

การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบเรดาร์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของข้อมูลดาวเทียม
แลนด์แซทในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้น



นางสาวอัจฉรา ผ่องปิยะสกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

USING SAR DATA TO IMPROVE THE POTENTIAL OF LANDSAT FOR ORCHARDS AND
PERENNIAL PLANT CLASSIFICATION



Miss Achara Pongpiyasakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบเรดาร์เพื่อเพิ่มขีด
ความสามารถของข้อมูลดาวเทียมแลนด์ซาทในการจำแนก
ไม้ผลและไม่ยืนต้น

โดย

นางสาวอัจฉรา ผ่องปิยะสกุล

สาขาวิชา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม

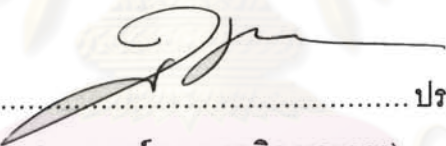
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. อธิธิ ตรีสิริสัตยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อธิธิ ตรีสิริสัตยวงศ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิชัย เยี่ยงวีรชน)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิทย์ อ่องสมหวัง)

อัจฉรา ผ่องปิยะสกุล : การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบเรดาร์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซทในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น. (Using SAR Data to Improve the Potential of LANDSAT for Orchards and Perennial Plant Classification) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร.อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์, 95 หน้า

งานวิจัยนี้นำข้อมูลภาพจากดาวเทียมเรดาร์เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของภาพจากดาวเทียมในช่วงคลื่น VNIR ในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้นให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ ทุเรียน ลำไย ลองกอง มังคุด ยางพาราและเงาะ ในบริเวณจังหวัดจันทบุรี ระหว่างการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM เพียงอย่างเดียว กับภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 WIDE โดยทั้งสองแนวทางใช้การจำแนกแบบ Maximum Likelihood Classification

ผลการศึกษา พบว่า ความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ของการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 50.2% และค่า Kappa Coefficient เท่ากับ 0.36 และเมื่อนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มีค่าเท่ากับ 45.7% และค่า Kappa Coefficient เท่ากับ 0.27 ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่า การนำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 มีความถูกต้องในการจำแนกน้อยกว่าการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว เนื่องจากค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท มีค่าอยู่ในช่วงของ DN Value ที่ซ้อนทับกัน ค่าการกระจายกลับของไม้ผลแต่ละประเภทใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ก็สามารถช่วยให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกทุเรียน ยางพาราและเงาะสูงขึ้นกว่าการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว โดยพบว่า มีค่าความถูกต้องของการจำแนกร้อยละ 14.66, 74.02 และ 74.90 ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับ การจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 12.05, 73.49 และ 71.54 ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจลายมือชื่อ นิสิต อัจฉรา ผ่องปิยะสกุล
 สาขาวิชา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรมลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
 ปีการศึกษา 2553

##5070518721 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEYWORDS : SATELLITE IMAGERY / ORCHARDS AND PERENNIAL PLANT

CLASSIFICATION

ACHARA PONGPIYASAKUL : USING SAR DATA TO IMPROVE THE POTENTIAL OF LANDSAT FOR ORCHARDS AND PERENNIAL PLANT CLASSIFICATION.

ADVISOR : ASSOC.PROF. ITTHI TRISIRISATAYAWONG, Ph.D., 95 pp.

This research used radar images in order to improve an efficiency and accuracy of VNIR images in orchards and perennial plant classification accuracy. The study compares the 6 types of orchards and perennial plant classification output which covers from part of Chanthaburi province between LANDSAT-5 TM imagery and combined LANDSAT-5 TM and RADARSAT-1 WIDE imagery. Both data are classified by Maximum Likelihood method.

The results of the study show that the overall accuracy of classification of orchards and perennial plant from LANDSAT-5 TM imagery is 50.2% and Kappa Coefficient is 0.36 while the output of using LANDSAT-5 TM imagery along with RADARSAT-1 satellite imagery is 45.7% and Kappa Coefficient is 0.27. Accuracy of combined image is lower than that of LANDSAT-5 image because backscatter radar signal of all types of orchards and perennial plant are overlapped. However, having RADARSAT-1 satellite imagery increases the accuracy of Durian, Pararubber and Rambutan classification. The result shows that accuracy of combined image are 14.66, 74.02 and 74.90% respectively which compares with accuracy of LANDSAT-5 image are 12.05, 73.49 and 71.54% respectively.

Department Survey Engineering Student's Signature Achara

Field of Study Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature [Signature]

Academic Year 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ หลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตรีสิริสวัสดิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งคอยแนะนำให้คำปรึกษา ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่สละเวลาและให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ จากภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และสำหรับความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งสำหรับกำลังใจที่มีให้กันเสมอมา

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนเป็นอย่างดี ทั้งทุนการศึกษาและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สามารถทำงานได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา.....	3
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	4
1.3.3 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 คุณสมบัติของข้อมูลภาพดาวเทียม.....	8
2.1.1 ดาวเทียม LANDSAT-5.....	8
2.1.2 ดาวเทียม RADARSAT-1.....	8
2.2 ระบบเรดาร์.....	10
2.2.1 ระบบการบันทึกข้อมูล.....	10
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบเรดาร์.....	11
2.2.3 ลักษณะการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากวัตถุ.....	13
2.2.4 คุณสมบัติการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากพืช.....	15

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.3.1 แนวความคิดในการใช้ภาพ Multi-spectral และการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์.....	15
2.3.2 การลดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพเรดาร์.....	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
3.1 การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น.....	21
3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	21
3.1.2 การทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน.....	23
3.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต.....	25
3.1.4 การลดสัญญาณรบกวนหรือจุดกระในภาพเรดาร์.....	29
3.1.5 การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	33
3.1.6 การทำ Band Combination.....	34
3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม.....	38
3.2.1 จำนวนจุดภาพตัวอย่าง.....	38
3.2.2 การเก็บข้อมูลตัวอย่างในภาคสนาม.....	39
3.3 การวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	41
3.3.1 การสร้าง Mask.....	41
3.3.2 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง.....	42
3.3.3 การวิเคราะห์ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง.....	44
3.3.4 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	46
3.4 การตรวจสอบผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	47
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
4.1 การสร้าง Spectral Signature.....	50
4.1.1 ผลการวิเคราะห์จากค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม่ผล และไม่ยี่นต้น 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5.....	50
4.1.2 ผลการวิเคราะห์จากค่าสถิติของค่าการกระจายกักเก็บของข้อมูล แต่ละประเภทจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1.....	59

4.2 ผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและการใช้ ภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....	62
4.2.1 ผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในข้อมูลภาพ ดาวเทียม LANDSAT -5 เพียงอย่างเดียว.....	62
4.2.2 ผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในภาพผสม ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....	66
4.3 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่าง เดียวกับภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1...	69
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	82
5.1 สรุปแนวทางการศึกษา.....	82
5.2 สรุปผลการศึกษา.....	82
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	85
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	91
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	95

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	แสดงสถิติการปลูกพืชของจังหวัดจันทบุรี.....3
1.2	การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร.....5
2.1	คุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 และดาวเทียม RADARSAT-1.....9
3.1	ค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน.....24
3.2	ค่าสถิติของตัวกรองแบบ Lee ที่แต่ละขนาดตัวกรองและจำนวนครั้งการกรองซ้ำ.....30
3.3	แสดงจำนวนพื้นที่ตัวอย่างและตรวจสอบของไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละประเภท.....40
3.4	แสดงการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ ภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....43
3.5	แสดงค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม้ยืนต้น 6 ประเภท ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5.....45
3.6	แสดงค่าสถิติของค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ของไม้ผล และไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1.....46
4.1	แสดงค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในแต่ละช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5.....51
4.2	แสดงค่า Covariance ของทุเรียน.....52
4.3	แสดงค่า Covariance ของลำไย.....53
4.4	แสดงค่า Covariance ของลองกอง.....54
4.5	แสดงค่า Covariance ของมังคุด.....56
4.6	แสดงค่า Covariance ของยางพารา.....57
4.7	แสดงค่า Covariance ของเงาะ.....58
4.8	ตาราง Error Matrix ของผลการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT -5 เพียงอย่างเดียว.....62
4.9	แสดงความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกและความถูกต้องในการจำแนกไม้ผล และไม้ยืนต้นในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5.....63

ตารางที่	หน้า
4.10 ผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว แยกตามประเภท คิดเป็นพื้นที่.....	65
4.11 ตาราง Error Matrix ของผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....	66
4.12 แสดงความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกและความถูกต้องในการจำแนกไม้ผล และไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....	67
4.13 ผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 แยกตามประเภท คิดเป็นพื้นที่.....	69
4.14 สรุปผลการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพดาวเทียม.....	70
4.15 สรุปลักษณะทรงพุ่มและการปลูกของไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท.....	81

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1	แสดงพื้นที่ศึกษา.....4
2.1	ลักษณะของการบันทึกภาพแบบต่างๆ ของดาวเทียม RADARSAT.....9
2.2	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นไมโครเวฟ.....11
2.3	ความยาวคลื่นกับการทะลุทะลวงของคลื่นไมโครเวฟ.....13
2.4	ลักษณะการกระจายตัวของพื้นผิว.....14
2.5	ลักษณะการกระจายเชิงปริมาตร.....14
3.1	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM (path: 128, row: 51).....22
3.2	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ระบบ WIDE (path: 158, row: 786).....22
3.3	แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1.....24
3.4	วิธีการ Rectification โดยการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม จีพีเอส.....25
3.5	ก. ภาพดาวเทียม RADARSAT-1 ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต ข. ภาพดาวเทียม RADARSAT-1 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต....26
3.6	วิธีการ Co-register ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เข้ากับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1.....27
3.7	ก. ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต ข. ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต.....28
3.8	แสดงค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลแต่ละประเภทก่อนและหลังผ่านการกรอง แบบ Lee ที่ขนาดหน้าต่างและจำนวนครั้งการกรองที่ต่างกัน.....31
3.9	ภาพต้นฉบับก่อนการใช้ตัวกรองและภาพผลลัพธ์จากการใช้ตัวกรองแบบ Lee ที่ขนาดหน้าต่างตัวอย่าง 3x3, 5x5, 7x7 และ 11x11.....33
3.10	การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ศึกษา.....34
3.11	กราฟค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างในแต่ละแบนด์.....35
3.12	scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างยางพาราและเงาะในแบนด์ 4 และ 5.....36

รูปที่	หน้า
3.13	scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างยางพาราและเงาะในแบนด์ 4 และ 5.....36
3.14	scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างผลไม้และไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในแบนด์ 4 และ 5....37
3.15	การทำ Band combination ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....38
3.16	แสดงตำแหน่งสำรวจข้อมูลภาคสนามของไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท.....41
3.17	การสร้าง Mask พื้นที่ไม้ผลและไม่ยืนต้นของพื้นที่ศึกษา.....42
3.18	สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....49
4.1	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนในช่วงคลื่น 3,4,5.....52
4.2	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างลำไยในช่วงคลื่น 3,4,5.....53
4.3	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างลองกองในช่วงคลื่น 3,4,5.....54
4.4	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างมังคุดในช่วงคลื่น 3,4,5.....55
4.5	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างยางพาราในช่วงคลื่น 3,4,5.....57
4.6	Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างเงาะในช่วงคลื่น 3,4,5.....58
4.7	กราฟแสดงค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ในไม้ผลและไม่ยืนต้น ทั้ง 6 ประเภทจากข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1.....61
4.8	ผลการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว.....65
4.9	ผลการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1.....68
4.10	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกของทุเรียน.....71
4.11	พื้นที่ตัวอย่างสวนลำไยในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 และในพื้นที่จริง.....72
4.12	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกลำไย.....73
4.13	แสดงตัวอย่างสวนเงาะที่มีการปลูกลองกองแทรก.....74

รูปที่	หน้า
4.14	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกดอกกอง.....75
4.15	พื้นที่ตัวอย่างสวนมังคุดในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 และในพื้นที่จริง.....76
4.16	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกมังคุด.....77
4.17	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกยางพารา.....79
4.18	ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกเงาะ.....80



ศูนย์วิทยพัทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีการทำเกษตรกรรมเป็นส่วนมาก มีพื้นที่จำนวน 2,054,326 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.86 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยเฉพาะการปลูกไม้ผลและไม่ยืนต้น ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกไม้ผลและไม่ยืนต้น คิดเป็นร้อยละ 73 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด (สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2551) โดยมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด ลำไย ลองกองและยางพารา โดยทั่วไปแล้วในการจำแนกชนิดไม้ผลและไม่ยืนต้นจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบบันทึกในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ (Visible and Near infrared, VNIR) ดังเช่น ข้อมูลภาพ LANDSAT-5 TM ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร แต่หากใช้ข้อมูลเพียงอย่างเดียวอาจเกิดความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดในการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นได้ เนื่องจากค่าการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณในแต่ละชนิดที่ระบบบันทึกในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้บันทึกได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันหรือต่างกันเล็กน้อยและมีการปะปนกันของพืชพรรณต่างชนิดกัน (พรทิภา เทียงจันตา, 2548) จึงส่งผลให้ความถูกต้องในการจำแนกลดน้อยลง

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียมระบบเรดาร์มาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ มากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะนำข้อมูลดาวเทียมต่างระบบบันทึกเข้ามาช่วยในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยข้อมูลที่น่ามาใช้ก็คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบบันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) หรือระบบเรดาร์ จากดาวเทียม RADARSAT-1 WIDE ช่วงคลื่น C แบนด์ มีความยาวช่วงคลื่น 5.6 เซนติเมตร มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 12.5 เมตร ซึ่งข้อมูลภาพเรดาร์มีคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละประเภทที่แตกต่างจากข้อมูลภาพ VNIR คือ ค่าการสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันตามลักษณะพื้นผิวของวัตถุ (Surface Roughness) ในการจำแนกประเภทของพืชพรรณโดยอาศัยข้อมูลภาพดาวเทียมระบบเรดาร์ จะจำแนกจากค่าการสะท้อนพลังงานของวัตถุ ซึ่งวัตถุต่างชนิดกันก็จะมีค่าการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกัน เพราะพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะโครงสร้าง ความสูงต่ำของเรือนยอด ความหนาแน่นของเรือนยอด รูปร่างและขนาดใบที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพื้นผิวขรุขระมากค่าการสะท้อนกลับของพลังงานก็จะมาก ข้อมูลที่ได้ก็จะมีสีสว่าง ถ้าพื้นผิวเรียบ

ค่าการสะท้อนกลับของพลังงานจะน้อย ข้อมูลที่ได้ก็จะมีสีเข้ม Haack and Bechdol (1998) กล่าวว่า เรดาร์จะให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณสูงจากพืชพรรณ ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นผิวหรือโครงสร้างของเรือนยอดของพืชและค่าการนำไฟฟ้าเมื่อใบของพืชมีความชื้น ซึ่งประโยชน์ของเรดาร์สำหรับพืชนั้น ทำให้สามารถระบุชนิดของป่าหรือพืชผลต่างๆ ได้

การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมระบบเรดาร์ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียมระบบ VNIR น่าจะทำให้การสำรวจพื้นที่เพาะปลูก การติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่และการเจริญเติบโตของพืชพรรณ ตลอดจนการพยากรณ์ผลผลิตเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำและดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลดาวเทียมระบบ VNIR จะแสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดหรือองค์ประกอบของวัตถุและปริมาณคลอโรฟิลล์ของพืช ส่วนข้อมูลดาวเทียมระบบเรดาร์ ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความขรุขระของเรือนยอดพืช ความชื้น และเป็นข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม ทำให้สามารถประยุกต์ใช้ด้านการเกษตรได้ตลอดปี (ถนอมศรีรังสิกรรพุม, 2539)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การนำข้อมูลดาวเทียมระบบเรดาร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินต่างๆ นั้น หากใช้ลักษณะต่างๆ ของข้อมูลจากดาวเทียมต่างระบบบันทึกมาใช้ร่วมกัน จะทำให้ผลการศึกษามีความถูกต้องสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT เพียงอย่างเดียว (Heng Huang et al., 2007) ดังนั้น จึงได้นำแนวความคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้โดยการนำข้อมูลจากดาวเทียมต่างระบบบันทึกมาใช้ร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้สามารถศึกษาคุณสมบัติของวัตถุได้ครบถ้วนและได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จะนำข้อมูลภาพดาวเทียม RADARSAT-1 (WIDE) ความยาวช่วงคลื่น C แบนด์ มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 (TM) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นของจังหวัดจันทบุรีให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยเปรียบเทียบกับการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ที่ใช้ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้นในจังหวัดจันทบุรีโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ

- (1) ศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น
- (2) ศึกษาศักยภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 WIDE ในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น
- (3) เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้นของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 กับภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น 6 ชนิด ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด ลองกอง ลำไยและยางพารา ซึ่งเป็นไม้ผลและไม้ยืนต้นที่มีพื้นที่ปลูกมากในจังหวัดจันทบุรี แสดงดังตารางที่ 1.1

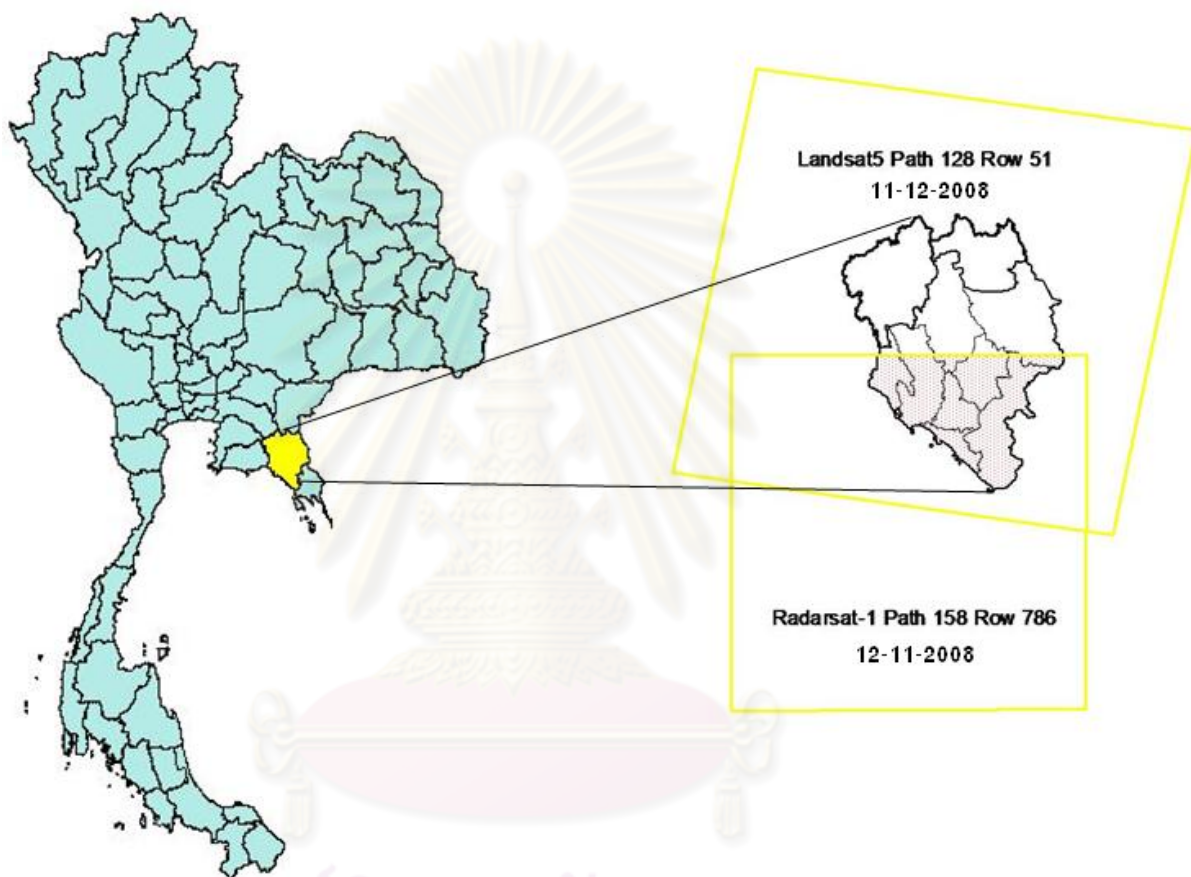
ตารางที่ 1.1 แสดงสถิติการปลูกพืชของจังหวัดจันทบุรี

ประเภทไม้ผล และไม้ยืนต้น	ปีการเพาะปลูก (ไร่)		
	2551	2550	2549
ทุเรียน	201,828	219,959	235,959
เงาะ	132,832	144,261	169,743
มังคุด	134,337	123,098	115,925
ลองกอง	94,331	91,351	83,708
ลำไย	105,312	83,657	82,827
ยางพารา	692,642	652,011	580,107

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2551

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบางส่วนของพื้นที่ในบริเวณจังหวัดจันทบุรี รวม 6 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองจันทบุรี ท่าใหม่ นายายอาม แหลมสิงห์ ขลุงและมะขาม ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 2,392.5 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,495,312.5 ไร่ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงพื้นที่ศึกษา

เนื่องด้วยจังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่อุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งสภาพดินฟ้าอากาศและดินเหมาะสำหรับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรต่างๆ โดยเฉพาะไม้ผลที่เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัด เช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด เป็นต้น ดังนั้นพื้นที่จังหวัดจันทบุรีส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร

พื้นที่การเกษตร (ไร่)						
ปี พ.ศ.	พื้นที่ไม้ผล ไม่ยืนต้น	พื้นที่นาข้าว	พื้นที่พืชไร่	พื้นที่ปลูกผัก	พื้นที่เลี้ยงสัตว์, ประมง	พื้นที่อื่นๆ
2548	1,676,150	32,631	364,228	4,913	134,579	62,031
2549	1,631,567	35,530	425,042	11,906	129,231	41,748
2550	1,614,494	32,498	412,111	13,618	147,585	88,118

ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี, 2551

จากตารางจะเห็นได้ว่า การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรในจังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ปลูกไม้ผลไม่ยืนต้นมากที่สุด ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับไม้ผลและไม้ยืนต้นในบริเวณจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากมีการเพาะปลูกกันมาก ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด ลำไย ลองกองและยางพารา ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและทำรายได้ให้กับจังหวัด ดังนั้นในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีจึงเหมาะในการนำมาศึกษาวิเคราะห์และจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลจากดาวเทียม เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ต่อไป

1.3.3 ข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

(1) ข้อมูลภาพดาวเทียม

ใช้ข้อมูลภาพที่บันทึกในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้กับข้อมูลภาพที่บันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) ดังนี้

- ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ บันทึกข้อมูลวันที่ 11 ธันวาคม 2551 เวลาที่บันทึก 15.16 น. path: 128, row: 51, cloud cover : 0%

- ข้อมูลภาพเรดาร์ RADARSAT-1 ระบบ WIDE บันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟ ช่วงคลื่น C-Band บันทึกข้อมูลวันที่ 12 พฤศจิกายน 2551 เวลาที่บันทึก 23.05 น. path: 158, row: 786 level 1.5 (มีการปรับแก้เชิงคลื่นและเชิงเรขาคณิตแล้ว)

(2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2545 จากกรมพัฒนาที่ดิน

(3) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 จากกรมแผนที่ทหาร จำนวน 7 ระวัง ได้แก่ 5334i, 5334ii, 5433i, 5434i, 5434ii, 5434iii และ 5434iv

(4) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องคอมพิวเตอร์
- ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ ENVI Version 4.5
- ซอฟต์แวร์ ArcGIS Version 9.3
- ซอฟต์แวร์ Leica Geo Office Combined
- เครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส (Global Positioning System, GPS) Leica GPS System 500 และ Handheld GPS
- กล้องถ่ายรูป

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 จัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 เพื่อให้พร้อมที่จะนำมาวิเคราะห์ผล

1.4.2 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โพลีโนเมียลกำลังสอง โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส เมื่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าพิกัดที่ถูกต้องแล้วก็จะใช้เป็นแผนที่ฐาน เพื่อทำการ Co-register ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 เข้ากับภาพ RADARSAT-1 พร้อมทั้งทำการ Resampling ให้มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 12.5 เมตร เพื่อปรับให้ข้อมูลภาพทั้ง 2 ชุด มีขนาดจุดภาพที่เท่ากัน

1.4.3 ลดสัญญาณรบกวนหรือจุดกระ (Speckle noise) ในข้อมูลภาพเรดาร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความชัดเจนและคงสภาพของข้อมูลเดิมไว้ พร้อมทั้งทำให้ขอบเขตพื้นที่เด่นชัดด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ตัวกรองแบบ Lee ขนาดหน้าต่างตัวกรอง 3×3 กรอง 1 ครั้ง เนื่องจากสามารถกรองจุดกระในพื้นที่ที่มีลักษณะเดียวกันได้ดีและยังคงความหยابละเอียดของข้อมูลไว้ (Mansourpour et al., 2006)

1.4.4 ตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในทั้ง 2 ภาพ เพื่อให้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ตรงกันโดยให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษาเท่านั้น เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองนั้นครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างมาก

1.4.5 ทำภาพสีผสมโดยการทำการรวมแบนด์ (Band Combination) แบบ Image Layer Stack ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 แบนด์ C มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 แบนด์ 4, 5, 3

1.4.6 ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เบื้องต้นแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสำรวจภาคสนาม

1.4.7 ทำการออกภาคสนามเก็บ Ground truth เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนแต่ละประเภทข้อมูลในการนำมาจำแนกภาพและเพื่อใช้เป็นพื้นที่ตรวจสอบ (Check area) ในการประเมินความถูกต้องหลังการจำแนกภาพ

1.4.8 สร้าง Mask เพื่อใช้ในขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยการเลือกพื้นที่บางส่วนออก เช่น พื้นที่น้ำ ภูเขา เป็นต้น

1.4.9 จำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Classification) จะทำการจำแนก 2 ครั้ง โดยใช้วิธีแบบควบคุม (Supervised classification) ทฤษฎีที่ใช้ในการจำแนกคือ Maximum Likelihood Classification โดยครั้งแรกจะทำการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว จากนั้นจะทำการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

1.4.10 ประเมินความถูกต้องของการจำแนก (Accuracy Assessment of Classification) ทั้งในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและในข้อมูลภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

1.4.11 เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวกับผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 โดยใช้ค่า Overall Accuracy และค่า Kappa Coefficient

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 น่าจะทำให้ความสามารถในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นจะมีความถูกต้องมากขึ้น เมื่อเทียบกับการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นด้วยภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของข้อมูลภาพดาวเทียม

2.1.1 ดาวเทียม LANDSAT

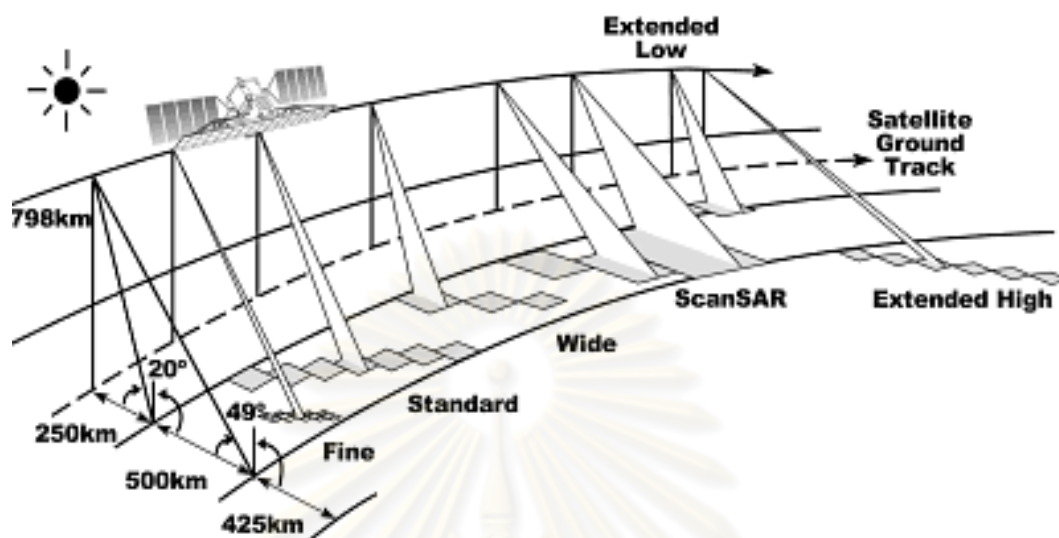
ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Aeronautic and Space Administration, NASA) ด้วยความสนับสนุนของกระทรวงกิจการภายใน (The US. Department of Interior) ได้เริ่มต้นโครงการพัฒนาเทคโนโลยีดาวเทียมเพื่อการสำรวจทรัพยากรบนพื้นโลก ดาวเทียม LANDSAT-1 ได้ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม ค.ศ. 1972 นับเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรบนพื้นโลกดวงแรกของโลก และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงดาวเทียม LANDSAT-7 ภารกิจของ LANDSAT คือการสำรวจข้อมูล และเผยแพร่เพื่อการใช้ประโยชน์ของพลเรือน โดยได้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำรวจบนดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง ในช่วงแรกของโครงการ ดาวเทียม LANDSAT-1, 2 และ 3 ติดตั้งเครื่องมือสำรวจที่เรียกว่า MSS (Multi-Spectral Scanner) ดาวเทียมรุ่นต่อมา (LANDSAT-4 และ 5) ติดตั้งเครื่องมือสำรวจที่เรียกว่า TM (Thematic Mapper) และดาวเทียม LANDSAT-7 ติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า ETM (Enhanced Thematic Mapper) ซึ่งปัจจุบันยังคงมีดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-7 ที่ยังปฏิบัติงานอยู่

2.1.2 ดาวเทียม RADARSAT-1

ดาวเทียม RADARSAT เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของประเทศแคนาดา โดยองค์การอวกาศแห่งชาติแคนาดา (Canadian Space Agency: CSA) ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538 ติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณในระบบเรดาร์ช่วงคลื่น C-Band และโพลาไรซ์ แบบ HH สามารถบันทึกข้อมูลในลักษณะต่างๆ 7 รูปแบบ (mode) โดยให้ความละเอียดของข้อมูลแตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 100 เมตร ครอบคลุมพื้นที่เป็นแนวกว้างตั้งแต่ 45 ถึง 500 กิโลเมตร สามารถบันทึกข้อมูลทะเลเมฆ, หมอกและฝน (ยกเว้นฝนตกหนัก)

รูปแบบการบันทึกข้อมูลของดาวเทียม RADARSAT-1 มีการบันทึกข้อมูล 7 รูปแบบ ได้แก่ Fine Mode, Standard Mode, Wide Mode, ScanSAR Narrow Mode, ScanSAR Wide Mode, Extended High Mode และ Extended Low Mode (รูปที่ 2.1) ซึ่งแต่ละรูปแบบของการบันทึกข้อมูลมีรายละเอียดแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ข้อมูลดาวเทียม RADARSAT-1

รูปแบบการบันทึกแบบ WIDE ตำแหน่งลำคลื่นเรดาร์แบบ W1 มีมุมตกกระทบ(Incidence Angle) 25.140049 องศา และขนาดภาพ 150×150 กิโลเมตร



รูปที่ 2.1 ลักษณะของการบันทึกภาพแบบต่างๆ ของดาวเทียม RADARSAT (SATPALDA, 2003)

โดยสามารถสรุปรายละเอียดของคุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 และดาวเทียม RADARSAT-1 ได้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 และดาวเทียม RADARSAT-1

คุณลักษณะของดาวเทียม	LANDSAT-5	RADARSAT-1
ความสูงของการโคจร	705 กิโลเมตร	798 กิโลเมตร
ลักษณะการโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์
เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ	98.9 นาที	100.7 นาที
เฉียงทำมุมกับแกนโลก	98.2 องศา	98.6 องศา
จำนวนรอบของการโคจรใน 1 วัน	14.5 รอบ	14 รอบ
บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม	ทุก 16 วัน	24 วัน
ระบบบันทึกข้อมูล	TM(Thematic Mapper)	SAR(Synthetic Aperture Radar)
รายละเอียดภาพ	30 เมตร	12.5 เมตร

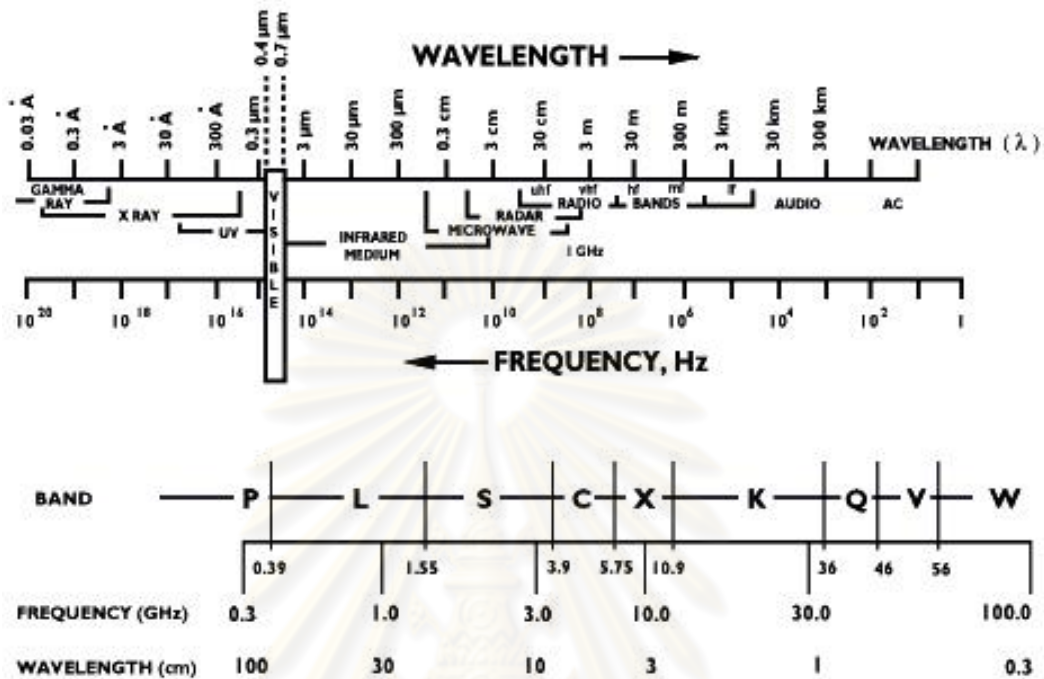
คุณลักษณะของดาวเทียม	LANDSAT-5	RADARSAT-1
ความกว้างของภาพ	185 กิโลเมตร	150 กิโลเมตร
ช่วงคลื่น	แบนด์ 1 น้ำเงิน (0.45-0.52 ไมครอน)	C-band(5.6 เซนติเมตร)
	แบนด์ 2 เขียว (0.52-0.6)	
	แบนด์ 3 แดง (0.6-0.69)	
	แบนด์ 4 อินฟราเรดใกล้ (0.77-0.9)	
	แบนด์ 5 อินฟราเรดคลื่นสั้น (1.55-1.75)	
	แบนด์ 6 อินฟราเรดความร้อน (10.4-12.5)	
	แบนด์ 7 อินฟราเรดกลาง (2.08-2.35)	

2.2 ระบบเรดาร์

2.2.1 ระบบการบันทึกข้อมูล

ระบบบันทึกข้อมูลของดาวเทียมระบบ Optical ที่ใช้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงคลื่นสายตาและอินฟราเรดใกล้ (Visible and Near Infrared, VNIR) จากดวงอาทิตย์ จะทำการบันทึกภาพในแนวตั้ง (Vertical Image) หรือแนวใกล้ตั้ง (Near-Vertical Image) ส่วนระบบบันทึกข้อมูลของดาวเทียมระบบเรดาร์ (Radio Detection and Ranging, RADAR) จะใช้ช่วงคลื่นไมโครเวฟของสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงเซนติเมตรถึงหลายเมตร (รูปที่ 2.2) จะทำงานโดยการผลิตและส่งสัญญาณของพลังงานไมโครเวฟออกไปยังวัตถุเป้าหมาย และพลังงานดังกล่าวจะสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์รับสัญญาณบนดาวเทียม พลังงานที่สะท้อนกลับไปยังอุปกรณ์บันทึกข้อมูลนี้ เรียกว่า พลังงานการกระจัดกระจายกลับ (backscatter energy) ในระบบเรดาร์จะไม่ได้บันทึกภาพในแนวตั้ง แต่จะเป็นลักษณะการบันทึกข้อมูลจากทางด้านข้างของดาวเทียม (Side looking) ดังนั้นมุมตกกระทบในการบันทึกภาพของดาวเทียมระบบ

เรดาร์แต่ละดวงจึงแตกต่างกันออกไป ซึ่งมุมตกกระทบนี้จะมีผลต่อการกระจายของสัญญาณเรดาร์



รูปที่ 2.2 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นไมโครเวฟ

(European Space Agency, 2000)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบเรดาร์

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก คือ

(1) พารามิเตอร์ในการบันทึกของดาวเทียม คือ ความยาวคลื่น (Wavelength) โพลาริเซชัน (Polarization) และมุมตกกระทบ (Incidence angle)

- ความยาวคลื่น ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันจะมีผลให้ค่าการกระจายกลับของรังสีเรดาร์แตกต่างกัน โดยช่วงคลื่นที่ยาวจะมีความสามารถในการทะลุทะลวงเข้าไปในปริมาตรของวัตถุได้มากกว่าช่วงคลื่นที่สั้น ตัวอย่างเช่น ในช่วงคลื่นสั้น (X-Band) การกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จะได้จากบริเวณด้านบนของเรือนยอด ส่วนในความยาวคลื่นที่มากขึ้น (C-Band) มีปฏิกิริยาที่บริเวณผิวหน้าเรือนยอดและสามารถทะลุเข้าไปในเรือนยอดของต้นไม้ได้ด้วย เป็นต้น

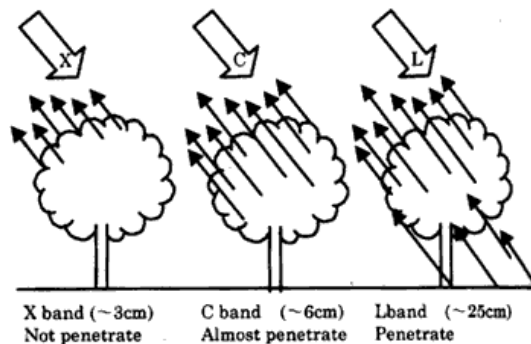
- โพลาริเซชัน การแผ่รังสีของเรดาร์มีทิศทางของระนาบคลื่นที่มีเวกเตอร์ไฟฟ้าวางตัวอยู่ 2 ทิศทาง คือ ระนาบคลื่นในแนวตั้ง (Vertical polarization) และระนาบคลื่นในแนวนอน (Horizontal polarization) ซึ่งระนาบคลื่นมีผลกระทบทำให้คลื่นรังสีเรดาร์มีปฏิกิริยาต่อวัตถุเป้าหมายแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัตถุ โดยระนาบคลื่นในแนวตั้งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองจากเป้าหมายที่มีโครงสร้างในแนวตั้ง ดังเช่น พืชพรรณที่มีการวางตัวตั้ง ส่วนระนาบคลื่นในแนวนอนจะมีปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อยต่อเรือนยอดของพืช แล้วจะทะลุทะลวงเข้าไปในเรือนยอด

- มุมตกกระทบ หมายถึง มุมเอียงในการบันทึกข้อมูล เป็นขนาดของมุมที่สัญญาณเรดาร์ตกกระทบกับพื้นผิวของวัตถุเป้าหมายเมื่อวัดจากแนวตั้งของตัวดาวเทียม เนื่องจากภาพเรดาร์ได้จากการบันทึกภาพในมุมเอียง มุมตกกระทบจึงมีผลต่อการสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์ ปริมาณค่าของการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จะแตกต่างกันหากใช้มุมตกกระทบที่ต่างกันในการถ่ายภาพวัตถุเป้าหมายเดียวกัน ซึ่งในกรณีที่มุมตกกระทบแคบจะมีค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์มากกว่า

ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่พิจารณาถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากเป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบเรดาร์มาใช้เพียงดวงเดียว คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มีความยาวคลื่น C-Band 5.6 เซนติเมตร มี Polarization แบบ HH และมีมุมตกกระทบ 25.140049 องศา ดังนั้นพารามิเตอร์ของระบบจึงไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ต่างกันที่ทำให้มีผลต่อข้อมูลก็คือ คุณลักษณะของวัตถุ

(2) คุณลักษณะของวัตถุ คือ ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness) และความสามารถในการนำไฟฟ้า (Dielectric Constant)

- ความขรุขระของพื้นผิววัตถุ ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการจำแนกเฉพาะประเภทไม่ผลและไม่ย่นต้น จึงขอกกล่าวถึงความขรุขระของเรือนยอด เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบเรดาร์ที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลดาวเทียม RADARSAT-1 มีความยาวคลื่น C-Band ซึ่งจะมีปฏิสัมพันธ์อย่างมากในเรือนยอดและสามารถทะลุเข้าไปถึงในเรือนยอดได้บางส่วน ดังนั้นความขรุขระของพื้นผิววัตถุก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะของเรือนยอด ความหนาแน่นของพุ่ม และขนาดและรูปร่างของใบ ซึ่งแตกต่างจากช่วงความยาวคลื่น X-Band และ L-Band คือ ความยาวคลื่น X-Band เป็นคลื่นไมโครเวฟที่มีความยาวคลื่นสั้น จะมีปฏิกิริยากับบริเวณผิวด้านบนของเรือนยอดเท่านั้น แต่ในช่วงความยาวคลื่น L-Band ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวกว่า C-Band ดังนั้นจึงสามารถทะลุไปยังเรือนยอดด้านล่าง เช่น กิ่งก้าน ลำต้น รวมถึงพื้นดินได้ด้วย ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความยาวคลื่นกับการทะลุทะลวงของคลื่นไมโครเวฟ

(Wada and Shibasaki, 1999)

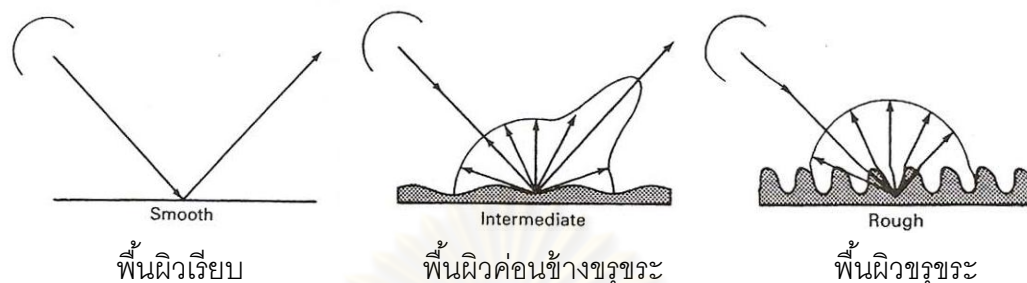
- ความสามารถในการนำไฟฟ้าของวัตถุ วัตถุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าในการตอบสนองต่อช่วงคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า ค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (Dielectric constant) หมายถึง การยอมให้ผ่าน (Permeability) และการเป็นสื่อนำพลังงาน (Conductivity) โดย Dielectric constant จะเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากวัตถุ หากมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเพียงเล็กน้อยก็ย่อมมีผลกระทบอย่างมากต่อคุณสมบัติการกระจายกลับของวัตถุ โดยวัตถุที่มีความชื้นน้อยจะมีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์น้อย ทำให้ปรากฏบนภาพเป็นสีเข้ม ส่วนวัตถุที่มีความชื้นมากจะมีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์มาก ปรากฏบนภาพเป็นสีอ่อน ในทางกลับกันความสามารถในการทะลุเข้าไปในวัตถุของคลื่นไมโครเวฟจะแปรผกผันตามค่า Dielectric constant ปริมาณความชื้นที่มากจะทำให้พลังงานที่ทะลุทะลวงไปยังระดับล่างลดน้อยลง เนื่องจากการสะท้อนและการกระจายของพลังงานที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น

2.2.3 ลักษณะการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากวัตถุ

การกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์มีความแตกต่างกันอยู่กับตำแหน่งการเกิดปฏิสัมพันธ์ ซึ่งลักษณะการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากวัตถุต่างๆ มี 2 ลักษณะ ได้แก่

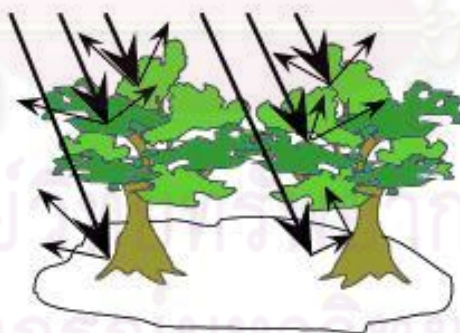
(1) การกระจายพื้นผิว (Surface scattering) หมายถึง ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นกับผิวหน้าวัตถุที่มีความต่อเนื่องหรือสัมผัสชั้นบรรยากาศ เช่น แหล่งน้ำ ถนน เป็นการสะท้อนสัญญาณเรดาร์จากผิววัตถุโดยตรง การกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จะขึ้นอยู่กับลักษณะความขรุขระของผิวหน้าวัตถุ (Surface roughness) โดยวัตถุที่มีพื้นผิวเรียบจะสะท้อนพลังงานตกกระทบเกือบทั้งหมดไปในทิศทางตรงกันข้าม และจะปรากฏสีดำนภาพเรดาร์ ถ้า

พื้นผิววัตถุมีความขรุขระ พลังงานจะกระจัดกระจายไปในทิศทางต่างๆ และกระจัดกระจายกลับไปยังแหล่งพลังงานที่มีตัวรับสัญญาณอยู่ ถ้าหากพื้นผิวมีความขรุขระเพิ่มขึ้น จะมีการกระจัดกระจายของสัญญาณเรดาร์เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงปรากฏบนภาพเรดาร์เป็นสีขาว ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะการกระจัดกระจายพื้นผิว (Lillesand et al., 2004)

(2) การกระจัดกระจายเชิงปริมาตร (Volume scattering) หมายถึง ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นกับผิวหน้าของวัตถุที่ขาดความต่อเนื่องกับชั้นบรรยากาศ เช่น เรือนยอดของต้นไม้หรือพืชพรรณ พื้นดิน พื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีช่องอากาศเปิดอยู่ระหว่างมวลของพืชและอนุภาคของเม็ดดิน ทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านทะลุเข้าไปได้และมีปฏิกริยากับองค์ประกอบภายในปริมาตรของวัตถุนั้น (รูปที่ 2.5) ทำให้ได้ข้อมูลที่อยู่ภายใต้เรือนยอดของพืชที่ปกคลุมหรือภายใต้พื้นดิน การสะท้อนแบบนี้ถือว่าเป็นผลรวมของการสะท้อนแบบผิวขรุขระ ซึ่งมีชั้นของผิวขรุขระหลายชั้นซ้อนกันอยู่ และในแต่ละชั้นมีความขรุขระแตกต่างกัน



รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจัดกระจายเชิงปริมาตร (Natural Resources Canada, 2008)

การกระจัดกระจายเชิงปริมาตรของวัตถุจะมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ขนาดของมุมตกกระทบ, โครงสร้างภายในปริมาตร, ความหนาแน่นของโครงสร้างภายในปริมาตร เรือนยอดและค่าคงตัวไดอิเล็กทริก

2.2.4 คุณสมบัติการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากพืช

ในพื้นที่การเกษตรเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายและซับซ้อน ในการระบุชนิดของพืชจึงมีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นตัวกำหนดความแตกต่างของค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ ซึ่งการกระจายกลับของพืชจะแตกต่างกันตามชนิดพืช, ระยะการเจริญเติบโต, ลักษณะหรือขนาดของเรือนยอด, ความหนาแน่นของพืช, ทิศทางของแถวปลูก, ขนาดและรูปร่างของใบ, ความสูงของพืช, ทิศทางการแตกกิ่งก้านสาขาและความชื้นบริเวณเรือนยอด ส่วนในกรณีที่พืชพรรณยังปกคลุมพื้นดินไม่เต็มที่จะต้องนำตัวแปรทางด้านความขรุขระของดินและปริมาณความชื้นในดินมาพิจารณาด้วย

เนื่องด้วยในการวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลดาวเทียมระบบเรดาร์ที่มีความยาวคลื่น C-Band ซึ่งจากทฤษฎีข้างต้นจึงทำให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะในการกระจายกลับของข้อมูลดาวเทียมระบบเรดาร์ โดยที่ความยาวคลื่น C-Band ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จะมาจากทรงพุ่มและเรือนยอดของต้นไม้ ซึ่งไม้ผลและไม่ยืนต้นต่างชนิดกัน ก็จะมีค่าการกระจายที่แตกต่างกันไปตามลักษณะเรือนยอดของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นจึงนำคุณลักษณะนี้มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ VNIR เพื่อช่วยในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นให้มีความถูกต้องมากขึ้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในหัวข้อนี้จะเกี่ยวกับการศึกษาแนวความคิดในการใช้ภาพ Multi-spectral การใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ และการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมต่างระบบบันทึกข้อมูลโดยการนำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้ร่วมด้วย นอกจากนั้นยังอธิบายเกี่ยวกับการลดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพเรดาร์ และการเลือกใช้ตัวกรองชนิดต่างๆ โดยจะศึกษาบททรวงานวิจัยที่ได้มีผู้วิจัยต่างๆ ได้ศึกษาทดลองเพื่อเป็นแนวความคิดในการศึกษาวิจัยต่อไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.3.1 แนวความคิดในการใช้ภาพ Multi-spectral และการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์

ปัจจุบันประเทศไทยนิยมนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิ การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การประเมินความเสียหายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ การสำรวจพื้นที่ป่าไม้ และการสำรวจพื้นที่การเกษตร เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะมีการใช้ประโยชน์จากข้อมูลภาพที่เป็นแบบ Multi-spectral Image ซึ่งได้แก่ ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT, SPOT เป็นต้น ดังตัวอย่างงานวิจัยของ ดร.ณรรณ กำธรเกียรติ (2546) ได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ นาข้าว ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (สวนเฉพาะอย่าง เช่น ยางพารา ปาล์ม

น้ำมัน มะพร้าว) สวนผสม ป่าชายเลน แหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพื้นที่ถูกทิ้งร้าง ในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 TM ซึ่งสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างน่าเชื่อถือ คือ มีความถูกต้องมากกว่า 80%

แต่จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วมีการนำข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกพื้นที่เกษตรกรรม ดังเช่น Noordman et al.(2003) ได้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT TM เพื่อจำแนกชนิดของพืชในพื้นที่ Nilo Coelho ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ได้แก่ กัลลวย, มะพร้าว, มะม่วง, ทุเรียน, ฝรั่ง และเชอร์รี่ โดยไม้ผลและไม้ยืนต้นที่มีอายุและขนาดที่แตกต่างกัน จะทำให้แยกแยะหรือจำแนกพืชแต่ละชนิดได้ยากหรือเกิดความสับสน พบว่าต้นมะม่วงที่โตเต็มที่จะให้ค่าการสะท้อนที่ปรากฏบนภาพเป็นสีแดงเข้ม เมื่อใช้แบนด์ 4:5:3 (R:G:B) แต่ต้นที่เพิ่งปลูกหรือไม่ยังโตเต็มที่ ค่าการสะท้อนพลังงานจะคล้ายคลึงกับค่าการสะท้อนที่ได้จากต้นฝรั่งและมะพร้าว Haack and Bechdol (1998) ได้ทำการศึกษาในบริเวณ Tanzania ซึ่งมีการใช้ที่ดิน 2 ประเภทหลักๆ คือ พืชพรรณธรรมชาติ เป็นพวกไม้ยืนต้นความสูง 2-3 เมตร และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมีการผสมกันระหว่างพืชไร่ต่างๆ, ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์, พื้นที่ว่างเปล่า ในภาพดาวเทียม LANDSAT-TM จะไม่สามารถวิเคราะห์แยกพื้นที่เกษตรกรรมออกจากพืชพรรณธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากพื้นที่นี้มีการผสมกันระหว่างพื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture) และพืชพรรณธรรมชาติ (Natural vegetation) ส่วน Hobbs et al. (1989) วิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT MSS สามารถแบ่งแยกหรือจำแนกชนิดของพืชพรรณที่ปกคลุมได้อย่างกว้างๆ แต่ไม่สามารถระบุชนิดได้ เช่น การแบ่งแยกหรือจำแนกชนิดของยูคาลิปตัส ถ้าไม่มีคุณลักษณะของเรือนยอดที่แตกต่างกันมากพอ

นอกจากการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT แล้ว ยังมีผู้วิจัยได้ศึกษาทดลองโดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมดวงอื่นๆ ได้แก่ ข้อมูลภาพดาวเทียม ASTER มาทำการจำแนกชนิดไม้ผลและการใช้ประโยชน์ที่ดิน 13 ประเภท ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง มะพร้าว ขนุน สวนผสม นาข้าว พืชไร่ ยางพารา ป่าไม้ ชุมชน และแหล่งน้ำ โดยการศึกษาเปรียบเทียบกับภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ พบว่า ในช่วงคลื่น VNIR ของข้อมูลภาพดาวเทียม ASTER ความละเอียดเชิงพื้นที่ 15 เมตร มีศักยภาพในการจำแนกประเภทข้อมูลไม้ผลโดยรวมดีกว่าภาพ LANDSAT-7 ETM+ แต่ทั้งในข้อมูลภาพดาวเทียม ASTER และข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ มีค่าความถูกต้องของการจำแนกตัวในข้อมูลประเภทไม้ผล เนื่องจากมีการปะปนกันเองของข้อมูลไม้ผล ซึ่งเป็นข้อมูลกลุ่มพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน และค่าการสะท้อนของไม้ผลแต่ละชนิดก็ใกล้เคียงกันด้วย (พรทิภา เทียงจันตา, 2548)

ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกลโดยการนำข้อมูลภาพดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟที่มีช่วงคลื่นที่ยาว สามารถบันทึกข้อมูลได้ทุกสภาพอากาศ

และบันทึกภาพในหลายช่วงคลื่น ได้แก่ ความยาวคลื่น C-Band, L-Band และ P-Band เป็นต้น ขึ้นอยู่กับระบบบันทึกของดาวเทียมแต่ละดวง เช่น ดาวเทียม RADARSAT และ ดาวเทียม ERS มีความยาวคลื่น C-Band, ดาวเทียม ENVISAT และ ALOS มีความยาวคลื่น L-Band ซึ่งความยาวคลื่นที่แตกต่างกันนี้จะมีผลต่อความสามารถในการทะลุผ่านวัตถุ โดย Skriver et al. (2005) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความยาวช่วงคลื่น C-Band และ L-Band เพื่อศึกษาศักยภาพในการจำแนกพืชแต่ละชนิด (Crop categories) โดยพบว่า การจำแนกพืชนั้นข้อมูลภาพที่มีความยาวคลื่น C-Band จะมีความสามารถในการจำแนกมากกว่า L-Band

Nezry et al. (1992) ได้กล่าวไว้ว่า สำหรับพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณต่างๆ ค่าการสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์จะมาจากแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน ได้แก่ 1. การกระจายกระจายเชิงปริมาตร (Volume scattering) โดยพืชพรรณ 2. การกระจายกระจายพื้นผิว (Surface scattering) โดยพื้นดินและโดยพืชพรรณเล็กน้อย 3. ปฏิกริยาระหว่างเรือนยอดของพืชพรรณ (vegetation canopy) และพื้นผิวดิน (ground surface)

ผู้วิจัยหลายท่านได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมต่างระบบบันทึกข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลภาพดาวเทียมในการจำแนกให้ถูกต้องมากขึ้น โดย Bruce (2002), Vescovi and Gomarasca (1999) และ Rosenthal et al. (1985) นำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพระบบ Optical เนื่องจากในข้อมูลภาพเรดาร์ จะแสดงคุณสมบัติการกระจายกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากวัตถุ โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความขรุขระของเรือนยอดพืช ความชื้น เป็นต้น ส่วนข้อมูลดาวเทียมระบบ Optical แสดงคุณสมบัติการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิด/องค์ประกอบของวัตถุ ปริมาณคลอโรฟิลล์ของพืชพรรณ ดังนั้น การใช้ข้อมูลดาวเทียมทั้งสองระบบร่วมกันจึงช่วยให้สามารถศึกษาคุณสมบัติของวัตถุได้ครบถ้วน และได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

นอกจากนี้การนำข้อมูลเรดาร์มาใช้อ้างอิงสามารถแบ่งแยกพื้นผิวของวัตถุ 2 ประเภทที่มีค่าการกระจายกระจายแตกต่างกัน คือ พืชพรรณธรรมชาติจะให้ค่าการสะท้อนที่ปรากฏในภาพสีปานกลางถึงสว่างและพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งรวมพื้นที่ที่ว่างและทุ่งหญ้า การสะท้อนสัญญาณเรดาร์จะให้ค่าสีเข้มหรือมืด ในพื้นที่เกษตรกรรมนั้นจะมีรูปแบบที่เป็นลักษณะเฉพาะมากกว่าพวกพืชพรรณธรรมชาติ ดังนั้นการรวมข้อมูล Optical และข้อมูลเรดาร์เข้าด้วยกัน โดยเรดาร์เป็นข้อมูลที่มีศักยภาพที่เพิ่มเข้าไปในข้อมูล Optical จะช่วยทำให้ความถูกต้องของการจำแนกดีขึ้น เนื่องจากเรดาร์จะมีปฏิกริยาอย่างมากกับโครงสร้างของพื้นผิวดิน (Haack and Bechdol, 1998)

ได้มีงานวิจัยที่ใช้แนวคิดนี้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน โดยพร้อมจิตร์ และคณะ (2545) ได้ศึกษาโดยทำภาพสีผสมที่เกิดจากการซ้อนภาพเรดาร์กับภาพดาวเทียม LANDSAT-TM

ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเพชรบุรี ได้ทำการ Resampling จุดภาพในมีขนาดเดียวกัน คือ 10x10 เมตร โดยใช้การนำภาพเรดาร์ L band ไว้ที่ Layer สีแดง ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT แบนด์ 4 ไว้ใน Layer สีเขียว และนำข้อมูลดาวเทียม LANDSAT แบนด์ 3 ไว้ที่ Layer สีน้ำเงิน ทำให้ได้ภาพสีที่มีความแตกต่างของการใช้ที่ดินเด่นชัด

ดังนั้น การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมต่างระบบบันทึกข้อมูลจึงมีประโยชน์อย่างมากในการจำแนกชนิดของพืชพรรณต่างๆ ซึ่งมีนักวิจัยที่ได้ทำการศึกษาโดยใช้แนวทางนี้ ได้แก่ Castaneda and Ducrot (2006) และ Rosenthal et al. (1985) ใช้ข้อมูลที่บันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟหรือข้อมูลภาพเรดาร์ร่วมกับข้อมูลภาพที่บันทึกในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดสามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกพืชได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลภาพที่บันทึกในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสามารถแยกประเภท (class) ได้มากขึ้น ขอบเขตของพื้นที่จะถูกเน้นขึ้นมาให้เห็นความแตกต่าง พืชพรรณธรรมชาติจะมีความสับสนในการจำแนกลดลง

จากผลงานวิจัยที่ได้เคยมีการทำวิจัยที่ผ่านมา ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Villiger (2008) ทำการศึกษาในพื้นที่หมู่เกาะบาฮามาส ใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-5 TM และข้อมูลดาวเทียม RADARSAT ซึ่งจะจำแนกประเภทออกเป็นต้นสน, ป่าละเมาะ, พื้นที่เปิดโล่งและแห้งแล้ง, พื้นที่ลุ่มซึ่งมีพืชหลายชนิดปกคลุมและป่าชายเลน โดยแต่ละประเภทจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน การจำแนกความแตกต่างในระบบที่บันทึกหลายช่วงคลื่น ค่าการสะท้อนที่ได้จะมาจากค่าการสะท้อนของพื้นผิววัตถุ ในขณะที่ระบบเรดาร์อาจจะทะลุผ่านพื้นผิวและมีปฏิกริยากับภายในโครงสร้างของสิ่งนั้นๆ

2.3.2 การลดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพเรดาร์

ในการนำข้อมูลเรดาร์มาประยุกต์ใช้นั้นจะต้องผ่านขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวนในภาพเรดาร์ เนื่องจากในภาพเรดาร์จะมีจุดกระ (Speckle noise) กระจุกกระจายอยู่ทั่วไปบนภาพ ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนของการสะท้อนสัญญาณเรดาร์จากวัตถุ ทำให้ข้อมูลยากต่อการวิเคราะห์และจำแนกความแตกต่างระหว่างประเภทข้อมูลได้ ดังนั้นการนำข้อมูลเรดาร์มาประยุกต์ใช้งานต้องผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนหรือกรองจุดกระก่อน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่มีความชัดเจนและคงสภาพข้อมูลเดิม โดยการเลือกใช้ตัวกรองชนิดต่างๆ ดังรายละเอียด

- Lee filtering ความเข้มสัญญาณจุดภาพเป้าหมายตรงกลางหน้าต่างตัวกรองจะมีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยภาพ (mean) แต่ในบริเวณที่มีความแปรปรวน ความเข้มไม่สม่ำเสมอ การกรองแบบ Lee จะช่วยให้ความเข้มของสัญญาณเข้าใกล้ความเข้มเดิมของจุดเป้าหมาย

Mansourpour et al. (2006) กล่าวว่า ตัวกรองสี่ จะพิจารณาจากค่าระดับสีเทาภายในกรอบหน้าต่างตัวกรองเพื่อประมาณค่าของพิกเซลที่สนใจ ผลลัพธ์ของข้อมูลใหม่เกิดจากการประมาณค่าระดับสีเทาจากสัญญาณด้วยการทำให้ค่าความผิดพลาดกำลังสองต่ำสุดมีค่าน้อยที่สุด ดังสมการที่ 2.1

$$DN_{out} = [Mean] + K[DN_{in} - Mean] \quad (2.1)$$

เมื่อ $Mean$ = ค่าเฉลี่ยของพิกเซลภายในหน้าต่างตัวกรอง

$$K = \frac{Var(x)}{[Mean]^2\sigma^2 + Var(x)}$$

$$\text{และ } Var(x) = \left(\frac{[Variance\ within\ window] + [Mean\ within\ window]^2}{[Sigma]^2 + 1} \right) - [Mean\ within\ window]^2$$

- Gamma Map filtering ตัวกรองแบบนี้ใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนเพื่อหาสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนเพื่อมาเป็นค่ากำหนดลักษณะการกรอง ลักษณะของการกรองจะแบ่งออกได้ตามช่วงค่าที่กำหนด ตัวกรองจะทำการกรองสัญญาณโดยการตรวจสอบพื้นที่รอบๆ จุดเป้าหมายก่อนแล้วจึงทำการกรอง

- Kuan filtering การกรองสัญญาณรบกวนแบบนี้สมมติว่าข้อมูลทุกๆ จุดภาพมีการกระจายแบบ Gaussian ซึ่งการกำหนดเช่นนี้ยังไม่ค่อยถูกต้องนักในบางกรณี (พร้อมจิตร และคณะ, 2545)

Shi and Fung (1994) กล่าวว่า ตัวกรองควนจะคล้ายกับตัวกรองสี่ แต่จะแตกต่างกันที่ฟังก์ชันของการกำหนดค่าน้ำหนัก (weight)

- Frost filtering ตัวกรองค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุด ผลลัพธ์ของข้อมูลใหม่เกิดจากการแทนที่ของอัตราส่วนของค่าความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายใต้กรอบหน้าต่างตัวกรอง ในกรอบหน้าต่างตัวกรองจะมีเมทริกซ์ของตัวเลขจำเพาะเพื่อคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละจุดภาพกับจุดภาพรอบข้าง

พร้อมจิตรและคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาการลดสัญญาณรบกวนในภาพเรดารีใช้วิธีการลดความถี่สูง โดยได้ทำการทดลองใช้การกรองแบบเฉพาะ คือ Lee, Gamma Map และ Kuan ซึ่งจากการทดลองพบว่า ผลจากการกรองสัญญาณรบกวนแบบต่างๆ แล้วจึงได้เลือกใช้ตัวกรองแบบ Lee filtering เนื่องจากสามารถกรองจุดกระในพื้นที่มีลักษณะเดียวกันได้ และยังคงรักษาความหยابละเอียดของข้อมูล (Mansourpour et al., 2006) นอกจากการกำหนด

ขนาดหน้าต่างตัวกรองที่เหมาะสมแล้ว จำนวนครั้งของการกรองซ้ำยังมีผลต่อการลดจำนวนจุด
กระและสววนค่าความเข้มของสัญญาณ

Bruce (2002) ทำการศึกษาการเพิ่มความถูกต้องของการจำแนก โดยการเพิ่ม
ข้อมูลภาพเรดาร์ C, L และ P-Band เข้าไปในภาพ VNIR ของดาวเทียม LANDSAT-7 ก่อนที่จะทำ
การจำแนกข้อมูลภาพ TOPSAR จะลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองแบบ Lee ทำการจำแนก
แบบ Supervised Classification ทั้งในภาพ VNIR และ TOPSAR โดยใช้เทคนิค Gaussian
Maximum Likelihood จากนั้นได้เปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทข้อมูลในภาพ VNIR,
TOPSAR และการรวมข้อมูลภาพ VNIR และ TOPSAR โดยพิจารณาจากค่า Kappa และค่า
ความถูกต้องทั้งหมด

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้นจึงได้ข้อสรุปว่า การกรองโดยใช้ตัวกรอง
แบบลีนั้น ความเข้มสัญญาณจุดภาพเป้าหมายตรงกลางหน้าต่างตัวกรองจะมีค่าใกล้เคียง
ค่าเฉลี่ยภาพ แต่ในบริเวณที่มีความแปรปรวน ความเข้มไม่สม่ำเสมอ การกรองแบบ Lee จะช่วย
ให้ความเข้มของสัญญาณเข้าใกล้ความเข้มเดิมของจุดเป้าหมาย นอกจากนี้ ยังรักษาขอบเขต
และคงรายละเอียดของข้อมูลไว้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เลือกใช้ตัวกรองแบบลี เพื่อลด
สัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพเรดาร์

จากเหตุผลที่กล่าวมาพบว่าการนำข้อมูลภาพดาวเทียมระบบ Optical มาใช้
เพียงอย่างเดียวอาจให้ความถูกต้องในการจำแนกเฉพาะไม้ผลและไม่ยืนต้นไม่สูงมากนัก จึงทำให้
เกิดงานวิจัยในครั้งนี้นี้ขึ้นโดยการนำเอาแนวคิดปัจจัยด้านความขรุขระของพื้นผิวที่ได้จากข้อมูล
ระบบเรดาร์ มาใช้ในการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีซึ่งมีการปลูกไม้
ผลและไม่ยืนต้นเป็นอย่างมาก ซึ่งพืชแต่ละประเภทจะมีลักษณะต้นและทรงพุ่ม รวมทั้งความ
หนาแน่นในการปลูกที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลให้ค่าการกระจัดกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์
แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่น C-Band ของดาวเทียม
RADARSAT-1 มาช่วยเพิ่มความสามารภในการจำแนกชนิดไม้ผลและไม่ยืนต้นให้มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

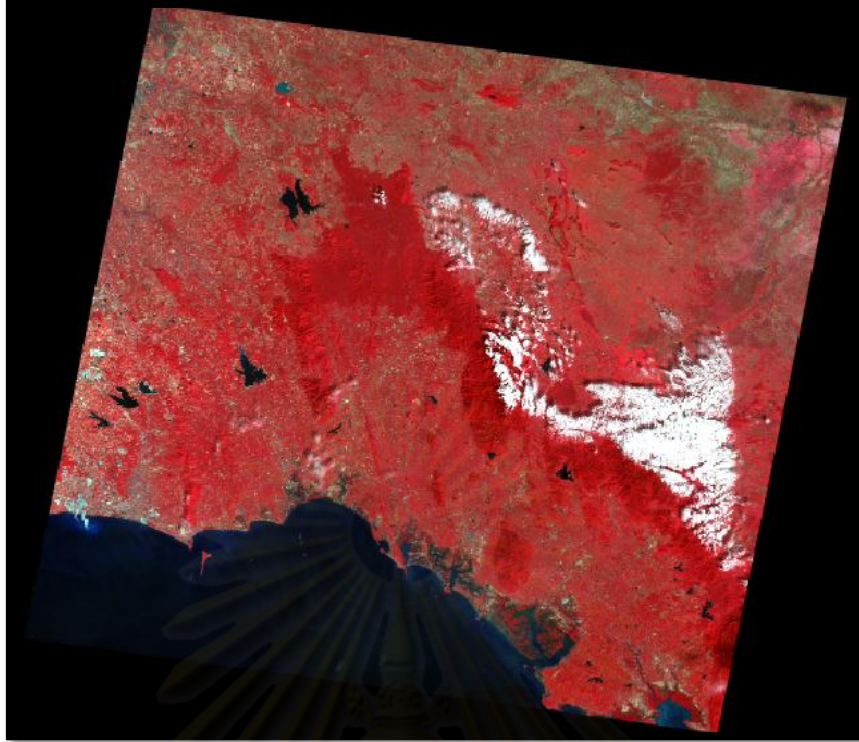
การศึกษากำหนดประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 แล้วทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูลภาพทั้งสอง มีขั้นตอนในการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น, การสำรวจข้อมูลภาคสนาม, การวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม และการตรวจสอบผลการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม สามารถอธิบายในรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

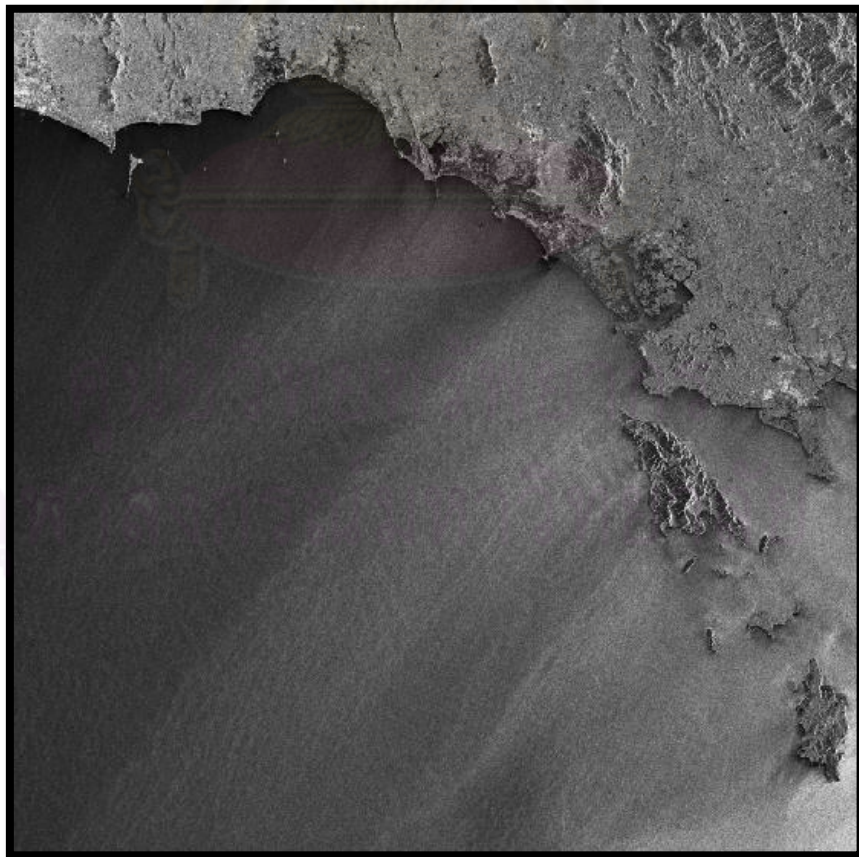
3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ในการศึกษานี้อาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากสองระบบมาใช้ร่วมกัน ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลภาพ ดังนี้

- (1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM (path: 128, row: 51) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ มีรายละเอียดภาพ 30×30 เมตร มีระบบพิกัดแบบ UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2551 ครอบคลุมบริเวณจังหวัดจันทบุรี แสดงดังรูปที่ 3.1
- (2) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ระบบ WIDE (path: 158, row: 786) เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในช่วงคลื่นไมโครเวฟในช่วงคลื่น C-band (ความยาวคลื่น 5.6 เซนติเมตร) มีรายละเอียดภาพ 12.5×12.5 เมตร มีระบบพิกัดแบบ UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 บันทึกข้อมูลวันที่ 12 พฤศจิกายน 2551 แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM (path: 128, row: 51)



รูปที่ 3.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ระบบ WIDE (path: 158, row: 786)

3.1.2 การทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point)

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาศึกษามีความถูกต้องที่เหมาะสมกับพื้นที่ในบริเวณกว้างมากแต่พื้นที่ศึกษามีขนาดพื้นที่เล็กมาก ค่าความถูกต้องเดิมจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้ค่าความถูกต้องให้ดีขึ้นเพื่อเหมาะสมต่อการศึกษานี้

การปรับแก้ค่าความถูกต้องของภาพถ่ายดาวเทียมจำเป็นต้องกำหนดจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยจำเป็นต้องกำหนดจำนวนจุดขั้นต่ำเพื่อให้เพียงพอต่อการคำนวณปรับแก้ค่าความถูกต้อง ซึ่งสามารถคำนวณหาจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินที่น้อยที่สุดได้ด้วยสมการที่

3.1

สมการที่ใช้ในการคำนวณจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Gao J., 2009)

$$N = \frac{(t+1)(t+2)}{2} \quad (3.1)$$

เมื่อ N = จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน

t = ตัวเลขกำลังสูงสุดในสมการ (กำลังสอง)

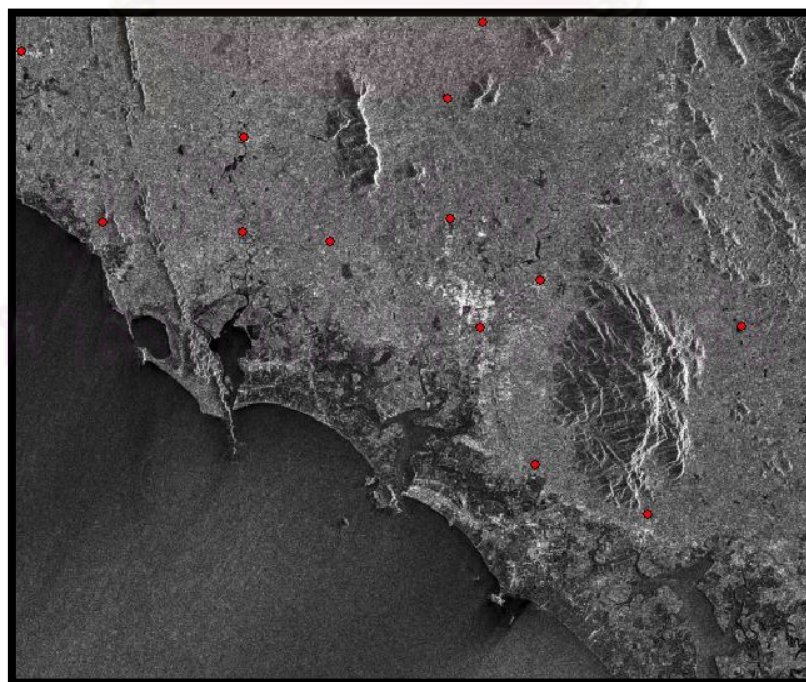
ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตนั้นได้ใช้แบบจำลองโพลิโนเมียลกำลังสอง (2^{nd} order polynomial model) ซึ่งสามารถคำนวณหาจุดควบคุมภาคพื้นดินได้ดังนี้

$$\begin{aligned} N &= \frac{(2+1)(2+2)}{2} \\ &= 6 \end{aligned}$$

จากการคำนวณจากสมการต้องใช้จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย 6 จุดขึ้นไป โดยในการศึกษานี้ได้ทำการรังวัดหาพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินในพื้นที่ศึกษา ระหว่างวันที่ 11-12 มกราคม 2552 โดยใช้เครื่องมือรับสัญญาณดาวเทียม Leica GPS System 500 ด้วยวิธี Rapid Static ได้กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินจำนวน 13 จุด ดังตารางที่ 3.1 และแสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ดังรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 ค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน

GCP	Easting	Northing
1	842120	1383842
2	857003	1394189
3	842434	1397636
4	821015	1408301
5	835756	1411141
6	810780	1401923
7	838324	1416846
8	838115	1394067
9	850258	1380106
10	835898	1402197
11	827240	1400498
12	804923	1414693
13	820888	1401183



รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1

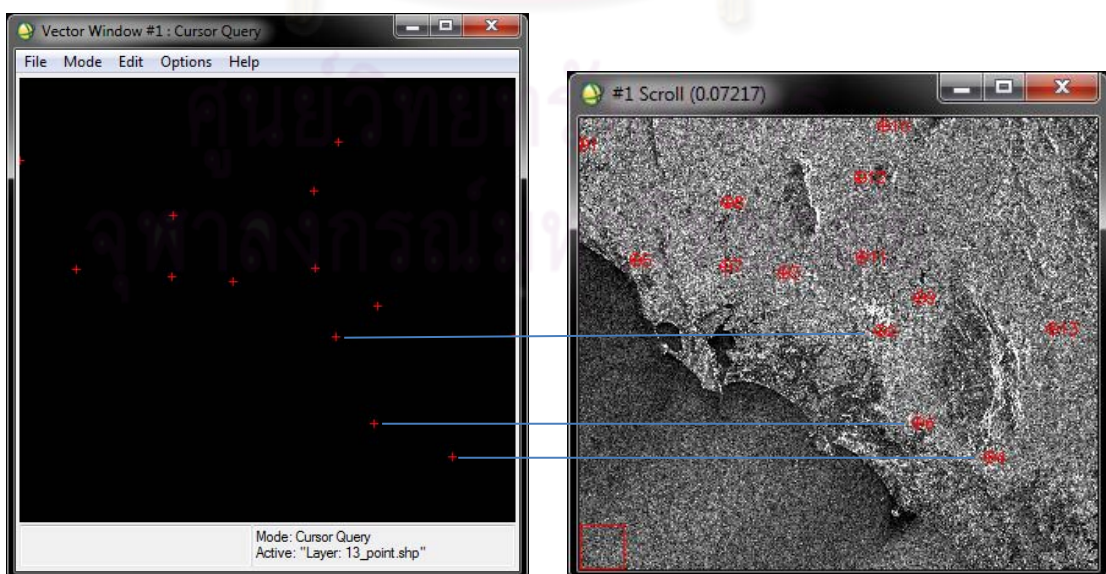
3.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

ขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการจำแนกประเภทข้อมูล ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเพื่อให้ตำแหน่งบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตรงกับตำแหน่งในพื้นที่จริง หากว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตมีความคลาดเคลื่อนมาก จะทำให้เกิดผลเสียต่อการจำแนก คือเมื่อกำหนด Ground Truth บนพื้นที่จริงจะไม่ตรงกับ Training Area บนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกประเภทได้

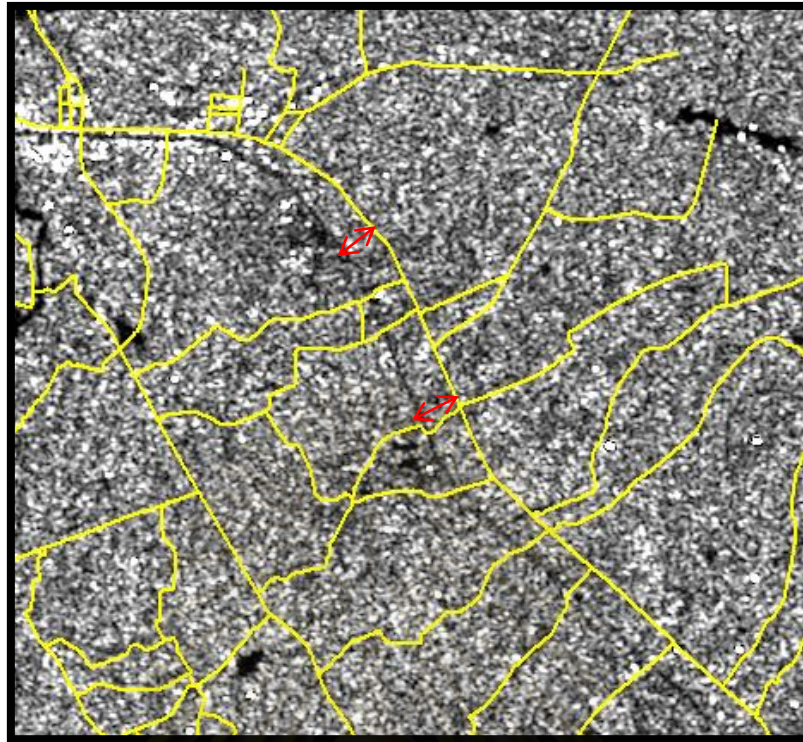
ภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นภาพที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตเนื่องจากตัวระบบ โดยอาศัยข้อมูล มุม พื้นผิวพื้นหลักฐาน WGS84 และแบบจำลองภูมิประเทศแสดงความสูงเหนือ Ellipsoid ในการอ้างอิงเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ทำให้ภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มีระบบพิกัดที่สอดคล้องกับระบบพิกัดอ้างอิง

- (1) ทำการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนของภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ด้วยวิธี Image to Map Registration โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCP) ที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส ซึ่งได้กำหนดจุดควบคุมภาพจำนวน 13 จุด (รูปที่ 3.4) มีค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับแก้ (Root Mean Square Error, RMS Error) เท่ากับ 0.3 จุดภาพ

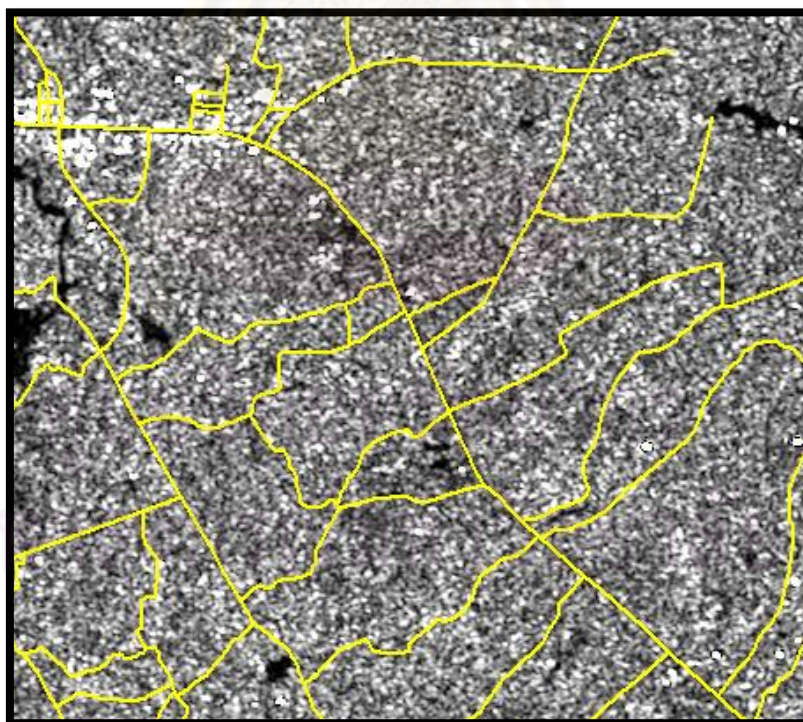
Reference



รูปที่ 3.4 วิธีการ Rectification โดยการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส



ก. ภาพก่อนการปรับแก้



ข. ภาพหลังการปรับแก้

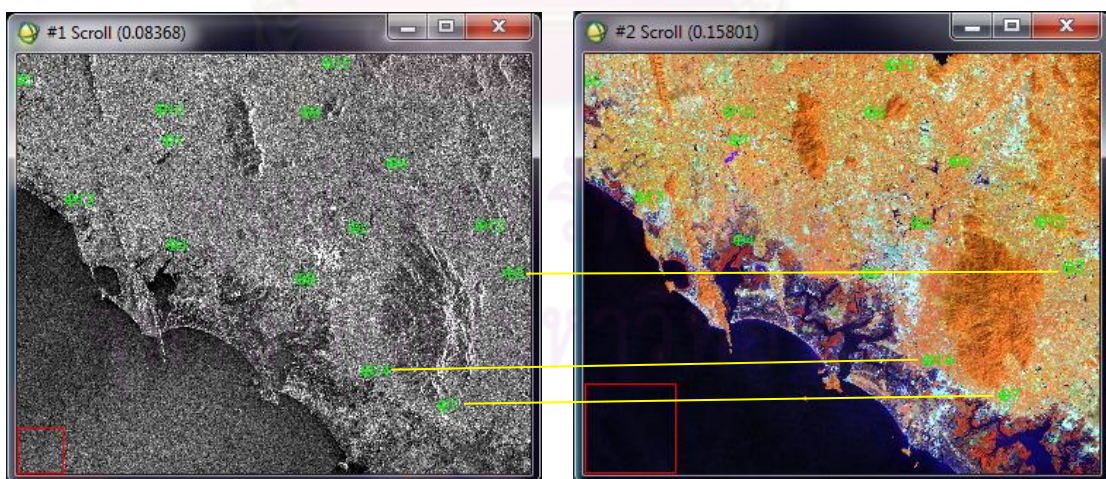
รูปที่ 3.5 ก. ภาพดาวเทียม RADARSAT-1 ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

ข. ภาพดาวเทียม RADARSAT-1 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

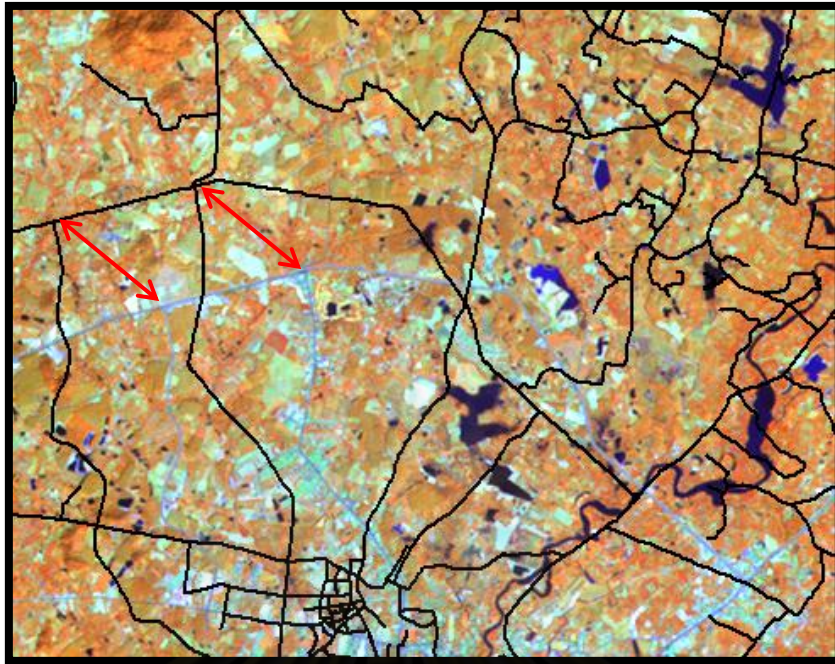
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.5 จากรูป ก. เป็นภาพดาวเทียมก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ซึ่งแนวถนนที่ปรากฏบนภาพดาวเทียมจะเหลื่อมกับเส้นแนวถนนสีเหลือง ส่วนรูป ข. เป็นภาพดาวเทียมที่ได้ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแล้ว โดยการเหลื่อมกันของแนวถนนที่ปรากฏบนภาพดาวเทียมและแนวถนนเส้นสีเหลืองลดลง ซึ่งเส้นถนนทั้งสองซ้อนทับกันพอดี

- (2) ทำการ Co-register ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ด้วยวิธี Image to Image Registration โดยเข้ากับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 เพื่อให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน มีค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับแก้เท่ากับ 0.3 จุดภาพ พร้อมทั้งทำการปรับขนาดจุดภาพของภาพทั้งสองให้มีขนาดเท่ากัน (Resampling) ด้วยวิธี Nearest neighbor ซึ่งเป็นวิธีการปรับค่า DN ของจุดภาพใหม่ แต่ละจุดภาพของภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ที่ได้รับการปรับแก้จะถูกกำหนดค่าประจำจุดภาพให้ใหม่ โดยใช้ค่า DN ของจุดภาพที่ใกล้ที่สุดจากภาพดาวเทียมเดิม วิธีนี้เป็นวิธีที่ยังคงค่าการสะท้อนใกล้เคียงกับภาพเดิมและใช้เวลาในการคำนวณน้อย ซึ่งจะทำให้การแปลงขนาดจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ขนาด 30×30 เมตร ให้มีขนาดจุดภาพเท่ากับในภาพ RADARSAT-1 คือ 12.5×12.5 เมตร เพื่อที่จะนำภาพทั้งสองมาใช้วิเคราะห์ร่วมกันได้

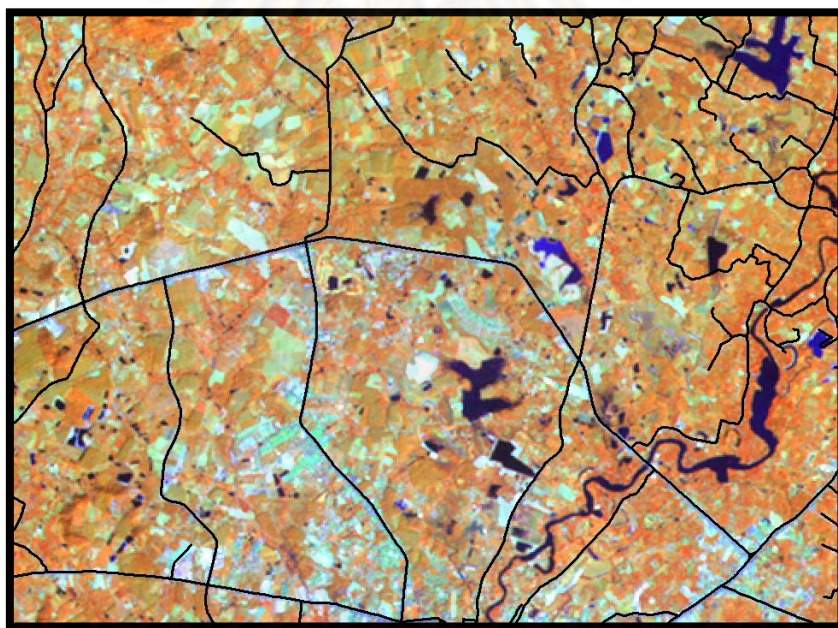
Reference



รูปที่ 3.6 วิธีการ Co-register ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เข้ากับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1



ก. ภาพก่อนการปรับแก้



ข. ภาพหลังการปรับแก้

รูปที่ 3.7 ก. ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต
 ข. ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

จากรูปที่ 3.7 พิจารณาเปรียบเทียบภาพก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้ เมื่อนำเส้นถนนมาวางซ้อนบนภาพดาวเทียม จะพบว่าภาพที่ผ่านกระบวนการปรับแก้แล้วเส้นถนนที่นำมาวางจะซ้อนทับกับเส้นถนนที่อยู่ในภาพดาวเทียมพอดี

3.1.4 การลดสัญญาณรบกวนหรือจุดกระ (Speckle noise) ในภาพเรดาร์

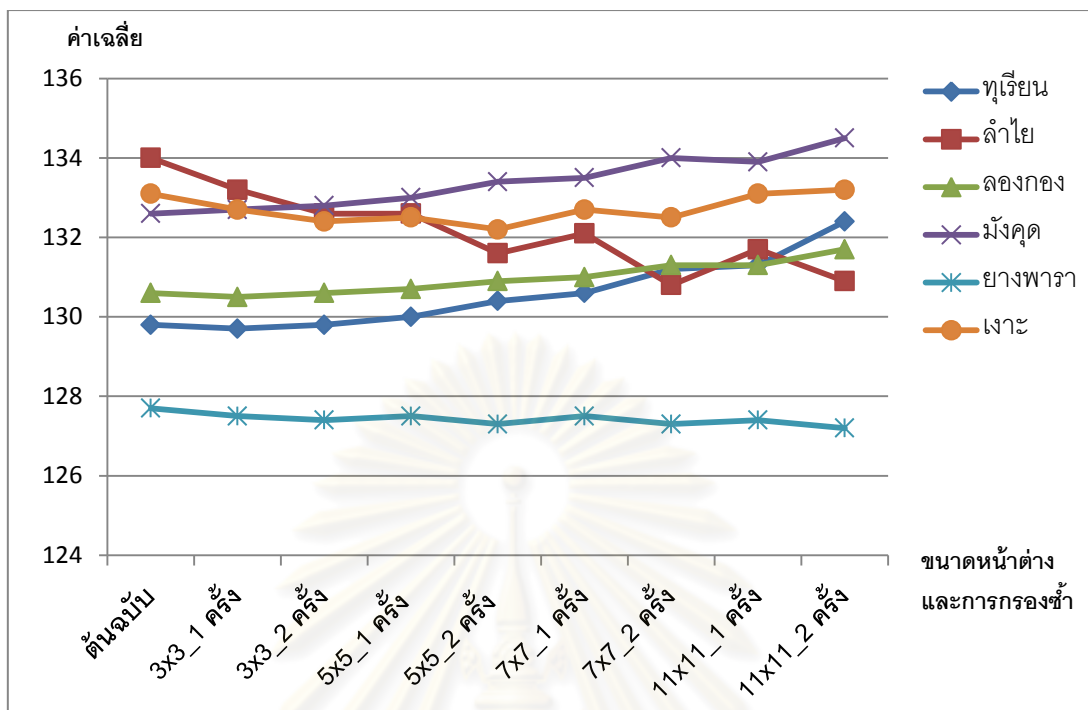
ลักษณะของข้อมูลภาพดาวเทียมเรดาร์จะแตกต่างจากข้อมูลภาพดาวเทียมในระบบช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดไกล เนื่องจากในข้อมูลภาพเรดาร์จะเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มอย่างไม่เป็นระบบ ทำให้มีค่าความสว่างผิดปกติ ซึ่งมากกว่าจุดภาพที่อยู่โดยรอบ จึงเกิดเป็นจุดกระ (Speckle noise) ทั่วทั้งภาพ ทำให้ข้อมูลขาดความต่อเนื่องและขอบเขตของข้อมูลไม่ชัดเจน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการลดสัญญาณรบกวนหรือจุดกระให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อช่วยให้สามารถมองเห็นวัตถุต่างๆ ในข้อมูลภาพดาวเทียมเรดาร์ได้ดียิ่งขึ้น โดยการใช้ตัวกรอง (Filter) ในการลดสัญญาณรบกวนมีตัวกรองที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เช่น Lee, Enhance Lee, Kuan, Gamma, Frost เป็นต้น ซึ่งลักษณะของตัวกรองที่ดีจะต้องเป็นตัวกรองที่รักษาค่าเฉลี่ยเดิม (Mean) ของข้อมูลไว้และลดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) นอกจากนี้ ยังทำให้ขอบเขตพื้นที่เด่นชัดและมีความต่อเนื่องของข้อมูลเชิงเส้นด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ตัวกรองแบบ Lee เนื่องจากสามารถกรองสัญญาณรบกวนหรือจุดกระในพื้นที่ที่มีลักษณะเดียวกันได้ดีและยังคงความหยابละเอียดของข้อมูลไว้ นอกจากนี้ขนาดหน้าต่างตัวกรองและจำนวนครั้งของการกรองซ้ำยังมีผลต่อการลดสัญญาณรบกวนหรือจุดกระ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองกรองภาพด้วยตัวกรองแบบ Lee ที่ขนาดหน้าต่างตัวกรองและจำนวนครั้งการกรองซ้ำที่แตกต่างกัน โดยการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่ที่มีลักษณะเดียวกัน (Homogeneous) เพื่อเป็นตัวแทนของไม้ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภท แล้วคำนวณค่าสถิติของประเภทข้อมูลดังกล่าว พร้อมทั้งหาค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างจากภาพถ่ายดาวเทียมก่อนผ่านการกรอง แล้วนำค่าสถิติที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าสถิติของตัวกรองแบบ Lee ที่แต่ละขนาดตัวกรองและจำนวนครั้งการกรองซ้ำ

ขนาดหน้าต่างตัวกรอง		ทู่เรียน		ลำไย		ดองกอง		มั่งคุด		ยางพารา		เงาะ	
		Mean	Stdev	Mean	Stdev	Mean	Stdev	Mean	Stdev	Mean	Stdev	Mean	Stdev
ข้อมูลต้นฉบับ		129.8	46.1	134.0	51.3	130.6	46.0	132.6	43.6	127.7	47.4	133.1	45.9
Lee3x3	1 ครั้ง	129.7	41.0	133.2	45.9	130.5	40.8	132.7	37.7	127.5	41.9	132.7	39.7
	2 ครั้ง	129.8	37.3	132.6	41.8	130.6	37.0	132.8	33.5	127.4	37.9	132.4	35.1
Lee5x5	1 ครั้ง	130.0	36.4	132.6	40.9	130.7	35.9	133.0	32.5	127.5	36.8	132.5	34.0
	2 ครั้ง	130.4	31.0	131.6	34.4	130.9	30.0	133.4	26.2	127.3	30.5	132.2	27.1
Lee7x7	1 ครั้ง	130.6	33.6	132.1	37.7	131.0	32.5	133.5	29.3	127.5	33.5	132.7	30.7
	2 ครั้ง	131.2	27.0	130.8	29.7	131.3	25.3	134.0	21.9	127.3	25.7	132.5	22.7
Lee11x11	1 ครั้ง	131.3	31.0	131.7	34.0	131.3	29.3	133.9	26.7	127.4	30.3	133.1	28.2
	2 ครั้ง	132.4	22.8	130.9	24.6	131.7	20.5	134.5	18.1	127.2	20.9	133.2	19.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

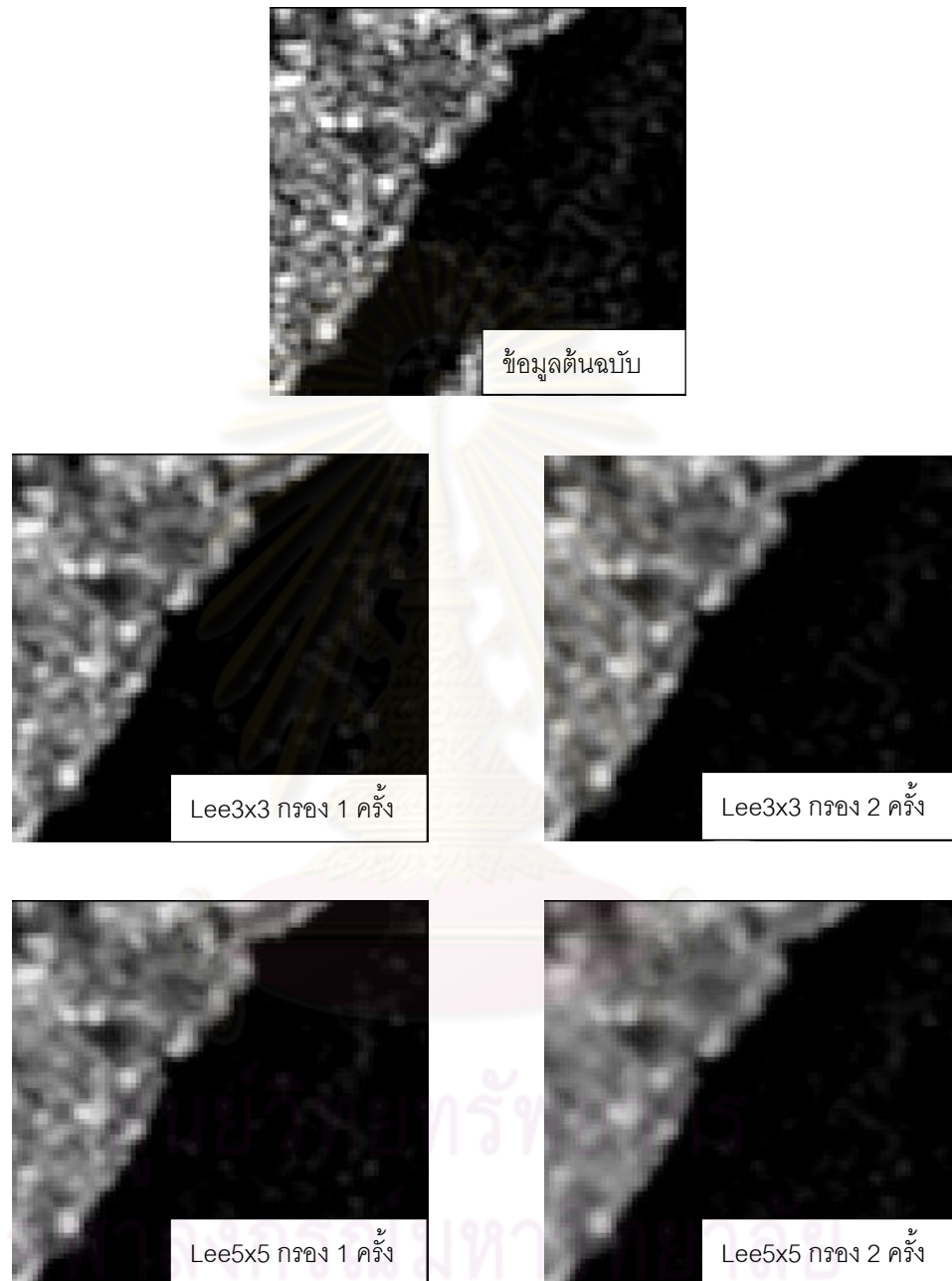


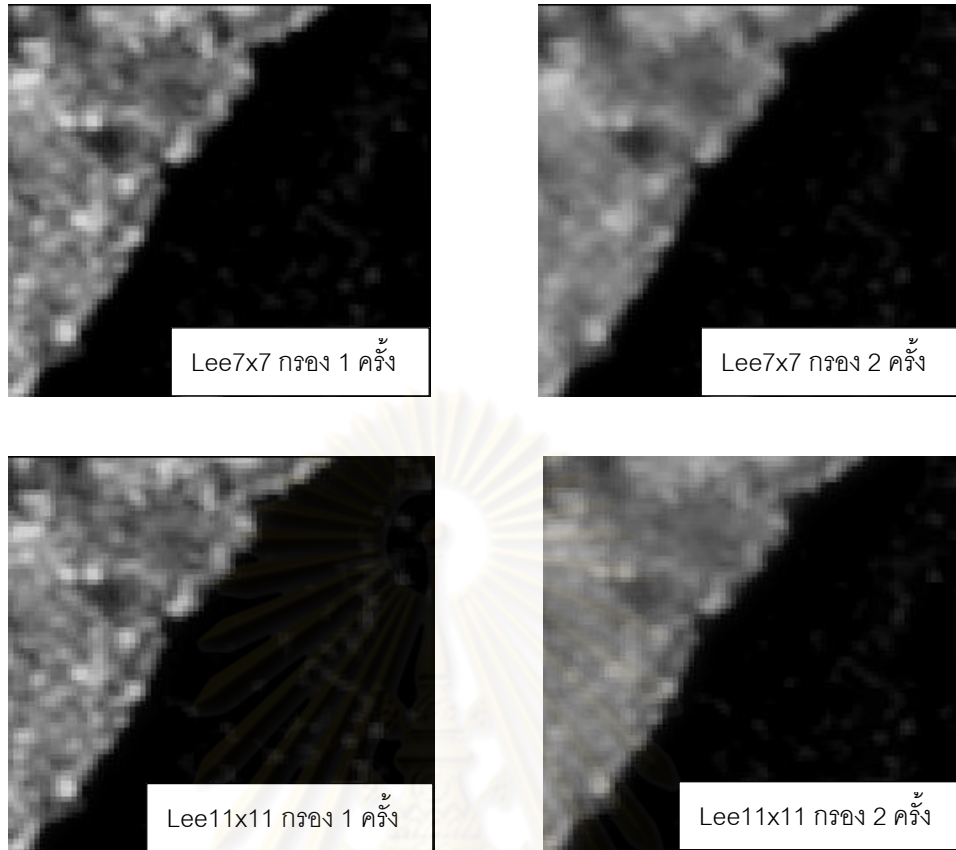
รูปที่ 3.8 แสดงค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลแต่ละประเภทก่อนและหลังผ่านการกรองแบบ Lee ที่ขนาดหน้าตาต่างและจำนวนครั้งการกรองที่ต่างกัน

จากตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าสถิติของผลลัพธ์ในการกรองสัญญาณรบกวนที่ขนาดหน้าตาต่างตัวกรองและจำนวนครั้งการกรองต่างกัน จะพบว่า ผลลัพธ์ทุกขนาดหน้าตาต่างตัวกรองมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพต้นฉบับ และให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะยิ่งลดลงมากเมื่อมีการเพิ่มขนาดหน้าตาต่างตัวกรองและมีการกรองซ้ำ โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลงนั้นจะทำให้ลดปริมาณของสัญญาณรบกวน แต่จะทำให้รายละเอียดของภาพลดลงไปด้วย

ในการเลือกใช้ตัวกรองจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเป็นหลัก เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะลดลงในทุกขนาดหน้าตาต่างตัวกรองและการกรองซ้ำที่เพิ่มขึ้น จากตารางที่ 3.2 และจากกราฟรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่า การใช้ตัวกรองขนาด 3x3 กรอง 1 ครั้ง ในข้อมูลลำไย มังคุด และยางพารา จะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับข้อมูลต้นฉบับมากที่สุด ส่วนการใช้ตัวกรองขนาด 3x3 กรอง 2 ครั้ง ในข้อมูลทูเรียนและลองกอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับในข้อมูลภาพต้นฉบับ การใช้ตัวกรองขนาด 11x11 กรอง 1 ครั้ง ในข้อมูลเงาะ จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับในข้อมูลภาพต้นฉบับ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ขนาดหน้าตาต่างตัวกรอง 3x3 กรอง 1 ครั้ง เนื่องจากข้อมูลไม้ผลส่วนใหญ่สามารถรักษาค่าเฉลี่ยเดิมของข้อมูลไว้และลดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ยังคงรายละเอียดในข้อมูลภาพ

ได้ดีและทำให้ขอบเขตของพื้นที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ของภาพที่ผ่านการกรองแล้วสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9

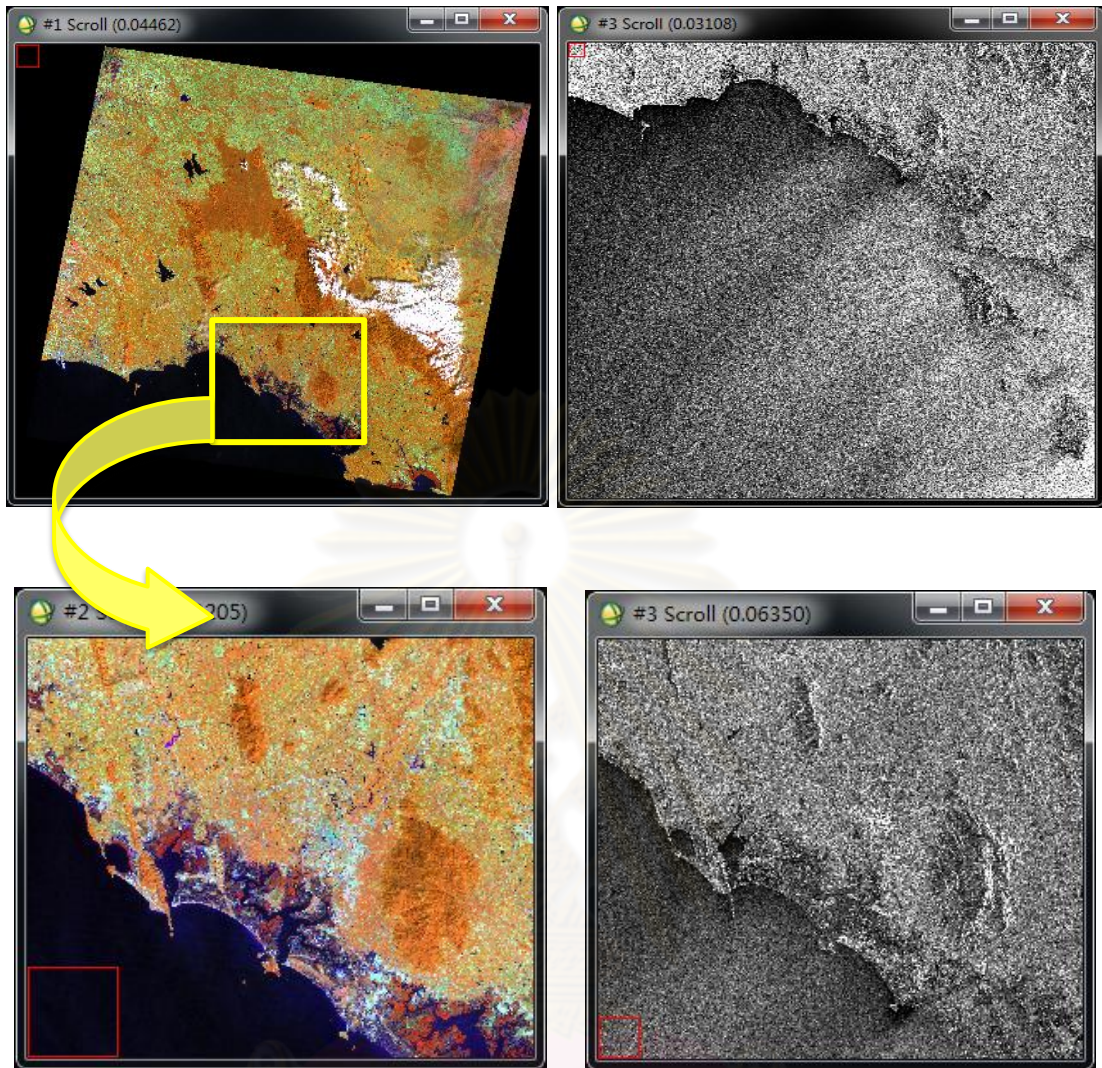




รูปที่ 3.9 ภาพต้นฉบับก่อนการใช้ตัวกรองและภาพผลลัพธ์จากการใช้ตัวกรองแบบ Lee ที่ขนาดหน้าต่างต่างตัวกรอง 3x3, 5x5, 7x7 และ 11x11

3.1.5 การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณกว้างซึ่งเกินขอบเขตพื้นที่ศึกษาไปมาก จึงต้องทำการตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ภาพให้ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ตรงกันและครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่านั้น เพื่อให้ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์และประมวลผลของคอมพิวเตอร์ โดยการเลือกขอบเขตของพื้นที่ศึกษาบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ในบริเวณที่ไม่มีเมฆบดบัง จากนั้นจึงตัดภาพในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ให้มีพื้นที่ตรงกัน ดังรูปที่ 3.10



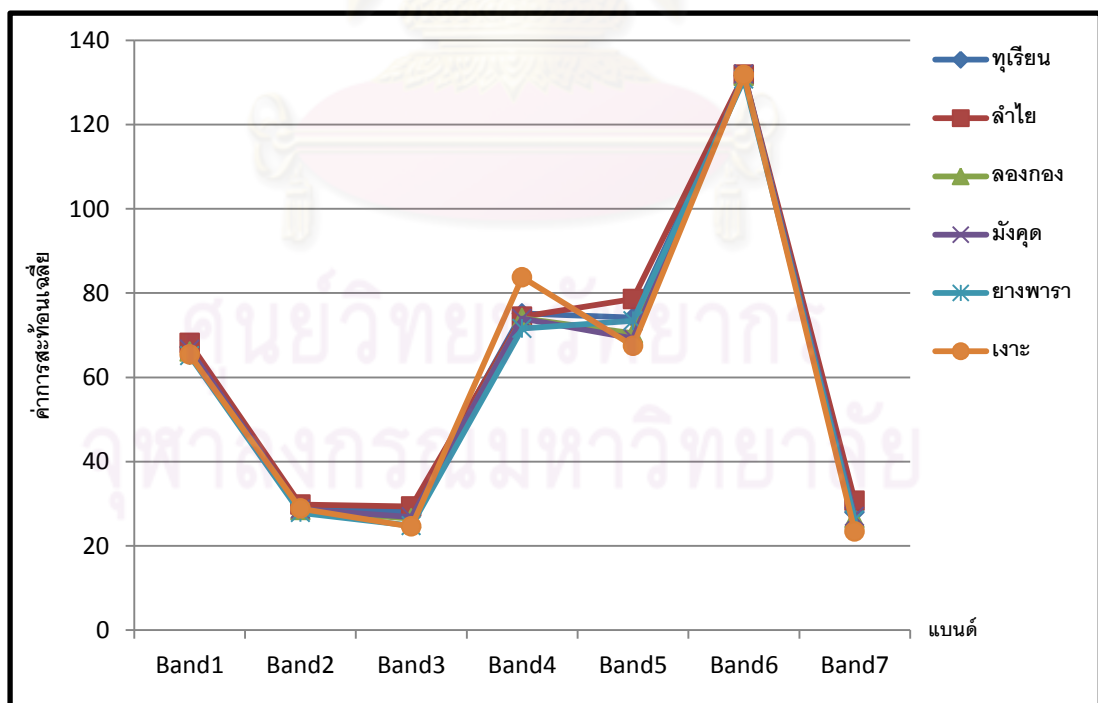
รูปที่ 3.10 การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ศึกษา

3.1.6 การทำ Band Combination

ในการศึกษานี้เป็นการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 โดยในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 มีทั้งหมด 7 แบนด์ ได้แก่ band 1, band 2, band 3, band 4, band 5, band 6 และ band 7 ส่วนในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มีเพียงแบนด์เดียว คือ C แบนด์ ดังนั้นจึงต้องทำการรวมชั้นข้อมูลหลายช่วงคลื่น (Layer Stacking) เข้าด้วยกัน โดยการเลือกแบนด์จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ซึ่งจะต้องพิจารณาเลือกแบนด์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุดในการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภทออกจากกัน จากนั้นนำ C แบนด์จากภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มารวมเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในกระบวนการจำแนก เพื่อให้ได้ภาพที่สามารถนำไปใช้

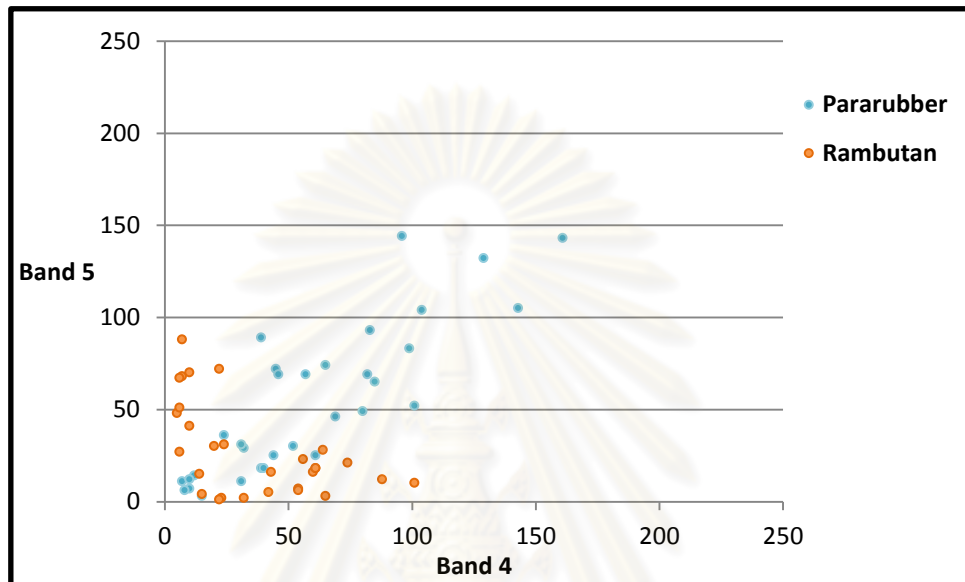
วิเคราะห์จำแนกข้อมูลเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวในขั้นตอนต่อไป

ในการเลือกแบนด์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 นั้น จะพิจารณาจากค่าการสะท้อนเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ซึ่งสามารถนำมาแสดงลงบนกราฟได้ดังรูปที่ 3.11 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าไม้ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภทไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน เนื่องจากพื้นที่ตัวอย่างทั้ง 6 ประเภท มีการเหลื่อมและซ้อนทับกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแบนด์ทั้ง 7 แบนด์ แต่เมื่อพิจารณาในแบนด์ 3, 4, 5 และ 7 จะสามารถแยกไม้ผลบางชนิดออกจากกันได้มากที่สุด โดยเฉพาะแบนด์ 4 และ 5 ไม้ผลและไม่ยืนต้นสามารถแยกออกจากกันชัดเจน ดังนั้นจึงพิจารณาในแบนด์ 3 กับ แบนด์ 7 เนื่องจากความสามารถในการแยกไม้ผลแต่ละประเภทออกจากกันได้ไม่แตกต่างกัน โดยค่าสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียน ลำไย ลองกอง และมังคุดจะมีค่าเท่ากันในทั้งสองแบนด์ ส่วนพื้นที่ตัวอย่างของยางพารากับเงาะสามารถแยกออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้ในแบนด์ 3 ซึ่งต่างจากในแบนด์ 7 ที่สามารถแยกเงาะออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้อย่างเดียว แต่ยางพารามีค่าสะท้อนใกล้เคียงหรือซ้อนทับกับไม้ผลชนิดอื่น ดังนั้นในแบนด์ 3 จะสามารถจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นออกจากกันได้มากกว่าในแบนด์ 7

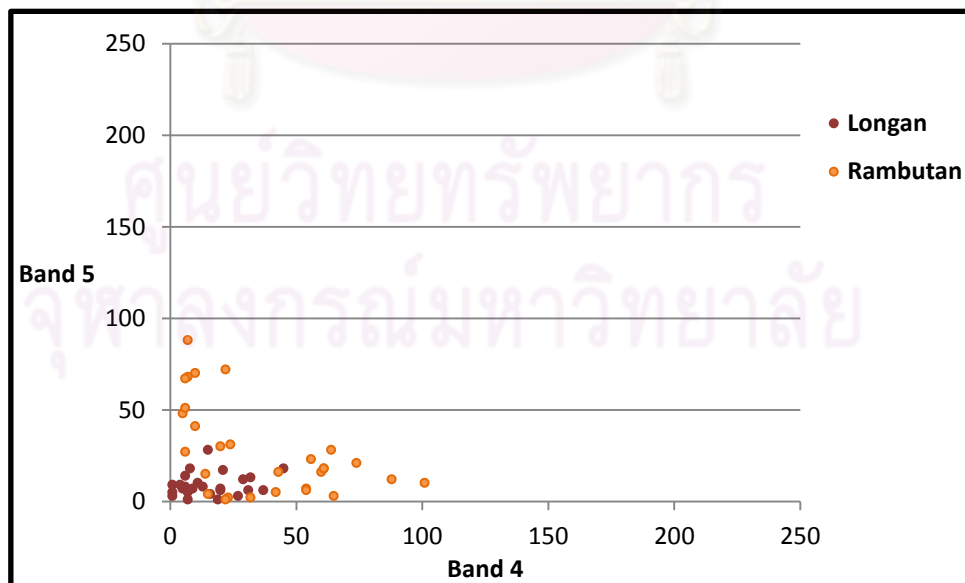


รูปที่ 3.11 กราฟค่าความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างในแต่ละแบนด์

เมื่อนำค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างมาแสดงลงในกราฟ scatter plot เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภทในแบนด์ 4 และ 5 ดังตัวอย่างเช่น ในแบนด์ 4 พื้นที่ตัวอย่างเงาะสามารถแยกออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้ดี โดยเฉพาะยางพารา (รูปที่ 3.12) ส่วนในแบนด์ 5 พื้นที่ตัวอย่างลำไยและเงาะ สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน (รูปที่ 3.13)

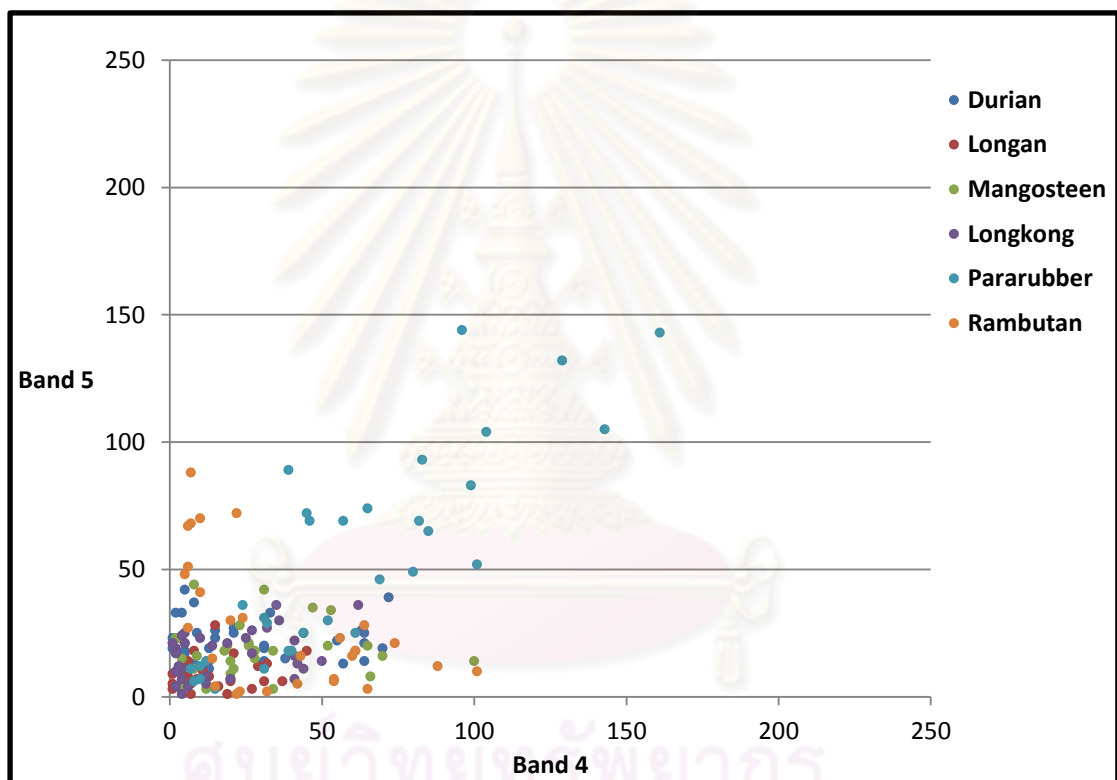


รูปที่ 3.12 scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างยางพาราและเงาะในแบนด์ 4 และ 5



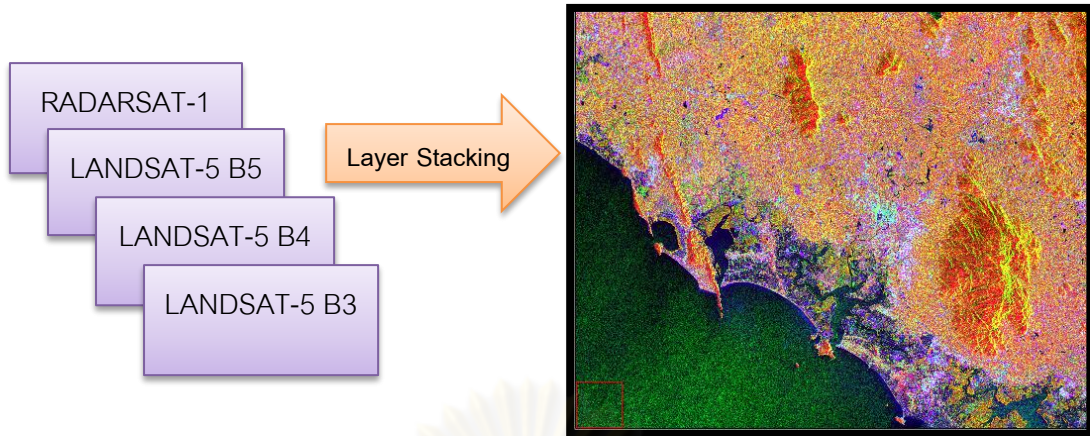
รูปที่ 3.13 scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างยางพาราและเงาะในแบนด์ 4 และ 5

เมื่อนำพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม่ยืนต้นทุกประเภทในแบนด์ 4 และ 5 มาแสดงลงในกราฟ scatter plot (รูปที่ 3.14) จะพบว่า ยางพาราสามารถแยกจากไม้ผลชนิดอื่นได้อย่างชัดเจน อาจเนื่องจากยางพาราในแต่ละช่วงฤดูจะมีลักษณะใบที่แตกต่างกันออกไป เช่น มีช่วงที่ใบเปลี่ยนสีและมีช่วงการผลัดใบ ซึ่งทำให้ค่าการสะท้อนที่ได้แตกต่างกับไม้ผลชนิดอื่น และด้วยรูปแบบการปลูกที่ชัดเจน มีขอบเขต เป็นระเบียบ ไม่มีการปะปนของพืชชนิดอื่น ซึ่งสามารถเห็นขอบเขตได้ชัดเจนให้ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ดังนั้นเมื่อทำการจำแนกในข้อมูลภาพดาวเทียมแล้ว น่าจะให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกที่ดี



รูปที่ 3.14 scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างผลไม้และไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในแบนด์ 4 และ 5

ดังนั้นในการทำภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 จึงนำช่วงคลื่น C แบนด์ ของภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 ที่ผ่านการลดสัญญาณรบกวนแล้ว มาผสมกับแบนด์ 3, แบนด์ 4 และ แบนด์ 5 ของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 แสดงได้ดังรูปที่ 3.15 โดยการนำภาพสีผสมที่จำกำหนดให้แบนด์ 4, Radar และ แบนด์ 3 แทน Red:Green:Blue



รูปที่ 3.15 การทำ Band combination ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

3.2.1 จำนวนจุดภาพตัวอย่าง

การสำรวจเก็บข้อมูลตัวอย่างจะต้องมีจำนวนข้อมูลตัวอย่างให้เพียงพอตามหลักสถิติที่ใช้ในการจำแนกภาพดาวเทียมและต้องทำการเลือกตำแหน่งของการเก็บข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ได้ตัวแทนข้อมูลที่หลากหลายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ไม่ควรเป็นข้อมูลที่มาจากพื้นที่ตำแหน่งใดตำแหน่งเดียว โดย Congalton and Green (2009) ได้กำหนดจำนวนจุดภาพตัวอย่างซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสูตร

$$n = \frac{B\pi_i(1-\pi_i)}{b_i^2} \quad (3.2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนจุดภาพที่ต้องการสำหรับการจำแนก

π_i คือ สัดส่วนจำนวนจุดภาพของชนิดการจำแนก i เทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

b คือ ค่าระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการจากข้อมูลการจำแนก

B คือ $\chi^2_{(1,1-\alpha/k)}$ (ค่าที่ได้จากตาราง Chi square ที่ Degree of freedom เท่ากับ 1 กับค่า $1 - \frac{\alpha}{k}$); ตาราง Chi square สามารถดูได้ในภาคผนวก

α คือ ระดับนัยสำคัญของข้อมูล ($\alpha = 1-b$)

k คือ จำนวนของชนิดการจำแนก

กำหนดให้ความเชื่อมั่นที่ต้องการ เท่ากับ ร้อยละ 95 มีระดับนัยสำคัญ เท่ากับ ร้อยละ 5 ทำการจำแนกข้อมูลออกเป็น 6 ประเภท จะได้ค่า B ที่ $\chi^2_{(1,0.9917)}$ เท่ากับ 7.04 ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกได้ดังนี้

$$n = \frac{(7.04)(0.3784)(1 - 0.3784)}{0.05^2}$$

$$n = 663$$

ดังนั้น ต้องใช้จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ประกอบด้วยข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบรวมกันอย่างน้อยเท่ากับ $663 \times 2 = 1326$ จุดภาพ สามารถแบ่งเป็นข้อมูลของชนิดการจำแนก 6 ชนิด ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด ลองกอง ลำไยและยางพารา ทำให้ต้องเก็บข้อมูลในการสำรวจข้อเท็จจริงในสนามอย่างน้อยชนิดการจำแนกละ $1326/6 = 221$ จุดภาพ

3.2.2 การเก็บข้อมูลตัวอย่างในภาคสนาม

การกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภท ในการศึกษานี้ได้กำหนดให้ใช้จำนวนข้อมูลจุดภาพในแต่ละตำแหน่งของการเก็บตัวอย่าง ไม่เกิน 20 จุดภาพ (ประมาณ 1.95 ไร่) คือ ในแต่ละตำแหน่งจะจำกัดให้มีขนาดพื้นที่ไม่เกิน 20 จุดภาพ เพื่อลดโอกาสการปะปนจากข้อมูลจำแนกชนิดอื่น ซึ่งถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่มากอาจจะมีไม้ผลชนิดอื่นปนเข้ามาได้ จากจำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ต้องการในการจำแนกที่คำนวณได้ ทำให้ต้องทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างของแต่ละชนิดการจำแนกในพื้นที่สำรวจอย่างน้อยชนิดละ $221/20 = 11$ ตำแหน่ง ซึ่งรวมเป็นตำแหน่งข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด อย่างน้อย 66 ตำแหน่ง

ในการสำรวจข้อมูลภาคพื้นดินจะใช้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ในการนำมาวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตรวจสอบ (Check area) ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามระหว่างวันที่ 14 – 19 มิถุนายน 2552 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในวันที่ 1 – 3 กรกฎาคม 2552 โดยใช้ Handheld GPS ในการบันทึกค่าพิกัดของจุดที่สำรวจ และมีการบันทึกภาพประกอบ

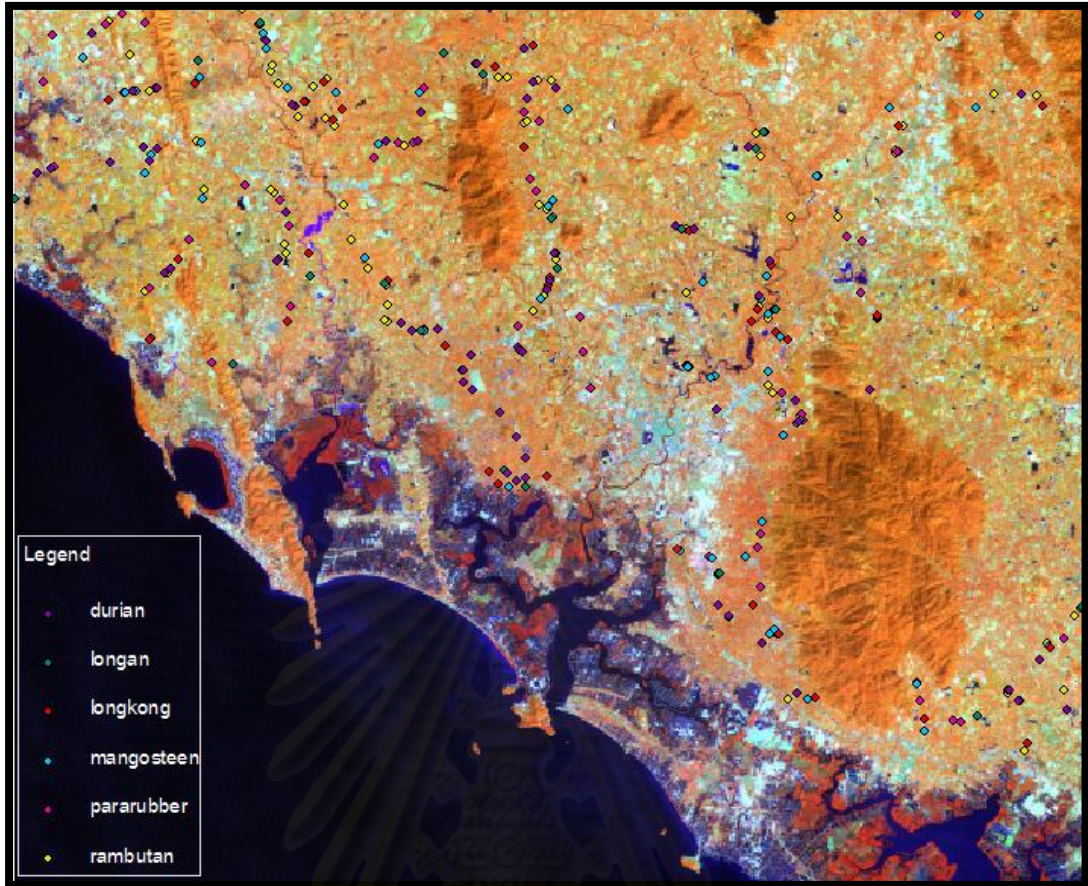
การสำรวจข้อมูลภาคสนามจะต้องมีการวางแผนงานและเตรียมข้อมูลให้พร้อมก่อนลงภาคสนามเพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย โดยในการศึกษานี้ได้ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เบื้องต้นแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสำรวจภาคสนาม ซึ่งการจำแนกแบบนี้จะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของข้อมูลเพียงอย่างเดียว ซึ่งกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนกจะนำมาใช้ประกอบในการกำหนดจุดสำรวจ โดยมีการใช้แผนที่ภูมิประเทศที่ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษาและข้อมูลภาพจาก Google Earth มาทำ

เป็น layout โดยกำหนดจุดที่จะทำการสำรวจในภาคสนาม ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกจากข้อมูลภาพจาก Google Earth และใช้แผนที่ภูมิประเทศมาประกอบเพื่อสามารถวางแผนเส้นทางการสำรวจในแต่ละพื้นที่ได้

การสำรวจข้อมูลภาคสนามควรดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกันหรือในช่วงฤดูกาลเดียวกันกับการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ หากไม่สามารถดำเนินการในช่วงเวลาที่ตรงกันได้ ควรมีการสอบถามข้อมูลจากคนในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจากการออกสำรวจข้อมูลภาคสนามได้ทำการเก็บข้อมูลไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้งหมด 312 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งแบ่งเป็นตำแหน่งพื้นที่ตัวอย่าง 200 ตำแหน่ง โดยมีจำนวนจุดภาพตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกทั้งหมด 7,574 จุดภาพ และตำแหน่งพื้นที่ตรวจสอบ 112 ตำแหน่ง โดยมีจำนวนจุดภาพที่ใช้ในการตรวจสอบหลังการจำแนกทั้งหมด 3,301 จุดภาพ แสดงได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนพื้นที่ตัวอย่างและตรวจสอบของไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละประเภท

ประเภทข้อมูล	จำนวนพื้นที่ตัวอย่างและตรวจสอบ			
	ตำแหน่งตัวอย่าง	จุดภาพตัวอย่าง	ตำแหน่งตรวจสอบ	จุดภาพตรวจสอบ
ทุเรียน	42	1,240	22	498
เงาะ	50	1,675	27	745
มังคุด	36	1,130	20	427
ลองกอง	26	839	14	251
ลำไย	14	491	10	252
ยางพารา	32	2,199	19	1,128
รวม	200	7,574	112	3,301

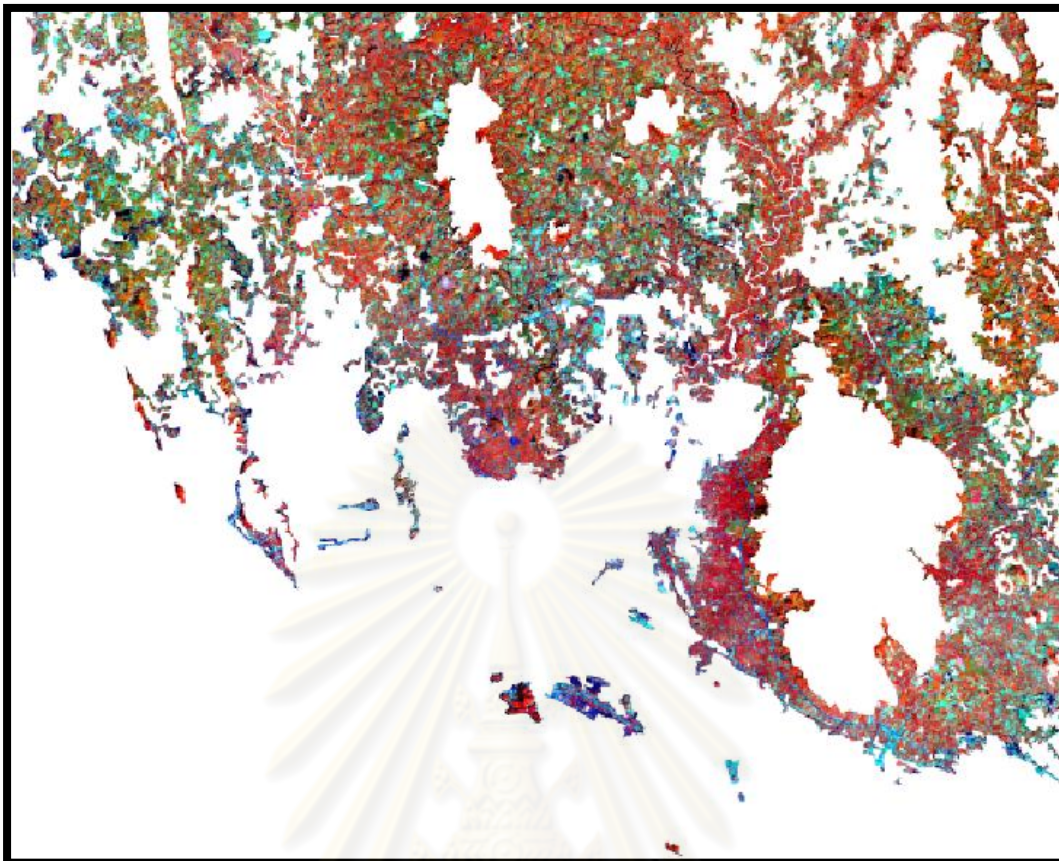


รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งสำรวจข้อมูลภาคสนามของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท

3.3 การวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม

3.3.1 การสร้าง Mask

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะไม้ผลและไม้ยืนต้น ซึ่งในภาพดาวเทียมนั้นมีสิ่งปกคลุมดินอยู่หลากหลายประเภทและมีบางส่วนของภาพเป็นพื้นที่ทะเลและภูเขา ดังนั้นก่อนการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม จึงต้องทำการตัดพื้นที่บางส่วนในภาพดาวเทียมออก เพื่อทำการแยกสิ่งปกคลุมประเภทอื่นๆ ออกไป โดยการนำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดจันทบุรีมาทำการสร้าง Mask ซึ่งจะเลือกเฉพาะพื้นที่ที่เป็นไม้ผลและไม้ยืนต้น จากนั้นจึงนำ Mask มาใช้ในขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมต่อไป ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การสร้าง Mask พื้นที่ไม้ผลและไม่ยืนต้นของพื้นที่ศึกษา

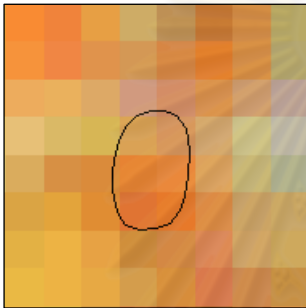
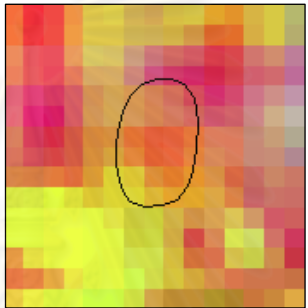

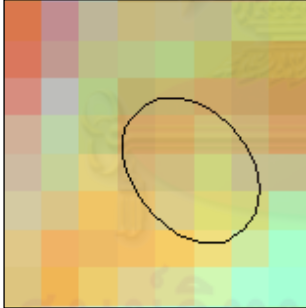
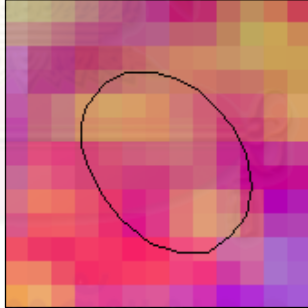

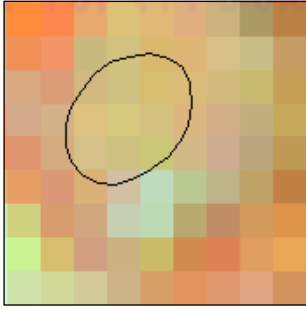
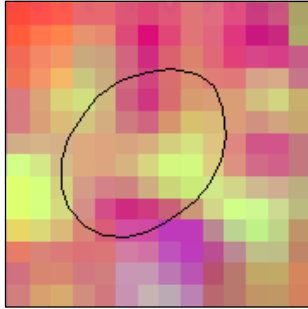

3.3.2 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง

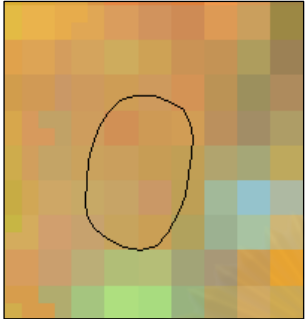



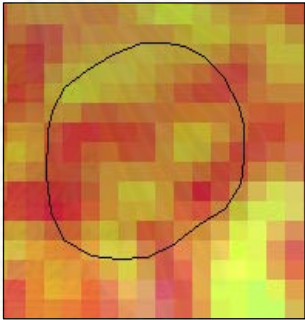

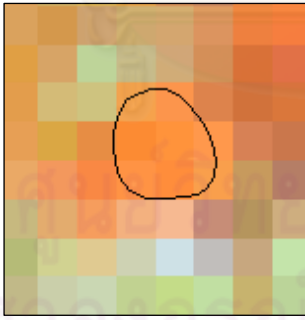
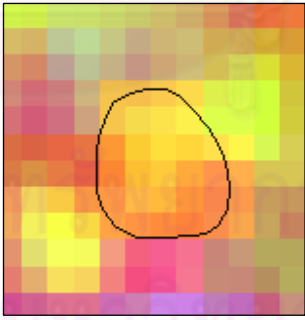

การกำหนดพื้นที่ตัวอย่างเป็นขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างให้กับข้อมูลแต่ละประเภท เพื่อให้ได้ข้อมูลตัวอย่างมาทำการประมาณค่าสถิติ ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างจะต้องเลือกพื้นที่ที่มีความหลากหลายและครบถ้วน เพื่อให้ได้ตัวแทนของประชากรทั้งหมด และการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจึงควรเลือกมากกว่า 1 พื้นที่ในแต่ละชนิด โดยในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างนั้น จะนำข้อมูลที่ใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่างและพื้นที่ตรวจสอบที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจากตารางที่ 3.3 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 312 ตำแหน่ง มาสร้างเป็นพื้นที่ (area) โดยในแต่ละตำแหน่งนั้นจะมีจำนวนพื้นที่ไม่เกิน 20 จุดภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่ตัวอย่างให้กับประเภทของไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ ทุเรียน ลำไย ลองกอง มังคุด ยางพารา และเงาะ การกำหนดพื้นที่ตัวอย่างในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 จะเหมือนกับในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5

และ RADARSAT-1 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างในภาพดาวเทียมทั้งสอง แสดงได้
ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และภาพผสม
ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

ประเภท ไม้ผล	LANDSAT-5	ภาพผสม LANDSAT-5 และRADARSAT-1	พื้นที่จริง
ทุเรียน			
ลำไย			
ลองกอง			

ประเภท ไม้ผล	LANDSAT-5	ภาพผสม LANDSAT-5 และRADARSAT-1	พื้นที่จริง
มังคุด			
ยางพารา			
เงาะ			

3.3.3 การวิเคราะห์ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง

เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง ได้แก่ ค่า Minimum, Maximum, Mean และ Standard Deviation ของข้อมูลแต่ละประเภท ที่ได้จากการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างในหัวข้อ 3.3.2 เพื่อนำมาคำนวณค่า Spectral Signature ที่ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลแต่ละประเภท

ในการจำแนก ซึ่งการวิเคราะห์และศึกษาค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษานี้ จะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 แสดงได้ดังตารางที่ 3.5 และ 3.6

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม่ยืนต้น 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5

ประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้น	Band	Statistic			
		Min	Max	Mean	SD
ทุเรียน	Band 3	20	37	28.0	3.8
	Band 4	55	95	75.2	6.3
	Band 5	52	108	74.1	13.1
ลำไย	Band 3	21	47	29.3	5.0
	Band 4	62	87	74.4	5.2
	Band 5	45	115	78.6	14.8
ลองกอง	Band 3	20	38	26.5	3.5
	Band 4	57	92	74.0	5.9
	Band 5	49	98	70.4	10.6
มังคุด	Band 3	19	40	26.9	4.5
	Band 4	53	91	73.9	5.9
	Band 5	40	113	69.2	15.9
ยางพารา	Band 3	17	39	24.8	3.4
	Band 4	58	90	71.6	6.8
	Band 5	48	113	73.4	9.6
เงาะ	Band 3	20	38	24.6	3.2
	Band 4	63	98	83.7	7.3
	Band 5	40	111	67.5	10.0

จากตารางที่ 3.5 เมื่อพิจารณาค่าสถิติของค่าสะท้อนในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 พบว่า ค่าการสะท้อนในแต่ละแบนด์มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน ซึ่งค่า Mean ในแต่ละแบนด์ของพืชแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า SD ของไม้ผลและไม้ยืนต้นทุกประเภทจะมีค่าสูงในแบนด์ 5 โดยเฉพาะมังคุดและลำไย จะเห็นได้ว่าพื้นที่ตัวอย่างค่อนข้างกระจายตัวหรือมีความหลากหลาย แต่ในข้อมูลยางพารามีค่า SD ต่ำกว่าไม้ผลและไม้ยืนต้นประเภทอื่น ซึ่งพื้นที่ตัวอย่างจะมีความเป็นประเภทเดียวกันสูง

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าสถิติของค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1

ประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น	Statistic	
	Mean	Standard Deviation
1.ทุเรียน	129.8	46.1
2.ลำไย	134.0	51.3
3.ลองกอง	130.6	46.0
4.มังคุด	132.6	43.6
5.ยางพารา	127.7	47.4
6.เงาะ	133.1	45.9

จากตารางที่ 3.6 เมื่อพิจารณาค่าสถิติดังกล่าว พบว่าไม้ผลแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันหรืออยู่ในช่วงที่ซ้อนทับกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า Mean ของไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละประเภทแล้วมีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนค่า SD มีค่าค่อนข้างมาก โดยเฉพาะลำไย ทำให้ทราบว่าข้อมูลแต่ละประเภทสามารถแยกออกจากกันได้น้อยหรือไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างชัดเจน ซึ่งค่า Spectral Signature ของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละประเภทนั้นจะนำไปใช้ในขั้นตอนการจำแนกต่อไป

3.3.4 การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม (Image Classification)

ในขั้นตอนนี้จะทำการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมโดยใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่าความสว่างของพื้นที่ตัวอย่างไป

คำนวณหาค่าสถิติ เช่น ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และ ค่า Covariance matrix ของแต่ละประเภทข้อมูล โดยค่าเหล่านี้จะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด และภายในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจะต้องเป็นข้อมูลประเภทเดียวกันหรือมีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous)

โดยนำพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ที่ได้กำหนดให้กับข้อมูลแต่ละประเภทจากข้อ 3.3.2 มาใช้เป็นตัวแทนในการจำแนกข้อมูลภาพทั้งข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งจำแนกโดยใช้วิธี Maximum Likelihood การจำแนกข้อมูลวิธีนี้จะพิจารณาค่าเฉลี่ยและ Covariance Matrix ของข้อมูลตัวอย่างจากทุกช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภท โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานของการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution)

3.4 การตรวจสอบผลการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม

หลังจากที่ได้จำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพดาวเทียมออกเป็นแต่ละประเภทแล้ว จะต้องมีการประเมินความถูกต้องของการจำแนก (Classification Accuracy Assessment) ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ทั้งในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 แล้วทำการเปรียบเทียบผลความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมในภาพทั้งสอง

ในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลจากภาพดาวเทียมนั้น จะทำการตรวจสอบผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามดังแสดงในตารางที่ 3.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นที่ตรวจสอบ (Check area) ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกภาพดาวเทียม คือ การตรวจสอบแบบเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) และการตรวจสอบแบบสถิติแคปป่า (Kappa Statistic)

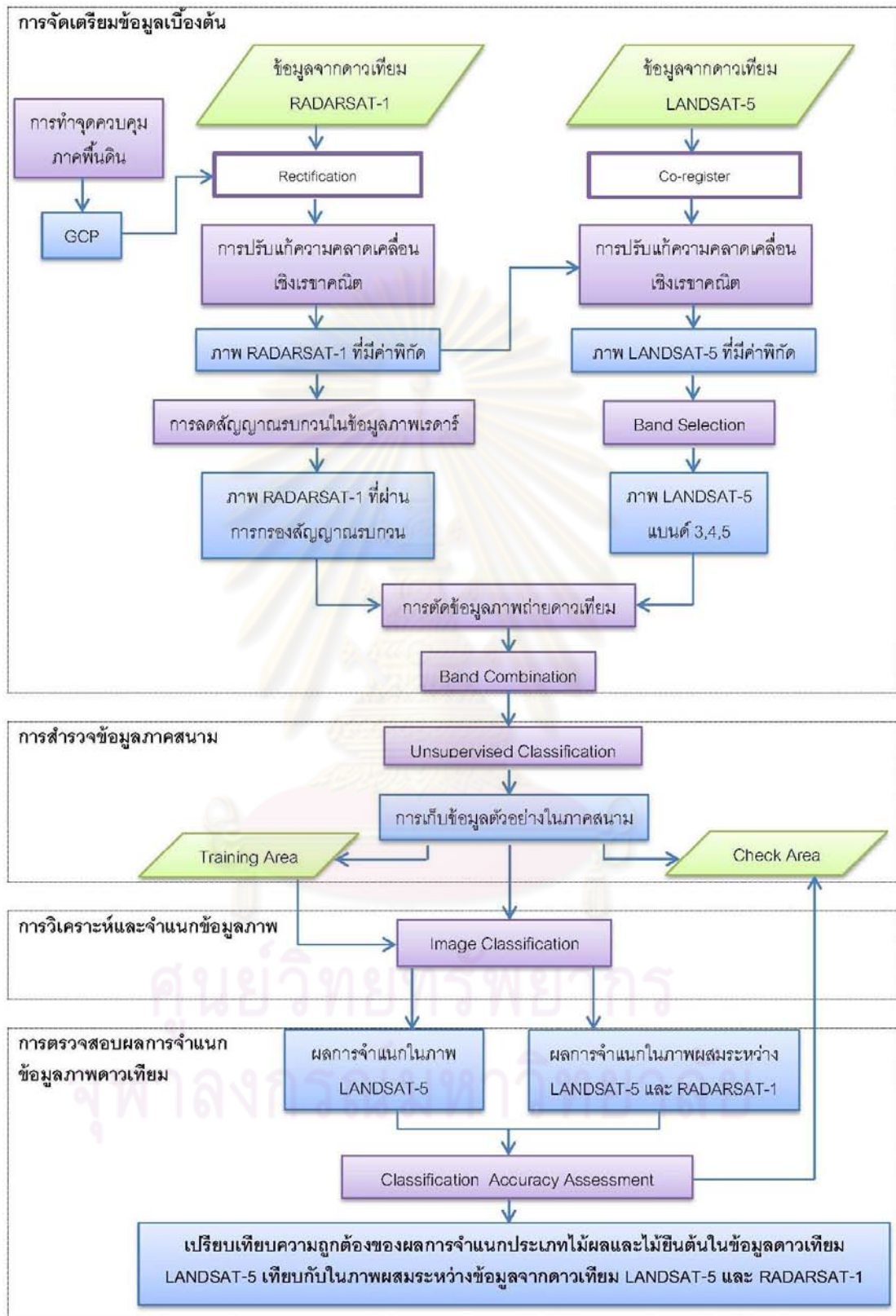
ในการตรวจสอบแบบเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ซึ่งความถูกต้องของข้อมูลจะถูกเปรียบเทียบออกมา 2 แบบ คือ Omission Error เป็นค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่สนใจทำการจำแนกไปเป็นประเภทอื่นๆ หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการจำแนกหายไป และ Commission Error เป็นความผิดพลาดของประเภทข้อมูลอื่นที่จำแนกเกินมาเป็นประเภทข้อมูลที่สนใจ หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่จำแนกเกินมา ส่วนการตรวจสอบแบบสถิติแคปป่า จะบอกถึงข้อมูลในแต่ละประเภททั้งหมดว่ามีความเข้ากันได้หรือมีความถูกต้องระหว่างข้อมูลจากการจำแนกภาพและข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสูตร (Congalton, R.G., 2009)

$$KHAT = \frac{|N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}|}{n^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}}$$

- โดยที่ r = จำนวนแถว
 N = จำนวนทั้งหมดที่ทำการจำแนก
 x_{ii} = จำนวนค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท
 x_{+i}, x_{i+} = จำนวนเศษค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยทั้งหมดตามที่กล่าวมาข้างต้นในการศึกษาจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งสามารถสรุปได้ตามแผนภาพแสดงดังรูปที่ 3.18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.18 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของค่าสะท้อนในแต่ละประเภทการจำแนกของภาพดาวเทียม LANDSAT-5 และค่าทางสถิติของค่าการกระจัดกระจายกลับของภาพดาวเทียม RADARSAT-1 รวมทั้งผลการจำแนกที่ได้จากการใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและการใช้ภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ด้วย นอกจากนี้ยังกล่าวถึงผลการเปรียบเทียบการจำแนกที่ได้จากภาพทั้งสอง

4.1 การสร้าง Spectral Signature

จากการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของไม้ผลและไม่ยืนต้นทุกประเภทในข้อ 3.3.2 จากนั้นจะนำค่าการสะท้อนทุกจุดภาพและทุกช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภท มาวิเคราะห์ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง เพื่อเป็น Spectral Signature ของพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภท สำหรับใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลในการจำแนก โดยการศึกษาและวิเคราะห์ค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่าง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

4.1.1 ผลการวิเคราะห์จากค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม่ยืนต้น 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5

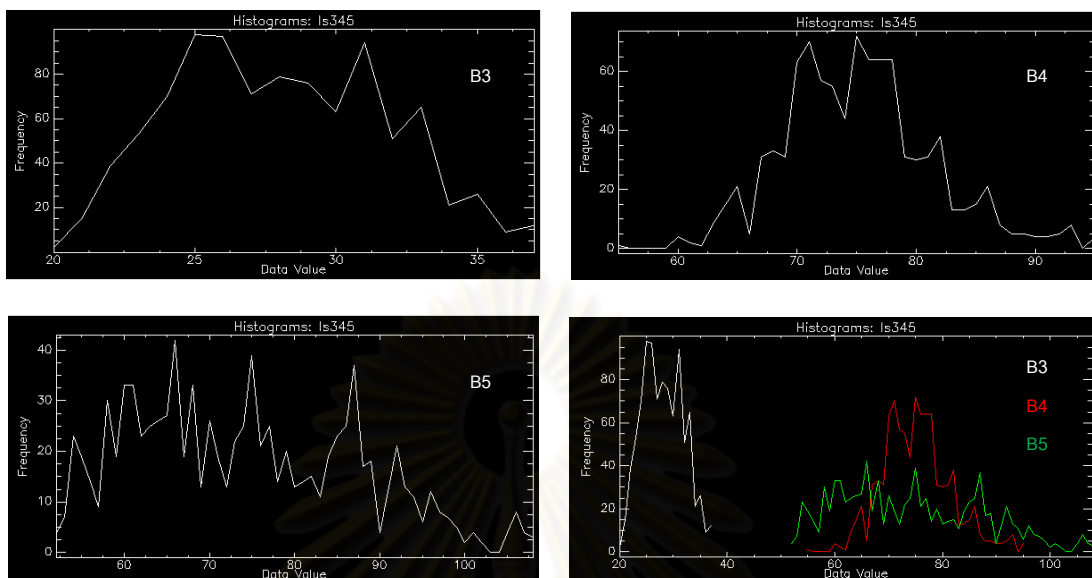
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสถิติของค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในแต่ละช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5

ประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น	Band	Statistic			
		Min	Max	Mean	SD
ทุเรียน	Band 3	20	37	28.0	3.8
	Band 4	55	95	75.2	6.3
	Band 5	52	108	74.1	13.1
ลำไย	Band 3	21	47	29.3	5.0
	Band 4	62	87	74.4	5.2
	Band 5	45	115	78.6	14.8
ลองกอง	Band 3	20	38	26.5	3.5
	Band 4	57	92	74.0	5.9
	Band 5	49	98	70.4	10.6
มังคุด	Band 3	19	40	26.9	4.5
	Band 4	53	91	73.9	5.9
	Band 5	40	113	69.2	15.9
ยางพารา	Band 3	17	39	24.8	3.4
	Band 4	58	90	71.6	6.8
	Band 5	48	113	73.4	9.6
เงาะ	Band 3	20	38	24.6	3.2
	Band 4	63	98	83.7	7.3
	Band 5	40	111	67.5	10.0

1. ทุเรียน

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากทุเรียนดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่าในช่วงคลื่นสีแดง (B3) มีช่วงของค่าการสะท้อนที่สามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ได้อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของทุเรียน พบว่า ทุเรียนมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรด

ใกล้(B4) ซึ่งมีค่าสะท้อนใกล้เคียงกับในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น(B5) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง(B3)



รูปที่ 4.1 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Covariance ของทุเรียน

Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	14.089	-10.074	41.163
4(NIR)	-10.074	39.605	-20.373
5(SWIR)	41.163	-20.373	171.318

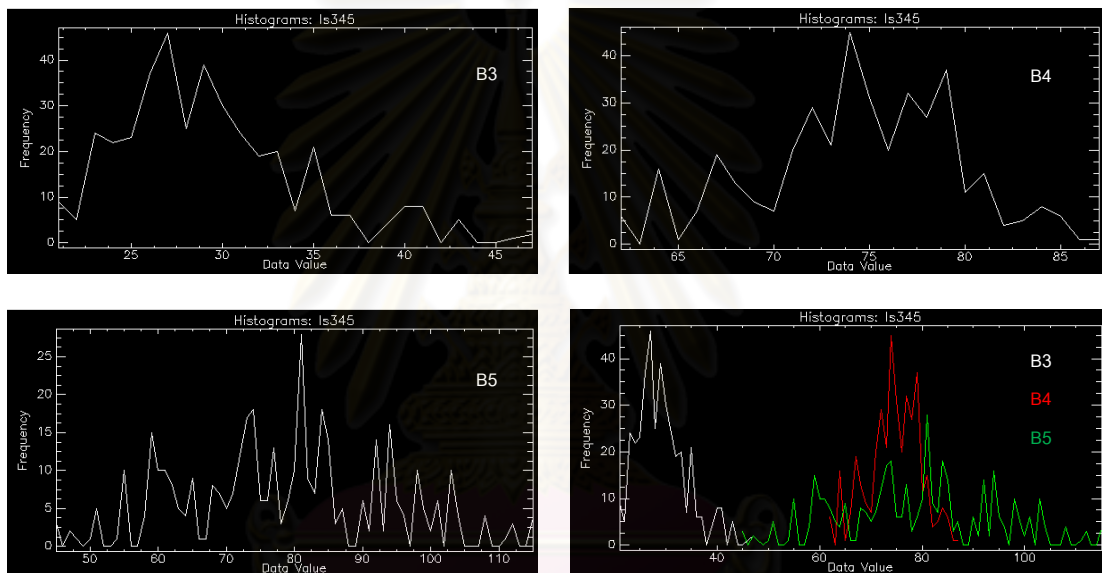
เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูลทุเรียน พบว่า มีค่าการสะท้อนเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภเดียวกัน (Homogeneous) อยู่ในช่วงคลื่นสีแดง ดังแสดงใน Histogram (รูปล่างขวา) ซึ่งกราฟค่าสะท้อนเกาะกลุ่มกันสูงอยู่ในช่วงแคบและสามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้นอย่างชัดเจน แต่ข้อมูลทุเรียนจะมีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่าการสะท้อนหลากหลายในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น เนื่องจากกราฟมีช่วงของค่าสะท้อนที่กระจายตัวกว้าง และในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้นจะมีค่าการสะท้อนอยู่ในช่วงเดียวกันหรือซ้อนทับกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลทุเรียนที่แตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย

และในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของทุเรียนได้ใกล้เคียงกัน

2. ลำไย

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากลำไยดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่าในช่วงคลื่นสีแดง (B3) มีช่วงของค่าการสะท้อนที่สามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ได้อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของลำไย พบว่า ลำไยมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3)



รูปที่ 4.2 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างลำไยในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Covariance ของลำไย

Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	25.034	-17.743	64.587
4(NIR)	-17.743	26.585	-38.817
5(SWIR)	64.587	-38.817	218.998

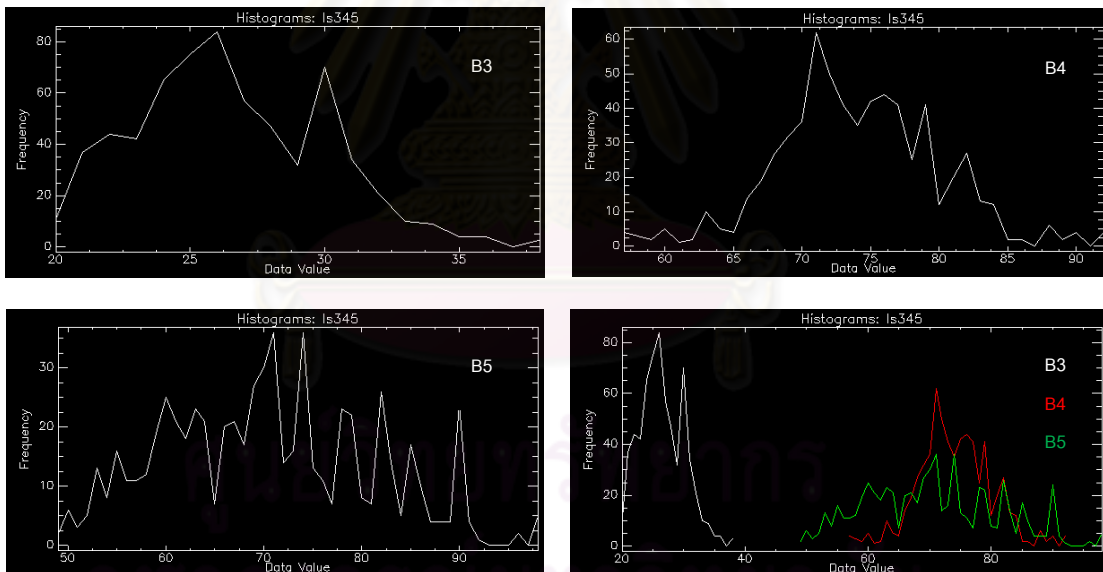
เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูลลำไย พบว่า มีค่าการสะท้อนเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภเดียวกัน (Homogeneous) อยู่ในช่วงคลื่นสีแดงและมีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่าสะท้อนที่หลากหลายในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่น

สิ้น จาก Histogram (รูปล่างขวา) จะเห็นได้ว่า ค่าการสะท้อนของทั้ง 3 ช่วงคลื่นมีการเหลื่อมกัน ซึ่งค่าการสะท้อนของลำไยในแต่ละช่วงคลื่นจะมีการกระจายตัวอยู่ในช่วงกว้าง ดังนั้น ข้อมูลลำไย จึงมีความหลากหลายค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลและไม้ยืนต้นประเภทอื่น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดง กับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลลำไยแตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย และในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของลำไยได้ใกล้เคียงกัน

3. ลองกอง

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากลองกองดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่าในช่วงคลื่นสีแดง (B3) มีช่วงของค่าการสะท้อนที่สามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ได้อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของลองกอง พบว่า ลองกองมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3)



รูปที่ 4.3 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างลองกองในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า Covariance ของลองกอง

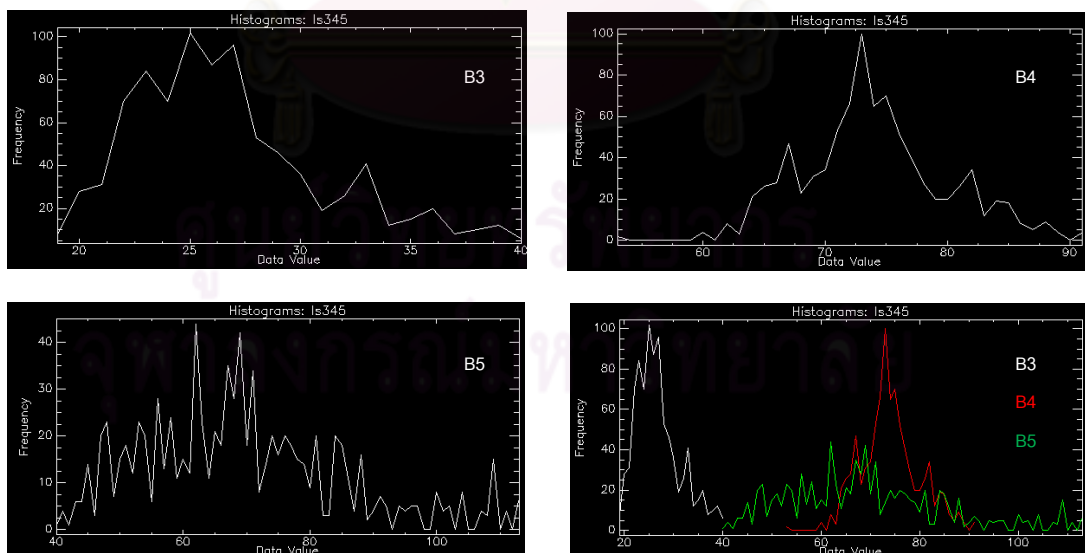
Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	12.442	-10.171	30.577
4(NIR)	-10.171	35.028	-20.715
5(SWIR)	30.577	-20.715	112.013

เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูล ลอกรอง พบว่า มีค่าการสะท้อนเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภทเดียวกัน (Homogeneous) อยู่ในช่วงคลื่นสีแดง เนื่องจากค่าการสะท้อนในกราฟมีการเกาะกลุ่มอยู่ในช่วงแคบ แยกออกจาก ช่วงคลื่นอื่นได้ชัดเจน ดังแสดงใน Histogram (รูปล่างขวา) แต่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และ อินฟราเรดคลื่นสั้นอยู่ในช่วงที่ซ้อนทับกัน ซึ่งในข้อมูลลอกรองจะมีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่า สะท้อนที่หลากหลายในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดง กับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลลอกรองที่แตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย และในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของลอกรองได้ใกล้เคียง กัน

4. มังคุด

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากมังคุดดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่า ในช่วงคลื่นสีแดง (B3) มีช่วงของค่าการสะท้อนที่สามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ได้อย่างชัดเจน และเมื่อ พิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของมังคุด พบว่า มังคุดมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3)



รูปที่ 4.4 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างมังคุดในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Covariance ของมังคุด

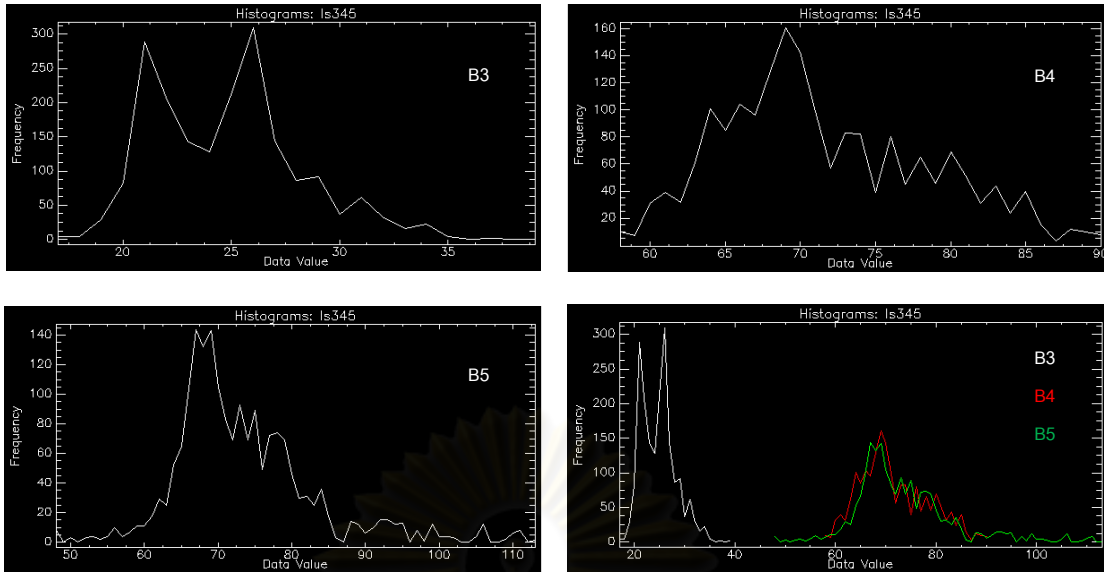
Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	20.603	-14.737	63.120
4(NIR)	-14.737	35.370	-54.040
5(SWIR)	63.120	-54.040	252.793

เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูลมังคุด พบว่า มีค่าการสะท้อนเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภเดียวกัน (Homogeneous) อยู่ในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ดังแสดงได้จาก Histogram (รูปล่างขวา) ซึ่งทั้งสองช่วงคลื่นมีลักษณะกราฟเกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วงแคบ และแยกออกจากกันชัดเจน ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นมีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่าสะท้อนที่หลากหลาย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลมังคุดที่แตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย และในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของมังคุดได้ใกล้เคียงกัน

5. ยางพารา

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากยางพาราดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่า ช่วงของค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) มีการซ้อนทับกัน และเมื่อพิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของยางพารา พบว่า ยางพารามีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ซึ่งมีค่าสะท้อนใกล้เคียงกับในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3)



รูปที่ 4.5 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างบางพาราในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า Covariance ของบางพารา

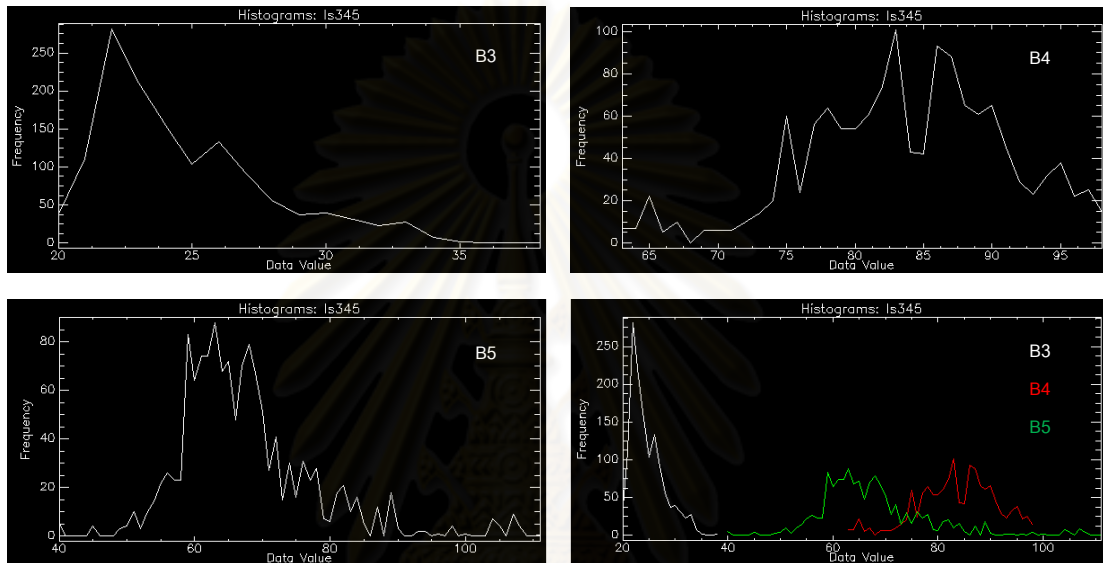
Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	11.581	-9.937	24.426
4(NIR)	-9.937	46.423	-22.618
5(SWIR)	24.426	-22.618	92.931

เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูลบางพารา พบว่า ค่าการสะท้อนของบางพารามีลักษณะการเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภเดียวกัน (Homogeneous) สูงในทุกช่วงคลื่น ดังแสดงใน Histogram (รูปล่างขวา) โดยเฉพาะในช่วงคลื่นสีแดงแยกออกจากช่วงคลื่นอื่นได้อย่างชัดเจน แต่มีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่าสะท้อนที่หลากหลายในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งทั้งสองช่วงคลื่นมีช่วงของค่าสะท้อนใกล้เคียงหรือซ้อนทับกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลบางพาราที่แตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย และในช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของบางพาราได้ใกล้เคียงกัน

6. เงาะ

ค่าสถิติของค่าการสะท้อนจากเงาะดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า Min และ Max ในแต่ละแบนด์ พบว่า ในช่วงคลื่นสีแดง (B3) มีช่วงของค่าการสะท้อนที่สามารถแยกออกจากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) ได้อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาค่าสะท้อนเฉลี่ยของเงาะ พบว่า เงาะมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และจะให้ค่าสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3)



รูปที่ 4.6 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างเงาะในช่วงคลื่น 3,4,5

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า Covariance ของเงาะ

Layer	3(R)	4(NIR)	5(SWIR)
3(R)	9.969	-13.435	26.301
4(NIR)	-13.435	53.251	-30.693
5(SWIR)	26.301	-30.693	100.638

เมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation, Histogram และ Covariance ของข้อมูลเงาะ พบว่า มีค่าการสะท้อนเกาะกลุ่มกันหรือมีความเป็นประเภเดียวกัน (Homogeneous) สูงอยู่ในช่วงคลื่นสีแดง ดังแสดงใน Histogram (รูปล่างขวา) ส่วนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้น มีช่วงค่าการสะท้อนเหลื่อมกัน และมีการกระจายตัวกันมากหรือมีค่าสะท้อนที่หลากหลายในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ช่วงคลื่น จะพบว่า ในช่วงคลื่นสีแดง กับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะแสดงข้อมูลเงาที่แตกต่างกันหรือให้ค่าการสะท้อนที่หลากหลาย และในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น จะแสดงค่าสะท้อนของเงาได้ใกล้เคียงกัน

จากการพิจารณาค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภท พบว่า ลักษณะค่าการสะท้อนของไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ชนิด ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ส่วนใหญ่มีค่าการสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (B4) และมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3) โดยไม้ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภทจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานที่คล้ายคลึงกันหรือลักษณะเดียวกัน แต่ลำไยและยางพาราจะมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยสูงในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (B5) และมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยต่ำในช่วงคลื่นสีแดง (B3) นอกจากนี้ไม้ผลบางประเภทจะมีค่าสะท้อนเฉลี่ยสูงมากในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้(B4) ได้แก่ เงาะ ซึ่งแตกต่างและแยกออกจากไม้ผลประเภทอื่นอย่างชัดเจน

4.1.2 ผลการวิเคราะห์จากค่าสถิติของค่าการกระจายกลับของข้อมูลแต่ละประเภท จากข้อมูลภาพดาวเทียม RADARSAT-1

หากพิจารณาค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ในไม้ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภทจากตารางที่ 3.7 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. ทุเรียน มีค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ปานกลาง ปรากฏเป็นสีเทาบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากทุเรียนมีลักษณะทรงพุ่มชัดเจน คือเป็นพุ่มแหลมและโปร่ง ใบเรียวยาวเล็ก ซึ่งจะแตกต่างจากไม้ผลและไม่ยืนต้นประเภทอื่นๆ ทำให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ได้มาจากเรือนยอดและสามารถทะลุเข้าไปภายในเรือนยอดได้ นอกจากนี้มีการปลูกเป็นแถวและระยะการปลูกห่างทำให้สัญญาณเรดาร์ยังสามารถทะลุลงไปถึงสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นดินได้ด้วย

2. ลำไย มีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์สูงกว่าไม้ผลและไม่ยืนต้นประเภทอื่น ปรากฏเป็นสีอ่อนบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากลำไยมีลักษณะทรงพุ่มที่หนาแน่นพุ่มแผ่กว้าง เรือนยอดไม่สม่ำเสมอและมีการปลูกเป็นแถวห่างๆ ทำให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากภายในเรือนยอดและสัญญาณเรดาร์ยังสามารถทะลุลงไปถึงสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นดินได้ และเมื่อพิจารณาค่า Standard Deviation ของลำไย (ตารางที่ 3.7) จะเห็นได้ว่า มีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น เนื่องจากพื้นที่ตัวอย่างลำไยมีการ

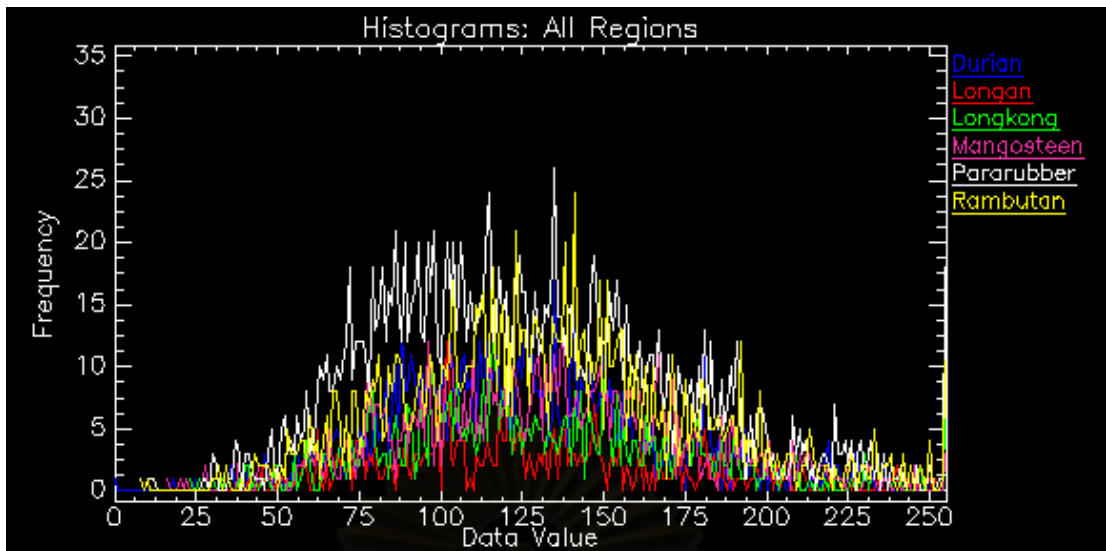
การจัดกระจายสัญญาณเรดาร์ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นผลมาจากอายุของการปลูกลำไยที่แตกต่างกันในแต่ละสวน

3. ลองกอง มีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ปานกลาง ปรากฏเป็นสีเทาบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากลองกองมีลักษณะทรงพุ่มไม่หนาแน่นมาก พุ่มแคบ และพุ่มเล็กกว่าไม้ผลชนิดอื่น มีระยะห่างระหว่างแถวของการปลูก ทำให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากภายในบริเวณเรือนยอดและสัญญาณเรดาร์ยังสามารถทะลุลงไปถึงสิ่งปกคลุมดินหรือพื้นดินได้ ลักษณะการปลูกส่วนใหญ่จะปลูกเป็นแบบสวนผสมโดยจะปลูกแทรกอยู่กับไม้ผลประเภทอื่น เช่น ปลูกแทรกอยู่ระหว่างแถวการปลูกของสวนมังคุด พุเรียนและเงาะ เป็นต้น ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากพืชหลายชนิดได้

4. มังคุด มีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ค่อนข้างสูง ปรากฏเป็นสีอ่อนบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากมังคุดมีลักษณะทรงพุ่มหนาแน่น ใบหนา มีลักษณะโครงสร้างเรือนยอดและกิ่งก้านที่ซับซ้อน ลำต้นสูง นอกจากนี้ยังมีการปลูกเป็นแถวเป็นแนว ระยะห่างระหว่างแถวการปลูกค่อนข้างติดกัน ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากเรือนยอดและสามารถทะลุเข้าไปภายในเรือนยอดนั้น นอกจากนี้ในแต่ละสวนยังมีขนาดของต้นและลักษณะทรงพุ่มที่แตกต่างกันเนื่องมาจากอายุการปลูกไม่เท่ากัน จึงทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์มีความหลากหลายได้

5. ยางพารา มีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ต่ำกว่าไม้ผลและไม่ยืนต้นประเภทอื่น ปรากฏเป็นสีมืดบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากยางพารามีลักษณะทรงพุ่มโปร่ง พุ่มติดกัน มีรูปแบบการปลูกที่ชัดเจน ปลูกติดกันเป็นสวนขนาดใหญ่ ลักษณะแถวการปลูกจะติดกัน มีขนาดของลำต้นเท่าๆ กัน ทำให้ความสูงต่ำของเรือนยอดสม่ำเสมอเท่ากัน ดังนั้นคลื่นไมโครเวฟที่ส่งมาจากดาวเทียมจะกระจายกลับไปในทิศทางอื่น ทำให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จึงไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลและไม่ยืนต้นประเภทอื่น จากตารางที่ 3.7 พบว่าพื้นที่ตัวอย่างของยางพารานั้นมีค่า Mean น้อยกว่าไม้ผลชนิดอื่น ซึ่งข้อมูลจะมีความเป็นประเภทเดียวกันค่อนข้างสูง

6. เงาะ มีค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการกระจายกลับของมังคุด ปรากฏเป็นสีอ่อนบนภาพ RADARSAT-1 เนื่องจากเงาะมีลักษณะทรงพุ่มใหญ่ พุ่มโปร่งแผ่กว้างและค่อนข้างติดกัน ปลูกเป็นสวนขนาดใหญ่ โดยในแต่ละสวนจะมีลักษณะของต้นและอายุการปลูกไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากเรือนยอดและสามารถทะลุเข้าไปภายในเรือนยอดได้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ในไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทจากข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1

เมื่อนำพื้นที่ตัวอย่างของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทมาแสดง Histogram เปรียบเทียบค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ของไม้ผลและไม้ยืนต้นทุกประเภท (รูปที่ 4.7) พบว่าพื้นที่ตัวอย่างของไม้ผลและไม้ยืนต้นทุกประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มีค่าการกระจายกลับอยู่ในช่วงของ DN Value ที่ซ้อนทับกัน เนื่องจากค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท มีค่าใกล้เคียงกัน และกระจายอยู่ในช่วงกว้างมาก แต่มีไม้ผลบางประเภทที่มีค่าเหมือนกันบางช่วงของค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ ได้แก่ ในพื้นที่ตัวอย่างของยางพารา จะมีค่าสูงกว่าไม้ผลประเภทอื่นอยู่ในช่วงประมาณ 60-110 ซึ่งกราฟของยางพาราจะสามารถแยกออกมาจากไม้ผลประเภทอื่นได้ชัดเจน และในพื้นที่ตัวอย่างของเงาะ จะมีค่าสูงกว่าประเภทอื่นในช่วงประมาณ 140-175 แต่จะไม่สามารถแยกออกอย่างชัดเจนดังเช่นในพื้นที่ตัวอย่างยางพารา เนื่องจากยังการซ้อนทับกับพื้นที่ตัวอย่างยางพาราอยู่ ซึ่งทั้งสองประเภทนี้มีค่าการกระจายกลับสัญญาณที่สูงเหมือนกัน อาจจะทำให้สามารถจำแนกออกจากไม้ผลประเภทอื่นได้ดี

การกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์ของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ซึ่งมีลักษณะการกระจายกลับแบบ Volume scattering ทำให้มีค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์สูง เนื่องจากเป็นพืชพรรณที่มีลักษณะเป็นทรงพุ่มและกิ่งก้านต่างๆ ทำให้การกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จะค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งมีสาเหตุจากปัจจัยต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น โครงสร้างของเรือนยอด ลักษณะการแผ่และขนาดของใบ ความสูงต่ำของต้นที่แตกต่างกัน แนวของการปลูกพืช รวมถึงพื้นดินและสิ่งปกคลุมดิน

4.2 ผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวและการใช้ภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

จากการศึกษาสามารถสรุปผลการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทได้ 2 ส่วน คือ ผลการจำแนกในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT -5 เพียงอย่างเดียว และผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

4.2.1 ผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT -5 เพียงอย่างเดียว

จากการศึกษาการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว ผลการศึกษาที่ได้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8, 4.9 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตาราง Error Matrix ของผลการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT -5 เพียงอย่างเดียว

		Reference Data(pixel)						
		ประเภทไม้ผล	ทุเรียน	ลำไย	ลองกอง	มังคุด	ยางพารา	เงาะ
Classified Data	ทุเรียน	60	38	75	41	35	22	271
	ลำไย	26	42	3	13	22	12	118
	ลองกอง	74	13	40	43	109	66	345
	มังคุด	92	2	26	153	36	59	368
	ยางพารา	80	40	6	23	829	53	1031
	เงาะ	166	117	101	154	97	533	1168
	รวม	498	252	251	427	1128	745	3301

ตารางที่ 4.9 แสดงความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกและความถูกต้องในการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5

ประเภทไม้ผล	Omission(%)	Commission(%)	Overall Accuracy(%)
ทุเรียน	87.95	77.86	12.05
ลำไย	83.33	64.41	16.67
ลองกอง	84.06	88.41	15.94
มังคุด	64.17	58.42	35.83
ยางพารา	26.51	19.59	73.49
เงาะ	28.46	54.37	71.54

Overall accuracy = 50.1969%

Kappa Coefficient = 0.3582

จากผลการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนก (Overall accuracy) ร้อยละ 50.1969 และมีค่า Kappa Coefficient 0.3582 ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 มีค่าไม่สูง โดยค่าความถูกต้องในระดับนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาในการจำแนกไม้ผล ซึ่งก็มีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาความถูกต้องในการจำแนกไม้ผลในแต่ละประเภทจากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่า

- ทุเรียน มีจุดภาพที่เป็นทุเรียนทั้งหมด 498 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกเป็นพื้นที่ทุเรียนได้ถูกต้อง 60 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12.05 ส่วนที่เหลือ 438 จุดภาพ ซึ่งจำแนกผิดไปเป็นไม้ผลประเภทอื่น โดยส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 87.95

- ลำไย มีจุดภาพที่เป็นลำไย 252 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ลำไยได้ถูกต้อง 42 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 16.67 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 210 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 83.33

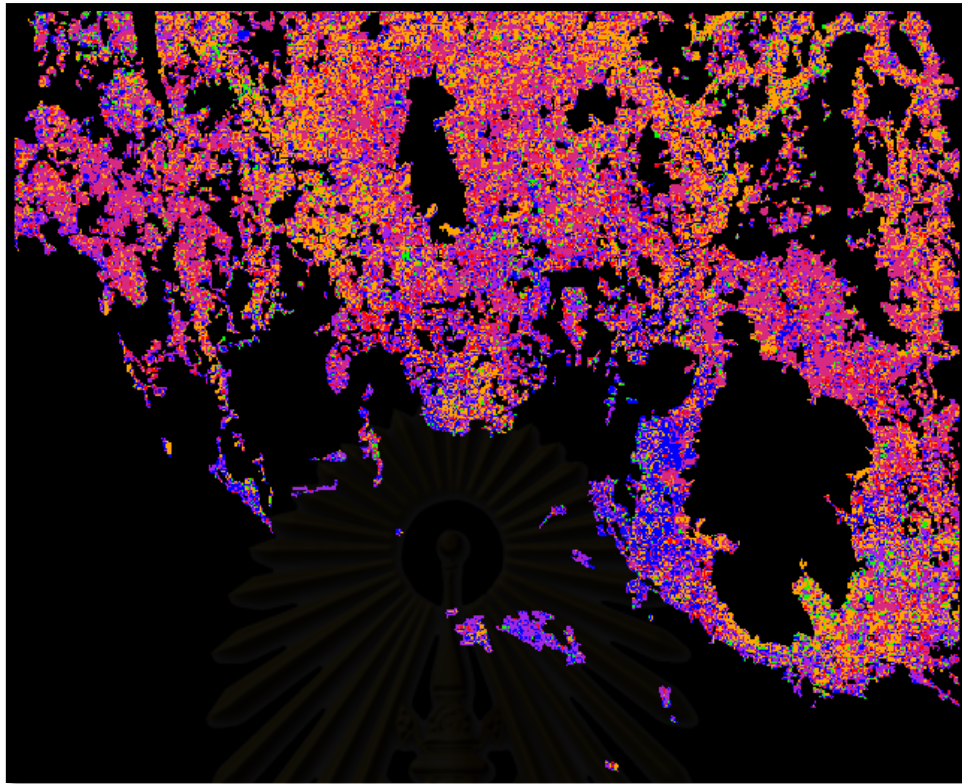
- ลองกอง มีจุดภาพที่เป็นลองกอง 251 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ลองกองได้ถูกต้อง 40 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15.94 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 211 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 84.06

- มังคุด มีจุดภาพที่เป็นมังคุด 427 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่มังคุดได้ถูกต้อง 153 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.83 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 274 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 64.17

- ยางพารา มีจุดภาพที่เป็นยางพารา 1128 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ยางพาราได้ถูกต้อง 829 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 73.49 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 299 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นลองกองและเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 26.51

- เงาะ มีจุดภาพที่เป็นเงาะ 745 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่เงาะได้ถูกต้อง 533 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71.54 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 212 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นลองกอง มังคุดและยางพารา โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 28.46

ไม่ผลและไม่ยืนต้นที่มีค่าความถูกต้องของการจำแนกสูง ได้แก่ ยางพาราและเงาะ ซึ่งไม่ผลและไม่ยืนต้นทั้งสองนี้ให้ค่าความถูกต้องเกินร้อยละ 50 จากผลการจำแนกนั้นเมื่อพิจารณาจาก scatter plot ของพื้นที่ตัวอย่างไม่ผลและไม่ยืนต้นทุกประเภท ดังรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่ายางพาราและเงาะสามารถแยกออกมาจากไม่ผลชนิดอื่นได้อย่างชัดเจน จึงทำให้มีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูง ส่วนไม่ผลและไม่ยืนต้นประเภทอื่นนั้น จะให้ค่าความถูกต้องน้อยเนื่องจากการสะท้อนของไม่ผลและไม่ยืนต้นแต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.8 ผลการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.10 ผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว แยกตามประเภทคิดเป็นพื้นที่

ประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น	จำนวนจุดภาพ (pixel)	ครอบคลุมพื้นที่ (ตร.กม.)	ครอบคลุมพื้นที่ (%)
1.ทุเรียน	1089582	170.25	18.38
2.ลำไย	214625	33.54	3.62
3.ลองกอง	610561	95.40	10.30
4.มังคุด	902571	141.03	15.22
5.ยางพารา	1557086	243.29	26.26
6.เงาะ	1555152	242.99	26.23
รวม	5929577	926.50	100.00

จากผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 พบว่า พื้นที่ปลูกไม้ผลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 926.50 ตารางกิโลเมตร สามารถจำแนกออกเป็นพื้นที่ปลูกไม้ผลและไม่ยืนต้น 6 ประเภท ได้แก่ ทุเรียน ลำไย ลองกอง มังคุด ยางพารา และเงาะ โดยพื้นที่ปลูกยางพาราครอบคลุมเนื้อที่มากที่สุด 243.29 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.26 รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกเงาะครอบคลุมเนื้อที่ 242.99 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.23 พื้นที่ปลูกทุเรียนและมังคุดครอบคลุมเนื้อที่ 170.25 และ 141.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 18.38 และ 15.22 ส่วนพื้นที่ปลูกลองกองและลำไยครอบคลุมเนื้อที่เพียง 95.40 และ 33.54 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.30 และ 3.62 ตามลำดับ

4.2.2 ผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

จากการศึกษาการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ผลการศึกษาที่ได้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11, 12 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.11 ตาราง Error Matrix ของผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

		Reference Data(pixel)							
		ประเภทไม้ผล	ทุเรียน	ลำไย	ลองกอง	มังคุด	ยางพารา	เงาะ	Total
Classified Data	ทุเรียน		73	63	33	55	23	22	269
	ลำไย		33	13	34	10	37	10	137
	ลองกอง		49	14	25	30	31	21	170
	มังคุด		9	3	6	4	2	0	24
	ยางพารา		148	42	48	122	835	134	1329
	เงาะ		186	117	105	206	200	558	1372
	Total		498	252	251	427	1128	745	3301

ตารางที่ 4.12 แสดงความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกและความถูกต้องในการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

ประเภทไม้ผล	Omission(%)	Commission(%)	Overall Accuracy(%)
ทุเรียน	85.34	72.86	14.66
ลำไย	94.84	90.51	5.16
ลองกอง	90.04	85.29	9.96
มังคุด	99.06	83.33	0.94
ยางพารา	25.98	37.17	74.02
เงาะ	25.10	59.33	74.90

Overall accuracy = 45.6831%

Kappa Coefficient = 0.2741

จากผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 พบว่า มีค่าความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (Overall accuracy) ร้อยละ 45.6831 และมีค่า Kappa Coefficient 0.2741 เมื่อพิจารณาความถูกต้องในการจำแนกไม้ผลในแต่ละประเภทจากตารางที่ 4.10 พบว่า

- ทุเรียน มีจุดภาพที่เป็นทุเรียนทั้งหมด 498 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกเป็นพื้นที่ทุเรียนได้ถูกต้อง 73 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.66 ส่วนที่เหลือ 425 จุดภาพ ซึ่งจำแนกผิดไปเป็นไม้ผลประเภทอื่น โดยส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะและยางพารา โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 85.34

- ลำไย มีจุดภาพที่เป็นลำไย 252 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ลำไยได้ถูกต้อง 13 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 5.16 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 239 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 94.84

- ลองกอง มีจุดภาพที่เป็นลองกอง 251 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ลองกองได้ถูกต้อง 25 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.96 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 226 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 90.04

- มังคุด มีจุดภาพที่เป็นมังคุด 427 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่มังคุดได้ถูกต้อง 4 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.94 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 423 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นยางพาราและเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 99.06

- ยางพารา มีจุดภาพที่เป็นยางพารา 1128 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่ยางพาราได้ถูกต้อง 835 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.02 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 293 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 25.98

- เงาะ มีจุดภาพที่เป็นเงาะ 745 จุดภาพ ในจำนวนนี้สามารถจำแนกพื้นที่เงาะได้ถูกต้อง 558 จุดภาพ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.90 ส่วนจุดภาพที่เหลือ 187 จุดภาพ ส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นยางพารา โดยค่า Omission Error มีค่าร้อยละ 25.10

ไม่ผลและไม่ยืนต้นที่มีค่าความถูกต้องของการจำแนกสูง ได้แก่ ยางพาราและเงาะ จากการศึกษาพบว่า วิธีการดังกล่าวให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกไม่ผลและไม่ยืนต้นลดลงเมื่อเทียบกับผลการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM เพียงอย่างเดียว แต่มีไม่ผลและไม่ยืนต้นบางประเภทที่สามารถจำแนกได้ผลดีขึ้น คือ ทุเรียน ยางพารา และเงาะ ส่วนลำไย ลองกอง และมังคุด มีค่าความถูกต้องของการจำแนกลดลง ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเกิดจากการจำแนกผิดไปเป็นเงาะ



Longan



Pararubber



Longkong



Mangosteen



Durian



Rambutan

รูปที่ 4.9 ผลการจำแนกไม่ผลและไม่ยืนต้นในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5

และ RADARSAT-1

ตารางที่ 4.13 ผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 แยกตามประเภท คิดเป็นพื้นที่

ประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น	จำนวนจุดภาพ (pixel)	ครอบคลุมพื้นที่ (ตร.กม.)	ครอบคลุมพื้นที่ (%)
1.ทุเรียน	667492	104.30	11.26
2.ลำไย	554256	86.60	9.35
3.ลองกอง	239539	37.43	4.04
4.มังคุด	282855	44.20	4.77
5.ยางพารา	2467892	385.61	41.62
6.เงาะ	1717543	268.37	28.97
รวม	5929577	926.50	100

จากผลการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 พบว่า พื้นที่ปลูกไม้ผลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 926.50 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ปลูกยางพาราครอบคลุมเนื้อที่มากที่สุด 385.61 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 41.62 รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกเงาะครอบคลุมเนื้อที่ 268.37 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.97 พื้นที่ปลูกทุเรียนและลำไยครอบคลุมเนื้อที่ 104.30 และ 86.60 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.26 และ 9.35 ส่วนพื้นที่ปลูกมังคุดและลองกองครอบคลุมเนื้อที่เพียง 44.20 และ 37.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.77 และ 4.04 ตามลำดับ

4.3 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียวกับภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1

การจำแนกประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 เมื่อเปรียบเทียบผลของการจำแนกภาพดังกล่าวแล้ว พบว่า ค่าความถูกต้องของการจำแนกในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกน้อยกว่าผลของการจำแนกในภาพ LANDSAT-5 TM เพียงอย่างเดียว โดยค่าความถูกต้องลดลงร้อยละ 4.51 (ดังตารางที่ 4.14) เนื่องจากค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์จากไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มีค่าการกระจายกลับไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันหรือซ้อนทับกัน จึงทำให้การนำข้อมูลจากดาวเทียม

RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ไม่สามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกให้มากขึ้นได้

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในข้อมูลภาพดาวเทียม

ประเภทไม้ผลและไม้ยืนต้น	LANDSAT(345)	LANDSAT(345)+RADARSAT
ทุเรียน	12.05	14.66
ลำไย	16.67	5.16
ลองกอง	15.94	9.96
มังคุด	35.83	0.94
ยางพารา	73.49	74.02
เงาะ	71.54	74.90
Overall Accuracy (%)	50.1969	45.6831
Kappa Coefficient	0.36	0.27

จากตารางสามารถอธิบายความสามารถในการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นแต่ละประเภทของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ได้ดังนี้

1. ทุเรียน จำแนกได้ร้อยละ 12.05 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 14.66 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 จะสามารถจำแนกทุเรียนได้ดีกว่า เนื่องจากในข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 ค่าการกระจายกระจายกลับในภาพเรดาร์จะขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิวของวัตถุ ซึ่งได้แก่ ลักษณะของทรงพุ่ม ซึ่งจากการสำรวจภาคสนามพบว่า ต้นทุเรียนจะมีทรงพุ่มโปร่ง เป็นพุ่มแหลม ทรงพุ่มไม่ติดกัน ใบขนาดเล็ก ซึ่งมีลักษณะทรงพุ่มที่แตกต่างจากไม้ผลและไม้ยืนต้นประเภทอื่นอย่างชัดเจน (รูปที่ 4.10) ทำให้สัญญาณเรดาร์สามารถทะลุผ่านเรือนยอด กิ่งก้านและลงไปยังพื้นดินได้ด้วย เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างแถวการปลูก ค่าการกระจายกระจายที่ได้จึงแตกต่างจากไม้ผลประเภทอื่น นอกจากนี้อายุของการปลูก และขนาดของต้น ซึ่งจะมีผลต่อค่าการกระจายกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาค่า Mean ของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนในตารางที่ 3.6 ค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจาก

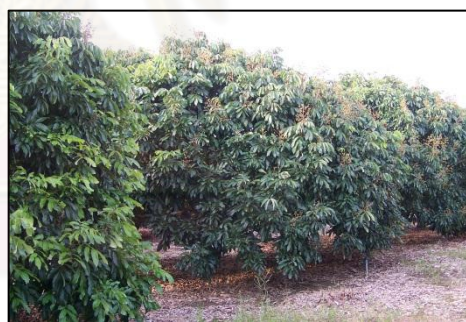
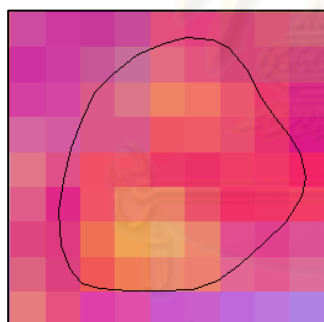
ดาวเทียม LANDSAT-5 จึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกทุเรียนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความถูกต้องของการจำแนกทุเรียนในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ก็มีค่าไม่สูงนักเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น โดยส่วนใหญ่เกิดการจำแนกผิดไปเป็นเงาะและยางพารา



รูปที่ 4.10 ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกของทุเรียน

2. ลำไย จำแนกได้ร้อยละ 16.67 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 5.16 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว จะสามารถจำแนกลำไยได้ดีกว่า เนื่องจากในการลงสำรวจภาคสนามมานั้น สวนลำไยแต่ละสวนมีอายุการปลูกแตกต่างกันมาก ทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น บางสวนมีอายุการปลูกน้อย ต้นขนาดเล็กมาก ทรงพุ่มแคบไม่ติดกัน และระยะการปลูกห่าง ทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณที่ได้อาจจะมาจากทั้งเรือนยอดและพื้นดินหรือสิ่งปกคลุมดินเป็นส่วนใหญ่ และในบางสวนมีอายุการปลูกมาก ต้นขนาดปานกลางถึงต้นใหญ่ พุ่มแผ่กว้างซึ่งจะค่อนข้างติดกัน ค่าการกระจายกลับสัญญาณจะมาจากเฉพาะบริเวณด้านบนของเรือนยอดเท่านั้น ดังตัวอย่างรูปที่ 4.11 และ 4.12 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่า SD ของพื้นที่ตัวอย่างลำไยในข้อมูลภาพ RADARSAT-1 จะมีค่ามาก แสดงให้เห็นได้ว่าข้อมูลมีความหลากหลาย จึงอาจทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกได้ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลเรดาร์มาใช้จึงไม่สามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกได้ โดยส่วนใหญ่เกิดการจำแนกผิดไปเป็นยางพาราและเงาะ

ต้นใหญ่ พุ่มติดกัน



ต้นเล็ก พุ่มห่าง



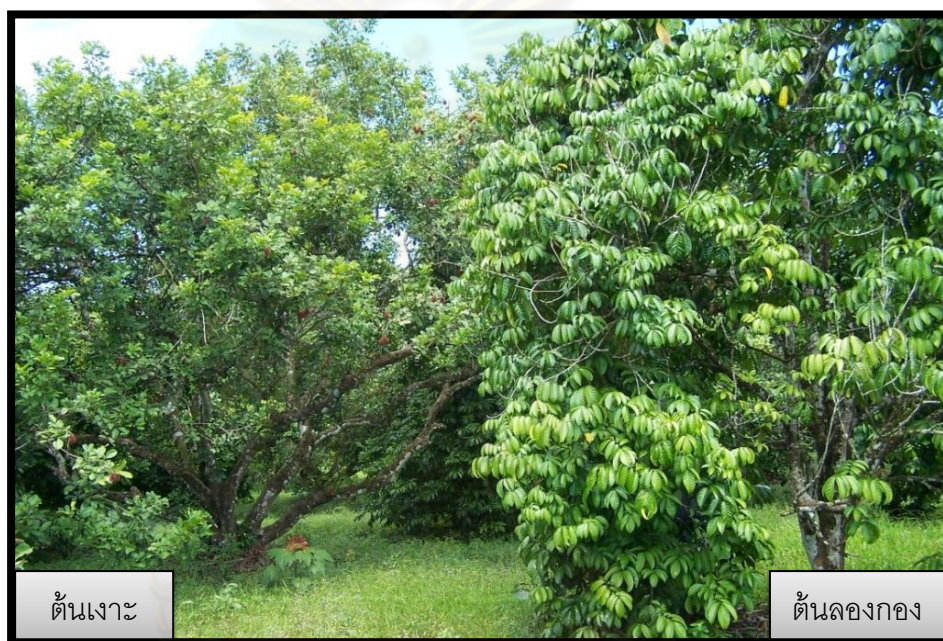
รูปที่ 4.11 พื้นที่ตัวอย่างสวนลำไยในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 และในพื้นที่จริง



รูปที่ 4.12 ลักษณะทรงพุ่มและการปลุกลำไย

3. ลองกอง จำแนกได้ร้อยละ 15.94 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 9.96 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว จะสามารถจำแนก

ลองกองได้ดีกว่า เนื่องจากในการสำรวจภาคสนามพบว่าลักษณะการปลูกของสวนลองกองสวนใหญ่จะปลูกแบบสวนผสม โดยปลูกลองกองเข้าไปแทรกสลับกับไม้ผลประเภทอื่นที่มีการปลูกอยู่แล้ว เช่น มังคุด เงาะ ทุเรียน เป็นต้น ดังรูปที่ 4.13 เป็นตัวอย่างสวนเงาะที่มีการปลูกลองกองเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างแถว ซึ่งการปลูกแบบผสมจะมีความแตกต่างของระดับเรือนยอดขนาดของเรือนยอด และความสูงของต้น โดยลองกองจะมีขนาดทรงพุ่มแคบ พุ่มเล็ก และขนาดต้นไม่สูงมาก (รูปที่ 4.14) เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น ทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ที่ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจมีไม้ผลชนิดอื่นปะปนอยู่ ทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกได้ จึงทำให้ผลการจำแนกลองกองมีค่าไม่สูง โดยสวนใหญ่จะจำแนกผิดไปเป็นเงาะ



รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างสวนเงาะที่มีการปลูกลองกองแทรก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกดองกอง

4. มังคุด จำแนกได้ร้อยละ 35.83 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 0.94 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว จะจำแนกมังคุดได้ดีกว่า เนื่องจากค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากพื้นที่ตัวอย่างมีความหลากหลาย

โดยจากการสำรวจภาคสนามพบว่า สวนมังคุดมีอายุการปลูกที่แตกต่างกันมาก ถ้าสวนที่มีอายุการปลูกมาก ต้นมังคุดจะมีลักษณะทรงพุ่มหนาแน่น ต้นขนาดใหญ่ มีลักษณะโครงสร้างเรือนยอดและกิ่งก้านที่ซับซ้อน พุ่มแผ่ออกชิดติดกัน และลำต้นสูง ทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์สูง แต่ในสวนที่มีอายุการปลูกน้อยกว่าต้นจะมีขนาดเล็กถึงปานกลาง พุ่มแคบไม่หนาแน่น พุ่มจะไม่ติดกัน มีระยะห่างของแถวการปลูกค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นผลให้ค่าการกระจายกลับของสัญญาณเรดาร์แตกต่างกัน ดังตัวอย่างรูปที่ 4.15 และ 4.16 ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 จึงทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเกิดการจำแนกผิดไปเป็นเงาะ เนื่องจากมีค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ใกล้เคียงกันกับเงาะ

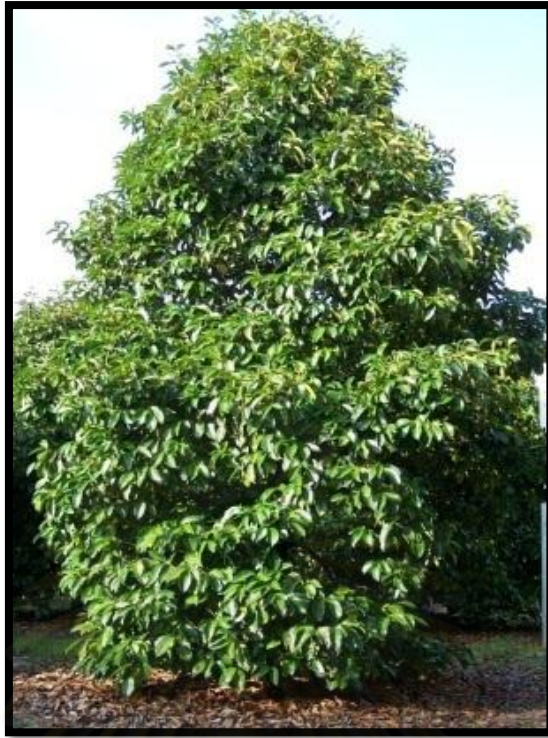
ต้นใหญ่ พุ่มติดกัน



ต้นเล็ก พุ่มห่าง



รูปที่ 4.15 พื้นที่ตัวอย่างสวนมังคุดในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 และในพื้นที่จริง



รูปที่ 4.16 ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกมังคุด

5. ยางพารา จำแนกได้ร้อยละ 73.49 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 74.02 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในข้อมูลภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 จะจำแนกยางพาราได้ดีกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก Histogram ในรูปที่ 4.7 ซึ่งแสดง

การเปรียบเทียบค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากไม้ผลทุกประเภทในข้อมูลภาพ RADARSAT-1 จะเห็นได้ว่า การกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ของยางพาราในบางช่วงมีการเหลื่อมกัน โดยมีค่าการกระจายกลับสูงกว่าไม้ผลชนิดอื่น ซึ่งไม่ได้ซ้อนทับกันทั้งหมด ทำให้สามารถแยกออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้ เนื่องด้วยลักษณะของสวนยางพารามีรูปแบบที่แตกต่างจากไม้ผลประเภทอื่น ปลูกเป็นแถวชิดติดกันเป็นระเบียบ ทรงพุ่มติดกัน ไม่มีช่องว่างระหว่างแถวการปลูก มีการปลูกยางพาราเพียงชนิดเดียว โดยไม่มีการผสมของไม้ผลชนิดอื่น ทำให้มีเรือนยอดที่สม่ำเสมอเท่ากัน (รูปที่ 4.17) ทำให้คลื่นไมโครเวฟทะลุผ่านเฉพาะด้านบนของเรือนยอดและภายในบริเวณเรือนยอด ทำให้ค่าการกระจายกลับที่ได้แตกต่างจากไม้ผลประเภทอื่นอย่างชัดเจน เมื่อนำข้อมูลภาพ RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 จึงส่งผลให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกยางพาราสูงขึ้น





รูปที่ 4.17 ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกยางพารา

6. เงาะ จำแนกได้ร้อยละ 71.54 ในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 (345) เพียงอย่างเดียว และจำแนกได้ร้อยละ 74.90 ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ซึ่งในข้อมูลภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 จะจำแนกเงาะได้ดีกว่า เนื่องจากสวนเงาะส่วนใหญ่จะมีอายุการปลูกใกล้เคียงกัน ขนาดของต้นจึงไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสวน โดยสวนใหญ่จะมีอายุการปลูกค่อนข้างมาก ต้นขนาดใหญ่ ทรงพุ่มหรือเรือนยอดซับซ้อนและแผ่กิ่งก้านสาขา และมีการปลูกติดกันเป็นสวนขนาดใหญ่ (รูปที่ 4.18) ทำให้คลื่นไมโครเวฟทะลุผ่านเฉพาะด้านบนของเรือนยอดและภายในบริเวณเรือนยอด ซึ่งค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ของพื้นที่ตัวอย่างเงาะมีความเป็นประเภทเดียวกันหรือมีลักษณะเดี่ยวสูง เมื่อพิจารณาจากผลการจำแนกเงาะในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ก็ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูง ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลเรดาร์มาใช้ร่วมด้วยจึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเงาะเพิ่มสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 ลักษณะทรงพุ่มและการปลูกลงะ

ไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทดังกล่าว มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันออกไป ทั้งลักษณะของทรงพุ่ม ขนาดต้น อายุของการปลูก รวมทั้งระยะห่างระหว่างแถวและแนวการปลูก ซึ่งส่งผลต่อค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ในข้อมูลภาพเรดาร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สรุปลักษณะทรงพุ่มและการปลูกของไม้ผลและไม้ยืนต้นทั้ง 6 ประเภท

ไม้ผลและไม้ยืนต้น	ลักษณะทรงพุ่ม	ขนาดสวน	แนวการปลูก
ทุเรียน	พุ่มแหลม พุ่มโปร่ง	ปานกลาง-ใหญ่	ห่าง
ลำไย	พุ่มกว้าง พุ่มทึบ	ปานกลาง-ใหญ่	ห่าง
ลองกอง	พุ่มแคบ พุ่มโปร่ง	เล็ก	ห่าง
มังคุด	พุ่มแคบ พุ่มทึบ	ปานกลาง-ใหญ่	ห่าง
ยางพารา	พุ่มแคบ พุ่มโปร่ง พุ่มติดกัน	ใหญ่	ติดกัน
เงาะ	พุ่มกว้าง พุ่มโปร่ง พุ่มติดกัน	ใหญ่	ห่าง

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปแนวคิดการศึกษา

แนวความคิดในการศึกษานี้ได้มีการนำข้อมูลเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพื่อช่วยให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นเพิ่มขึ้น เนื่องด้วยคุณสมบัติของข้อมูลเรดาร์ที่แตกต่างจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 โดยค่าการกระจายกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัตถุ ในการศึกษาที่ทำการศึกษาจำแนกเฉพาะพืชพรรณ ได้แก่ ทุเรียน ลำไย ลองกอง มังคุด ยางพาราและเงาะ ซึ่งพืชต่างชนิดกันจะมีลักษณะเรือนยอด ทรงพุ่ม โครงสร้างภายในเรือนยอด ความหนาแน่นของพืชและแถวการปลูกไม่เหมือนกัน ซึ่งจากลักษณะต่างๆ ดังกล่าวทำให้ค่าการกระจายกระจายกลับสัญญาณเรดาร์แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด จึงนำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ซึ่งน่าจะทำให้ผลความถูกต้องของการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลความถูกต้องของการจำแนกในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว

5.2 สรุปผลการศึกษา

การเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้นระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 กับภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 โดยในการนำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 นั้น ไม่สามารถเพิ่มค่าความถูกต้องของการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นได้ ซึ่งผลการจำแนกในข้อมูลภาพทั้งสองให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

1. ผลการจำแนกไม้ผลและไม่ยืนต้นในข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 เพียงอย่างเดียว สามารถจำแนกยางพาราได้ดีที่สุด ให้ค่าสูงถึงร้อยละ 73.49 โดยมีค่าความถูกต้องสูงกว่าไม้ผลชนิดอื่น ซึ่งเป็นไปตาม scatter plot ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ซึ่งพื้นที่ตัวอย่างของยางพาราสามารถแยกออกจากไม้ผลอื่นได้อย่างชัดเจน ส่วนทุเรียนให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกต่ำสุด เนื่องมาจากค่าการสะท้อนของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนมีความหลากหลาย ซึ่งจะแตกต่างกันตามอายุของการปลูก ทำให้ค่าสะท้อนของพืชชนิดเดียวกันแตกต่างกัน นอกจากนั้นค่าการสะท้อนของไม้

ผลทุกชนิดยังมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน ทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกได้ โดยส่วนใหญ่จำแนกผิดไปเป็นเงาะ

2. ผลการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 สามารถจำแนกยางพาราและเงาะได้ดีที่สุด โดยให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าร้อยละ 74.02 และ 74.90 เมื่อพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ค่าการกระจายตัวกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ของไม้ผลทุกประเภทจะซ้อนทับในช่วงเดียวกัน แต่มียางพาราและเงาะที่มีค่าการกระจายกลับสูงกว่าชนิดอื่นในช่วง 60-160 ซึ่งทำให้สามารถแยกออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้ดี ซึ่งผลการจำแนกที่ได้นั้นก็สอดคล้องเป็นไปตามลักษณะการกระจายตัวกลับดังกล่าว

ส่วนมังคุด ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกต่ำสุด เนื่องจากค่าการกระจายตัวกลับมีค่ากระจายตัวอยู่ในช่วงกว้าง เป็นผลมาจากขนาดของต้นมังคุดและอายุการปลูกในแต่ละสวนที่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากความสูงของต้นและขนาดของทรงพุ่ม ในการจำแนกมังคุดส่วนใหญ่ จะเกิดการจำแนกผิดไปเป็นเงาะ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่า Mean ของพื้นที่ตัวอย่างมังคุดในตารางที่ 3.6 แล้ว จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงมากกับพื้นที่ตัวอย่างเงาะ ทำให้อาจเกิดการจำแนกปะปนกัน ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้จึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกลดลงมาก

3. ผลการเปรียบเทียบการจำแนกระหว่างข้อมูลภาพทั้งสอง โดยในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกน้อยกว่าการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM เพียงอย่างเดียว ซึ่งค่าความถูกต้องของการจำแนกลดลงประมาณร้อยละ 4.51 แต่ในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 นั้น สามารถจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้นบางประเภทได้ดีขึ้น ได้แก่ ทุเรียน ยางพารา และเงาะ

ค่าความถูกต้องที่สูงขึ้นในทุเรียนนั้น เนื่องจากการนำข้อมูลเรดาร์มาใช้ซึ่งค่าการกระจายตัวกลับสัญญาณเรดาร์ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุ เช่น ลักษณะทรงพุ่ม กิ่งก้าน ขนาดใบ อายุการปลูกและระยะห่างระหว่างแถวการปลูก ซึ่งทุเรียนก็มีลักษณะทรงพุ่มที่แตกต่างจากไม้ผลชนิดอื่น ดังนั้นในภาพผสมระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ RADARSAT-1 จึงสามารถจำแนกทุเรียนได้ดีขึ้น ส่วนในยางพาราจะมีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการจำแนกยางพาราในข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ก็ให้ผลการจำแนกที่สูง และในข้อมูลภาพดาวเทียม RADARSAT-1 มีค่าการกระจายตัวกลับของยางพาราที่สามารถแยกออกจากไม้ผลชนิดอื่นได้ ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 จึงทำให้ได้ผลการจำแนกที่ดีขึ้น และค่าความถูกต้องของการจำแนกเงาะที่สูงขึ้น เนื่องมาจากลักษณะของต้น ขนาดทรงพุ่ม

และการปลูกในแต่ละสวนจะคล้ายคลึงกัน ทำให้ค่าการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลภาพดาวเทียม RADARSAT-1 มารวมกับข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ที่สามารถจำแนกเงาะได้ดี จึงช่วยเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกเงาะให้มากขึ้นได้

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้แล้วไม่สามารถทำให้ผลการจำแนกไม่ผลและไม่ยืนต้นดีขึ้นอาจเนื่องมาจาก

- ค่าการกระจายจัดกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากไม่ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทการจำแนก มีการซ้อนทับอยู่ในช่วงเดียวกัน ทำให้จำแนกหรือแยกไม่ผลและไม่ยืนต้นทั้ง 6 ประเภทออกจากกันได้น้อย เนื่องจากค่า Mean ไม่แตกต่างกันมากนักและค่า SD ค่อนข้างมาก ดังนั้นเมื่อนำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 จึงไม่สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการจำแนกได้
- ค่าการกระจายจัดกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากไม่ผลและไม่ยืนต้นที่มีลักษณะของทรงพุ่มโปร่งและมีระยะห่างระหว่างแถวการปลูก จะมีการผสมของค่าการกระจายจัดกระจายกลับสัญญาณเรดาร์ที่ได้มาจากด้านบนของเรือนยอด ภายในเรือนยอดและสามารถลงไปถึงพื้นดินได้ด้วย ทำให้ค่าการกระจายจัดกระจายกลับที่ได้ไม่ใช่ของไม่ผลและไม่ยืนต้นชนิดนั้นๆ ที่ต้องการจำแนก
- ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะมีการปลูกไม่ผลเป็นแบบสวนผสม ซึ่งค่าการกระจายจัดกระจายกลับสัญญาณเรดาร์จากไม่ผลและไม่ยืนต้นที่มีการปลูกผสมกันหลายชนิด จะทำให้ค่าการกระจายจัดกระจายกลับไม่เป็นของไม่ผลและไม่ยืนต้นประเภทนั้นๆ อย่างแท้จริง จึงอาจทำให้เกิดการจำแนกไม่ตรงตามความเป็นจริงได้สูง
- เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้มีผู้วิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษาในแนวทางนี้ โดยการนำข้อมูลภาพเรดาร์มาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพ Multi-spectral ซึ่งผลการจำแนกที่ได้นั้นก็ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกสูง เนื่องมาจากการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินทุกชนิด เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ ป่าไม้ สิ่งปลูกสร้าง นาข้าว นาทุ่ง สวนผลไม้ พืชไร่ เป็นต้น ซึ่งสิ่งปกคลุมดินบางชนิดสามารถจำแนกออกจากสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นได้อย่างชัดเจน โดยจะให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูง ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ดังนั้นเมื่อรวมกับการจำแนกสิ่งปกคลุม

ดินชนิดอื่น เช่น สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว เป็นต้น จึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกโดยรวมมีค่าสูง แต่ในการศึกษานี้ทำการจำแนกเฉพาะพืชที่เป็นไม้ผลเพียงอย่างเดียว จึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกไม่สูงนัก

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลือกใช้โพลาไรเซชัน อาจจะมีผลต่อความถูกต้องของการจำแนกได้ ในการศึกษานี้ได้นำข้อมูลจากดาวเทียม RADARSAT-1 มาใช้ซึ่งมีโพลาไรเซชันแบบเดียว โดยเป็นแบบ HH ดังนั้นจึงควรนำข้อมูลจากดาวเทียมดวงอื่นที่มีโพลาไรเซชันแตกต่างกันไป ได้แก่ HV, VH และ VV มาใช้ เนื่องจากโพลาไรเซชันต่างกันจะมีปฏิกริยากับวัตถุเป้าหมายแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ ซึ่งอาจให้ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกที่ดีกว่าการใช้ Polarization แบบ HH โดยจากการศึกษาวิจัยของนิอร สิริมงคลเลิศกุล (2547) พบว่าสวนผลไม้แบบผสมให้ค่าของการกระจายกลับสัญญาณเรดาร์สูงเมื่อบันทึกด้วยทิศทางการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ VV และ HV มากกว่าแบบ HH เนื่องจากโครงสร้างของพืชพรรณส่วนใหญ่มีทรวงทรงในแนวตั้ง จึงตอบสนองต่อทิศทางการแผ่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ VV และ HV มากกว่าแบบ HH

2. ในการศึกษานี้จำแนกประเภทของไม้ผลและไม้ยืนต้น 6 ประเภท คือ ทุเรียน ลำไย ลองกอง มังคุด ข่างพารา และเงาะ ซึ่งในการแบ่ง class ของไม้ผลและไม้ยืนต้นนั้น ควรแบ่งเป็น class ย่อยของการจำแนกในแต่ละประเภทลงไปอีก เนื่องจากไม้ผลในแต่ละสวนมีอายุของการปลูกและระยะการเจริญเติบโตที่ต่างกันออกไป ทำให้ขนาดของต้น ความสูง ลักษณะของทรงพุ่ม และความหนาแน่นของทรงพุ่มไม่เหมือนกัน ทำให้ค่าการสะท้อนที่ได้จากไม้ผลประเภทเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การแบ่ง class ของทุเรียนเป็นกลุ่มย่อย ได้แก่ ทุเรียน 1, ทุเรียน 2 และ ทุเรียน 3 ซึ่งเมื่อจำแนกแล้วอาจให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกที่ดีกว่าการรวมเป็น class เดียวทั้งหมด

3. ในการนำข้อมูลเรดาร์มาใช้วิเคราะห์พร้อมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 จะทำการรวมข้อมูลภาพทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยในการศึกษานี้ทำการรวมแบบ Layer Stacking โดยนำเอาแบนด์ของ RADARSAT-1 รวมเข้ากับแบนด์ 3, 4 และ 5 ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 แล้วนำภาพที่ได้ไปใช้ในการจำแนกไม้ผลและไม้ยืนต้น ดังนั้นอาจใช้เทคนิคหรือวิธีการแบบอื่นในการนำข้อมูลทั้งสองมาใช้ร่วมกัน ดังตัวอย่างเช่น การนำค่า Backscattering

จากข้อมูลเรดาร์มาสร้างเป็นรูปแบบ Texture ขึ้นมา เนื่องจากในข้อมูลเรดาร์จะให้คุณลักษณะที่เป็น Texture แล้วจึงนำไปรวมกับภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ซึ่งอาจจะได้ผลการจำแนกที่แตกต่างจากผลการจำแนกที่ได้จากการศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ดร.ณนวรรณ กำธรเกียรติ. 2546. การศึกษาเทคนิคการหลอมรวมข้อมูลดาวเทียมและขีดความสามารถในการจำแนกประเภทและติดตามความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการหลอมรวม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ถนอมศรี รังสิกรพุม. 2539. การศึกษาศักยภาพของข้อมูลจากดาวเทียมระบบเรดาร์. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- นิอร สิริมงคลเลิศกุล. 2547. การประยุกต์ใช้ข้อมูลเรดาร์เอิร์ซาร์เพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมดิน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมจิตร์ ตระกูลดิษฐ์, วลัยรัตน์ วรรณปิยะรัตน์, สุเทพ ชูศิริตันพันธ์ และดำรง บัวประดับกุล. 2545. การประยุกต์ใช้ข้อมูลเรดาร์ AIRSAR เพื่อการจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).
- พรทิภา เทียงจันตา. 2548. การศึกษาศักยภาพของดาวเทียมแอสเตอร์เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี. 2551. สถิติการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร ปี 2548-2550. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.chanthaburi.doae.go.th/data1/database_chan.htm[2551, มกราคม 15]
- สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ. 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- อัจฉรา ผ่องปิยะสกุลและอิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์. การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมระบบเรดาร์ร่วมกับดาวเทียม LANDSAT เพื่อจำแนกประเภทไม้ผลและไม่ยืนต้น. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 11 (มกราคม-เมษายน 2553) : 1-12.
- อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์. 2550. เอกสารประกอบการเรียน Remote Sensing II. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Bischof, H., Schneider, W., and Pinz, A.J. 1992. Multispectral Classification of Landsat-Images Using Neural Networks. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 30(May) : 482-490.
- Bruce, D. 2002. Improved Object Classification Accuracy Through the Combination of VNIR, Multi-Frequency Sar and Multi-Polarmetric Sar : A Case Study from South Australia. Asian Conference on Remote Sensing . 23 (November 2002).
- Castaneda, C., and Ducrot, D. 2006. Land Cover Mapping of Wetland Areas in an Agricultural Landscape Using SAR and Landsat Imagery. Journal of Environmental Management. 90(May 2009) : 2270-2277.
- Congalton, R.G., and Green, K., 2009. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data : Principles and Practices. 2nd ed. Taylor & Francis Group.
- European Space Agency (2000). Electromagnetic spectrum. [online]. Available from : http://earth.esa.int/applications/data_util/SARDOCS/spaceborne/Radar_Courses/Radar_Course_III/electromagnetic.htm[2009, December 19].
- Gao, J., 2009. Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery. United States : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Haack, B., and Bechdol, M. 1998. Integrating Multisensor Data and RADAR Texture Measures for Land Cover Mapping. Computers&Geosciences. 26(May 2000) : 411-421.
- Haack, B., and Bechdol, M. 1999. Multisensor Remote Sensing Data for Land Use/Cover Mapping. Computers, Environment and Urban Systems. 23(January 1999) : 53-69.
- Herold, N.D., Haack, B.N., and Solomon, E., 2004. An Evaluation of Radar Texture for Land Use/Cover Extraction in Varied Landscapes. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 5(May 2004) : 113-128.
- Hobbs, R.J., Wallace, J.F., and Campbell, N.A., 1989. Classification of Vegetation in the Western Australian Wheatbelt Using Landsat Mss Data. Vegetatio. 80(June 1989) : pp. 91-105.

- Huang, H., Legarsky, J., and Othman, M. 2007. Land-cover Classification Using Radarsat and Landsat Imagery for St. Louis, Missouri. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 73(January 2007) : 37-43.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. 5th ed. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Mansourpour, M., Rajabi, M.A., and Blais, J.A.R. 2006. Effects and Performance of Speckle Noise Reduction Filters on Active Radar and SAR Images. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 36(February 2006).
- McClave, J.T., and Sincich, T. 2009. Statistics. 5th ed. The United States of America : Pearson Education, Inc.
- Natural Resources Canada (2008). Target Interaction and Image Appearance. [online]. Available from : <http://cct.mnrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter3/05e.php?p=1>. [2009, January 10].
- Nezry, E., et al. 1992. Tropical Vegetation Mapping with Combined Visible and SAR Spaceborne Data. Geoscience and Remote Sensing Symposium. Vol. 2, pp. 989 – 991.
- Noordman, E., et al. (2003). Crop Classification for the Nilo Coelho scheme by using LANDSAT TM images. Anais XI SBSR. 11(April 2003) : 205-210.
- Rosenthal, W.D., Blanchard, B.J., and Blanchard, A.J. (1985). Visible/Infrared/Microwave Agriculture Classification, Biomass, and Plant Height Algorithms. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 23(March 1985) : 84-90.
- SATPALDA (2003). RADARSAT Satellite Overview. [online]. Available from <http://www.imageryservices.com/Radarsat.php#TOP>. [2009, November 11]
- Shi, Z, and Fung, K. B. (1994). A Comparison of Digital Speckle Filters. International Geoscience and Remote Sensing Symposium. 4(1994) : 2129-2133.
- Shupe, M., and Marsh, E., 2004. Cover- and Density-based Vegetation Classifications of the Sonoran Desert Using Landsat TM and ERS-1 SAR Imagery. Remote Sensing of Environment. 93(October 2004) : 131-149.
- Skriver, H., et al. (2005). Agriculture Classification Using POLSAR DATA. Proceedings of the 2nd International Workshop POLINSAR 2005. 2(January 2005) : 32-37.

- Unal, E., Mermer, A., and Dogan, H.M. (2004). Determining Major Orchard(Pistachio, Olive, Vineyard) Areas in Gaziantep Province Using Remote Sensing Techniques. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34.
- Vescovi, F.D., and Gomarasca, M.A. (1999). Integration of Optical and Microwave Remote Sensing Data for Agricultural Land Use Classification. Environmental Monitoring and Assessment. 58(September 1999) : 133-149.
- Villiger, E.J. (2008). Radar and Multispectral Image Fusion Options for Improved Land Cover Classification. George Mason University.
- Wada, Y., and Shibasaki, R. (1999). Estimation of Forest Biomass Density in Kalimantan Island Using JERS-1 SAR Data. [online]. Available from : <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1999/ps2/ps2835.asp>. [2009, January 10].



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Image to Map Registration

Image : RADARSAT-1

Number of Points : 13

RMS Error : 0.388365 pixel

Image to Map GCP List									
File	Options								
	Map X	Map Y	Image X	Image Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	804923.00	1414693.00	4785.57	270.29	4785.4943	270.2179	-0.0757	-0.0721	0.1045
#2+	838115.00	1394067.00	7441.79	1918.66	7442.0634	1918.8985	0.2734	0.2385	0.3628
#3+	827240.00	1400498.00	6571.90	1405.13	6571.9697	1405.2248	0.0697	0.0948	0.1177
#4+	850258.00	1380106.00	8411.82	3034.00	8411.9086	3034.2977	0.0886	0.2977	0.3106
#5+	810780.00	1401923.00	5253.83	1292.67	5253.5564	1292.3314	-0.2736	-0.3386	0.4353
#6+	842120.00	1383842.00	7761.56	2736.56	7761.0376	2736.4265	-0.5224	-0.1335	0.5392
#7+	820888.00	1401183.00	6063.14	1350.86	6063.2171	1350.8596	0.0771	-0.0004	0.0771
#8+	821015.44	1408301.73	6073.88	780.88	6074.3285	781.0991	0.4485	0.2191	0.4991
#9+	842434.00	1397636.00	7788.11	1633.00	7788.6101	1633.0493	0.5001	0.0493	0.5025
#10+	838324.00	1416846.00	7463.00	96.80	7462.6008	96.6417	-0.3992	-0.1583	0.4294
#11+	835898.00	1402197.00	7265.96	1268.85	7265.8093	1268.6755	-0.1507	-0.1745	0.2306
#12+	835756.04	1411141.00	7255.83	552.67	7255.8750	553.1456	0.0450	0.4756	0.4778
#13+	857003.64	1394189.02	8955.00	1908.00	8954.9193	1907.5023	-0.0807	-0.4977	0.5042

Goto On/Off Delete Update Hide List

แสดงการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Image to Image Registration

Image : LANDSAT-5

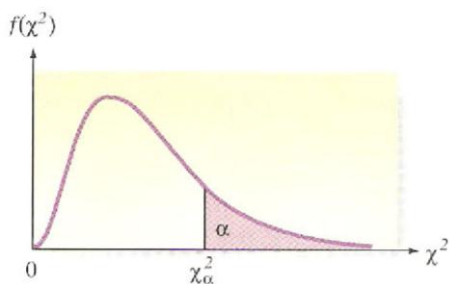
Number of Points : 15

RMS Error : 0.345601 pixel

Image to Image GCP List									
File	Options								
	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1+	1306.88	744.00	4270.00	5245.00	4269.8662	5244.8979	-0.1338	-0.1021	0.1683
#2+	2892.11	1488.89	5063.57	5616.00	5063.4847	5616.0076	-0.0853	0.0076	0.0857
#3+	4206.83	1877.83	5721.00	5808.75	5721.2152	5809.0116	0.2152	0.2616	0.3387
#4+	1344.00	1635.00	4288.33	5690.89	4288.4692	5690.8429	0.1392	-0.0471	0.1470
#5+	19.00	230.00	3624.00	4988.80	3624.4577	4988.6968	0.4577	-0.1032	0.4692
#6+	3214.43	944.86	5224.89	5343.67	5225.2510	5343.5560	0.3610	-0.1140	0.3786
#7+	3645.89	3000.00	5439.17	6371.00	5439.4515	6370.8279	0.2815	-0.1721	0.3300
#8+	2440.00	1925.88	4837.00	5835.00	4836.9594	5835.1358	-0.0406	0.1358	0.1417
#9+	2485.83	511.67	4861.00	5127.90	4860.5338	5127.5488	-0.4662	-0.3512	0.5837
#10+	1255.00	490.00	4244.00	5117.86	4243.8667	5117.8054	-0.1333	-0.0546	0.1440
#11+	4563.00	3240.83	5898.13	6489.75	5897.7050	6489.9170	-0.4250	0.1670	0.4567
#12+	3965.80	1470.80	5601.00	5605.80	5601.0158	5605.7826	0.0158	-0.0174	0.0235
#13+	487.00	1256.29	3859.75	5501.75	3859.3524	5502.1845	-0.3976	0.4345	0.5889
#14+	2995.00	2696.00	5114.00	6220.00	5114.1997	6219.6871	0.1997	-0.3129	0.3712
#15+	2658.00	93.86	4947.00	4918.11	4947.0116	4918.3780	0.0116	0.2680	0.2683

Goto On/Off Delete Update Hide List

ตารางที่ 1 ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Chi square



Degrees of Freedom	$\chi^2_{.100}$	$\chi^2_{.050}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.010}$	$\chi^2_{.005}$
1	2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944
2	4.60517	5.99147	7.37776	9.21034	10.5966
3	6.25139	7.81473	9.34840	11.3449	12.8381
4	7.77944	9.48773	11.1433	13.2767	14.8602
5	9.23635	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496
6	10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5476
7	12.0170	14.0671	16.0128	18.4753	20.2777
8	13.3616	15.5073	17.5346	20.0902	21.9550
9	14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893
10	15.9871	18.3070	20.4831	23.2093	25.1882
11	17.2750	19.6751	21.9200	24.7250	26.7569
12	18.5494	21.0261	23.3367	26.2170	28.2995
13	19.8119	22.3621	24.7356	27.6883	29.8194
14	21.0642	23.6848	26.1190	29.1413	31.3193
15	22.3072	24.9958	27.4884	30.5779	32.8013
16	23.5418	26.2962	28.8454	31.9999	34.2672
17	24.7690	27.5871	30.1910	33.4087	35.7185
18	25.9894	28.8693	31.5264	34.8053	37.1564
19	27.2036	30.1435	32.8523	36.1908	38.5822
20	28.4120	31.4104	34.1696	37.5662	39.9968
21	29.6151	32.6705	35.4789	38.9321	41.4010
22	30.8133	33.9244	36.7807	40.2894	42.7956
23	32.0069	35.1725	38.0757	41.6384	44.1813
24	33.1963	36.4151	39.3641	42.9798	45.5585
25	34.3816	37.6525	40.6465	44.3141	46.9278
26	35.5631	38.8852	41.9232	45.6417	48.2899
27	36.7412	40.1133	43.1944	46.9630	49.6449
28	37.9159	41.3372	44.4607	48.2782	50.9933
29	39.0875	42.5569	45.7222	49.5879	52.3356
30	40.2560	43.7729	46.9792	50.8922	53.6720
40	51.8050	55.7585	59.3417	63.6907	66.7659
50	63.1671	67.5048	71.4202	76.1539	79.4900
60	74.3970	79.0819	83.2976	88.3794	91.9517
70	85.5271	90.5312	95.0231	100.425	104.215
80	96.5782	101.879	106.629	112.329	116.321
90	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน

Field Data Form

Location.....Observer.....

Date.....GPS No.....

Lat/Long or UTM Coordinate E.....N.....

Zone.....

No.....Land cover type.....

Description.....

.....

.....

Remark.....

Picture.....

Sketch

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัจฉรา ผ่องปิยะสกุล เกิดเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2549 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2550



ศูนย์วิทยพักร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย