

การศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียมแอสเตอร์ เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล



นางสาวพรทิภา เทียงจันดา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 947-14-3226-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY ON POTENTIAL OF MULTISPECTRAL ASTER IMAGERY FOR ORCHARD TYPES CLASSIFICATION

Ms. Pomtipa Thiangjunta

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 2005

ISBN 974-14-3226-7

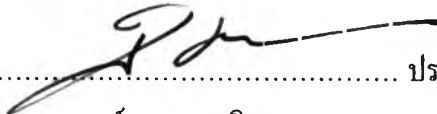
481826


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียมแอสเตอร์ เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล
โดย นางสาวพรทิภา เทียงจันทา
สาขาวิชา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิทธี ตรีสิริสัตยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

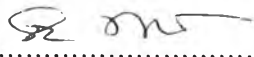

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


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


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิทธี ตรีสิริสัตยวงศ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย เยี่ยงวีรชน)

พรทิภา เทียงจันตา : การศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียมแอสเตอร์ เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล (THE STUDY ON POTENTIAL OF MULTISPECTRAL ASTER IMAGERY FOR ORCHARD TYPES CLASSIFICATION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์, 114 หน้า, ISBN 974-14-3226-7

การศึกษาศักยภาพของภาพ ASTER เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล มีวัตถุประสงค์สองประการคือ 1) เพื่อศึกษาศักยภาพของภาพ ASTER ในช่วงคลื่น VNIR ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) 15 เมตรและ SWIR ซึ่งมีความละเอียดเชิงคลื่น (Spatral Resolution) ที่ความยาวช่วงคลื่นแคบจำนวนมากถึง 6 ช่วงคลื่น ในการจำแนกชนิดไม้ผล 2) เพื่อประเมินผลเปรียบเทียบศักยภาพของข้อมูลในช่วงคลื่น VNIR และ SWIR ของภาพ ASTER กับภาพ Landsat-7 ETM+ ในการจำแนกชนิดไม้ผล

การจำแนกชนิดไม้ผล ศึกษาเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ค่า Spectral Signature และค่า Separability และทำการจำแนกภาพด้วยวิธีการ Maximum Likelihood Classification โดยแบ่งประเภทข้อมูลเป็นพื้นที่ปลูกไม้ผลและการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วไป ได้แก่ ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง มะพร้าว ขนุน สวนผสม นาข้าว พืชไร่ ยางพารา ป่าไม้ ชุมชน และแหล่งน้ำ ในพื้นที่ศึกษาบริเวณบางส่วนของจังหวัดระยอง และทำการตรวจสอบผลด้วยวิธีการ Classification Error Matrix การจำแนกภาพแบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้ 1) การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลย่านช่วงคลื่น VNIR เพียงอย่างเดียว 2) การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลย่านช่วงคลื่น SWIR เพียงอย่างเดียวและ 3) การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลทั้งย่านช่วงคลื่น VNIR รวมกับ SWIR

ผลการศึกษา พบว่า ในกรณีที่ 1 การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่น VNIR จากภาพ ASTER และ LANDSAT-7 ETM+ ให้ค่า Overall Accuracy 82.03% และ 68.54% ตามลำดับ สำหรับกรณีที่ 2 การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นย่าน SWIR ผลลัพธ์จากภาพ ASTER และ LANDSAT-7 ETM ให้ค่า Overall Accuracy 71.13% และ 61.70% ตามลำดับ และในกรณีที่ 3 การจำแนกภาพโดยใช้ข้อมูลทั้งย่านช่วงคลื่น VNIR รวมกับ SWIR จากภาพ ASTER และ LANDSAT-7 ETM+ ให้ค่า Overall Accuracy 84.52% และ 73.41% ตามลำดับ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ภาพ ASTER สามารถนำมาใช้ในการจำแนกไม้ผลได้เป็นอย่างดี โดยให้ผลลัพธ์ที่สูงกว่าภาพ LANDSAT-7 ETM+ ในทุกกรณี

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ.....ลายมือชื่อนิติศ.....
 สาขาวิชา.....ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ปีการศึกษา 2548.....

4570435421 :MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEY WORD: IMAGE CLASSIFICATION, ASTER SATELLITE IMAGE, SEPARABILITY


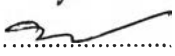
MISS.PORNTIPA THIANGJANTA : THE STUDY ON POTENTIAL OF MULTISPECTRAL ASTER IMAGERY FOR ORCHARD TYPES CLASSIFICATION. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. Dr. ITTHI TRISIRISATAYAWONG, 114 pp. ISBN 974-14-3226-7

The study on potential of multispectral ASTER imagery for orchard types classification. This study has two objectives. I) To study the potential of 15 meters VNIR (spatial resolution) and 6 bands SWIR (spectral resolution) of ASTER imagery for orchard classification. II) To compare the classification output using between the potential of the wavelength in VNIR and SWIR and the potential of the wavelength in LANDSAT 7ETM+ imagery.

This study focused the reflection of the high spatial resolution and the spectral resolution for orchard type classification. In Addition, this evaluates the spectral signature and the separability value. The study area covered Rayong Province. The aim of this study is to the compare of the classification output by the method of maximum likelihood classification. The study covered the orchards types of Durian, Rambutan, Mangosteen, Mango, Coconut, Jackfruit, Mixed orchard, Paddy field, Crops land, Para rubber, Forest, Urban and Water area. That compares the result of the overall accuracy by the classification error matrix. There are three image classifications, I) The classifications using VNIR image only, II) The classifications using SWIR image only, and III) The classifications using the both of VNIR and SWIR images.

The study shows that in case I) The accuracy of VNIR ASTER imagery was 82.03% and LANDSAT7 ETM+ was 68.54%. II) The accuracy of SWIR ASTER imagery was 71.13% and SWIR LANDSAT7 ETM+ was 61.70%. And III) The image combination between the VNIR and SWIR has good result in the overall accuracy that ASTER imagery was 84.52% and LANDSAT7 ETM+ was 73.41%.

The results clearly show that the ASTER imagery can be used in orchard types classification effectively and comparing with using LANDSAT7 ETM+, ASTER result are better in all cases.

Department Survey Engineering Student's signature.....
 Field of study Spatial Information system in Engineering Advisor's signature.....
 Academic year 2005 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับประธานกรรมการ รศ.ดร.บรรเจิด พละการ คณะกรรมการ รศ.ดร.สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร และผศ.วิชัย เข็ยงวีรชน ที่สละเวลา และให้คำแนะนำต่างๆ

อาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมสำรวจที่ได้ให้ความรู้ในด้านวิศวกรรมสำรวจและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในงานวิจัย กรมแผนที่ดินที่อนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินจังหวัดระยอง

ขอขอบคุณ คุณศักดิ์ชัย กำรพิพัฒนกุล ที่อนุเคราะห์ให้เครื่องมือ GPS พร้อมอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการออกภาคสนาม เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คุณธนศ จรุงจินันท์ และรุ่นพี่ปริญญาโททุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือทุกประการในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดา และมารดา และญาติพี่น้องที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย.....	ง
บทคัดย่ออังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 คุณสมบัติของข้อมูลสภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ.....	7
2.1.1 ความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลสภาพดาวเทียม.....	7
2.1.2 ความละเอียดเชิงช่วงคลื่นของข้อมูลสภาพดาวเทียม.....	8
2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	10
2.3 การกำหนดประเภทของการจำแนก.....	12
2.4 การวิเคราะห์และการประมวลผลข้อมูลสภาพดาวเทียม.....	13
2.4.1 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง.....	14
2.4.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลภาพ.....	14
2.4.2 การจำแนกข้อมูลสภาพดาวเทียม.....	18
2.4.2 การตรวจสอบผลการจำแนก.....	20
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	24
3.1 การจัดเตรียมข้อมูล.....	25

3.1.1 การจัดเตรียมภาพเบื้องต้น	25
3.1.2 การจัดทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน	27
3.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียม ASTER	29
3.1.4 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียม LANDSAT7ETM+	30
3.1.5 การเลือกช่วงคลื่นและการผสมข้อมูลหลายช่วงคลื่น	31
3.1.6 การจำแนกภาพดาวเทียมเบื้องต้นแบบ UNSUPERVISED	32
3.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม	33
3.2.1 การกำหนดประเภทของการจำแนก	33
3.2.2 การกำหนดจุดสำรวจข้อมูล	34
3.2.3 การสำรวจเก็บข้อมูลในสนาม	35
3.3 การวิเคราะห์และการประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม	37
3.3.1 การกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง	37
3.3.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติ	40
3.3.3 การจำแนกภาพดาวเทียมแบบ SUPERVISED โดยใช้วิธี MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION	40
3.4 การตรวจสอบผลการจำแนกภาพดาวเทียม	40
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล	41
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางสถิติของค่าสะท้อนของแต่ละประเภทข้อมูลจาก ภาพ ASTER และ LANDSAT-7 ETM+	41
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลแต่ละประเภทในช่วงคลื่น VNIR	41
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของข้อมูลแต่ละประเภทในช่วงคลื่น SWIR	67
4.2 การวิเคราะห์ค่า Separability	87
4.3 การวิเคราะห์ผลการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ ASTER และ Landsat-7 ETM+	90
4.3.1 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ ASTER	91
4.3.2 ผลการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ Landsat-7ETM+	97

4.4 การประเมินผลเปรียบเทียบศักยภาพของภาพดาวเทียมASTER	
ภาพดาวเทียมLANDSAT-7ETM+.....	103
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	107
5.1 ข้อสรุป.....	107
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	110
รายการอ้างอิง.....	112
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	114

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบช่วงคลื่นของพลังงานระหว่างภาพดาวเทียม ASTER และ LANDSAT-7 ETM+	9
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเด่นของช่วงคลื่นที่ได้ศึกษาจากภาพดาวเทียม Landsat7 ETM+	10
ตารางที่ 2.3 ลักษณะปฏิสัมพันธ์ของพืชต่อพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า	11
ตารางที่ 2.4 การกำหนดประเภทข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	13
ตารางที่ 2.5 ตาราง Error Matrix	20
ตารางที่ 3.1 สรุปลักษณะ Histogram ของค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นของ ภาพดาวเทียม ASTER และ LANDSAT-7 ETM+	27
ตารางที่ 3.2 ค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินบนพื้นหลักฐาน Indian 1975 ที่รังวัดด้วย GPS	29
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลผสมหลายช่วงคลื่นของภาพดาวเทียม ASTER และ LANDSAT-7 ETM+	32
ตารางที่ 3.4 จำนวนจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม	36
ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างพื้นที่ตัวอย่างจากภาพดาวเทียม ASTER และ LANDSAT-7 ETM+	38
ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนในช่วงคลื่น VNIR	41
ตารางที่ 4.2 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างทุเรียนในช่วงคลื่น VNIR	42
ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างเงาะในช่วงคลื่น VNIR	43
ตารางที่ 4.4 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างเงาะในช่วงคลื่น VNIR	44
ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างมังคุดในช่วงคลื่น VNIR	45
ตารางที่ 4.6 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างมังคุดในช่วงคลื่น VNIR	46
ตารางที่ 4.7 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างมะม่วงในช่วงคลื่น VNIR	46
ตารางที่ 4.8 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างมะม่วงในช่วงคลื่น VNIR	47
ตารางที่ 4.9 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างมะพร้าวในช่วงคลื่น VNIR	48
ตารางที่ 4.10 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างมะพร้าวในช่วงคลื่น VNIR	49
ตารางที่ 4.11 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างขนุนในช่วงคลื่น VNIR	50
ตารางที่ 4.12 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างขนุนในช่วงคลื่น VNIR	50
ตารางที่ 4.13 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างสวนผสมในช่วงคลื่น VNIR	51
ตารางที่ 4.14 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างสวนผสมในช่วงคลื่น VNIR	52
ตารางที่ 4.15 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างนาข้าวในช่วงคลื่น VNIR	53
ตารางที่ 4.16 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างนาข้าวในช่วงคลื่น VNIR	53
ตารางที่ 4.17 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างพืชไร่ในช่วงคลื่น VNIR	54
ตารางที่ 4.18 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างพืชไร่ในช่วงคลื่น VNIR	55

ตารางที่ 4.49 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างชุมชนในช่วงคลื่น SWIR.....	79
ตารางที่ 4.50 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างชุมชนในช่วงคลื่น SWIR.....	79
ตารางที่ 4.51 ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างน้ำในช่วงคลื่น SWIR.....	80
ตารางที่ 4.52 Histogram ของพื้นที่ตัวอย่างน้ำในช่วงคลื่น SWIR.....	80
ตารางที่ 4.53 ค่า Separability จากข้อมูลภาพดาวเทียม ASTER.....	88
ตารางที่ 4.54 ค่า Separability จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+.....	89
ตารางที่ 4.55 ตาราง Error Matrix ของการจำแนกภาพดาวเทียม ASTER VNIR(321).....	92
ตารางที่ 4.56 ตาราง Error Matrix ของการจำแนกภาพดาวเทียม ASTER SWIR(B45678).....	94
ตารางที่ 4.57 ตาราง Error Matrix ของการจำแนกภาพดาวเทียม ASTERVNIR+ SWIR(B12345678).....	96
ตารางที่ 4.58 ตาราง Error Matrix ของการจำแนกภาพดาวเทียม LANDSAT-7ETM+VNIR(432).....	98
ตารางที่ 4.59 ตารางError Matrixของการจำแนกภาพดาวเทียม LANDSAT-7ETM+ SWIR(B57).....	100
ตารางที่ 4.60 ตารางError MatrixของการจำแนกภาพดาวเทียมLANDSAT-7ETM+ VNIR+ SWIR(B23457).....	102
ตารางที่ 4.61สรุปผลการจำแนกประเภทข้อมูลจากค่าความถูกต้อง User's Accuracy และ Overall Accuracy ตัวอย่างภาพสีผสมที่ใช้ในการศึกษา.....	103

สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา	3
รูปที่ 2.1 แสดง Typical spectral reflectance ของพืชพรรณ	11
รูปที่ 2.2 แสดง การกำหนดค่า Separability ของการจำแนก	17
รูปที่ 2.3 แสดง หลักการจำแนกภาพแบบ Unsupervised ด้วยวิธี ISODATA	19
รูปที่ 2.4 แสดงหลักการจำแนกภาพแบบ Supervised ด้วยวิธี Maximum Likelihood Classification	19
รูปที่ 2.5 แสดง Spectral profile ของประเภทข้อมูลชนิดไม้ผลที่แตกต่างกัน	22
รูปที่ 3.1 ผังงานการศึกษาศักยภาพของภาพดาวเทียม เพื่อการจำแนกชนิดไม้ผล	24
รูปที่ 3.2 ลักษณะ Histogram เบื้องต้นจากภาพดาวเทียม ASTER	26
รูปที่ 3.3 ลักษณะ Histogram เบื้องต้นจากภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+	26
รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่ใช้ในการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียม ASTER	30
รูปที่ 3.5 แสดงภาพที่ตัดเฉพาะพื้นที่ศึกษาของภาพดาวเทียม ASTER	30
รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน ที่ใช้ในการการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ทางเรขาคณิตของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+	31
รูปที่ 3.7 แสดงภาพที่ตัดเฉพาะพื้นที่ศึกษาของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+	32
รูปที่ 3.8 ภาพดาวเทียม ASTER ที่ผ่านการจำแนกภาพแบบไม่กำกับ	34
รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างจุดที่ทำการสำรวจภาคสนาม	37
รูปที่ 4.1 แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูลปลูกไม้ผลและการใช้ประโยชน์ ที่ดิน ทั้ง 13 ประเภท ในช่วงคลื่น VNIR (B1-B3) ของภาพดาวเทียม ASTER	62
รูปที่ 4.2 แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูลไม้ผลและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 13 ประเภท ในช่วงคลื่น VNIR (B2-B4) ของภาพ LANDSAT-7 ETM+	63
รูปที่ 4.3 แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูล ไม้ผล 6 ชนิด ในช่วงคลื่น VNIR (B1-B3) ของภาพดาวเทียม ASTER	63
รูปที่ 4.4 แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูล ไม้ผล 6 ชนิด ในช่วงคลื่น VNIR (B2-B4) ของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+	64
รูปที่ 4.5 แสดง Scatter plots ของภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น VNIR	67
รูปที่ 4.6 แสดง Scatter plots ของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ในช่วงคลื่น VNIR	67

รูปที่ 4.7	แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูลปลูกไม้ผลและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 13 ประเภท ในช่วงคลื่น SWIR (B4-B9) ของภาพดาวเทียม ASTER	81
รูปที่ 4.8	แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูล ไม้ผลและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 13 ประเภท ในช่วงคลื่น SWIR (B5, B7) ของภาพ LANDSAT-7 ETM+	82
รูปที่ 4.9	แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูลไม้ผล 6 ชนิด ในช่วงคลื่น SWIR (B4-B9) ของภาพดาวเทียม ASTER	82
รูปที่ 4.10	แสดง Spectral Mean Plot ของประเภทข้อมูล ไม้ผล 6 ชนิด ในช่วงคลื่น SWIR (B5, B7) ของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+	83
รูปที่ 4.11	แสดง Scatter plots ของภาพดาวเทียม ASTER ในช่วงคลื่น SWIR	86
รูปที่ 4.12	แสดง Scatter plots ของภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM+ ในช่วงคลื่น SWIR	87
รูปที่ 4.13	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น VNIR (B321) ของภาพ ASTER	91
รูปที่ 4.14	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น SWIR (B45678) จากภาพ ASTER	92
รูปที่ 4.15	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น VNIR ผสมกับ SWIR (B12345678) จากภาพ ASTER	95
รูปที่ 4.16	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น VNIR (B432) จากภาพ LANDSAT-7 ETM+	97
รูปที่ 4.17	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น SWIR (B57) จากภาพ LANDSAT-7 ETM+	99
รูปที่ 4.18	แสดงตัวอย่างภาพสีผสมและภาพการจำแนกจากช่วงคลื่น VNIR ผสมกับ SWIR (B23457) จากภาพ LANDSAT-7 ETM+	101