) Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) Transformed Vegetation Index (TVI) เนื่องจากแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมในการเน้นรายละเอียดข้อมูลที่แตกต่างกันจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะกับวัตถุที่จำแนกโดยตามปกติของพืชจะดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน (0.4-0.5 ไมโครเมตร) และสีแดง (0.6-0.7 ไมโครเมตร) แต่สะท้อนพลังงานสีเขียว (0.5-0.6 ไมโครเมตร) เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในใบของพืชโดยช่วงคลื่นดังกล่าวเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็นดังนั้นมนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว และในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (0.7-1.3 ไมโครเมตร) พลังงานที่ตกกระทบจะถูกสะท้อนประมาณร้อยละ 50 สาเหตุจากโครงสร้างภายในใบของพืช (Cell structure) ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกชนิดของพืชได้ Normalized Differenced Vegetation Index (NDVI) คืออัตราส่วนของคลื่นสีแดงและคลื่นอินฟราเรดใกล้ ที่ปรับให้อยู่ในรูปการกระจายปกติ ค่าของดัชนีจะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการถ่ายภาพสามารถให้รายละเอียดจุดภาพที่มีความคมชัดสูงขึ้นแต่การนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษาจะชะงักลงเนื่องจากข้อจำกัดของการออกแบบอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งบนดาวเทียมเนื่องจากต้องคำนึงถึงอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนซึ่งจะต้องมีความสมดุลกันทำให้ไม่สามารถออกแบบให้ถ่ายภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงได้ แต่ความต้องการในการใช้ภาพที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำภาพสีรวมกับภาพขาวดำโดยใช้เทคนิคการหลอมรวมภาพ (Pan-Sharpned) หลักการคือการรักษาคุณสมบัติของรายละเอียดเชิง

คลื่นของข้อมูลภาพในระบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) และการเพิ่มรายละเอียดเชิงพื้นที่ด้วยคุณสมบัติของภาพถ่ายในระบบขาวดำ (Panchromatic) ทำให้ได้ภาพสีที่มีความละเอียดสูงขึ้น

ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่าย

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับภาพถ่ายดาวเทียมแยกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นระบบ เกิดจากการวางตัว ความสูงของกล้อง โจร อัตราเร็วการเคลื่อนที่ของดาวเทียม และการหมุนรอบตัวเองของโลก ความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบ เกิดจากความเร็วไม่คงที่ของกระจกกวาดภาพหรือจากการเอียงตัวของอุปกรณ์รับภาพนอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆอีกเช่น ความโค้งของโลก และวงโคจรของดาวเทียมเป็นต้นสาเหตุความคลาดเคลื่อนดังแสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 25 รูปแบบความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม

ที่มา: กัญญา (2536)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

โดยทั่วไปสถานีรับสัญญาณดาวเทียมจะปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม (System Correction) ในเบื้องต้นมาให้แล้วเช่น การปรับภาพให้สอดคล้องกับแนวการกวาดภาพของอุปกรณ์รับสัญญาณ แต่จะต้องมีการปรับแก้ให้มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้นโดยอ้างอิงกับสิ่งหรือระบบที่เป็นมาตรฐาน (Precise Correction) โดยทั่วไปแล้วจะใช้แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารซึ่งในปัจจุบันเป็นชุดแผนที่ L7018 โดยเป็นแผนที่ระบบ UTM มาตราส่วน 1:50,000 แล้วเลือกจุดควบคุมหรือ GCPs เพื่อกำหนดค่าพิกัดให้กับภาพถ่ายต้องเลือกจุดที่สามารถเห็นได้ชัดเจนทั้งในแผนที่และภาพถ่ายจุดควบคุมที่ดีควรมีลักษณะที่คงทนถาวร เช่น จุดตัดถนน เป็นต้น จำนวนจุดที่เลือกต้องมีเพียงพอและกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ สมการที่ใช้ในการปรับแก้ภาพถ่ายโดยรูปแบบส่วนมากที่ใช้ในการปรับแก้ค่าพิกัดได้แก่

Affine or 1st order polynomial เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรง (linear model) ใช้ปรับแก้ภาพดาวเทียมที่มีความผิดพลาดในลักษณะเกิดการหมุน หรือการส่าย หรือมีมาตราส่วนคลาดเคลื่อน Helmert เป็นรูปแบบของสมการเส้นตรงเช่นกัน ที่ใช้ปรับแก้ภาพที่เกิดความคลาดเคลื่อนทางแกน X และ Y หรือภาพที่มีการหมุน Polynomial Equation เป็นรูปแบบของสมการ Non linear model โดยทั่วไปจะใช้ข้ออนุพันธ์ (Orders) ตั้งแต่อนุพันธ์ที่ 2 จนถึง อนุพันธ์ที่ 5 จำนวนจุดควบคุมอย่างน้อยของแต่ละรูปแบบของการปรับแก้ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จำนวนจุด GCP ที่ใช้ในสมการแปลงพิกัด

รูปแบบสมการ (model)	ค่า k (จำนวนจุด GCP.)
Helmert	2
Affine or 1 st - order polynomial	3
2 nd order	6
3 rd order	10
4 th order	15
5 th order	21

ที่มา: จรรย์ธร (2546)

การแปลงค่าพิกัด (Coordinate transformation)

การแปลงค่าพิกัดของภาพถ่ายเป็นการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดภาพตามสมการที่เลือกใช้ในการปรับแก้โดยใช้ข้อมูลจากจุดควบคุมที่ผู้ใช้งานกำหนดให้กับโปรแกรมซึ่งจะคำนวณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยหรือ Root Mean Square (RMS) ซึ่งจะเป็นค่าที่บอกถึงความคลาดเคลื่อนของระยะทางระหว่างจุดควบคุมที่ผู้ใช้งานกำหนดให้กับโปรแกรมกับจุดที่โปรแกรมคำนวณขึ้นใหม่บนภาพถ่ายโดยมีหน่วยเป็นจุดภาพหรือเป็นหน่วยของระยะทาง รูปแบบของสมการที่ใช้คำนวณความคลาดเคลื่อน (RMS) จะมีรูปแบบดังต่อไปนี้ RMS สำหรับแกนราบ $X = (\text{SUM} (X_1 - X_{\text{org}})^2 / (n-k))$ และ RMS สำหรับแกนราบ $Y = (\text{SUM} (Y_1 - Y_{\text{org}})^2 / (n-k))$ เมื่อ : X_1 คือ ค่าพิกัดแนวราบที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้ Y_1 คือ ค่าพิกัดแนวตั้งที่คำนวณได้ในข้อมูลภาพที่ยังไม่ได้ปรับแก้ X_{org} คือ ค่าพิกัดแนวราบของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ Y_{org} คือ ค่าพิกัดแนวตั้งของจุดควบคุมทางภาคพื้นดินในภาพ n คือ จำนวนจุดควบคุมทางภาคพื้นดิน k คือ ค่า Degree of freedom หรือ จำนวนจุดควบคุมที่ต้องใช้ ค่า $\text{RMS}_{\text{error}}$ ที่ยอมรับได้จะมีค่าบวกหรือลบไม่เกิน 1 จุดภาพ ถ้าค่า $\text{RMS}_{\text{error}}$ มีค่าสูงแสดง ว่าตำแหน่งของจุดภาพที่สร้างขึ้นใหม่มีความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งจุดควบคุมมาก

การสร้างจุดภาพใหม่หรือการสุ่มตัวอย่างซ้ำ

ภายหลังจากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตแล้วเป็นขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้างข้อมูลภาพหรือค่าระดับสีเทาของภาพขึ้นใหม่เนื่องจากตำแหน่งของภาพมีการเปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้ภาพที่สร้างขึ้นใหม่มีความสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งจุดภาพและข้อมูลค่าการสะท้อนของระดับสีเทาโดยวิธีการที่เรียกว่า การสร้างจุดภาพใหม่หรือการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling) ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการสร้างจุดภาพใหม่ได้แก่

Nearest neighbor substitution เป็นวิธีแทนด้วยค่าระดับสีเทาของจุดภาพเดิมที่อยู่ใกล้ที่สุดกับจุดภาพที่ทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำ วิธีนี้ค่อนข้างง่ายและใช้เวลาในการคำนวณน้อย Bilinear interpolation เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นคู่ โดยการสมมุติให้ค่าความต่างระหว่างจุดภาพเดิม 4 จุดภาพ Cubic convolution ค่อนข้างจะซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่า 2 วิธีแรก จะใช้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ใกล้ชิดกับจุดภาพที่จะทำการสุ่มตัวอย่างซ้ำจำนวน 9 หรือ 16 จุดภาพในการคำนวณค่าใหม่ ซึ่งค่าระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพอาจจะแตกต่างไปจากจุดภาพเดิมมาก

การประยุกต์ใช้ประโยชน์ภาพถ่ายจากดาวเทียม

ในการใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียมโดยส่วนใหญ่จะนำมาใช้ประกอบกับข้อมูลทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลพื้นฐานที่สามารถอ้างอิงได้สะดวกและสามารถใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้ เช่น ขอบเขตการปกครอง ถนน หมู่บ้าน แหล่งน้ำ และลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ เป็นต้น พยุงศักดิ์ (2550) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกยางพาราโดยศึกษาพื้นที่อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ในช่วง พ.ศ.2535 – พ.ศ. 2547 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat-5 ช่วงคลื่นที่ใช้ในการจำแนกคือ 7-4-3 (B-G-R) และซ้อนทับกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้น 43,394.191 ไร่

ชรัตน์ และคณะ (2552) ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม THEOS ประเมินพื้นที่ปลูกยางพาราในกลุ่มน้ำโขงตอนบน โดยจำแนกอายุยางพาราออกเป็นช่วงอายุ น้อยกว่า 5 ปี 5-10 ปี และมากกว่า 10 ปี ผลจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 901,392.47 ไร่ (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 แปลงยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียมธีออส

ที่มา: ชรัตน์ (2552)

วรรณช (2550) ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS จำแนกความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกลำไยกับพื้นที่ประเภทอื่นๆ โดยสามารถจำแนกลำไยออกเป็นช่วงอายุต่างๆ ได้แก่ ช่วงอายุต่ำกว่า 5 ปี ช่วงอายุ 5-16 ปี ช่วงอายุ 16-25 ปี และช่วงอายุมากกว่า 25 ปี ผลจากการศึกษาพบว่าผลผลิต

ต่อไรมีความสัมพันธ์กับดัชนี NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ความถูกต้องจากการวิเคราะห์สมการถดถอย R^2 เท่ากับ 76.90%

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพืชชนิดอื่นๆเช่น Malpica (2007) ศึกษาการจำแนกขอบเขตพื้นที่ของพืชโดยภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ที่ผ่านกระบวนการหลอมรวมภาพด้วยเทคนิคการปรับปรุงค่าระดับความเข้มการอมตัวสี ผลการศึกษาพบว่าภาพสีที่ได้สามารถจำแนกพืชด้วยสายตาได้ชัดเจนขึ้น

สุวิทย์ และ วรรณทัช (2553) ได้จำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยโรงงานจากข้อมูลดาวเทียมธีออส ซึ่งจำแนกด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Systems Classification) โดยอาศัยค่าการสะท้อนคลื่นแสงของข้อมูล NDVI และ SDVI ร่วมกับข้อมูลชุดดินและข้อมูลธรณีวิทยา ผลจากการศึกษาพบว่า การจำแนกพื้นที่ดังกล่าวมีความถูกต้องสูงซึ่งตรวจสอบโดยจุดสำรวจภาคสนาม

Ali (2009) ได้เปรียบเทียบความแตกต่างดัชนี NDVI ในการประยุกต์ใช้ประกอบการทำแผนที่ของพืชด้านเกษตรกรรมโดยได้ศึกษาพื้นที่ลุ่มแม่น้ำโขงของประเทศเวียดนาม จากการศึกษาพบว่า การทำแผนที่ดัชนี NDVI มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับสถิติการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกพืชเกษตรกรรม

Shafri and Ramle (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจำแนกพื้นที่ระหว่างวิธี Decision Tree (DT) กับวิธี Support Vector Machine (SVM) ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ linear, polynomial, radial basic function และ sigmoid ผลการศึกษาพบว่าวิธีการจำแนกแบบ SVM มีความถูกต้องมากกว่าวิธี DT โดยมีความถูกต้องในการจำแนก 73 % และ 69 % ตามลำดับ

Read *et al.* (2003) ได้ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS สําหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพื้นที่ป่าไม้ ผลการศึกษาพบว่าภาพที่ได้จากการหลอมรวมสามารถจำแนกชนิดของป่าไม้ได้ชัดเจนในระดับดี และ Vieira *et al.* (2003) ได้ศึกษาจำแนกประเภทของป่าไม้ทางด้านตะวันออกของป่าอเมซอน โดยประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-7 ETM สามารถจำแนกป่าไม้เป็นช่วงอายุต่างๆ ได้แก่ ช่วงอายุ 3-6 ปี ช่วงอายุ 10-20 ปี ช่วงอายุ 40-70 ปี และช่วงอายุที่มากกว่า 70 ปี ซึ่งมีพื้นที่เป็น 22%, 13%, 9% และ 6% ตามลำดับและพบว่าการจำแนกช่วงอายุของป่าไม้เห็นได้ชัดเจนที่สุดด้วยการจำแนกโดยใช้ดัชนี NDVI

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ประโยชน์ภาพถ่ายจากดาวเทียม



ภาพที่ 27 ภาพถ่ายสวนปาล์มน้ำมันจากดาวเทียม SMMS ชนิด CCD

ที่มา: ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)



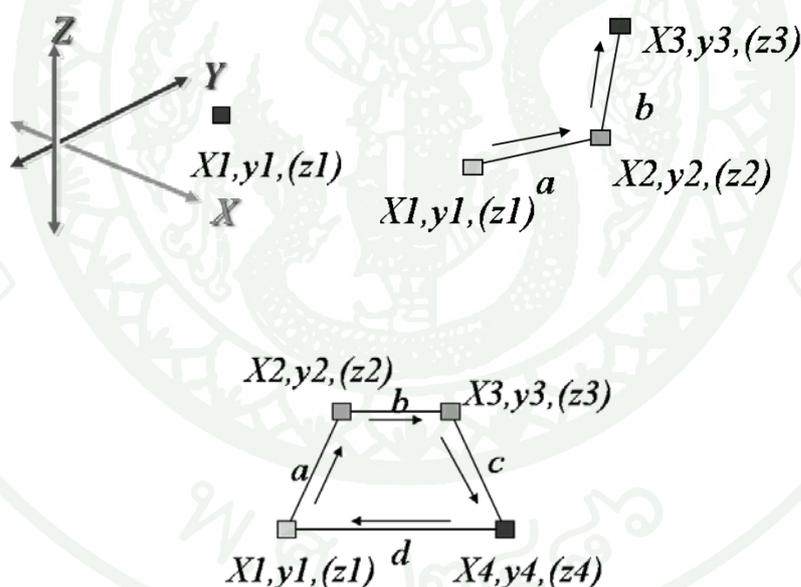
ภาพที่ 28 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้านอุตุนิมวิทยาและการเตือนภัย

ที่มา: หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2549)

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

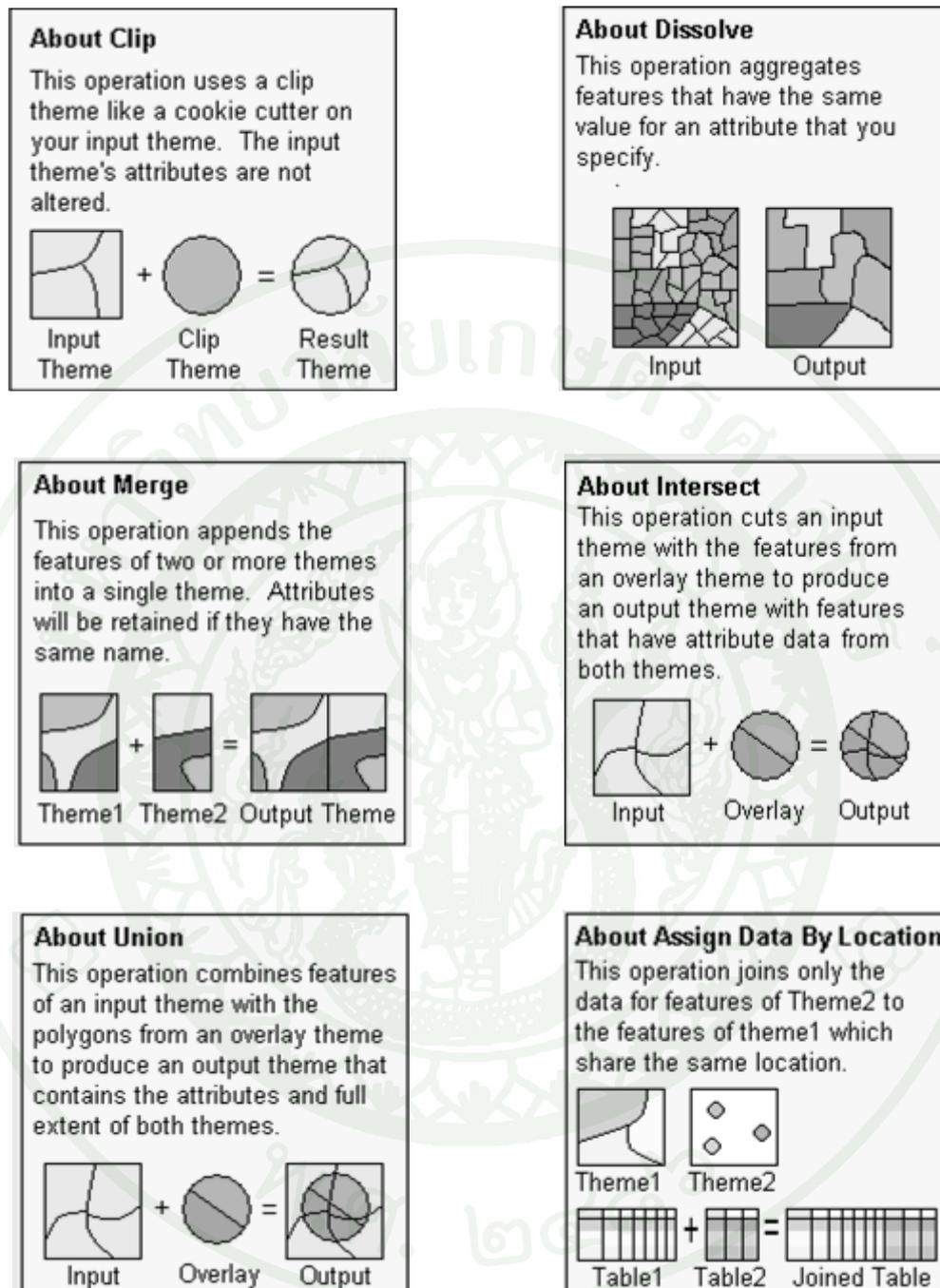
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อ การจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อใช้แก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ โดยลักษณะของข้อมูลแบ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอธิบายซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่นำเข้าไปในรูปแบบของ จุด เส้น และขอบเขต ดังแสดงในภาพที่ 29 และข้อมูลเชิงอธิบายนำเข้าไปในรูปแบบตัวอักษร

การวิเคราะห์สถานการณ์หรือพื้นที่ที่สนใจสามารถใช้ในการปฏิบัติการระหว่างข้อมูล เช่น Dissolve Merge Clip Union Intersect และ Assign Data โดยลักษณะของการปฏิบัติการระหว่างข้อมูลในแต่ละรูปแบบดังแสดงในภาพที่ 30



ภาพที่ 29 รูปแบบการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่

ที่มา: หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2549)



ภาพที่ 30 การปฏิบัติการระหว่างข้อมูล

ที่มา: หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2549)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

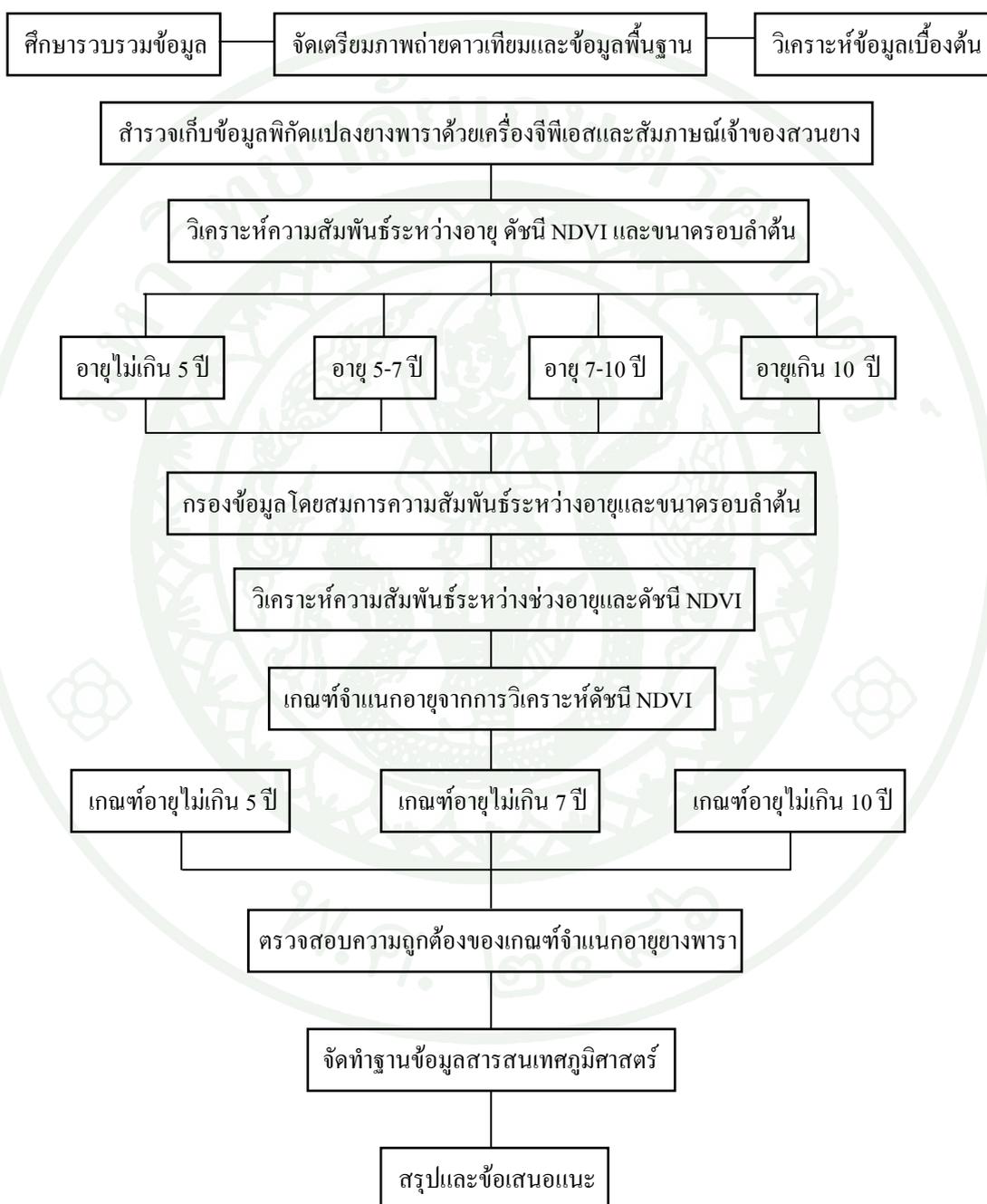
1. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์และประมวลผล
 - 1.1 คอมพิวเตอร์ รุ่น Intel (R) Core i5 แบบมีการ์ดในการประมวลผลภาพ
 - 1.2 โปรแกรม EARDAS 8.7 ใช้สำหรับจัดเตรียมและปรับแก้ภาพถ่าย
 - 1.3 โปรแกรม ENVI 4.5 ใช้สำหรับวิเคราะห์ดัชนีNDVI
 - 1.4 โปรแกรม Map Source ใช้สำหรับโอนถ่ายข้อมูลจากจีพีเอสสู่คอมพิวเตอร์
 - 1.5 โปรแกรม MS Office ใช้สำหรับจัดทำฐานข้อมูลเบื้องต้น
 - 1.6 โปรแกรม Arc view GIS 3.3 ใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และจัดทำฐานข้อมูล
 - 1.7 โปรแกรม Google Earth ใช้สำหรับดูภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง
 - 1.8 เครื่องสแกนภาพและเครื่องพิมพ์

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม
 - 2.1 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส ยี่ห้อ GARMIN รุ่น GPSmap 60 CSx พร้อมอุปกรณ์สำหรับโอนถ่ายข้อมูล
 - 2.2 เครื่องจีพีเอสเนวิเกเตอร์ใช้สำหรับนำทาง
 - 2.3 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล
 - 2.4 ไม้วัดระยะยาว 1.50 เมตรใช้สำหรับวัดความสูงของต้นยางพาราจากพื้นดิน
 - 2.5 สายวัดระยะใช้สำหรับวัดความยาวรอบลำต้นยางพารา
 - 2.6 รถยนต์ใช้ในการสำรวจพื้นที่

3. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS บันทึกเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ในระวางที่ Path 11 และ Row 96
 - 3.2 ข้อมูลอายุ ขนาดรอบลำต้น และพิกัดตำแหน่งจากการสำรวจพื้นที่ภาคสนาม
 - 3.3 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ชุด L7018 ในระวางที่ 57431 57432 57433 และ 57434
 - 3.4 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐานของพื้นที่ศึกษา

วิธีการ

วิธีการดำเนินงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 31 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 31 ขั้นตอนการวิจัย

1. ขั้นตอนการศึกษารวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้สำหรับการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDVI และข้อมูลช่วงอายุยางพาราของกรมวิชาการเกษตรที่ได้ศึกษาและรวบรวมร่วมกับสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) ข้อมูลที่ศึกษาและรวบรวม ได้แก่

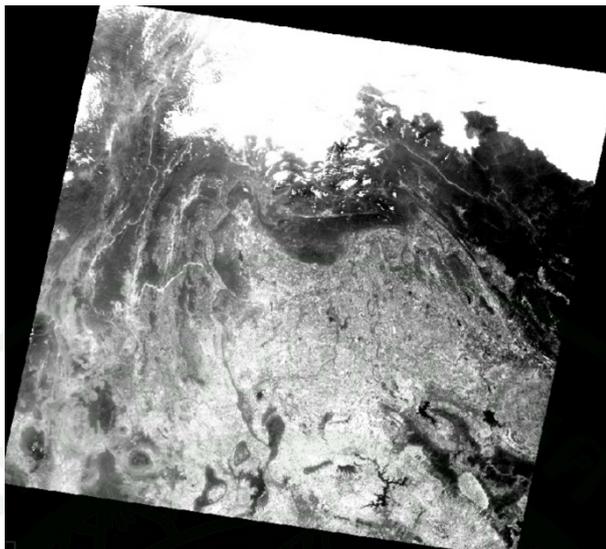
- 1.1 ลักษณะทั่วไปและรูปแบบการปลูกของยางพารา
- 1.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา
- 1.3 ข้อมูลและสถิติเกี่ยวกับการปลูกยางพารา
- 1.4 เกณฑ์มาตรฐานของอายุและขนาดลำต้นของยางพาราที่เหมาะสมในการกรีด
- 1.5 คุณสมบัติของดาวเทียม SMMS และวิธีการขอใช้บริการข้อมูล
- 1.6 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และข้อมูลช่วงอายุยางพาราในเขตพื้นที่ของอำเภอนิคมน้ำอูน จังหวัดสกลนคร จำนวน 28 แปลง โดยใช้ภาพถ่ายที่บันทึกในวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2552 พบว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS สามารถนำมาจำแนกอายุยางพาราโดยการวิเคราะห์ NDVI โดยยางพาราอายุ 5-7 ปี และ 7 ปีขึ้นไปมีค่า NDVI เฉลี่ยเท่ากับ 0.399 และ 0.655 ตามลำดับและได้วิเคราะห์ NDVI โดยใช้โปรแกรม ENVI 4.5 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากชั้นบรรยากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.502 และ 0.828 ตามลำดับ (ประเสริฐษา และคณะ, 2555)

2. ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลพื้นฐาน

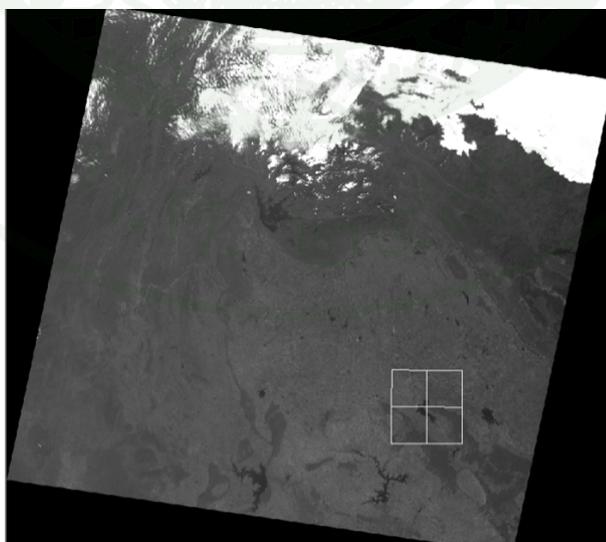
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจัดหาภาพถ่ายดาวเทียมและปรับปรุงคุณภาพ (ภาพที่ 34) และปรับแก้เชิงเรขาคณิตเพื่อให้ภาพถ่ายมีพิกัดถูกต้องตามระบบอ้างอิงตำแหน่งบนโลกโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS จากเว็บไซต์ www.smms.eng.ku.ac.th ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่บันทึกในวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ระวัง Path 11 Row 96 ดังแสดงในภาพที่ 32

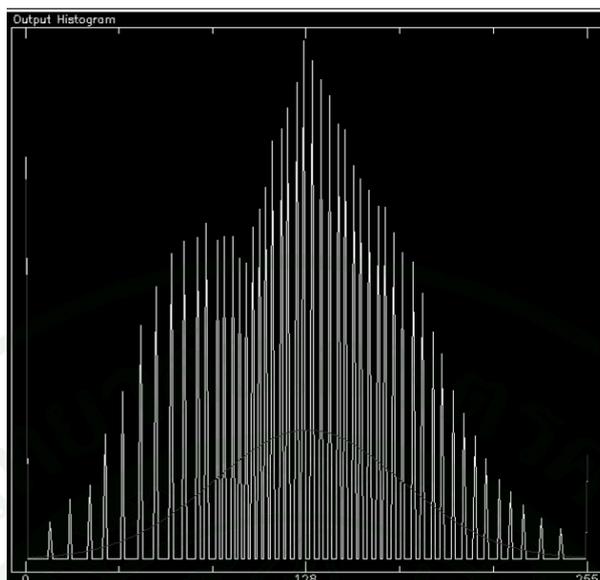


ภาพที่ 32 ภาพสีผสมธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ช่วงคลื่นที่ 3 2 1

2.2 ตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ศึกษาตามระวางแผนที่ทหาร ชุด L7018 โดยใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE 8.7 ในระวางที่ 57431 57432 57433 และ 57434 ซึ่งอยู่ภายใน ขอบเขต พื้นที่ 6 อำเภอได้แก่ อำเภอพังโคน อำเภอกุศบัก อำเภอสว่างแดนดิน อำเภอพรรณานิคม อำเภวาริชภูมิ และอำเภอนิคมน้ำอูน ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาดังแสดงในภาพที่ 33 และเน้นข้อมูลภาพถ่ายโดยการปรับค่าระดับสีเทาแสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 33 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาในระวางแผนที่ทหารระวาง 57431 57432 57433 และ 5743



ภาพที่ 34 การปรับปรุงคุณภาพภาพถ่ายโดยการขยายค่าระดับสีเทา (Interactive Stretching)

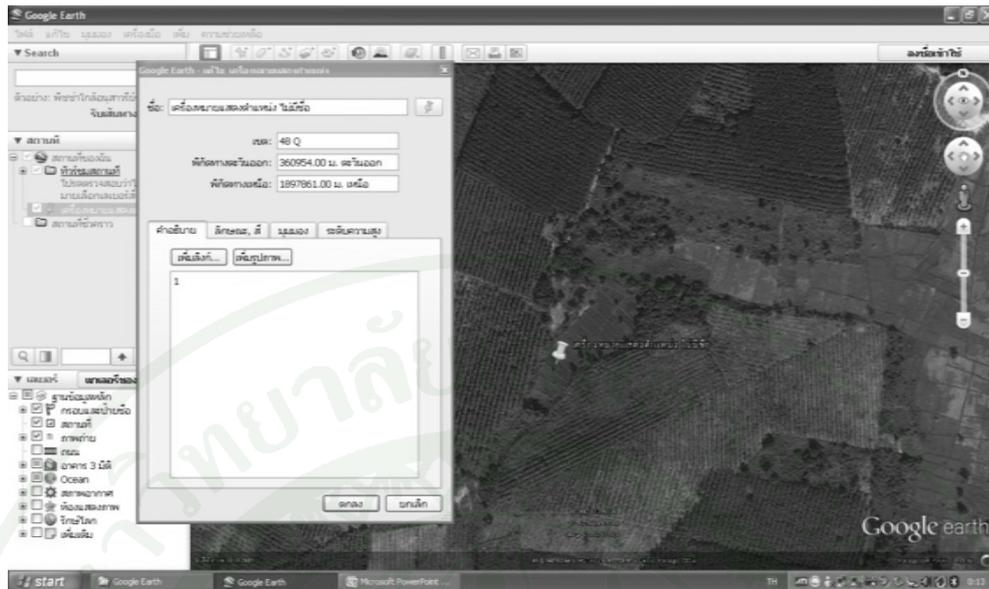
3. ขั้นตอนการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม

ในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจเก็บข้อมูลตำแหน่งพิกัด อายุ และขนาดรอบลำต้นของยางพาราและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับดัชนี NDVI เพื่อหาความสัมพันธ์สำหรับใช้ประมาณอายุของยางพาราโดยขั้นตอนในการสำรวจเก็บข้อมูลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 หาตำแหน่งของแปลงยางพาราโดยใช้ข้อมูลพิกัดจากสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง จังหวัดสกลนครร่วมกับการใช้โปรแกรม Google Earth ในการดูภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงที่ให้บริการทางอินเทอร์เน็ตเพื่อสำรวจตำแหน่งและเส้นทางในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล (ภาพที่ 35)

3.2 เก็บข้อมูลอายุแปลงยางพาราโดยการสัมภาษณ์เจ้าของสวนยางหรือผู้ที่ดูแลสวนยางและบันทึกค่าพิกัดในระบบพิกัด UTM และความสูงเหนือระดับน้ำทะเลด้วยเครื่องจีพีเอสยี่ห้อ GARMIN รุ่น GPSmap 60CSx (ภาพที่ 36 และ 37)

3.3 ในการวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลแปลงยางพาราจำนวน 240 แปลงโดยวัดขนาดรอบลำต้นแปลงละ 12 ต้นที่มีความสูง 1.50 เมตร (ภาพที่ 38 และ 39) จากพื้นดินซึ่งเป็นการวัดขนาดของต้นยางตามเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร โดยการเลือกบริเวณที่มีความสม่ำเสมอของต้นยางมากที่สุดโดยกระจายรอบจุดที่บันทึกค่าพิกัดประมาณ 30 ตารางเมตร



ภาพที่ 35 ตำแหน่งค่าพิกัดแปลงยางพาราจาก โปรแกรม Google Earth



ภาพที่ 36 เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสจีพีเอช GARMIN รุ่น GPSmap 60CSx ที่ใช้ในการสำรวจ



ภาพที่ 37 การบันทึกข้อมูลค่าพีคคของแปลงยางพารา



ภาพที่ 38 การวัดขนาดรอบลำต้นของยางพาราที่ความสูง 150 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน



ภาพที่ 39 การสัมภาษณ์สอบถามข้อมูลจากผู้ดูแลสวนยางพารา

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอายุที่สำรวจภาคสนาม ดัชนี NDVI และขนาดรอบลำต้นของยางพารา เพื่อหาเกณฑ์ในการจำแนกอายุ ดังต่อไปนี้

- 4.1 วิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS เพื่อหาค่าดัชนี NDVI
- 4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และขนาดรอบลำต้น
- 4.3 แบ่งอายุยางพาราเป็นช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี
- 4.4 กรองข้อมูลแปลงที่มีขนาดรอบลำต้นตามสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากจากข้อ 4.1
- 4.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของช่วงอายุ และดัชนี NDVI เพื่อหาเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกช่วงอายุ
- 4.6 ตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่ได้โดยการจำแนกแปลงยางพาราที่ทราบอายุจากการสำรวจแปลงยางพาราในภาคสนาม
- 4.7 จัดทำฐานข้อมูลของยางพาราโดยใช้โปรแกรม Arc View GIS

สถานที่ดำเนินการวิจัย

สถานที่ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และพื้นที่สำรวจภาคสนามในจังหวัดสกลนคร จำนวน 6 อำเภอ คือ อำเภอนิคมน้ำอูน อำเภอวาริชภูมิ อำเภอกุดบาก อำเภอพังโคน อำเภอสว่างแดนดิน และอำเภอพรรณานิคม

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลา 12 เดือน (มิถุนายน พ.ศ. 2554-พฤษภาคม พ.ศ. 2555) แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

หัวข้อ	เดือนที่												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ตรวจสอบเอกสารงานวิจัย	←→												
เขียนและเสนอ โครงร่างงานวิจัย			←→										
ศึกษาและรวบรวมข้อมูล					←→								
ศึกษาพื้นที่และประสานกับหน่วยงาน							←→						
เก็บข้อมูลภาคสนาม								←→					
วิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม									←→				
วิเคราะห์และสรุปผล										←→			
เขียนและสอบวิทยานิพนธ์											←→		

ผลและวิจารณ์

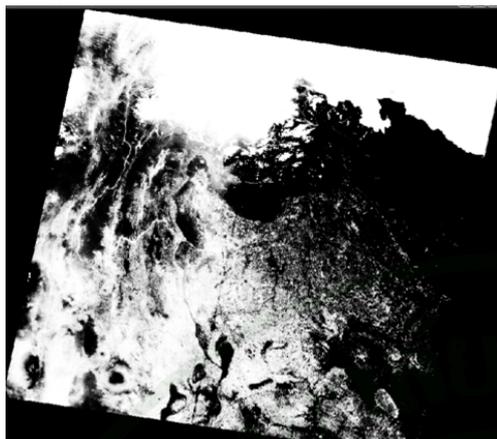
การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS เลือกข้อมูลที่บ้านทีกในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับการสำรวจภาคสนาม และมีเมฆบดบังน้อยที่สุด โดยในการวิจัยนี้ได้เลือกภาพถ่ายระบบ CCD วันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 Path 11 Row 96 โดยมีจำนวน 4 ช่วงคลื่นคือช่วงความยาวคลื่น 0.43-0.52 ไมโครเมตร (สีน้ำเงิน) 0.52-0.60 ไมโครเมตร (สีเขียว) 0.63-0.69 ไมโครเมตร (สีแดง) และ 0.75 – 0.89 ไมโครเมตร (อินฟราเรดใกล้) ดังแสดงในภาพที่ 40

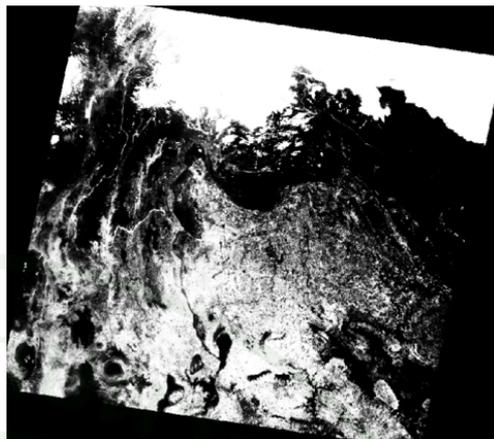
จากการศึกษา การกำหนดจุดควบคุมทางพื้นดิน (GCP) เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่าย พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีพืชปกคลุมทำให้กำหนดจุด GCP ได้ยาก อย่างไรก็ตามในภาพถ่ายจะเห็นลักษณะคลองส่งน้ำได้ชัดเจนจึงได้เลือกจุดตัดระหว่างคลองส่งน้ำกับถนนในการตรึงภาพ ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษาดังแสดงในภาพที่ 41

ผลการจำแนกขอบเขตแปลงยางพาราโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นที่ 3 2 และ 1 (ภาพที่ 42) ของภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร พบว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถจำแนกขอบเขตแปลงยางพาราที่มีอายุประมาณ 7-10 ปีขึ้นไป และภาพ NDVI เห็นขอบเขตแปลงชัดเจนขึ้นดังแสดงในภาพที่ 42 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุทัศน์ (2553) ที่ศึกษาการจำแนกยางพาราด้วยภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 ความละเอียดจุดภาพ 10 เมตร โดยสามารถจำแนกยางพาราที่มีอายุ 4 ปีขึ้นไปดังแสดงในภาพที่ 43

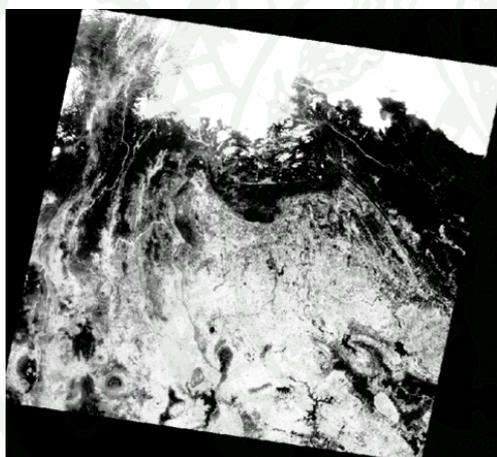
ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI และดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศโดยโปรแกรม ENVI 4.5 วิธี Dark Object Subtraction ตลอดจนตัวอย่างการวิเคราะห์ NDVI ของยางพาราในช่วงอายุต่างๆดังแสดงในภาพที่ 44 ถึงภาพที่ 49 และแสดงในภาคผนวก ข



(ก)



(ข)



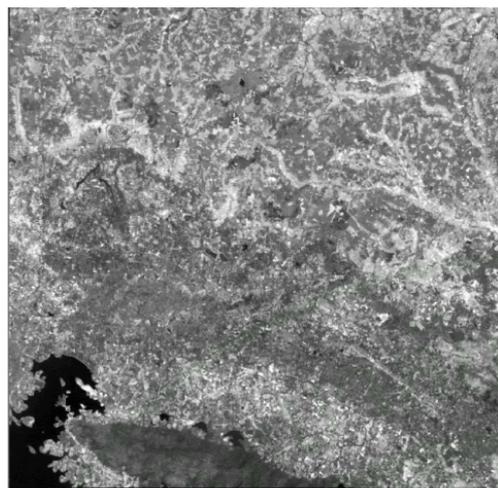
(ค)



(ง)

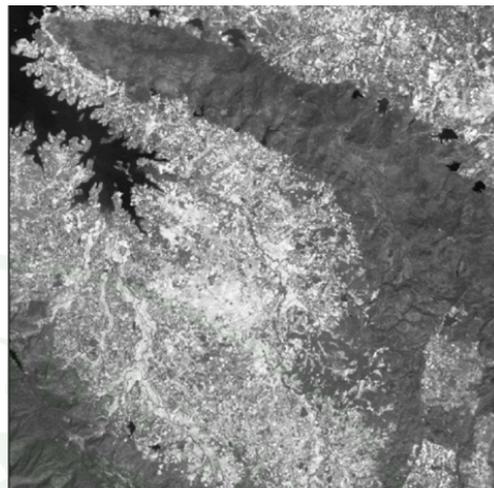
ภาพที่ 40 ภาพถ่ายจากควาเทียม SMMS Path 11 Row 96 บันทึกวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

(ก) ภาพช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (ข) ภาพช่วงคลื่นสีเขียว (ค) ภาพช่วงคลื่นสีแดง (ง) ภาพช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้



415596.25, 1927438.55 (UTM / WGS 84)

(ก)



392587.32, 1894209.60 (UTM / WGS 84)

(ข)



371676.90, 1900397.58 (UTM / WGS 84)

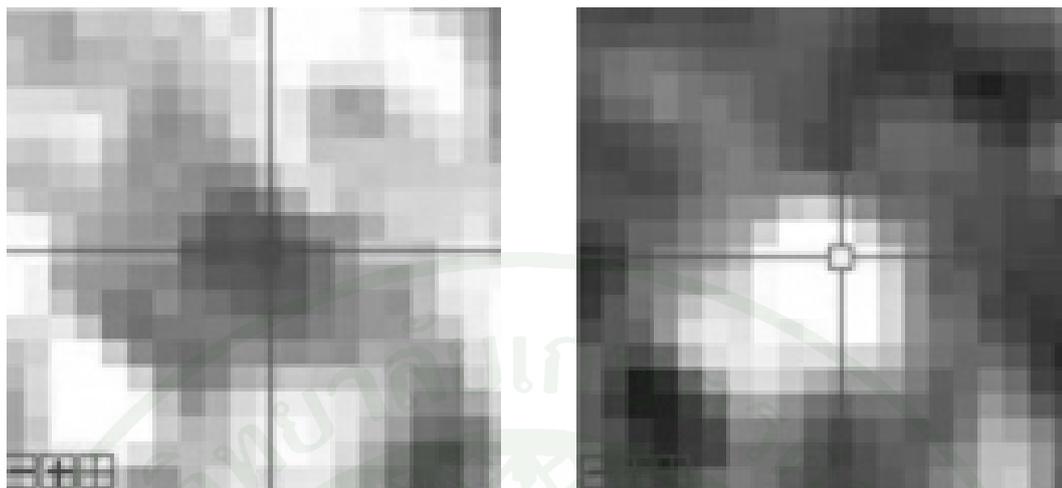
(ค)



368696.87, 1928225.96 (UTM / WGS 84)

(ง)

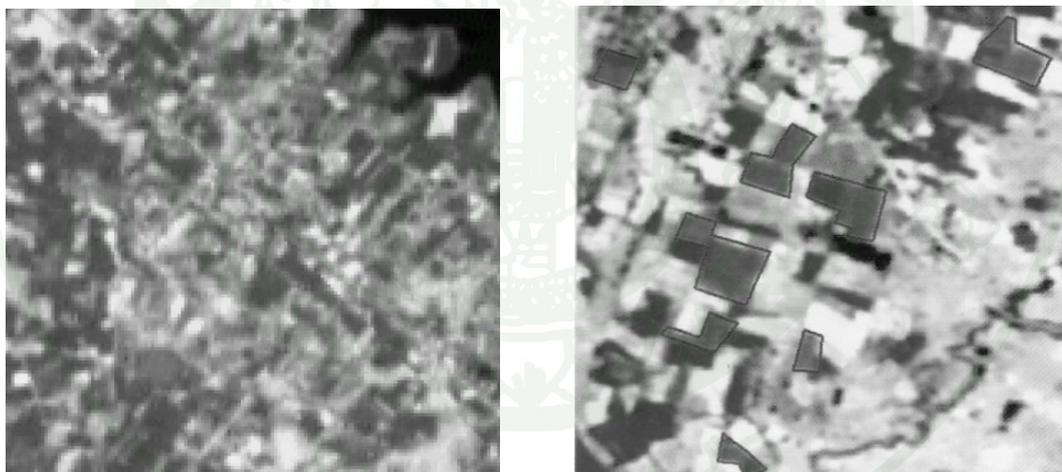
ภาพที่ 41 ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS หลังการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (ก) ระยะเวลาที่ 57431 (ข)
ระยะเวลาที่ 57432 (ค) ระยะเวลาที่ 57433 (ง) ระยะเวลาที่ 57434



(ก)

(ข)

ภาพที่ 42 ภาพสีธรรมชาติและภาพ NDVI ของพาราอายุ 7 ปี (ก) ภาพสีธรรมชาติ (ข) ภาพ NDVI

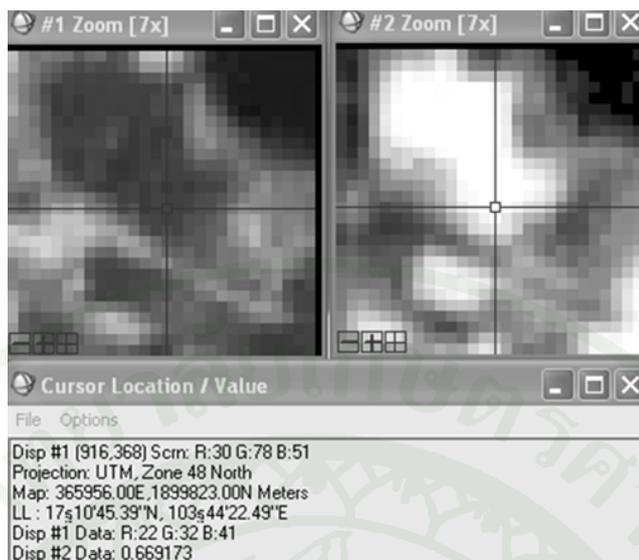


(ก)

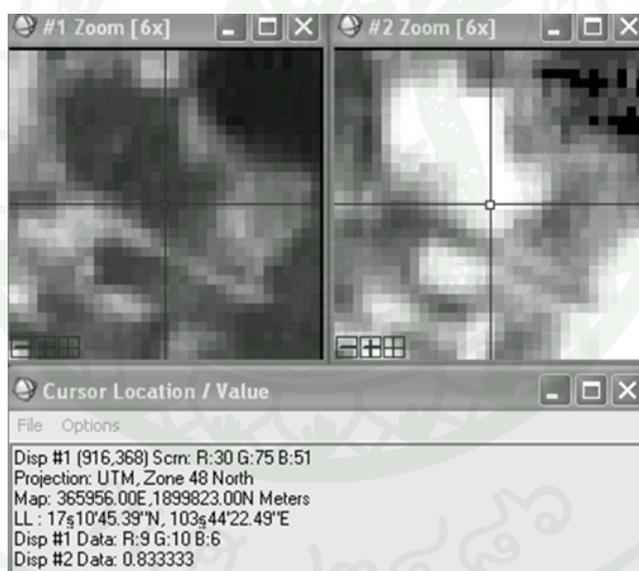
(ข)

ภาพที่ 43 ลักษณะแปลงยางพาราจากภาพถ่ายดาวเทียม (ก) ภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS
(ข) ภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5

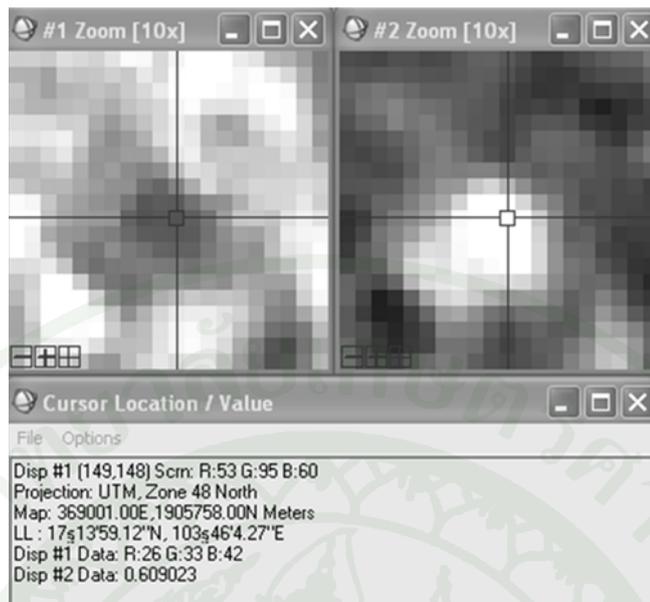
ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2553)



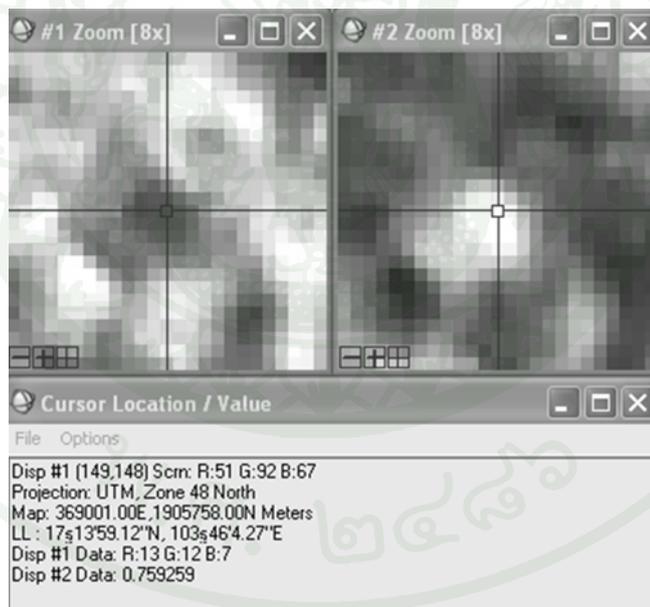
ภาพที่ 44 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงยางพาราอายุ 13 ปีครึ่ง



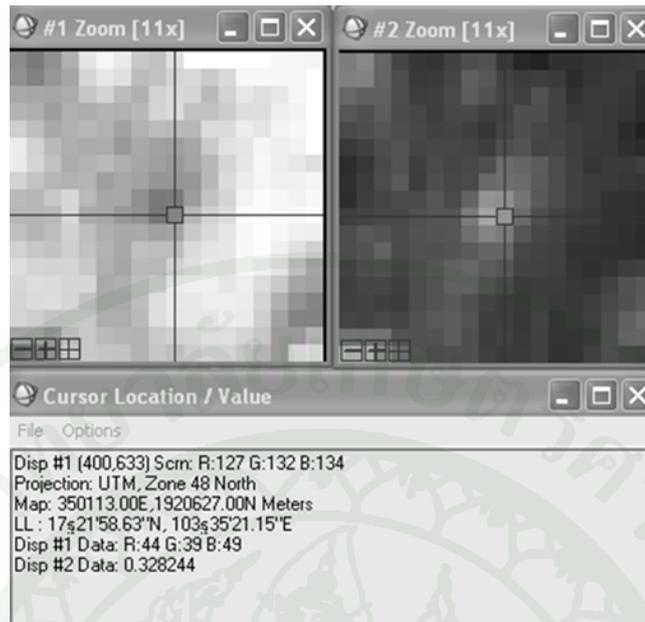
ภาพที่ 45 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ของแปลงอายุ 13 ปีครึ่ง



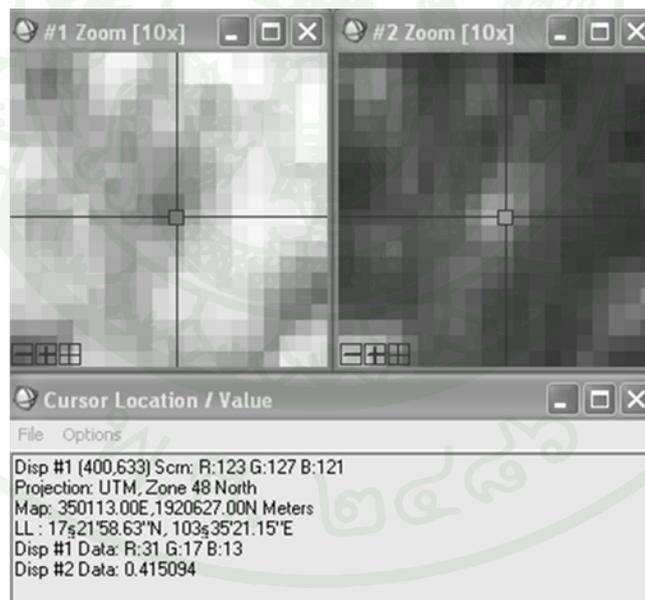
ภาพที่ 46 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงยางพาราอายุ 7 ปี



ภาพที่ 47 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ของแปลงยางพาราอายุ 7 ปี



ภาพที่ 48 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมของแปลงยางพาราอายุ 4 ปี



ภาพที่ 49 การวิเคราะห์ดัชนี NDVI จากภาพถ่ายดาวเทียมที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ของแปลงยางพาราอายุ 4 ปี

การสำรวจเก็บข้อมูลแปลงยางพาราในพื้นที่ศึกษา

การสำรวจเก็บข้อมูลตำแหน่งแปลงด้วยเครื่องจีพีเอส และสอบถามข้อมูลอายุของยางพาราที่ปลูกจากเจ้าของหรือผู้ดูแล และวัดขนาดรอบลำต้นของแปลงยางพาราจำนวน 240 แปลง โดยทราบอายุการปลูกจากการสัมภาษณ์ผู้ดูแลสวนยาง จำนวน 148 แปลง ภายในพื้นที่ของจังหวัดสกลนคร จำนวน 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภวาริชภูมิ อำเภอนิคมน้ำอูน อำเภอกุดบาก อำเภอสว่างแดนดิน อำเภอพังโคนและอำเภอพรรณานิคม ลักษณะของพื้นที่ปลูกยางพาราแสดงดังภาพที่ 50 ถึงภาพที่ 57

ตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 13 แสดงตัวอย่างของผลการสำรวจข้อมูลอายุและขนาดรอบลำต้น โดยสามารถแบ่งเป็นช่วงอายุ ได้แก่ ช่วงอายุ 3-5 ปี ช่วงอายุ 5-7 ปี ช่วงอายุ 7-10 ปี และช่วงอายุมากกว่า 10 ปี ข้อมูลทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ก1 พบว่า ยางพารามีขนาดลำต้นใหญ่ขึ้นตามอายุ โดยมีขนาดรอบลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 27.76 เซนติเมตร 33.94 เซนติเมตร 38.52 และ 56.06 เซนติเมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 21, 24, 42 และ 13 ของพื้นที่ศึกษาตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีการกรีดยางในขณะที่ขนาดรอบลำต้นยังไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 14) และพบว่าบริเวณพื้นที่รอบอ่างเก็บน้ำนิคมน้ำอูนมีการปลูกยางพาราหนาแน่นกว่าบริเวณอื่นโดยพันธุ์ยางที่นิยมปลูกคือ RRIM 600 ซึ่งระยะปลูกที่พบมากที่สุดคือ 3 x 7 เมตร จำนวนต้นประมาณ 76-80 ต้นต่อไร่



ภาพที่ 50 ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 3.5 ปี อำเภวาริชภูมิ จ.สกลนคร



ภาพที่ 51 ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 4 ปี อำเภอนิคมน้ำอูน จ.สกลนคร



ภาพที่ 52 ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 5 ปี อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 53 ลักษณะแปลงยางพาราอายุ 7 ปี อำเภอพรหมนิคม จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 54 ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 8 ปี อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 55 ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 8 ปี อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 56 ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 13 ปี อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร



ภาพที่ 57 ลักษณะแปลงยางพารา อายุ 30 ปี อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร

ตารางที่ 10 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 3-5 ปี

แปลงที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	ขนาดรอบลำต้น (ซม.)
18	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	357706	1910219	5.0	30.78
20	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358102	1911312	3.0	20.97
24	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356062	1902997	4.0	32.00
29	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	353151	1905013	4.5	32.92
45	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	351964	1909021	5.0	37.28
53	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	347289	1908369	3.5	19.10
64	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	359171	1903720	3.0	21.49
65	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361758	1901544	4.0	22.76
71	วาริชภูมิ	ปลาไหล	360825	1911940	3.0	20.14
76	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361838	1902473	3.5	33.42
81	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	363449	1900766	4.0	18.88

ตารางที่ 11 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 5-7 ปี

แปลงที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	ขนาดรอบลำต้น (ซม.)
2	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364045	1915829	5.5	34.84
4	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363870	1915650	6.0	31.54
6	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362134	1913404	7.0	34.54
14	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363801	1913218	6.0	33.92
22	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356947	1909889	7.0	39.01
32	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	355824	1907081	6.0	41.75
43	วาริชภูมิ	หนองลาด	345158	1914569	5.5	29.10
46	วาริชภูมิ	คำบ่อ	350211	1908906	6.0	32.21
48	วาริชภูมิ	คำบ่อ	349017	1906664	6.0	31.60
49	วาริชภูมิ	คำบ่อ	347839	1905698	6.0	35.48
55	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	343868	1908976	7.0	40.93
88	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	367442	1899374	6.0	35.48
91	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	365549	1897699	7.0	39.13
94	กุดบาก	กุดไฮ	363505	1895624	6.0	39.23
96	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	362702	1895709	6.0	35.32
99	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	361483	1895973	6.0	35.52
101	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	362758	1898408	7.0	34.77
102	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	364049	1898964	7.0	33.30
109	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358067	1900860	6.0	42.57
116	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	358092	1897004	5.5	35.99
140	กุดบาก	กุดไฮ	367624	1893293	6.5	32.49
144	กุดบาก	กุดบาก	369455	1888066	7.0	24.54
152	กุดบาก	กุดบาก	374401	1885351	6.0	38.15
161	พรรณานิคม	นาใน	378424	1899249	5.5	27.45

ตารางที่ 12 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราช่วงอายุ 7-10 ปี

แปลงที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	ขนาดรอบลำต้น (ซม.)
3	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363949	1915783	7.5	37.02
7	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362281	1913497	8.0	37.13
11	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362598	1911711	8.0	41.10
12	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363990	1912078	8.5	35.00
15	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363770	1913142	8.0	34.00
38	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359552	1913574	8.0	32.96
41	วาริชภูมิ	หนองลาด	350098	1913133	10.0	45.18
61	วาริชภูมิ	คำบ่อ	344000	1903151	8.0	38.16
69	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359166	1912188	8.0	24.49
84	นิคมน้ำอุ่น	หนองปลิง	364796	1899673	8.0	46.53
97	กุดบาก	กุดไฮ	361951	1894833	7.5	47.58
104	นิคมน้ำอุ่น	หนองปลิง	362162	1899522	8.5	39.08
111	นิคมน้ำอุ่น	นิคมน้ำอุ่น	357789	1897314	8.0	44.81
121	นิคมน้ำอุ่น	นิคมน้ำอุ่น	355123	1893989	7.5	37.83
129	นิคมน้ำอุ่น	นิคมน้ำอุ่น	358946	1895039	7.5	34.25
131	นิคมน้ำอุ่น	นิคมน้ำอุ่น	360042	1895792	8.5	42.98
133	นิคมน้ำอุ่น	สุวรรณคาม	361864	1897799	7.5	33.13
136	กุดบาก	กุดไฮ	367973	1896037	8.0	37.28
137	กุดบาก	กุดไฮ	369710	1897005	8.0	46.66
139	กุดบาก	กุดไฮ	369065	1894720	7.5	38.62
146	กุดบาก	กุดไฮ	371269	1891220	8.0	40.79
147	กุดบาก	กุดไฮ	372523	1892507	8.0	34.25
150	กุดบาก	นาม่อง	378718	1893360	7.5	34.10
151	กุดบาก	กุดบาก	374268	1886817	8.5	45.22

ตารางที่ 13 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลสำรวจภาคสนามแปลงยางพาราอายุมากกว่า 10 ปี

แปลงที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	ขนาดรอบลำต้น (ซม.)
90	นิกม่น้ำอูน	หนองปลิง	365953	1899830	13.5	55.54
95	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	363800	1896923	25.0	55.52
100	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	361728	1897050	12.5	46.77
122	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	354570	1893249	13.0	52.45
128	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	358659	1896278	12.0	43.31
130	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	359236	1896102	15.0	51.87
138	กุดบาก	กุดไผ่	369508	1896078	10.5	46.06
168	พังโคน	แร่	367188	1918688	20.0	62.83
176	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364364	1916873	14.5	53.93
177	พังโคน	แร่	367365	1917762	14.5	60.88
185	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362972	1916504	13.0	47.31
195	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362960	1914414	18.0	55.78
202	วาริชภูมิ	ปลาไหล	361026	1914925	15.0	40.68

ตารางที่ 14 มาตรฐานขนาดลำต้นยางอายุ 2-6 ปี ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อายุ (ปี)	มาตรฐานการเจริญเติบโตของต้นยาง (ซม.)	ภาคเหนือ		ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	
		ขนาดลำต้น (ซม.)	SD	ขนาดลำต้น (ซม.)	SD
2.5	13.5	14.2	4.0	14.3	3.8
3	18	15.1	3.2	17.5	3.2
4	27	20.0	4.7	21.0	6.0
5	34	26.7	6.3	28.2	6.3
6	41	29.5	6.0	32.1	6.9

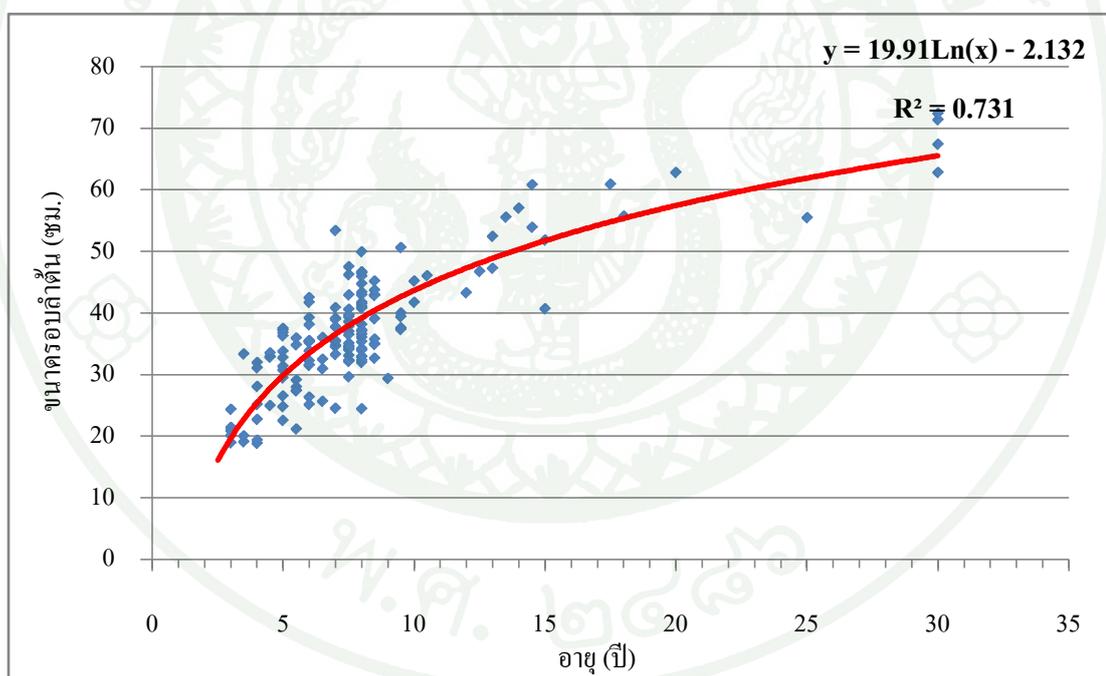
ที่มา: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2553)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และขนาดรอบลำต้นของยางพารา

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และขนาดรอบลำต้นของยางพารา พบว่ามีความสัมพันธ์ในรูปแบบฟังก์ชันลอการิทึมดังสมการที่ 2 เมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟลักษณะแนวโน้มของขนาดรอบลำต้น พบว่า ยางพารามีขนาดลำต้นเพิ่มขึ้นในช่วงอายุเริ่มต้น อย่างไรก็ตามยางพาราที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไปมีอัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดรอบลำต้นต่ำกว่ายางพาราที่มีอายุน้อยกว่า 15 ปี โดย ดังแสดงในภาพที่ 58 และกราฟในมาตราส่วนลอการิทึมแสดงในภาพที่ 59

$$y = 19.91 \ln(x) - 2.132 \quad (2)$$

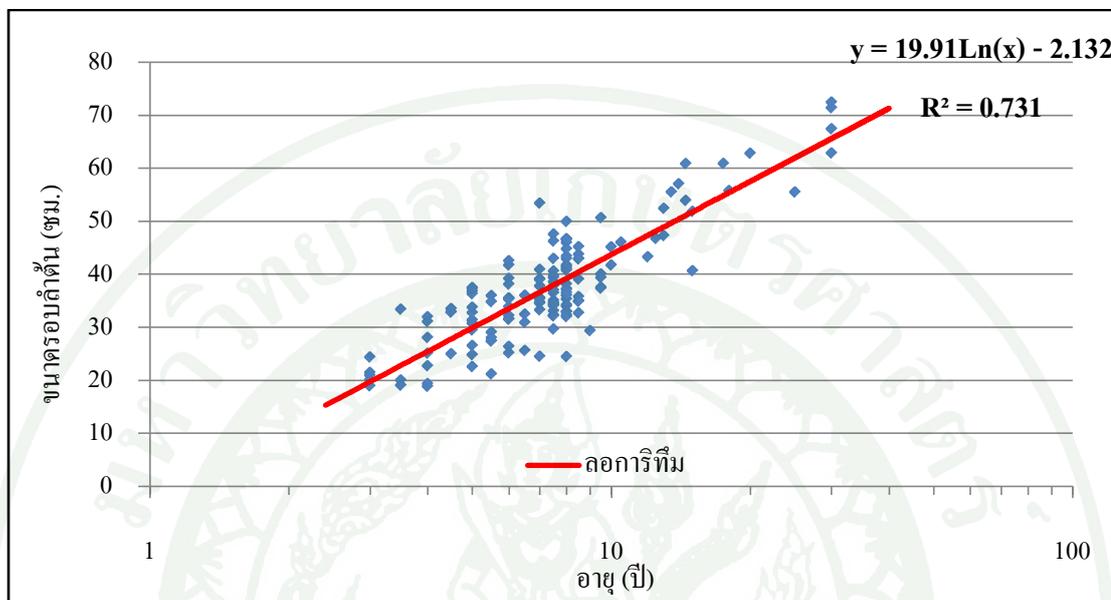
โดยที่ y คือ ขนาดรอบลำต้นที่ความสูง 1.50 เมตรเหนือพื้นดิน และ x คือ อายุ (R^2 เท่ากับ 0.731)



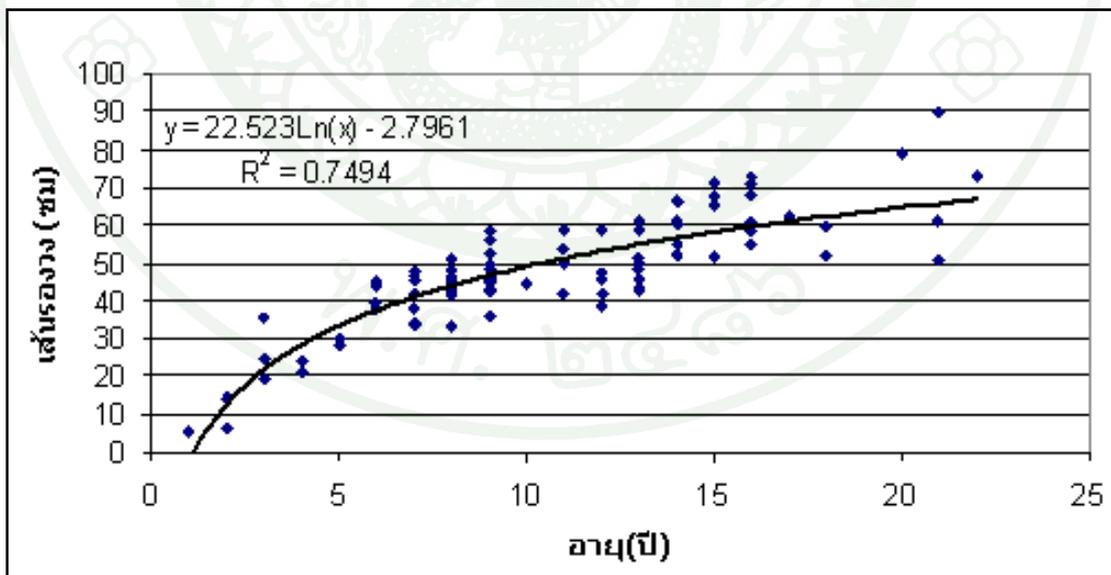
ภาพที่ 58 กราฟความสัมพันธ์ของอายุและขนาดรอบลำต้นของยางพารา

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ จิรวัดน์ และคณะ (2549) ซึ่งได้ศึกษาพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี โดยพบว่า อายุและขนาดรอบลำต้นมีความสัมพันธ์ในรูปแบบฟังก์ชันลอการิทึมตามสมการ $y = 22.523 \ln(x) - 2.7961$ ดังแสดง

ในภาพที่ 60 นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดรอบลำต้นของยางพาราที่ปลูกในดินลูกรังหรือดินที่มีหินปน มากกับยางพาราที่ปลูกในดินชนิดอื่นๆที่ไม่มีหินปนพบว่า มีขนาดรอบลำต้นใกล้เคียงกัน



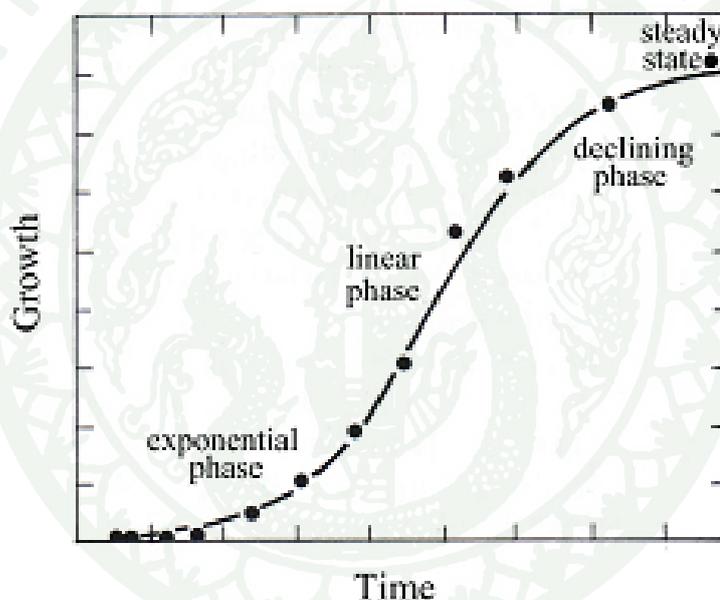
ภาพที่ 59 กราฟความสัมพันธ์ของอายุและขนาดรอบลำต้นของยางพารา มาตรฐานลอการิทึม



ภาพที่ 60 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และเส้นรอบวงของยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี

ที่มา: จิรวัดน์ และคณะ (2549)

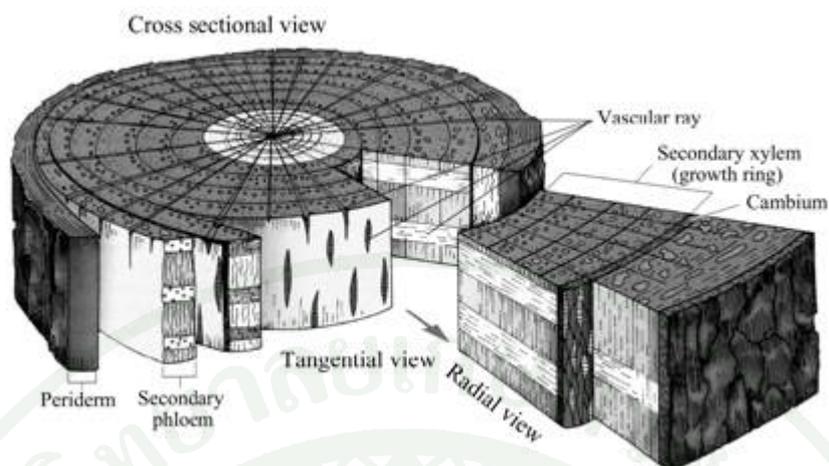
ผลจากการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 58 พบว่ามีความสอดคล้องกับหลักสรีรวิทยาของพืช (Plant Physiology) โดยลดาวัลย์ (2549) กล่าวว่า การขยายขนาดของลำต้นเกิดจาก เนื้อเยื่อเจริญ (Cambium) มีการแบ่ง เซลล์เข้าด้านในเกิดเป็นไซเล็ม (Xylem) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำให้ ต้นไม้ขยายขนาดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 62 โดยอัตราการเจริญเติบโตของพืชจะมีลักษณะเป็นกราฟ รูปตัว S ที่เรียกว่า Sigmoid Curve โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ช่วง Exponential Phase เป็นการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นช้า ๆ และช่วง Linear Phase เป็นช่วงที่มีการเพิ่มขนาดในอัตราคงที่จนกระทั่งถึงอัตราสูงสุดในกำหนดเวลาหนึ่ง และช่วง Declining State เป็นช่วงที่การเจริญเติบโตลดลงโดยมีอัตราการเพิ่มที่น้อยกว่าระยะ Linear Phase และช่วง Steady State ดังแสดงในภาพที่ 61



ภาพที่ 61 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและเวลาของพืช

ที่มา: ลดาวัลย์ (2549)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของกราฟระหว่างภาพที่ 59 กับภาพที่ 61 พบว่ากราฟที่ได้จากการศึกษาอยู่ในช่วง Linear Phase ถึงช่วง Steady State ทั้งนี้เนื่องจากอายุของยางพาราที่สำรวจเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษามีอายุประมาณ 3 ปีขึ้นไปซึ่งช่วง Exponential Phase น่าจะเป็นช่วงที่ยางพารามีอายุน้อยกว่า 3 ปี



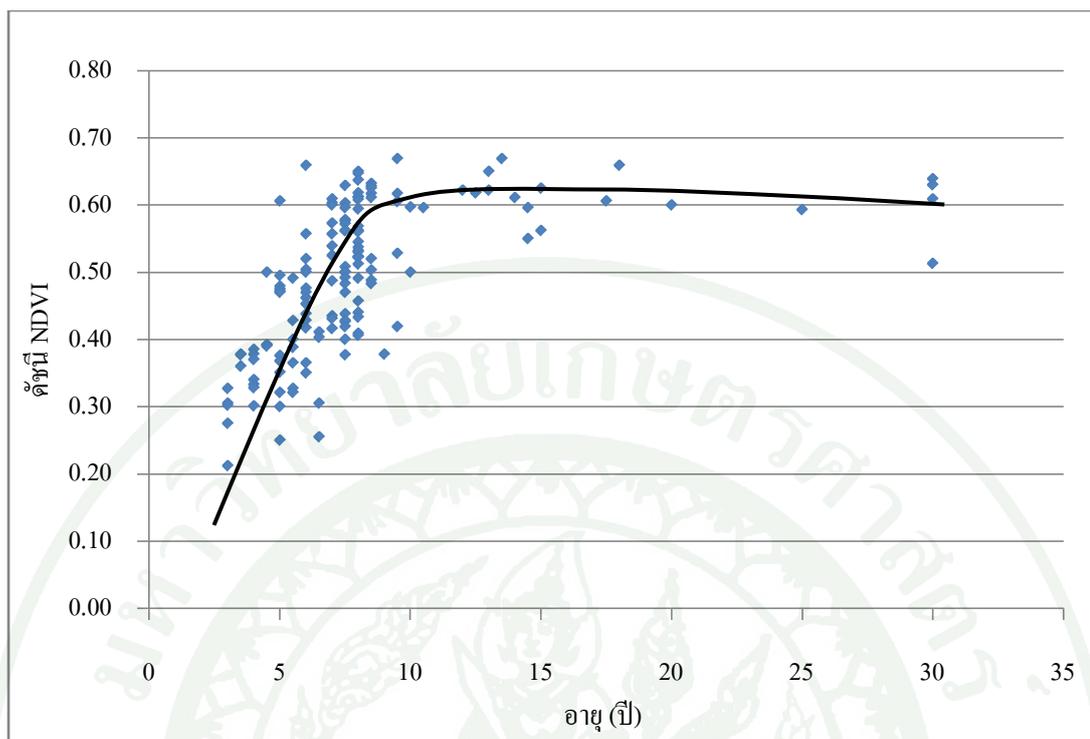
ภาพที่ 62 โครงสร้างและวงเติบโตของลำต้นของไม้ยืนต้น

ที่มา: ดาวัลย์ (2549)

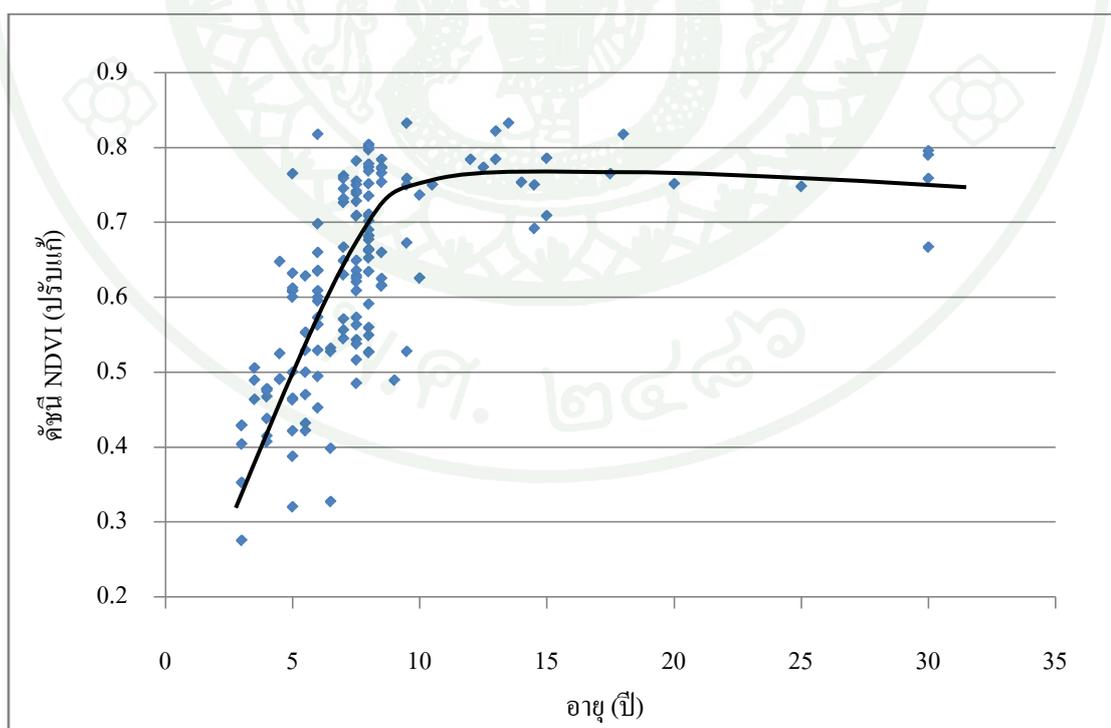
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI ของยางพาราในบริเวณเดียวกัน พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงฟังก์ชันค่าคงแสดงในภาพที่ 63 แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะแนวโน้มของความสัมพันธ์ พบว่า สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงอายุน้อยกว่า 10 ปี และช่วงอายุมากกว่า 10 ปี ช่วง โดยในช่วงยางพาราที่มีอายุน้อยกว่า 10 ปี เมื่ออายุยางพาราเพิ่มขึ้นดัชนี NDVI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในช่วงอายุมากกว่า 10 ปี แม้ว่าอายุยางพาราเพิ่มขึ้นแต่ดัชนี NDVI มีแนวโน้มจะคงที่ อยู่ในช่วง 0.550 - 0.659

เพื่อให้ช่วงของค่าดัชนี NDVI มีความแตกต่างที่ชัดเจนมากขึ้นจึงวิเคราะห์ปรับแก้ค่าดัชนี NDVI โดยใช้เทคนิค Dark Object Subtraction ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ทำให้จุดภาพมีค่าการสะท้อนคลื่นสอดคล้องกับความเป็นจริง จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้กับอายุยางพาราในภาพที่ 64 พบว่ามีแนวโน้มในทางเดียวกันกับกรณีที่วิเคราะห์โดยไม่ปรับแก้ค่าดัชนี NDVI



ภาพที่ 63 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI ของยางพารา



ภาพที่ 64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพารา

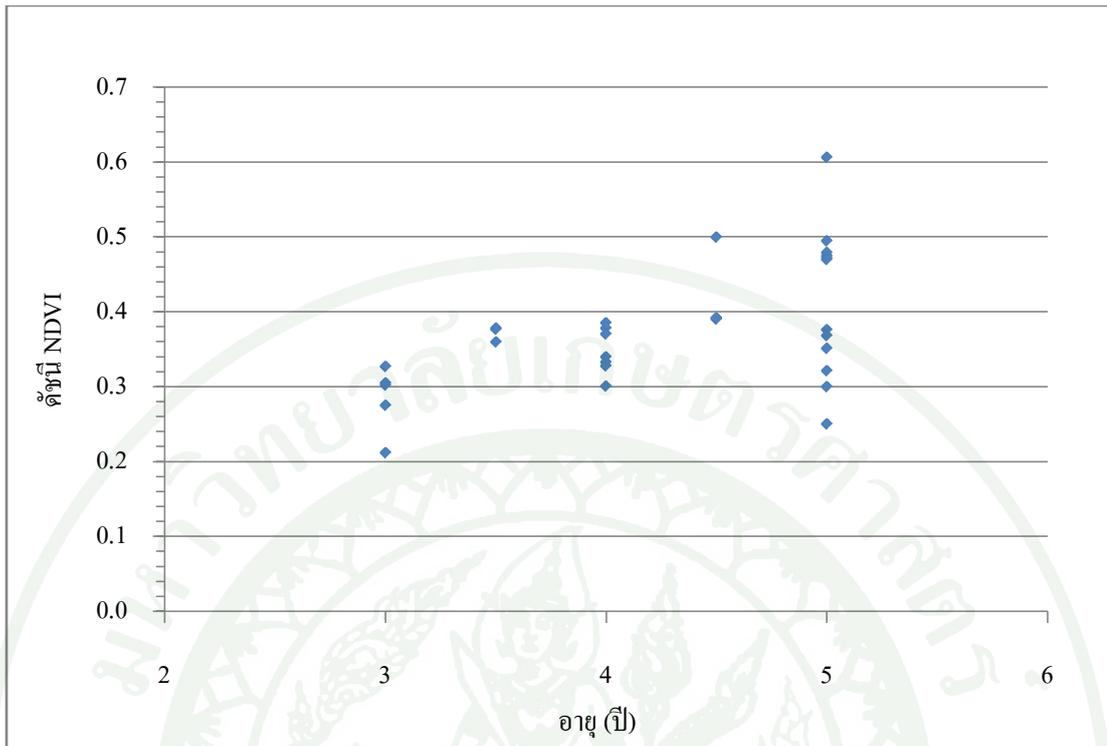
จากลักษณะข้อมูลภาพที่ 63 และ 64 ในช่วงอายุน้อยกว่า 10 ปี ค่าดัชนี NDVI มีลักษณะแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุขางพาราเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชโดย คณีย์ (2547) กล่าวว่า ในระยะที่พืชยังมีขนาดเล็กพื้นที่ใบมีน้อยทำให้รับแสงได้ไม่มาก เมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้นพื้นที่ใบจะมากขึ้นทำให้สามารถรับแสงได้มากขึ้น และพืชที่เจริญมากขึ้นจน เข้าสู่ระยะใกล้จะแก่ (Declining State) เนื้อเยื่อส่วนใหญ่จะมีกิจกรรมน้อยลงใบล่างมักจะถูกบังจากใบบนทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

ทั้งนี้เนื่องจากดัชนี NDVI มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของคลอโรฟิลล์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง แสดงว่า ในช่วงอายุน้อยกว่า 10 ปี ขางพารามีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นหรือมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และเมื่อขางพารามีอายุมากกว่า 10 ปี อัตราการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ลดลงทำให้ ค่าดัชนี NDVI มีลักษณะแนวโน้มคงที่อยู่ในช่วงแคบๆระหว่าง 0.550 - 0.659 และ 0.709 - 0.818 ตามลำดับ

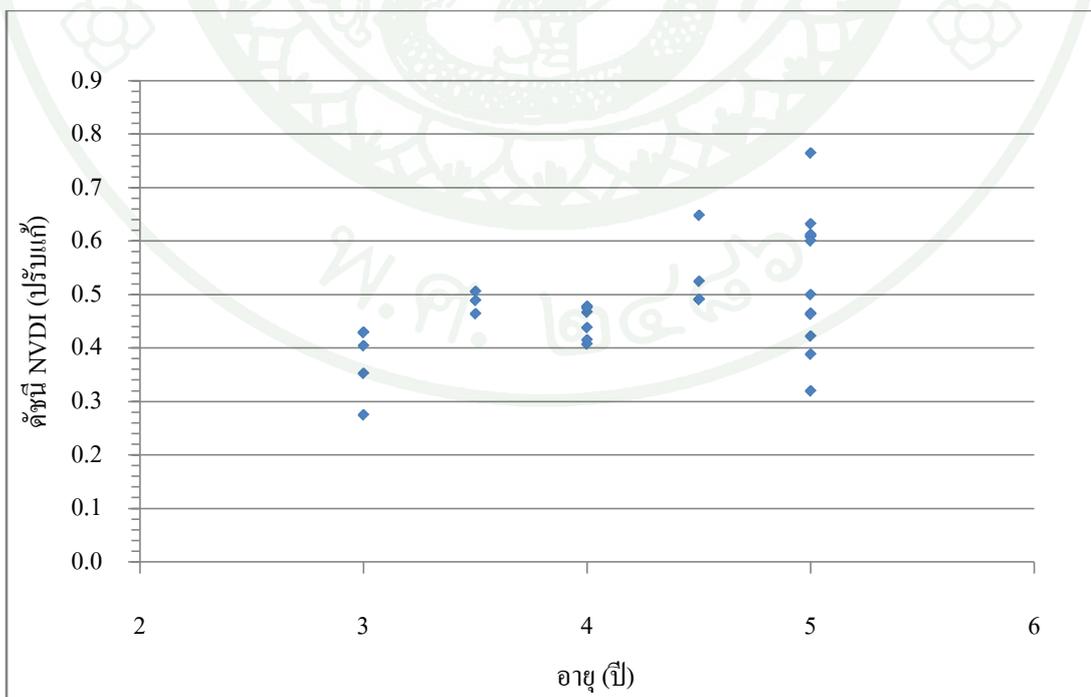
การวิเคราะห์ปรับแก้ข้อมูลเพื่อจำแนกอายุขางพารา

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนี NDVI และอายุของขางพาราพบว่า ในช่วงที่ขางพารามีอายุประมาณ 10 ปี ดัชนี NDVI มีแนวโน้มที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทน โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลทำให้ข้อมูลกระจัดกระจายและไม่เป็นค่าเฉลี่ย ดังนั้นการศึกษานี้จึงเสนอเกณฑ์ในการจำแนกอายุขางพาราที่ช่วงอายุ 10 ปี

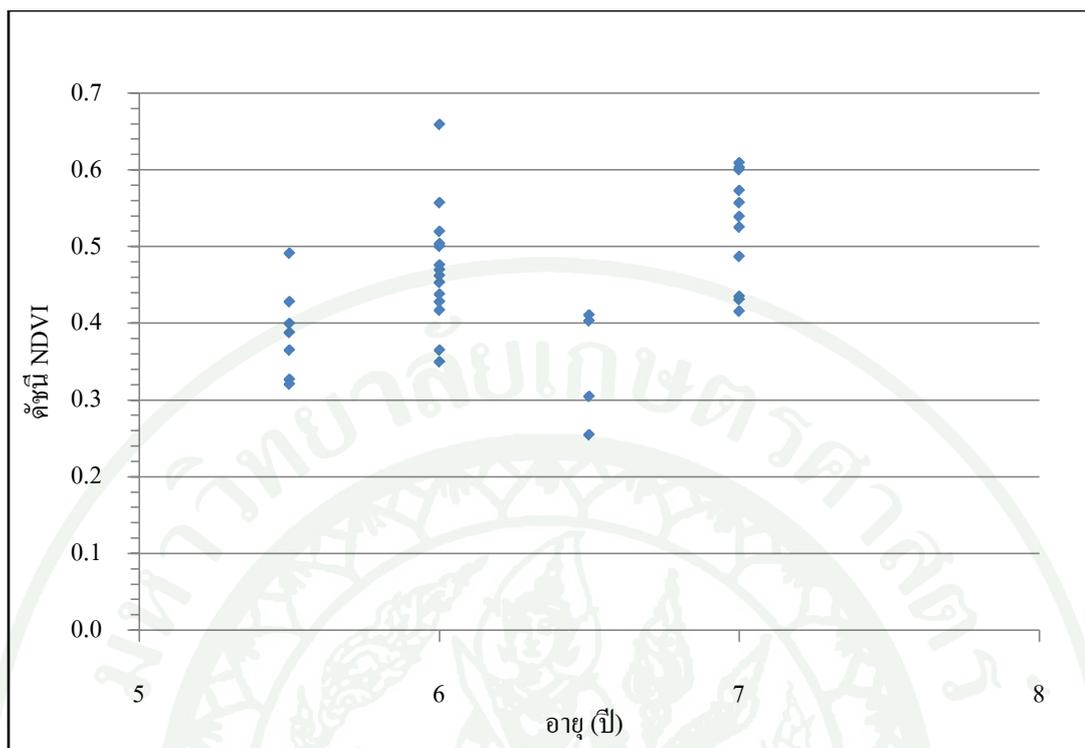
อย่างไรก็ตามเพื่อให้การประมาณอายุขางพารามีความละเอียดมากขึ้น จึงได้วิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI โดยแบ่งช่วงอายุขางพาราที่น้อยกว่า 10 ปี ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี และ 7-10 ปี ซึ่งเป็นช่วงอนุบาลขางให้เจริญเติบโต ช่วงก่อนที่ขางพาราจะให้ผลผลิต และช่วงที่เริ่มให้ผลผลิต ตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2553) ภาพที่ 65 ถึง 72 แสดงค่าดัชนี NDVI ที่จำแนกตามช่วงอายุดังกล่าว



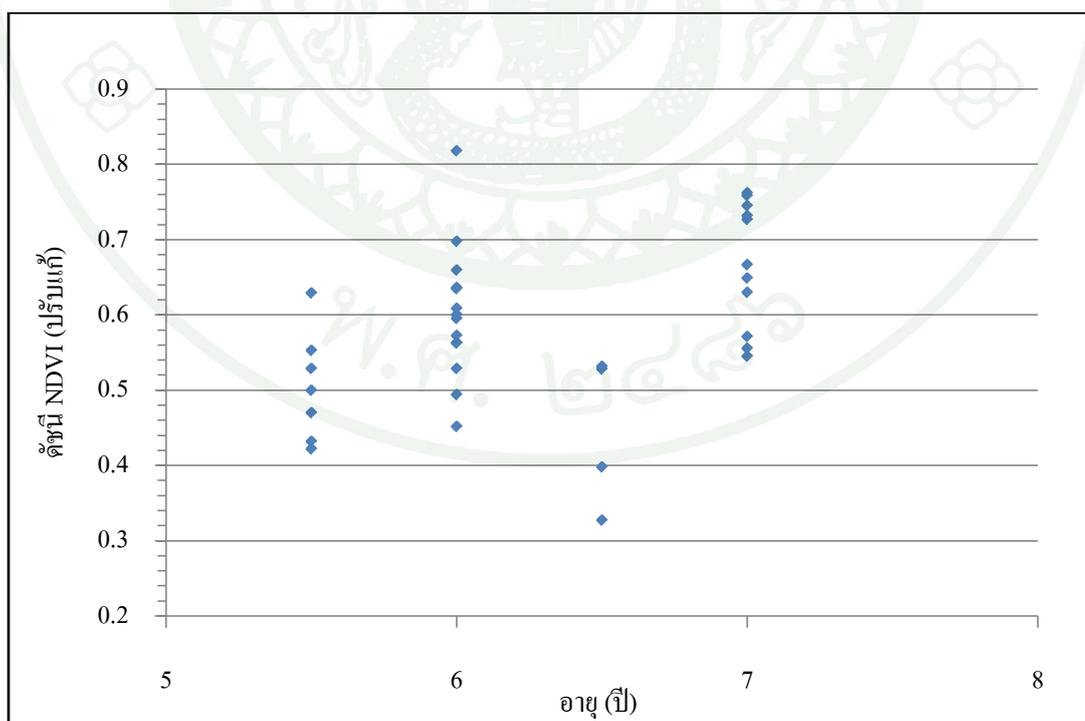
ภาพที่ 65 ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 3-5 ปี



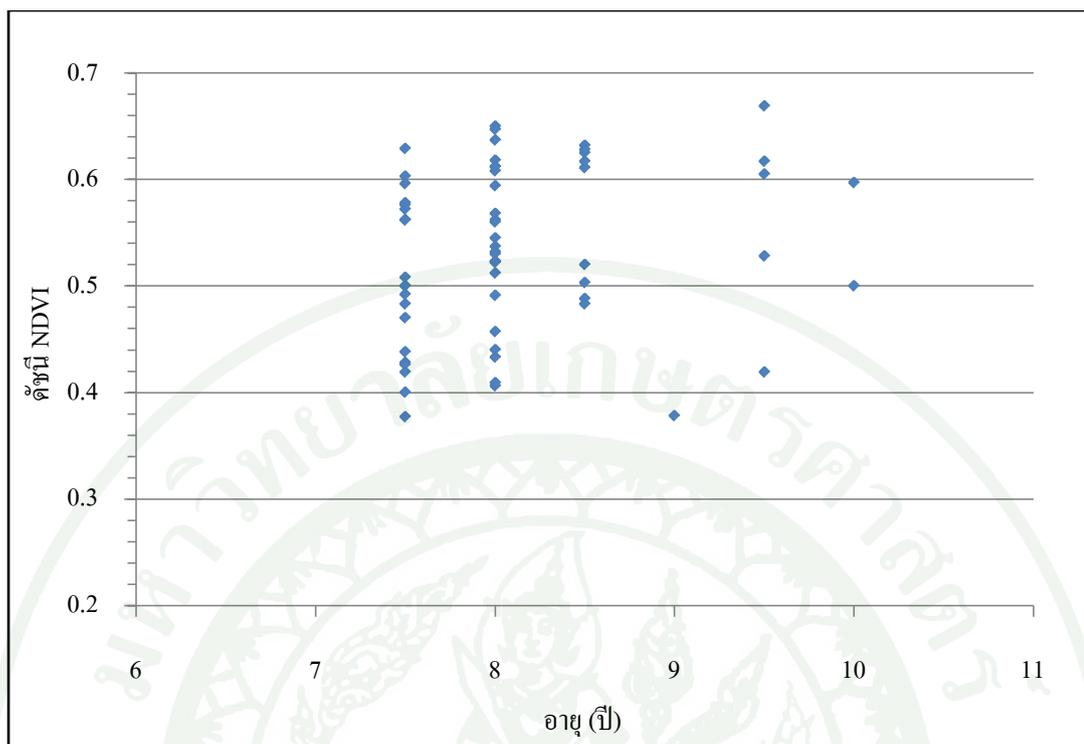
ภาพที่ 66 ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราเมื่อจำแนกตามช่วงอายุ 3-5 ปี



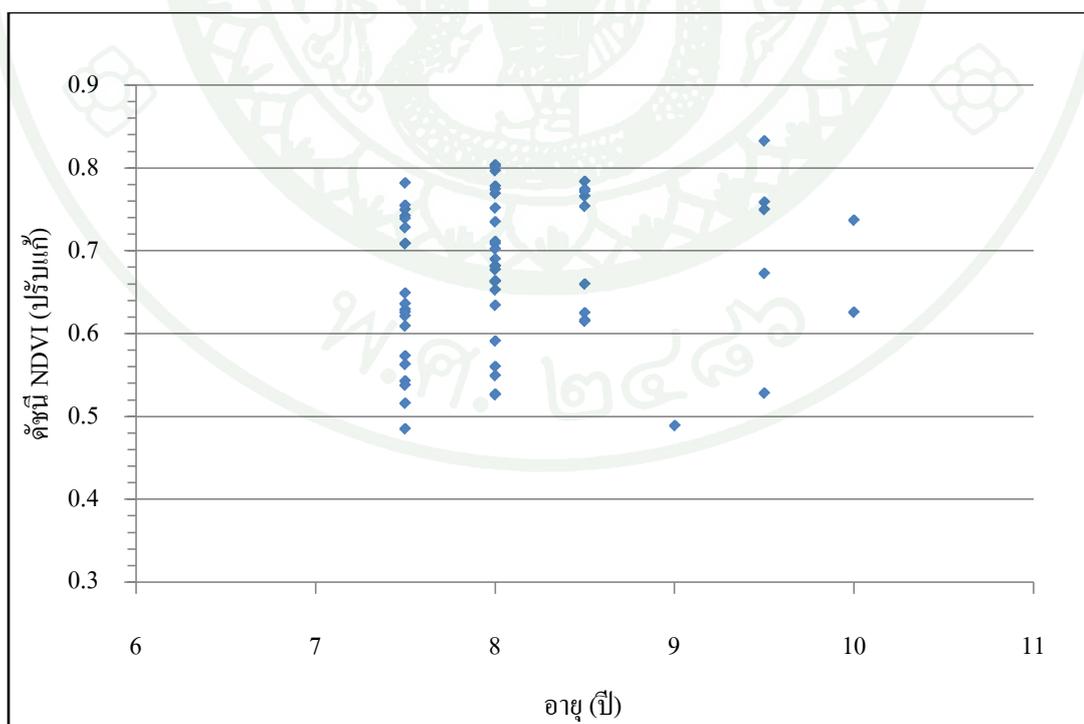
ภาพที่ 67 ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 5-7 ปี



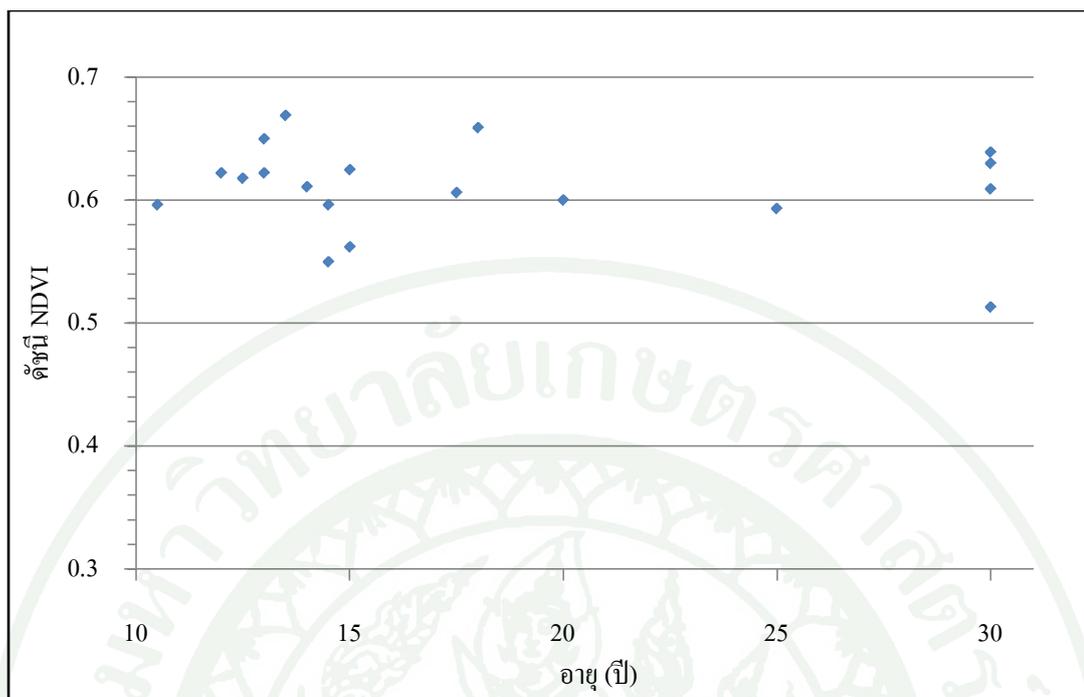
ภาพที่ 68 ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 5-7 ปี



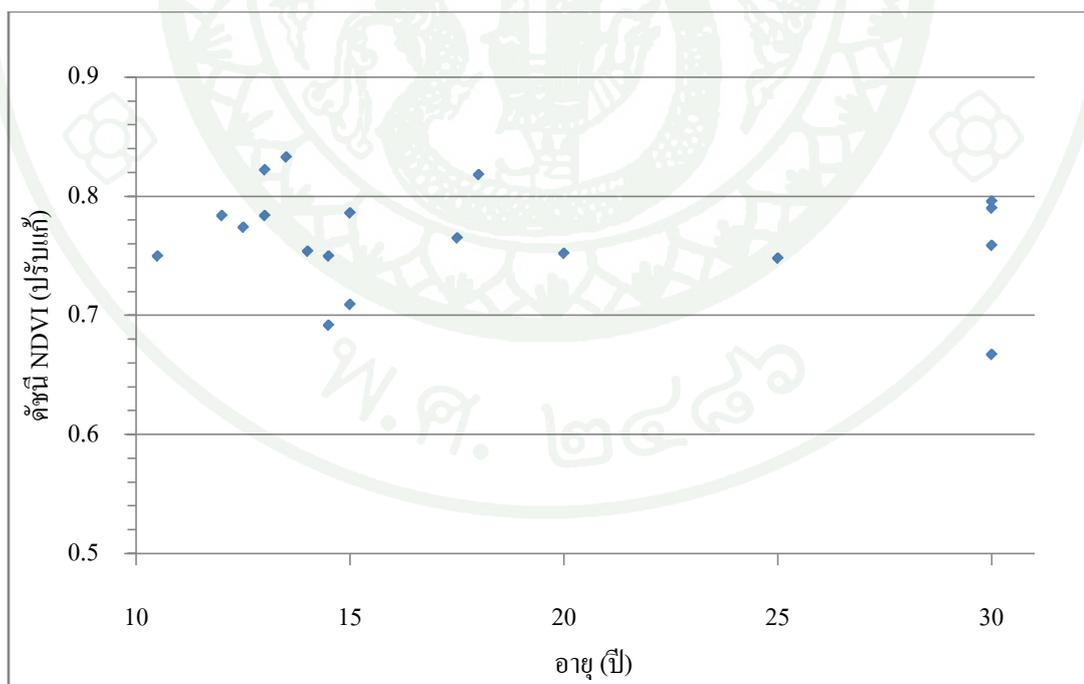
ภาพที่ 69 ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 7-10 ปี



ภาพที่ 70 กราฟค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุ 7-10 ปี



ภาพที่ 71 ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุมากกว่า 10 ปี



ภาพที่ 72 ค่าดัชนี NDVI (ปรับแก้) ของยางพาราจำแนกตามช่วงอายุมากกว่า 10 ปี

จากข้อมูลที่จำแนกจะสังเกตพบว่า ค่าดัชนี NDVI ในช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี มีลักษณะค่อนข้างกระจกระบาย แสดงว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง นอกจากอายุแล้วการบำรุงรักษามีผลทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อพิจารณาในช่วงสั้นๆจึงไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงฟังก์ชัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าดัชนี NDVI ในแต่ละช่วงอายุมาหาค่าเฉลี่ย พบว่ามีความแตกต่างกันเป็นช่วงๆอย่างชัดเจนดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI ยางพาราช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี

ช่วงอายุ	NDVI		NDVI (ปรับแก้)		ขนาดรอบลำต้น (ซม.)	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
3-5 ปี	0.374	0.083	0.485	0.103	27.757	6.239
5-7 ปี	0.457	0.094	0.568	0.112	33.943	6.148
7-10 ปี	0.533	0.078	0.674	0.091	38.519	5.509
มากกว่า 10 ปี	0.609	0.038	0.765	0.043	56.058	9.045

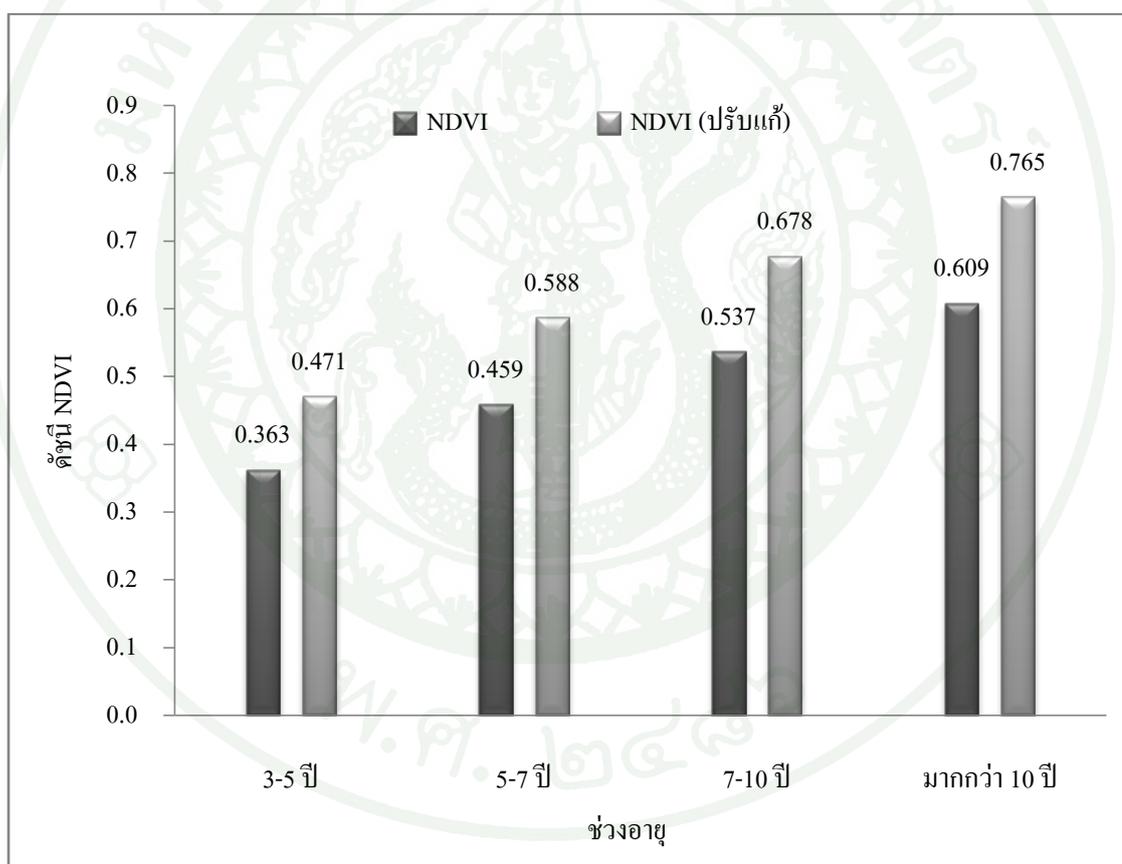
ตารางที่ 16 แสดงการวิเคราะห์เพื่อหาเกณฑ์ที่เหมาะสมของข้อมูลเพื่อใช้ในการจำแนกอายุของยางพาราตามช่วงอายุต่างๆ โดยการกรองข้อมูลให้มีความเหมาะสมด้วยการเลือกรอบลำต้นจากความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ซึ่งแสดงโดยสมการ $y = 19.91 \ln(x) - 2.132$ (ภาพที่ 58) และพิจารณาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $[\pm SD]$ ผลการวิเคราะห์สรุปดังแสดงในตารางภาคผนวก ก2 ถึง ก5 สำหรับค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI ในแต่ละช่วงอายุของแปลงที่ผ่านการกรองข้อมูลตามเกณฑ์ดังกล่าวแล้วแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 73

ตารางที่ 16 เกณฑ์การคัดเลือกแปลงยางพาราโดยความสัมพันธ์ระหว่างอายุและขนาดรอบลำต้น

ช่วงอายุ (ปี)	ขนาดรอบลำต้นที่คำนวณจากสมการ (ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ซม.)
3 - 5	19.7-29.9	6.239
5 - 7	29.9-36.6	6.148
7 - 10	36.6-43.7	5.509
มากกว่า 10	มากกว่า 43.7	9.045

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย NDVI ในแต่ละช่วงอายุของแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูล

ช่วงอายุ	NDVI		NDVI (ปรับแก้)	
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
3-5 ปี	0.363	0.082	0.471	0.101
5-7 ปี	0.459	0.093	0.588	0.111
7-10 ปี	0.537	0.076	0.678	0.088
มากกว่า 10 ปี	0.609	0.038	0.765	0.043



ภาพที่ 73 ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI ในแต่ละช่วงอายุของแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูล

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI ที่ปรับแก้และไม่ปรับแก้ในช่วงอายุ 3-5 ปี 5-7 ปี 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางภาคผนวก ก12 และภาคผนวก ก13

เพื่อให้การวิเคราะห์จำแนกอายุของพารามีความต่อเนื่องในช่วงอายุที่เป็นรอยต่อ ดังนั้นจึงได้วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยจากการถ่วงน้ำหนักจากค่าดัชนี NDVI แสดงผลเป็นค่าร้อยละของความถูกต้องในการจำแนก เช่น ค่าดัชนี NDVI ของช่วง 3-5 ปี และ 5-7 ปี มีค่าเท่ากับ 0.363 และ 0.459 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าร้อยละความถูกต้องในช่วง 3-5 ปี มีค่าเท่ากับ 67.16 ในทำนองเดียวกันค่าร้อยละความถูกต้องในช่วง 5-7 ปี จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 61.19 ดังนั้นเมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยโดยใช้การถ่วงน้ำหนักค่าร้อยละความถูกต้องในกรณีอายุของพาราไม่เกิน 5 ปี จึงมีค่าเท่ากับ 0.409 (ตารางภาคผนวก ก9 ถึง ก11) การวิเคราะห์ความต่อเนื่องอายุของพาราที่สัมพันธ์กับค่าดัชนี NDVI โดยสัมพันธ์กับที่ ช่วงอายุไม่เกิน 7 ปี และ ไม่เกิน 10 ปี ก็ใช้วิธีวิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 18 และภาพที่ 74 ตารางแสดงค่าความถูกต้องในการจำแนกอายุของพาราของทุกแปลงที่ผ่านการกรองข้อมูลแสดงในตารางภาคผนวก ก6 ถึง ก8

ผลการศึกษสามารถจำแนกอายุของพาราออกเป็นช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี ไม่เกิน 7 ปี และไม่ เกิน 10 ปีโดยมีค่าดัชนี NDVI เท่ากับ 0.409, 0.477 และ 0.592 ตามลำดับ และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ เท่ากับ 0.527, 0.608 และ 0.746 ตามลำดับ จากภาพที่ 74 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้มีค่ามากกว่าดัชนี NDVI ที่ไม่ปรับแก้ และมีความแตกต่างของค่าดัชนี NDVI ในแต่ละช่วงอายุที่ชัดเจนกว่า

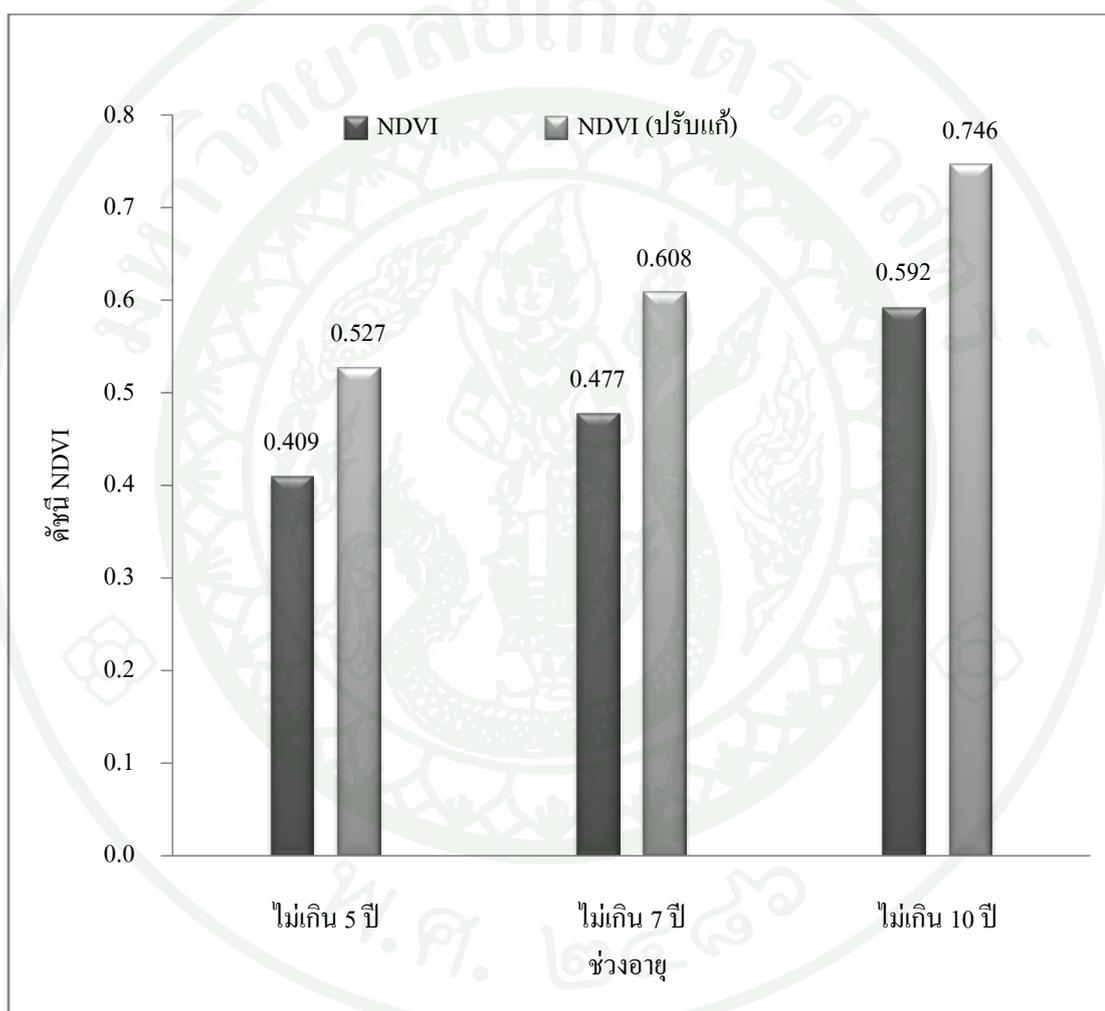
การตรวจสอบความถูกต้องของเกณฑ์การจำแนกช่วงอายุของพารา

การตรวจสอบร้อยละของความถูกต้องของเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกช่วงอายุ ได้แก่ เกณฑ์จำแนกพาราอายุไม่เกิน 5 ปี ไม่เกิน 7 ปี และ ไม่เกิน 10 ปี โดยนำค่ามีค่าดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ได้จากปรับแก้ไปเปรียบเทียบกับค่าดัชนี NDVI ของแปลงพาราที่ทราบอายุจากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามของแต่ละช่วงอายุนั้นๆ โดยข้อมูลการจำแนกความถูกต้องของแปลงพาราทั้งหมดได้สรุปดังแสดงในภาพผนวก ก6 ถึง ก11

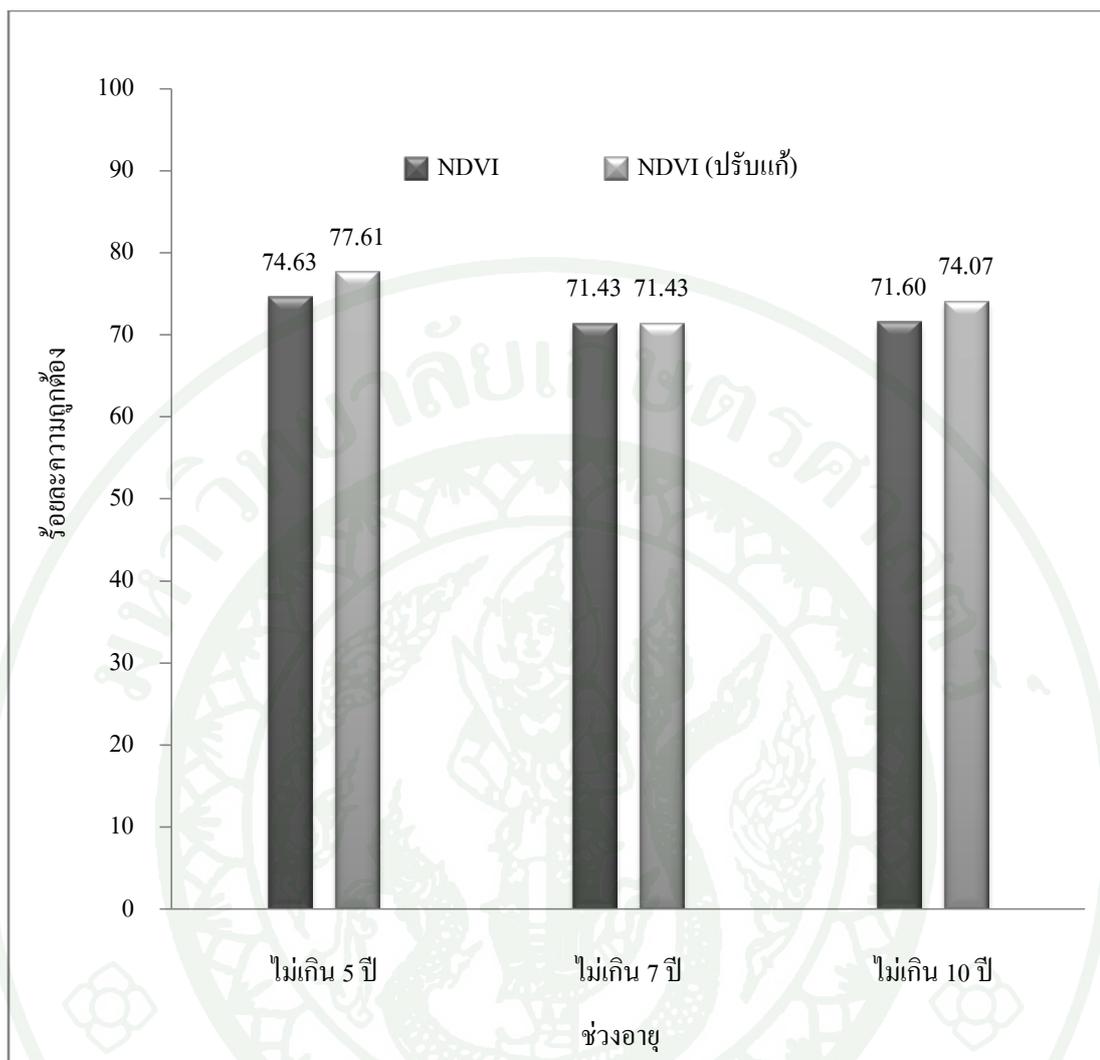
ผลจากการศึกษาความถูกต้องของเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกช่วงอายุของพารา พบว่า เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี ช่วงอายุไม่เกิน 7 ปี และช่วงอายุไม่เกิน 10 ปี มีค่าร้อยละของความถูกต้องเท่ากับ 74.63, 71.43 และ 71.60 ตามลำดับ และในกรณีที่จำแนกโดยดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ มีค่าร้อยละของความถูกต้องในการจำแนกเท่ากับ 77.61, 71.43 และ 74.07 ตามลำดับ ผลการจำแนกดังแสดงในภาพที่ 75

ตารางที่ 18 เกณฑ์จำแนกช่วงอายุยางพาราโดยดัชนี NDVI

ช่วงอายุ	ไม่เกิน 5 ปี	ไม่เกิน 7 ปี	ไม่เกิน 10 ปี
ดัชนี NDVI	0.409	0.477	0.592
ดัชนี NDVI (ปรับแก้)	0.527	0.608	0.746



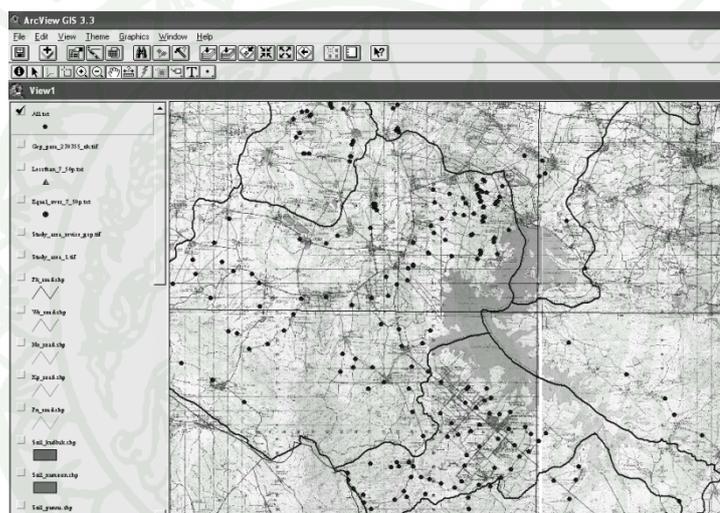
ภาพที่ 74 เกณฑ์จำแนกช่วงอายุยางพาราโดยดัชนี NDVI



ภาพที่ 75 ร้อยละความถูกต้องของการจำแนกแปลงยางพาราตามช่วงอายุ

ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแปลงยางพารา

จากข้อมูลรายละเอียดของแปลงยางพาราที่สำรวจในภาคสนามและข้อมูลผลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI และ NDVI ปรับแก้ ในขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษาครั้งนี้ได้นำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในโปรแกรม ArcView GIS 3.3 เพื่อความรวดเร็วในการการสืบค้นและสะดวกในการปรับปรุงข้อมูลในกรณีที่มีการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติม อีกทั้งยังสามารถเห็นภาพรวมปริมาณความหนาแน่นของแปลงยางพาราได้ ภาพตำแหน่งแปลงยางพาราและรายละเอียดของฐานข้อมูลแสดงในภาพที่ 76 และ 77



ภาพที่ 76 ตำแหน่งพิกัดแปลงยางพาราของพื้นที่ศึกษาในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Identify Results	
1: All.txt - 2/10/2012 14:54	
Shape	Point
ลำดับแปลงสำรวจ	12
เวลาที่สำรวจ	2/10/2012 14:54
อำเภอ	วชิรบุรี
ตำบล	ปลาโพ
E	363990
N	1912078
H	210 m
Ndvi	0.520
อายุ	8.5
ขนาดรอบลำต้น (ซม.)	35.00
เขตพิกัด	40B

ภาพที่ 77 ตัวอย่างรายละเอียดของฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS (Small Multi Mission Satellite) ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจดวงใหม่ เพื่อประยุกต์ใช้สำรวจข้อมูลอายุของยางพาราโดยการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างแปลงยางพาราในภาคสนาม มีข้อสรุปดังนี้

1. ดาวเทียม SMMS ชนิดภาพ Couple Charge Device (CCD) ที่มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 30 เมตร สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับภาพถ่ายจากโปรแกรม Google Earth เพื่อจำแนกขอบเขตแปลงยางพารา โดยเฉพาะยางพาราที่มีอายุ 7 - 10 ปี ขึ้นไปได้ชัดเจนและเมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 3 และช่วงคลื่นที่ 4 มาผสมเป็นภาพ NDVI ทำให้เห็นขอบเขตแปลงยางพาราชัดเจน

2. ขนาดรอบลำต้นมีความสัมพันธ์กับอายุของยางพารา ภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา 6 อำเภอของจังหวัดสกลนคร พบว่า แปลงยางพาราที่มีอายุน้อยกว่า 15 ปี มีอัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดรอบลำต้นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ยางพาราที่มีอายุมากกว่า 15 ปี ขนาดรอบลำต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราลดลง ขนาดรอบลำต้นกับอายุของยางพารามีความสัมพันธ์ในเชิงฟังก์ชันลอการิทึมตามสมการ $y = 19.91 \ln(x) - 2.132$ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.731

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ และดัชนี NDVI ทั้งกรณีที่ไม่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนและกรณีที่ปรับแก้ พบว่า ยางพาราในช่วงอายุน้อยกว่า 10 ปี ค่าดัชนี NDVI มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุยางพาราเพิ่มขึ้น ส่วนในช่วงอายุมากกว่า 10 ปี แม้ว่าอายุยางพาราเพิ่มขึ้นแต่ดัชนี NDVI มีการเปลี่ยนแปลงน้อยอยู่ในช่วงแคบๆระหว่าง 0.550 - 0.659 และ 0.709 - 0.818 ตามลำดับ

4. ค่าดัชนี NDVI สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกอายุยางพาราได้ จากการวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI ของยางพาราช่วงอายุไม่เกิน 5 ปี ไม่เกิน 7 ปี และไม่เกิน 10 ปี พบว่ามีค่าดัชนี NDVI เท่ากับ 0.409, 0.477 และ 0.592 (กรณีไม่ปรับแก้) และ 0.527, 0.608 และ 0.746 (กรณีปรับแก้) ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ค่าดัชนี NDVI ประมาณอายุของแปลง

ยางพารา พบว่ามีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกอายุยางพาราเท่ากับ 74.63, 71.43, 71.60 และ 77.61, 71.43, 74.07 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ Analysis of Variance (ANOVA) ด้วยวิธี F-test พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5. ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้การสืบค้นรายละเอียดของแปลงยางพาราได้รวดเร็วขึ้น โดยสามารถเห็นภาพรวมของตำแหน่งหรือลักษณะการกระจายตัวของแปลงยางพาราได้

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาศักยภาพและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SMMS ในเบื้องต้น ผลการศึกษาจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นที่จำนวน 6 อำเภอของจังหวัดสกลนคร งานวิจัยในอนาคตควรสำรวจเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในพื้นที่อื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนหรือครอบคลุมพื้นที่ระดับจังหวัดหรือระดับภูมิภาค จะทำให้เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกช่วงอายุมีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น

2. การเลือกจุดควบคุมทางพื้นดิน (Ground Control Point) ในภาพถ่ายจากดาวเทียมบริเวณที่มีแปลงยางพาราหนาแน่น ส่วนมากแล้วถนนจะสังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากเป็นถนนเส้นเล็กหรือถนนลูกรังทำให้จุดตัดของถนนสังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนแต่คลองส่งน้ำจะสังเกตเห็นได้ชัดเจนจึงควรเลือกจุดควบคุมในตำแหน่งที่คลองส่งน้ำตัดกับถนน

3. ควรศึกษาดัชนี NDVI ของยางพาราในช่วงที่มีอายุมากซึ่งเป็นช่วงที่ให้ผลผลิตลดลง เพื่อประเมินปริมาณไม้ยางพาราที่เหมาะสมสำหรับนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต่างๆ

4. ควรพิจารณาเลือกช่วงเวลาในการวิเคราะห์ดัชนี NDVI โดยเลือกฤดูกาลที่ต่างกันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง อย่างไรก็ตามควรเลือกช่วงเวลาสภาพอากาศปกติหรือช่วงที่ไม่มีเมฆหมอกปกคลุมท้องฟ้า

5. งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาถึงผลกระทบจากเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกยางพาราต่อการพังทลายของหน้าดินหรือดินถล่มหรือผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในด้านอื่นๆ โดยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SMMS ช่วยในการศึกษาวิเคราะห์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2554. เอกสารประกอบการสัมมนาโครงการ
 ประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็กโครงการประยุกต์ใช้ประโยชน์
 จากดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก (Small Multi-Mission Satellite Project and
 Related Activities: SMMS) ครั้งที่ 1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
 กรุงเทพฯ.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. รายงานฉบับเต็มโครงการจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ยางพาราปี
 2550 โดยการสำรวจข้อมูลระยะไกลและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ. 78 หน้า.

กรมควบคุมการปฏิบัติทางอากาศ. 2554. พื้นฐานการรับรู้ระยะไกล. แหล่งที่มา:
<http://www.daoc.rtaf.mi.th>, 2 พฤษภาคม 2554.

กัญญา ทิสยากร. 2536. การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ในการสำรวจ
 ทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม
 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
 , กรุงเทพฯ.

จิรวัดน์ เวชแพศย์, สุรจิต ภูภักดิ์ และ สุวัฒน์ วีระพงษ์ธนากร. 2549. การสำรวจและวิเคราะห์
 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ตลอดจนความสำเร็จและล้มเหลวของการปลูก
 ยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี. แหล่งที่มา: <http://www.mapserv.agri.ubu.ac.th>, 10
 ตุลาคม 2554

จรัญธร บุญญาภาพ. 2546. บทปฏิบัติการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์
 ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ชรัชต์ มงคลสวัสดิ์, วาสนา พุดกลาง, อัครเดช นิ่งตะลาและ ปวีณา บุญโยธา. 2552. การวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพาราในกลุ่มน้ำโขงด้วยข้อมูลดาวเทียม, น. 19-42. ใน การประชุมวิชาการดาวเทียม THEOS เทคโนโลยีอวกาศของไทยเพื่อการพัฒนาภูมิภาคเกษตร. 8-9 กันยายน 2552. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, โรงแรม อนุสาวรีย์ไฮเต็ล แอนด์สปา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

คณัษ บุญเกียรติ. 2547. สรีรวิทยาของพืช (Plant Physiology). แหล่งที่มา:

<http://www.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/index.htm>, 18 เมษายน 2555

ประเสริฐษา ญาคำ, ศุภกิจ นนทนานันท์ และ ดิบุญ เมธากุลชาติ. 2555. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและช่วงอายุของยางพาราโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SMMS, น. 256-263. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 (สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พยุศักดิ์ พงสาปาน. 2550. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกยางพาราโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ บริเวณอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไยอนงค์ ทิมสุวรรณ. 2548. การสำรวจข้อมูลระยะไกลสำหรับวิศวกร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลดาวัลย์ พวงจิตร. 2549. การเติบโตและพัฒนาการของต้นไม้. แหล่งที่มา:

<http://www.rmutphysics.com/charud/general/1/silviculture/lesson3.1>, 18 เมษายน 2555

วรรณุช สุทธชยานนท์. 2550. การประมาณเนื้อที่ยืนต้นและผลผลิตของลำไย โดยใช้ดัชนีพืชพรรณกรณีศึกษา ตำบลท่าวังตาล อำเภอสาร์ภี จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศุทธิณี คนตรี. 2544. **ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจจากระยะไกล**. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์. 2554.

SMMS: Perspectives and Applications from Space. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2554. **การสำรวจโลกโดยใช้กล้องถ่ายภาพบนดาวเทียม**. แหล่งที่มา: <http://www.space.mict.go.th>, 10 ตุลาคม 2554

สุวิทย์ อ่องสมบัติ และ วรณทัช เทศวัดน์. 2553. การจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยโรงงานจากข้อมูลดาวเทียมหรือสโตนโดยการจำแนกแบบผู้เชี่ยวชาญ, น. 65. ใน การประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2553. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2548. **รีโมตเซนซิงช่วงคลื่นแสง**. แหล่งที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/201/sattelite/7.htm>, 14 มีนาคม 2555.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. 2553. **ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

สมพร สว่างศ์. 2543. **รีโมตเซนซิงเบื้องต้น**. นพบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่.

หน่วยวิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2549. **หลักการและกระบวนการรีโมตเซนซิง**. แหล่งที่มา: <http://www.gis2me.com>, 20 มิถุนายน 2554.

- Ali, A. 2009. **Comparison of Strengths and Weaknesses of NDVI and Landscape-Ecological Mapping techniques for Developing an Integrated Land use Mapping Approach A case study of the Mekong Delta Vietnam.** M.E. Thesis, ITC University.
- Japan Association on Remote Sensing. 1993. **Remote Sensing Note.** Nihon Printing, Tokyo.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and J.W. Chipman. 2004. **Remote Sensing and Image Interpretation.** John Wiley and Son Inc, New York.
- Malpica, J.A. 2007. Hue Adjustment to IHS Pan-Sharpned IKONOS Imagery for Vegetation Enhancement. **IEEE Geoscience and Remote Sensing 4:** 27-31.
- Read, J.M., Clark, D.B., Venticinque, E.M. and M.P. Moreira. 2003. Application of Merged 1-m and 4-m Resolution Satellite Data to Research and Management in Tropical Forests. **Journal of Applied Ecology 40:** 592–600.
- Shafri, H.Z.M. and F.S.H. Ramle. 2009. A comparison of Support Vector Machine and Decision Tree Classifications Using Satellite Data Langkavi Island. **Information Technology Journal 8:** 64-70.
- Vieira, I.C.G., de Almeida, A.S., Davidson, E.A., Stone, T.A., de Carvalho, C.J.R. and J.B. Guerrero. 2003. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. **Remote Sensing of Environment 87:** 470–481.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลการสำรวจแปลงยางพาราภาคสนามและค่าดัชนี NDVI และ
ตารางข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูล และ
ตารางการจำแนกอายุยางพาราโดยดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้และ
ตารางการวิเคราะห์ค่าสถิติของดัชนี NDVI

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม และค่าดัชนี NDVI

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
2	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364045	1915829	5.5	0.400	0.529	34.84
3	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363949	1915783	7.5	0.419	0.543	37.02
4	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363870	1915650	6.0	0.350	0.452	31.54
5	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363286	1916419	30.0	0.609	0.759	62.88
6	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362134	1913404	7.0	0.557	0.727	34.54
7	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362281	1913497	8.0	0.537	0.711	37.13
10	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362820	1912058	30.0	0.630	0.790	67.44
11	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362598	1911711	8.0	0.512	0.653	41.10
12	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363990	1912078	8.5	0.520	0.660	35.00
14	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363801	1913218	6.0	0.462	0.595	33.92
15	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363770	1913142	8.0	0.637	0.804	34.00
18	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	357706	1910219	5.0	0.495	0.632	30.78
19	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358083	1911201	8.0	0.457	0.591	32.03
20	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358102	1911312	3.0	0.302	0.404	20.97
22	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356947	1909889	7.0	0.487	0.630	39.01
24	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356062	1902997	4.0	0.378	0.477	32.00
25	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	354926	1902525	30.0	0.639	0.796	71.42
28	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	353859	1904060	8.0	0.650	0.797	42.95
29	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	353151	1905013	4.5	0.392	0.491	32.92
32	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	355824	1907081	6.0	0.520	0.660	41.75
38	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359552	1913574	8.0	0.406	0.527	32.96
41	วาริชภูมิ	หนองลาด	350098	1913133	10.0	0.597	0.737	45.18
42	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	347280	1910031	30.0	0.513	0.667	72.47
43	วาริชภูมิ	หนองลาด	345158	1914569	5.5	0.388	0.500	29.10

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
45	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	351964	1909021	5.0	0.376	0.500	37.28
46	วาริชภูมิ	คำบ่อ	350211	1908906	6.0	0.476	0.600	32.21
48	วาริชภูมิ	คำบ่อ	349017	1906664	6.0	0.417	0.529	31.60
49	วาริชภูมิ	คำบ่อ	347839	1905698	6.0	0.557	0.698	35.48
50	วาริชภูมิ	คำบ่อ	346559	1905323	17.5	0.606	0.765	60.91
53	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	347289	1908369	3.5	0.360	0.464	19.10
55	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	343868	1908976	7.0	0.600	0.745	40.93
58	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	344123	1912889	14.0	0.611	0.754	57.07
61	วาริชภูมิ	คำบ่อ	344000	1903151	8.0	0.409	0.526	38.16
64	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	359171	1903720	3.0	0.305	0.429	21.49
65	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361758	1901544	4.0	0.340	0.467	22.76
69	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359166	1912188	8.0	0.523	0.663	24.49
71	วาริชภูมิ	ปลาไหล	360825	1911940	3.0	0.212	0.275	20.14
76	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361838	1902473	3.5	0.377	0.506	33.42
81	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	363449	1900766	4.0	0.333	0.438	18.88
82	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	364170	1900756	5.0	0.351	0.465	22.60
84	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	364796	1899673	8.0	0.532	0.677	46.53
85	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	365199	1898526	4.5	0.500	0.648	32.88
88	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	367442	1899374	6.0	0.500	0.636	35.48
90	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	365953	1899830	13.5	0.669	0.833	55.54
91	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	365529	1897699	7.0	0.603	0.762	39.13
93	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	364251	1896221	5.0	0.470	0.609	36.83
94	กุดบาก	กุดไห	363505	1895624	6.0	0.504	0.635	39.23
95	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	363800	1896923	25.0	0.593	0.748	55.52

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
96	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	362702	1895709	6.0	0.453	0.573	35.32
97	กุดบาก	กุดไฮ	361951	1894833	7.5	0.572	0.739	47.58
99	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	361483	1895973	6.0	0.470	0.609	35.52
100	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	361728	1897050	12.5	0.618	0.774	46.77
101	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	362758	1898408	7.0	0.573	0.732	34.77
102	นิกม่น้ำอูน	หนองปลิง	364049	1898964	7.0	0.416	0.545	33.30
104	นิกม่น้ำอูน	หนองปลิง	362162	1899522	8.5	0.611	0.754	39.08
109	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358067	1900860	6.0	0.659	0.818	42.57
111	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	357789	1897314	8.0	0.523	0.663	44.81
116	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	358092	1897004	5.5	0.428	0.553	35.99
121	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	355123	1893989	7.5	0.483	0.621	37.83
122	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	354570	1893249	13.0	0.650	0.822	52.45
128	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	358659	1896278	12.0	0.622	0.784	43.31
129	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	358946	1895039	7.5	0.492	0.629	34.25
130	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	359236	1896102	15.0	0.625	0.786	51.87
131	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	360042	1895792	8.5	0.617	0.766	42.98
133	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	361864	1897799	7.5	0.576	0.742	33.13
136	กุดบาก	กุดไฮ	367973	1896037	8.0	0.618	0.774	37.28
137	กุดบาก	กุดไฮ	369710	1897005	8.0	0.491	0.634	46.66
138	กุดบาก	กุดไฮ	369508	1896078	10.5	0.596	0.750	46.06
139	กุดบาก	กุดไฮ	369065	1894720	7.5	0.470	0.609	38.62
140	กุดบาก	กุดไฮ	367624	1893293	6.5	0.411	0.532	32.49
141	กุดบาก	กุดไฮ	369912	1892654	3.5	0.378	0.489	20.06
144	กุดบาก	กุดบาก	369455	1888066	7.0	0.431	0.571	24.54

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
145	กุศบาก	กุศบาก	371409	1889521	4.5	0.390	0.525	25.02
146	กุศบาก	กุศไทร	371269	1891220	8.0	0.608	0.752	40.79
147	กุศบาก	กุศไทร	372523	1892507	8.0	0.522	0.682	34.25
148	กุศบาก	นาม่อง	375925	1893595	5.0	0.321	0.422	26.58
149	กุศบาก	นาม่อง	376814	1894563	8.0	0.545	0.682	49.97
150	กุศบาก	นาม่อง	378718	1893360	7.5	0.438	0.573	34.10
151	กุศบาก	กุศบาก	374268	1886817	8.5	0.625	0.772	45.22
152	กุศบาก	กุศบาก	374401	1885351	6.0	0.428	0.563	38.15
153	กุศบาก	นาม่อง	378610	1884989	9.5	0.617	0.759	50.68
154	กุศบาก	นาม่อง	379121	1886722	6.5	0.403	0.528	36.06
156	กุศบาก	นาม่อง	378993	1888266	7.5	0.629	0.782	39.41
157	กุศบาก	นาม่อง	382108	1887442	5.0	0.475	0.608	36.33
160	พรรณานิคม	นาใน	380177	1898989	7.5	0.578	0.728	40.62
161	พรรณานิคม	นาใน	378424	1899249	5.5	0.491	0.629	27.45
162	พรรณานิคม	นาใน	376452	1900664	5.0	0.479	0.612	37.51
164	พรรณานิคม	นาใน	373096	1903518	8.0	0.612	0.778	41.47
165	พรรณานิคม	นาใน	369014	1905792	7.0	0.609	0.759	37.83
166	พรรณานิคม	นาใน	370189	1911088	7.5	0.562	0.709	46.28
167	พังโคน	แร่	365912	1919027	6.0	0.438	0.563	26.41
168	พังโคน	แร่	367188	1918688	20.0	0.600	0.752	62.83
169	พังโคน	ไฮฮ่อง	372293	1923464	3.0	0.327	0.429	18.96
171	พังโคน	ต้นผึ้ง	372646	1924106	5.5	0.327	0.432	28.04
172	พังโคน	ต้นผึ้ง	372605	1924147	5.5	0.321	0.422	21.21
173	พังโคน	ต้นผึ้ง	373214	1924642	4.0	0.301	0.407	19.39

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
174	พังโคน	ต้นผึ้ง	372063	1925683	8.0	0.562	0.709	32.96
176	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364364	1916873	14.5	0.550	0.692	53.93
177	พังโคน	แร่	367365	1917762	14.5	0.596	0.750	60.88
179	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363032	1917338	8.0	0.530	0.664	32.33
181	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362572	1916923	9.5	0.605	0.750	40.06
182	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362570	1916838	7.5	0.603	0.755	42.99
183	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362630	1916700	7.5	0.596	0.750	35.09
184	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362823	1916569	8.5	0.632	0.784	42.92
185	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362972	1916504	13.0	0.622	0.784	47.31
187	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362755	1916120	8.5	0.628	0.774	43.78
188	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362808	1915785	8.0	0.647	0.802	43.43
189	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362844	1915831	8.0	0.612	0.769	35.35
190	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363049	1915408	5.0	0.368	0.463	29.50
191	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363002	1915383	4.5	0.392	0.491	33.55
192	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363110	1914685	5.0	0.606	0.765	31.39
193	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363023	1914720	5.0	0.472	0.600	32.79
194	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363029	1914371	9.5	0.669	0.833	37.58
195	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362960	1914414	18.0	0.659	0.818	55.78
197	วาริชภูมิ	ปลาไหล	361829	1915680	8.0	0.594	0.735	36.06
200	วาริชภูมิ	ปลาไหล	360631	1916330	4.0	0.385	0.478	28.09
202	วาริชภูมิ	ปลาไหล	361026	1914925	15.0	0.562	0.709	40.68
203	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359623	1915735	7.5	0.500	0.636	32.26
204	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355096	1913905	7.5	0.400	0.516	29.68
205	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355340	1915390	10.0	0.500	0.626	41.75

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
206	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355308	1915642	7.0	0.435	0.556	35.36
207	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355458	1915642	7.5	0.508	0.649	32.17
208	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355524	1915182	7.5	0.428	0.563	34.67
209	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355429	1915469	7.5	0.500	0.626	39.73
210	พังโคน	ม่วงไข่	356892	1920851	9.5	0.528	0.673	39.39
214	พังโคน	พังโคน	356698	1922408	7.5	0.562	0.709	36.50
215	พังโคน	พังโคน	357006	1922658	7.5	0.377	0.485	34.48
217	พังโคน	ม่วงไข่	356015	1923953	8.5	0.483	0.616	32.73
218	สว่างแดนดิน	แวง	353029	1925144	6.0	0.365	0.494	25.18
221	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353185	1922356	9.0	0.378	0.489	29.38
222	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352353	1922427	6.5	0.305	0.398	25.64
223	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352283	1922658	8.5	0.503	0.625	34.92
224	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352284	1922759	8.5	0.488	0.615	35.79
226	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350290	1922158	9.5	0.419	0.528	37.38
227	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350813	1921831	7.0	0.539	0.667	53.43
228	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350906	1921954	7.0	0.525	0.649	35.58
229	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	349659	1921639	5.5	0.365	0.470	27.43
230	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350100	1920623	4.0	0.328	0.415	25.13
231	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	349844	1920357	8.0	0.433	0.549	41.75
232	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350489	1919207	5.0	0.300	0.388	24.84
233	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350380	1919178	7.5	0.426	0.538	32.31
234	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350751	1919173	6.5	0.255	0.327	30.93
235	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353606	1918659	5.0	0.250	0.320	33.80
236	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353670	1918989	8.0	0.440	0.560	36.55

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
237	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353727	1918994	3.0	0.275	0.353	24.40
238	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353779	1919819	4.0	0.370	0.475	31.10
239	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353892	1920078	8.0	0.568	0.702	45.98
240	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353892	1920030	8.0	0.560	0.690	46.70

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 3-5 ปี

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
18	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	357706	1910219	5.0	0.495	0.632	30.78
20	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358102	1911312	3.0	0.302	0.404	20.97
24	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356062	1902997	4.0	0.378	0.477	32.00
29	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	353151	1905013	4.5	0.392	0.491	32.92
53	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	347289	1908369	3.5	0.360	0.464	19.10
64	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	359171	1903720	3.0	0.305	0.429	21.49
65	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361758	1901544	4.0	0.340	0.467	22.76
71	วาริชภูมิ	ปลาไหล	360825	1911940	3.0	0.212	0.275	20.14
76	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	361838	1902473	3.5	0.377	0.506	33.42
81	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	363449	1900766	4.0	0.333	0.438	18.88
82	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	364170	1900756	5.0	0.351	0.465	22.60
85	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	365199	1898526	4.5	0.500	0.648	32.88
141	กุศบาก	กุศไห	369912	1892654	3.5	0.378	0.489	20.06
145	กุศบาก	กุศบาก	371409	1889521	4.5	0.390	0.525	25.02
148	กุศบาก	นาม่อง	375925	1893595	5.0	0.321	0.422	26.58
169	พังโคน	ไฮห่อง	372293	1923464	3.0	0.327	0.429	18.96
173	พังโคน	ต้นผึ้ง	373214	1924642	4.0	0.301	0.407	19.39

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
190	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363049	1915408	5.0	0.368	0.463	29.50
191	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363002	1915383	4.5	0.392	0.491	33.55
192	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363110	1914685	5.0	0.606	0.765	31.39
193	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363023	1914720	5.0	0.472	0.600	32.79
200	วาริชภูมิ	ปลาไหล	360631	1916330	4.0	0.385	0.478	28.09
230	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350100	1920623	4.0	0.328	0.415	25.13
232	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350489	1919207	5.0	0.300	0.388	24.84
235	สว่างแดนดิน	ตาลเนิ้ง	353606	1918659	5.0	0.250	0.320	33.80
237	สว่างแดนดิน	ตาลเนิ้ง	353727	1918994	3.0	0.275	0.353	24.40
238	สว่างแดนดิน	ตาลเนิ้ง	353779	1919819	4.0	0.370	0.475	31.10

ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 5-7 ปี

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
2	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364045	1915829	5.5	0.400	0.529	34.84
4	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363870	1915650	6.0	0.350	0.452	31.54
6	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362134	1913404	7.0	0.557	0.727	34.54
14	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363801	1913218	6.0	0.462	0.595	33.92
22	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	356947	1909889	7.0	0.487	0.630	39.01
32	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	355824	1907081	6.0	0.520	0.660	41.75
43	วาริชภูมิ	หนองลาด	345158	1914569	5.5	0.388	0.500	29.1
46	วาริชภูมิ	คำบ่อ	350211	1908906	6.0	0.476	0.600	32.21
48	วาริชภูมิ	คำบ่อ	349017	1906664	6.0	0.417	0.529	31.60
49	วาริชภูมิ	คำบ่อ	347839	1905698	6.0	0.557	0.698	35.48
55	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	343868	1908976	7.0	0.600	0.745	40.93

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
88	นิกม่น้ำอูน	หนองปลิง	367442	1899374	6.0	0.500	0.636	35.48
91	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	365529	1897699	7.0	0.603	0.762	39.13
94	กุดบาก	กุดไฮ	363505	1895624	6.0	0.504	0.635	39.23
96	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	362702	1895709	6.0	0.453	0.573	35.32
99	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	361483	1895973	6.0	0.470	0.609	35.52
101	นิกม่น้ำอูน	สุวรรณคาม	362758	1898408	7.0	0.573	0.732	34.77
102	นิกม่น้ำอูน	หนองปลิง	364049	1898964	7.0	0.416	0.545	33.30
109	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358067	1900860	6.0	0.659	0.818	42.57
116	นิกม่น้ำอูน	นิกม่น้ำอูน	358092	1897004	5.5	0.428	0.553	35.99
140	กุดบาก	กุดไฮ	367624	1893293	6.5	0.411	0.532	32.49
144	กุดบาก	กุดบาก	369455	1888066	7.0	0.431	0.571	24.54
152	กุดบาก	กุดบาก	374401	1885351	6.0	0.428	0.563	38.15
154	กุดบาก	นาม่อง	379121	1886722	6.5	0.403	0.528	36.06
161	พรรณานิคม	นาคิน	378424	1899249	5.5	0.491	0.629	27.45
165	พรรณานิคม	นาคิน	369014	1905792	7.0	0.609	0.759	37.83
167	พังโคน	แร่	365912	1919027	6.0	0.438	0.563	26.41
171	พังโคน	ต้นผึ้ง	372646	1924106	5.5	0.327	0.432	28.04
206	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355308	1915642	7.0	0.435	0.556	35.36
218	สว่างแดนดิน	แวง	353029	1925144	6.0	0.365	0.494	25.18
222	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352353	1922427	6.5	0.305	0.398	25.64
228	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350906	1921954	7.0	0.525	0.649	35.58
229	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	349659	1921639	5.5	0.365	0.470	27.43
234	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350751	1919173	6.5	0.255	0.327	30.93

ตารางผนวกที่ ก4 ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุ 7-10 ปี

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
3	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363949	1915783	7.5	0.419	0.543	37.02
7	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362281	1913497	8.0	0.537	0.711	37.13
11	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362598	1911711	8.0	0.512	0.653	41.1
12	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363990	1912078	8.5	0.520	0.660	35
15	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363770	1913142	8.0	0.637	0.804	34.00
19	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	358083	1911201	8.0	0.457	0.591	32.03
28	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	353859	1904060	8.0	0.650	0.797	42.95
38	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359552	1913574	8.0	0.406	0.527	32.96
41	วาริชภูมิ	หนองลาด	350098	1913133	10.0	0.597	0.737	45.18
61	วาริชภูมิ	คำบ่อ	344000	1903151	8.0	0.409	0.526	38.16
84	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	364796	1899673	8.0	0.532	0.677	46.53
97	กุดบาก	กุดไฮ	361951	1894833	7.5	0.572	0.739	47.58
104	นิคมน้ำอูน	หนองปลิง	362162	1899522	8.5	0.611	0.754	39.08
111	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	357789	1897314	8.0	0.523	0.663	44.81
121	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	355123	1893989	7.5	0.483	0.621	37.83
129	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	358946	1895039	7.5	0.492	0.629	34.25
131	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	360042	1895792	8.5	0.617	0.766	42.98
133	นิคมน้ำอูน	สุวรรณคาม	361864	1897799	7.5	0.576	0.742	33.13
136	กุดบาก	กุดไฮ	367973	1896037	8.0	0.618	0.774	37.28
137	กุดบาก	กุดไฮ	369710	1897005	8.0	0.491	0.634	46.66
139	กุดบาก	กุดไฮ	369065	1894720	7.5	0.470	0.609	38.62
146	กุดบาก	กุดไฮ	371269	1891220	8.0	0.608	0.752	40.79
147	กุดบาก	กุดไฮ	372523	1892507	8.0	0.522	0.682	34.25
150	กุดบาก	นาม่อง	378718	1893360	7.5	0.438	0.573	34.10

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
151	กุศบาก	กุศบาก	374268	1886817	8.5	0.625	0.772	45.22
156	กุศบาก	นาม่อง	378993	1888266	7.5	0.629	0.782	39.41
160	พรรณานิคม	นาใน	380177	1898989	7.5	0.578	0.728	40.62
164	พรรณานิคม	นาใน	373096	1903518	8.0	0.612	0.778	41.47
166	พรรณานิคม	นาใน	370189	1911088	7.5	0.562	0.709	46.28
174	พังโคน	ต้นผึ้ง	372063	1925683	8.0	0.562	0.709	32.96
179	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363032	1917338	8.0	0.530	0.664	32.33
181	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362572	1916923	9.5	0.605	0.750	40.06
182	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362570	1916838	7.5	0.603	0.755	42.99
183	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362630	1916700	7.5	0.596	0.750	35.09
184	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362823	1916569	8.5	0.632	0.784	42.92
187	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362755	1916120	8.5	0.628	0.774	43.78
188	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362808	1915785	8.0	0.647	0.802	43.43
189	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362844	1915831	8.0	0.612	0.769	35.35
194	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363029	1914371	9.5	0.669	0.833	37.58
197	วาริชภูมิ	ปลาไหล	361829	1915680	8.0	0.594	0.735	36.06
203	วาริชภูมิ	ปลาไหล	359623	1915735	7.5	0.500	0.636	32.26
205	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355340	1915390	10.0	0.500	0.626	41.75
207	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355458	1915642	7.5	0.508	0.649	32.17
208	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355524	1915182	7.5	0.428	0.563	34.67
209	วาริชภูมิ	ปลาไหล	355429	1915469	7.5	0.500	0.626	39.73
210	พังโคน	ม่วงไข่	356892	1920851	9.5	0.528	0.673	39.39
214	พังโคน	พังโคน	356698	1922408	7.5	0.562	0.709	36.50
215	พังโคน	พังโคน	357006	1922658	7.5	0.377	0.485	34.48

ตารางผนวกที่ ก4 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
217	พังโคน	ม่วงไข่	356015	1923953	8.5	0.483	0.616	32.73
223	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352283	1922658	8.5	0.503	0.625	34.92
224	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	352284	1922759	8.5	0.488	0.615	35.79
226	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350290	1922158	9.5	0.419	0.528	37.38
231	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	349844	1920357	8.0	0.433	0.549	41.75
233	สว่างแดนดิน	ตาลโกน	350380	1919178	7.5	0.426	0.538	32.31
236	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353670	1918989	8.0	0.440	0.560	36.55
239	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353892	1920078	8.0	0.568	0.702	45.98
240	สว่างแดนดิน	ตาลเนิน	353892	1920030	8.0	0.560	0.690	46.70

ตารางผนวกที่ ก5 ข้อมูลแปลงยางพาราที่ผ่านการกรองข้อมูลในช่วงอายุมากกว่า 10 ปี

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
5	วาริชภูมิ	ปลาไหล	363286	1916419	30.0	0.609	0.759	62.88
10	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362820	1912058	30.0	0.630	0.790	67.44
25	วาริชภูมิ	วาริชภูมิ	354926	1902525	30.0	0.639	0.796	71.42
42	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	347280	1910031	30.0	0.513	0.667	72.47
50	วาริชภูมิ	คำบ่อ	346559	1905323	17.5	0.606	0.765	60.91
58	วาริชภูมิ	ค้อเขียว	344123	1912889	14.0	0.611	0.754	57.07
90	นิคมน้ำอุน	หนองปลิง	365953	1899830	13.5	0.669	0.833	55.54
95	นิคมน้ำอุน	สุวรรณคาม	363800	1896923	25.0	0.593	0.748	55.52
100	นิคมน้ำอุน	สุวรรณคาม	361728	1897050	12.5	0.618	0.774	46.77
122	นิคมน้ำอุน	นิคมน้ำอุน	354570	1893249	13.0	0.650	0.822	52.45
128	นิคมน้ำอุน	นิคมน้ำอุน	358659	1896278	12.0	0.622	0.784	43.31

ตารางผนวกที่ ก5 (ต่อ)

แปลง ที่	อำเภอ	ตำบล	E (m)	N (m)	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ขนาดรอบ ลำต้น (ซม.)
130	นิคมน้ำอูน	นิคมน้ำอูน	359236	1896102	15.0	0.625	0.786	51.87
138	กุดบาก	กุดไฮ	369508	1896078	10.5	0.596	0.750	46.06
168	พังโคน	แร่	367188	1918688	20.0	0.600	0.752	62.83
176	วาริชภูมิ	ปลาไหล	364364	1916873	14.5	0.550	0.692	53.93
177	พังโคน	แร่	367365	1917762	14.5	0.596	0.750	60.88
185	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362972	1916504	13.0	0.622	0.784	47.31
195	วาริชภูมิ	ปลาไหล	362960	1914414	18.0	0.659	0.818	55.78
202	วาริชภูมิ	ปลาไหล	361026	1914925	15.0	0.562	0.709	40.68

ตารางผนวกที่ ก6 การจำแนกอายุของพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 3-5 ปี และ 5-7 ปี

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 3-5 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.363	0.471	0.409	0.527	0.459	0.588
2	5.5	0.400	0.529	ถูก	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	ผิด
4	6.0	0.350	0.452	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
6	7.0	0.557	0.727	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
14	6.0	0.462	0.595	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
18	5.0	0.495	0.632	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
20	3.0	0.302	0.404	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
22	7.0	0.487	0.630	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
24	4.0	0.378	0.477	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
29	4.5	0.392	0.491	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
32	6.0	0.520	0.660	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 3-5 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.363	0.471	0.409	0.527	0.459	0.588
43	5.5	0.388	0.500	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
45	5.0	0.376	0.500	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
46	6.0	0.476	0.600	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
48	6.0	0.417	0.529	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
49	6.0	0.557	0.698	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
53	3.5	0.360	0.464	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
55	7.0	0.600	0.745	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
64	3.0	0.305	0.429	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
65	4.0	0.340	0.467	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
71	3.0	0.212	0.275	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
76	3.5	0.377	0.506	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
81	4.0	0.333	0.438	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
82	5.0	0.351	0.465	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
85	4.5	0.500	0.648	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
88	6.0	0.500	0.636	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
91	7.0	0.603	0.762	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
93	5.0	0.470	0.609	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
94	6.0	0.504	0.635	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
96	6.0	0.453	0.573	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
99	6.0	0.470	0.609	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
101	7.0	0.573	0.732	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
102	7.0	0.416	0.545	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 3-5 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.363	0.471	0.409	0.527	0.459	0.588
109	6.0	0.659	0.818	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
116	5.5	0.428	0.553	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
140	6.5	0.411	0.532	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
141	3.5	0.378	0.489	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
144	7.0	0.431	0.571	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
145	4.5	0.390	0.525	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
148	5.0	0.321	0.422	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
152	6.0	0.428	0.563	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
154	6.5	0.403	0.528	ถูก	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	ผิด
157	5.0	0.475	0.608	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
161	5.5	0.491	0.629	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
162	5.0	0.479	0.612	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
165	7.0	0.609	0.759	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
167	6.0	0.438	0.563	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
169	3.0	0.327	0.429	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
171	5.5	0.327	0.432	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
172	5.5	0.321	0.422	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
173	4.0	0.301	0.407	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
190	5.0	0.368	0.463	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
191	4.5	0.392	0.491	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
192	5.0	0.606	0.765	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
193	5.0	0.472	0.600	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด

ตารางผนวกที่ ก6 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 3-5 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.363	0.471	0.409	0.527	0.459	0.588
200	4.0	0.385	0.478	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
206	7.0	0.435	0.556	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิ	ผิ
218	6.0	0.365	0.494	ถูก	ถูก	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
222	6.5	0.305	0.398	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
227	7.0	0.539	0.667	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
228	7.0	0.525	0.649	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
229	5.5	0.365	0.470	ถูก	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
230	4.0	0.328	0.415	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
232	5.0	0.300	0.388	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
234	6.5	0.255	0.327	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
235	5.0	0.250	0.320	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
237	3.0	0.275	0.353	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
238	4.0	0.370	0.475	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ ก7 การจำแนกอายุขางพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 5-7 ปี และ 7-10 ปี

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.459	0.588	0.477	0.608	0.537	0.678
2	5.5	0.400	0.529	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
3	7.5	0.419	0.543	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
4	6.0	0.350	0.452	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
6	7.0	0.557	0.727	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
7	8.0	0.537	0.711	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ถูก
11	8.0	0.512	0.653	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
12	8.5	0.520	0.660	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
14	6.0	0.462	0.595	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
15	8.0	0.637	0.804	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
19	8.0	0.457	0.591	ผิด	ถูก	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
22	7.0	0.487	0.630	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก
28	8.0	0.650	0.797	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
32	6.0	0.520	0.660	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก
38	8.0	0.406	0.527	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
41	10.0	0.597	0.737	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
43	5.5	0.388	0.500	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
46	6.0	0.476	0.600	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
48	6.0	0.417	0.529	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
49	6.0	0.557	0.698	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
55	7.0	0.600	0.745	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
61	8.0	0.409	0.526	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
69	8.0	0.523	0.663	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.459	0.588	0.477	0.608	0.537	0.678
84	8.0	0.532	0.677	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
88	6.0	0.500	0.636	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก
91	7.0	0.603	0.762	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
94	6.0	0.504	0.635	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก
96	6.0	0.453	0.573	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
97	7.5	0.572	0.739	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
99	6.0	0.470	0.609	ผิด	ผิด	ถูก	ผิด	ถูก	ถูก
101	7.0	0.573	0.732	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
102	7.0	0.416	0.545	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
104	8.5	0.611	0.754	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
109	6.0	0.659	0.818	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
111	8.0	0.523	0.663	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
116	5.5	0.428	0.553	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
121	7.5	0.483	0.621	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
129	7.5	0.492	0.629	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
131	8.5	0.617	0.766	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
133	7.5	0.576	0.742	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
136	8.0	0.618	0.774	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
137	8.0	0.491	0.634	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
139	7.5	0.470	0.609	ถูก	ถูก	ผิด	ถูก	ผิด	ผิด
140	6.5	0.411	0.532	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
144	7.0	0.431	0.571	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.459	0.588	0.477	0.608	0.537	0.678
146	8.0	0.608	0.752	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
147	8.0	0.522	0.682	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ถูก
149	8.0	0.545	0.682	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
150	7.5	0.438	0.573	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
151	8.5	0.625	0.772	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
152	6.0	0.428	0.563	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
153	9.5	0.617	0.759	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
154	6.5	0.403	0.528	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
156	7.5	0.629	0.782	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
160	7.5	0.578	0.728	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
161	5.5	0.491	0.629	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก
164	8.0	0.612	0.778	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
165	7.0	0.609	0.759	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
166	7.5	0.562	0.709	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
167	6.0	0.438	0.563	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
171	5.5	0.327	0.432	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
172	5.5	0.321	0.422	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
174	8.0	0.562	0.709	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
179	8.0	0.530	0.664	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
181	9.5	0.605	0.750	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
182	7.5	0.603	0.755	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
183	7.5	0.596	0.750	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.459	0.588	0.477	0.608	0.537	0.678
184	8.5	0.632	0.784	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
187	8.5	0.628	0.774	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
188	8.0	0.647	0.802	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
189	8.0	0.612	0.769	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
194	9.5	0.669	0.833	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
197	8.0	0.594	0.735	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
203	7.5	0.500	0.636	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
204	7.5	0.400	0.516	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
205	10.0	0.500	0.626	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
206	7.0	0.435	0.556	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
207	7.5	0.508	0.649	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
208	7.5	0.428	0.563	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
209	7.5	0.500	0.626	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
210	9.5	0.528	0.673	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
214	7.5	0.562	0.709	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
215	7.5	0.377	0.485	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
217	8.5	0.483	0.616	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
218	6.0	0.365	0.494	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
221	9.0	0.378	0.489	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
222	6.5	0.305	0.398	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
223	8.5	0.503	0.625	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
224	8.5	0.488	0.615	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

แปลงที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.459	0.588	0.477	0.608	0.537	0.678
226	9.5	0.419	0.528	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
227	7.0	0.539	0.667	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถู ก
228	7.0	0.525	0.649	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถู ก	ถู ก
229	5.5	0.365	0.470	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก
231	8.0	0.433	0.549	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
233	7.5	0.426	0.538	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
234	6.5	0.255	0.327	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก
236	8.0	0.440	0.560	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
239	8.0	0.568	0.702	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก
240	8.0	0.560	0.690	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก	ถู ก

ตารางผนวกที่ ๓๘ การจำแนกอายุขางพาราโดยค่าเฉลี่ย NDVI ช่วงอายุ 7-10 ปี และมากกว่า 10 ปี

แปลง ที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วงมากกว่า 10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.537	0.678	0.592	0.746	0.609	0.765
3	7.5	0.419	0.543	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
5	30.0	0.609	0.759	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
7	8.0	0.537	0.711	ถูก	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
10	30.0	0.630	0.790	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
11	8.0	0.512	0.653	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
12	8.5	0.520	0.660	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
15	8.0	0.637	0.804	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
19	8.0	0.457	0.591	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
25	30.0	0.639	0.796	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
28	8.0	0.650	0.797	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
38	8.0	0.406	0.527	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
41	10.0	0.597	0.737	ผิด	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก
42	30.0	0.513	0.667	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด	ผิด
50	17.5	0.606	0.765	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
58	14.0	0.611	0.754	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด
61	8.0	0.409	0.526	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
69	8.0	0.523	0.663	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
84	8.0	0.532	0.677	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
90	13.5	0.669	0.833	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
95	25.0	0.593	0.748	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิด	ผิด
97	7.5	0.572	0.739	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
100	12.5	0.618	0.774	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

แปลง ที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วงมากกว่า 10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.537	0.678	0.592	0.746	0.609	0.765
104	8.5	0.611	0.754	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ถูก
111	8.0	0.523	0.663	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
121	7.5	0.483	0.621	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
122	13.0	0.650	0.822	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
128	12.0	0.622	0.784	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
129	7.5	0.492	0.629	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
130	15.0	0.625	0.786	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
131	8.5	0.617	0.766	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
133	7.5	0.576	0.742	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
136	8.0	0.618	0.774	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
137	8.0	0.491	0.634	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
138	10.5	0.596	0.750	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิ	ผิ
139	7.5	0.470	0.609	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
146	8.0	0.608	0.752	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก
147	8.0	0.522	0.682	ถูก	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
149	8.0	0.545	0.682	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
150	7.5	0.438	0.573	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
151	8.5	0.625	0.772	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
153	9.5	0.617	0.759	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ถูก
156	7.5	0.629	0.782	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ
160	7.5	0.578	0.728	ผิ	ผิ	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
164	8.0	0.612	0.778	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ	ผิ

ตารางผนวกที่ ๘ (ต่อ)

แปลง ที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วงมากกว่า 10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.537	0.678	0.592	0.746	0.609	0.765
166	7.5	0.562	0.709	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
168	20.0	0.600	0.752	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิ ด	ผิ ด
174	8.0	0.562	0.709	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
176	14.5	0.550	0.692	ถูก	ถูก	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
177	14.5	0.596	0.750	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ผิ ด	ผิ ด
179	8.0	0.530	0.664	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
181	9.5	0.605	0.750	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก
182	7.5	0.603	0.755	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก
183	7.5	0.596	0.750	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก
184	8.5	0.632	0.784	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
185	13.0	0.622	0.784	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
187	8.5	0.628	0.774	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
188	8.0	0.647	0.802	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
189	8.0	0.612	0.769	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
194	9.5	0.669	0.833	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
195	18.0	0.659	0.818	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
197	8.0	0.594	0.735	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ถูก	ถูก	ถูก
202	15.0	0.562	0.709	ถูก	ถูก	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด	ผิ ด
203	7.5	0.500	0.636	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
204	7.5	0.400	0.516	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
205	10.0	0.500	0.626	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
207	7.5	0.508	0.649	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ ๘ (ต่อ)

แปลง ที่	อายุ (ปี)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	ค่าเฉลี่ยช่วง 7-10 ปี		ค่าเฉลี่ยช่วงน้ำหนัก		ค่าเฉลี่ยช่วงมากกว่า 10 ปี	
				NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
				0.537	0.678	0.592	0.746	0.609	0.765
208	7.5	0.428	0.563	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
209	7.5	0.500	0.626	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
210	9.5	0.528	0.673	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
214	7.5	0.562	0.709	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
215	7.5	0.377	0.485	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
217	8.5	0.483	0.616	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
221	9.0	0.378	0.489	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
223	8.5	0.503	0.625	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
224	8.5	0.488	0.615	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
226	9.5	0.419	0.528	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
231	8.0	0.433	0.549	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
233	7.5	0.426	0.538	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
236	8.0	0.440	0.560	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
239	8.0	0.568	0.702	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก
240	8.0	0.560	0.690	ผิด	ผิด	ถูก	ถูก	ถูก	ถูก

ตารางผนวกที่ 9 ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุขางพาราช่วง 3-5 ปี 5-7 ปี และค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

ผลการ จำแนก	อายุ 3-5 ปี		อายุ 5-7 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	
	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
ผิด	32.84	32.84	38.81	38.81	25.37	22.39
ถูก	67.16	67.16	61.19	61.19	74.63	77.61
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางผนวกที่ 10 ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุขางพาราช่วง 5-7 ปี 7-10 ปี และค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

ผลการ จำแนก	อายุ 5-7 ปี		อายุ 7-10 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	
	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
ผิด	30.61	29.59	41.84	38.78	28.57	28.57
ถูก	69.39	70.41	58.16	61.22	71.43	71.43
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางผนวกที่ 11 ร้อยละความถูกต้องในการจำแนกอายุขางพาราช่วง 7-10 ปี มากกว่า 10 ปี และค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

ผลการ จำแนก	อายุ 7-10 ปี		มากกว่า 10 ปี		ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก	
	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)	NDVI	NDVI (ปรับแก้)
ผิด	37.04	39.51	28.40	27.16	28.40	25.93
ถูก	62.96	60.49	71.60	72.84	71.60	74.07
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ตารางผนวกที่ ก12 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI โดยจำแนกเป็น 4 ช่วงอายุ โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Source	df	Sum of Square	Mean Square	F
อายุ 4 ช่วง	3	0.86	0.29	47.43
Error	133	0.80	0.006	
Total	136	1.66		

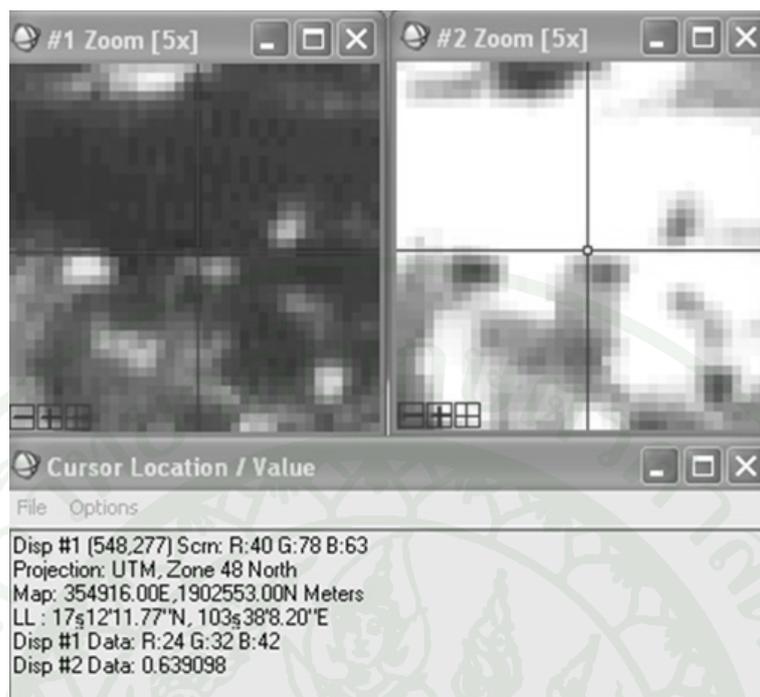
ตารางผนวกที่ ก13 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนี NDVI (ปรับแก้) โดยจำแนกเป็น 4 ช่วงอายุ โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Source	df	Sum of Square	Mean Square	F
อายุ 4 ช่วง	3	1.22	0.41	47.57
Error	133	1.14	0.009	
Total	136	2.36		

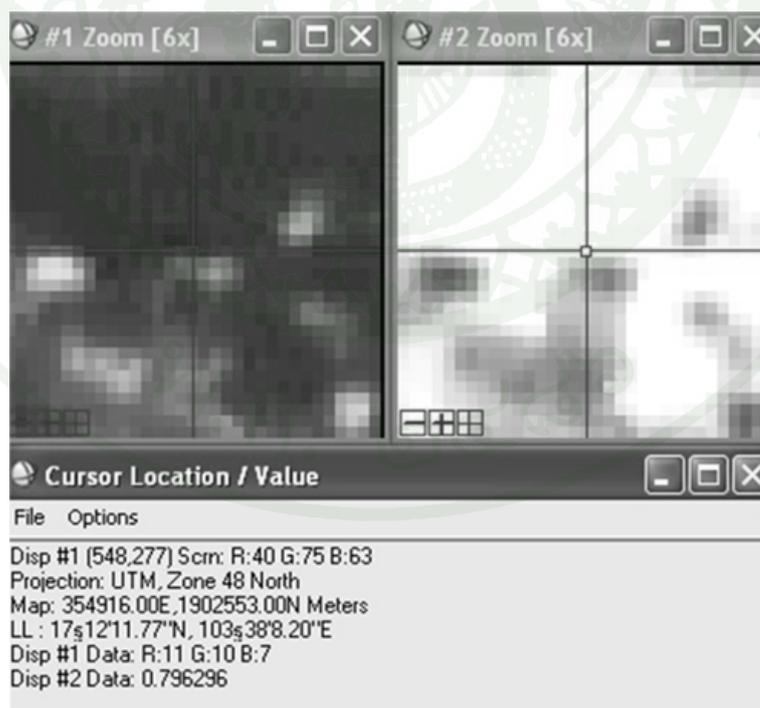


ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลการวิเคราะห์ดัชนี NDVI และดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้น
บรรยากาศ โดยวิธี Dark Object Subtraction ของแปลงยางพารา



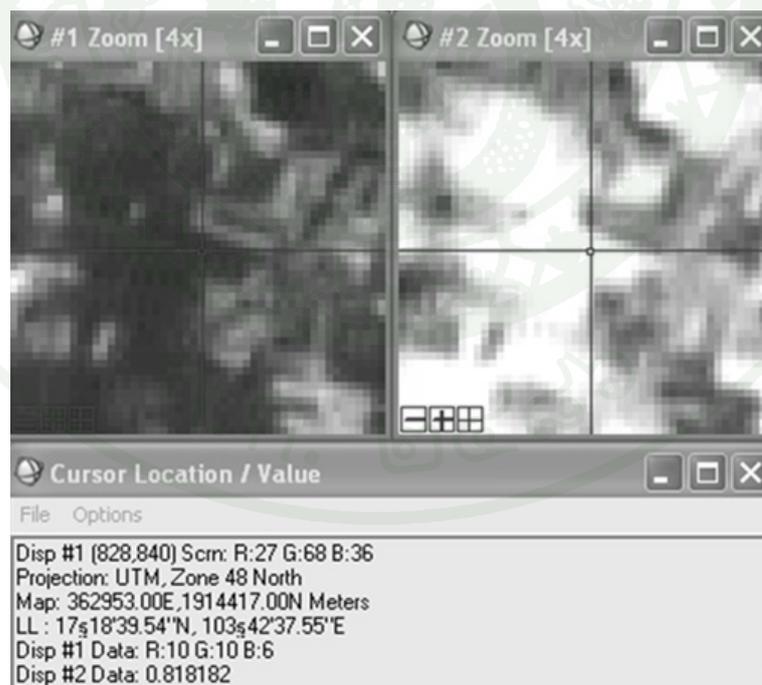
ภาพผนวกที่ ข1 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 30 ปี ตำบลวาริชภูมิ



ภาพผนวกที่ ข2 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 30 ปี ตำบลวาริชภูมิ



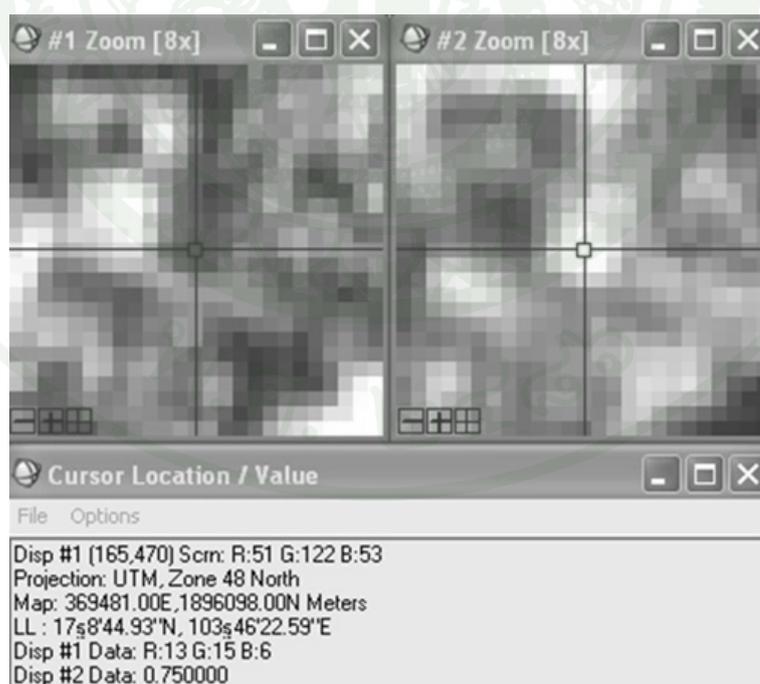
ภาพผนวกที่ ข3 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 18 ปี ตำบลปลาไหล



ภาพผนวกที่ ข4 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ แปลงยางพาราอายุ 18 ปี ตำบลปลาไหล



ภาพผนวกที่ ข5 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 10 ปีครึ่ง ตำบลกุดไห



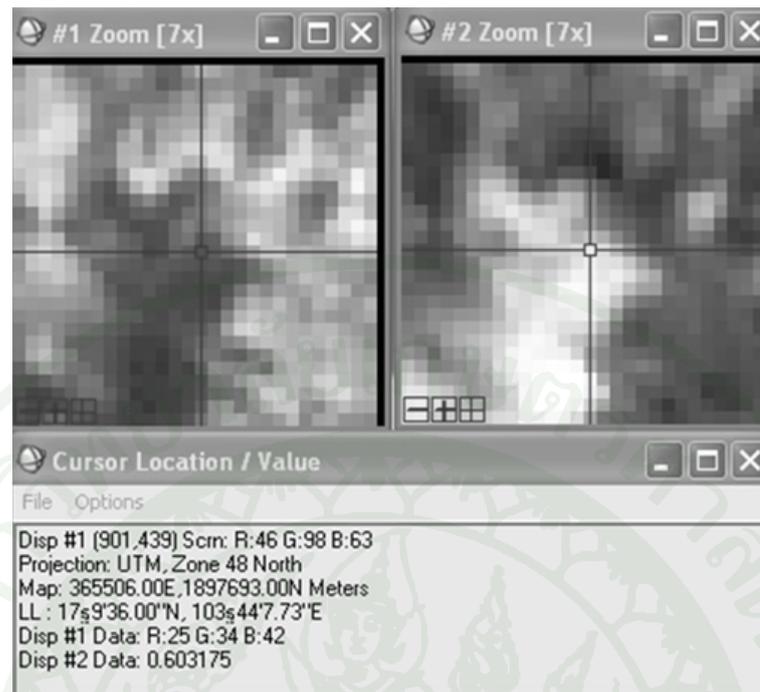
ภาพผนวกที่ ข6 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ แปลงยางพาราอายุ 10 ปีครึ่ง ตำบลกุดไห



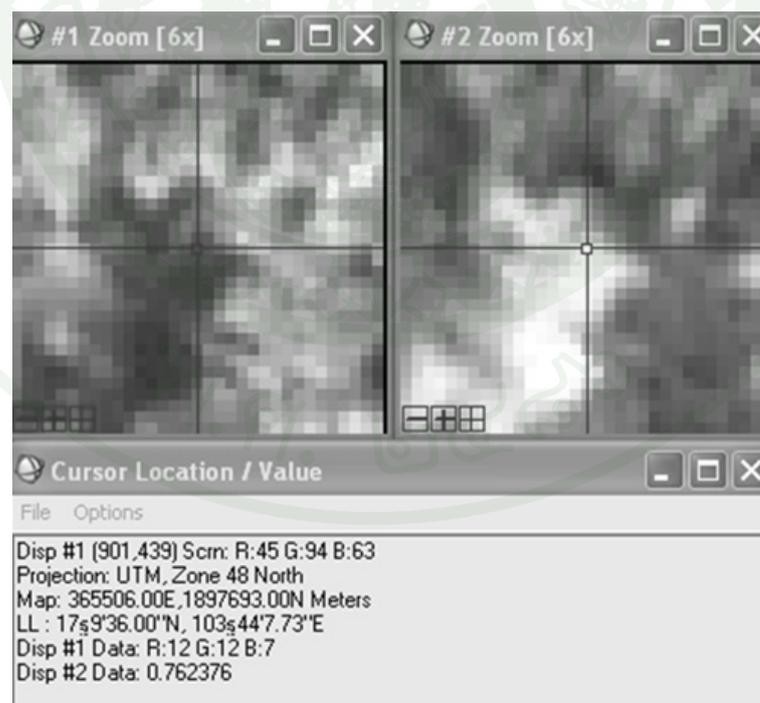
ภาพผนวกที่ ข7 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 8 ปีครึ่ง ตำบลปลาไหล



ภาพผนวกที่ ข8 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศ แปลงยางพาราอายุ 8 ปีครึ่ง ตำบลปลาไหล



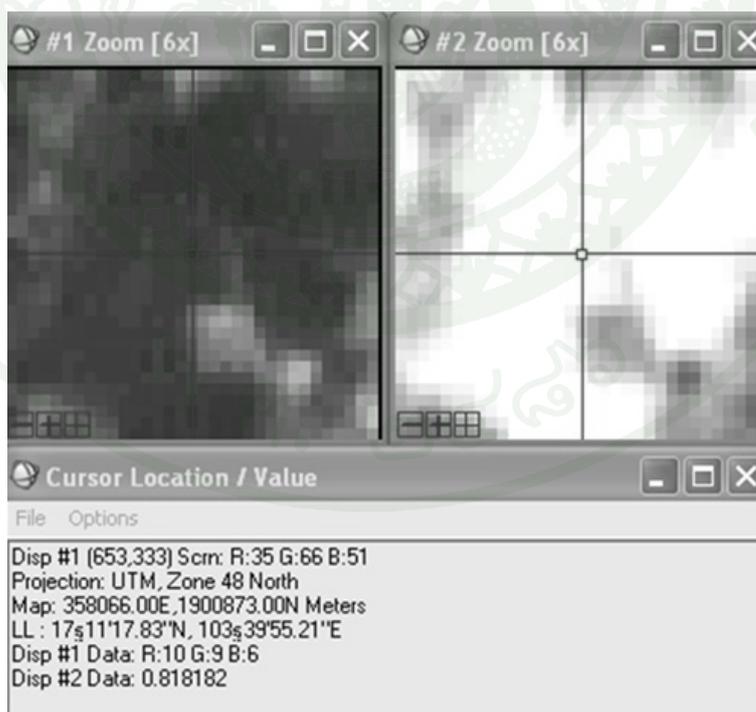
ภาพผนวกที่ ข๑ ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 7 ปี ตำบลสุวรรณคาม



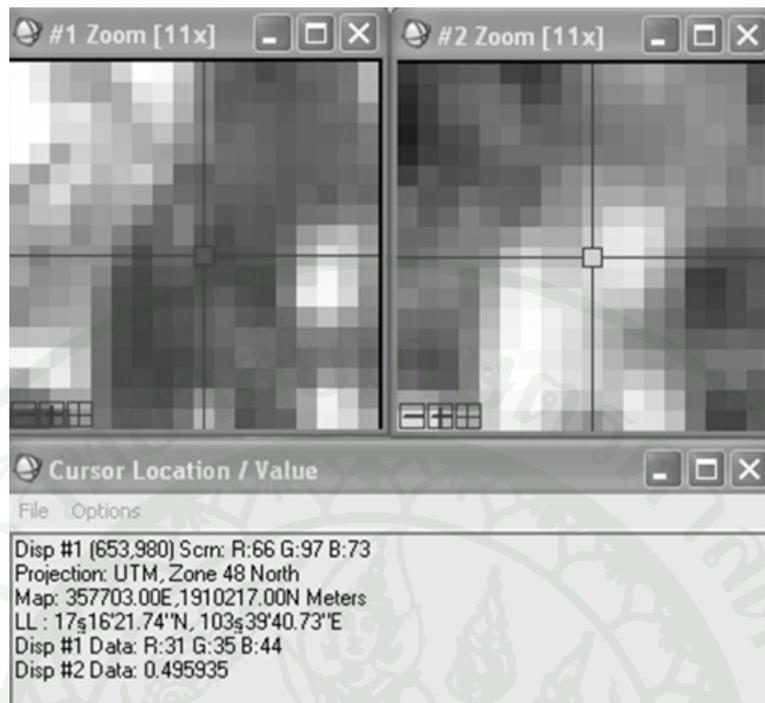
ภาพผนวกที่ ข10 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 7 ปี ตำบลสุวรรณคาม



ภาพผนวกที่ ข11 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 6 ปี ตำบลวาริชภูมิ



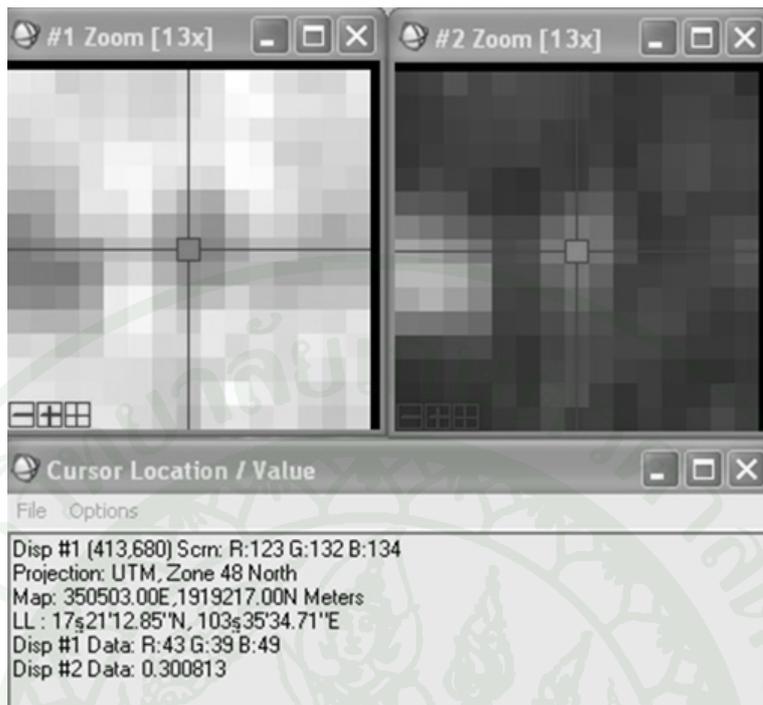
ภาพผนวกที่ ข12 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 6 ปี ตำบลวาริชภูมิ



ภาพผนวกที่ ข13 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลวาริชภูมิ



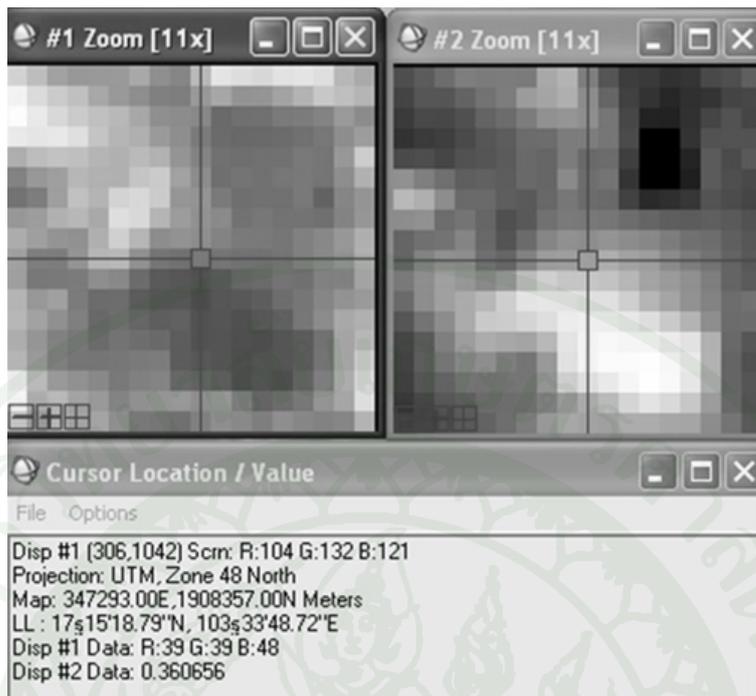
ภาพผนวกที่ ข14 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลวาริชภูมิ



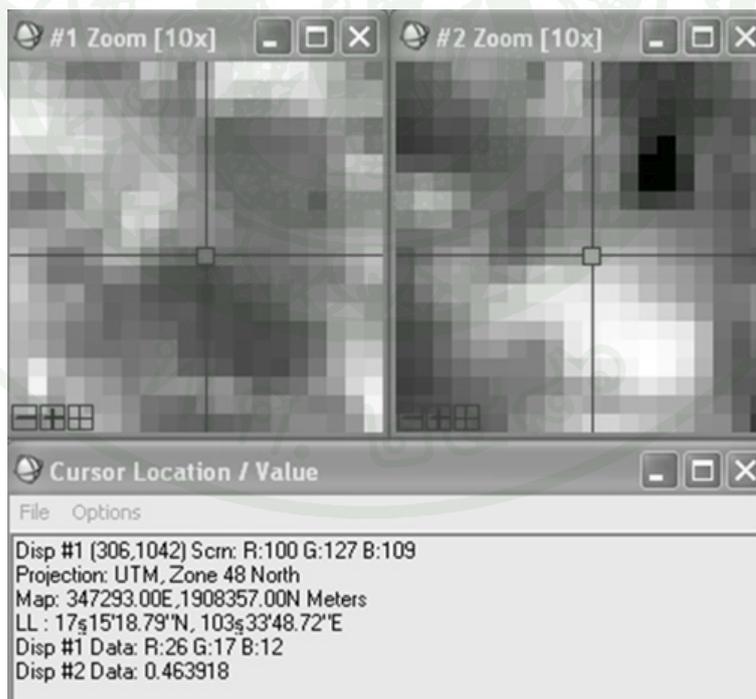
ภาพผนวกที่ ข15 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 5 ปี ตำบลตาลโกน



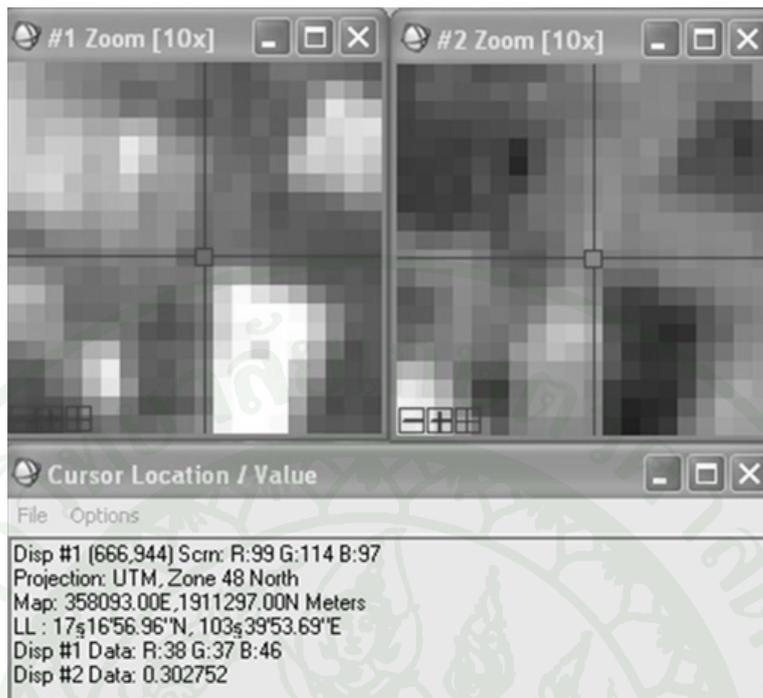
ภาพผนวกที่ ข16 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 5 ตำบลตาลโกน



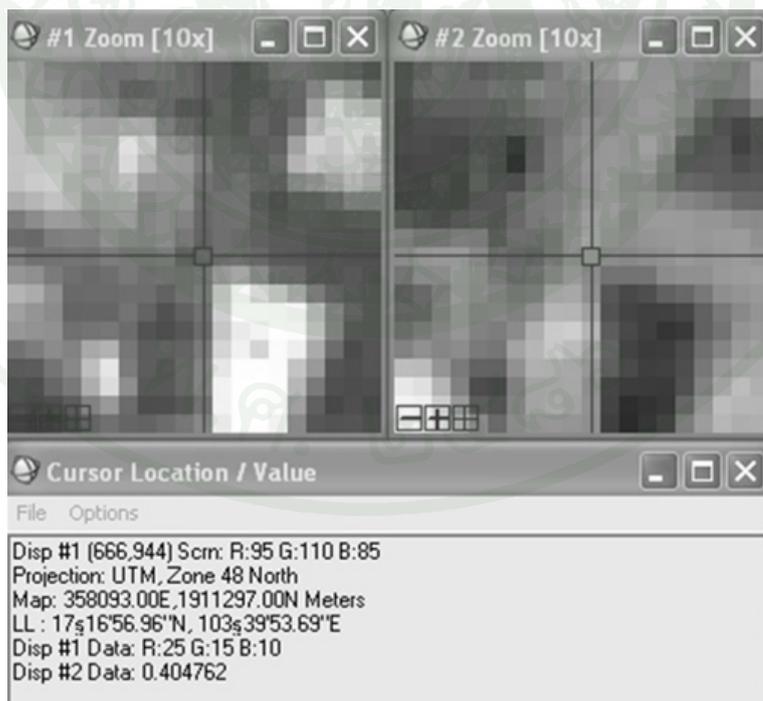
ภาพผนวกที่ ข17 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 3 ปีครึ่ง ตำบลคือเขียว



ภาพผนวกที่ ข18 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 3 ปีครึ่ง ตำบลคือเขียว



ภาพผนวกที่ ข19 ค่าดัชนี NDVI ของแปลงยางพาราอายุ 3 ปี ตำบลวาริชภูมิ



ภาพผนวกที่ ข20 ค่าดัชนี NDVI ที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแปลงยางพาราอายุ 3 ปี ตำบลวาริชภูมิ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายประเสริฐษา ญาคำ
เกิดวันที่	27 กรกฎาคม 2524
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (โยธา) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกร โยธา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร