

การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม
รายละเอียดสูง



นางสาวภาวิณี เพ็งเพชร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHANGE DETECTION ALONG HIGH VOLTAGE TRANSMISSION LINE BY HIGH
RESOLUTION IMAGERY



Miss Phawinee Phengphet

สถาบันวิทยบริการ

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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่ง
ไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

โดย

นางสาวภาวิณี เฟิงเพชร

สาขาวิชา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

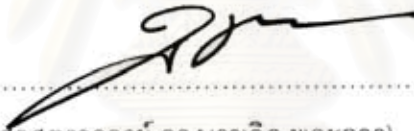
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์

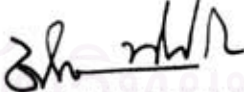
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


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


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธงทศ ฉายากุล)

ภาวณิ เพ็ญเพชร : การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง. (Change Detection Along High Voltage Transmission Line by High Resolution Imagery) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.อิทธิ ศิริวิไลต้ยวงศ์, 180 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยการเปรียบเทียบภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในสองช่วงเวลาด้วยวิธีนำภาพมาลบกัน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ QUICKBIRD ในพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ จ.สงขลา และกรุงเทพฯและปริมณฑล และทำการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนที่จะนำภาพมาลบกันเพื่อขจัดผลกระทบที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศและทิศทางของแสงที่จะมีผลกระทบต่อค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธี Histogram Matching วิธี Simple Regression วิธี Pseudo-invariant Feature Set วิธี Dark-Bright และวิธี No Change Set จากผลการประเมินความถูกต้องพบว่า ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ วิธี Simple Regression ในขณะที่วิธี Pseudo-invariant Feature Set จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับพื้นที่ จ.สงขลา ส่วนพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล คือ วิธี Dark-Bright ซึ่งทั้ง 3 วิธีนี้มีค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall accuracy) อยู่ในช่วงร้อยละ 67.06 – 78.45 แสดงให้เห็นได้ว่าไม่มีวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีใดที่มีความโดดเด่นเป็นพิเศษหรือใช้ได้ดีในทุกพื้นที่ศึกษา และเมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่มีความถูกต้องสูงสุดแต่ละแบนด์เฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าได้นั้น พบว่า มีค่าความถูกต้องที่มากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นยังพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีด้วยเช่นกัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยตรวจสอบสิ่งบุกรุกและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในเขตพื้นที่เดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิสิต *mlw mlw*

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก *an*

ปีการศึกษา 2551

4870418021 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING
 KEYWORDS : CHANGE DETECTION / HIGH RESOLUTION IMAGE / RADIOMETRIC
 NORMALIZATION / IMAGE DIFFERENCING

PHAWINEE PHENGPHEP : CHANGE DETECTION ALONG HIGH VOLTAGE
 TRANSMISSION LINE BY HIGH RESOLUTION IMAGERY. ADVISOR :
 ASSOC. PROF. ITTHI TRISIRISATAYAWONG, Ph.D, 180 pp.

The main objective of this research is to detect change along high voltage transmission line by Image differencing of high resolution IKONOS and QUICKBIRD images in the study areas which located in Chiang Mai, Songkhla, Bangkok and the vicinity. Radiometric normalization was applied before image differencing procedure to eliminate the atmospheric effect and different illumination that will affect the accuracy of change detection in land cover by Histogram Matching, Simple Regression, Pseudo-invariant feature set, Dark- Bright and No Change set. The results reveal that the best method of radiometric normalization in Chiang Mai was Simple regression while in Songkhla was Pseudo-invariant Feature Set and in Bangkok and the vicinity was Dark-Bright. Overall accuracy of these 3 methods are in range of 67.06% – 78.45%, demonstrating that no method is superior to the others. The producer's accuracy of images differencing especially of changes that affect stability of transmission system, is over than 80%. However, overall accuracy of non-normalized images is also good. This research reveals that change detection along high voltage transmission line by high resolution imagery can be one of various methods to detect intrusion and land cover change.

Department : Survey Engineering

Student's Signature *Phawinee*

Field of Study : Spatial Information System in Engineering

Advisor's Signature *[Signature]*

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ แรงสนับสนุน และคำแนะนำจากบุคคลต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอบคุณดังนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำความคิดเห็น และข้อชี้แนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ตลอดจนความช่วยเหลืออื่นๆ มาโดยตลอดในช่วงระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณคุณวิชัย อาชวรั้งสรรค์ คุณผดุงเลิศ อินทิม และเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลและการออกภาคสนามให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้

ขอขอบคุณ น.ส.กฤษณา พิมพ์ประสานต์ และ น.ส.จุฑาทิพย์ ธนกิตต์เมธาวุฒิ ที่คอยช่วยเหลือในการออกภาคสนามและความช่วยเหลืออื่นๆ ตลอดจนน้ำใจและกำลังใจที่มีให้กันมาโดยตลอด ขอขอบคุณ น.ส.อรวินท์ จันทร์คำ รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนภูมิศาสตร์-เกษตร รุ่น 25 ตลอดจนเพื่อนๆ และบุคคลอื่นๆ อีกหลายท่านสำหรับมิตรภาพ ความช่วยเหลือ ความห่วงใย และกำลังใจที่ดีเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

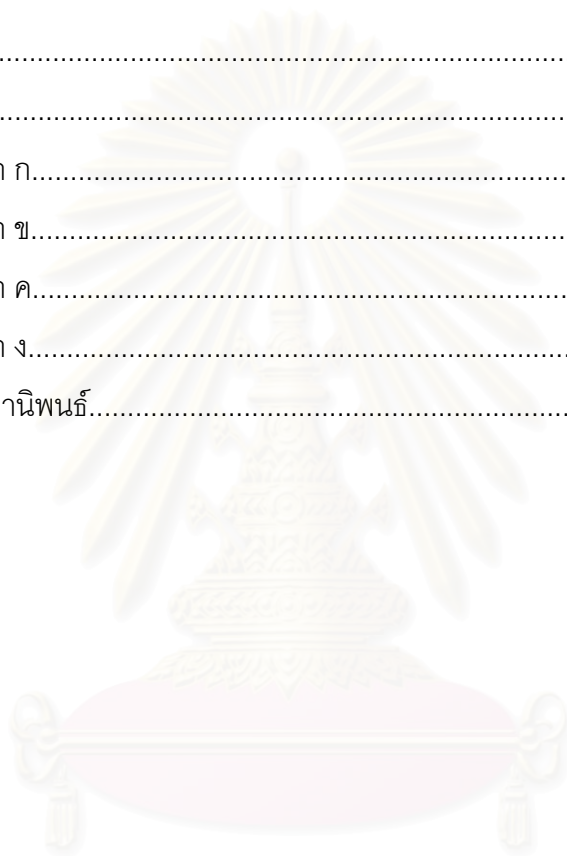
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	10
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.....	11
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.1 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization).....	12
2.1.1 การปรับแก้เชิงคลื่นสัมบูรณ์ (Absolute Radiometric Normalization).....	12
2.1.2 การปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ (Relative Radiometric Normalization).....	13
2.2 การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching (HM)).....	13
2.3 การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Normalization).....	15
2.3.1 วิธี Simple Regression (SR).....	15
2.3.2 วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF).....	18
2.3.3 วิธี Dark-Bright (DB).....	20
2.3.4 วิธี No Change Set (NC).....	22

2.4 การหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยวิธีการนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing).....	25
2.5 การประเมินค่าความถูกต้อง.....	26
บทที่ 3 การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre- processing).....	29
3.1 การรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image-to-image registration).....	30
3.2 การปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Radiometric Normalization)..	31
3.2.1 การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching (HM)).....	31
3.2.2 วิธี Simple Regression (SR).....	33
3.2.3 วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF).....	46
3.2.4 วิธี Dark-Bright (DB).....	51
3.2.5 วิธี No Change Set (NC).....	55
บทที่ 4 การสร้างภาพผลต่างและการประเมินความถูกต้อง.....	63
4.1 การสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing).....	64
4.2 การหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม(Optimal Thresholding).....	66
4.3 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน.	68
บทที่ 5 ผลการศึกษา.....	74
5.1 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแบบ รวมทั้งหมด.....	74
5.2 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ ละประเภทการเปลี่ยนแปลง.....	79
5.3 แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละ ประเภทการเปลี่ยนแปลง.....	99

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	111
6.1 สรุปผล.....	111
6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	118
รายการอ้างอิง.....	121
ภาคผนวก.....	123
ภาคผนวก ก.....	124
ภาคผนวก ข.....	130
ภาคผนวก ค.....	140
ภาคผนวก ง.....	152
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	180



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญัตราจ

ตารางที่		หน้า
1.1	รายละเอียดพื้นที่ศึกษา.....	5
1.2	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	7
1.3	รายละเอียดวันที่ทำการสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม.....	8
1.4	จำนวนจุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน.....	8
3.1	จำนวนจุดควบคุมภาพ สมการที่ใช้ในการปรับแก้ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) ที่ได้จากการวิจิสเตอร์ภาพ.....	30
3.2	จำนวนเป้าและตำแหน่งเป้าในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	35
3.3	ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาพื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่.....	36
3.4	ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาพื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา.....	38
3.5	ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาพื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล.....	40
3.6	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจุดภาพ PIF แต่ละแบนด์.....	50
3.7	ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี PIF.....	50
3.8	ค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง.....	54
3.9	ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี DB.....	55
3.10	ค่า DN ที่ใช้สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์(a_{4_0} , b_{4_0}) ที่ใช้สำหรับหากลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set).....	56
3.11	ค่า HWV ของแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	57
3.12	ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี NC.....	60
3.13	ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR PIF DB และ NC.....	61
4.1	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาที่นำมาสร้างภาพผลต่าง.....	64
4.2	ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พื้นที่ จ.เชียงใหม่.....	67
4.3	ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พื้นที่ จ. สงขลา.....	67

ตารางที่		หน้า
4.4	ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล.....	68
4.5	ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละค่า Threshold.	72
4.6	สูตรคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel.....	73
4.7	ค่า Optimal Threshold ของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี.....	73
5.1	ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ที่ค่า Optimal Threshold เมื่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี.....	74
5.2	ค่าต่างของค่าความถูกต้องทั้งหมดระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละพื้นที่ศึกษา..	76
5.3	จำนวนจุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน.....	80
5.4	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น.....	81
5.5	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM.....	82
5.6	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR.....	83
5.7	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF.....	84
5.8	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB.....	85
5.9	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC.....	86
5.10	ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ที่มากที่สุดในแต่ละแบนด์.....	100
5.11	ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy)มากที่สุด.....	101
5.12	แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท.....	109

ตารางที่		หน้า
6.1	ลำดับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เรียงจากค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมดจากมากไปหาน้อย.....	112
6.2	ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี.....	113
6.3	แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง.....	117



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	พื้นที่ศึกษา.....	5
2.1	เมตริกซ์ความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (Change Detection Error Matrix).....	27
3.1	ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre-processing).....	29
3.2	การใช้ฟังก์ชัน Histogram Matching ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE Version 9.1.....	31
3.3	ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ที่ปรับแก้เชิงคลื่นแล้วด้วยวิธี HM.....	32
3.4	การหาค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่เลือก.....	34
3.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่.....	43
3.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา.....	44
3.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล.....	45
3.8	แบบจำลองสำหรับหากลุ่มจุดภาพ PIF.....	47
3.9	จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่.....	48
3.10	จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา.....	48
3.11	จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล.....	49
3.12	แบบจำลองที่ใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลจุดภาพ PIF.....	49
3.13	แบบจำลองสำหรับสร้างข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง.....	52
3.14	ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่.....	52
3.15	ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา.....	53

รูปที่		หน้า
3.16	ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล.....	53
3.17	แบบจำลองที่ใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง	54
3.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แบนดิอินฟราเรดใกล้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา..	56
3.19	แบบจำลองสำหรับกำหนดกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set).....	58
3.20	กลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง(No Change Set)ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	58
3.21	Linear regression model.....	60
3.22	แบบจำลองสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	62
4.1	แผนผังขั้นตอนการสร้างภาพผลต่าง การหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปก คลุมดินที่เหมาะสม และการประเมินความถูกต้อง.....	63
4.2	แบบจำลองสำหรับการสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกัน.....	64
4.3	ตัวอย่างข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ ปรับแก้เชิงคลื่น (พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่).....	65
4.4	ตัวอย่างข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ ปรับแก้เชิงคลื่น (พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่).....	65
4.5	แบบจำลองสำหรับการสร้างภาพการเปลี่ยนแปลง.....	66
4.6	ตัวอย่างภาพการเปลี่ยนแปลงแบนด์สีแดง พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่.....	67
4.7	ตำแหน่งที่คาดว่าจะมีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น.....	69
4.8	ตัวอย่างแผนที่แสดงตำแหน่งจุดตรวจสอบและเส้นทางคมนาคมที่ใช้ในงานออก ภาคสนาม.....	70
5.1	กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) เมื่อข้อมูลภาพ ภาพถ่ายดาวเทียมผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	75
5.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจาก พื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่ จ.เชียงใหม่.....	88
5.3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจาก พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ.เชียงใหม่.....	88

รูปที่		หน้า
5.4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	88
5.5	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	89
5.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	89
5.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว) พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	89
5.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก) พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	90
5.9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	90
5.10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง พื้นที่ จ. เชียงใหม่.....	90
5.11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่ จ. สงขลา.....	91
5.12	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ. สงขลา.....	92
5.13	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ. สงขลา.....	92
5.14	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พื้นที่ จ. สงขลา.....	92
5.15	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ. สงขลา.....	93
5.16	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่โล่งเป็นพืชสวน (ไม้ยืนต้น) พื้นที่ จ. สงขลา.....	93
5.17	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน)เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พื้นที่ จ. สงขลา.....	93

รูปที่		หน้า
5.32	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก).....	102
5.33	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่ง.....	103
5.34	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง.....	104
5.35	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่โล่งเป็นพื้นที่สวน(ไม้ยืนต้น).....	104
5.36	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม.....	104
5.37	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง.....	105
5.38	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน.....	106
5.39	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง.....	106
5.40	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งปลูกสร้าง.....	107
5.41	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่.....	107
5.42	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง.....	107
5.43	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากนาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว).....	108
5.44	กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากไม้ยืนต้นเป็นพื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก.....	108

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่เป็นวงโคจรจึงทำให้สามารถบันทึกภาพซ้ำ ณ พื้นที่เดิมได้โดยเป็นการบันทึกภาพซ้ำในรอบเวลาของการโคจร การบันทึกภาพซ้ำ ณ พื้นที่เดิม แต่เป็นช่วงเวลาที่แตกต่างกันจึงมีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาหรือตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ผิวโลกที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว

การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกในช่วงเวลาที่ต่างกัน ในทางทฤษฎีแล้วข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินควรได้มาจากเครื่องวัด (Sensor) ตัวเดียวกันหรือคล้ายกัน มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) มุมมองทางเรขาคณิต (Viewing Geometry) แบนด์สเปกตรัม (Spectrum Band) ความละเอียดเชิงคลื่น (Radiometric Resolution) และช่วงเวลาของวันที่ทำการบันทึกภาพที่เหมือนกัน ดังนั้นข้อมูลภาพที่นำมาใช้จึงควรเป็นข้อมูลที่บันทึกได้ในวันครบรอบปีในปีที่ต่างกัน (Anniversary Date) เพราะจะมีความแตกต่างของสภาพบรรยากาศและมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์น้อยที่สุด

การโคจรของดาวเทียมโดยทั่วไปมีลักษณะวงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun-synchronous) ซึ่งจะโคจรผ่านแนวละติจูดหนึ่งๆ ที่เวลาท้องถิ่นเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติการได้มาซึ่งข้อมูล ณ วันเวลาเดียวกันแต่ต่างปีค่อนข้างเป็นไปได้ยากเนื่องจากลักษณะการบันทึกภาพของดาวเทียมแต่ละดวงที่ถึงแม้จะโคจรมา ณ ตำแหน่งหรือพื้นที่เดิมก็ตาม แต่บางครั้งก็ไม่ได้ทำการบันทึกภาพเก็บเอาไว้ จึงต้องมีการใช้ข้อมูลภาพที่บันทึกในวันที่ใกล้เคียงกันแทน ซึ่งอาจแตกต่างกันเป็นวัน สัปดาห์หรือเดือน ส่งผลให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เป็นข้อมูลเชิงเลข (Digital Number : DN) 2 ช่วงเวลา มีค่าแตกต่างกันซึ่งถึงแม้ว่าตามสภาพความเป็นจริงแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุหรือสิ่งปกคลุมดินชนิดเดียวกันเกิดขึ้นก็ตาม โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว คือ ทิศทางของของแสงที่ต่างกัน (Different Illumination) สภาพชั้นบรรยากาศ (Atmospheric) และค่าพารามิเตอร์ของ sensor ดังนั้นการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงคลื่นมาหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจะทำให้การวิเคราะห์นั้นมีผลกระทบเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าการหาการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างจะสามารถทำได้โดยไม่ต้องทำการปรับแก้เชิงคลื่น เช่น การพิสูจน์ว่าสิ่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นคืออะไรโดยวิธี

อัตโนมัติ แต่โดยทั่วไปแล้วการปรับแก้เชิงคลื่นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (Chavez and Mackinnon, 1994 cited in Hong and Zhang, 2005) เพื่อขจัดผลกระทบจากปัจจัยต่างๆที่มีต่อค่าข้อมูลเชิงเลข ทำให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างช่วงเวลานั้นอยู่ในสภาวะเดียวกัน และสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีรีโมทเซนซิงซึ่งได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันมีดาวเทียมรายละเอียดสูงเชิงพาณิชย์ที่สามารถบันทึกข้อมูลภาพของวัตถุขนาดเล็กบนพื้นผิวโลกได้ ดาวเทียมรายละเอียดสูงที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป เช่น ดาวเทียม IKONOS และดาวเทียม QUICKBIRD จึงทำให้มีทางเลือกสำหรับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในกิจการต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เมือง และงานที่ต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง เช่น การทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่ การวางผังเมือง การเปลี่ยนแปลงภายในเขตเมือง การจัดการด้านการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน การวางแผนสาธารณูปโภค เป็นต้น

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงมาใช้ในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินควรมีการปรับแก้เชิงคลื่นเช่นเดียวกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั่วไปเพื่อขจัดผลกระทบที่เกิดจากสภาพชั้นบรรยากาศและทิศทางของแสงที่แตกต่างกันและทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นส่วนใหญ่มักจะเป็นเทคนิควิธีการที่ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำถึงปานกลาง เช่น SPOT Landsat TM หรือ MSS เป็นต้น และบางเทคนิควิธีการได้ถูกนำมาใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงด้วยแต่ยังไม่แพร่หลายมากนักและบางวิธีไม่สามารถนำมาใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงได้โดยตรง จากการศึกษาของ Hong and Zhang (2005) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่มีอยู่เดิมมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD โดยประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างๆ ได้แก่ วิธี Simple Regression (SR) วิธี Histogram Matching (HM) วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) วิธี Dark-Bright (DB) และวิธี No Change Set (NC) และเนื่องจากคุณสมบัติเชิงคลื่นที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและความละเอียดของจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่แตกต่างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำถึงปานกลางบางประการประกอบกับพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดเล็ก และมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินน้อย ดังนั้นเทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นที่นำมาใช้ในงานวิจัยของ Hong and Zhang จึงมีทั้งวิธีที่นำมาใช้โดยตรง ได้แก่ วิธี Simple Regression (SR) และ วิธี Histogram Matching (HM) และวิธีที่ต้องมีการปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสมกับข้อมูล

ได้แก่ วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) วิธี Dark-Bright (DB) และวิธี No Change Set (NC) ซึ่งทั้ง 5 วิธีนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงกันโดยวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือ วิธี Histogram Matching (HM) ตามด้วยวิธี Simple Regression (SR) วิธี No Change Set (NC) วิธี Dark-Bright (DB) และวิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) ตามลำดับ และสามารถนำเทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์นี้ไปเป็นประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ได้ แต่ก็ควรพิจารณาถึงขนาดของพื้นที่ศึกษาที่จะส่งผลถึงขนาดของข้อมูลที่ใช้และประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลด้วย เช่น วิธี Simple Regression (SR) อาจต้องทำการเลือกจุดภาพเป้าหมายมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่นแทนการใช้ข้อมูลจุดภาพทั้งหมด เป็นต้น

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นหน่วยงานหลักที่ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับการใช้งานในประเทศ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งไปตามสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่ครอบคลุมพื้นที่การให้บริการทั่วประเทศ การก่อสร้างสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจำเป็นต้องกำหนดแนวเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงซึ่งเป็นพื้นที่ภายใต้แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีระยะห่างจากศูนย์กลางของเสาไฟฟ้าออกไปข้างละ 9 - 40 เมตรและขนานไปตามแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยในเขตพื้นที่เดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนี้ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะสงวนสิทธิในการใช้ที่ดินและควบคุมสิ่งปกคลุมดินบางประการ เช่น การปลูกสร้างอาคาร การปลูกไม้ยืนต้น เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ตลอดจนความมั่นคงของระบบไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการขัดข้องซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมืองที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้มีความต้องการในการใช้ที่ดินมากขึ้น ดังนั้นการดูแลรักษาและเฝ้าระวังอย่างหนึ่งที่สำคัญ ก็คือ การป้องกันการบุกรุกพื้นที่เขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยเฉพาะอาคาร สิ่งปลูกสร้างและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแนวพาดผ่านของสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายกับสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนั้นๆ ได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่โล่งเป็นบ่อน้ำ สิ่งปลูกสร้าง ไม้ยืนต้น เป็นต้น การนำเทคโนโลยีด้านรีโมทเซนซิง โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงมาใช้ในการหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินภายใต้แนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยเฉพาะเทคนิควิธีการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงแบบอัตโนมัติซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เช่น วิธีการนำภาพมาลบกัน นับเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการตรวจหาการบุกรุกและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในเขตพื้นที่เดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้ เนื่องจากแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงมีระยะทางมาก ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศและการเข้าไปสำรวจในทุกพื้นที่นั้นต้องใช้บุคลากรจำนวนมาก ใช้เวลานาน และในบางพื้นที่อาจเข้าถึงได้ลำบาก เป็นพื้นที่เสี่ยงหรือเข้าไปทำงานในพื้นที่ไม่ได้ในบางฤดูกาล นอกจากนี้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงนี้ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับการวางแผนงานตรวจแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงด้วยเฮลิคอปเตอร์ที่โดยปกติแล้วจะทำการบินเพื่อตรวจสอบสภาพของสายไฟและอุปกรณ์บนเสาไฟฟ้าแรงสูงเท่านั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการบินแต่ละครั้ง

และสำหรับงานวิจัยนี้เป็นการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ซึ่งในการปรับแก้เชิงคลื่นจะทำการศึกษาและประยุกต์ใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยเทคนิควิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยของ Hong and Zhang ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิควิธีการนำภาพมาลบกัน (Image Differencing)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric normalization) สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง
- 2) เพื่อหาเทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง
- 3) เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing)

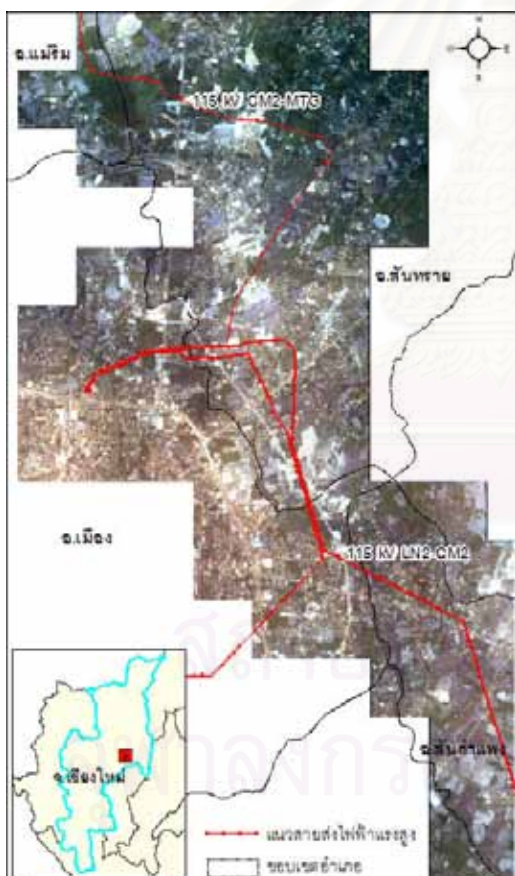
1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) พื้นที่ศึกษา

ในงานวิจัยนี้กำหนดพื้นที่ศึกษาที่ครอบคลุมเขตเดินสายไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่ในเขตเมือง 3 พื้นที่ คือ จ.เชียงใหม่ จ.สงขลา และกรุงเทพฯและปริมณฑล รายละเอียดดังตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.1 โดยมีการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นสิ่งปลูกสร้าง/ชุมชนที่อยู่อาศัย และมีการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่รกร้าง ทุ่งหญ้าและแหล่งน้ำ โดยพื้นที่เกษตรกรรมในแต่ละพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกัน คือ ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นนาข้าว พื้นที่ จ.สงขลา พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นสวนยางพารา และพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นแปลงผัก

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	แนวสายส่ง	พื้นที่ (ตร.ก.ม.)
1. อ.เมือง อ.สันทราย อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	115 kV CM2-MTG 115 kV LN2-CM2	47
2. อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	230 kV พัทลุง-หาดใหญ่2 115 kV หาดใหญ่1-พัทลุง 115 kV หาดใหญ่1-หาดใหญ่2 115 kV หาดใหญ่1-สตูล 115 kV หาดใหญ่2-สงขลา	108
3. กรุงเทพฯและปริมณฑล	500kV CHW-RS#1	29

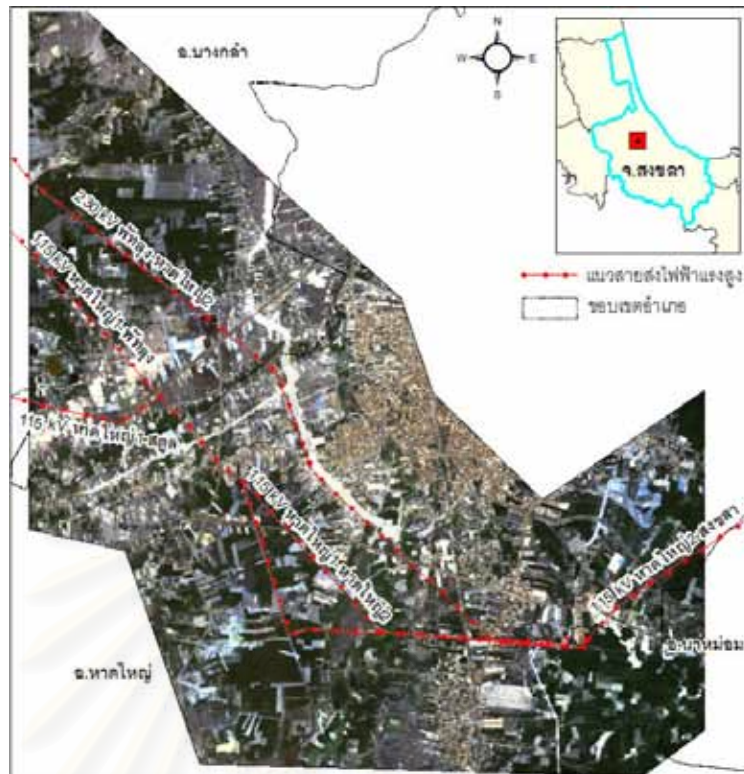


ก) จ.เชียงใหม่



ข) กรุงเทพฯและปริมณฑล

รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา



ค) จ.สงขลา

รูปที่ 1.1 (ต่อ) พื้นที่ศึกษา

2) ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย คือ

2.1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง 2 ช่วงเวลา ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่

- ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ชนิด Multispectral แบนด์ที่ 1-4 (แบนด์ 1 น้ำเงิน แบนด์ 2 เขียว แบนด์ 3 แดง แบนด์ 4 อินฟราเรดใกล้) รายละเอียดจุดภาพ 4 เมตร และ Panchromatic รายละเอียดจุดภาพ 1 เมตร

- ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD ชนิด Multispectral แบนด์ที่ 1-4 (แบนด์ 1 สีน้ำเงิน แบนด์ 2 สีเขียว แบนด์ 3 สีแดง แบนด์ 4 อินฟราเรดใกล้) รายละเอียดจุดภาพ 2.44 เมตร และ Panchromatic รายละเอียดจุดภาพ 0.61 เมตร

โดยแต่ละพื้นที่ศึกษาจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.2 ซึ่งค่าต่าง (วัน) ที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.2 คือ ค่าต่างวันที่บันทึกภาพได้นับจากวันครบรอบปี (Anniversary Date)

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ชนิดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	วันที่บันทึกภาพ		ค่าต่าง (วัน)
		ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	
1. อ.เมือง อ.สันทราย อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	IKONOS	30 มีนาคม พ.ศ.2547	19 มีนาคม พ.ศ.2548	11
2. อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	QUICKBIRD	18 เมษายน พ.ศ.2548	27 พฤษภาคม พ.ศ.2549	39
3. กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	QUICKBIRD	26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547	26 มกราคม พ.ศ.2549	31

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ผ่านการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภาพไปสู่ระบบพิกัดยูทีเอ็ม(UTM) อ้างอิงบนพื้นหลักฐาน WGS84 แล้ว โดยสำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)

2.2) จุดตรวจสอบเพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน ประกอบด้วย

- จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน
- จุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน
- ประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน

จุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินนี้ได้จากการตรวจหาและการแปลภาพด้วยสายตาโดยใช้คู่มือภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงชนิด Panchromatic สองช่วงเวลาตามรายละเอียดในตารางที่ 1.2 และตรวจสอบความถูกต้องของจุดตรวจสอบด้วยการสำรวจข้อเท็จจริงในสนามปี พ.ศ.2551 โดยมีรายละเอียดวันที่ทำการสำรวจข้อเท็จจริงในสนามดังตารางที่ 1.3 และจำนวนจุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละพื้นที่ศึกษามีรายละเอียดดังตารางที่ 1.4 ซึ่งจำนวนจุดตรวจสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นจำนวนจุดที่มากที่สุดเท่าที่จะสามารถหาได้จากการตรวจหาและแปลภาพด้วยสายตา

ตารางที่ 1.3 รายละเอียดวันที่ทำการสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม

พื้นที่ศึกษา	วันที่สำรวจ	วันที่บันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจสอบข้อเท็จจริงในสนาม
จ.เชียงใหม่	10-14 มีนาคม พ.ศ.2551	19 มีนาคม พ.ศ.2548
จ.สงขลา	8-13 สิงหาคม พ.ศ.2551	27 พฤษภาคม พ.ศ.2549
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	12-16 พฤษภาคม พ.ศ.2551	26 มกราคม พ.ศ.2549

ตารางที่ 1.4 จำนวนจุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน	จำนวน (จุด)		
	จ.เชียงใหม่	จ.สงขลา	กรุงเทพฯ และปริมณฑล
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน	50	63	78
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	12	8	6
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	16	6	4
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	28	31	72
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	3	1	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	32	76	60
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	1	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	1	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	4	1	1
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	3	2	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	24	14
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	1	6	13
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	2	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	2
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	3
รวม	150	221	253

2.3) ข้อมูลแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงในรูปแบบ shape file ใช้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในขั้นตอนของการจัดหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยมีพื้นที่ครอบคลุมแนว

สายส่งไฟฟ้าแรงสูงออกไปข้างละ 1.5 กิโลเมตร เพื่อให้สามารถหาจุดตรวจสอบที่เป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินได้จำนวนมากเพียงพอสำหรับการทดลอง เนื่องจากถ้าพิจารณาเฉพาะพื้นที่ในแนวเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีระยะห่างจากศูนย์กลางของเสาไฟฟ้าออกไปข้างละ 9 - 40 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการรอนสิทธิและห้ามเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้กำหนดไว้ นั่นจะทำให้หาจุดตรวจสอบที่เป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินได้จำนวนน้อยมากซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการทดลอง

3) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย มีดังต่อไปนี้

3.1) เครื่องคอมพิวเตอร์ AMD 64x2Dual ความเร็ว 2 Gb HDD 750 Gb

3.2) โปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE Version 9.1 ใช้สำหรับการรีจิสเตอร์ภาพ การปรับแก้เชิงคลื่นของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ การสร้างภาพผลต่างและภาพการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินต่อไป

3.3) โปรแกรม ArcGIS version 9.2 ใช้สำหรับทำแผนที่เพื่อสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม และการตรวจสอบความถูกต้องของภาพผลต่างที่ได้

3.4) โปรแกรม Microsoft Excel 2003 ใช้สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

3.5) เครื่อง GPS แบบมือถือ ใช้สำหรับนำทางเข้าสู่จุดตรวจสอบในการสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม

4) การรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงใช้การรีจิสเตอร์ภาพต่อภาพ (Image to Image Registration) โดยใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองในการปรับแก้ และคำนวณค่าความสว่างใหม่ด้วยการประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Resampling Method) เพื่อรักษาค่าความสว่างให้ใกล้เคียงกับภาพก่อนการปรับแก้มากที่สุด และถือว่าไม่มีความคลาดเคลื่อน (Error) จากการรีจิสเตอร์

5) การศึกษาวิจัยการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละพื้นที่ศึกษาจะประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่นำเสนอในงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005) ซึ่งเป็นวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ด้วยวิธี Histogram Matching (HM) วิธี Simple Regression (SR) วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) วิธี Dark-Bright (DB) และวิธี No Change Set (NC) โดย

จะใช้เทคนิควิธีนี้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิด Multispectral 3 แบนด์ ได้แก่ แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้ และตรวจหาการเปลี่ยนแปลงโดยการนำภาพมาลบกัน (Image Differencing) แบนด์ต่อแบนด์

6) การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี Simple Regression (SR) จะไม่ใช่จุดภาพทั้งหมดดังเช่นที่ใช้ในงานวิจัยของ Hong and Zhang แต่จะทำการเลือกจุดภาพเป้าหมาย (Target) ซึ่งเป็นจุดภาพที่สิ่งปกคลุมดินไม่ใช่พืชและไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างข้อมูล 2 ช่วงเวลา มาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นแทน

7) การประเมินความถูกต้องของวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นว่าวิธีใดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะใช้ค่าความถูกต้องทั้งหมดของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (Overall Accuracy) ในการประเมินความถูกต้อง และนำภาพผลต่างที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดมาวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิด

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้เทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นหลายวิธี และในบางเนื้อหาต้องกล่าวถึงวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นดังกล่าวหลายรอบ ประกอบกับชื่อวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นค่อนข้างมีความยาวมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ชื่อย่อของเทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นดังต่อไปนี้

HM	คือ วิธี Histogram Matching
SR	คือ วิธี Simple Regression
PIF	คือ วิธี Pseudo-invariant Feature Set
DB	คือ วิธี Dark-Bright
NC	คือ วิธี No Change Set
NN	คือ ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (Non-Normalization)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) แนวทางการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization) สำหรับการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน

2) พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินตามแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการปฏิบัติงาน ลดการลงพื้นที่ในการตรวจหาและตรวจสอบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นสำหรับหน่วยงานหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาเทคนิค ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) รีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เชิงคลื่นกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง
- 3) ปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization) โดยใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์
- 4) สร้างภาพผลต่าง(Difference Image) ในแต่ละแบนด์โดยการนำช่วงคลื่นมาลบกันจุดภาพต่อจุดภาพ
- 5) กำหนดจุดตรวจสอบที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง สร้างภาพการเปลี่ยนแปลงและวิเคราะห์หาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม(Optimal Thresholding)
- 6) ประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินและวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิด
- 7) สรุปและเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านปรับแก้เชิงคลื่น

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาและวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ได้แก่ การ ปรับแก้เชิงคลื่น การหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยวิธีการนำภาพมาลบกัน และการ ประเมินความถูกต้อง

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลามาตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน ในทางอุดมคติข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นควรเป็นข้อมูลที่บันทึกได้ในวันครบรอบปีในปีที่ต่างกัน (Anniversary Date) ซึ่งในทางปฏิบัติค่อนข้างเป็นไปได้ยาก ทำให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นมี ผลกระทบจากปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ทิศทางและความเร็วแสง สภาพบรรยากาศ และ Sensor ดังนั้นก่อนการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการศึกษาวิจัยจึงต้องทำการปรับแก้เชิงคลื่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเสียก่อน เพื่อขจัดผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยดังกล่าวทำให้ข้อมูลภาพถ่าย ดาวเทียม 2 ช่วงเวลานั้นอยู่ในสภาวะเดียวกันและให้ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปก คลุมดินที่ถูกต้อง โดยวิธีการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินวิธีที่ง่ายและให้ผลลัพธ์ที่ดี วิธีหนึ่งก็คือ การนำภาพมาลบกัน

2.1 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization)

การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization) เป็นกระบวนการเตรียมข้อมูล ภาพภาพถ่ายดาวเทียม (Pre-processing) เพื่อขจัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพบรรยากาศ ทำให้ได้ค่าการสะท้อนที่แท้จริง โดยทั่วไปการปรับแก้เชิงคลื่นควรเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เข้าใจได้ ง่าย ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและให้ความถูกต้องสูง การปรับแก้เชิงคลื่นสามารถแบ่ง ออกเป็น 2 แนวทางหลัก คือ

2.1.1 การปรับแก้เชิงคลื่นสัมบูรณ์ (Absolute Radiometric Normalization)

การปรับแก้เชิงคลื่นสัมบูรณ์เป็นกระบวนการแปลงค่า DN ในแต่ละแบนด์ของภาพ ดาวเทียมต่างเวลาแต่ละภาพให้อยู่ในรูปค่าการสะท้อนของสิ่งปกคลุมดินซึ่งเป็นฟังก์ชันกับลักษณะ และส่วนประกอบของสิ่งปกคลุมดินเท่านั้น โดยการปรับแก้วิธีนี้จำเป็นต้องทราบข้อมูลทางกายภาพ ที่มีผลกระทบต่อค่าจุดภาพ ณ เวลาที่ทำการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ การวัดสอบของเซนเซอร์ ข้อมูลสภาพชั้นบรรยากาศ มุมและระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับโลก

(ธนศ จรุงจินท์, 2546: 10) แม้ว่าผลที่ได้จากวิธีนี้จะมีค่าความถูกต้องสูง แต่ในทางปฏิบัติการวัดสภาพบรรยากาศในสนามจริงอาจไม่สะดวกในเรื่องของการเดินทางหรือการเข้าถึงพื้นที่และมีความใช้จ่ายสูง และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกได้ในอดีตบางครั้งอาจไม่ได้มีการวัดข้อมูลสภาพบรรยากาศหรือจัดเก็บข้อมูลทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อค่าจุดภาพ ณ เวลาที่ทำการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไว้

2.1.2 การปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์ (Relative Radiometric Normalization)

การปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์เป็นการปรับแก้ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างช่วงเวลาที่น่ามาหาการเปลี่ยนแปลงโดยการกำหนดให้ภาพหนึ่งเป็นภาพอ้างอิงแล้วทำการปรับแก้ค่า DN ของภาพที่เหลือให้อยู่ในสภาพเดียวกับภาพอ้างอิงแบนด์ต่อแบนด์ การปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์นี้ทำได้ง่ายกว่าการปรับแก้เชิงคลื่นสมบูรณ์เนื่องจากไม่ต้องใช้ข้อมูลทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อค่าจุดภาพ ณ เวลาที่ทำการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ข้อมูลสภาพบรรยากาศ เป็นต้น อีกทั้งมีขั้นตอนการปรับแก้ที่ซับซ้อนน้อยกว่าจึงง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างๆ ต่อไปได้

สำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์ที่มีอยู่เดิมที่เป็นที่รู้จักและใช้ในงานวิจัยต่างๆ ที่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำ เช่น การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนไปเพราะสภาพอากาศ(Haze correction) Mean-standard deviation(MS) Minimum-maximum(MM) Histogram Matching(HM) Simple regression(SR) No-change(NC) เป็นต้น

การปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์ในงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005) ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยวิธีหลัก 2 วิธี คือ

- การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching (HM))
- การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Normalization)

2.2 การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching (HM))

การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม เป็นวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ทั่วไปสำหรับการเน้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงคลื่น (Radiometric Enhancement) การแปลงค่าสะท้อนพลังงานทำได้โดยการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมของค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพทั้งหมด

ระหว่างข้อมูลทั้งสองโดยไม่ต้องทำการเลือกกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง การแปลงค่าสะท้อนพลังงานจะใช้ตารางค้นหา (Look Up table) เพื่อแปลงฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงไปยังฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมายหรือฮิสโตแกรมที่ต้องการ เทคนิคนี้มีประโยชน์มากสำหรับการจับคู่ข้อมูลภาพที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันที่บันทึกได้ในวันที่ต่างกัน โดยมีมุมสะท้อนของดวงอาทิตย์หรือผลกระทบเนื่องจากชั้นบรรยากาศที่ต่างกัน โดยทั่วไปมักใช้ในการต่อประสานภาพ (mosaic) (Rees, 1999) ฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองซึ่งมีจำนวนจุดภาพเท่ากัน มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.1

$$f(x) = g_2^{-1}(g_1(x)) \quad (2.1)$$

$$\text{เมื่อ } g_1(x) = \frac{n_1}{N_1} \sum_{i=0}^x h_1(i) \quad (2.2)$$

$$g_2(x) = \frac{n_2}{N_2} \sum_{i=0}^x h_2(i) \quad (2.3)$$

และ $g_2^{-1}(x)$ คือ ฟังก์ชันส่วนกลับของ $g_2(x)$ ดังสมการที่ 2.4

$$g_2^{-1}(g_2(x)) = g_2(g_2^{-1}(x)) = x \quad (2.4)$$

เมื่อ $f(x)$ คือ transform function ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมาย

$g_1(x)$ คือ ฟังก์ชันค่าความสว่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง

$g_2(x)$ คือ ฟังก์ชันค่าความสว่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมาย

n_1, n_2 คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมาย

N_1, N_2 คือ จำนวนจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมาย

$h_1(i), h_2(i)$ คือ ฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป้าหมาย

การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม(Histogram Matching (HM)) เหมาะสำหรับการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความแตกต่างของค่า DN ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง

และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เล็กน้อย และผลลัพธ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นโดยเปรียบเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching) จะดีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการรีจิสเตอร์ภาพด้วย (Hong and Zhang, 2007)

จากการศึกษาของ Hong and Zhang (2005, 2007) วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีนี้สามารถนำไปใช้ปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้โดยตรง เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน และพบว่าวิธีนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

2.3 การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Normalization)

การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและให้ผลลัพธ์ที่ดี โดยมีหลักการ คือ ค่าการแผ่รังสีที่ได้จากเครื่องวัดของดาวเทียมจะให้ช่วงสเปกตรัมที่สามารถทำให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าสะท้อนพลังงานได้ ดังนั้นผลกระทบเนื่องจากชั้นบรรยากาศที่แตกต่างกันของข้อมูลภาพทั้งสองจึงมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นด้วยเช่นกัน (วัลลภา สามฉิมโฉม, 2546)

การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ในลักษณะแบนด์ต่อแบนด์ สามารถหาความสัมพันธ์ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นดังสมการที่ 2.5

$$u_k = a_k x_k + b_k \quad (2.5)$$

เมื่อ u_k คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงแบนด์ที่ k

x_k คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แบนด์ที่ k

a_k และ b_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient) สามารถหาได้โดยวิธีการต่างๆ ดังนี้

2.3.1 วิธี Simple Regression (SR)

วิธี Simple Regression (SR) เป็นที่รู้จักกันมานาน โดยมีหลักการ คือ เมื่อค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองภาพที่เป็นพื้นที่เดียวกันในแต่ละแบนด์นั้นมี

ความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะทำให้ได้ค่าสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ให้มีค่าสะท้อนพลังงานเท่ากับหรือใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง และเหมาะสำหรับการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความแตกต่างของค่า DN ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้

วิธี Simple Regression (SR) ในงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005, 2007) จะใช้ค่า DN ของข้อมูลจุดภาพทั้งหมดของภาพอ้างอิงและภาพที่ต้องการปรับแก้ และหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient) โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least-squares equation) ดังสมการที่ 2.6

$$Q = \sum_{scene} (y_k - a_k x_k - b_k)^2 = \min \quad (2.6)$$

เมื่อ y_k คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงแบนด์ที่ k
 x_k คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แบนด์ที่ k
 a_k, b_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ k หาได้จากสมการที่ 2.7 และ 2.8

$$a_k = \frac{s_{x_k y_k}}{s_{x_k x_k}} \quad (2.7)$$

$$b_k = \bar{y}_k - a_k \bar{x}_k \quad (2.8)$$

โดย $s_{x_k x_k}$ คือ ค่าความแปรปรวนของ x_k หาได้จากสมการที่ 2.9

$$s_{x_k x_k} = \frac{1}{|scene|} \sum_{scene} (x_k - \bar{x}_k)^2 \quad (2.9)$$

$s_{x_k y_k}$ คือ ค่าความแปรปรวนของ x_k และ y_k หาได้จากสมการที่ 2.10

$$s_{x_k y_k} = \frac{1}{|scene|} \sum_{scene} (x_k - \bar{x}_k)(y_k - \bar{y}_k) \quad (2.10)$$

\bar{x}_k, \bar{y}_k คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของ x_k และ y_k ตามลำดับ

$|scene|$ คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดในซีน

ข้อดีของการปรับแก้วิธีนี้สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM หรือ MSS คือ สามารถลดผลกระทบที่เกิดจากเมฆและเงาได้ และใช้ข้อมูลจุดภาพทั้งหมดในภาพมาใช้ในการปรับแก้ซึ่งเหมาะกับการศึกษาในพื้นที่ที่มีบริเวณกว้าง นอกจากนี้วิธีนี้ยังเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชในระยะเวลาต่างๆ อีกด้วย (Elvidge et al., 1995)

วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีนี้สามารถนำไปใช้ปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม รายละเอียดสูงที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้โดยตรง และผลลัพธ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้จะดีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการรีจิสเตอร์ภาพด้วย เช่นเดียวกับวิธีการเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Hong and Zhang, 2007) และจากงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005, 2007) วิธีนี้เมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ พบว่าได้ผลลัพธ์ที่ตรงลงมาจากวิธีการเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ พบว่า ได้มีการนำวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีนี้ไปใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS สำหรับโครงการจำแนกสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิด Multispectral เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมในเมือง King County ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการปรับแก้เชิงคลื่นในงานวิจัยดังกล่าวแตกต่างจากงานวิจัยของ Hong and Zhang คือ ไม่ได้ใช้ข้อมูลจุดภาพทั้งหมดแต่จะเลือกข้อมูลจุดภาพตัวอย่างซึ่งเป็นจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุหรือสิ่งปกคลุมดินมาหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (MARSHALL and Associates, 2002)

สำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี Simple Regression (SR) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการเลือกจุดภาพเป้าหมาย (Normalization Target) มาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการปรับแก้เชิงคลื่น

การเลือกจุดภาพเป้าหมาย (Normalization Target) เพื่อใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการการปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization Transformation Coefficient) โดยจุดภาพเป้าหมายที่เลือกควรมีลักษณะดังนี้ (Eckhard et al., 1990)

1) จุดภาพเป้าหมายควรมีความสูงเดียวกัน ทำให้สภาพบรรยากาศเหนือเป้าหมายนั้นจะคล้ายคลึงกันด้วย

2) จุดภาพเป้าหมายควรมีพืชพรรณอยู่น้อยที่สุด เนื่องจากการสะท้อนค่าพลังงานของพืชพรรณมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

3) จุดภาพเป้าหมายต้องอยู่บนพื้นที่ราบสัมพัทธ์ เพราะจะทำให้การเปลี่ยนแปลงของมุมตกกระทบของดวงอาทิตย์ระหว่างข้อมูลภาพสองช่วงเวลาที่ได้มีสัดส่วนที่เหมือนกัน

4) รูปแบบทางพื้นที่ (Spatial pattern) เมื่อแสดงบนจอภาพจะต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

5) ชุดจุดภาพเป้าหมายต้องมีช่วงชั้นค่าความสว่างที่กว้าง (wide range of brightness) เพื่อให้แบบจำลองการถดถอย (regression model) นั้นน่าเชื่อถือ

จากลักษณะของจุดภาพเป้าหมายข้างต้นจะเห็นว่าวัตถุในจุดภาพเป้าหมายนั้น จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใดๆ ที่ทำให้คุณสมบัติการสะท้อนพลังงานของวัตถุเปลี่ยนไป ดังนั้นสาเหตุของค่าสะท้อนพลังงานที่เปลี่ยนไปนั้นย่อมเกิดจากปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่พื้นผิวเท่านั้น เช่น สภาพบรรยากาศ ทิศทางของแสง เป็นต้น

วัลลภา สามฉิมโฉม (2546) เลือกเป้าที่มีคุณสมบัติของตัวสะท้อนพลังงานที่มีค่าคงที่ ไม่อยู่ในที่ที่ถูกปกคลุมด้วยสิ่งปกคลุมดิน และปรากฏอยู่ในข้อมูลภาพอ้างอิงและข้อมูลภาพที่ต้องการปรับแก้ เช่น แหล่งน้ำ ลานคอนกรีต ถนน ลานดิน เป็นต้น

2.3.2 วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF)

วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) เป็นการวิเคราะห์การกระจายตัวของการสะท้อนพลังงานของวัตถุที่มีไม่มีความแปรปรวน เช่น คอนกรีต ยางมะตอย (asphalt) และหลังคาสิ่งปลูกสร้าง โดยมีสมมติฐานว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญระหว่างวันที่บันทึกข้อมูลได้ โดยความแตกต่างของค่า DN นั้นน่าจะมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น และนำค่า DN ของวัตถุเป้าหมายนั้นไปหาค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้เชิงคลิ่นต่อไป

วิธีการนี้จะใช้การวิเคราะห์จากสัดส่วนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลิ่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลิ่นสีแดง (แบนด์ 3) ของทั้งภาพอ้างอิงและภาพที่ต้องการปรับแก้ เพื่อระบุจุดภาพที่มีพืชพรรณสีเขียวปกคลุมอยู่น้อย และค่า threshold ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลิ่นอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) ในการขจัดจุดภาพที่เป็นแหล่งน้ำออกไป (Yuan and Elvidge, 1996)

จากสมมติฐานข้างต้น เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงสามารถ

บันทึกข้อมูลวัตถุขนาดเล็กบนพื้นผิวโลกได้ทำให้มีผลต่อการกำหนดกลุ่มจุดภาพเป้าหมาย โดยเฉพาะจุดภาพเป้าหมายที่เป็นแหล่งน้ำที่มักจะถูกใช้เป็นกลุ่มจุดภาพเป้าหมาย แหล่งน้ำบางแห่งมีวัตถุขนาดเล็กปะปนจึงไม่สามารถนับรวมอยู่ในกลุ่มจุดภาพเป้าหมายได้ ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำ เช่น Landsat TM หรือ Mss ที่วัตถุดังกล่าวจะถูกกลืนและนับรวมอยู่ในกลุ่มข้อมูลแหล่งน้ำนั้นด้วย ดังนั้นสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง Hong and Zhang (2005, 2007) จึงได้ปรับปรุงเทคนิควิธีการนี้จากวิธีการเดิม คือ ใช้ mask แยกแหล่งน้ำออกจากวัตถุปะปนอื่น

การกำหนดกลุ่มจุดภาพเป้าหมายสำหรับวิธีการนี้สามารถกำหนดได้ดังสมการที่

2.11

$$PIF \text{ set} = \left\{ \frac{band4}{band3} < t_1 \quad \text{and} \quad band4 > t_2 \right\} \quad (2.11)$$

โดย t_1 และ t_2 เป็นค่า threshold ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ กำหนดให้ $t_1 = 2$ และ $t_2 = 80$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ $t_1 = 2$ และ $t_2 = 140$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD (Hong and Zhang, 2005, 2007)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient) หาได้จากสมการที่ 2.12 และสมการที่ 2.13

$$a_k = \frac{s_{y_k}^{(pi)}}{s_{x_k}^{(pi)}} \quad (2.12)$$

$$b_k = \bar{y}_k^{(pi)} - a_k \bar{x}_k^{(pi)} \quad (2.13)$$

เมื่อ $\bar{y}_k^{(pi)}$ และ $s_{y_k}^{(pi)}$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า DN ชุดข้อมูลจุดภาพอ้างอิง (PI set) ที่แบนด์ k $\bar{x}_k^{(pi)}$ และ $s_{x_k}^{(pi)}$ คือ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า DN ชุดข้อมูลจุดภาพที่ต้องการปรับแก้ (PI set) ที่แบนด์ k

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM หรือ MSS ด้วยวิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ไม่เป็นที่น่าพอใจ (Yuan and Elvidge, 1996, Yang and Lo, 2000) อาจเนื่องมาจากการเลือกจุดภาพเป้าหมายที่ไม่ตรงตามเงื่อนไขข้างต้น ดังนั้นเพื่อให้ได้ผล

ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นในการปรับแก้โดยวิธีนี้ สิ่งสำคัญ คือ การเลือกวัตถุเป้าหมายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และเป็นวัตถุที่ให้ค่าการสะท้อนพลังงานอย่างชัดเจนทั้งสองช่วงเวลา ควรใช้กับพื้นที่ศึกษาที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็กและใช้ได้ดีสำหรับการศึกษาในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของพืชพรรณ อยู่พอสมควร (Jenzen et al., 2006) และจากงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005, 2007) พบว่าวิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ไม่เป็นที่น่าพอใจเช่นเดียวกัน

Galiatsatos et al. (2007) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าสนและสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ ในช่วงปี ค.ศ.1989 ถึงปี ค.ศ.2005 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM Landsat ETM IKONOS และ DMC ในพื้นที่ Glen Mhor ประเทศสกอตแลนด์ และเลือกใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธี PIF ร่วมกับวิธี Principal Components Analysis (PCA) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องการการตีความภาพน้อย เป็นอัตโนมัติ ใช้เวลาน้อยและให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ผลการศึกษาพบว่าการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีนี้สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าสนได้เป็นอย่างดี

2.3.3 วิธี Dark-Bright (DB)

วิธี Dark-Bright (DB) เป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นที่พัฒนามาจากวิธี Minimum-maximum (MM) โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลจุดภาพที่มีค่าความสว่างน้อย(มืด)เป็นตัวแทนของจุดภาพที่มีค่า DN ต่ำสุดและค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่มีค่าความสว่างมาก(สว่าง)เป็นตัวแทนของจุดภาพที่มีค่า DN สูงสุดจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ซึ่งเป็นอิสระต่อกันแทนการใช้ค่า DN ของจุดภาพที่มีค่าต่ำสุดและสูงสุดเพียงค่าเดียวดังเช่นวิธี MM โดยวิธี Dark-Bright (DB) นี้มีสมมติฐานว่า ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกได้ในวันที่ต่างกัน อย่างน้อยที่สุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นจะประกอบด้วยจุดภาพบางจุดภาพที่มีค่าสะท้อนพลังงานพื้นผิวเฉลี่ยเดียวกันเสมอ (Yang and Lo, 2000) โดยมีวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น คือ ทำการแปลงค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เป็นค่ามืดและค่าสว่างด้วยสมการการแปลงค่ามืดและค่าสว่าง และหาค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลจุดภาพที่มีค่าความสว่างน้อย(มืด)และค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลที่มีค่าความสว่างมาก(สว่าง) เพื่อใช้สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นต่อไป โดยทั่วไปข้อมูลจุดภาพที่มีค่าความสว่างสูง เช่น อาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง ลานคอนกรีต เป็นต้น และข้อมูลจุดภาพที่มีค่าความสว่างต่ำ เช่น แหล่งน้ำ เป็นต้น

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD มีสมการการแปลงค่ามืดและค่าสว่างซึ่งพัฒนาโดย Horne (2003) ดังสมการที่

2.14 และสมการที่ 2.15 คือ

$$\text{brightness} = 0.326x_{\text{blue}} + 0.509x_{\text{green}} + 0.560x_{\text{red}} + 0.567x_{\text{nir}} \quad (2.14)$$

$$\text{greenness} = -0.311x_{\text{blue}} - 0.356x_{\text{green}} - 0.325x_{\text{red}} - 0.819x_{\text{nir}} \quad (2.15)$$

เมื่อได้ข้อมูลภาพมืดและสว่างข้างต้นแล้วนำมาหากลุ่มตัวอย่างของชุดข้อมูลจุดภาพมืดและชุดข้อมูลจุดภาพสว่างสำหรับนำไปใช้ได้จริงต่อไป การหากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จริงหาได้จากสมการที่ 2.16 และสมการที่ 2.17

$$\text{Dark set} = \{\text{greenness} \leq t_1 \text{ and } \text{brightness} \leq t_2\} \quad (2.16)$$

$$\text{Bright set} = \{\text{greenness} \leq t_1 \text{ and } \text{brightness} \geq t_2\} \quad (2.17)$$

เมื่อ t_1 และ t_2 คือ ค่า threshold ที่ได้จากการทดลองหลายๆครั้ง โดยกำหนดให้ Dark set ; $t_1 = 1$, $t_2 = 300$ และ Bright set ; $t_1 = 1$, $t_2 = 300$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ Dark set ; $t_1 = 1$, $t_2 = 190$ และ Bright set ; $t_1 = 1$, $t_2 = 220$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD (Hong and Zhang, 2005, 2007)

และค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient) หาได้จากสมการที่ 2.18 และสมการที่ 2.19

$$a_k = \frac{\bar{y}_k^{(b)} - \bar{y}_k^{(d)}}{\bar{x}_k^{(b)} - \bar{x}_k^{(d)}} \quad (2.18)$$

$$b_k = \bar{y}_k^{(d)} - a_k \bar{x}_k^{(d)} \quad (2.19)$$

เมื่อ $\bar{x}_k^{(b)}$, $\bar{y}_k^{(b)}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่า DN ของชุดข้อมูลจุดภาพสว่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะทำการปรับแก้และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงที่แบนด์ k และ $\bar{x}_k^{(d)}$, $\bar{y}_k^{(d)}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่า DN ของชุดข้อมูลจุดภาพมืดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงที่แบนด์ k

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จริง สำหรับชุดข้อมูลจุดภาพมืดจะเลือกจากค่าที่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของค่าในกลุ่มตัวอย่างตั้งต้นเนื่องจากค่าที่สูงกว่าครึ่งหนึ่งนั้นอาจมีการปนเปื้อนจากการสะท้อนของดวงอาทิตย์ ตะกอนในน้ำและเงาได้ ส่วนชุดข้อมูลจุดภาพสว่างนั้นจะเลือก

จากค่าที่สูงกว่าครึ่งหนึ่งของค่าในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จริงและไม่นับจุดภาพที่มีพืชพรรณอยู่เข้าไปด้วย (Yang and Lo, 2000)

และชุดข้อมูลจุดภาพมืดและชุดข้อมูลจุดภาพสว่างอาจแตกต่างกันได้ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (Yuan and Elvidge, 1996)

จากการศึกษาของ Yuan and Elvidge ที่ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นเชิงสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat MSS ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดี.ซี. พบว่าวิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่ตรงกับวิธี No-Change regression และเนื่องจากค่าที่ใช้ในการปรับแก้ได้จากการเลือกจุดภาพบางส่วน วิธีการนี้จึงเหมาะกับการศึกษาในพื้นที่เล็กๆ เช่นเดียวกับวิธี PIF สำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ QUICKBIRD ของ Hong and Zhang (2005, 2007) ให้ผลลัพธ์ที่ดีเช่นกัน

2.3.4 วิธี No Change Set (NC)

วิธี No Change Set (NC) มีสมมติฐานว่าข้อมูลส่วนใหญ่ คือ มากกว่า 50% ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ช่วงเวลา (ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะทำการปรับแก้) โดยข้อมูลจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นนี้ จะได้จากการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีคุณสมบัติจำแนกสิ่งปกคลุมประเภทต่างๆ ได้ดี 2 ช่วงเวลา มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของค่า DN ของข้อมูลประเภทต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้น ดังนั้นจุดภาพที่ตกอยู่ศูนย์กลางของกราฟจึงถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และค่า DN ของจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกนำมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์เริ่มต้นในการหาชุดข้อมูลจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) ต่อไป ชุดข้อมูลจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) หาได้จากสมการที่ 2.20

$$NC\ set = \left\{ \left| Y_4 - a_{4_0} X_4 - b_{4_0} \right| \leq HWW \right\} \quad (2.20)$$

โดย Y_4 คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง X_4 คือ ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ แบนด์ที่ 4 (แบนด์อินฟราเรดใกล้)

a_{4_0} และ b_{4_0} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เริ่มต้นที่ได้จากค่า DN ของจุดภาพที่อยู่

ศูนย์กลางของพื้นที่น้ำและพื้นที่พื้นผิวอื่นๆ จากกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ HWV (haft vertical width) คือ ระยะห่างในแนวตั้งจาก NC Regression Line ครอบอยู่ในช่วง 10 -13 จุดภาพ และ HPW (haft perpendicular width) คือ ระยะห่างในแนวตั้งฉากกับ NC Regression Line (ในการทดลองส่วนใหญ่มักกำหนดให้ HPW มีค่าเท่ากับ 10 (Yuan and Elvidge, 1996, Elvidge et al., 1995)) ความสัมพันธ์ระหว่าง HWV และ HPW เป็นดังสมการที่ 2.21

$$HWV = HPW \sqrt{1 + a_k^2} \quad (2.21)$$

เมื่อได้ชุดข้อมูลจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้วนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (normalization coefficient) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์ต่อไป ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นหาได้จากสมการที่ 2.22 และสมการที่ 2.23

$$a_k = \frac{s_{x_k y_k}^{(nc)}}{s_{x_k x_k}^{(nc)}} \quad (2.22)$$

$$b_k = \bar{y}_k^{(nc)} - a_k \bar{x}_k^{(nc)} \quad (2.23)$$

โดย $s_{x_k x_k}^{(nc)}$ คือ ค่าความแปรปรวนของ x_k หาได้จากสมการที่ 2.24

$$s_{x_k x_k}^{(nc)} = \frac{1}{|NC|} \sum_{NC} (x_k - \bar{x}_k^{(nc)})^2 \quad (2.24)$$

$s_{x_k y_k}^{(nc)}$ คือ ค่าความแปรปรวนของ x_k และ y_k หาได้จากสมการที่ 2.25

$$s_{x_k y_k}^{(nc)} = \frac{1}{|NC|} \sum_{NC} (x_k - \bar{x}_k^{(nc)}) (y_k - \bar{y}_k^{(nc)}) \quad (2.25)$$

$\bar{x}_k^{(nc)}$, $\bar{y}_k^{(nc)}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของ x_k และ y_k ใน No change set

ตามลำดับ

$|NC|$ คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดใน No change set

เมื่อเปรียบเทียบค่า MSE (Mean Square Error) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดปานกลางที่ใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้กับวิธี Dark-Bright , Simple Regression และ Pseudo-invariant Feature พบว่าวิธี NC นี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Yuan and

Elvidge, 1996) และการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ในงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005) ให้ผลลัพธ์ที่ดีเช่นกัน

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ลดผลกระทบที่เกิดจากเมฆและเงาได้มากกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับแก้เชิงคลื่นถูกกระจายไปยังสิ่งปกคลุมดินชนิดต่างๆ เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่ถูกใช้ในหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้และข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น (Elvidge et al., 1995)

ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะใช้การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้ควรบันทึกภาพในวันเวลาที่มีมุมของดวงอาทิตย์และสภาพบรรยากาศที่คล้ายกัน เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินน้อยและประกอบด้วยสิ่งปกคลุมดินที่เป็นผืนดินและแหล่งน้ำอยู่ด้วย (Hong and Zhang, 2007)

จะเห็นได้ว่าการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005) เป็นการนำวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่มีอยู่เดิมซึ่งเป็นเทคนิควิธีที่ใช้สำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำถึงปานกลางมาใช้ปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ QUICKBIRD ที่บันทึกข้อมูลภาพเป็นระยะเวลาห่างกัน 2 ปี และปรับปรุงวิธีการปรับแก้บางวิธีให้เหมาะสมกับคุณสมบัติข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดต่ำถึงปานกลาง เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM หรือ MSS บางวิธีสามารถนำมาใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงได้โดยตรง เช่น วิธี Histogram Matching(HM) และ Simple regression(SR) และบางวิธีต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการบางอย่างให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงทั้งในเรื่องความละเอียดของจุดภาพ ค่าสะท้อนพลังงานหรือค่า DN ที่มีค่าตั้งแต่ 0 – 2047 และแบนด์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ประกอบด้วยแบนด์อินฟราเรดใกล้เพียงแบนด์เดียว

จากงานวิจัยของ Hong and Zhang (2005, 2007) เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ QUICKBIRD ด้วยวิธีการต่างๆ ทั้ง 5 วิธีข้างต้น พบว่าวิธี HM ให้ภาพผลลัพธ์ที่ดีที่สุด รองลงมา คือ วิธี SR NC DB และ PIF ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ คือ งานวิจัยของ Pudale and Bhosle (2007) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่มีอยู่เดิมมาทดลองปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูล

ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง Resourcesat1 LISS III ชนิดข้อมูลภาพ multispectral 4 แบนด์ คือ แบนด์สีเขียว(แบนด์ 1) แบนด์สีแดง(แบนด์ 2) แบนด์อินฟราเรดใกล้(แบนด์ 3) และ SWIR(แบนด์ 4) โดยวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ใช้ ได้แก่ วิธี Haze correction(HC) Minimum-maximum(MM) Mean-standard deviation(MS) Simple regression(SR) Pseudo-invariant Feature Set(PIF) Dark-Bright(DB) และ No Change(NC) พบว่า วิธีที่ให้ผลลัพธ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ดีที่สุดคือ วิธี DB รองลงมาคือ วิธี NC SR PIF MM MS และ HC ตามลำดับ

2.4 การหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินโดยวิธีการนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing)

วิธีการนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing) เป็นวิธีการหนึ่งในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในงานวิจัยของ Muchoney and Haack (1994 cited in Lu, 2004) ที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ การศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินของ Sohl (1999 cited in Lu, 2004) เป็นต้น วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่าย ใช้เวลาน้อย ทำได้โดยการนำเอาค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาที่บ้านทิกได้ในวันครบรอบปีในปีที่ต่างกัน (Anniversary Date) มาลบออกจากกันแบบจุดภาพต่อจุดภาพโดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลภาพผลต่าง (Difference Image) ซึ่งก็คือการเปลี่ยนแปลงระหว่างสองช่วงเวลา

สมการที่ใช้หาค่าความต่างของค่าสะท้อนพลังงานของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม คือ (สมการที่ 2.26)

$$DX_{ij}^k = x_{ij}^k(t_2) - x_{ij}^k(t_1) \quad (2.26)$$

เมื่อ DX_{ij}^k คือ ค่าจุดภาพที่เป็นผลต่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ k แถวที่ i สดมภ์ที่ j

$x_{ij}^k(t_2)$ คือ ค่าจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ k แถวที่ i สดมภ์ที่ j ณ ช่วงเวลาที่ 2

$x_{ij}^k(t_1)$ คือ ค่าจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ k แถวที่ i สดมภ์ที่ j ณ ช่วงเวลาที่ 1

ค่าผลต่างของค่าสะท้อนพลังงานที่มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์แสดงให้เห็นว่าบริเวณดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพราะเนื่องจากค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งแสดง

ให้เห็นว่าเป็นวัตถุหรือสิ่งปกคลุมดินชนิดเดียวกัน ส่วนบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินก็จะมีค่าผลต่างการสะท้อนที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์มาก

เมื่อได้ภาพผลต่างแล้วจะปรากฏพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินจำนวนมาก ถึงแม้ว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นจะผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นมาแล้วก็ตาม แต่ก็ยังคงเหลือความคลาดเคลื่อนอื่นๆ อยู่ดังนั้นจึงต้องมีการหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม ซึ่งในการวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีที่เสนอโดย Fung and Ledrew (1988 อ้างถึงใน วัลลภา สามฉิมโฉม, 2546 และ ธเนศ จรุงจินันท์, 2546) โดยการหาค่า Optimal Threshold ด้วยการกำหนดค่า Threshold เป็นช่วงออกจากค่าฐานนิยม (Mode) $\pm N$ เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจุดภาพข้อมูลผลต่าง โดยเริ่มจากค่า N จำนวนน้อยๆ คือ ตั้งแต่ 0.1 และทำการวนซ้ำโดยเพิ่มค่าเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.1 จนได้ค่า N เท่ากับ 2 ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณแต่ละครั้งก็คือ ข้อมูลภาพการเปลี่ยนแปลงใหม่จำนวน 1 ภาพ ภาพการเปลี่ยนแปลงใดที่เมื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับผลการตรวจสอบข้อเท็จจริงจากการสำรวจภาคสนามแล้วให้ค่าความถูกต้องรวมทั้งหมด (Overall Accuracy) สูงที่สุด ถือว่าค่า Threshold นั้นเป็นค่า Optimal Threshold ซึ่งเป็นขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม

และเหตุที่ผู้วิจัยกำหนดให้ค่า Threshold เป็นช่วงออกจากค่าฐานนิยม (Mode) เนื่องจากสิ่งที่ผู้วิจัยสนใจในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงหรือไม่ และเนื่องจากเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงเป็นพื้นที่ที่มีการรอนสิทธิ ห้ามไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจึงมีสมมติฐานเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งค่าทางสถิติของข้อมูลภาพผลต่างที่บ่งบอกถึงสมมติฐานนี้ได้ก็คือ ค่าฐานนิยม (Mode) นั่นเอง

2.5 การประเมินค่าความถูกต้อง

การประเมินความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินหาได้จากเมตริกซ์ความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (Change Detection Error Matrix) (Congation and Green, 1998) ดังรูปที่ 2.1

		Reference Data	
		เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน
Classified Data	เปลี่ยน	a	b
	ไม่เปลี่ยน	d	c

รูปที่ 2.1 เมตริกซ์ความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน
(Change Detection Error Matrix)

เมื่อ a คือ จำนวนจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มข้อมูลอ้างอิงและกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

b คือ จำนวนจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลอ้างอิง แต่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

c คือ จำนวนจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มข้อมูลอ้างอิงและกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

d คือ จำนวนจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลอ้างอิง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

จากรูปที่ 2.1 การประเมินความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินแบ่งออกเป็น

1) ค่าความถูกต้องรวมทั้งหมด (Overall accuracy) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องทั้งหมด หาได้จากสมการที่ 2.27

$$\text{ค่าความถูกต้องทั้งหมด} = \frac{a + c}{a + b + c + d} \times 100 \quad (2.27)$$

2) ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกขาดหายไปหรือตกหล่น (Omission error) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลที่สนใจที่ถูกจำแนกไปเป็นข้อมูลประเภทอื่น ๆ หาได้จากสมการที่ 2.28

$$\text{Omission error} = \frac{d}{a + d} \times 100 \quad (2.28)$$

3) ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกเกินมา (Commission error) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลประเภทอื่นที่ถูกจำแนกมาเป็นข้อมูลที่สนใจ หาได้จากสมการที่ 2.29

$$\text{Commission error} = \frac{b}{b + c} \times 100 \quad (2.29)$$

4) ความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภท เป็นค่าความถูกต้องของการจำแนกชนิดสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปกคลุมดินชนิดหนึ่งเปลี่ยนเป็นสิ่งปกคลุมดินอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ตรงกันทั้งจากการจำแนกและในความเป็นจริง หาได้จากสมการที่ 2.30

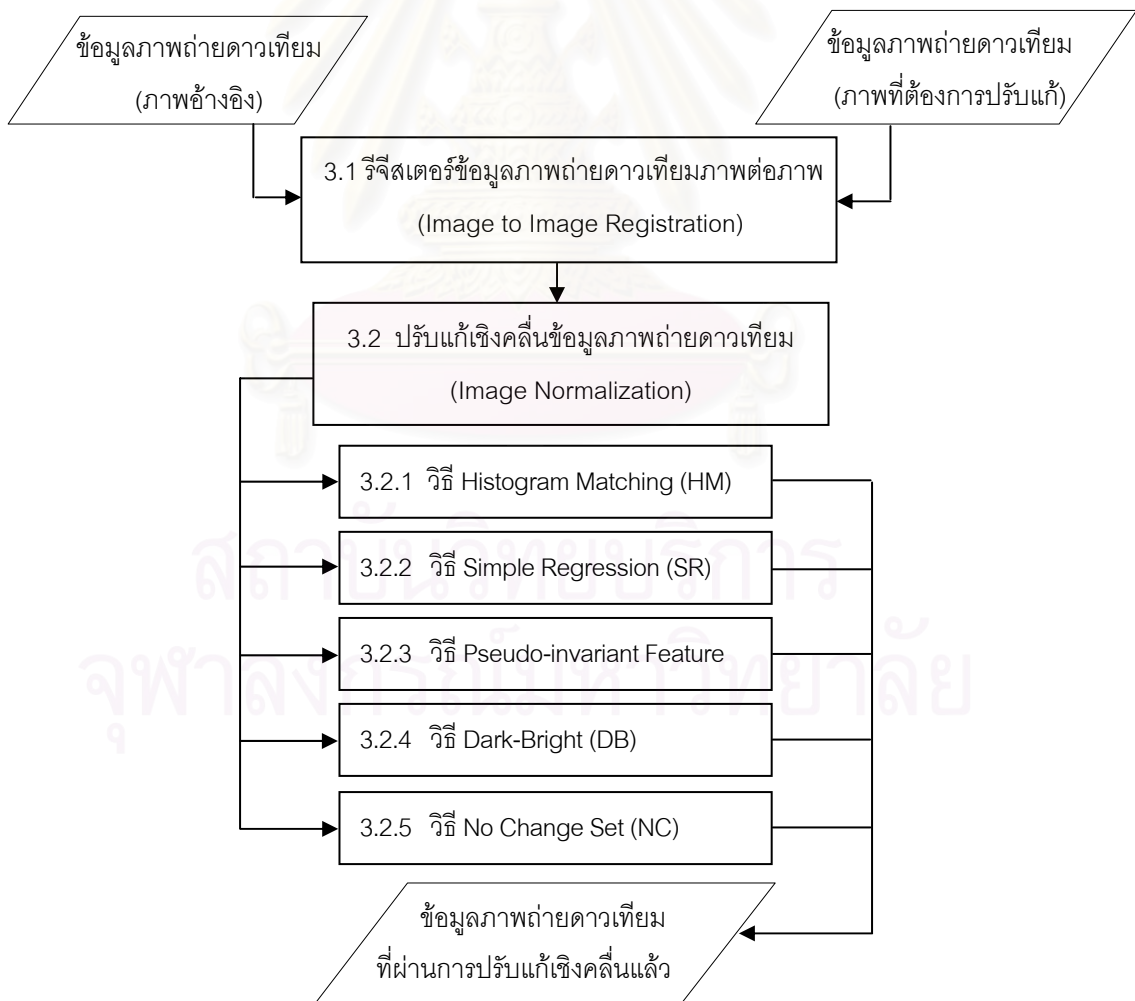
$$\text{ความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภท} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกต้องของกลุ่มที่สนใจ}}{\text{จำนวนข้อมูลอ้างอิงทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มนั้น}} \times 100 \quad (2.30)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre-processing)

การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre-processing) เพื่อใช้ในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในเขตสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ การรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image-to-Image Registration) เพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองอยู่ในระบบพิกัดเดียวกันและมีความถูกต้องของตำแหน่งจุดภาพที่ตรงกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และการปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Normalization) เพื่อขจัดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสภาพบรรยากาศระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา ทำให้ได้ค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เชิงคลื่นที่มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่า DN ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง ดังแผนผังต่อไปนี้ (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการวิเคราะห์ (Pre-processing)

3.1 การรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image-to-Image Registration)

เนื่องจากวิธีการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาแบนด์เดียวกันมาลบกันแบบจุดภาพต่อจุดภาพ จึงต้องทำการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองอยู่ในระบบพิกัดเดียวกันและมีความถูกต้องของตำแหน่งจุดภาพที่ตรงกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการแปลงค่าพิกัดควรมีค่าระหว่าง 0.25-0.50 จุดภาพ (วัลลภา สวมนิมโณม, 2546) สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการปรับแก้แบบไม่ใช้ค่าพารามิเตอร์ (Non-parametric Correction) โดยในแต่ละพื้นที่ศึกษาใช้จุดควบคุมภาพที่กระจายอยู่ทั่วภาพจำนวน 9 – 32 จุด สมการที่ใช้ในการปรับแก้ คือ สมการโพลีโนเมียลกำลังสองและสมการโพลีโนเมียลกำลังสาม และคำนวณค่าความสว่างใหม่ด้วยการประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Resampling Method) เพื่อรักษาค่าความสว่างให้ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการปรับแก้มากที่สุด และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่ได้จากการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของจุดควบคุมภาพที่ใช้ในการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมิใช่ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเปรียบเทียบกับจุดอิสระมีค่าเท่ากับ 0.0002 - 0.0019 จุดภาพ (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 จำนวนจุดควบคุมภาพ สมการที่ใช้ในการปรับแก้ และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(RMSE) ที่ได้จากการรีจิสเตอร์ภาพ

พื้นที่ศึกษา	ภาพอ้างอิง	ภาพที่ต้องการปรับแก้	จำนวนจุดควบคุมภาพ(จุด)	กำลังของสมการโพลีโนเมียล	ค่า RMSE (จุดภาพ)
จ.เชียงใหม่	30 มีนาคม พ.ศ.2547	19 มีนาคม พ.ศ.2548	32	2	0.0003
จ.สงขลา	18 เมษายน พ.ศ.2548	27 พฤษภาคม พ.ศ.2549	9	2	0.0002
กรุงเทพฯและปริมณฑล	26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547	26 มกราคม พ.ศ.2549	19	3	0.0019

ผลการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า ในบางส่วนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการรีจิสเตอร์แล้วยังมีการเหลื่อมกันของจุดภาพอยู่ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่

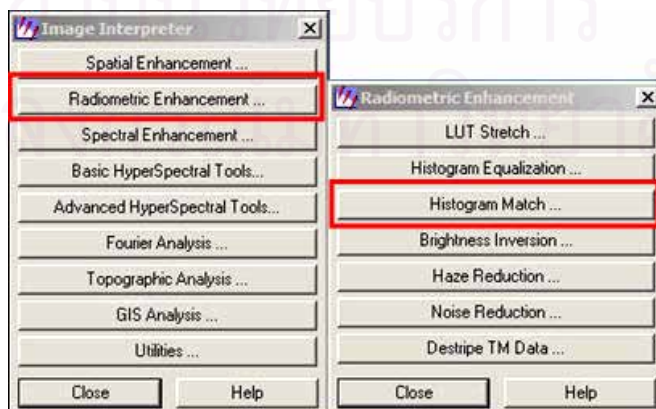
กรุงเทพฯและปริมณฑล อาจเนื่องมาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพใดภาพหนึ่งมีการบิดเพี้ยน (Distortion) ซึ่งในงานวิจัยนี้มีได้ทำการปรับแก้เพื่อขจัดความบิดเพี้ยนนี้ออกไป

3.2 การปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Radiometric Normalization)

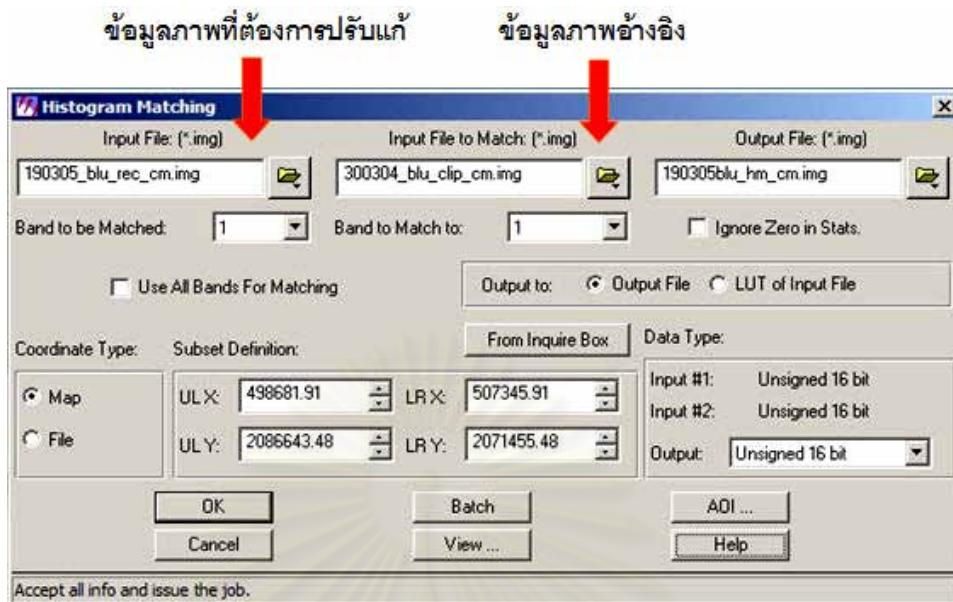
เมื่อทำการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Radiometric Normalization) สำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองนำวิธีการปรับเชิงคลื่นแบบสัมพัทธ์วิธีต่างๆมาใช้ ซึ่งประกอบด้วย 5 วิธี คือ วิธี Histogram Matching (HM) วิธี Simple Regression (SR) วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) วิธี Dark-Bright (DB) และวิธี No Change Set (NC) โดยวิธี SR PIF DB และ NC เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยสมการเชิงเส้นถดถอย (สมการที่ 2.5) และกำหนดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละพื้นที่ศึกษาเป็นเช่นเดียวกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในขั้นตอนการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังตารางที่ 3.1 โดยขั้นตอนการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม (Histogram Matching (HM))

การปรับแก้เชิงคลื่นโดยการเทียบค่าด้วยฮิสโตแกรม(Histogram Matching (HM)) เป็นการแปลงค่าสะท้อนพลังงานโดยเปรียบเทียบฮิสโตแกรมของค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพทั้งหมดระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองโดยไม่ต้องทำการเลือกกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน Histogram Matching ในชุดเครื่องมือ Radiometric Enhancement ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม(Interpreter) ของโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE Version 9.1 (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 การใช้ฟังก์ชัน Histogram Matching ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE Version 9.1



รูปที่ 3.2 (ต่อ) การใช้ฟังก์ชัน Histogram Matching ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE Version 9.1

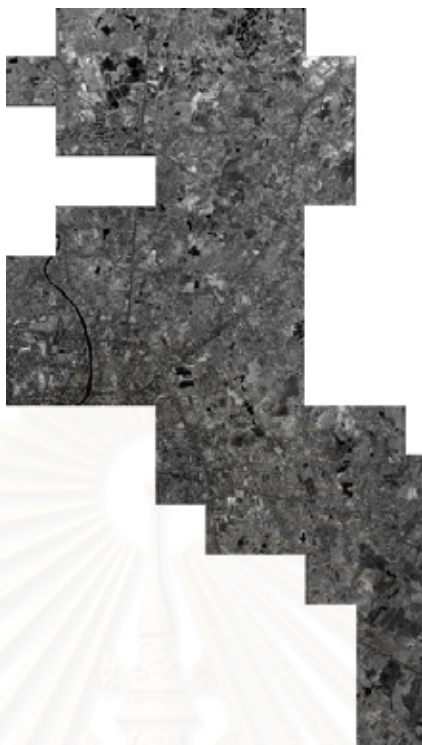
สำหรับตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM เป็นดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ จ.เชียงใหม่



ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ที่ปรับแก้เชิงคลื่นแล้วด้วยวิธี HM



ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ 3.3 (ต่อ) ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ที่ปรับแก้เชิงคลื่นแล้ว
ด้วยวิธี HM

3.2.2 วิธี Simple Regression (SR)

วิธี Simple Regression (SR) จะใช้ค่า DN ของข้อมูลจุดภาพเป้าหมาย (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ มาหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (Normalization coefficient) โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least-squares equation) โดยมีขั้นตอนดังนี้

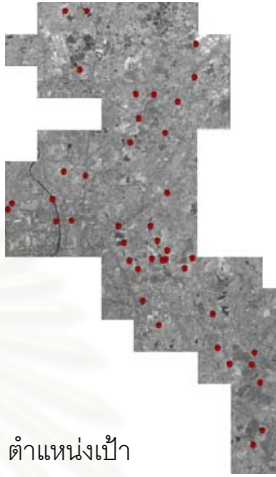

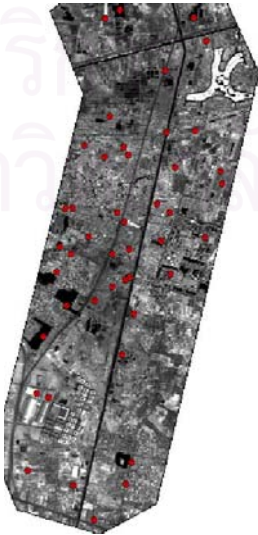
- 1) เลือกวัตถุที่จะใช้เป็นเป้า (Target) และหาค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่เลือก (รูปที่ 3.4) โดยเป้าที่เลือกนั้นต้องมีคุณสมบัติของการสะท้อนพลังงานที่มีค่าคงที่ ไม่อยู่ในพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพืช และปรากฏอยู่ในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ทุกแบนด์ เช่น แหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้าง ลานดิน ลานคอนกรีต ถนน เป็นต้น



รูปที่ 3.4 การหาค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่เลือก

ในงานวิจัยนี้ จำนวนเป้าที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีจำนวนเป่าดังนี้ พื้นที่ จ. เชียงใหม่ จำนวน 41 เป่า พื้นที่ จ.สงขลา จำนวน 46 เป่า และพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล จำนวน 45 เป่า ดังตารางที่ 3.2 และค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่เลือกมาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้หาสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นนั้นมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.3 ถึงตารางที่ 3.5 โดยจะเห็นได้ว่าค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาในแต่ละพื้นที่ศึกษานั้นมีค่าการสะท้อนพลังงานที่ใกล้เคียงกัน และเนื่องจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่นี้เป็นพื้นที่เขตเมืองจึงสามารถหาเป้าได้ง่ายและได้จำนวนเป่ามากเพียงพอสำหรับการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นที่เหมาะสมกับการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3.2 จำนวนเป้าและตำแหน่งเป้าในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	จำนวนเป้า	ตำแหน่งเป้า
จ.เชียงใหม่	41	 <p>● ตำแหน่งเป้า</p>
จ.สงขลา	46	
กรุงเทพฯและปริมณฑล	45	

ตารางที่ 3.3 ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าพิกัด		ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ					
				ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 30 มี.ค. 2547			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 19 มี.ค. 2548		
				Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
1	น้ำ	500595.91	2086385.48	469	656	420	506	663	422
2	น้ำ	501266.00	2086373.00	497	657	442	411	573	379
3	ถนน (ดิน)	504762.66	2085319.32	558	685	866	419	556	693
4	ถนน (แอสฟัลท์)	504706.86	2084245.58	461	623	452	402	549	469
5	สิ่งปลูกสร้าง	501044.44	2084494.10	721	800	749	775	850	806
6	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	502844.23	2083709.38	687	752	776	682	718	768
7	น้ำ	503416.76	2083675.92	450	631	405	395	571	370
8	ถนน (คอนกรีต)	504172.47	2083460.95	605	703	711	448	571	603
9	สิ่งปลูกสร้าง	503761.71	2082457.83	709	782	773	654	731	743
10	ถนน (แอสฟัลท์)	502930.64	2082932.99	564	685	558	454	586	471
11	สิ่งปลูกสร้าง	502649.63	2082140.03	520	658	478	418	570	411
12	น้ำ	500547.33	2081217.67	428	614	389	370	547	362
13	ถนน (แอสฟัลท์)	501236.46	2081083.38	471	633	442	429	578	444
14	สิ่งปลูกสร้าง	503829.58	2080520.41	641	742	654	576	685	611
15	น้ำ	500177.43	2080309.65	468	636	388	418	573	366
16	สิ่งปลูกสร้าง	498884.22	2080196.86	656	758	641	595	723	593
17	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	498760.92	2079975.12	635	714	706	581	675	686
18	สิ่งปลูกสร้าง	500300.73	2079611.43	480	642	477	400	555	418
19	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	500786.76	2079633.41	739	755	815	612	682	677
20	พื้นที่เปิดโล่ง (แอสฟัลท์)	502271.61	2079458.98	539	671	538	470	609	476

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30 มี.ค. 2547			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 19 มี.ค. 2548		
		E	N	Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
21	น้ำ	503301.97	2079451.33	438	612	402	407	568	388
22	น้ำ	503535.19	2078985.85	453	621	383	393	563	373
23	น้ำ	502461.81	2078911.30	473	645	416	402	579	381
24	ถนน (คอนกรีต)	503827.66	2078672.35	678	755	699	559	674	623
25	น้ำ	504629.59	2078418.10	436	606	408	386	545	390
26	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	503798.03	2078379.87	755	780	821	639	702	718
27	น้ำ	503683.34	2078366.49	444	622	372	393	562	368
28	สิ่งปลูกสร้าง	503349.34	2078414.26	596	646	610	554	593	596
29	ถนน (แอสฟัลท์)	502632.02	2078331.28	574	688	573	552	653	573
30	ถนน (แอสฟัลท์)	502912.46	2078062.28	529	669	498	468	603	541
31	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	504386.21	2078082.31	776	783	847	642	688	737
32	ถนน (คอนกรีต)	505288.34	2076619.78	607	693	666	521	634	607
33	สิ่งปลูกสร้าง	503576.85	2076269.40	700	701	807	657	660	783
34	ถนน (ดิน)	505437.52	2075522.82	571	670	720	438	579	581
35	สิ่งปลูกสร้าง	506614.01	2075366.80	471	612	474	404	556	442
36	สิ่งปลูกสร้าง	505824.46	2075013.37	500	636	562	442	582	510
37	น้ำ	506535.21	2074994.88	417	589	349	385	553	352
38	ถนน (แอสฟัลท์)	506796.40	2074417.04	496	632	470	466	605	484
39	สิ่งปลูกสร้าง	506877.30	2072883.43	717	787	749	688	773	710
40	ถนน (คอนกรีต)	506568.73	2072418.85	571	668	645	518	559	601
41	สิ่งปลูกสร้าง	503051.96	2077048.55	616	725	598	598	698	617

ตารางที่ 3.4 ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 18 เม.ย. 2548			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27 พ.ค. 2549		
		E	N	Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
1	ถนน (ดิน)	655616.40	781148.40	800	867	951	512	594	850
2	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	656038.80	780956.40	770	768	834	586	633	736
3	น้ำ	655767.60	781105.20	308	665	218	169	356	192
4	สิ่งปลูกสร้าง	655436.40	780999.60	269	405	411	325	498	554
5	น้ำ	655196.40	781122.00	289	483	271	142	331	217
6	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	655162.80	780922.80	617	721	725	725	911	851
7	ถนน (ดิน)	656203.44	780886.47	678	745	814	342	525	897
8	ถนน (ดิน)	656652.84	780504.67	706	763	853	602	669	950
9	สิ่งปลูกสร้าง	655976.41	780562.33	239	355	409	218	357	480
10	สิ่งปลูกสร้าง	655589.23	780236.35	301	449	437	355	532	542
11	น้ำ	656230.54	780262.77	144	341	127	143	314	181
12	สิ่งปลูกสร้าง	656823.58	780297.75	301	448	466	351	511	527
13	สิ่งปลูกสร้าง	656515.66	780043.81	523	514	750	657	602	844
14	น้ำ	656025.26	780081.82	188	404	242	263	521	440
15	สิ่งปลูกสร้าง	655496.09	780073.46	291	423	412	375	489	543
16	สิ่งปลูกสร้าง	654946.39	779693.31	260	396	417	304	460	519
17	ถนน (แอสฟัลท์)	655218.58	779764.78	310	470	359	394	574	437
18	สิ่งปลูกสร้าง	656008.53	779558.73	274	425	408	354	530	500
19	ถนน (ดิน)	656233.58	774031.34	823	940	887	633	776	773
20	สิ่งปลูกสร้าง	657590.72	773715.06	349	509	428	335	505	481
21	สิ่งปลูกสร้าง	658642.98	773782.72	561	773	534	465	687	470

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 18 เม.ย. 2548			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27 พ.ค. 2549		
		E	N	Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
22	สิ่งปลูกสร้าง	659291.52	773550.07	280	395	321	278	415	374
23	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	660989.40	773154.60	944	1004	1026	751	912	934
24	แหล่งน้ำ	661558.20	773197.80	297	487	163	447	574	333
25	สิ่งปลูกสร้าง	662680.20	773317.80	302	448	379	372	544	496
26	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	662638.20	772966.20	1053	1166	1101	582	788	830
27	สิ่งปลูกสร้าง	663748.20	772156.20	1243	1674	1144	927	1034	884
28	สิ่งปลูกสร้าง	662177.40	771825.00	240	488	610	322	598	667
29	ถนน (แอสฟัลท์)	660702.45	772105.65	473	646	501	467	667	644
30	สิ่งปลูกสร้าง	657604.95	772660.65	327	482	433	390	564	593
31	สิ่งปลูกสร้าง	657825.75	772139.85	663	1076	823	572	952	764
32	ถนน (ดิน)	655364.31	772716.23	1032	1100	1119	628	784	967
33	สิ่งปลูกสร้าง	656056.45	773074.07	261	469	519	281	514	590
34	สิ่งปลูกสร้าง	656394.35	772967.41	986	1288	968	734	999	800
35	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	657143.62	773243.46	1072	1166	1152	703	844	807
36	สิ่งปลูกสร้าง	658190.46	773688.01	302	459	406	327	504	473
37	สิ่งปลูกสร้าง	658374.64	773490.83	1228	1641	1026	857	1229	909
38	สิ่งปลูกสร้าง	659297.16	773273.57	352	503	448	363	551	527
39	สิ่งปลูกสร้าง	660283.45	773894.57	348	520	447	376	554	499
40	แหล่งน้ำ	661085.51	773671.42	306	490	175	463	582	299
41	ถนน (คอนกรีต)	661019.73	773304.71	844	879	955	617	642	696
42	แหล่งน้ำ	662112.57	773350.51	148	303	188	172	358	291

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 18 เม.ย. 2548			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27 พ.ค. 2549		
				Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
43	แหล่งน้ำ	662822.54	773228.66	149	295	164	175	334	270
44	แหล่งน้ำ	666261.37	772549.36	146	332	122	193	383	274
45	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	660929.41	771107.10	1141	1152	1220	686	763	816
46	พื้นที่เปิดโล่ง	662923.35	769429.04	1079	1245	1059	908	1133	957

ตารางที่ 3.5 ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 ก.พ. 2547			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 ม.ค. 2549		
				Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
1	สิ่งปลูกสร้าง	668441.84	1545659.12	652	867	642	624	879	652
2	แหล่งน้ำ	668814.42	1545436.46	199	358	109	287	482	283
3	แหล่งน้ำ	670122.58	1545738.86	142	278	130	231	414	287
4	สิ่งปลูกสร้าง	670203.22	1545261.74	665	854	628	502	720	534
5	ถนน (แอสฟัลท์)	669329.62	1544494.54	304	381	392	377	504	501
6	แหล่งน้ำ	668522.00	1543908.94	115	239	99	255	427	297
7	สิ่งปลูกสร้าง	668757.68	1543361.81	357	693	603	414	717	596
8	แหล่งน้ำ	669521.56	1543624.86	327	470	179	303	492	302
9	สิ่งปลูกสร้าง	670016.08	1543650.11	255	396	317	344	509	428
10	สิ่งปลูกสร้าง	669675.18	1542999.86	467	436	487	516	597	624
11	สิ่งปลูกสร้าง	668074.65	1543383.75	500	449	564	487	561	582

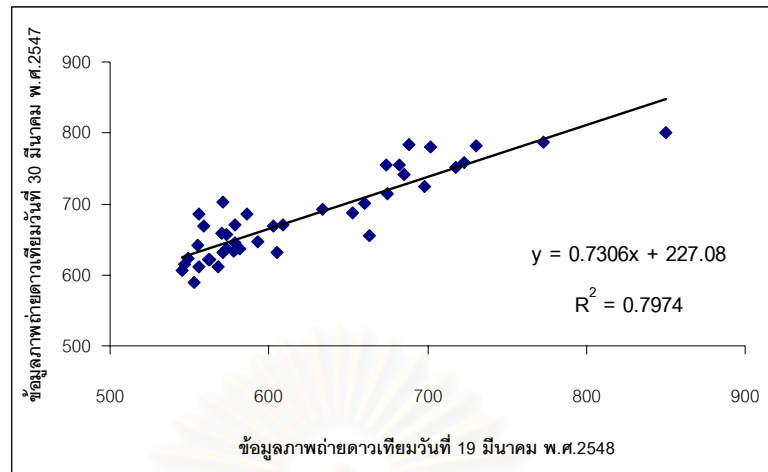
ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าพิกัด		ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ					
				ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 ก.พ. 2547			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 ม.ค. 2549		
				E	N	Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band
12	สิ่งปลูกสร้าง	668425.05	1543177.35	616	784	619	493	681	565
13	สิ่งปลูกสร้าง	668845.05	1543227.75	263	397	334	393	511	500
14	แหล่งน้ำ	670456.65	1542933.75	153	301	144	254	431	285
15	สิ่งปลูกสร้าง	670489.05	1542706.95	397	342	475	412	463	534
16	สิ่งปลูกสร้าง	669572.25	1542194.55	657	879	674	590	841	727
17	ถนน (คอนกรีต)	669350.25	1542344.55	507	632	586	485	667	603
18	สิ่งปลูกสร้าง	668656.65	1542184.95	584	760	601	462	672	563
19	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานคอนกรีต)	668781.45	1542027.75	378	481	469	406	596	494
20	ถนน (คอนกรีต)	667871.85	1542270.15	576	725	669	418	584	544
21	สิ่งปลูกสร้าง	667745.85	1542265.35	475	710	584	484	742	601
22	ถนน (แอสฟัลท์)	667641.45	1541569.35	238	370	269	296	470	356
23	สิ่งปลูกสร้าง	667835.85	1541449.35	799	1089	769	549	786	589
24	สิ่งปลูกสร้าง	668151.45	1541762.55	375	621	476	658	897	760
25	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	668567.85	1541446.95	577	732	612	446	637	514
26	แหล่งน้ำ	668855.85	1541528.55	232	360	155	313	507	336
27	แหล่งน้ำ	669412.65	1541692.95	108	238	94	239	420	286
28	สิ่งปลูกสร้าง	670183.05	1541744.55	555	776	570	557	784	609
29	สิ่งปลูกสร้าง	669582.74	1541088.62	940	1163	993	739	982	820
30	ถนน (แอสฟัลท์)	668860.65	1541034.15	254	393	258	331	507	380
31	สิ่งปลูกสร้าง	668785.05	1540994.55	141	281	129	265	448	315
32	สิ่งปลูกสร้าง	668567.85	1540864.95	744	1011	751	541	774	598

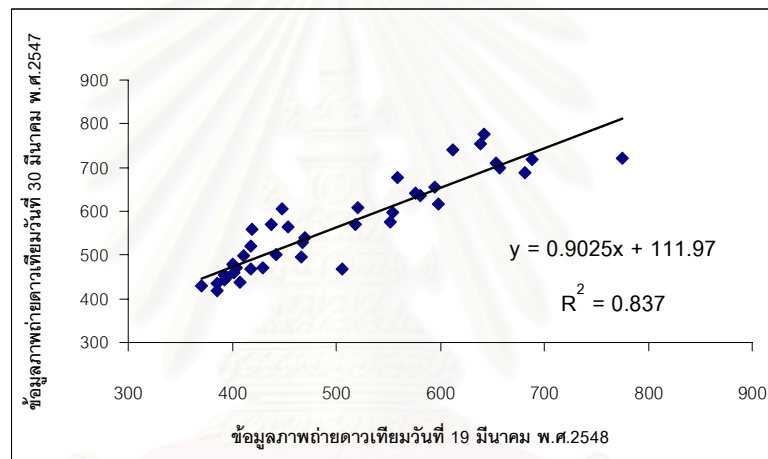
ตารางที่ 3.5 (ต่อ) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้า (Target) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลา
พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล

เป้า	ประเภทวัตถุ	ค่าสะท้อนพลังงานของวัตถุ							
		ค่าพิกัด		ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 ก.พ. 2547			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 ม.ค. 2549		
		E	N	Red Band	Green Band	NIR Band	Red Band	Green Band	NIR Band
33	พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน)	667583.85	1541133.75	708	673	766	555	669	621
34	แหล่งน้ำ	667755.45	1540532.55	168	326	101	254	438	274
35	ถนน (ดิน)	668254.65	1540608.15	431	518	533	413	582	522
36	สิ่งปลูกสร้าง	668945.85	1540375.35	607	815	599	476	684	523
37	แหล่งน้ำ	668740.65	1539655.35	104	277	84	250	446	295
38	สิ่งปลูกสร้าง	667450.65	1538877.75	1080	1395	1072	509	750	526
39	สิ่งปลูกสร้าง	667245.29	1538954.75	979	1276	936	767	1057	800
40	สิ่งปลูกสร้าง	668899.44	1537720.24	210	318	277	313	505	421
41	สิ่งปลูกสร้าง	667879.63	1537306.70	182	290	208	335	513	413
42	สิ่งปลูกสร้าง	667085.49	1537568.98	663	916	652	708	1015	793
43	ถนน (แอสฟัลท์)	668804.25	1537341.75	250	356	261	327	505	401
44	สิ่งปลูกสร้าง	668332.82	1536672.46	616	585	599	545	763	568
45	แหล่งน้ำ	667349.85	1539969.75	128	264	90	267	471	305

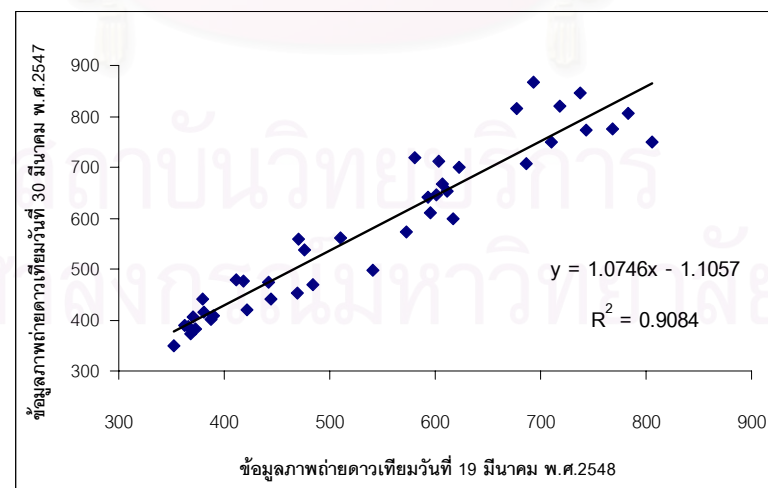
2) นำค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่ได้มาพล็อตกราฟในโปรแกรม Excel โดยกำหนดให้ค่าแกน X คือ ค่าสะท้อนพลังงานของเป้าในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ และค่าแกน Y คือ ค่าสะท้อนพลังงานของเป้าในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงเพื่อดูแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นมากน้อยเพียงใด จากงานวิจัยนี้พบว่า ค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาในทุกพื้นที่ศึกษาที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะเชิงเส้นค่อนข้างมากโดยสามารถดูได้จากค่า R^2 ที่เข้าใกล้ 1 มาก คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7438 -0.9084 (รูปที่ 3.5 ถึงรูปที่ 3.7)



ก) แบนดิสี่เขียว

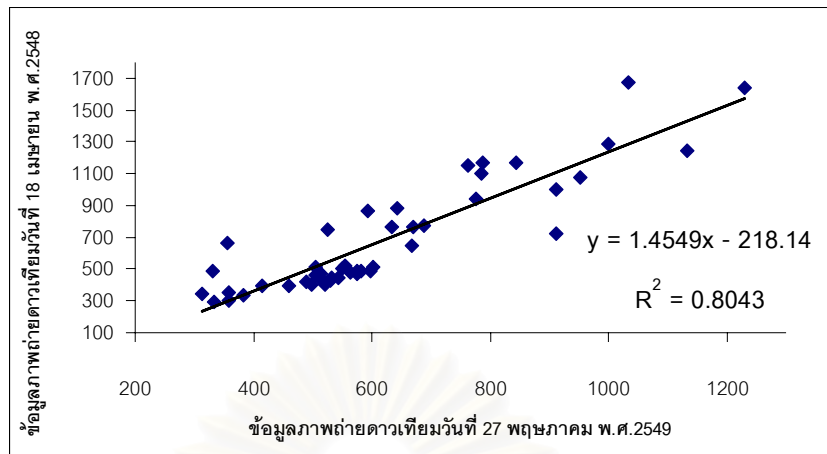


ข) แบนดิสี่แดง

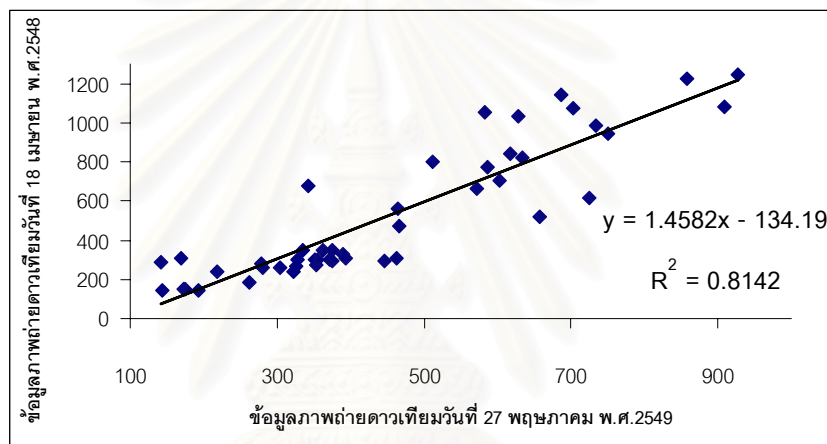


ค) แบนดิอินฟราเรดไกล์

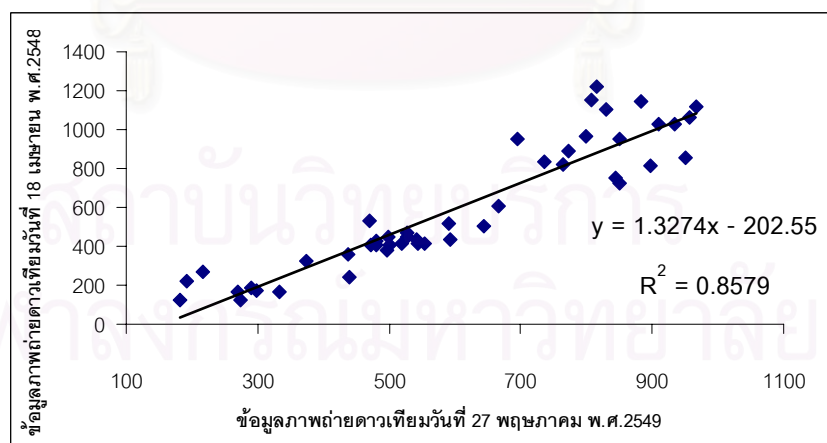
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่



ก) แบนด์สีเขียว

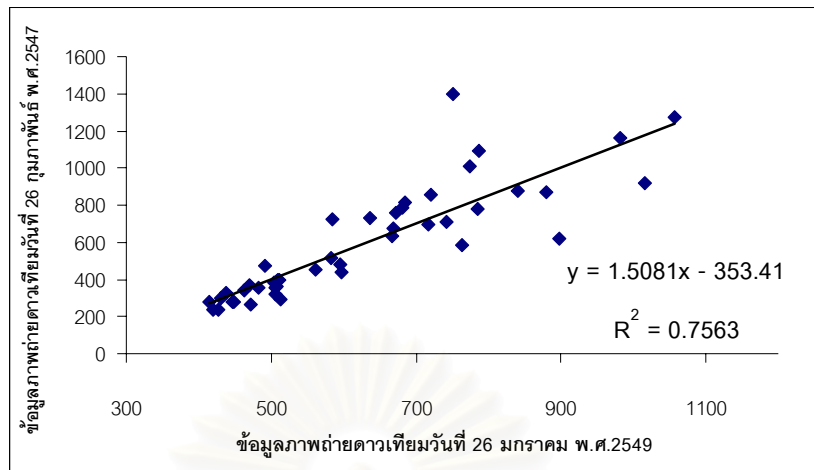


ข) แบนด์สีแดง

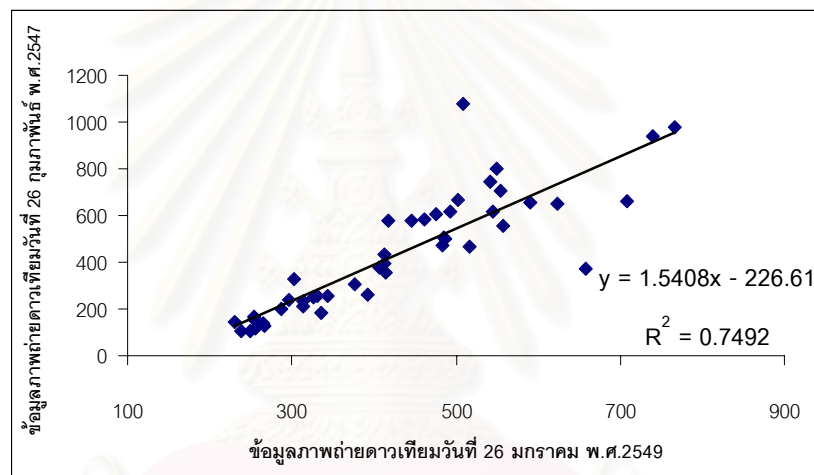


ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

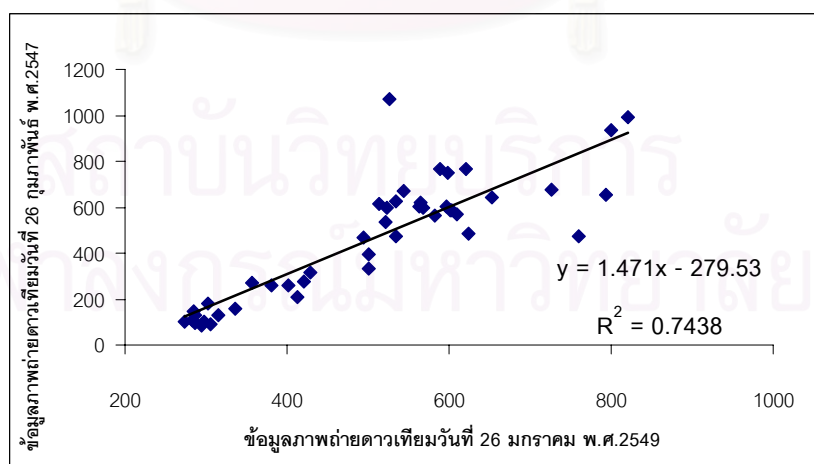
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา



ก) แบนด์สีเขียว



ข) แบนด์สีแดง



ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม
2 ช่วงเวลา พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล

3) หาสมการถดถอยเชิงเส้นที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนพลังงานของเป้าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นดังนี้

จ. เชียงใหม่

- แบนด์สีเขียว มีสมการถดถอย คือ $y = 0.7306x + 227.08$
- แบนด์สีแดง มีสมการถดถอย คือ $y = 0.9025x + 111.97$
- แบนด์อินฟราเรดใกล้ มีสมการถดถอย คือ $y = 1.0746x - 1.1057$

จ. สงขลา

- แบนด์สีเขียว มีสมการถดถอย คือ $y = 1.4549x - 218.14$
- แบนด์สีแดง มีสมการถดถอย คือ $y = 1.4582x - 134.19$
- แบนด์อินฟราเรดใกล้ มีสมการถดถอย คือ $y = 1.3274x - 202.55$

กรุงเทพฯและปริมณฑล

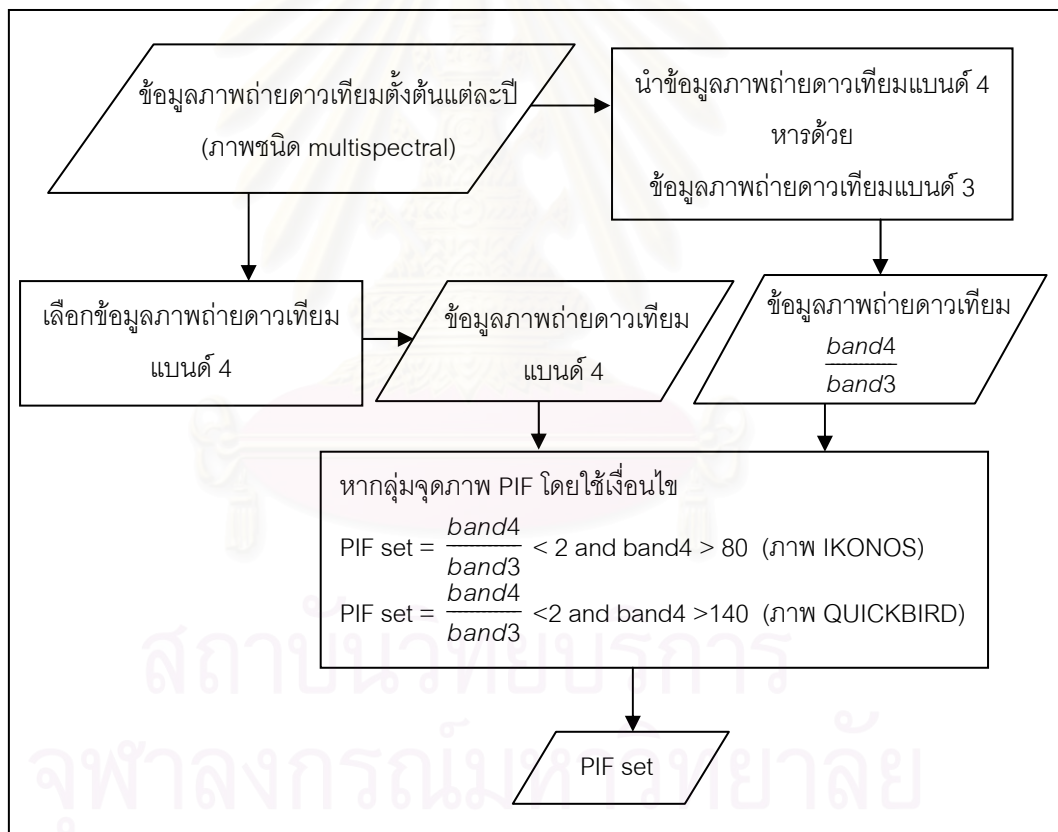
- แบนด์สีเขียว มีสมการถดถอย คือ $y = 1.5081x - 353.41$
- แบนด์สีแดง มีสมการถดถอย คือ $y = 1.5408x - 226.61$
- แบนด์อินฟราเรดใกล้ มีสมการถดถอย คือ $y = 1.471x - 279.53$

3.2.3 วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF)

วิธี Pseudo-invariant Feature Set (PIF) จะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์สีแดง(แบนด์ 3) และแบนด์อินฟราเรดใกล้(แบนด์ 4) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้มาหากลุ่มจุดภาพ PIF ของแต่ละภาพตามแนวคิดของวิธีนี้ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งกลุ่มจุดภาพ PIF นี้ก็คือ กลุ่มจุดภาพที่มีพีชพรรณปกคลุมอยู่น้อยและไม่ใช่แหล่งน้ำที่จะใช้เป็นตัวแทนในการหาสัมประสิทธิ์ในการปรับแก้เชิงคลื่นต่อไป โดยกลุ่มจุดภาพ PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ อาจจะไม่ใช่อข้อมูลชุดเดียวกัน นั่นก็คือ จุดภาพที่เป็น PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง อาจจะไม่ใช่อจุดภาพเดียวกันกับจุดภาพที่เป็น PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ก็ได้

สำหรับขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF มีดังต่อไปนี้

1) กำหนดกลุ่มจุดภาพ PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ โดยใช้ฟังก์ชัน Spatial Modeler ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 สร้างแบบจำลองสำหรับหากกลุ่มจุดภาพ PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งต้นซึ่งเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิด multispectral แต่ละปี จากเงื่อนไข $\frac{band4}{band3} < 2$ และ $band4 > 80$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ $\frac{band4}{band3} < 2$ และ $band4 > 140$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD (Hong and Zhang, 2005, 2007) ดังรูปที่ 3.8 ผลที่ได้คือ ภาพ Bi-level แสดงกลุ่มจุดภาพที่เป็น PIF ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งต้นแต่ละปี (รูปที่ 3.9 – รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.8 แบบจำลองสำหรับหากกลุ่มจุดภาพ PIF



ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2547 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2548

รูปที่ 3.9 จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่



ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 18 เมษายน พ.ศ.2548 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ.2549

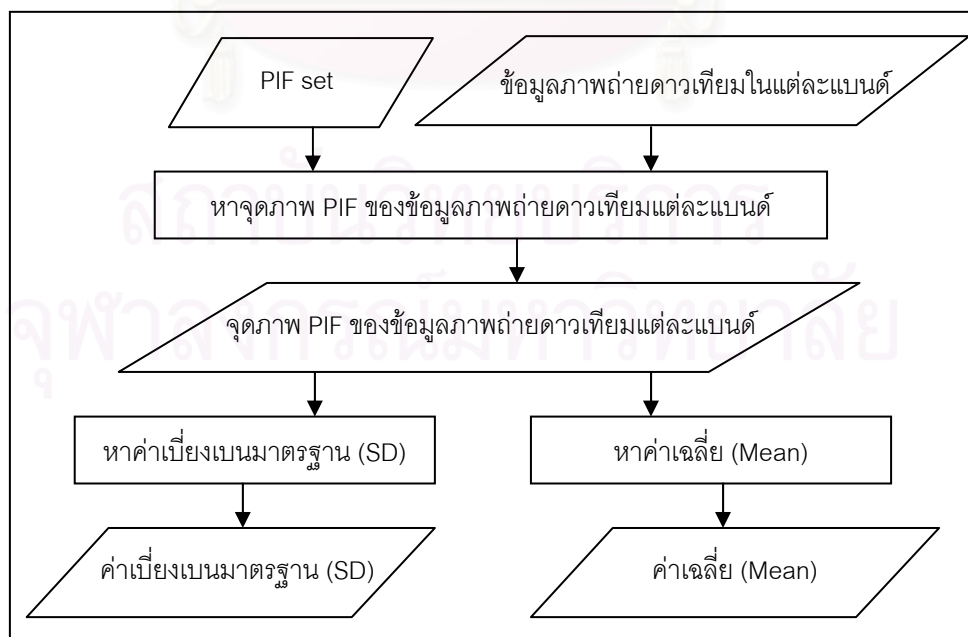
รูปที่ 3.10 จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา



ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2549

รูปที่ 3.11 จุดภาพ PIF พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล

2) หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : SD) ของข้อมูลจุดภาพที่ตรงกับจุดภาพ PIF ที่ได้จากข้อ 1) ทั้งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละแบนด์ (ตารางที่ 3.6) โดยใช้แบบจำลองที่สร้างจากฟังก์ชัน Spatial Modeler ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบจำลองที่ใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลจุดภาพ PIF

ตารางที่ 3.6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลคุณภาพ PIF แต่ละแบนด์

ก) จ.เชียงใหม่	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2548			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2547		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ย	574.770	435.392	577.466	640.000	498.539	625.867
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	38.712	61.692	82.145	31.820	58.968	88.009

ข) จ.สงขลา	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ.2549			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 18 เมษายน พ.ศ.2548		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ย	617.697	457.281	614.262	558.766	443.795	594.464
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	144.154	136.778	167.755	171.072	175.694	173.073

ค) กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2549			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ย	510.197	330.304	477.608	394.752	275.193	359.629
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	77.785	69.012	76.777	146.509	128.908	133.089

3) หาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (a และ b) โดยใช้สมการที่ 2.12 และสมการที่ 2.13 ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี PIF

พื้นที่ศึกษา	แบนด์สีเขียว		แบนด์สีแดง		แบนด์อินฟราเรดใกล้	
	a	b	a	b	a	b
จ.เชียงใหม่	1.217	-59.266	1.046	43.035	0.933	86.879
จ.สงขลา	0.843	38.261	0.778	87.801	0.969	-0.924
กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	0.531	123.878	0.535	98.363	0.577	84.102

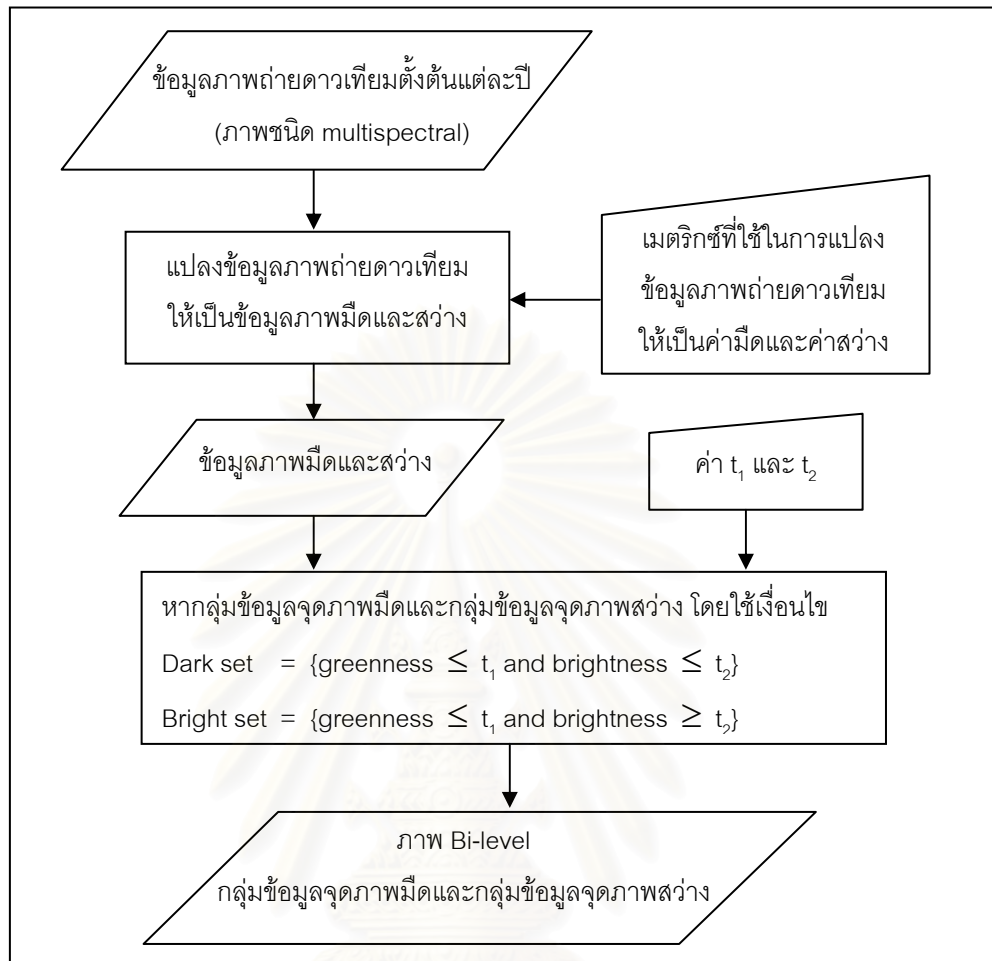
3.2.4 วิธี Dark-Bright (DB)

วิธี Dark-Bright (DB) เป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นโดยการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละปีเป็นข้อมูลภาพมืดและสว่าง แล้วแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง และใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แต่ละแบนด์นั้นมาหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ในแต่ละปีให้เป็นข้อมูลภาพมืดและข้อมูลภาพสว่าง โดยใช้สมการการแปลงค่ามืดและค่าสว่าง (สมการที่ 2.14 และสมการที่ 2.15) โดยจะใช้แบบจำลองที่สร้างจากฟังก์ชัน Spatial Modeler ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 ดังรูปที่ 3.13

2) เมื่อได้ข้อมูลภาพมืดและข้อมูลภาพสว่างแล้ว ทำการหากลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่างตั้งต้นตามเงื่อนไขจากสมการที่ 2.16 และสมการที่ 2.17 โดยกำหนดให้ Dark set มีค่า $t_1 = 1$ $t_2 = 300$ และ Bright set มีค่า $t_1 = 1$ $t_2 = 300$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และ Dark set มีค่า $t_1 = 1$ $t_2 = 190$ และ Bright set มีค่า $t_1 = 1$ $t_2 = 220$ สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD (Hong and Zhang, 2005, 2007) โดยจะใช้แบบจำลองเดียวกันกับแบบจำลองในข้อ 1) (รูปที่ 3.13) ผลที่ได้คือ ภาพ Bi-level แสดงกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง (รูปที่ 3.14 – รูปที่ 3.16) ซึ่งจะนำไปใช้กำหนดกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่างของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์



รูปที่ 3.13 แบบจำลองสำหรับสร้างข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง



ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2547 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2548

รูปที่ 3.14 ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่

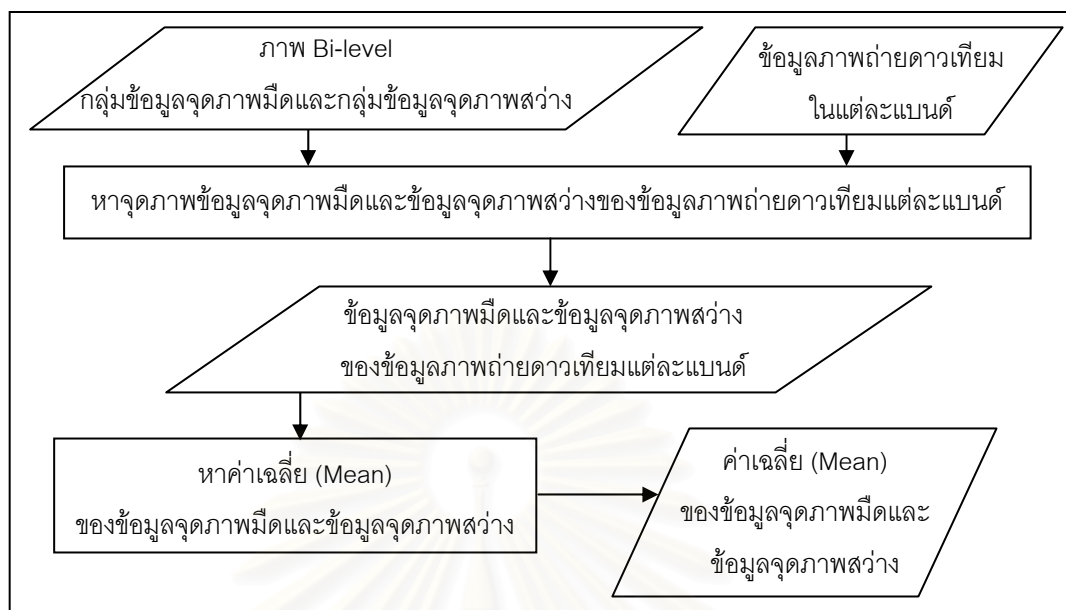


ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 18 เมษายน พ.ศ.2548 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ.2549
รูปที่ 3.15 ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา



ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547 ข) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2549
รูปที่ 3.16 ข้อมูลภาพกลุ่มข้อมูลจุดภาพมืดและกลุ่มข้อมูลจุดภาพสว่าง พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯ
และปริมณฑล

3) หาค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่างที่ตรงกับจุดภาพ Bi-level ที่ได้จากข้อ 2) ทั้งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละแบนด์ (ตารางที่ 3.8) โดยใช้แบบจำลองที่สร้างจากฟังก์ชัน Spatial Modeler ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แบบจำลองที่ใช้สำหรับหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง

ตารางที่ 3.8 ค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลจุดภาพมืดและข้อมูลจุดภาพสว่าง

ก) จ.เชียงใหม่	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2548			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ.2547		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ยจุดภาพมืด	582.779	449.206	547.878	644.871	509.243	601.217
ค่าเฉลี่ยจุดภาพสว่าง	551.488	395.093	668.543	619.400	452.537	733.540

ข) จ.สงขลา	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ.2549			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 18 เมษายน พ.ศ.2548		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ยจุดภาพมืด	647.595	462.660	522.974	620.575	466.901	517.914
ค่าเฉลี่ยจุดภาพสว่าง	456.471	277.885	845.189	427.381	297.384	664.580

ค) กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2549			ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
ค่าเฉลี่ยจุดภาพมืด	537.773	354.824	444.246	410.350	279.494	312.709
ค่าเฉลี่ยจุดภาพสว่าง	475.252	296.532	533.273	316.281	197.514	449.395

4) หาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่น (a และ b) โดยใช้สมการที่ 2.18 และสมการที่ 2.19 ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี DB

พื้นที่ศึกษา	แบนด์สีเขียว		แบนด์สีแดง		แบนด์อินฟราเรดใกล้	
	a	b	a	b	a	b
จ.เชียงใหม่	0.814	170.482	1.048	38.510	1.097	0.408
จ.สงขลา	1.011	-34.038	0.917	42.446	0.455	279.864
กรุงเทพฯและปริมณฑล	1.505	-398.788	1.406	-219.520	1.535	-369.355

3.2.5 วิธี No Change Set (NC)

วิธี No Change Set (NC) จะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์อินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 4) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้มา หากกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) เพื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นของข้อมูลภาพแต่ละแบนด์ต่อไป

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

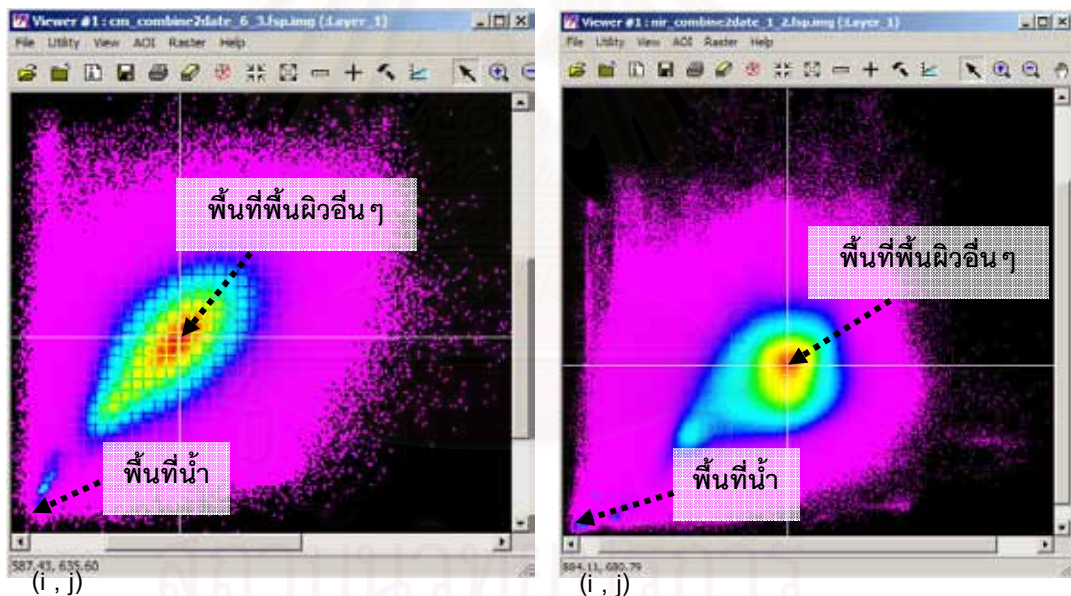
1) รวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์อินฟราเรดใกล้(แบนด์ 4)ทั้งสองปีให้เป็นภาพเดียวกัน โดยใช้ฟังก์ชัน Layer Stack ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 แล้วสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพที่ได้ (รูปที่ 3.18) โดยใช้ฟังก์ชัน Feature Space Image ในโมดูล Classification โดยกำหนดให้ แกน X คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ และ แกน Y คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง จากนั้นหาค่า DN ของจุดภาพที่อยู่ศูนย์กลางของพื้นที่น้ำ (i_{lmax} , j_{lmax}) และพื้นที่พื้นผิวอื่นๆ (i_{umax} , j_{umax}) (ตารางที่ 3.10) เพื่อนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ (a_{4_0} , b_{4_0}) ที่ใช้สำหรับหากกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) โดยใช้สมการที่ 4.1 และสมการที่ 4.2 ตามลำดับ

$$a_{4_0} = \frac{j_{umax} - j_{lmax}}{i_{umax} - i_{lmax}} \quad (4.1)$$

$$b_{4_0} = j_{lmax} - a \cdot i_{lmax} \quad (4.2)$$

ตารางที่ 3.10 ค่า DN ที่ใช้สำหรับคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ (a_{4_0} , b_{4_0}) ที่ใช้สำหรับหากลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set)

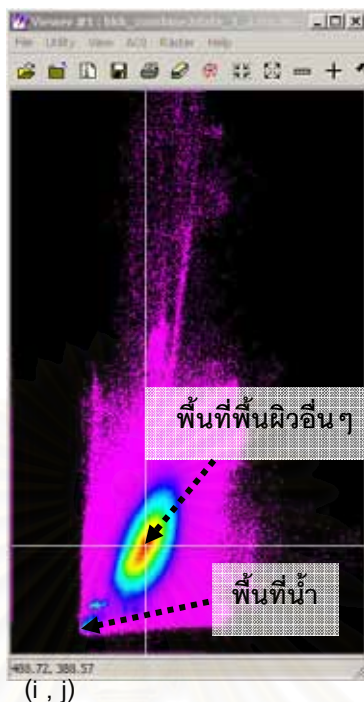
พื้นที่ศึกษา	จุดภาพพื้นที่น้ำ		จุดภาพพื้นผิวอื่นๆ		a_{4_0}	b_{4_0}
	i_{lmax}	j_{lmax}	i_{umax}	j_{umax}		
จ.เชียงใหม่	341.35	342.79	587.43	635.60	1.190	-63.382
จ.สงขลา	108.57	93.42	884.11	680.79	0.757	11.192
กรุงเทพฯและปริมณฑล	248.71	81.15	488.72	388.57	1.281	-237.414



ก) จ.เชียงใหม่

ข) จ.สงขลา

รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แบนดิอินฟราเรดใกล้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา



ค) กรุงเทพฯและปริมณฑล

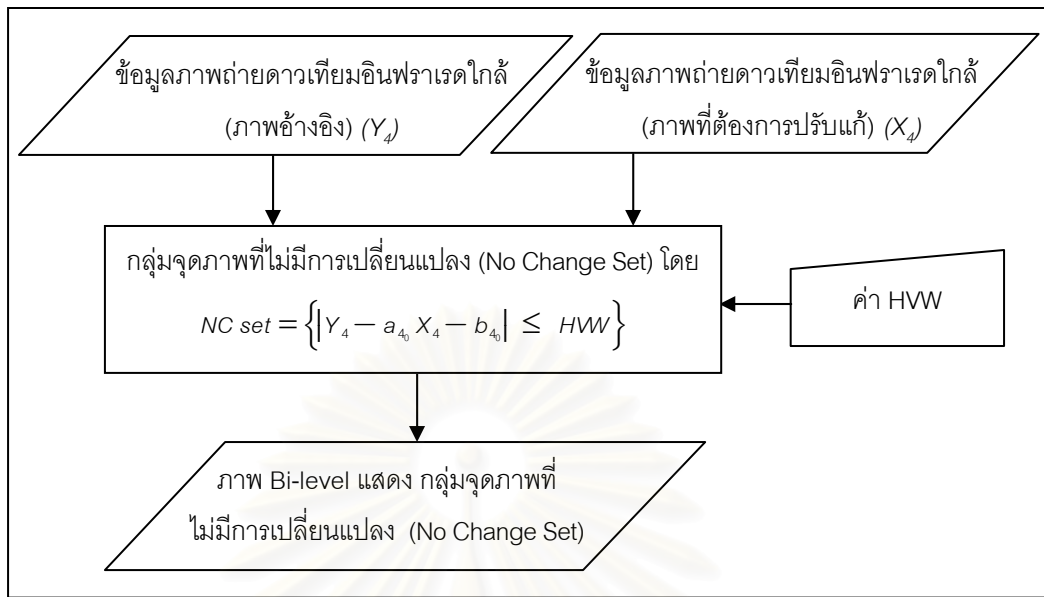
รูปที่ 3.18 (ต่อ) กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิงและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แบนดิอินฟราเรดใกล้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

2) หาค่า HVW จากสมการที่ 2.21 โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ HPW มีค่าเท่ากับ 8 เท่ากันในทุกพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ค่า HVW มีค่าอยู่ในช่วง 10-13 จุดภาพ ตามแนวคิดของวิธีนี้ในบทที่ 2 ค่า HVW ที่ได้มีค่าดังตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 ค่า HVW ของแต่ละพื้นที่ศึกษา

ค่า HVW		
จ.เชียงใหม่	จ.สงขลา	กรุงเทพฯและปริมณฑล
12.43	10.04	13.00

3) กำหนดกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) โดยใช้แบบจำลองที่สร้างจากฟังก์ชัน Spatial Modeler ดังรูปที่ 3.19 ผลที่ได้คือ ภาพ Bi-level แสดงกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) (รูปที่ 3.20) และเมื่อได้กลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว ทำการสร้าง AOI จากกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ เพื่อใช้เป็น AOI สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.19 แบบจำลองสำหรับกำหนดกลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set)



รูปที่ 3.20 กลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) ในแต่ละพื้นที่ศึกษา



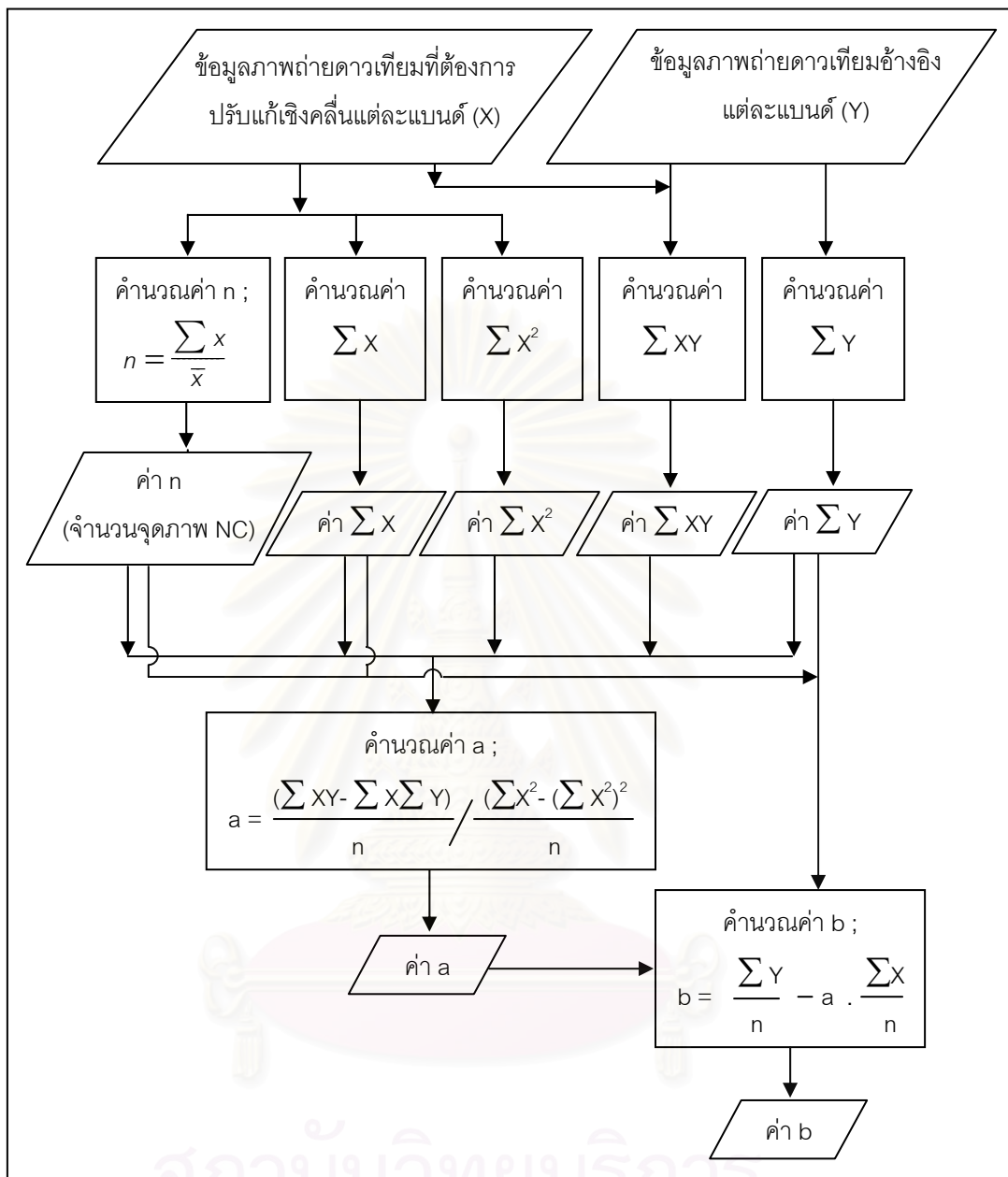
■ จุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ค) จ.สงขลา

รูปที่ 3.20 (ต่อ) กลุ่มจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง(No Change Set)ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4) หาค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคี่นของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีจุดภาพตรงกับจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (No Change Set) ในแต่ละแบนด์โดยใช้ Linear regression model (ERDAS, 2004) (รูปที่ 3.21) และค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคี่นที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.21 Linear regression model

ตารางที่ 3.12 ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เชิงคลื่นที่ได้จากวิธี NC

พื้นที่ศึกษา	แบนด์สีเขียว		แบนด์สีแดง		แบนด์อินฟราเรดใกล้	
	a	b	a	b	a	b
จ.เชียงใหม่	1.136	-11.740	1.208	-25.732	1.249	-101.014
จ.สงขลา	1.029	-35.114	1.189	-32.641	1.038	-193.935
กรุงเทพฯและปริมณฑล	0.778	-40.663	0.814	-34.861	1.015	-101.672

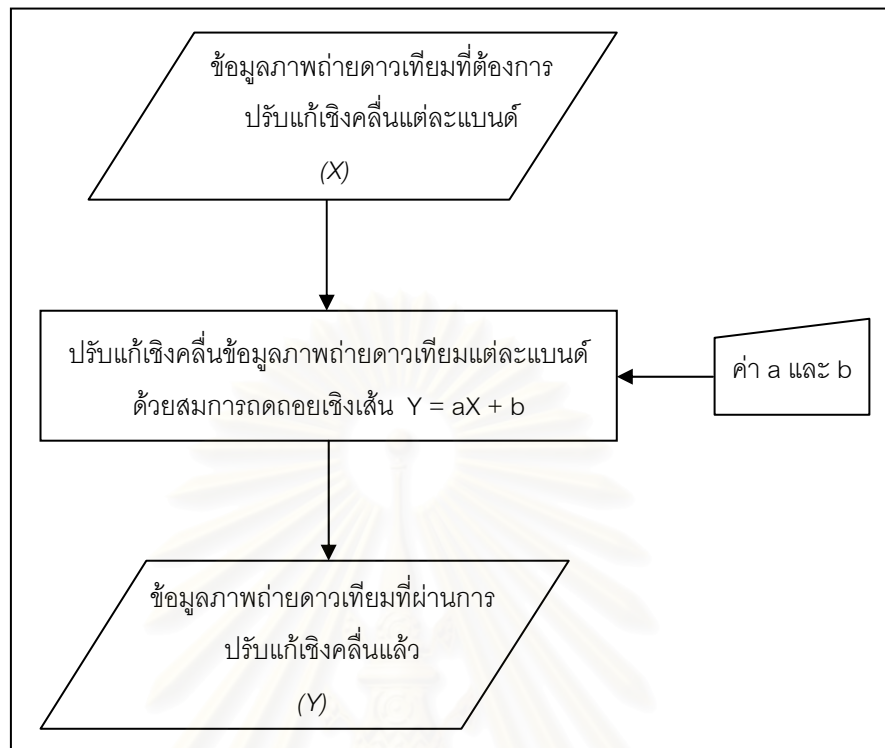
การปรับแก้เชิงคลื่นโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่นตามขั้นตอนในข้อที่ 3.2.2 ถึงข้อที่ 3.2.5 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่น ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR PIF DB และ NC

พื้นที่ศึกษา	วิธี	แบนด์สีเขียว		แบนด์สีแดง		แบนด์อินฟราเรดใกล้	
		a	b	a	b	a	b
จ.เชียงใหม่	SR	0.7306	227.08	0.9025	111.97	1.0746	-1.1057
	PIF	1.217	-59.266	1.046	43.035	0.933	86.879
	DB	0.814	170.482	1.048	38.510	1.097	0.408
	NC	1.136	-11.740	1.208	-25.732	1.249	-101.014
จ.สงขลา	SR	1.4549	-218.14	1.4582	-134.19	1.3274	-202.55
	PIF	0.843	38.261	0.778	87.801	0.969	-0.924
	DB	1.011	-34.038	0.917	42.446	0.455	279.864
	NC	1.029	-35.114	1.189	-32.641	1.038	-193.935
กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	SR	1.5081	-353.41	1.5408	-226.61	1.471	-279.53
	PIF	0.531	123.878	0.535	98.363	0.577	84.102
	DB	1.505	-398.788	1.406	-219.520	1.535	-369.355
	NC	0.778	-40.663	0.814	-34.861	1.015	-101.672

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วทำการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้แต่ละแบนด์ โดยใช้ฟังก์ชัน Spatial Modeler ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 สร้างแบบจำลองสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้น ดังรูปที่ 3.22 สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้ว แสดงไว้ที่ภาคผนวก ข

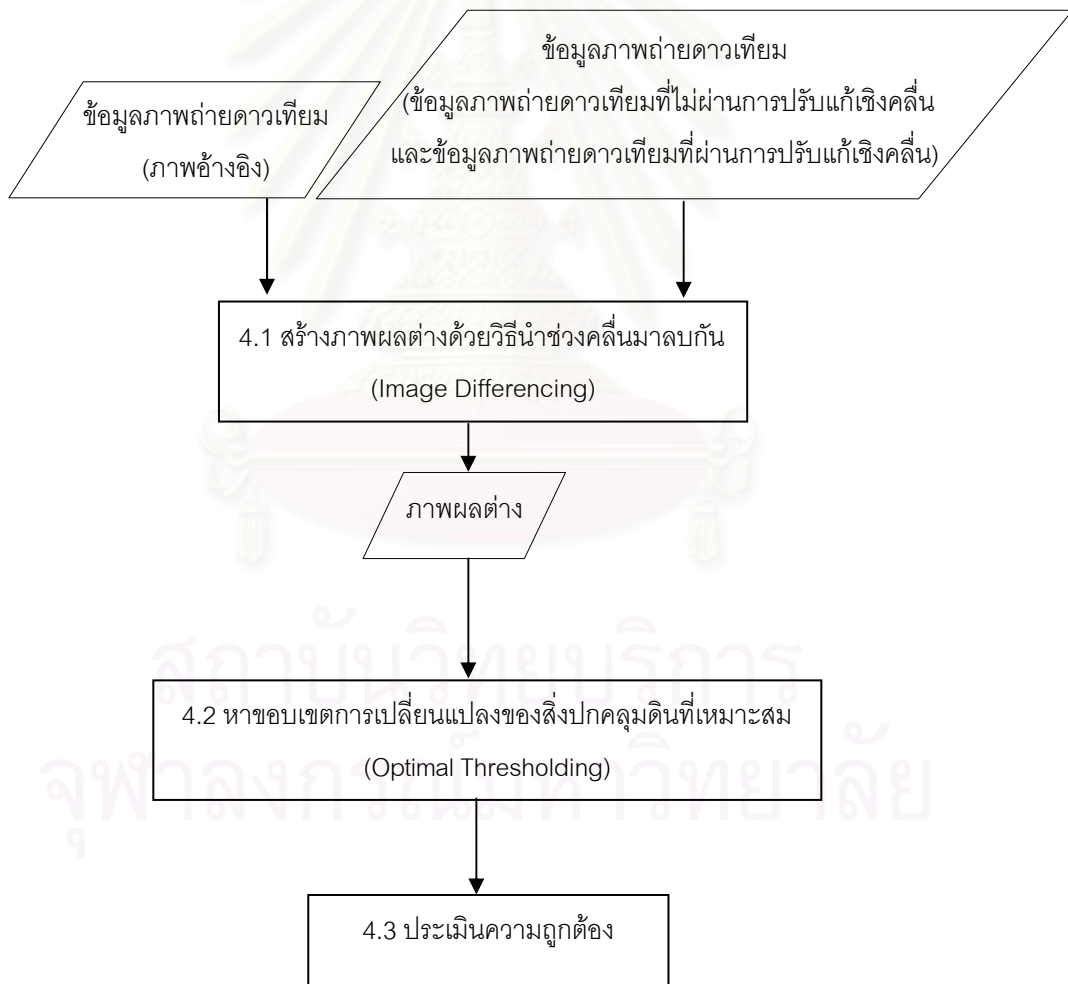


รูปที่ 3.22 แบบจำลองสำหรับการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

บทที่ 4

การสร้างภาพผลต่างและการประเมินความถูกต้อง

จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในบทที่ 3 จะได้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่อยู่ในระบบพิกัดเดียวกันและผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นให้มีค่า DN ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง และขั้นตอนต่อไปของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่จะกล่าวถึงในบทนี้ คือ การสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีการนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing) การหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม (Optimal Thresholding) และการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน โดยสรุปขั้นตอนได้ดังแผนผังต่อไปนี้ (รูปที่ 4.1)



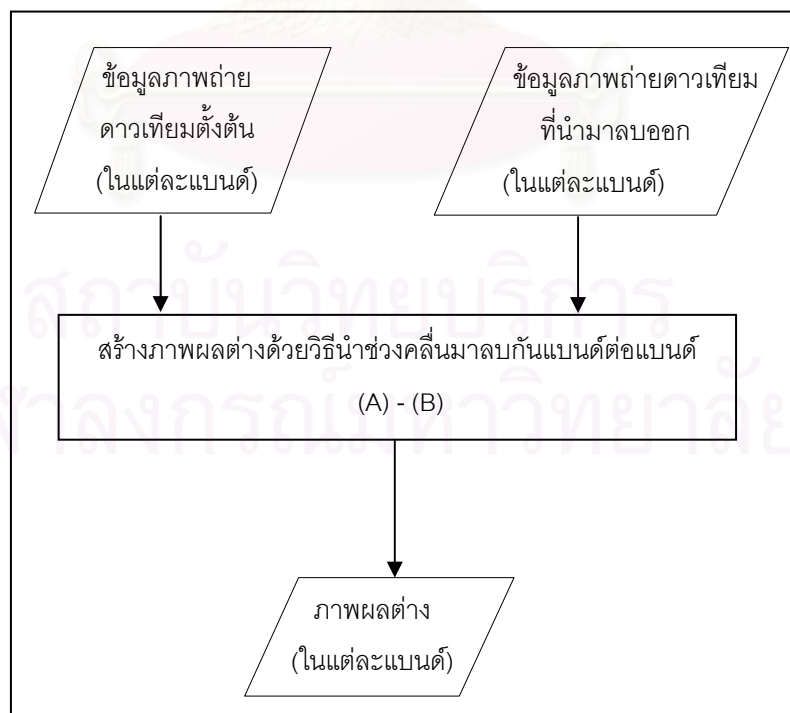
รูปที่ 4.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างภาพผลต่าง การหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม และการประเมินความถูกต้อง

4.1 การสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Image Differencing)

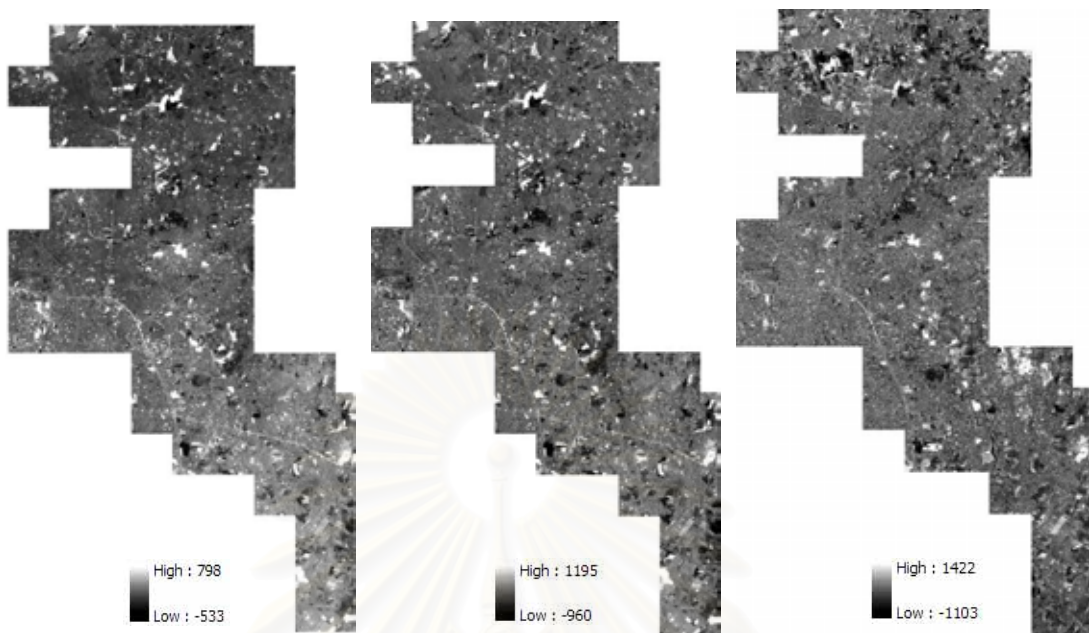
การสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกันจุดภาพต่อจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาโดยใช้ฟังก์ชัน Spatial Modeler ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 สร้างแบบจำลองสำหรับการสร้างภาพผลต่างด้วยการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลามาลบกันแบนด์ต่อแบนด์ดังรูปที่ 4.2 และกำหนดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งต้นและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาลบออกดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาที่นำมาสร้างภาพผลต่าง

พื้นที่ศึกษา	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตั้งต้น	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาลบออก (ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น)	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาลบออก (ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น)
จ.เชียงใหม่	30 มีนาคม พ.ศ.2547	19 มีนาคม พ.ศ.2548	19 มีนาคม พ.ศ.2548
จ.สงขลา	18 เมษายน พ.ศ.2548	27 พฤษภาคม พ.ศ.2549	27 พฤษภาคม พ.ศ.2549
กรุงเทพฯและปริมณฑล	26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2547	26 มกราคม พ.ศ.2549	26 มกราคม พ.ศ.2549



รูปที่ 4.2 แบบจำลองสำหรับการสร้างภาพผลต่างด้วยวิธีนำช่วงคลื่นมาลบกัน



ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่)



ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

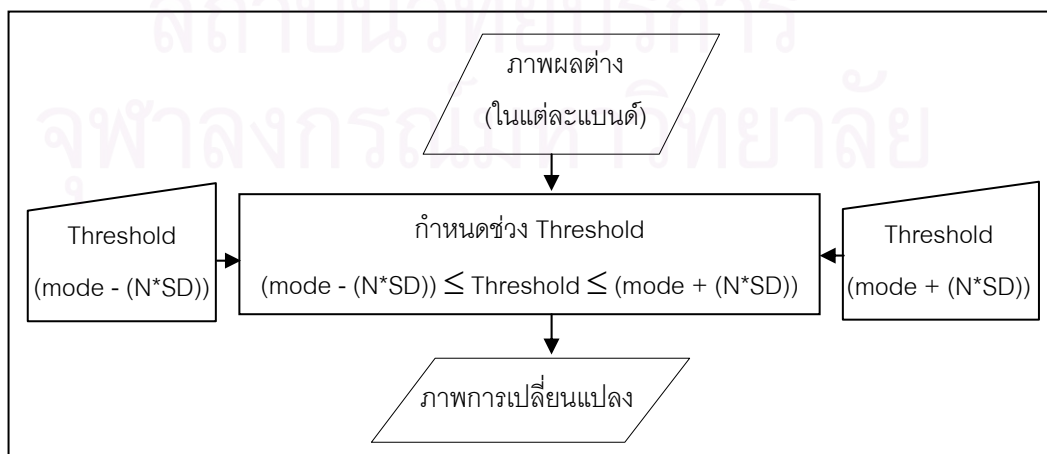
ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่)

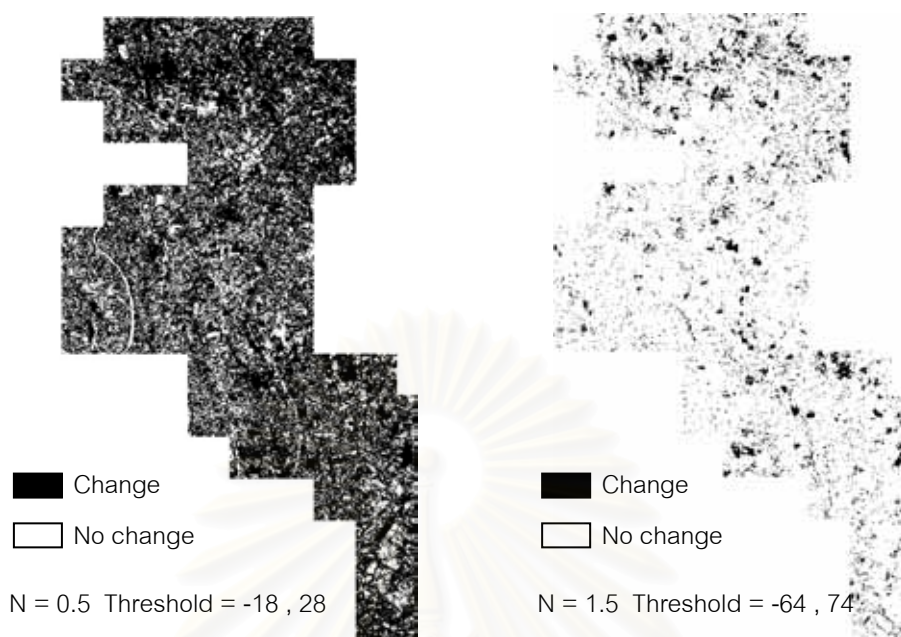
4.2 การหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม(Optimal Thresholding)

จากข้อมูลภาพผลต่างที่ได้จะพบว่ามีจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินปรากฏอยู่มากมาย ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมเหล่านี้อาจจะมีการหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้นจริงก็เป็นไปได้ ดังนั้นจึงต้องมีการหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม ทำได้โดยการสร้างภาพการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ฟังก์ชัน Spatial Modeler ในโปรแกรมประมวลผลภาพ ERDAS IMAGINE 9.1 สร้างแบบจำลองสำหรับสร้างภาพการเปลี่ยนแปลงขึ้น (รูปที่ 4.5) โดยนำข้อมูลภาพผลต่างที่ได้จากขั้นตอนในข้อ 4.1 มาทำให้เป็นภาพการเปลี่ยนแปลงด้วยการกำหนดค่า Threshold ที่ใช้จำแนกข้อมูลจุดภาพออกเป็น 2 ประเภท คือ จุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (change = 1) และจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (no change = 0) การกำหนดค่า Threshold ให้กับภาพผลต่างแต่ละครั้งจะทำให้ได้ภาพการเปลี่ยนแปลงใหม่รอบละ 1 ภาพ

ค่า Threshold ที่ใช้ในการวนซ้ำในแต่ละรอบมีค่าเท่ากับค่าฐานนิยม (Mode) ของข้อมูลภาพผลต่าง $\pm N$ เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลภาพผลต่าง(SD) โดยให้ค่า N เริ่มต้นตั้งแต่ 0.1 และเพิ่มค่ารอบละ 0.1 ไปเรื่อยๆ จน N มีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นจะนำภาพการเปลี่ยนแปลงที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลข้อเท็จจริงที่ได้จากการออกภาคสนาม และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงชนิดภาพ Panchromatic โดยค่า Threshold ที่ให้ภาพการเปลี่ยนแปลงมีค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) มากที่สุด ถือว่าเป็นค่า Optimal Threshold สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องจะได้กล่าวในขั้นตอนที่ 4.3 การประเมินความถูกต้องต่อไป สำหรับค่าฐานนิยม (Mode) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลภาพผลต่างที่ใช้ในการกำหนดค่า Threshold ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.5 แบบจำลองสำหรับการสร้างภาพการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างภาพการเปลี่ยนแปลงแบนด์สีแดง พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่

ตารางที่ 4.2 ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พื้นที่ จ.เชียงใหม่

วิธี	แบนด์สีเขียว			แบนด์สีแดง			แบนด์อินฟราเรดใกล้		
	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode
NN	29.542	-66.167	-77	48.271	-64.636	-69	84.565	-44.222	-49
HM	26.037	-2.24	-9	46.485	-2.533	-6	84.985	-3.645	-1
SR	24.784	5.834	2	45.868	4.572	5	87.818	-2.369	-4
PIF	35.220	-1.431	-14	49.623	-2.156	-9	81.983	3.124	8
DB	25.901	-2.916	-10	49.685	-5.817	-13	88.869	12.197	11
NC	32.960	-0.367	-14	55.296	-0.668	-16	96.754	-0.677	-15

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พื้นที่ จ. สงขลา

วิธี	แบนด์สีเขียว			แบนด์สีแดง			แบนด์อินฟราเรดใกล้		
	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode
NN	124.017	21.01	39	136.369	-24.377	17	196.910	163.796	164
HM	134.387	-3.934	-14	147.210	-2.948	-10	184.789	-3.67	11
SR	142.797	21.288	-1	153.320	-20.834	-31	241.357	223.844	227
PIF	123.117	-16.781	19	137.160	-4.093	68	193.189	137.464	117
DB	124.199	-8.235	8	135.939	-7.470	46	152.480	5.281	10
NC	124.523	-0.651	17	140.530	-0.473	17	201.605	-0.104	11

ตารางที่ 4.4 ค่าสถิติของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
แต่ละวิธี พื้นที่ กรุงเทพฯและปริมณฑล

วิธี	แบนด์สีเขียว			แบนด์สีแดง			แบนด์อินฟราเรดใกล้		
	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode	SD	Mean	Mode
NN	97.254	152.532	171	88.307	95.200	117	122.998	94.089	115
HM	109.301	-4.285	-6	99.859	-3.685	-8	140.741	-3.49	-13
SR	102.644	55.395	48	93.352	43.515	42	128.749	45.745	36
PIF	103.959	39.206	78	95.130	42.409	93	127.128	-30.149	-5
DB	104.413	8.124	1	91.393	6.725	11	132.980	-12.895	-25
NC	98.855	-0.677	27	89.758	-0.677	34	123.046	-0.713	20

หมายเหตุ NN คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (Non-Normalization)

4.3 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน

การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากขั้นตอนในข้อ 4.2 ว่าตรงกับข้อมูลข้อเท็จจริงมากน้อยเพียงใด

การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดตำแหน่งที่คาดว่าจะมีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น (รูปที่ 4.7) เพื่อใช้เป็นจุดตรวจสอบสำหรับการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน และจำแนกประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินของจุดตรวจสอบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิด โดยการตรวจหาและจำแนกด้วยสายตาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงชนิด Panchromatic สองช่วงเวลา ซึ่งจำนวนจุดที่คาดว่าจะมีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละพื้นที่ศึกษา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.3



ก) จ.เชียงใหม่

ข) กรุงเทพฯและปริมณฑล



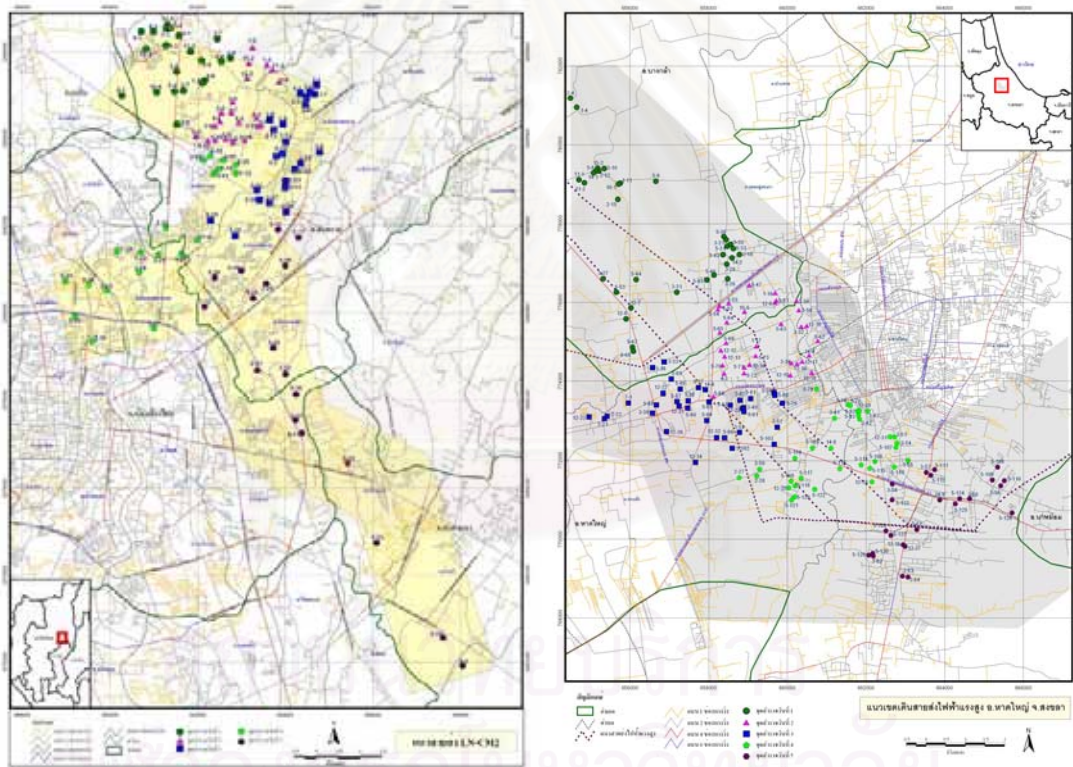
ค) สงขลา

- ▲ ตำแหน่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น
- ตำแหน่งที่คาดว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น

รูปที่ 4.7 ตำแหน่งที่คาดว่าจะมีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้น

2) การสำรวจข้อเท็จจริงในสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของจุดตรวจสอบที่ได้จากข้อ
 1) ว่ามีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้นจริงหรือไม่และประเภทสิ่งปกคลุมดินในปัจจุบันนี้คือ
 อะไร ตรงกับประเภทสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงชนิด
 Panchromatic ที่เป็นภาพปีล่าสุดของข้อมูลภาพถ่ายที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา (ตารางที่ 1.2) หรือไม่

โดยในการสำรวจข้อเท็จจริงในสนามจะใช้แผนที่แสดงจุดตรวจสอบและเส้นทางคมนาคม
 ประกอบกับแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมสีผสมจริงที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรม ArcGIS version 9.2 (รูป
 ที่ 4.8) และใช้เครื่อง GPS แบบมือถือที่มีความถูกต้องทางตำแหน่ง 10-15 เมตร ในการค้นหาและ
 นำทางเข้าสู่ตำแหน่งจุดตรวจสอบ จากนั้นถ่ายภาพและบันทึกรายละเอียดชนิดของสิ่งปกคลุมดินที่
 พบ



ก) จ.เชียงใหม่

ข) จ.สงขลา

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างแผนที่แสดงตำแหน่งจุดตรวจสอบและเส้นทางคมนาคมที่ใช้ในงานออกภาคสนาม

3) การตรวจสอบความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงกับจุดตรวจสอบที่เป็นข้อมูล
 ข้อเท็จจริงที่ได้จากการออกภาคสนาม เพื่อหาว่าภาพการเปลี่ยนแปลงใดมีความถูกต้องทั้งหมด

(Overall Accuracy) สูงสุด ซึ่งภาพการเปลี่ยนแปลงที่มีความถูกต้องสูงสุดนี้จะนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินต่อไป

ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงกับจุดตรวจสอบมีดังนี้

3.1) แปลงภาพการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละค่า Threshold ที่ได้จากขั้นตอนในข้อ 4.2 จากรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ให้เป็นข้อมูลเวกเตอร์ โดยใช้ฟังก์ชัน Raster to Polygon ในโปรแกรม ArcGIS version 9.2 ซึ่งเหตุที่ต้องทำการแปลงภาพการเปลี่ยนแปลงให้เป็นข้อมูลเวกเตอร์เนื่องจากข้อมูลข้อเท็จจริงที่ใช้เป็นจุดตรวจสอบความถูกต้องนั้นเป็นข้อมูลเวกเตอร์ จากนั้นใช้ฟังก์ชัน Spatial join ทำการรวมข้อมูลภาพการเปลี่ยนแปลงที่ได้ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลเวกเตอร์แล้วให้ซ้อนทับกับข้อมูลจุดตรวจสอบ และตรวจสอบความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงที่ได้กับข้อมูลจุดตรวจสอบว่าถูกต้องตรงกันหรือไม่ โดยการสอบถามข้อมูล (Query) ตามเงื่อนไขที่แบ่งออกเป็น 4 กรณีตามเมตริกซ์ความผิดพลาดของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (รูปที่ 2.1) ดังนี้

1. กรณีที่ 1 Change --> Change (a)

คำสั่งที่ใช้ คือ "TYPE" = 'change' AND "GRIDCODE" = 1

หมายถึง จุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มข้อมูลอ้างอิงและกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

2. กรณีที่ 2 No change --> No change (c)

คำสั่งที่ใช้ คือ "TYPE" = 'no change' AND "GRIDCODE" = 0

หมายถึง จุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มข้อมูลอ้างอิงและกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

3. กรณีที่ 3 Change --> No change (b)

คำสั่งที่ใช้ คือ "TYPE" = 'Change' AND "GRIDCODE" = 0

หมายถึง จุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลอ้างอิง แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

4. กรณีที่ 4 No change --> Change (d)

คำสั่งที่ใช้ คือ "TYPE" = 'no change' AND "GRIDCODE" = 1

หมายถึง จุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูล
อ้างอิง แต่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

โดย กลุ่มข้อมูลอ้างอิง คือ ข้อมูลข้อเท็จจริงที่ใช้เป็นจุดตรวจสอบ และ กลุ่มข้อมูล
ที่ได้จากการจำแนก คือ ภาพการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละค่า Threshold

3.2) นำค่าที่ได้จากข้อ 3.1) มาหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าความ
ผิดพลาด(Error) โดยการสร้างตารางและสูตรคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel ดัง
ตัวอย่างในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างการหาค่าความถูกต้องของภาพการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละค่า Threshold

แบนด์สีแดง sd = 45.868 mean = 4.572 mode = 5

พื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่	N					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Accuracy Indices						
change – change (a)	93	91	87	84	82	77
change - no change (b)	7	9	13	16	18	23
no change - no change (c)	9	13	22	27	35	39
no change - change (d)	41	37	28	23	15	11
Accuracy (e)	102	104	109	111	117	116
Error (f)	48	46	41	39	33	34
Omission error (g)	7	9	13	16	18	23
%Omission error (h)	7	9	13	16	18	23
Commission error (i)	41	37	28	23	15	11
%Commission error (j)	41	37	28	23	15	11
%Overall accuracy (k)	68.00	69.33	72.67	74.00	78.00	77.33

ตารางที่ 4.6 สูตรคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel

รายการ	สูตรคำนวณใน Microsoft Excel
(a) (b) (c) (d)	ค่าที่ได้จากข้อ 3.1)
(e)	(a)+(c)
(f)	(b)+ (d)
(g)	(b)
(h)	((g) / ((a)+ (b)) * 100
(i)	(d)
(j)	((i) / ((a)+ (b)) * 100
(k)	(e) / ((a)+(b)+(c)+ (d))

เมื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของภาพการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละค่า Threshold จะได้ภาพการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าความถูกต้องสูงสุด โดยค่า Threshold ที่ให้ภาพการเปลี่ยนแปลงมีค่าความถูกต้องสูงสุด ถือว่าเป็นค่า Optimal Threshold (ตารางที่ 4.7) ซึ่งก็คือขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสมนั่นเอง และภาพการเปลี่ยนแปลงที่มีความถูกต้องสูงสุดนี้จะนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินต่อไป

ตารางที่ 4.7 ค่า Optimal Threshold ของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

พื้นที่ศึกษา	แบนด์	Optimal Threshold (+/- mode)					
		NN	HM	SR	PIF	DB	NC
จ.เชียงใหม่	Green	50.221	23.433	17.349	35.220	23.311	36.256
	Red	33.790	27.891	22.934	34.736	34.778	33.178
	NIR	59.196	42.493	61.473	24.595	62.208	58.052
จ.สงขลา	Green	111.615	13.487	28.559	86.182	111.779	49.809
	Red	68.185	14.721	15.332	54.864	81.563	98.371
	NIR	39.382	18.479	24.136	19.319	15.248	40.321
กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	Green	9.725	10.930	10.644	10.396	9.139	5.929
	Red	8.831	9.986	9.335	9.513	10.441	8.976
	NIR	12.300	14.074	12.848	12.713	26.596	12.305

หมายเหตุ NN คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (Non-Normalization)

บทที่ 5

ผลการศึกษา

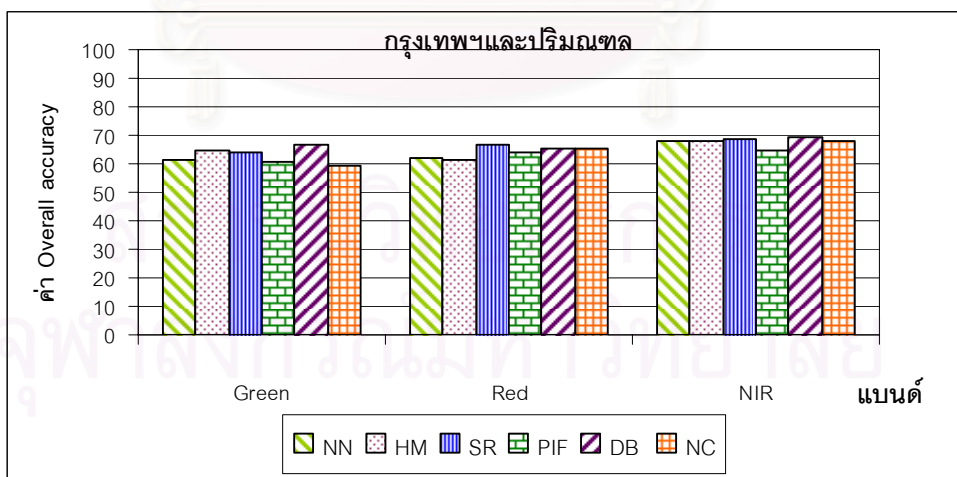
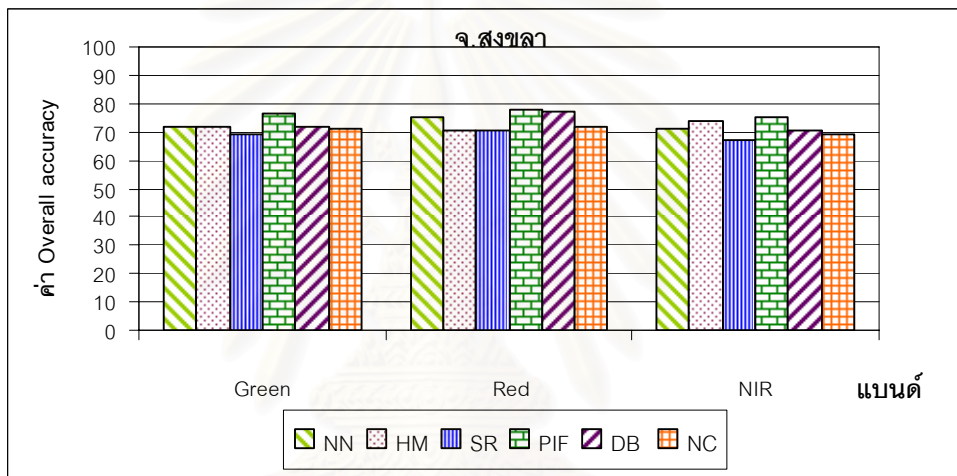
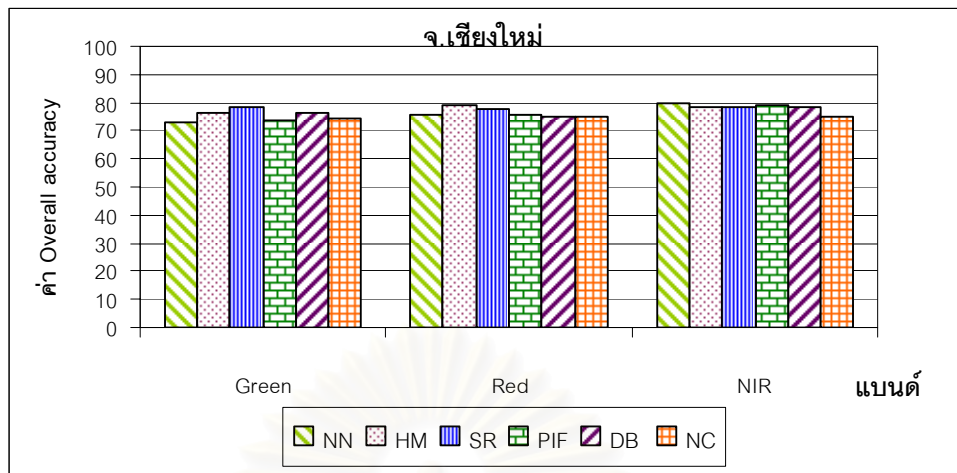
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลการประเมินความถูกต้องของข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น (Non-Normalization : NN) และแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท

5.1 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแบบรวมทั้งหมด

จากการหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่เหมาะสม (Optimal Threshold) ของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี จะได้ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ในแต่ละพื้นที่ศึกษาดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ที่ค่า Optimal Threshold เมื่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

พื้นที่ศึกษา	แบนด์	ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy)					
		NN	HM	SR	PIF	DB	NC
จ.เชียงใหม่	Green	72.67	76.67	<u>78.67</u>	73.33	76.67	74.00
	Red	76.00	<u>79.33</u>	78.00	76.00	75.33	<u>74.67</u>
	NIR	<u>80.00</u>	78.67	<u>78.67</u>	<u>79.33</u>	<u>78.67</u>	<u>74.67</u>
จ.สงขลา	Green	71.49	71.95	69.23	76.47	71.49	71.04
	Red	<u>75.11</u>	70.59	<u>70.14</u>	<u>77.83</u>	<u>77.38</u>	<u>71.95</u>
	NIR	71.04	<u>73.76</u>	67.42	75.11	70.59	69.23
กรุงเทพฯและปริมณฑล	Green	61.66	64.82	64.03	60.47	66.40	59.29
	Red	62.06	61.66	66.40	64.03	65.22	65.22
	NIR	<u>67.98</u>	<u>67.98</u>	<u>68.77</u>	<u>64.43</u>	<u>69.57</u>	<u>67.98</u>



รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) เมื่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 5.2 ค่าต่างของค่าความถูกต้องทั้งหมดระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	แบนด์	ค่าต่างร้อยละของค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy)				
		HM	SR	PIF	DB	NC
จ.เชียงใหม่	Green	4.00	6.00	0.66	4.00	1.33
	Red	3.33	2.00	0.00	-0.67	-1.33
	NIR	-1.33	-1.33	-0.67	-1.33	-5.33
จ.สงขลา	Green	0.46	-2.26	4.98	0.00	-0.45
	Red	-4.52	-4.97	2.72	2.27	-3.16
	NIR	2.72	-3.62	4.07	-0.45	-1.81
กรุงเทพฯและปริมณฑล	Green	3.16	2.37	-1.19	4.74	-2.37
	Red	-0.40	4.34	1.97	3.16	3.16
	NIR	0.00	0.79	-3.55	1.59	0.00

เมื่อพิจารณาจากค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละพื้นที่ศึกษา จากตารางที่ 5.1-ตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1 พบว่า

พื้นที่ จ.เชียงใหม่ ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ในทุกแบนด์มีค่าความถูกต้องทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 74.00-79.33 ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่า ความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นที่มีค่า ความถูกต้องทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 72.67 - 80.00 ยกเว้นแบนด์อินฟราเรดใกล้ที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นทุกวิธีน้อยกว่าค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นซึ่งมีค่าความถูกต้องทั้งหมดร้อยละ 80.00 โดยเฉพาะวิธี NC ที่มีค่าความถูกต้องน้อยกว่า ถึงร้อยละ 5.33 และวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับแบนด์สีเขียว คือ วิธี SR ซึ่งมีค่าความถูกต้องทั้งหมด ร้อยละ 78.67 และแบนด์สีแดง คือ วิธี HM ซึ่งมีค่าความถูกต้องทั้งหมด ร้อยละ 79.33

พื้นที่ จ.สงขลา ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ในทุกแบนด์มีค่าความถูกต้องทั้งหมด อยู่ในช่วงร้อยละ 69.23-77.83 ซึ่งมีทั้งค่าที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมด ร้อยละ 71.79 (แบนด์สีเขียว) ร้อยละ 75.11 (แบนด์สีแดง) และร้อยละ 71.01 (แบนด์อินฟราเรดใกล้) โดยภาพผลต่างทุกแบนด์ที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR และวิธี NC นั้นมีค่าความถูกต้องทั้งหมดน้อยกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นที่มีค่าน้อยกว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.45-4.97 และวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับภาพผลต่างทุกแบนด์ คือ วิธี PIF โดยมีค่าความถูกต้องทั้งหมดแบนด์สีเขียว ร้อยละ 76.47 แบนด์สีแดง ร้อยละ 77.83 และแบนด์อินฟราเรดใกล้ ร้อยละ 75.11

พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ในทุกแบนด์มีค่าความถูกต้องทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 59.23-69.57 ซึ่งส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นความถูกต้องทั้งหมด ร้อยละ 61.66 (แบนด์สีเขียว) ร้อยละ 62.06 (แบนด์สีแดง) และร้อยละ 67.98 (แบนด์อินฟราเรดใกล้) ยกเว้นภาพผลต่างแบนด์สีเขียวที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF และวิธี NC ภาพผลต่างแบนด์สีแดงที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM และภาพผลต่างแบนด์อินฟราเรดใกล้ที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF ที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมดน้อยกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นร้อยละ 1.19 ร้อยละ 2.37 ร้อยละ 0.40 และร้อยละ 3.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 5.2) และวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับแบนด์สีเขียวและแบนด์อินฟราเรดใกล้ คือ วิธี DB และแบนด์สีแดง คือ วิธี SR โดยมีค่าความถูกต้องทั้งหมด ร้อยละ 66.40 ร้อยละ 69.57 และร้อยละ 66.40 ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาถึงแบนด์ที่ให้ค่าความถูกต้องทั้งหมดของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินตามตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในทุกพื้นที่ศึกษานั้นแบนด์ที่ให้ค่าความถูกต้องทั้งหมดสูงที่สุด คือ แบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ เนื่องมาจากแบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ นั้นมีการกระจัด

กระจายของพลังงานในชั้นบรรยากาศน้อยและมีคุณสมบัติในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะแบนดิอินฟราเรดใกล้

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่าผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีให้ค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงกันและผลที่ได้มีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องตามหลักทฤษฎีที่ว่า ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นควรให้ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมที่ดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นอาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้

1) การที่ค่าความถูกต้องทั้งหมดระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นมีค่าใกล้เคียงกันอาจเนื่องมาจากสภาพชั้นบรรยากาศในบริเวณพื้นที่ศึกษาอาจจะแตกต่างกันไม่มากนักทำให้ไม่มีผลต่อการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินจากภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้และไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น เช่น ในงานวิจัยนี้ ในกรณีของพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่ ที่มีวันที่ทำการบันทึกข้อมูลภาพครบรอบปีของปี ที่ต่างกันเพียง 11 วัน เป็นต้น

2) สำหรับค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 พื้นที่จะพบว่า พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑลมีค่าความถูกต้องทั้งหมดที่น้อยกว่าร้อยละ 70 และเป็นค่าที่น้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังมีการเหลื่อมของจุดภาพที่ไม่ตรงกันอยู่ในบางส่วนของข้อมูลภาพซึ่งมีผลกระทบต่อ การปรับแก้เชิงคลื่นที่ต้องใช้จุดภาพที่มีตำแหน่งตรงกันทั้งสองภาพ เช่น วิธี HM และการนำภาพมาลบกันได้ นอกจากนี้ความละเอียดของจุดภาพที่ต่างกันเนื่องจากแต่ละพื้นที่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมต่างกัน คือ พื้นที่ จ.เชียงใหม่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ที่มีความละเอียดของจุดภาพ 4 เมตร และพื้นที่ จ.สงขลาและกรุงเทพฯและปริมณฑล ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD ที่มีความละเอียดของจุดภาพ 2.44 เมตร อาจส่งผลกระทบต่อ การรีจิสเตอร์ภาพและการประเมินความถูกต้องได้

3) จำนวนจุดตรวจสอบที่ใช้ประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแต่ละพื้นที่มีจำนวนที่แตกต่างกัน โดยแต่ละพื้นที่มีจำนวนจุดตรวจสอบ คือ จ.เชียงใหม่ จำนวน 150 จุด จ.สงขลา จำนวน 221 จุด และกรุงเทพฯและปริมณฑลจำนวน 253 จุด และอาจมี

ความลำเอียง(Bias)ในการเลือกจุดตรวจสอบที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินและจำแนกประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินบางประเภทด้วยสายตา ซึ่งอาจทำให้จุดตรวจสอบที่ได้ไม่ครอบคลุมประเภทการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาที่ใช้ซึ่งมีผลต่อการประเมินความถูกต้องได้เช่นกัน

4) ค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีในแต่ละพื้นที่ที่มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่นั้นแตกต่างกันและบางวิธีอาจให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้ น่าจะมีสาเหตุจากลักษณะสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันซึ่งการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละวิธีอาจเหมาะสมสำหรับพื้นที่หนึ่งแต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับอีกพื้นที่หนึ่งได้ เช่น การปรับแก้เชิงคลื่นวิธี NC ที่เหมาะกับการนำไปใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นแหล่งน้ำอยู่ด้วยในสัดส่วนที่มากพอสมควรเมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด ดังจะเห็นว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ จ. เชียงใหม่ และ จ. สงขลา มีพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำอยู่น้อย จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ดี หรือการปรับแก้เชิงคลื่นวิธี PIF ที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีสิ่งปกคลุมดินที่ส่วนใหญ่เป็นพืช ดังจะเห็นว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ จ. สงขลาซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นสวนยางและพืชอื่นๆ การปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีนี้จึงให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เป็นต้น

5) การประเมินค่าความถูกต้องโดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องทั้งหมดเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอเนื่องจากความสามารถในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินชนิดหนึ่งอาจตรวจพบด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์หนึ่งแต่อาจตรวจไม่พบในอีกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอีกแบนด์หนึ่งก็เป็นได้ การพิจารณาค่าความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทจะช่วยให้การประเมินความถูกต้องนั้นดียิ่งขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปในหัวข้อที่ 5.2

5.2 การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลง

การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงจะพิจารณาจากค่าความถูกต้องผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

สำหรับจุดตรวจสอบที่ใช้ในการประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลง แบ่งออกเป็น 14 ประเภท ซึ่งได้จากการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาและครอบคลุมทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่ปรากฏในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 จำนวนจุดตรวจสอบและประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน	จำนวน (จุด)		
	จ.เชียงใหม่	จ.สงขลา	กรุงเทพฯ และปริมณฑล
ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน	50	63	78
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	12	8	6
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	16	6	4
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	28	31	72
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	3	1	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	32	76	60
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	1	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	1	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	4	1	1
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	3	2	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	24	14
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	1	6	13
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	2	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	2
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	3
รวม	150	221	253

และสำหรับค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น มีรายละเอียดดังตารางที่ 5.4 และค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี มีรายละเอียดดังตารางที่ 5.5 – ตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.4 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	50.00	66.67	75.00	87.50	87.50	100.00	100.00	100.00	83.33
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	93.75	93.75	100.00	100.00	100.00	100.00	75.00	100.00	100.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	75.00	85.71	64.29	64.52	77.42	80.65	84.72	86.11	93.06
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	66.67	33.33	100.00	100.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	43.75	62.50	68.75	73.68	85.53	94.74	91.67	88.33	91.67
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	0.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	70.83	87.50	75.00	85.71	92.86	92.86
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	66.67	83.33	83.33	84.62	84.62	84.62
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	50.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	0.00	50.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 5.5 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
ด้วยวิธี HM

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	83.33	75.00	75.00	100.00	100.00	87.50	100.00	83.33	100.00
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	93.75	93.75	100.00	100.00	100.00	83.33	100.00	75.00	100.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	85.71	82.14	64.29	100.00	96.77	93.55	81.94	79.17	97.22
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	66.67	100.00	100.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	59.38	71.88	78.13	97.37	94.74	100.00	83.33	80.00	96.67
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	95.83	91.67	91.67	100.00	78.57	71.43
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	83.33	83.33	100.00	92.31	84.62	84.62
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	100.00	66.67	66.67

ตารางที่ 5.6 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
ด้วยวิธี SR

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	75.00	66.67	75.00	100.00	100.00	100.00	83.33	83.33	100.00
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	93.75	93.75	100.00	100.00	100.00	83.33	100.00	75.00	100.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	92.86	85.71	60.71	93.55	100.00	93.55	88.89	80.56	87.50
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	33.33	100.00	100.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	68.75	78.13	68.75	92.11	97.37	97.37	86.67	81.67	93.33
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	87.50	95.83	87.50	78.57	85.71	100.00
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	83.33	83.33	83.33	92.31	76.92	92.31
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	50.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	50.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	66.67	66.67	66.67

ตารางที่ 5.7 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
ด้วยวิธี PIF

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	66.67	66.67	100.00	87.50	87.50	100.00	83.33	83.33	83.33
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	93.75	100.00	100.00	100.00	100.00	75.00	75.00	75.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	89.29	85.71	71.43	67.74	77.42	100.00	84.72	93.06	88.89
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	66.67	100.00	0.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	59.38	62.50	90.63	84.21	93.42	97.37	86.67	86.67	85.00
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	0.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	83.33	83.33	87.50	92.86	85.71	78.57
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	66.67	83.33	100.00	92.31	84.62	100.00
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	50.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00

ตารางที่ 5.8 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
ด้วยวิธี DB

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	75.00	66.67	75.00	87.50	87.50	100.00	83.33	100.00	100.00
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	93.75	93.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	75.00	75.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	89.29	85.71	60.71	64.52	70.97	96.77	88.89	84.72	86.11
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	33.33	100.00	100.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	59.38	62.50	68.75	73.68	85.53	96.05	86.67	86.67	81.67
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	0.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	70.83	79.17	95.83	78.57	85.71	64.29
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	66.67	83.33	100.00	92.31	84.62	92.31
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	50.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	66.67	66.67	66.67

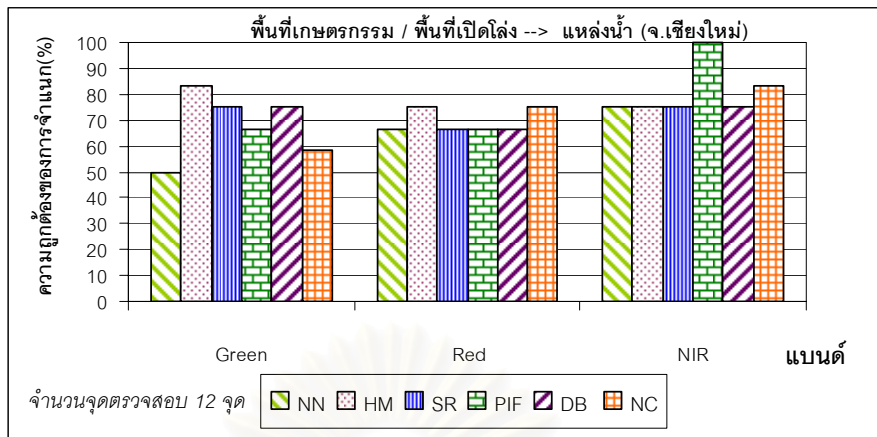
ตารางที่ 5.9 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
ด้วยวิธี NC

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	58.33	75.00	83.33	100.00	87.50	100.00	100.00	83.33	83.33
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	75.00	75.00	100.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	89.29	92.86	71.43	80.65	80.65	80.65	79.17	94.44	91.67
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	66.67	100.00	100.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	59.38	62.50	59.38	88.16	78.95	93.42	88.33	86.67	93.33
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	100.00	50.00	100.00			
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	83.33	75.00	83.33	85.71	100.00	92.86
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	83.33	66.67	83.33	76.92	84.62	84.62
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	50.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00	100.00

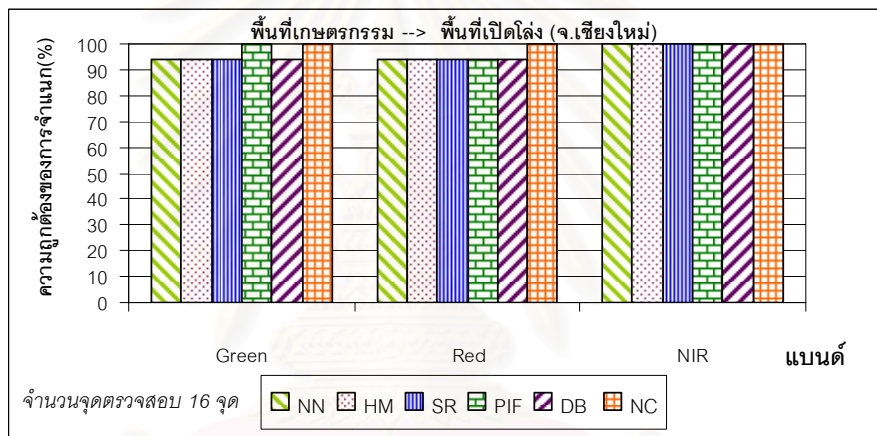
เมื่อพิจารณาจากค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในแต่ละพื้นที่ศึกษา จากตารางที่ 5.4- ตารางที่ 5.9 พบว่า

พื้นที่ จ. เชียงใหม่ ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วส่วนใหญ่มีค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงและดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงและทุกแบนด์ (รูปที่ 5.2 – รูปที่ 5.10) โดยแบนด์สีเขียวค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าร้อยละ 80 มีอยู่ 3 ประเภทการเปลี่ยนแปลง คือ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่ง และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0 ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากนาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)และสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง สำหรับแบนด์สีแดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทที่มากกว่าร้อยละ 80 มีอยู่ 6 ประเภทการเปลี่ยนแปลง คือ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว) แหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่งและสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 50 ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (พืชล้มลุก) และในแบนด์อินฟราเรดใกล้ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทที่มากกว่าร้อยละ 80 มีอยู่ 4 ประเภทการเปลี่ยนแปลง คือ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว) แหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่งและสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 33.33 ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน

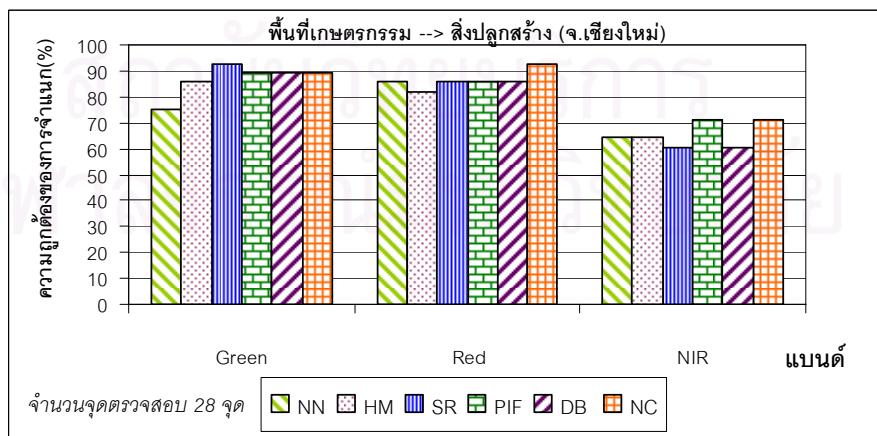
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



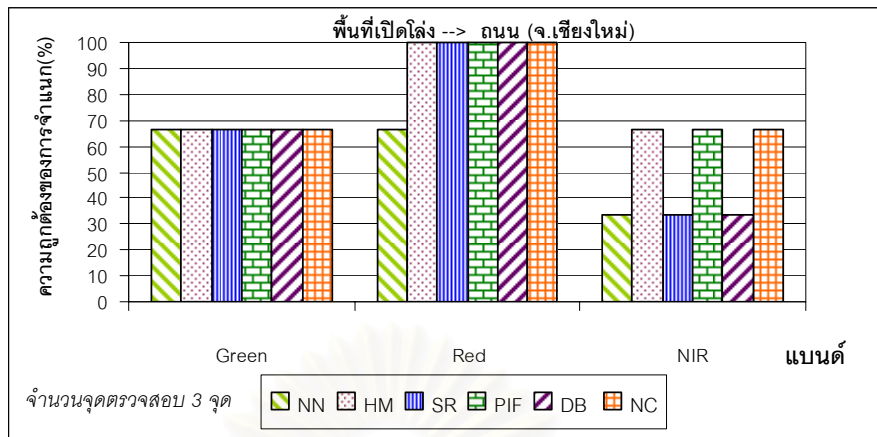
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่ จ.เชียงใหม่



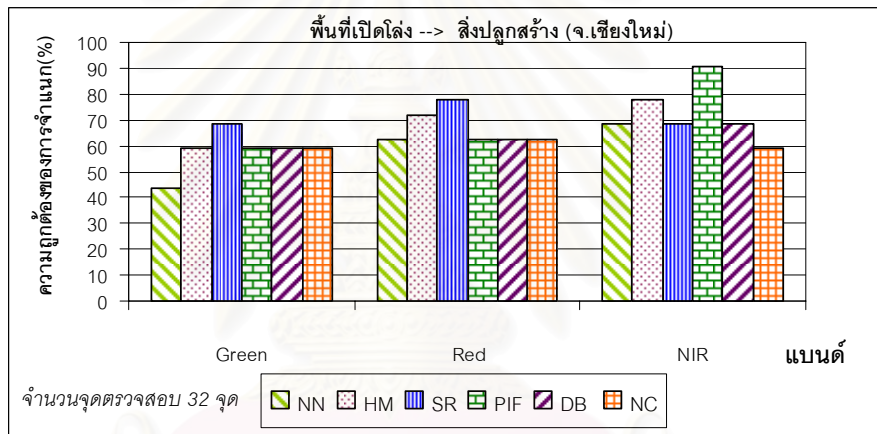
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ.เชียงใหม่



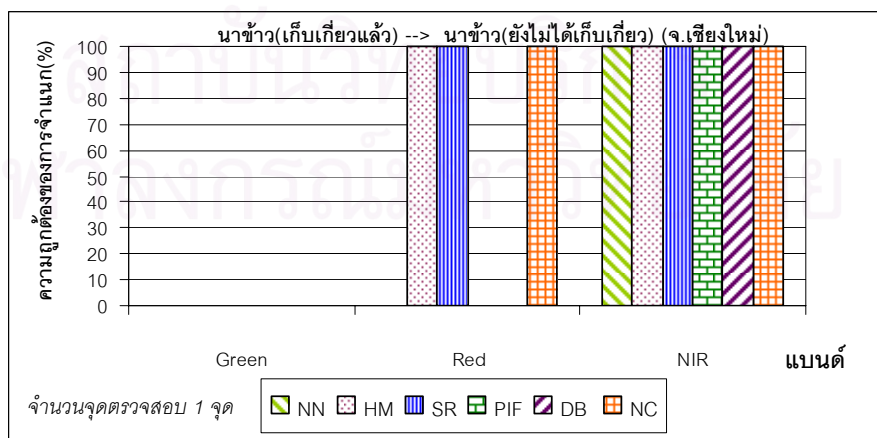
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ.เชียงใหม่



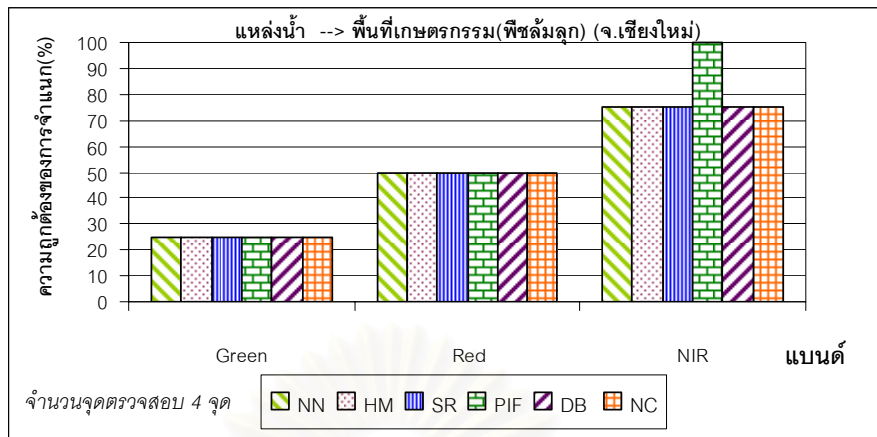
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พื้นที่ จ.เชียงใหม่



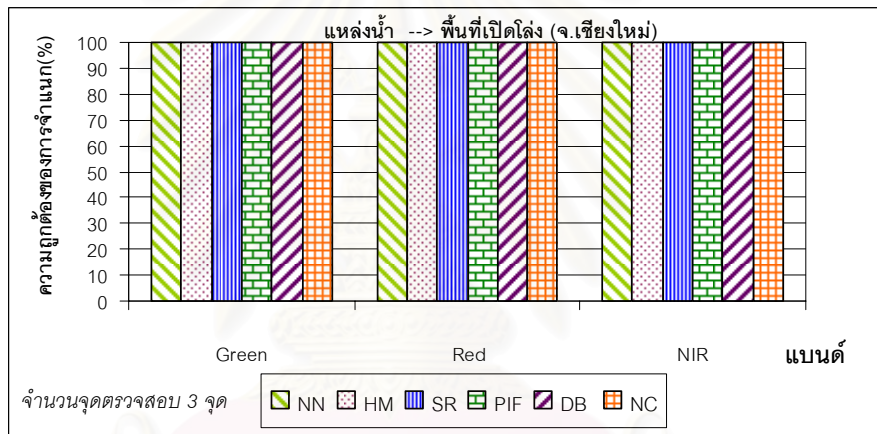
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ.เชียงใหม่



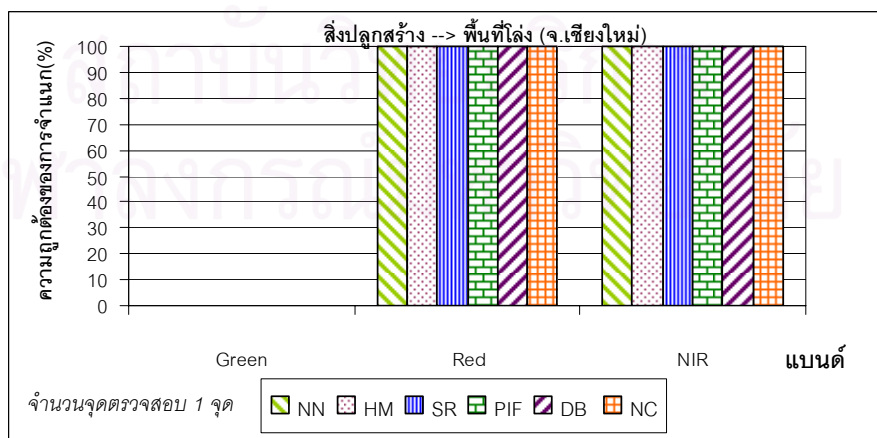
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว)เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว) พื้นที่ จ.เชียงใหม่



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก) พื้นที่ จ.เชียงใหม่

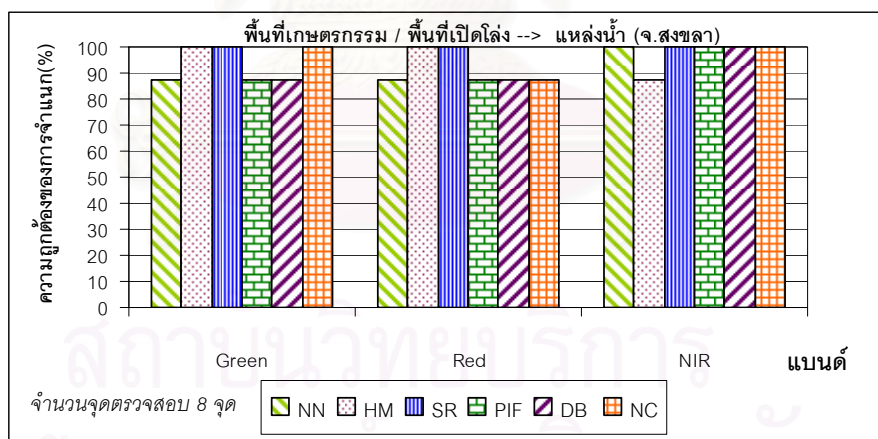


รูปที่ 5.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำ เป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

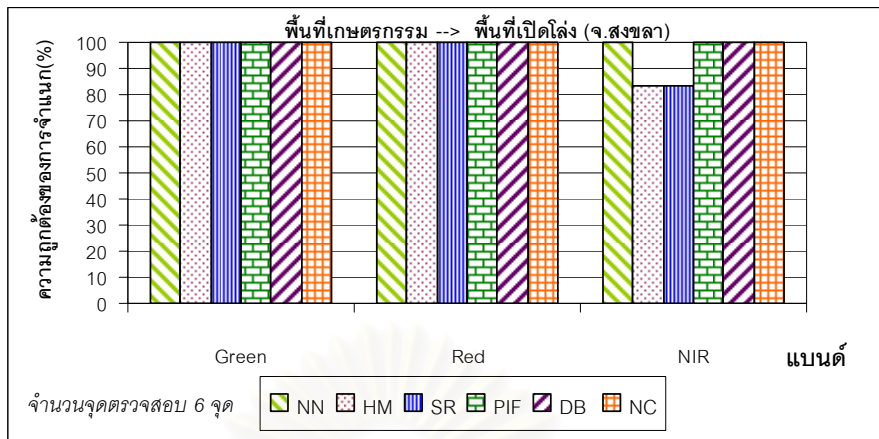


รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

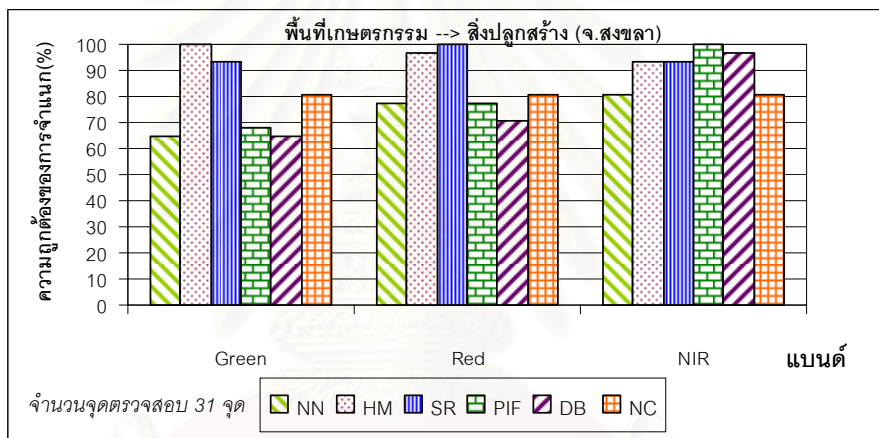
พื้นที่ จ.สงขลา ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วส่วนใหญ่มีค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงและดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงและทุกแบนด์ (รูปที่ 5.11 – รูปที่ 5.21) ยกเว้นแบนด์สีแดงในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งก่อสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งก่อสร้างที่มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วน้อยกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น และประเภทการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ในทุกแบนด์มี 5 ประเภทการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พื้นที่โล่งเป็นพืชสวน(ไม้ยืนต้น) และแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก) โดยแบนด์สีเขียวและสีแดงมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 50 ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่ง และในแบนด์อินฟราเรดใกล้มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 50 เช่นกัน ในประเภทการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน)เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม



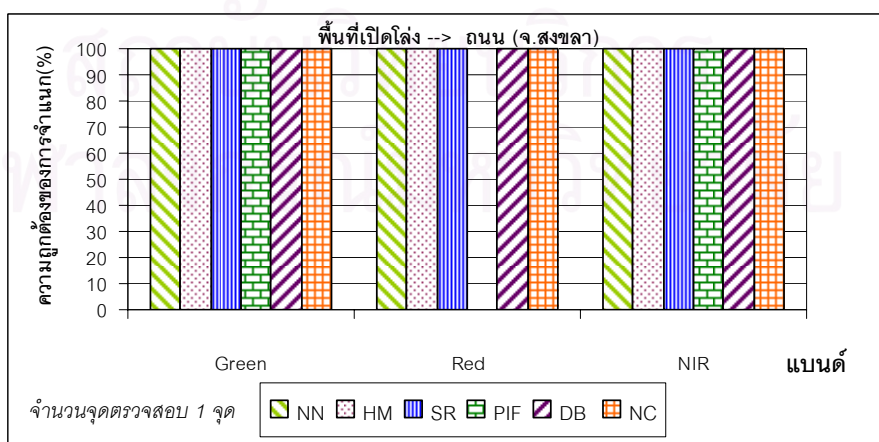
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่ จ.สงขลา



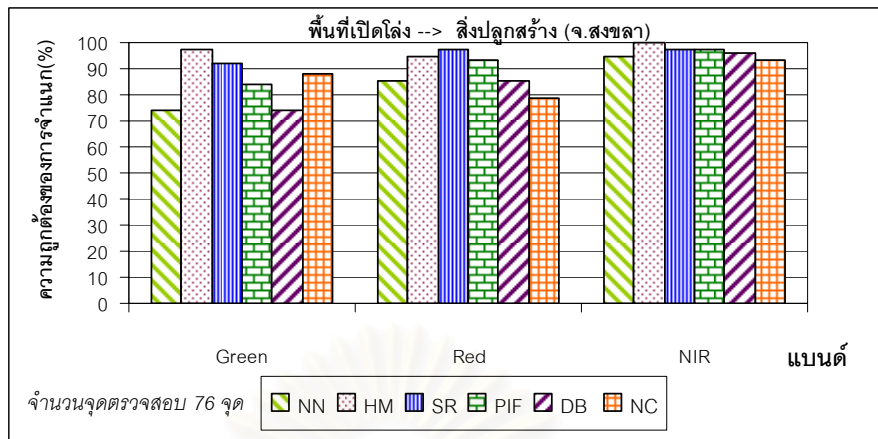
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ.สงขลา



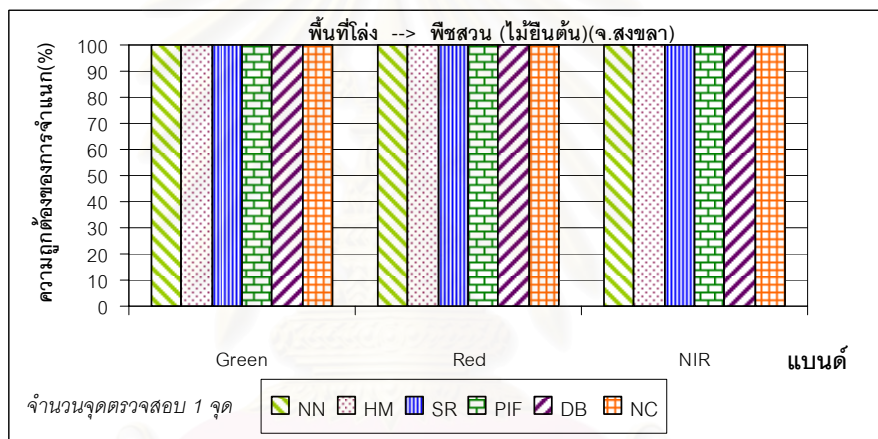
รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ.สงขลา



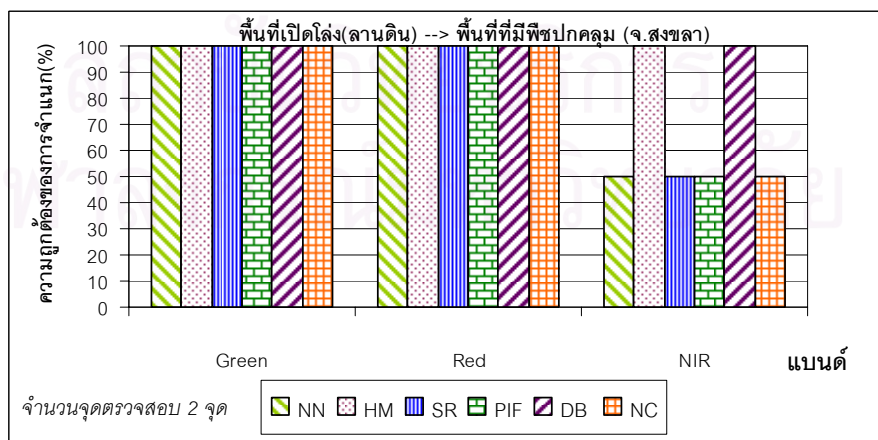
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พื้นที่ จ.สงขลา



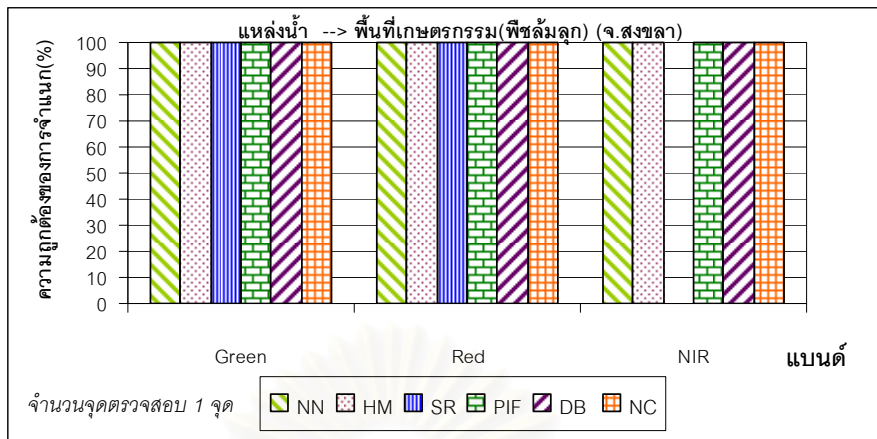
รูปที่ 5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ.สงขลา



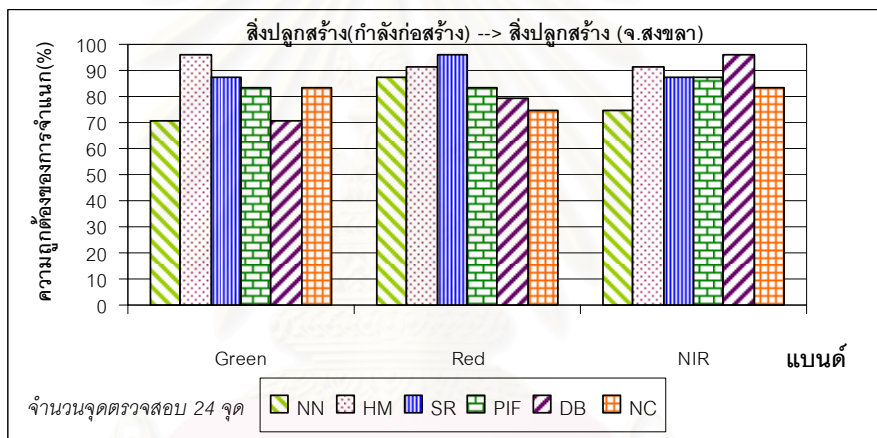
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่โล่งเป็นพืชสวน (ไม่ยืนต้น) พื้นที่ จ.สงขลา



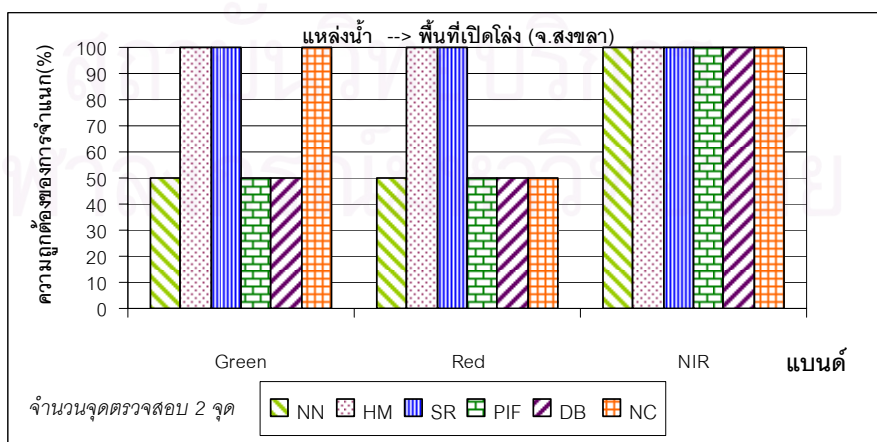
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน)เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พื้นที่ จ.สงขลา



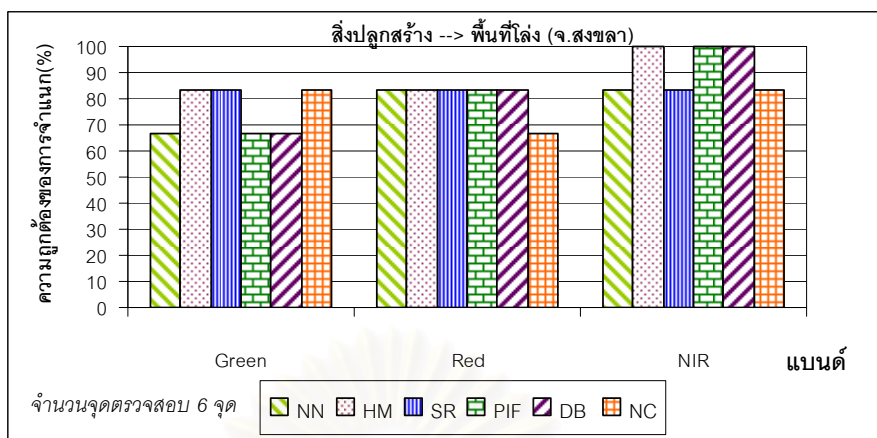
รูปที่ 5.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำ เป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก) พื้นที่ จ.สงขลา



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ จ.สงขลา

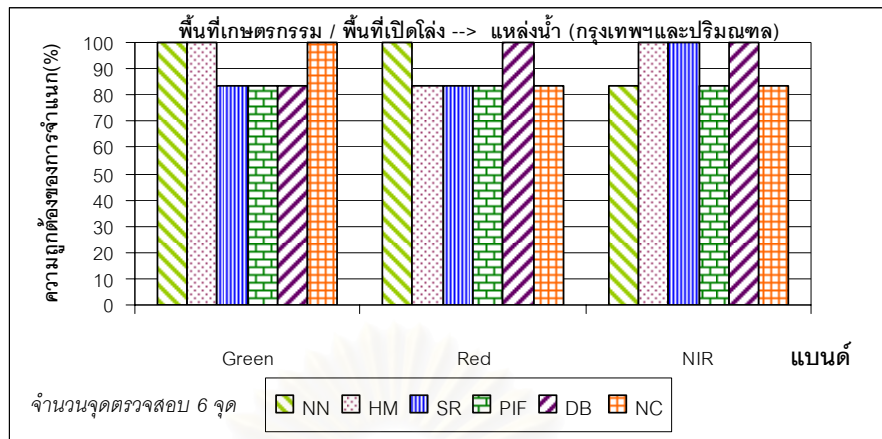


รูปที่ 5.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำ เป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ จ.สงขลา

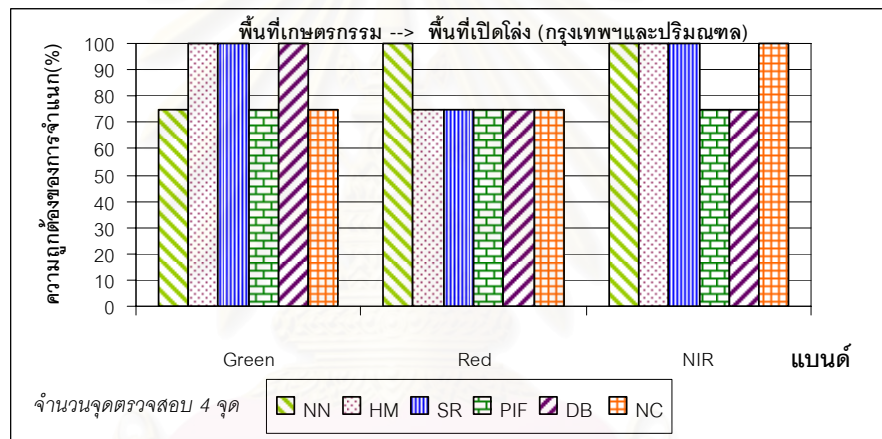


รูปที่ 5.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง พื้นที่ จ.สงขลา

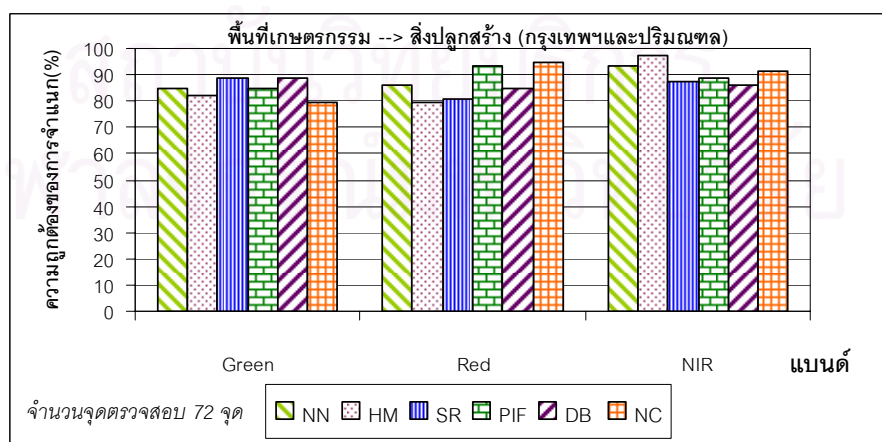
พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑลค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วส่วนใหญ่มีค่าความถูกต้องที่ใกล้เคียงและดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในทุกประเภทการเปลี่ยนแปลง (รูปที่ 5.22 – รูปที่ 5.30) ยกเว้นแบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ ในประเภทการเปลี่ยนแปลงประเภทสิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งปลูกสร้างและประเภทสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่ที่มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้วน้อยกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น และประเภทการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ในทุกแบนด์มี 5 ประเภทการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก) และสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง โดยแบนด์สีเขียวมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 50 ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นวิธี SR และวิธี DB ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากไม้ยืนต้นเป็นพื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก และในแบนด์สีแดง แบนด์อินฟราเรดใกล้มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทที่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 66.67 เช่นเดียวกันในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่ ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นวิธี HM วิธี SR และวิธี DB



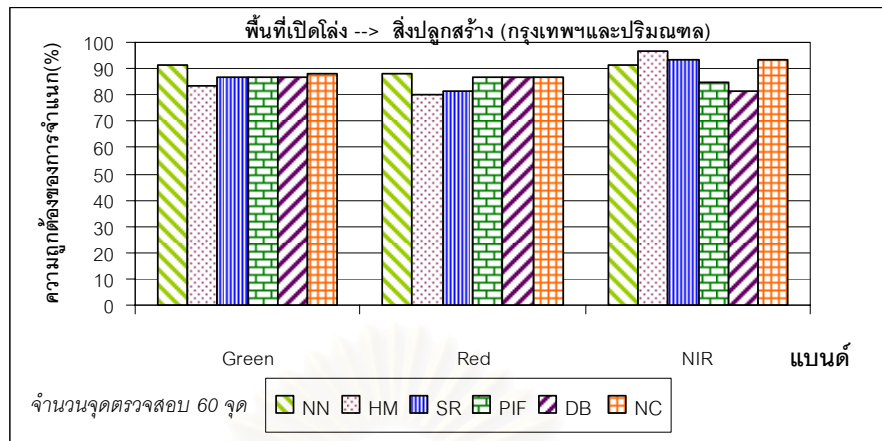
รูปที่ 5.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



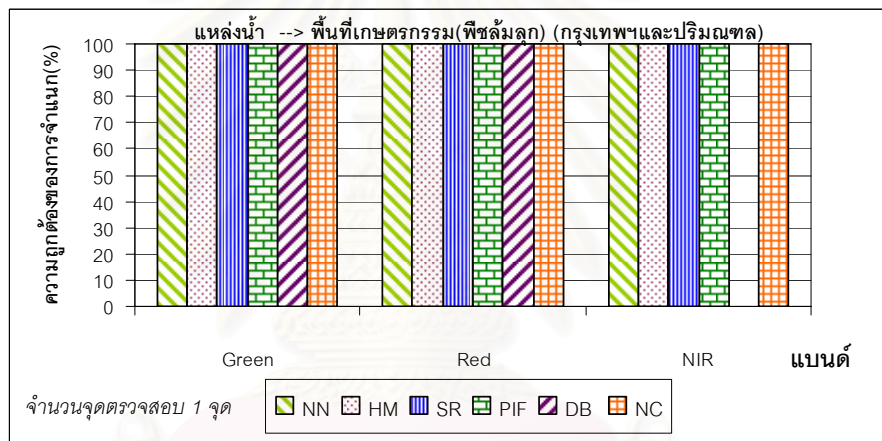
รูปที่ 5.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



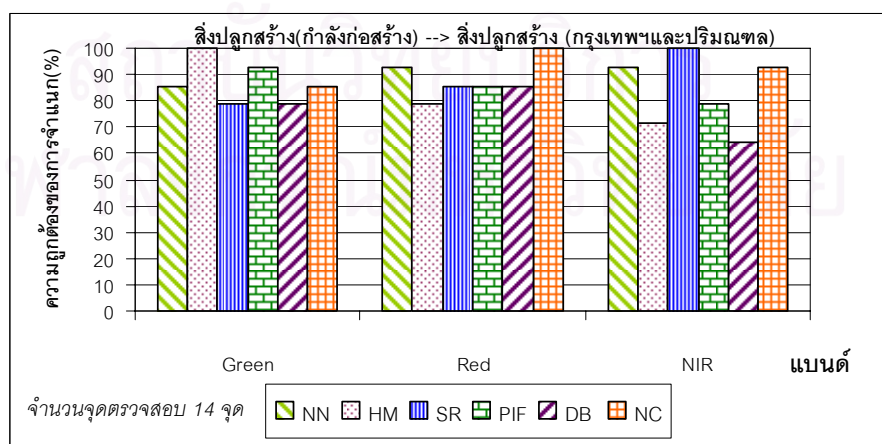
รูปที่ 5.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



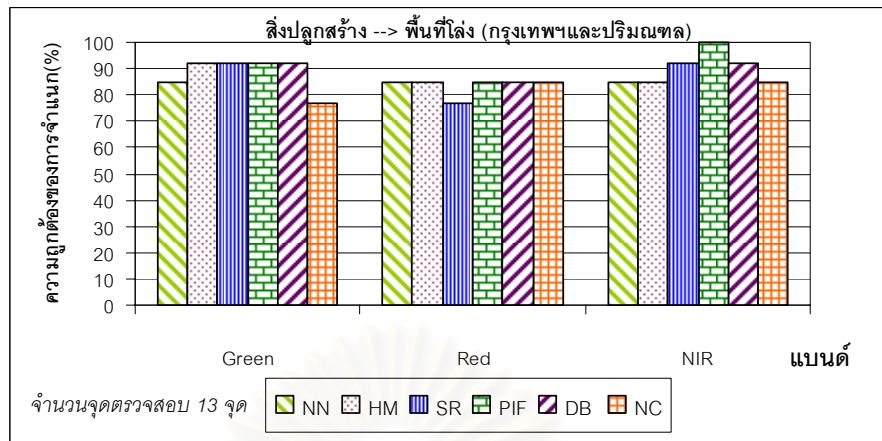
รูปที่ 5.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



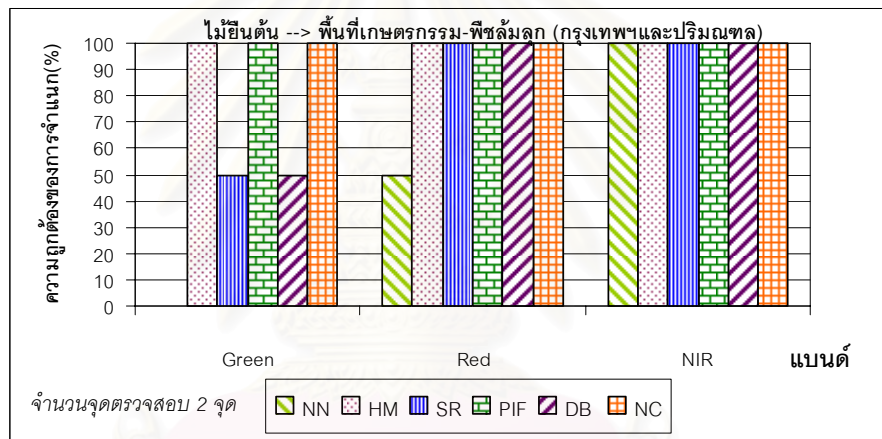
รูปที่ 5.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (พืชล้มลุก) พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



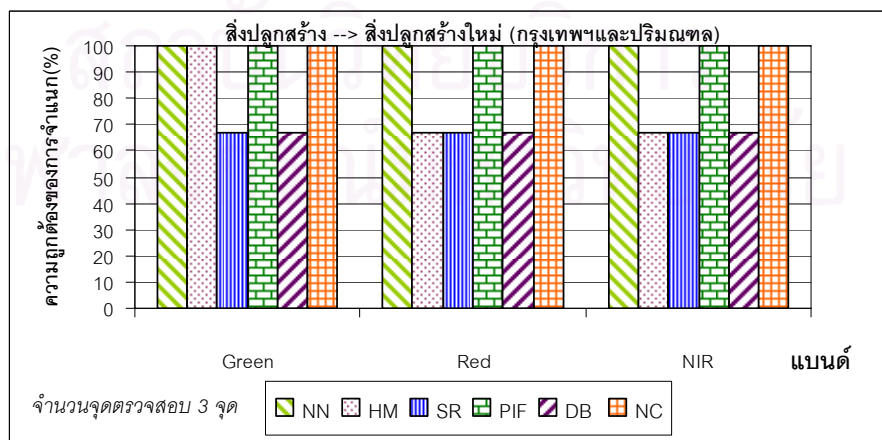
รูปที่ 5.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้าง (กำลังก่อสร้าง) เป็นสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



รูปที่ 5.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากไม่ยี่นต้น เป็นพื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



รูปที่ 5.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

จากผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินโดยการพิจารณาจากค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นในทุกพื้นที่ จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0-100 ในขณะที่ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 59.29 -80.00 ซึ่งน้อยกว่าค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน เนื่องจากในแต่ละพื้นที่มีจำนวนจุดตรวจสอบเมื่อแยกตามประเภทการเปลี่ยนแปลงจำนวนน้อยกว่าจำนวนจุดตรวจสอบรวมอยู่มาก จึงทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงมีค่าสูง เช่น ในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง ในพื้นที่จ. เชียงใหม่ มีจำนวนจุดตรวจสอบ 1 จุด ซึ่งถ้าตรวจพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงประเภทนี้เกิดขึ้นที่แบนด์ใด ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่ได้จะมีค่าเป็นร้อยละ 100 และแบนด์ที่ไม่มีการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงประเภทนี้อยู่ก็จะมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทเป็นร้อยละ 0 เป็นต้น

5.3 แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงจะใช้ภาพผลต่างที่มีค่าถูกต้องทั้งหมด(Overall Accuracy) มากที่สุดมาทำการวิเคราะห์ โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีในแต่ละแบนด์ จะพบว่าภาพผลต่างที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) มากที่สุดในแต่ละแบนด์ มีรายละเอียดดังตารางที่ 5.10 และการประเมินความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากภาพผลต่างที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมดมากที่สุดเพื่อวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมโดยมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.10 ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ที่มากที่สุดในแต่ละแบนด์

พื้นที่ศึกษา	แบนด์	วิธีการปรับแก้เชิงคลื่น	ค่าความถูกต้องทั้งหมด
จ.เชียงใหม่	Green	SR	78.67
	Red	HM	79.33
	NIR	NN	80.00
จ.สงขลา	Green	PIF	76.47
	Red	PIF	77.83
	NIR	PIF	75.11
กรุงเทพฯและปริมณฑล	Green	DB	66.40
	Red	SR	66.40
	NIR	DB	69.57

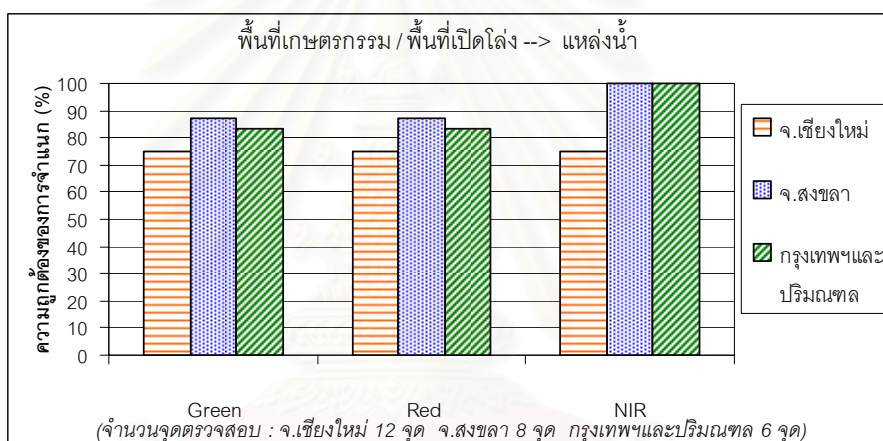
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่มีค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) มากที่สุด

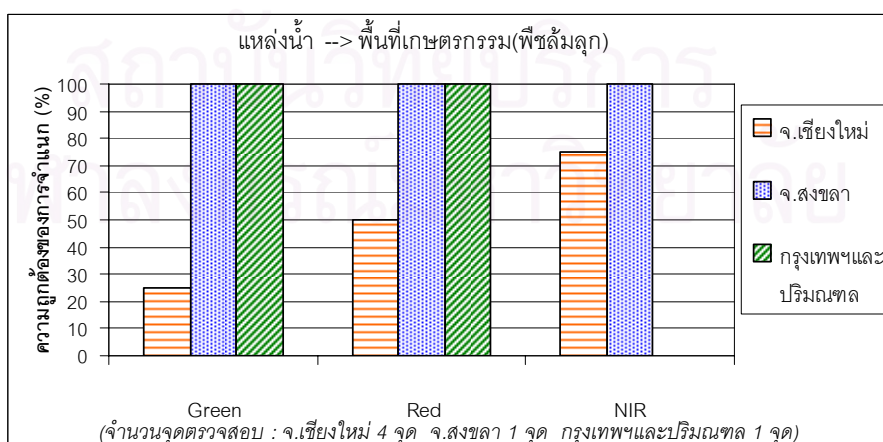
ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	จ.เชียงใหม่			จ.สงขลา			กรุงเทพฯและปริมณฑล		
	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	75.00	75.00	75.00	87.50	87.50	100.00	83.33	83.33	100.00
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	93.75	93.75	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	75.00	75.00
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	92.86	82.14	64.29	67.74	77.42	100.00	88.89	80.56	86.11
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	66.67	100.00	33.33	100.00	0.00	100.00	-	-	-
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	68.75	71.88	68.75	84.21	93.42	97.37	86.67	81.67	81.67
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	-	-	-	100.00	100.00	100.00	-	-	-
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	0.00	100.00	100.00	-	-	-	-	-	-
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	25.00	50.00	75.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	100.00	100.00	100.00	50.00	50.00	100.00	-	-	-
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	83.33	83.33	87.50	78.57	85.71	64.29
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	0.00	100.00	100.00	66.67	83.33	100.00	92.31	76.92	92.31
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	-	-	-	100.00	100.00	50.00	-	-	-
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	-	-	-	-	-	-	50.00	100.00	100.00
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	-	-	-	-	-	-	66.67	66.67	66.67

จากตารางที่ 5.11 สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

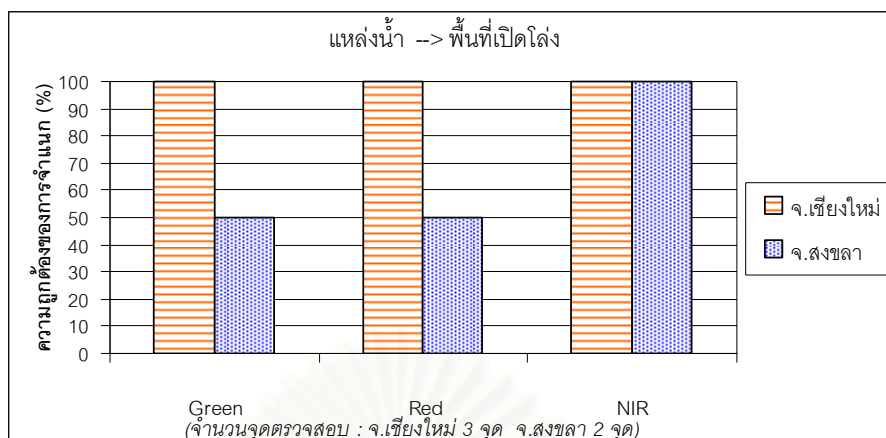
1) ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ พบว่าแบนด์อินฟราเรดใกล้มีความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำสูงถึงร้อยละ 100 เนื่องจากแบนด์อินฟราเรดใกล้มีคุณสมบัติในการจำแนกพืชและแหล่งน้ำออกจากกันได้ดี และมีความสามารถวิเคราะห์หาแหล่งน้ำได้ดีอีกด้วย และด้วยเหตุผลเดียวกันนี้จึงทำให้แบนด์อินฟราเรดใกล้สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงประเภทการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)และพื้นที่เปิดโล่งได้ดีอีกด้วย โดยมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสูงถึงร้อยละ 100 เช่นเดียวกัน (รูปที่ 5.31 – รูปที่ 5.33)



รูปที่ 5.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ

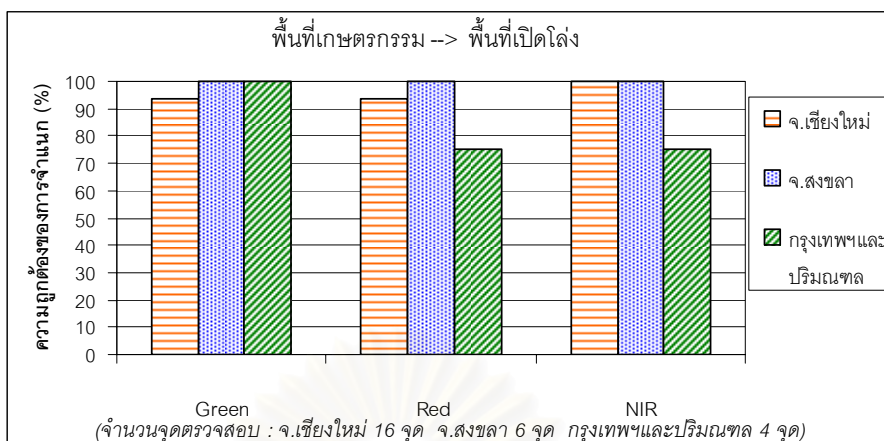


รูปที่ 5.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)

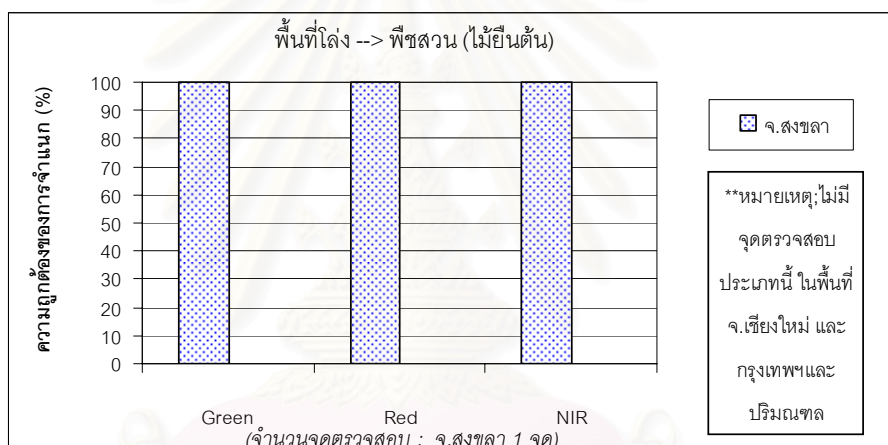


รูปที่ 5.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่ง

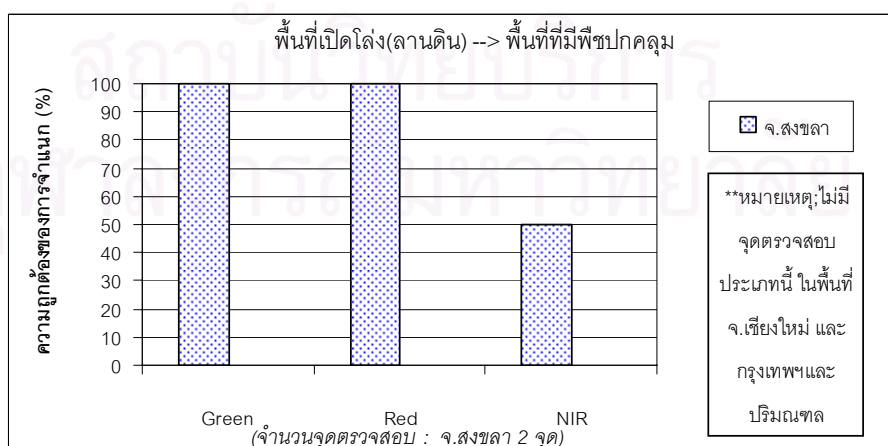
2) ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่โล่งเป็นพืชสวน(ไม้ยืนต้น) และพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน)เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พบว่าค่าความถูกต้องของตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ประเภทการเปลี่ยนแปลงนี้มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทมากกว่าร้อยละ 90 ในแบนด์สีเขียวและมากกว่าร้อยละ 75 ในแบนด์สีแดงซึ่งเป็นช่วงคลื่นตามองเห็น เนื่องจากลักษณะการสะท้อนพลังงานของพื้นที่เปิดโล่งที่สะท้อนค่าได้ดีกว่าการสะท้อนพลังงานของพืชในช่วงคลื่นตามองเห็นดังนั้นจึงทำให้มีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันมาก แต่ในบางพื้นที่ เช่น ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ และ จ.สงขลา จะมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทของการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง และพื้นที่โล่งเป็นพืชสวน(ไม้ยืนต้น) สูงถึงร้อยละ 100 ในภาพแบนด์อินฟราเรดใกล้ อาจเนื่องมาจากในพื้นที่โล่งนั้นอาจมีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพืชปะปนอยู่ด้วย เช่น วัชพืชนานาเล็กหรือหญ้า เป็นต้น ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่สามารถแยกชนิดพืชพรรณได้ดีจึงทำให้ค่าสะท้อนพลังงานของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันมากนั่นเอง (รูปที่ 5.34 – รูปที่ 5.36)



รูปที่ 5.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เปิดโล่ง

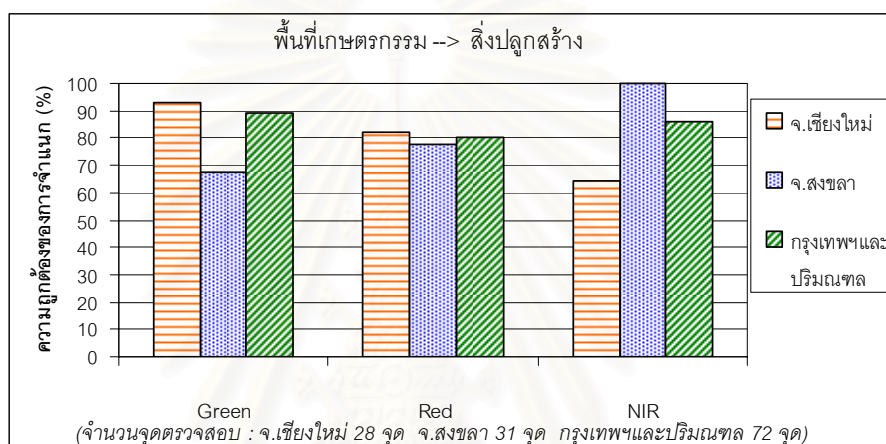


รูปที่ 5.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่โล่งเป็นพื้นที่สวน(ไม้ยืนต้น)



รูปที่ 5.36 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) เป็นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม

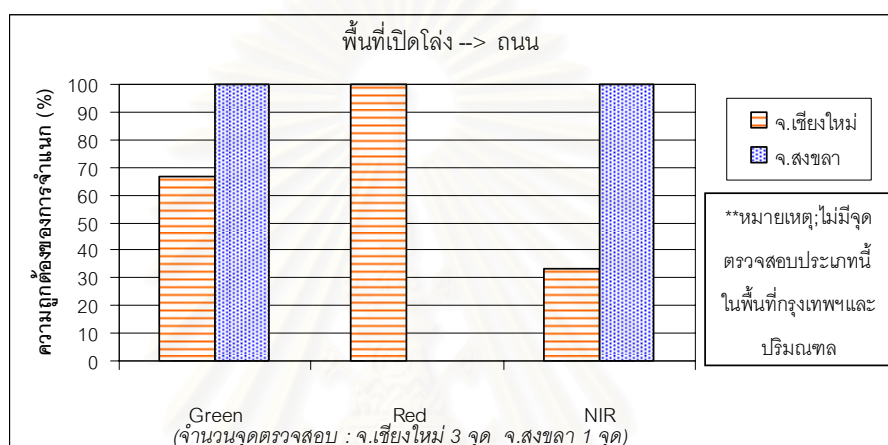
3) ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง พบว่าแบนด์สีเขียวและแบนด์สีแดงมีความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างสูงกว่าแบนด์อื่นโดยมีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ใน 2 พื้นที่ คือ จ.เชียงใหม่และกรุงเทพฯและปริมณฑล เนื่องจากในช่วงคลื่นสีเขียวและสีแดงเป็นช่วงที่ตามองเห็นซึ่งในช่วงคลื่นตามองเห็นนี้ชุมชนหรือสิ่งปลูกสร้างจะมีค่าการสะท้อนพลังงานสูงแต่พืชมีค่าสะท้อนพลังงานที่ค่อนข้างต่ำมากจึงทำให้มีค่าการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกันมาก (รูปที่ 5.37)



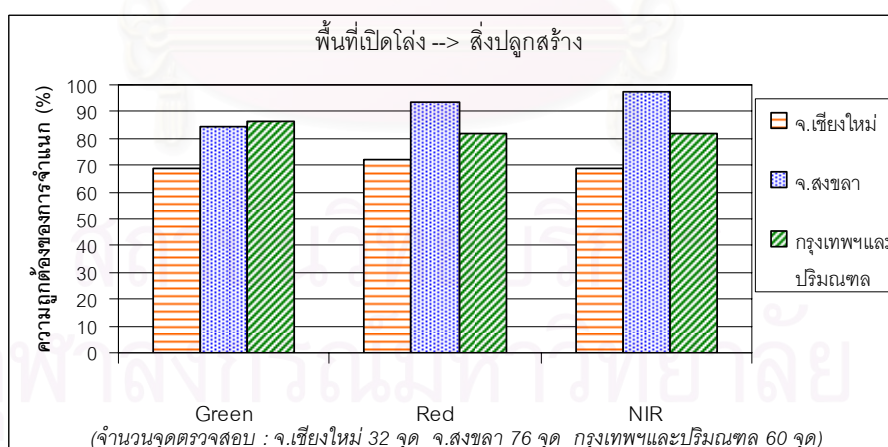
รูปที่ 5.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งปลูกสร้าง

4) ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน พบว่าแบนด์สีเขียวมีความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนนสูงถึงร้อยละ 100 ในพื้นที่ จ.สงขลา แต่เนื่องจากจำนวนจุดตรวจสอบในพื้นที่ จ.สงขลา มีเพียง 1 จุดจึงทำให้ค่าความถูกต้องที่ได้มีค่าสูง และมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลง ร้อยละ 66.67 ในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ (รูปที่ 5.38) ค่าความถูกต้องที่ได้นี้อาจไม่ค่อยดีนักเนื่องจากพื้นที่เปิดโล่งและถนนนั้นมีรูปแบบการสะท้อนพลังงานแบบเดียวกันคือ มีการสะท้อนพลังงานที่ดีใกล้เคียงกันในช่วงคลื่นตามองเห็นจึงทำให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกันไม่มากนัก นอกจากนี้ช่วงคลื่นตามองเห็น แบนด์สีเขียวและแบนด์สีแดงนี้ยังมีความสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินที่มนุษย์สร้างขึ้นได้ดี จึงให้ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งปลูกสร้าง และสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่อีกชนิดหนึ่งมีความถูกต้องที่ดีด้วย โดยมีค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงร้อยละ 66.67 -

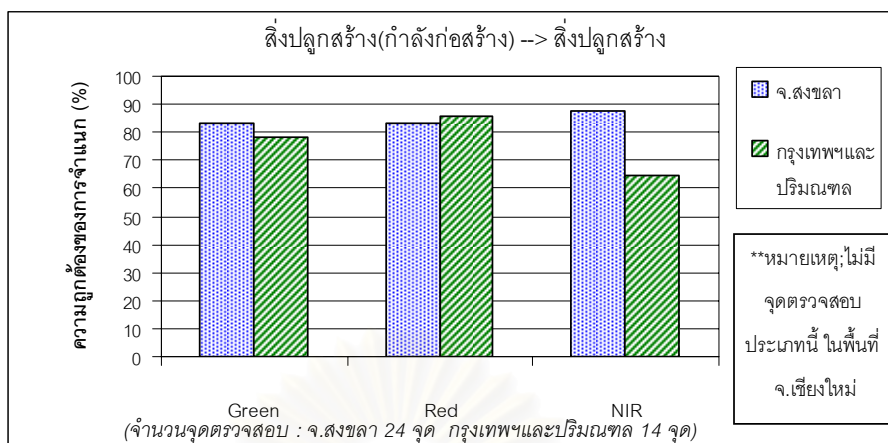
93.42 (รูปที่ 5.39 – รูปที่ 5.41) แต่กลับพบว่าในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่งแบนด์ที่ให้ผลดีคือ แบนด์อินฟราเรดใกล้ซึ่งมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสูงถึงร้อยละ 92.31 – 100 ในทุกพื้นที่ อาจเนื่องมาจากพื้นที่เปิดโล่งนั้นมีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพืชปะปนอยู่ ซึ่งแม้จะให้ค่าสะท้อนพลังงานที่ใกล้เคียงกับสิ่งปลูกสร้างในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ก็ตาม แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าสะท้อนพลังงานของสิ่งปลูกสร้างสูงมากจนสามารถให้ค่าพลังงานการสะท้อนที่ต่างกันมากได้ (รูปที่ 5.42)



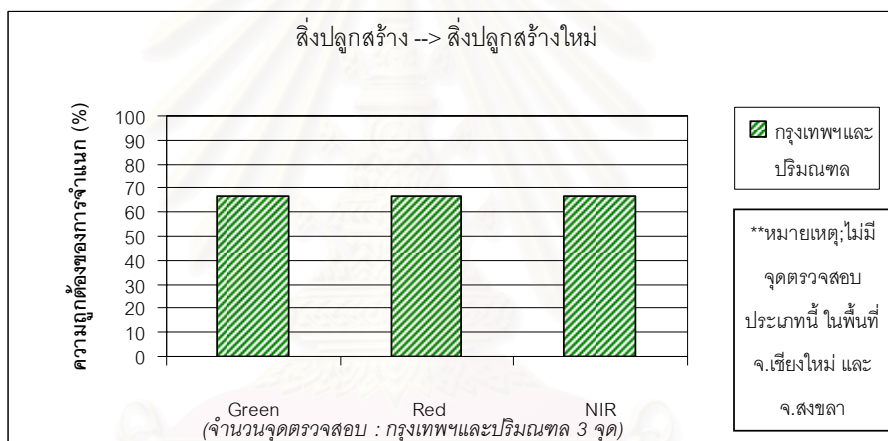
รูปที่ 5.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นถนน



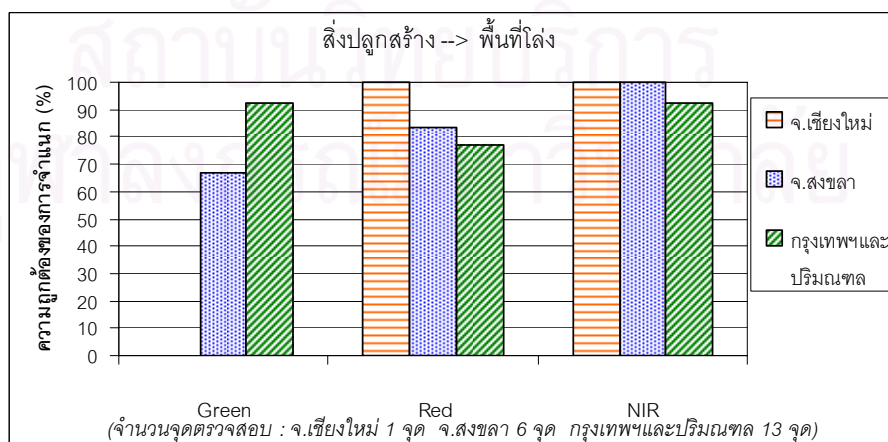
รูปที่ 5.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง



รูปที่ 5.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปลูกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง)เป็นสิ่งปลูกสร้าง

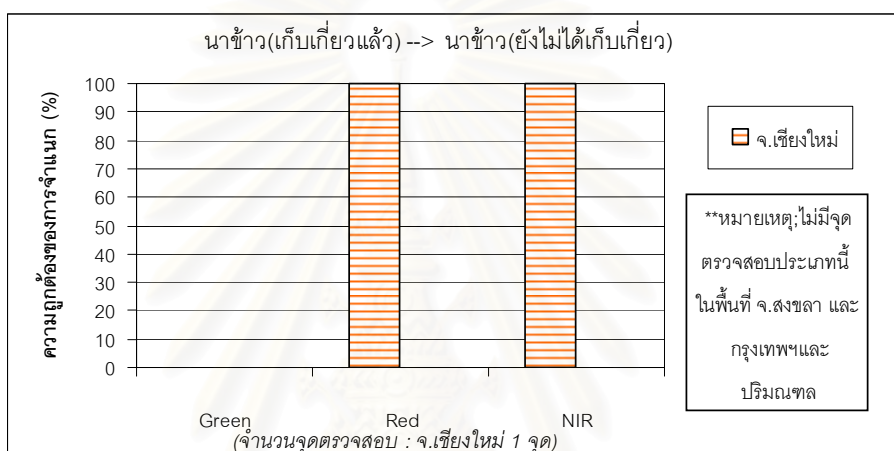


รูปที่ 5.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปลูกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างใหม่

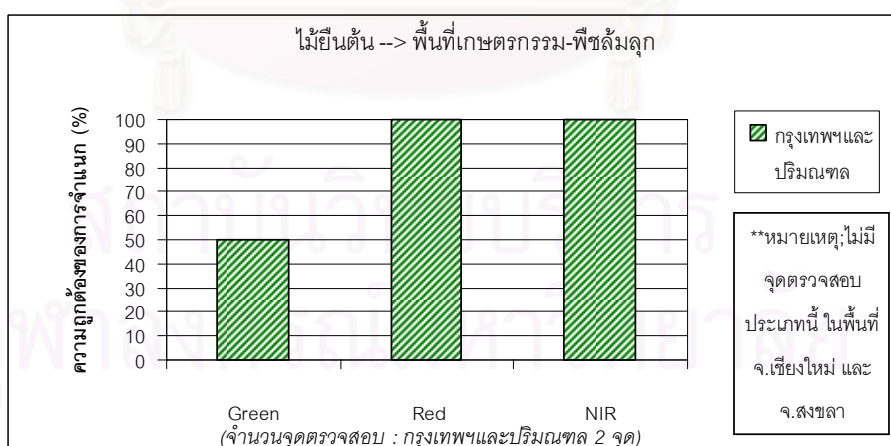


รูปที่ 5.42 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปลูกคลุมดินจากสิ่งปลูกสร้างเป็นพื้นที่โล่ง

5) ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินประเภทการเปลี่ยนแปลงจากนาข้าว (เก็บเกี่ยวแล้ว) เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว) พบว่าแบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้มีความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินสูงถึงร้อยละ 100 เท่ากัน (รูปที่ 5.43) เนื่องจากทั้งแบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้สามารถจำแนกชนิดพืชพรรณได้ดี และในประเภทการเปลี่ยนแปลงจากไม้ยืนต้นเป็นพื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก ก็มีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่สูงถึงร้อยละ 100 ในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 แบนด์นี้เช่นกัน (รูปที่ 5.44)



รูปที่ 5.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากนาข้าว (เก็บเกี่ยวแล้ว) เป็นนาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)



รูปที่ 5.44 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากไม้ยืนต้น เป็นพื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก

จากผลการวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.12 โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 พื้นที่ศึกษาที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 ถือว่ามีความเหมาะสมในระดับที่ 1 ค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่มีค่า ร้อยละ 70 ถึงร้อยละ 90 ถือว่ามีความเหมาะสมในระดับที่ 2 และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 70 ถือว่ามีความเหมาะสมในระดับที่ 3

ตารางที่ 5.12 แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	ระดับความเหมาะสม		
	Green	Red	NIR
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	2 (81.94)	2 (81.94)	1 (91.67)
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	1 (97.92)	2 (89.58)	1 (91.67)
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	2 (83.16)	2 (80.04)	2 (83.47)
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	2 (83.33)	3 (50.00)	3 (66.67)
5. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	2 (79.88)	2 (82.32)	2 (82.60)
6. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	1 (100.00)	1 (100.00)	1 (100.00)
7. นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว(ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว)	3 (0.00)	1 (100.00)	1 (100.00)
8. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม(พืชล้มลุก)	2 (75.00)	2 (83.33)	3 (58.33)
9. แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	2 (75.00)	2 (75.00)	1 (100.00)
10. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	2 (80.95)	2 (84.52)	2 (75.89)
11. สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	3 (52.99)	2 (86.75)	1 (97.44)
12. พื้นที่เปิดโล่ง(ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	1 (100.00)	1 (100.00)	3 (50.00)
13. ไม้ยืนต้น --> พื้นที่เกษตรกรรม-พืชล้มลุก	3 (50.00)	1 (100.00)	1 (100.00)
14. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	3 (66.67)	3 (66.67)	3 (66.67)

การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงไม่สามารถตรวจหาได้ดีด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทุกแบนด์เนื่องจากช่วงคลื่นที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์ถูกออกแบบมาให้มีความสามารถในการตรวจหาสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความถูกต้องของการตรวจหา

การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่สนใจ จากตารางที่ 5.12 จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงบางประเภทสามารถตรวจหาได้ดีด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ใดแบนด์หนึ่งเพียงแบนด์เดียวเท่านั้น เช่น ประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่เปิดโล่งเป็นแหล่งน้ำ และประเภทการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำเป็นพื้นที่เปิดโล่งที่สามารถตรวจหาได้ดีในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์อินฟราเรดใกล้ ซึ่งมีระดับความเหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินอยู่ในระดับที่ 1 เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงบางประเภทสามารถตรวจหาได้ในระดับที่ดีเท่ากันหรือใกล้เคียงกันในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทุกแบนด์ เช่น ประเภทการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้าง สิ่งปลูกสร้างที่กำลังก่อสร้างเป็นสิ่งปลูกสร้างที่เสร็จแล้ว ซึ่งมีระดับความเหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินอยู่ในระดับที่ 2 เท่ากันในทุกๆแบนด์ เป็นต้น ดังนั้นการเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่สนใจจะทำให้ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินนั้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และจากการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินบางประเภทที่สามารถตรวจหาได้ดีด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทุกแบนด์หรือหลายแบนด์ทำให้สะดวกต่อการเลือกใช้แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้มากยิ่งขึ้นเช่นกัน

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

จากผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยเทคนิควิธีการปรับแก้เชิงคลื่นต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ซึ่งเป็นพื้นที่ตามแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่พาดผ่านไปตามพื้นที่เขตเมือง สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) การเปรียบเทียบการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินระหว่างภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

จากงานวิจัยนี้พบว่า การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี ส่วนใหญ่มีค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินทั้ง 2 ประเภท คือ ค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่ดีกว่าภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น แต่เมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องโดยรวมแล้วค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นมีค่าความถูกต้องที่ดีใกล้เคียงกันโดยเฉพาะในพื้นที่ จ.เชียงใหม่และกรุงเทพฯและบริเวณทลที่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีระยะเวลาที่บันทึกภาพได้ห่างกันเพียง 11 วันจนถึง 31 วันและอยู่ในช่วงฤดูกาลเดียวกัน จึงแสดงให้เห็นว่าการปรับแก้เชิงคลื่นจะสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ แต่การปรับแก้เชิงคลื่นอาจจะไม่มีความจำเป็นในกรณีที่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างของสภาพชั้นบรรยากาศและทิศทางของแสงน้อย นั่นหมายถึง ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองนั้นบันทึกได้ในวันครบรอบปีในวันเดียวกันหรือห่างกันไม่มากอาจเป็นวัน สัปดาห์หรือเดือนและอยู่ในฤดูกาลเดียวกัน

2) การเปรียบเทียบวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการทดลองใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นหลายวิธีและแต่ละวิธีให้ผลลัพธ์ที่ดีมากน้อยแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ศึกษา ดังนั้นการเปรียบเทียบว่าวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีใดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของภาพผลต่างทุกแบนด์ โดยวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ จ.เชียงใหม่ คือ วิธี SR พื้นที่ จ.สงขลา คือ วิธี PIF และพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล คือ วิธี DB สำหรับลำดับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ตรงลงมาในแต่ละพื้นที่ศึกษามีรายละเอียดดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ลำดับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เรียงจากค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมดจากมากไปหาน้อย

พื้นที่ศึกษา	ลำดับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (เรียงจากค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมด จากมากไปหาน้อย)					ค่าเฉลี่ยของค่า ความถูกต้อง ทั้งหมด ของข้อมูลภาพ ถ่ายดาวเทียมที่ ไม่ผ่านการ ปรับแก้เชิงคลื่น
	1	2	3	4	5	
จ.เชียงใหม่	SR (78.45)	HM (78.22)	DB (76.89)	PIF (76.22)	NC (74.45)	76.22
จ.สงขลา	PIF (76.47)	DB (73.15)	HM (72.10)	NC (70.74)	SR (68.93)	72.55
กรุงเทพฯและ ปริมณฑล	DB (67.06)	SR (66.40)	HM (64.82)	NC (64.16)	PIF (62.98)	63.90

และเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมดของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นตามตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงกับภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองช่วงเวลาวิธีการที่ง่ายที่สุดและไม่มีความยุ่งยากในขั้นตอนการตรวจหาเลยก็คือ การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองเวลานั้นมาตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการนำภาพมาลบกัน โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงคลื่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นเสียก่อน ซึ่งเป็นการลด

ขั้นตอนของการประมวลผลภาพก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมลงไปหนึ่งขั้นตอนจึงทำให้สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้รวดเร็วขึ้น

สำหรับปัจจัยด้านเทคนิคที่มีผลต่อความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นทุกวิธี ตลอดจนการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการนำภาพมาลบกันก็คือ ความถูกต้องของการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแบบจุดภาพต่อจุดภาพ และสำหรับสาเหตุที่การปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ศึกษาก็เนื่องด้วยปัจจัยหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่มีผลต่อค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

วิธีการปรับแก้เชิงคลื่น	ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อค่าความถูกต้อง
1. วิธี SR	<p><u>ปัจจัยทางด้านเทคนิค</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การเลือกเป้าตรงตามเงื่อนไขตามแนวคิดในบทที่ 2 และกระจายอยู่ทั่วภาพ 2) จำนวนเป้าที่มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้สำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่น 3) ค่าสะท้อนพลังงานของเป้าที่เลือกมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นมากน้อยเพียงใด โดยการพิจารณาจากค่า R^2 ถ้าค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มากแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นมาก และผลที่ได้ก็จะมีค่าความถูกต้องสูงด้วย ดังจะเห็นได้ว่า พื้นที่ จ. เชียงใหม่ วิธี SR นี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า R^2 ที่สูงมากถึง 0.9 นั่นเอง <p><u>ปัจจัยทางด้านสภาพพื้นที่</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ในพื้นที่เขตเมืองสามารถหาเป้าได้ง่ายและได้จำนวนเป้าได้มากเพียงพอสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่น ทำให้ผลที่ได้มีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับที่ดี ดังจะเห็นได้ว่าในงานวิจัยนี้พื้นที่ศึกษาทุกแห่งเป็นพื้นที่ในเขตแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่พาดผ่านในพื้นที่เขตเมืองจึงทำให้สามารถหาเป้าได้จำนวนมากเพียงพอสำหรับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับแก้เชิงคลื่น

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อค่าความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

วิธีการปรับแก้เชิงคลื่น	ปัจจัยหรือข้อจำกัดที่มีผลต่อค่าความถูกต้อง
2. วิธี PIF	<p><u>ปัจจัยทางด้านเทคนิค</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ค่า Threshold ที่ใช้ในการกำหนดจุดภาพ PIF ที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่ใช้ 2) การปะปนของวัตถุอื่นที่ไม่ใช่พืชในแหล่งน้ำอาจทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องไม่ดีพอ สามารถแก้ไขโดยการใส่ Mask แยกวัตถุเหล่านี้ออกจากแหล่งน้ำ (ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการแยกวัตถุเหล่านี้) <p><u>ปัจจัยทางด้านสภาพพื้นที่</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ประเภทสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษาควรมีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นพืชอยู่ในส่วนที่มากพอสมควรผลที่ได้จึงจะมีค่าความถูกต้องสูง ดังจะเห็นได้ว่าในพื้นที่ จ.สงขลา วิธี PIF นี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นสวนยางและพืชอื่นๆ
3. วิธี DB	<p><u>ปัจจัยทางด้านเทคนิค</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) สมการการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เป็นภาพมืดและภาพสว่างที่ใช้สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD ในงานวิจัยนี้ เป็นสมการที่ใช้สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS เพียงอย่างเดียว ซึ่งยังไม่มียานวิจัยใดที่หาสมการการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เป็นภาพมืดและภาพสว่างสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD โดยตรง แต่ผลที่ได้ก็อยู่ในระดับที่ดีพอระดับหนึ่ง 2) ค่า Threshold ที่ใช้ในการกำหนดกลุ่มจุดภาพมืดและกลุ่มจุดภาพสว่างที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่ใช้ <p><u>ปัจจัยทางด้านสภาพพื้นที่</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) วิธีการนี้เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับข้อมูลภาพที่มีพื้นที่ศึกษาขนาดเล็ก ดังจะเห็นได้ว่าในพื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑลซึ่งมีขนาดพื้นที่เล็กที่สุด วิธี DB นี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
4. วิธี NC	<p><u>ปัจจัยทางด้านสภาพพื้นที่</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ประเภทสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษาควรมีสิ่งปกคลุมดินที่เป็นแหล่งน้ำอยู่ในส่วนที่มากพอสมควรผลที่ได้จึงจะมีค่าความถูกต้องสูง

3) ความเป็นอัตโนมัติและความรวดเร็วของวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธี

ความเป็นอัตโนมัติและความรวดเร็วของวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่า วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธี HM เป็นวิธีอัตโนมัติเพียงวิธีเดียว สามารถทำได้ง่ายที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุดเนื่องจากโปรแกรมประมวลผลภาพทั่วไปมีฟังก์ชัน Histogram matching ซึ่งสามารถเรียกใช้งานได้โดยตรง สำหรับวิธี DB วิธี PIF วิธี NC และวิธี SR ถือได้ว่าเป็นวิธีกึ่งอัตโนมัติ โดยแต่ละวิธีมีความยุ่งยากซับซ้อนและใช้เวลาที่แตกต่างกัน คือ วิธี DB และวิธี PIF นั้นมีความยุ่งยากในระดับเดียวกันเนื่องจากมีลำดับขั้นตอนที่เท่ากันและต้องทำการกำหนดค่า Threshold เพื่อกำหนดกลุ่มจุดภาพเป้าหมายเช่นเดียวกันและเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยกว่าวิธี NC และวิธี SR ส่วนวิธี NC มีความยุ่งยากมากขึ้นกว่าวิธี DB และวิธี PIF เนื่องจากต้องใช้ในการเลือกจุดภาพตั้งต้นสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นเงื่อนไขในการกำหนดจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยสายตาจาก Scatter gram แต่ก็ใช้เวลาใกล้เคียงกับวิธี DB และวิธี PIF และวิธีที่มีความยุ่งยากและไม่สามารถทำให้เป็นอัตโนมัติได้ในทุกขั้นตอน คือ วิธี SR เนื่องจากต้องทำการเลือกเป้าที่เป็นตำแหน่งเดียวกันและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ช่วงเวลา โดยการพิจารณาด้วยสายตาเป็นหลักพร้อมกันทั้งสองภาพจึงทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมากกว่าวิธีอื่นๆ แต่เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตเมืองซึ่งประกอบด้วยสิ่งปลูกสร้างและวัตถุที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจำนวนมาก ตลอดจนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้เป็นภาพรายละเอียดสูงจึงทำให้ง่ายต่อการพิจารณาเลือกเป้าด้วยสายตา

สำหรับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงควรเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อยและให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องในระดับที่ดี ดังนั้น วิธี HM ถือว่าเป็นวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีอัตโนมัติเพียงวิธีเดียว สามารถทำได้ง่ายที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด และยังให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องในระดับที่ดีพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีอื่นๆ และเนื่องจากแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงที่มีระยะทางยาวมาก ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง การใช้วิธีการปรับแก้เชิงคลื่นวิธีอื่นซึ่งเป็นวิธีกึ่งอัตโนมัติ มีความซับซ้อนของวิธีการมากกว่าและบางวิธีอาจต้องทำการเลือกเป้าด้วยสายตา จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินนานมากยิ่งขึ้น

4) การเปรียบเทียบความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินด้วยภาพผลต่างแต่ละแบนด์

เมื่อเปรียบเทียบค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแต่ละวิธีและข้อมูลภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น พบว่าแบนด์ที่ให้ค่าความถูกต้องทั้งหมดสูงที่สุดในทุกพื้นที่ศึกษา คือ แบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ เนื่องจากแบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้มีการกระจายของพลังงานในชั้นบรรยากาศน้อย โดยการกระจายนี้จะแปรผกผันกับความยาวคลื่น ดังนั้น แบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าแบนด์สีเขียวจึงมีการกระจายน้อยกว่า นอกจากนี้แบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้ยังมีคุณสมบัติในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังจะเห็นได้จากค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินและการวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทที่พบว่า แบนด์สีแดงและแบนด์อินฟราเรดใกล้เป็นแบนด์ที่สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ดีในหลายประเภทการเปลี่ยนแปลง โดยส่วนใหญ่มีระดับความเหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินอยู่ในระดับที่ 1 ซึ่งมีค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 90

5) แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

จากผลการวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในบทที่ 5 จากตารางที่ 5.12 สามารถสรุปแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่อาจมีผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่ง
ไฟฟ้าแรงสูง

ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน	แบนด์ที่เหมาะสม
1. พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	แบนด์อินฟราเรดใกล้
2. พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	แบนด์สีเขียว และ แบนด์อินฟราเรดใกล้
3. พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้
4. พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้
5. พื้นที่โล่ง --> พืชสวน (ไม้ยืนต้น)	แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้
6. สิ่งปลูกสร้าง(กำลังก่อสร้าง) --> สิ่งปลูกสร้าง	แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้
7. สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้างใหม่	แบนด์สีเขียว แบนด์สีแดง และแบนด์อินฟราเรดใกล้

จากตารางที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงส่วนใหญ่สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายแบนด์หรือทุกแบนด์จึงทำให้สะดวกต่อการเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้มากยิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงแบนด์ที่เหมาะสมในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแล้ว จะเห็นได้ว่า แบนด์ที่เหมาะสมในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่สามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินก็คือ แบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้นเมื่อต้องการเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงเพียงแบนด์ใดแบนด์หนึ่งเพียงแบนด์เดียว เช่น ในกรณีที่ต้องการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินซึ่งให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องในเวลาจำกัด เป็นต้น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์อินฟราเรดใกล้จึงเป็นแบนด์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

6) ศักยภาพของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงสำหรับการนำไปใช้ในการตรวจหาสิ่งบุกรุกและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง

จากผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงดินในทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ว่า ในทุกประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีค่าความถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 66.67 ถึงร้อยละ 100 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินเฉพาะประเภทการเปลี่ยนแปลงที่กฟผ.สนใจ เช่น การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้างที่มีความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป เป็นต้น และจากผลการวิเคราะห์หาแบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท จะเห็นได้ว่า ประเภทการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่การไฟฟ้าฯสนใจหลายประเภท เช่น การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินจากพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เปิดโล่งเป็นสิ่งปลูกสร้างสามารถตรวจหาได้ดีด้วยภาพทุกแบนด์ ทำให้สะดวกต่อการเลือกใช้แบนด์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้มากยิ่งขึ้น ประกอบกับการใช้เวลาในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงไม่นาน ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงเป็นวิธีการหนึ่งที่มีศักยภาพเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ในการตรวจหาสิ่งบุกรุกและการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้

6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1) การรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในงานวิจัยนี้ใช้สมการการปรับแก้ คือ สมการโพลีโนเมียล เนื่องจากเป็นสมการที่ง่ายและให้ผลที่ดี แต่ก็ยังมีการเหลื่อมของจุดภาพที่ไม่ตรงกันในบางส่วนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอยู่ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อการใช้จุดภาพที่มีตำแหน่งตรงกันทั้งสองภาพและการนำภาพมาลบกันได้ ซึ่งปัญหาการรีจิสเตอร์นี้สามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มกำลังของสมการโพลีโนเมียลที่ใช้ หรือเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพในบริเวณที่ยังมีการเหลื่อมกันของจุดภาพอยู่ หรือเปลี่ยนวิธีการและสมการที่ใช้ในการปรับแก้ นอกจากนี้การเหลื่อมกันของจุดภาพที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้อาจเนื่องมาจากการผิดเพี้ยนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Distortion) ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการปรับแก้ความผิดเพี้ยนนี้ ดังนั้น การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินสำหรับพื้นที่และงานวิจัยอื่นๆ ควรพิจารณาถึงความผิดเพี้ยนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและทำการปรับแก้ความ

ผิดเพี้ยนเสียก่อนเพื่อให้ผลการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินนั้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2) จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า แม้การปรับแก้เชิงคลื่นจะสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินได้ แต่การปรับแก้เชิงคลื่นอาจจะไม่มี ความจำเป็นในกรณีที่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างของสภาพชั้นบรรยากาศและทิศทางของแสงน้อย นั้นหมายถึง ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองนั้นบันทึกได้ใน วันครบรอบปีในวันเดียวกันหรือห่างกันไม่มาก โดยเฉพาะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีระยะห่าง ของวันที่บันทึกภาพได้ใน 1 รอบของการโคจรมา ณ ตำแหน่งเดิม (1 period)

3) ในกรณีที่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ขณะเวลานั้น มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นสิ่งปกคลุมดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือจากมนุษย์ก็ตาม การปรับแก้เชิงคลื่นโดยใช้เทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์อาจไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากหลักการของการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพัทธ์ที่ต้องใช้ค่า DN ของจุดภาพที่วัตถุภายในจุดภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใดๆที่ทำให้คุณสมบัติการสะท้อนพลังงานเปลี่ยนไป ทำให้สาเหตุของความแตกต่างของค่า DN ระหว่างข้อมูลภาพ 2 ช่วงเวลานั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมเท่านั้น

4) การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงควรคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเงาของวัตถุที่มี ผลต่อการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมได้ และสำหรับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม รายละเอียดสูงในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในงานทั่วไปนอกจากความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเงาของวัตถุแล้ว ควรคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากความสูงของวัตถุที่มีผลต่อการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้ ทำการศึกษาไว้

5) การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง นอกจากค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) และค่าความถูกต้องของการจำแนกรายประเภทแล้ว ควรให้ความสำคัญกับค่า Omission error และ Commission error ด้วย ซึ่งการละเลยค่าความผิดพลาดทั้งสองนี้จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการตรวจหาสิ่งบุกรุก และการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงไม่เท่ากัน โดยควรให้ความสำคัญกับค่า Omission error มากกว่าค่า Commission error เนื่องจากค่า Omission error

เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินเกิดขึ้นในพื้นที่จริงแต่ไม่สามารถตรวจพบได้ในข้อมูลภาพผลต่าง นั่นก็คือ อาจมีสิ่งบุกรุกหรือการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อความมั่นคงของระบบไฟฟ้าที่มีผลต่อผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวมได้เกิดขึ้นแล้วในแนวเขตเดินสายส่งไฟฟ้าแรงสูงแต่ตรวจไม่พบในข้อมูลภาพผลต่าง

6) การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินในแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงนอกจากการตรวจหาพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดินที่เป็นการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยตรงแล้วยังสามารถนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูงเทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศไปใช้ในงานอื่นๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ เช่น งานด้าน GIS งานภาคสนามหรืองานตรวจแนวสายส่งด้วยเฮลิคอปเตอร์ เป็นต้น และข้อมูลพื้นที่การเปลี่ยนแปลงที่ได้ก็นำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ที่ทางการไฟฟ้าฯ มีอยู่แล้ว เช่น ภาพถ่ายที่บันทึกได้จากกล้องที่ติดกับเฮลิคอปเตอร์ที่บินตรวจแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ก็จะทำให้การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ข้อมูลแนวเขตเดินสายไฟฟ้า[ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content &task=category§ionid= 31&id=99&Itemid=253[2007,January 25]

ธนศ จรุงจินท์. 2546. การปรับแก้เชิงรังสีสัมบูรณ์เพื่อการตรวจหาความเปลี่ยนแปลงโดยภาพ

ดาวเทียมแลนดแซท-5 ทีเอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลลภา สามฉิมโฉม. 2546. การใช้เทคนิคการปรับแก้เชิงคลื่นสัมพันธ์เพื่อตรวจหาความ

เปลี่ยนแปลงในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยการนำช่วงคลื่นมาลบกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Chavez, P.S. and Mackinnon, D.J. 1994. Automatic detection of vegetation change in Southwestern United States using remotely sensed image. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60(5) : 571-583.

Congation, R. G. and Green, K. 1998. Assessing the accuracy of remote sensing data : principles and practices. The united State of America : CRC Press,

Eckhardt, D.W., Verdin, J.P., and Lyford, G. R.. 1990. Automate update of an irrigated lands GIS using SPOT HRV imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56(11) : 1515-1522.

Elvidge, C.D. et al. 1995. Relative radiometric normalization of Landsat MSS data using an automatic scattergram-controlled regression. PE&RS 61(10) : 1255-1260.

ERDAS, Inc. 2004. Regression model.zip[Online]. Available from:

<http://gi.leica-geosystems.com/LGISub2x517x18.aspx>[2008,December 25]

Fung, T. and Ledrew, E. 1988. The determination of optimal threshold levels for change detection using various accuracy indices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 : 449-1454.

- Galiatsatos, N. et al. 2007. Radiometric normalisation of multisensor/multitemporal satellite images with quality control for forest change detection[online]. Available from: <http://www.ceg.ncl.ac.uk/rspsoc2007/papers/190.pdf>[2009, April 8]
- Hong, G. and Zhang, Y. Radiometric normalization of IKONOS image using QuickBird image for urban area change detection[online]. Available from: http://www.isprs.org/commission8/workshop_urban/hong02.pdf[2007, January 25]
- Hong, G and Zhang, Y. 2007. A comparative study on radiometric normalization using high resolution satellite images. International Journal of Remote Sensing 29(2) : 425-438.
- Janzen, D. T., Fredeen, A. L. and Wheate, R. D. 2006. Radiometric correction techniques and accuracy assessment for Landsat TM data in remote forested regions. Canadian Journal of Remote Sensing 32(5) : 330-334.
- Lu, D., Mausel, P. and Brondizios, E. 2004. Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing 20(12) : 2365-2407.
- Marshall and Associates. 2002. "Imagery assessment and processing procedures." (n.p.). (Unpublished Manuscript)
- Muchoney, D. M. and Haack, B. N. 1994. Change detection for monitoring forest defoliation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (60) : 1243-1251.
- Pudale, R. and Bhosle, V. 2007. Comparative study of relative radiometric normalization techniques for resourcesat1 LISS III sensor images. International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Application, pp. 233-239.
- Rees, G . 1999. The remote sensing data book. Cambridge : Cambridge University,
- Sohl, T. 1999. Change analysis in the United Arab Emirates: an investigation of techniques. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (65) : 475-484.
- Yang, X and Lo, C.P. 2000. Relative radiometric normalization performance for change detection from multi-date satellite image. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 66(8) : 967-980.
- Yuan, D and Elvidge, C. D. 1996. Comparison of relative radiometric normalization techniques. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing (51) : 117-126.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
















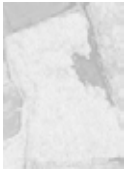
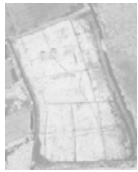



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในงานวิจัย













ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 30/03/04	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 19/03/05	รูปภาพปัจจุบัน
พื้นที่เกษตรกรรม /พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	10 มี.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	10 มี.ค. 2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	12 มี.ค.2551			
พื้นที่เปิดโล่ง --> ถนน	11 มี.ค.2551			
พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	13 มี.ค.2551			
นาข้าว(เก็บเกี่ยวแล้ว) --> นาข้าว ยังไม่ได้เก็บเกี่ยว	10 มี.ค.2551			











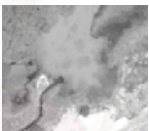










ตารางที่ ก.1(ต่อ) ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา จ.เชียงใหม่

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 30/03/04	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 19/03/05	รูปภาพปัจจุบัน
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม (พืชล้มลุก)	10 มี.ค.2551			
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	10 มี.ค.2551			






















ตารางที่ ก.2 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา จ.สงขลา

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 18/04/05	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 27/05/06	รูปภาพปัจจุบัน
พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	13 พ.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม / พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	13 พ.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	12 พ.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	13 พ.ค.2551			

ตารางที่ ก.2(ต่อ) ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา จ.สงขลา

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 18/04/05	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 27/05/06	รูปภาพปัจจุบัน
พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	14 พ.ค.2551			
พื้นที่โล่ง --> พืชสวน(ไม้ยืนต้น)	13 พ.ค.2551			
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม (พืชล้มลุก)	12 พ.ค.2551			
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	12 พ.ค.2551			
สิ่งปลูกสร้าง (กำลังก่อสร้าง) -> สิ่งปลูกสร้าง	13 พ.ค.2551			
สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	13 พ.ค.2551			
พื้นที่เปิดโล่ง (ลานดิน) --> พื้นที่ที่มีพืชปกคลุม	12 พ.ค.2551			

ตารางที่ ก.3 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา กรุงเทพฯและปริมณฑล

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26/02/04	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26/01/06	รูปภาพปัจจุบัน
พื้นที่เกษตรกรรม /พื้นที่เปิดโล่ง --> แหล่งน้ำ	11 ส.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> พื้นที่เปิดโล่ง	11 ส.ค.2551			
พื้นที่เกษตรกรรม --> สิ่งปลูกสร้าง	8 ส.ค.2551			
พื้นที่เปิดโล่ง --> สิ่งปลูกสร้าง	13 ส.ค.2551			
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เกษตรกรรม (พืชล้มลุก)	8 ส.ค.2551			
สิ่งปลูกสร้าง (กำลังก่อสร้าง) -> สิ่งปลูกสร้าง	13 ส.ค.2551			
สิ่งปลูกสร้าง --> พื้นที่โล่ง	13 ส.ค.2551			

ตารางที่ ก.3(ต่อ) ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินที่พบในพื้นที่ศึกษา กรุงเทพฯและปริมณฑล

ประเภทการเปลี่ยนแปลง	วันที่สำรวจ	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26/02/04	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 26/01/06	รูปภาพปัจจุบัน
แหล่งน้ำ --> พื้นที่เปิดโล่ง	8 ส.ค.2551			
สิ่งปลูกสร้าง --> สิ่งปลูกสร้าง	11 ส.ค.2551			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

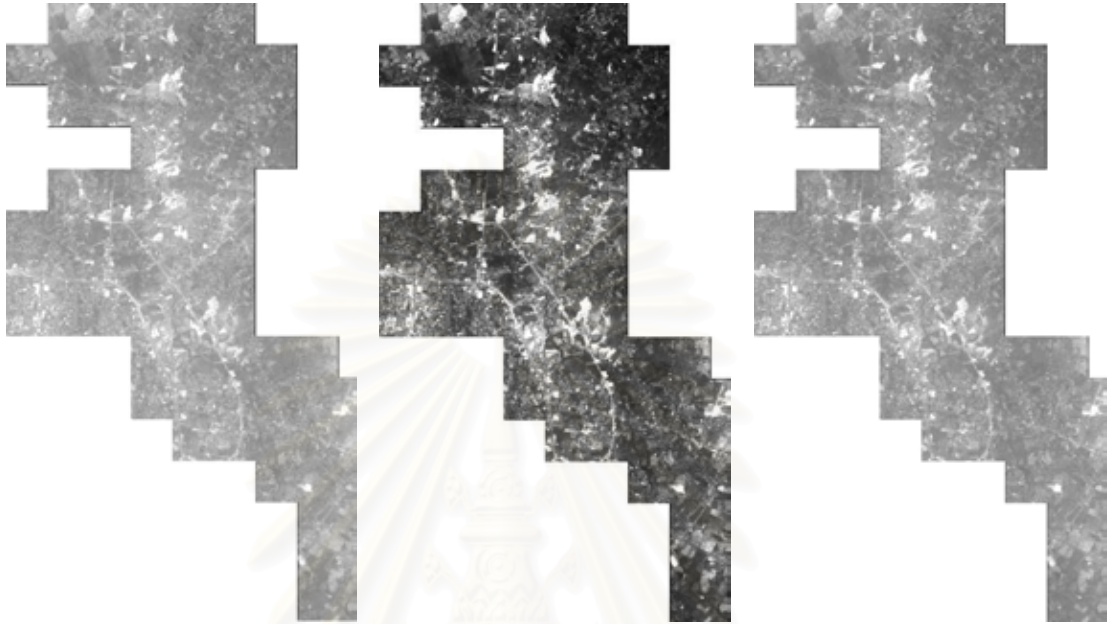


ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ

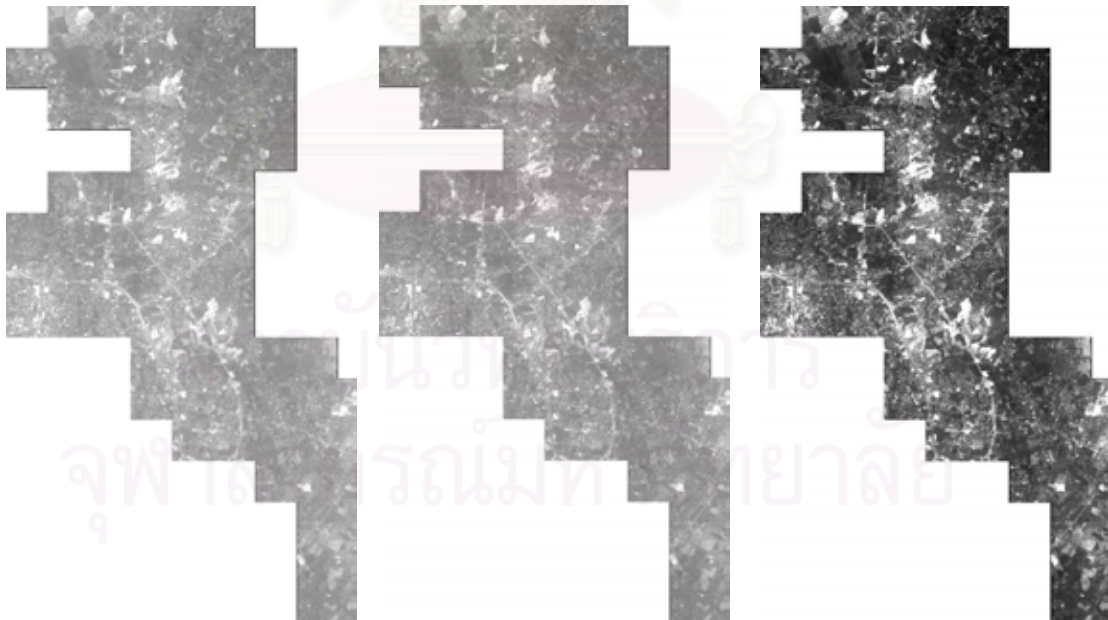
1. พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF

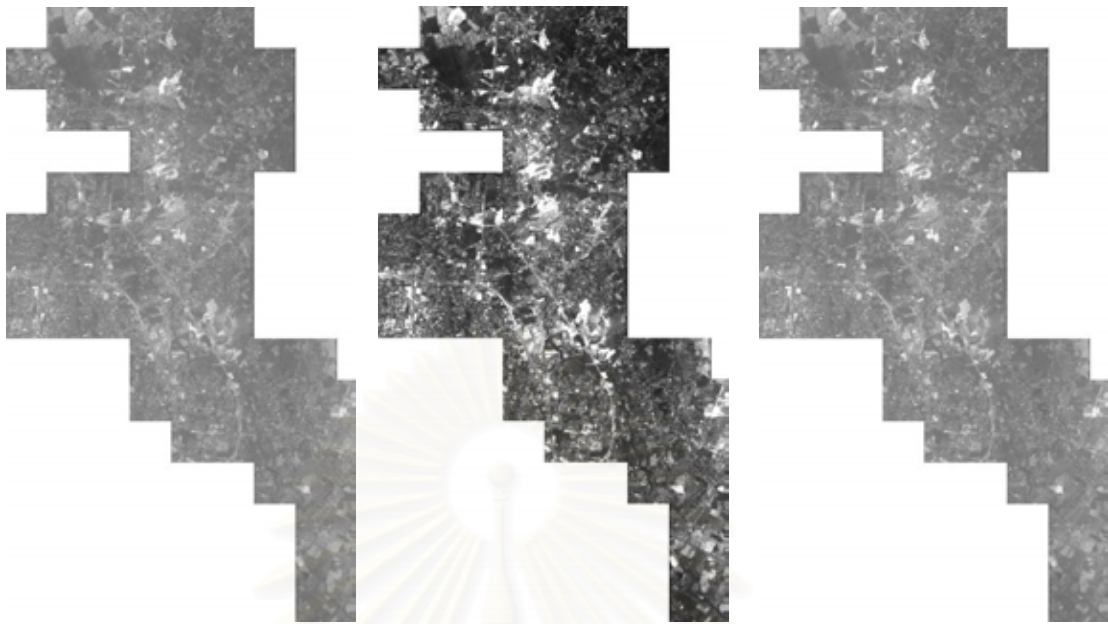


ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

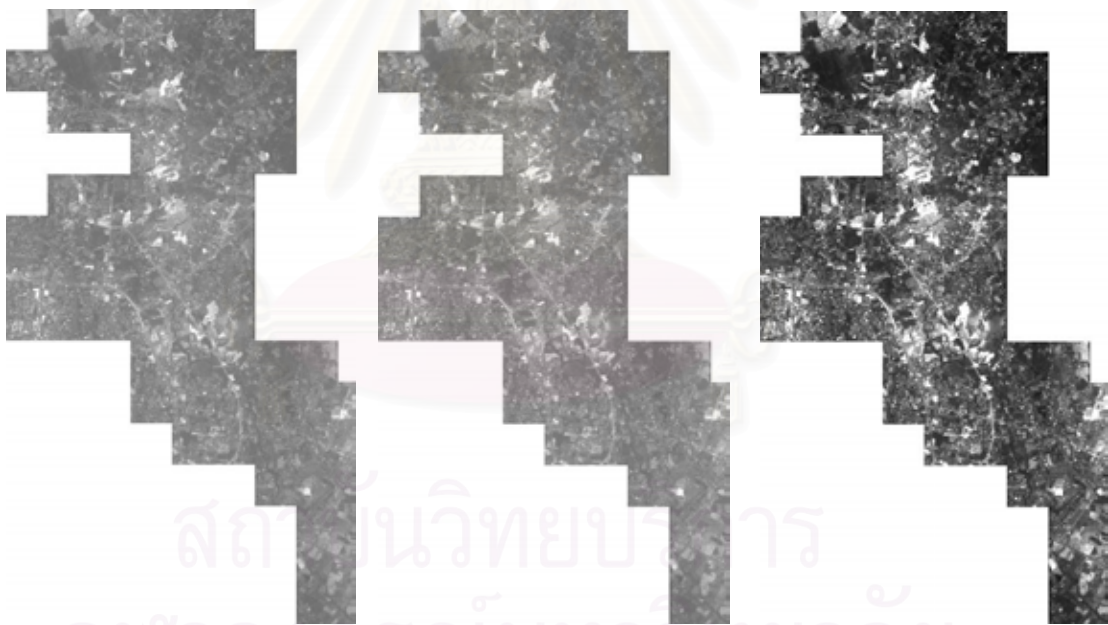
รูปที่ ข.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.เชียงใหม่
(แบนด์สีเขียว)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF

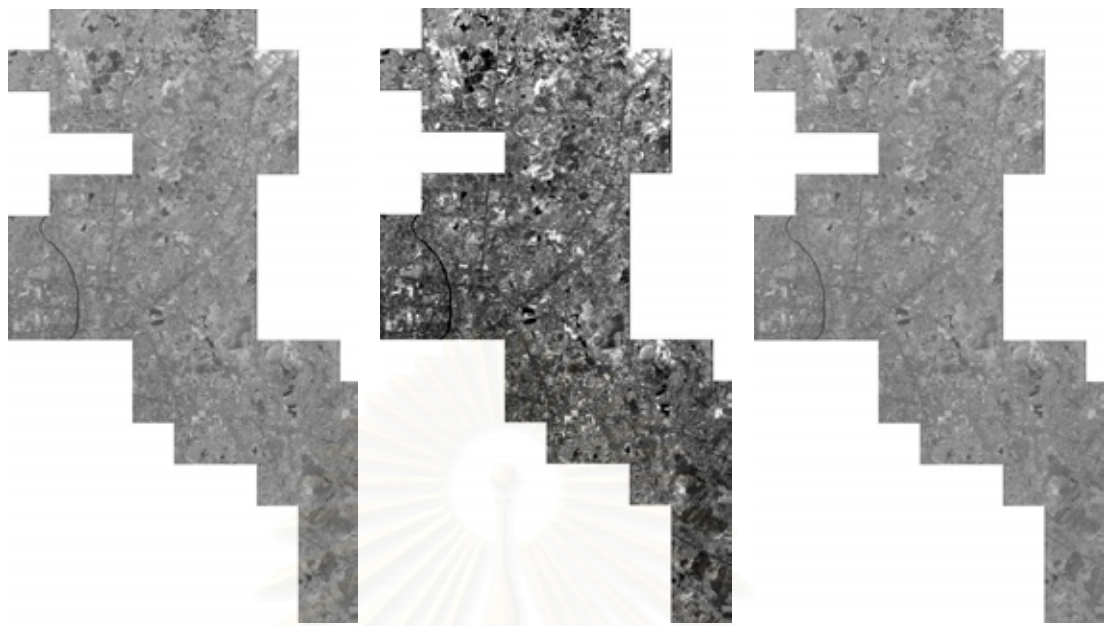


ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ข.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.เชียงใหม่
(แบนด์สีแดง)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ข.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.เชียงใหม่
(แบนด์สีอินฟราเรดใกล้)

2. พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา



รูปที่ ข.4 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.สงขลา
(แบนด์สี่เขียว)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR



ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB



จ) วิธี NC



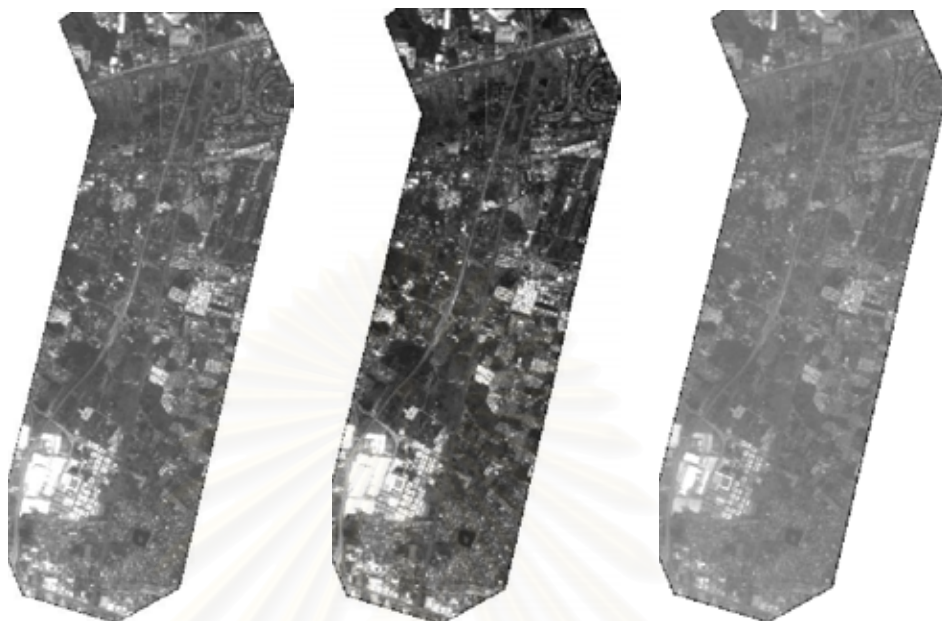
ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ข.5 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.สงขลา
(แบนด์สีแดง)



รูปที่ ข.6 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่ จ.สงขลา
(แบนด์สีอินฟราเรดใกล้)

3. พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ข.7 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล (แบนด์สี่เขียว)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ๗.๘ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่กรุงเทพฯและ
ปริมณฑล (แบนด์สีแดง)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

ฉ) ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

รูปที่ ข.9 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ พื้นที่กรุงเทพฯและ
ปริมณฑล (แบนด์สีอินฟราเรดใกล้)

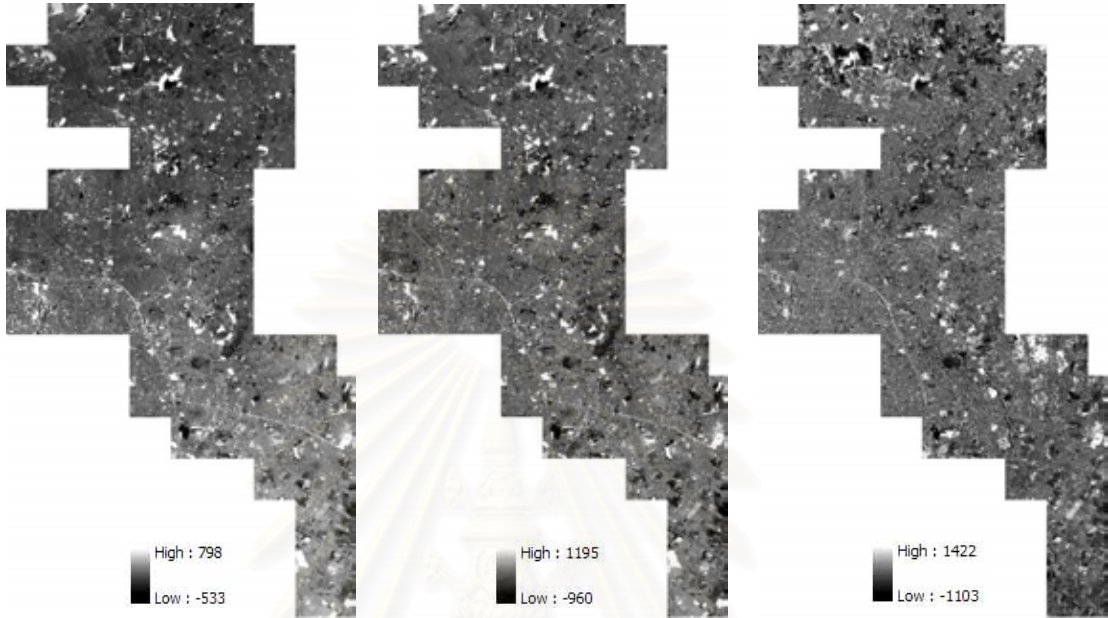


ภาคผนวก ค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพผลต่าง

1. ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น

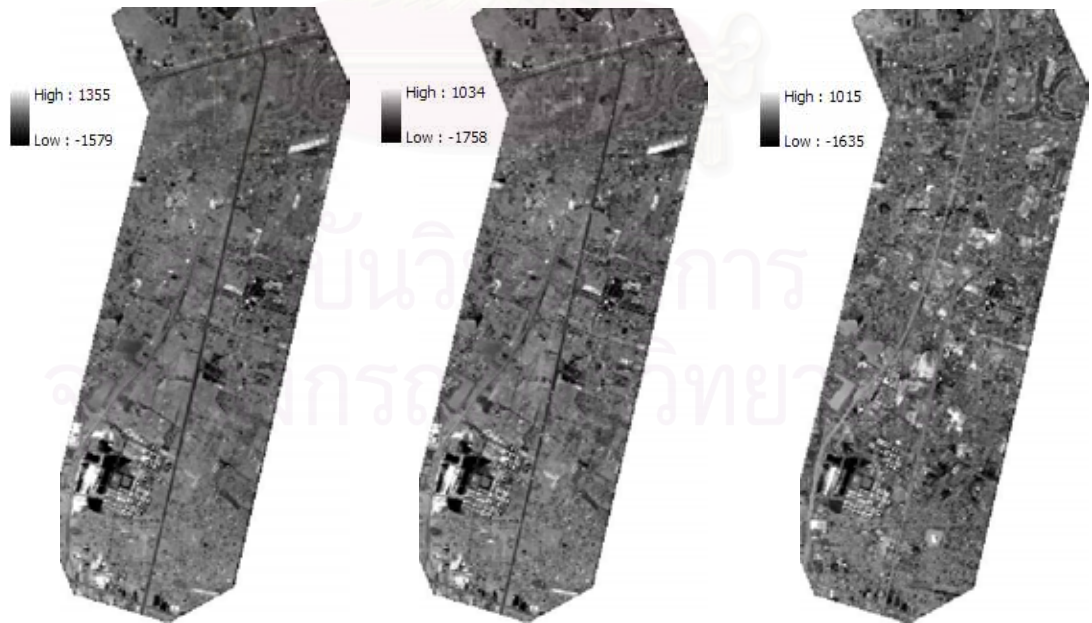


ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ ค.1 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
พื้นที่ จ.เชียงใหม่

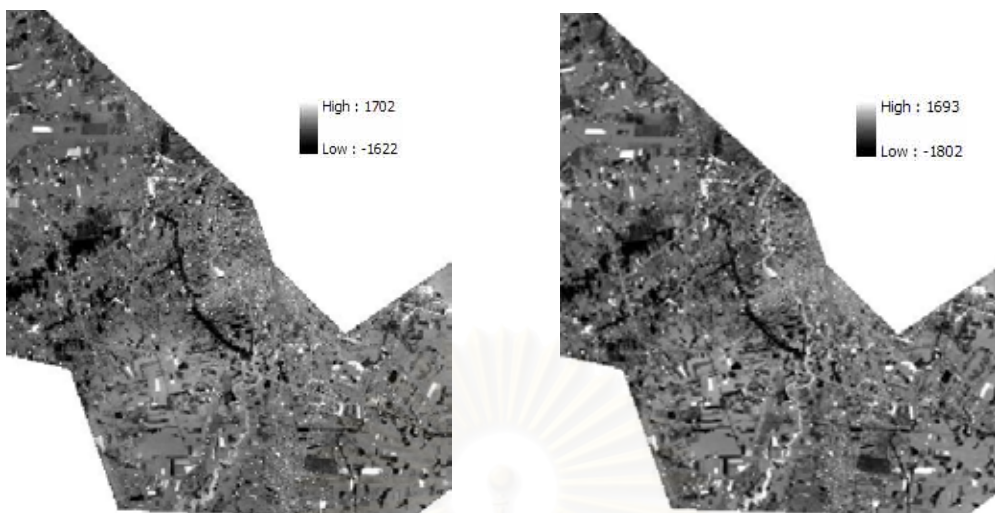


ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ ค.2 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล



ก) แบนด์สีเขียว

ข) แบนด์สีแดง

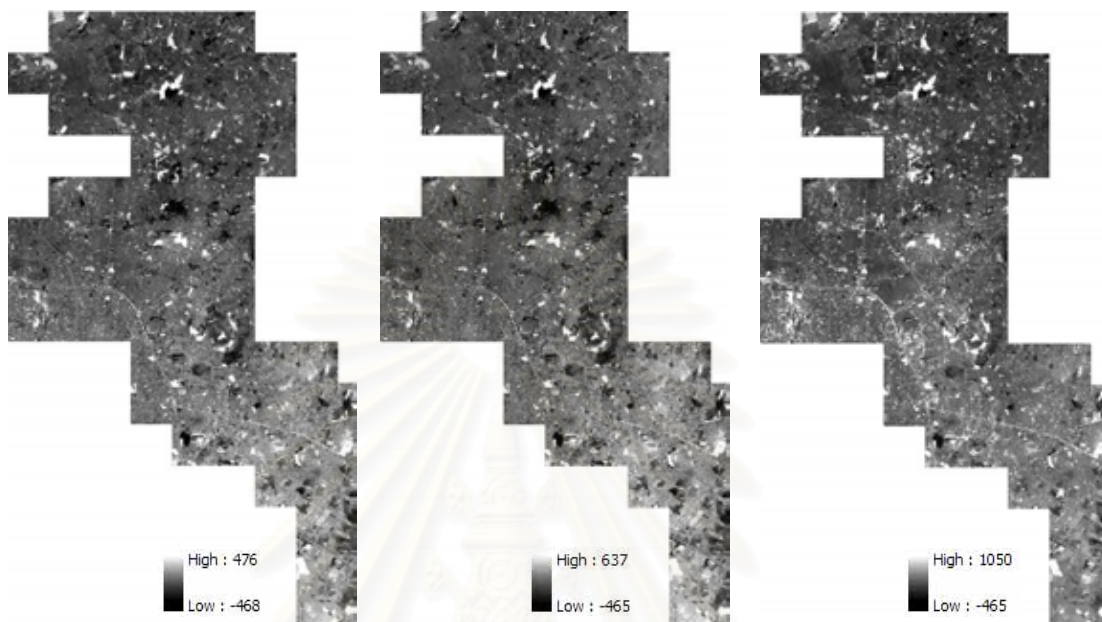


ค) แบนด์อินฟราเรดใกล้

รูปที่ ค.3 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น
พื้นที่ จ.สงขลา

2. ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นแล้ว

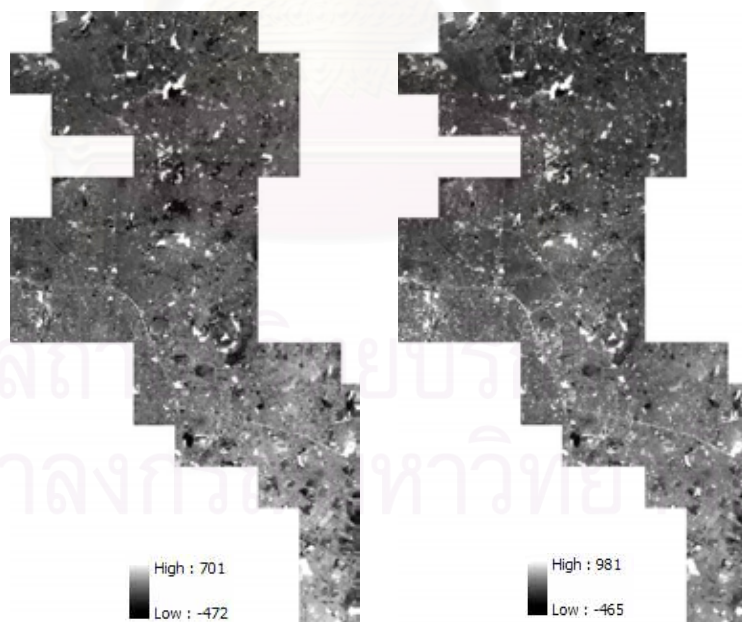
พื้นที่ศึกษา : จ.เชียงใหม่



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

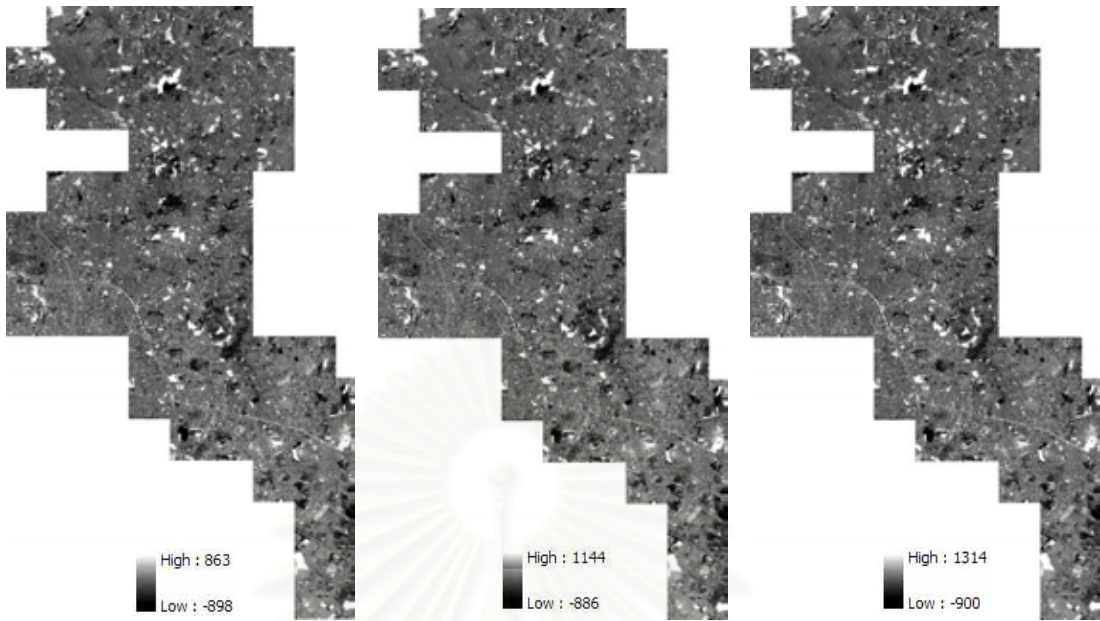
ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

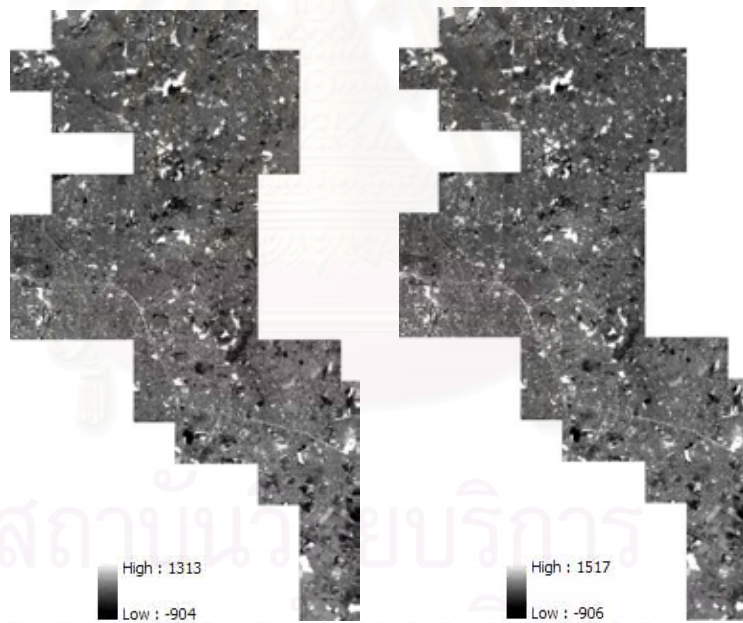
รูปที่ ค.4 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.เชียงใหม่ (แบนด์สีเขียว)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

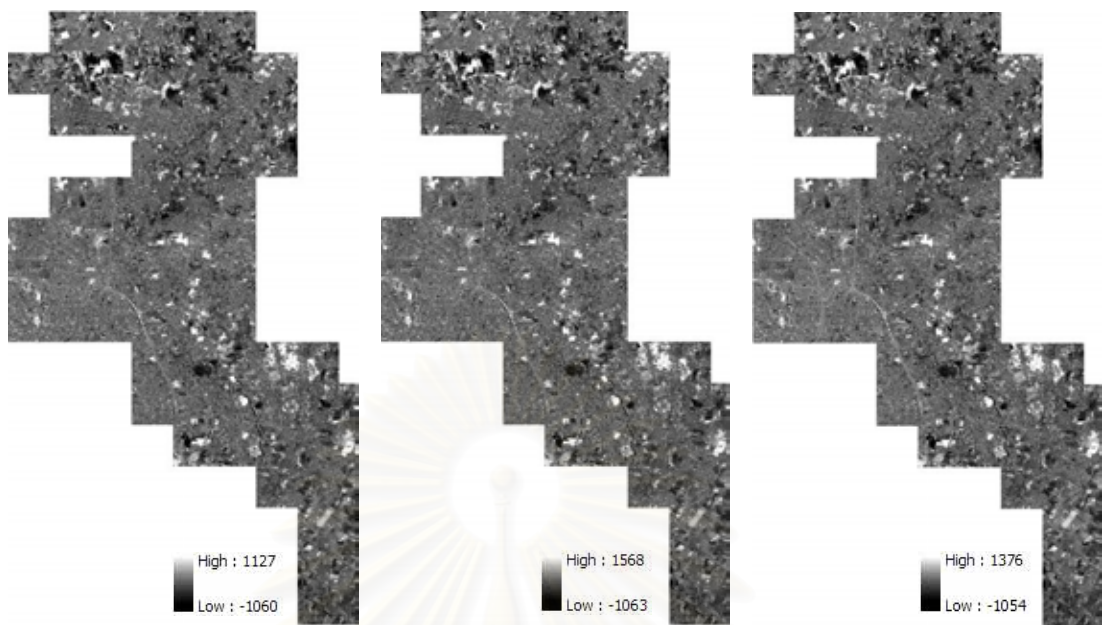
ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

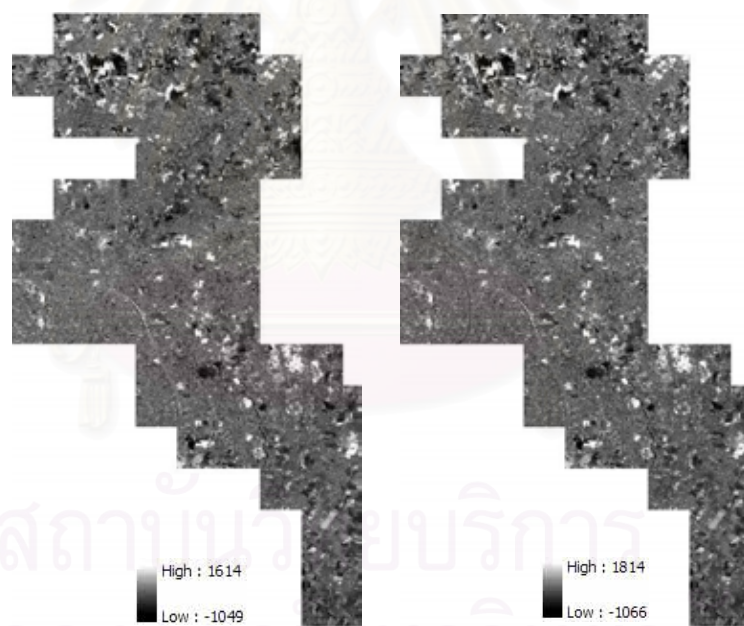
รูปที่ ค.5 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.เชียงใหม่ (แบนด์สีแดง)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF

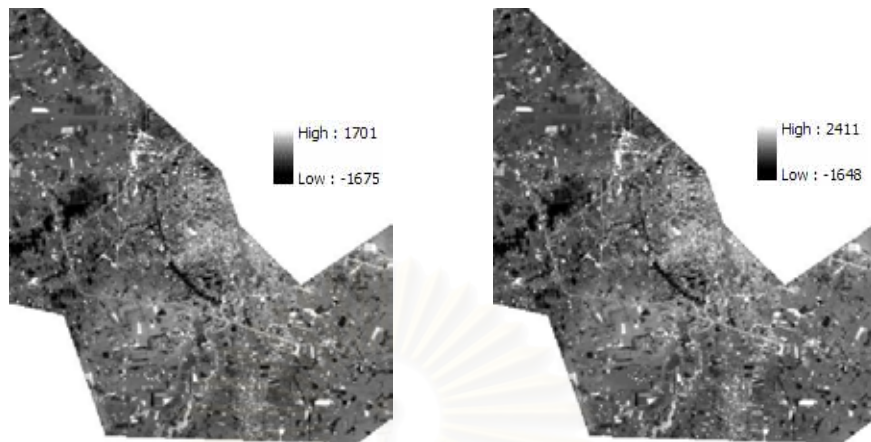


ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

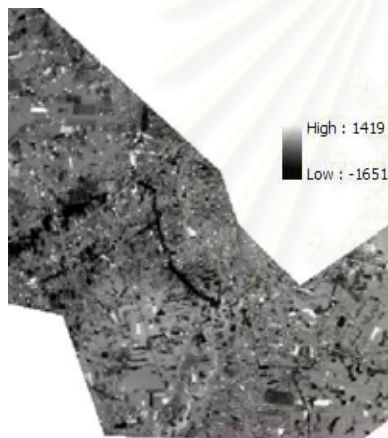
รูปที่ ค.6 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.เชียงใหม่ (แบนด์สีอินฟราเรดใกล้)

พื้นที่ศึกษา : จ.สงขลา

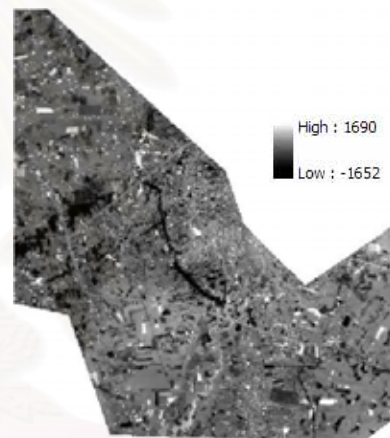


ก) วิธี HM

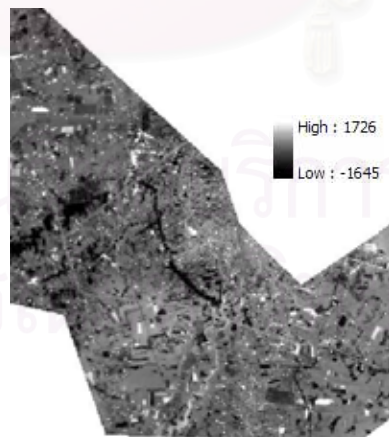
ข) วิธี SR



ค) วิธี PIF

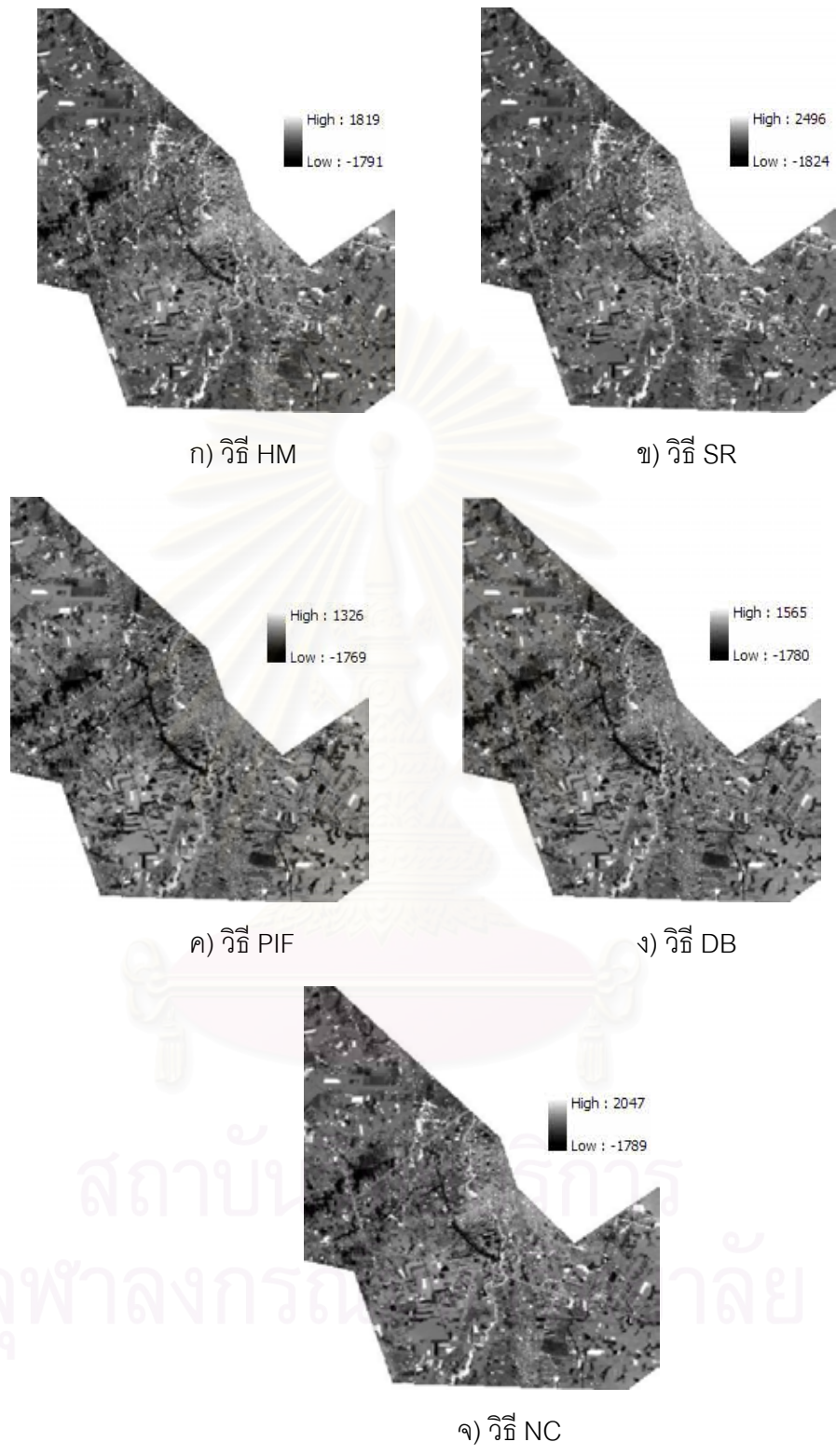


ง) วิธี DB

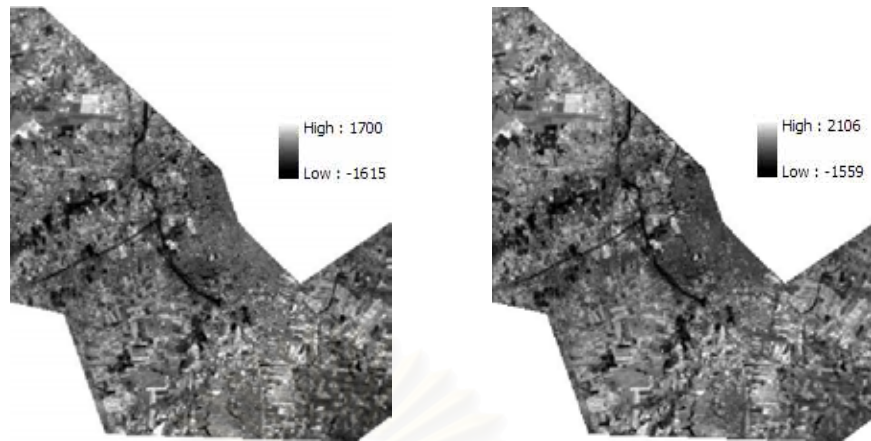


จ) วิธี NC

รูปที่ ค.7 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.สงขลา (แบนด์สี่เขียว)

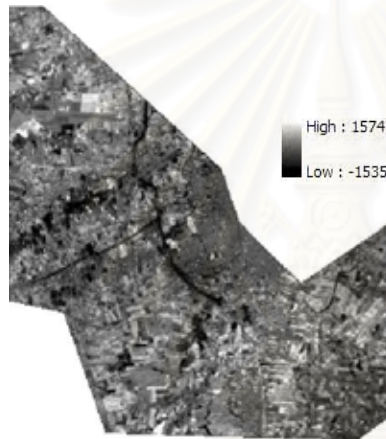


รูปที่ ค.8 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.สงขลา (แบนด์สีแดง)

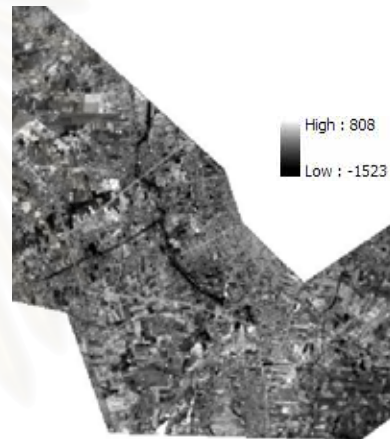


ก) วิธี HM

ข) วิธี SR



ค) วิธี PIF



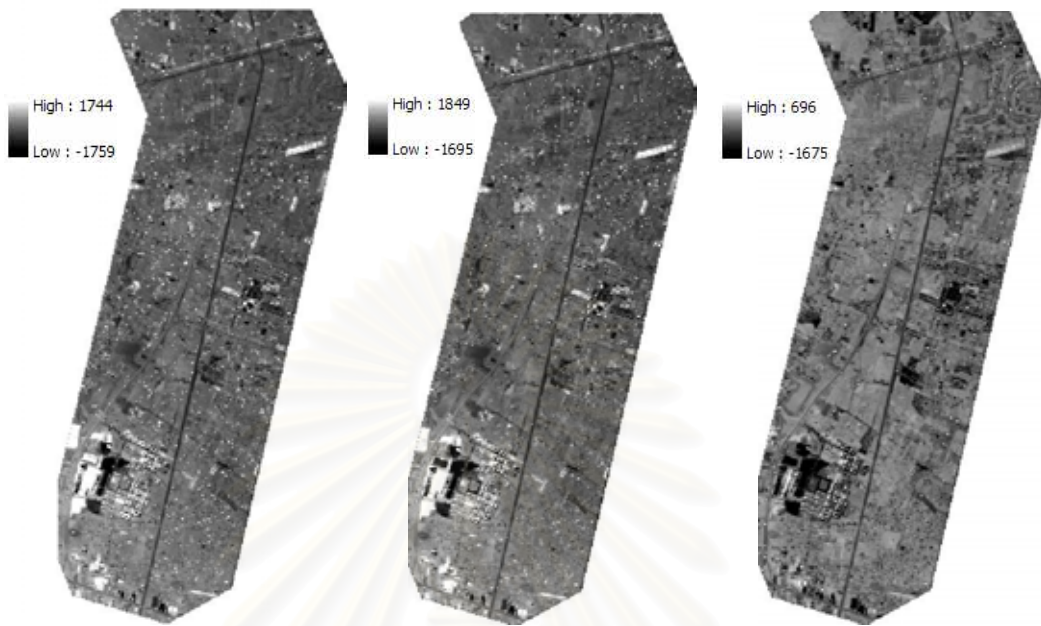
ง) วิธี DB



จ) วิธี NC

รูปที่ ค.9 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่ จ.สงขลา (แบนด์สีอินฟราเรดใกล้)

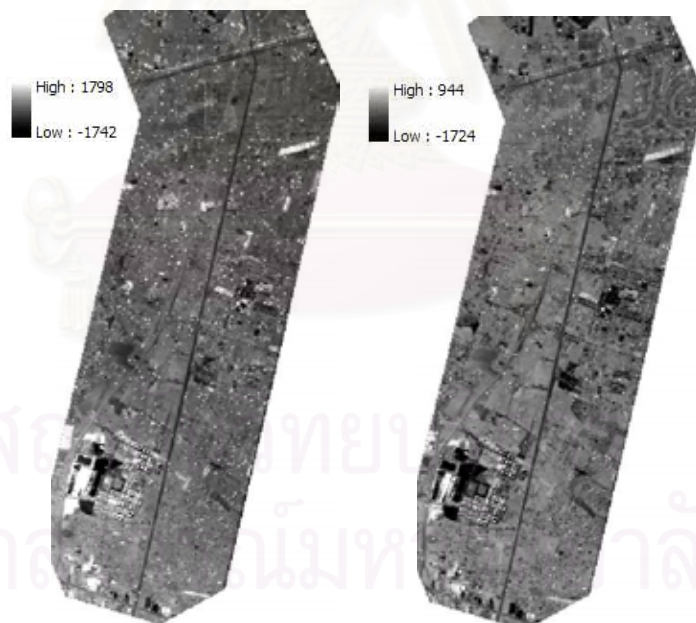
พื้นที่ศึกษา : กรุงเทพฯและปริมณฑล



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

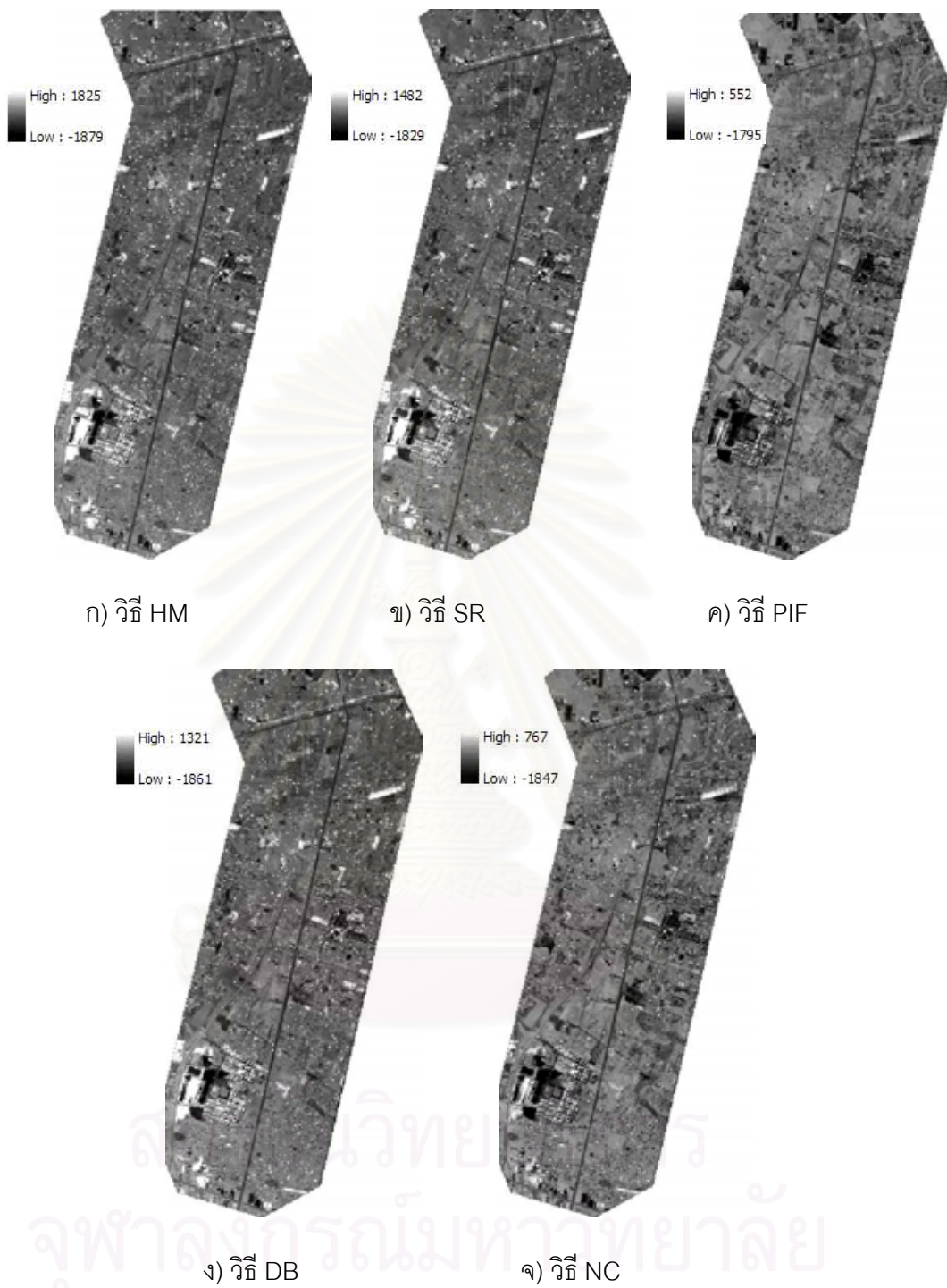
ค) วิธี PIF



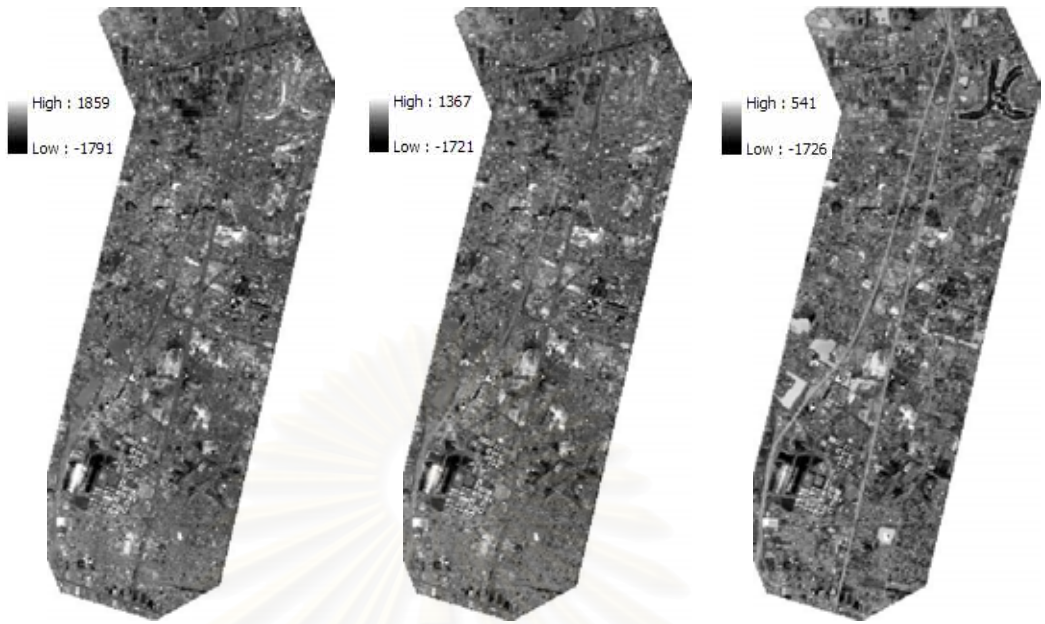
ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

รูปที่ ค.10 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล (แบนด์สี่เขียว)



รูปที่ ค.11 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล (แบนด์สีแดง)



ก) วิธี HM

ข) วิธี SR

ค) วิธี PIF



ง) วิธี DB

จ) วิธี NC

รูปที่ ค.12 ภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธีต่างๆ
พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล (แบนด์สี่อินฟราเรดใกล้)



ภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางค่าความถูกต้อง(Overall Accuracy)ที่แต่ละค่า Threshold

ตารางที่ ง.1 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น แบนด์สีเขียว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 29.542 mean = -66.167 mode = -77

Accuracy Indices	N							
	1.1	1.2*	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7*	1.8
change - change	68	67	65	64	64	62	62	60
change - no change	32	33	35	36	36	38	38	40
no change - no change	39	42	43	43	44	46	47	48
no change - change	11	8	7	7	6	4	3	2
Accuracy	107	109	108	107	108	108	109	108
Error	43	41	42	43	42	42	41	42
Omission error	32	33	35	36	36	38	38	40
%Omission error	32.00	33.00	35.00	36.00	36.00	38.00	38.00	40.00
Commission error	11	8	7	7	6	4	3	2
%Commission error	11.00	8.00	7.00	7.00	6.00	4.00	3.00	2.00
%Overall accuracy	71.33	72.67*	72.00	71.33	72.00	72.00	72.67*	72.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $1.2 \times 29.542 = 35.4504$ และ $1.7 \times 29.542 = 50.2214$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.2 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น แบนด์สีแดง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

RED sd = 48.271 mean = -64.636 mode = -69

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5*	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0
change - change	90	85	82	77	75	73	70	68
change - no change	10	15	18	23	25	27	30	32
no change - no change	19	27	32	36	39	40	41	43
no change - change	31	23	18	14	11	10	9	7
Accuracy	109	112	114	113	114	113	111	111
Error	41	38	36	37	36	37	39	39
Omission error	10	15	18	23	25	27	30	32
%Omission error	10.00	15.00	18.00	23.00	25.00	27.00	30.00	32.00
Commission error	31	23	18	14	11	10	9	7
%Commission error	31.00	23.00	18.00	14.00	11.00	10.00	9.00	7.00
%Overall accuracy	72.67	74.67	76.00*	75.33	76.00*	75.33	74.00	74.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.5 \times 48.271 = 24.1355$ และ $0.7 \times 48.271 = 33.7897$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.3 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น แบนดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.เชียงใหม่

NIR sd = 84.565 mean = -44.222 mode = -49

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0
change - change	84	79	77	75	74	68	64	61
change - no change	16	21	23	25	26	32	36	39
no change - no change	30	32	37	44	46	46	47	49
no change - change	20	18	13	6	4	4	3	1
Accuracy	114	111	114	119	120	114	111	110
Error	36	39	36	31	30	36	39	40
Omission error	16	21	23	25	26	32	36	39
%Omission error	16.00	21.00	23.00	25.00	26.00	32.00	36.00	39.00
Commission error	20	18	13	6	4	4	3	1
%Commission error	20.00	18.00	13.00	6.00	4.00	4.00	3.00	1.00
%Overall accuracy	76.00	74.00	76.00	79.33	80.00*	76.00	74.00	73.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.7 \times 84.565 = 59.1955$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.4 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบนดสีเขียว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 26.037 mean = -2.24 mode = -9

Accuracy Indices	N							
	0.6	0.7	0.8	0.9*	1.0	1.1	1.2	1.3
change - change	79	77	76	74	70	68	66	63
change - no change	21	23	24	26	30	32	34	37
no change - no change	35	36	37	41	41	44	48	48
no change - change	15	14	13	9	9	6	2	2
Accuracy	114	113	113	115	111	112	114	111
Error	36	37	37	35	39	38	36	39
Omission error	21	23	24	26	30	32	34	37
%Omission error	21.00	23.00	24.00	26.00	30.00	32.00	34.00	37.00
Commission error	15	14	13	9	9	6	2	2
%Commission error	15.00	14.00	13.00	9.00	9.00	6.00	2.00	2.00
%Overall accuracy	76.00	75.33	75.33	76.67*	74.00	74.67	76.00	74.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.9 \times 26.037 = 23.4333$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.7 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสรีเยว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 24.784 mean = 5.834 mode = 2

Accuracy Indices	N							
	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
change - change	79	78	76	74	73	71	67	65
change - no change	21	22	24	26	27	29	33	35
no change - no change	36	40	40	41	42	42	45	45
no change - change	14	10	10	9	8	8	5	5
Accuracy	115	118	116	115	115	113	112	110
Error	35	32	34	35	35	37	38	40
Omission error	21	22	24	26	27	29	33	35
%Omission error	21.00	22.00	24.00	26.00	27.00	29.00	33.00	35.00
Commission error	14	10	10	9	8	8	5	5
%Commission error	14.00	10.00	10.00	9.00	8.00	8.00	5.00	5.00
%Overall accuracy	76.67	78.67*	77.33	76.67	76.67	75.33	74.67	73.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.7 \times 24.784 = 17.349$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.8 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสรีแดง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

RED sd = 45.868 mean = 4.572 mode = 5

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5*	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
change - change	87	84	82	77	74	72	69	68
change - no change	13	16	18	23	26	28	31	32
no change - no change	22	27	35	39	41	41	44	44
no change - change	28	23	15	11	9	9	6	6
Accuracy	109	111	117	116	115	113	113	112
Error	41	39	33	34	35	37	37	38
Omission error	13	16	18	23	26	28	31	32
%Omission error	13.00	16.00	18.00	23.00	26.00	28.00	31.00	32.00
Commission error	28	23	15	11	9	9	6	6
%Commission error	28.00	23.00	15.00	11.00	9.00	9.00	6.00	6.00
%Overall accuracy	72.67	74.00	78.00*	77.33	76.67	75.33	75.33	74.67

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.5 \times 45.868 = 22.934$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.9 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดอินพราเรดใกล้ พื้นที่ จ.เชียงใหม่

NIR sd = 87.818 mean = -2.369 mode = -4

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0
change - change	83	80	77	76	73	71	66	61
change - no change	17	20	23	24	27	29	34	39
no change - no change	27	33	40	42	45	46	46	47
no change - change	23	17	10	8	5	4	4	3
Accuracy	110	113	117	118	118	117	112	108
Error	40	37	33	32	32	33	38	42
Omission error	17	20	23	24	27	29	34	39
%Omission error	17.00	20.00	23.00	24.00	27.00	29.00	34.00	39.00
Commission error	23	17	10	8	5	4	4	3
%Commission error	23.00	17.00	10.00	8.00	5.00	4.00	4.00	3.00
%Overall accuracy	73.33	75.33	78.00	78.67	78.67*	78.00	74.67	72.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.7 \times 87.818 = 61.4726$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.10 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดสีเขียว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 35.220 mean = -1.431 mode = -14

Accuracy Indices	N							
	0.8	0.9	1.0*	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
change - change	77	76	74	72	69	67	66	63
change - no change	23	24	26	28	31	33	34	37
no change - no change	29	32	36	37	37	40	40	41
no change - change	21	18	14	13	13	10	10	9
Accuracy	106	108	110	109	106	107	106	104
Error	44	42	40	41	44	43	44	46
Omission error	23	24	26	28	31	33	34	37
%Omission error	23.00	24.00	26.00	28.00	31.00	33.00	34.00	37.00
Commission error	21	18	14	13	13	10	10	9
%Commission error	21.00	18.00	14.00	13.00	13.00	10.00	10.00	9.00
%Overall accuracy	70.67	72.00	73.33*	72.67	70.67	71.33	70.67	69.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $1.0 \times 35.220 = 35.220$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.11 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิสcrete พื้นที่ จ.เชียงใหม่

RED sd = 49.623 mean = -2.156 mode = -9

Accuracy Indices	N							
	0.4	0.5	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0	1.1
change - change	84	81	77	76	72	72	69	68
change - no change	16	19	23	24	28	28	31	32
no change - no change	28	32	36	38	39	40	41	42
no change - change	22	18	14	12	11	10	9	8
Accuracy	112	113	113	114	111	112	110	110
Error	38	37	37	36	39	38	40	40
Omission error	16	19	23	24	28	28	31	32
%Omission error	16.00	19.00	23.00	24.00	28.00	28.00	31.00	32.00
Commission error	22	18	14	12	11	10	9	8
%Commission error	22.00	18.00	14.00	12.00	11.00	10.00	9.00	8.00
%Overall accuracy	74.67	75.33	75.33	76.00*	74.00	74.67	73.33	73.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.7 \times 49.623 = 34.7361$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.12 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.เชียงใหม่

NIR sd = 81.983 mean = 3.124 mode = 8

Accuracy Indices	N							
	0.2	0.3*	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
change - change	90	88	84	79	74	71	66	66
change - no change	10	12	16	21	26	29	34	34
no change - no change	23	31	34	37	41	41	46	47
no change - change	27	19	16	13	9	9	4	3
Accuracy	113	119	118	116	115	112	112	113
Error	37	31	32	34	35	38	38	37
Omission error	10	12	16	21	26	29	34	34
%Omission error	10.00	12.00	16.00	21.00	26.00	29.00	34.00	34.00
Commission error	27	19	16	13	9	9	4	3
%Commission error	27.00	19.00	16.00	13.00	9.00	9.00	4.00	3.00
%Overall accuracy	75.33	79.33*	78.67	77.33	76.67	74.67	74.67	75.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.3 \times 81.983 = 24.5949$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.13 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีเรียว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 25.901 mean = -2.916 mode = -10

Accuracy Indices	N							
	0.5	0.6	0.7	0.8*	0.9*	1.0	1.1	1.2
change - change	83	76	75	75	74	70	69	66
change - no change	17	24	25	25	26	30	31	34
no change - no change	29	34	37	40	41	42	43	45
no change - change	21	16	13	10	9	8	7	5
Accuracy	112	110	112	115	115	112	112	111
Error	38	40	38	35	35	38	38	39
Omission error	17	24	25	25	26	30	31	34
%Omission error	17.00	24.00	25.00	25.00	26.00	30.00	31.00	34.00
Commission error	21	16	13	10	9	8	7	5
%Commission error	21.00	16.00	13.00	10.00	9.00	8.00	7.00	5.00
%Overall accuracy	74.67	73.33	74.67	76.67*	76.67*	74.67	74.67	74.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.8 \times 25.901 = 20.7208$ และ $0.9 \times 25.901 = 23.3109$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.14 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีแดง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

RED sd = 49.685 mean = -5.817 mode = -13

Accuracy Indices	N							
	0.4	0.5*	0.6	0.7*	0.8	0.9	1.0	1.1
change - change	84	81	76	76	73	72	69	68
change - no change	16	19	24	24	27	28	31	32
no change - no change	28	32	36	37	39	40	41	42
no change - change	22	18	14	13	11	10	9	8
Accuracy	112	113	112	113	112	112	110	110
Error	38	37	38	37	38	38	40	40
Omission error	16	19	24	24	27	28	31	32
%Omission error	16.00	19.00	24.00	24.00	27.00	28.00	31.00	32.00
Commission error	22	18	14	13	11	10	9	8
%Commission error	22.00	18.00	14.00	13.00	11.00	10.00	9.00	8.00
%Overall accuracy	74.67	75.33*	74.67	75.33*	74.67	74.67	73.33	73.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.5 \times 49.685 = 24.8425$ และ $0.7 \times 49.685 = 34.7795$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.15 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.เชียงใหม่

NIR sd = 88.869 mean = 12.197 mode = 11

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5	0.6*	0.7*	0.8	0.9	1.0
change - change	83	79	77	76	73	70	66	60
change - no change	17	21	23	24	27	30	34	40
no change - no change	23	35	38	42	45	46	46	47
no change - change	27	15	12	8	5	4	4	3
Accuracy	106	114	115	118	118	116	112	107
Error	44	36	35	32	32	34	38	43
Omission error	17	21	23	24	27	30	34	40
%Omission error	17.00	21.00	23.00	24.00	27.00	30.00	34.00	40.00
Commission error	27	15	12	8	5	4	4	3
%Commission error	27.00	15.00	12	8.00	5.00	4.00	4.00	3.00
%Overall accuracy	70.67	76.00	76.67	78.67*	78.67*	77.33	74.67	71.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.6 \times 88.869 = 53.3214$ และ $0.7 \times 88.869 = 62.2083$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.16 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดีซีเขียว พื้นที่ จ.เชียงใหม่

GREEN sd = 32.960 mean = -0.367 mode = -14

Accuracy Indices	N							
	0.8	0.9	1.0*	1.1*	1.2	1.3	1.4	1.5
change - change	77	75	74	73	68	68	65	63
change - no change	23	25	26	27	32	32	35	37
no change - no change	28	34	37	38	39	39	41	42
no change - change	22	16	13	12	11	11	9	8
Accuracy	105	109	111	111	107	107	106	105
Error	45	41	39	39	43	43	44	45
Omission error	23	25	26	27	32	32	35	37
%Omission error	23.00	25.00	26.00	27.00	32.00	32.00	35.00	37.00
Commission error	22	16	13	12	11	11	9	8
%Commission error	22.00	16.00	13.00	12.00	11.00	11.00	9.00	8.00
%Overall accuracy	70.00	72.67	74.00*	74.00*	71.33	71.33	70.67	70.00

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $1.0 \times 32.960 = 32.960$ และ $1.1 \times 32.960 = 36.256$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.17 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิสแตง พื้นที่ จ.เชียงใหม่

RED sd = 55.296 mean = -0.668 mode = -16

Accuracy Indices	N							
	0.4	0.5*	0.6*	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
change - change	85	84	81	77	73	72	69	66
change - no change	15	16	19	23	27	28	31	34
no change - no change	25	28	31	32	32	34	34	40
no change - change	25	22	19	18	18	16	16	10
Accuracy	110	112	112	109	105	106	103	106
Error	40	38	38	41	45	44	47	44
Omission error	15	16	19	23	27	28	31	34
%Omission error	15.00	16.00	19.00	23.00	27.00	28.00	31.00	34.00
Commission error	25	22	19	18	18	16	16	10
%Commission error	25.00	22.00	19.00	18.00	18.00	16.00	16.00	10.00
%Overall accuracy	73.33	74.67*	74.67*	72.67	70.00	70.67	68.67	70.67

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.5 \times 55.296 = 27.648$ และ $0.6 \times 55.296 = 33.1776$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.18 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.เชียงใหม่

NIR sd = 96.754 mean = -0.677 mode = -15

Accuracy Indices	N							
	0.4	0.5	0.6*	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
change - change	80	77	75	72	70	67	64	64
change - no change	20	23	25	28	30	33	36	36
no change - no change	27	34	37	39	41	44	44	46
no change - change	23	16	13	11	9	6	6	4
Accuracy	107	111	112	111	111	111	108	110
Error	43	39	38	39	39	39	42	40
Omission error	20	23	25	28	30	33	36	36
%Omission error	20.00	23.00	25.00	28.00	30.00	33.00	36.00	36.00
Commission error	23	16	13	11	9	6	6	4
%Commission error	23.00	16.00	13.00	11.00	9.00	6.00	6.00	4.00
%Overall accuracy	71.33	74.00	74.67*	74.00	74.00	74.00	72.00	73.33

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.6 \times 96.754 = 58.0524$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.19 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่น แบนด์สีเขียว พื้นที่ จ.สงขลา

GREEN sd = 124.017 mean = 21.01 mode = 39

Accuracy Indices	N							
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9*	1.0	1.1
change - change	135	127	124	121	118	116	111	109
change - no change	23	31	34	37	40	42	47	49
no change - no change	19	25	31	34	39	42	43	46
no change - change	44	38	32	29	24	21	20	17
Accuracy	154	152	155	155	157	158	154	155
Error	67	69	66	66	64	63	67	66
Omission error	23	31	34	37	40	42	47	49
%Omission error	14.56	19.62	21.52	23.42	25.32	26.58	29.75	31.01
Commission error	44	38	32	29	24	21	20	17
%Commission error	27.85	24.05	20.25	18.35	15.19	13.29	12.66	10.76
%Overall accuracy	69.68	68.78	70.14	70.14	71.04	71.49*	69.68	70.14

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.9 \times 124.017 = 111.6153$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.20 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่น แบนด์สีแดง พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 136.369 mean = -24.377 mode = 17

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2*	0.3	0.4	0.5*	0.6	0.7	0.8
change - change	154	152	146	138	134	128	123	118
change - no change	4	6	12	20	24	30	35	40
no change - no change	7	14	17	22	32	35	40	43
no change - change	56	49	46	41	31	28	23	20
Accuracy	161	166	163	160	166	163	163	161
Error	60	55	58	61	55	58	58	60
Omission error	4	6	12	20	24	30	35	40
%Omission error	2.53	3.80	7.59	12.66	15.19	18.99	22.15	25.32
Commission error	56	49	46	41	31	28	23	20
%Commission error	35.44	31.01	29.11	25.95	19.62	17.72	14.56	12.66
%Overall accuracy	72.85	75.11*	73.76	72.40	75.11*	73.76	73.76	72.85

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.2 \times 136.369 = 27.2738$ และ $0.5 \times 136.369 = 68.1845$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.21 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่น แบนดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.สงขลา

NIR sd = 196.910 mean = 163.796 mode = 164

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2*	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	145	140	134	125	117	111	105	92
change - no change	13	18	24	33	41	47	53	66
no change - no change	9	17	21	29	33	40	41	46
no change - change	54	46	42	34	30	23	22	17
Accuracy	154	157	155	154	150	151	146	138
Error	67	64	66	67	71	70	75	83
Omission error	13	18	24	33	41	47	53	66
%Omission error	8.23	11.39	15.19	20.89	25.95	29.75	33.54	41.77
Commission error	54	46	42	34	30	23	22	17
%Commission error	34.18	29.11	26.58	21.52	18.99	14.56	13.92	10.76
%Overall accuracy	69.68	71.04*	70.14	69.68	67.87	68.33	66.06	62.44

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.2 \times 196.910 = 39.382$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.22 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบนดสีเขียว พื้นที่ จ.สงขลา

GREEN sd = 134.387 mean = -3.934 mode = -14

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	154	149	146	140	135	128	124	117
change - no change	4	9	12	18	23	30	34	41
no change - no change	5	7	10	14	18	24	30	31
no change - change	58	56	53	49	45	39	33	32
Accuracy	159	156	156	154	153	152	154	148
Error	62	65	65	67	68	69	67	73
Omission error	4	9	12	18	23	30	34	41
%Omission error	2.53	5.70	7.59	11.39	14.56	18.99	21.52	25.95
Commission error	58	56	53	49	45	39	33	32
%Commission error	36.71	35.44	33.54	31.01	28.48	24.68	20.89	20.25
%Overall accuracy	71.95*	70.59	70.59	69.68	69.23	68.78	69.68	66.97

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 134.387 = 13.4387$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.23 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบบดิสcrete พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 147.21 mean = -2.948 mode = -10

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	150	142	138	133	127	118	116	114
change - no change	8	16	20	25	31	40	42	44
no change - no change	6	9	9	12	17	22	28	33
no change - change	57	54	54	51	46	41	35	30
Accuracy	156	151	147	145	144	140	144	147
Error	65	70	74	76	77	81	77	74
Omission error	8	16	20	25	31	40	42	44
%Omission error	5.06	10.13	12.66	15.82	19.62	25.32	26.58	27.85
Commission error	57	54	54	51	46	41	35	30
%Commission error	36.08	34.18	34.18	32.28	29.11	25.95	22.15	18.99
%Overall accuracy	70.59*	68.33	66.52	65.61	65.16	63.35	65.16	66.52

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 147.21 = 14.721$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.24 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.สงขลา

NIR sd = 184.789 mean = -3.67 mode = 11

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	141	132	128	121	117	108	101
change - no change	6	17	26	30	37	41	50	57
no change - no change	11	17	23	31	34	38	41	45
no change - change	52	46	40	32	29	25	22	18
Accuracy	163	158	155	159	155	155	149	146
Error	58	63	66	62	66	66	72	75
Omission error	6	17	26	30	37	41	50	57
%Omission error	3.80	10.76	16.46	18.99	23.42	25.95	31.65	36.08
Commission error	52	46	40	32	29	25	22	18
%Commission error	32.91	29.11	25.32	20.25	18.35	15.82	13.92	11.39
%Overall accuracy	73.76*	71.49	70.14	71.95	70.14	70.14	67.42	66.06

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 184.789 = 18.4789$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.25 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสีเขียว พื้นที่ จ.สงขลา

GREEN sd = 142.797 mean = 21.288 mode = -1

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2*	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	149	146	142	139	137	130	122	118
change - no change	9	12	16	19	21	28	36	40
no change - no change	1	7	10	12	13	15	21	26
no change - change	62	56	53	51	50	48	42	37
Accuracy	150	153	152	151	150	145	143	144
Error	71	68	69	70	71	76	78	77
Omission error	9	12	16	19	21	28	36	40
%Omission error	5.70	7.59	10.13	12.03	13.29	17.72	22.78	25.32
Commission error	62	56	53	51	50	48	42	37
%Commission error	39.24	35.44	33.54	32.28	31.65	30.38	26.58	23.42
%Overall accuracy	67.87	69.23*	68.78	68.33	67.87	65.61	64.71	65.16

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.2 \times 142.797 = 28.559$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.26 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสีแดง พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 153.32 mean = -20.834 mode = -31

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	154	147	139	130	127	122	116	108
change - no change	4	11	19	28	31	36	42	50
no change - no change	1	2	6	12	14	20	27	34
no change - change	62	61	57	51	49	43	36	29
Accuracy	155	149	145	142	141	142	143	142
Error	66	72	76	79	80	79	78	79
Omission error	4	11	19	28	31	36	42	50
%Omission error	2.53	6.96	12.03	17.72	19.62	22.78	26.58	31.65
Commission error	62	61	57	51	49	43	36	29
%Commission error	39.24	38.61	36.08	32.28	31.01	27.22	22.78	18.35
%Overall accuracy	70.14*	67.42	65.61	64.25	63.80	64.25	64.71	64.25

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 153.32 = 15.332$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.29 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิสcrete พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 137.160 mean = -4.093 mode = 68

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2	0.3	0.4*	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	154	150	144	138	133	129	124	116
change - no change	4	8	14	20	25	29	34	42
no change - no change	10	18	26	34	37	39	40	40
no change - change	53	45	37	29	26	24	23	23
Accuracy	164	168	170	172	170	168	164	156
Error	57	53	51	49	51	53	57	65
Omission error	4	8	14	20	25	29	34	42
%Omission error	2.53	5.06	8.86	12.66	15.82	18.35	21.52	26.58
Commission error	53	45	37	29	26	24	23	23
%Commission error	33.54	28.48	23.42	18.35	16.46	15.19	14.56	14.56
%Overall accuracy	74.21	76.02	76.92	77.83*	76.92	76.02	74.21	70.59

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.4 \times 137.160 = 54.864$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.30 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.สงขลา

NIR sd = 193.189 mean = 137.464 mode = 117

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	139	132	125	117	107	95	85
change - no change	6	19	26	33	41	51	63	73
no change - no change	14	22	25	31	38	42	44	47
no change - change	49	41	38	32	25	21	19	16
Accuracy	166	161	157	156	155	149	139	132
Error	55	60	64	65	66	72	82	89
Omission error	6	19	26	33	41	51	63	73
%Omission error	3.80	12.03	16.46	20.89	25.95	32.28	39.87	46.20
Commission error	49	41	38	32	25	21	19	16
%Commission error	31.01	25.95	24.05	20.25	15.82	13.29	12.03	10.13
%Overall accuracy	75.11*	72.85	71.04	70.59	70.14	67.42	62.90	59.73

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 193.189 = 19.3189$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.31 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีเรียว พื้นที่ จ.สงขลา

GREEN sd = 124.199 mean = -8.235 mode = 8

Accuracy Indices	N							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9*	1.0
change - change	144	136	128	124	122	117	116	110
change - no change	14	22	30	34	36	41	42	48
no change - no change	12	19	26	31	34	37	42	43
no change - change	51	44	37	32	29	26	21	20
Accuracy	156	155	154	155	156	154	158	153
Error	65	66	67	66	65	67	63	68
Omission error	14	22	30	34	36	41	42	48
%Omission error	8.86	13.92	18.99	21.52	22.78	25.95	26.58	30.38
Commission error	51	44	37	32	29	26	21	20
%Commission error	32.28	27.85	23.42	20.25	18.35	16.46	13.29	12.66
%Overall accuracy	70.59	70.14	69.68	70.14	70.59	69.68	71.49*	69.23

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.9 \times 124.199 = 111.7791$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.32 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีแดง พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 135.939 mean = -7.470 mode = 46

Accuracy Indices	N							
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6*	0.7	0.8	0.9
change - change	146	140	136	132	130	127	118	115
change - no change	12	18	22	26	28	31	40	43
no change - no change	15	23	28	35	41	41	42	43
no change - change	48	40	35	28	22	22	21	20
Accuracy	161	163	164	167	171	168	160	158
Error	60	58	57	54	50	53	61	63
Omission error	12	18	22	26	28	31	40	43
%Omission error	7.59	11.39	13.92	16.46	17.72	19.62	25.32	27.22
Commission error	48	40	35	28	22	22	21	20
%Commission error	30.38	25.32	22.15	17.72	13.92	13.92	13.29	12.66
%Overall accuracy	72.85	73.76	74.21	75.57	77.38*	76.02	72.40	71.49

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.6 \times 135.939 = 81.5634$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.33 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.สงขลา

NIR sd = 152.480 mean = 5.281 mode = 10

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	153	147	137	127	122	115	104	99
change - no change	5	11	21	31	36	43	54	59
no change - no change	3	7	10	11	19	26	31	33
no change - change	60	56	53	52	44	37	32	30
Accuracy	156	154	147	138	141	141	135	132
Error	65	67	74	83	80	80	86	89
Omission error	5	11	21	31	36	43	54	59
%Omission error	3.16	6.96	13.29	19.62	22.78	27.22	34.18	37.34
Commission error	60	56	53	52	44	37	32	30
%Commission error	37.97	35.44	33.54	32.91	27.85	23.42	20.25	18.99
%Overall accuracy	70.59*	69.68	66.52	62.44	63.80	63.80	61.09	59.73

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 152.480 = 15.2480$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.34 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดีซีเขียว พื้นที่ จ.สงขลา

GREEN sd = 124.523 mean = -0.651 mode = 17

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2	0.3	0.4*	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	153	147	141	138	129	124	121	116
change - no change	5	11	17	20	29	34	37	42
no change - no change	3	7	12	19	25	30	35	37
no change - change	60	56	51	44	38	33	28	26
Accuracy	156	154	153	157	154	154	156	153
Error	65	67	68	64	67	67	65	68
Omission error	5	11	17	20	29	34	37	42
%Omission error	3.16	6.96	10.76	12.66	18.35	21.52	23.42	26.58
Commission error	60	56	51	44	38	33	28	26
%Commission error	37.97	35.44	32.28	27.85	24.05	20.89	17.72	16.46
%Overall accuracy	70.59	69.68	69.23	71.04*	69.68	69.68	70.59	69.23

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.4 \times 124.523 = 49.8092$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.35 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิสcrete พื้นที่ จ.สงขลา

RED sd = 140.530 mean = -0.473 mode = 17

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7*	0.8
change - change	152	145	136	131	130	127	126	118
change - no change	6	13	22	27	28	31	32	40
no change - no change	3	8	11	13	19	27	33	39
no change - change	60	55	52	50	44	36	30	24
Accuracy	155	153	147	144	149	154	159	157
Error	66	68	74	77	72	67	62	64
Omission error	6	13	22	27	28	31	32	40
%Omission error	3.80	8.23	13.92	17.09	17.72	19.62	20.25	25.32
Commission error	60	55	52	50	44	36	30	24
%Commission error	37.97	34.81	32.91	31.65	27.85	22.78	18.99	15.19
%Overall accuracy	70.14	69.23	66.52	65.16	67.42	69.68	71.95*	71.04

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.7 \times 140.530 = 98.371$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.36 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่ จ.สงขลา

NIR sd = 201.605 mean = -0.104 mode = 11

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2*	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	146	141	135	124	116	111	107	94
change - no change	12	17	23	34	42	47	51	64
no change - no change	4	12	16	27	32	35	40	44
no change - change	59	51	47	36	31	28	23	19
Accuracy	150	153	151	151	148	146	147	138
Error	71	68	70	70	73	75	74	83
Omission error	12	17	23	34	42	47	51	64
%Omission error	7.59	10.76	14.56	21.52	26.58	29.75	32.28	40.51
Commission error	59	51	47	36	31	28	23	19
%Commission error	37.34	32.28	29.75	22.78	19.62	17.72	14.56	12.03
%Overall accuracy	67.87	69.23*	68.33	68.33	66.97	66.06	66.52	62.44

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.2 \times 201.605 = 40.321$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.37 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นแบนด์สีเขียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 97.254 mean = 152.532 mode = 171

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	131	110	96	72	64	50	41
change - no change	23	44	65	79	103	111	125	134
no change - no change	4	12	17	24	26	30	35	42
no change - change	74	66	61	54	52	48	43	36
Accuracy	156	143	127	120	98	94	85	83
Error	97	110	126	133	155	159	168	170
Omission error	23	44	65	79	103	111	125	134
%Omission error	13.14	25.14	37.14	45.14	58.86	63.43	71.43	76.57
Commission error	74	66	61	54	52	48	43	36
%Commission error	42.29	37.71	34.86	30.86	29.71	27.43	24.57	20.57
%Overall accuracy	61.66*	56.52	50.20	47.43	38.74	37.15	33.60	32.81

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 97.254 = 9.7254$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.38 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นแบนด์สีแดง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 88.307 mean = 95.200 mode = 117

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	154	125	113	99	87	75	58	52
change - no change	21	50	62	76	88	100	117	123
no change - no change	3	11	17	23	27	32	36	39
no change - change	75	67	61	55	51	46	42	39
Accuracy	157	136	130	122	114	107	94	91
Error	96	117	123	131	139	146	159	162
Omission error	21	50	62	76	88	100	117	123
%Omission error	12.00	28.57	35.43	43.43	50.29	57.14	66.86	70.29
Commission error	75	67	61	55	51	46	42	39
%Commission error	42.86	38.29	34.86	31.43	29.14	26.29	24.00	22.29
%Overall accuracy	62.06*	53.75	51.38	48.22	45.06	42.29	37.15	35.97

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 88.307 = 8.8307$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.39 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ไม่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นแบนด์อินฟราเรดใกล้ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 122.998 mean = 94.089 mode = 115

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	161	147	129	115	96	85	76	70
change - no change	14	28	46	60	79	90	99	105
no change - no change	11	16	22	26	29	35	39	46
no change - change	67	62	56	52	49	43	39	32
Accuracy	172	163	151	141	125	120	115	116
Error	81	90	102	112	128	133	138	137
Omission error	14	28	46	60	79	90	99	105
%Omission error	8.00	16.00	26.29	34.29	45.14	51.43	56.57	60.00
Commission error	67	62	56	52	49	43	39	32
%Commission error	38.29	35.43	32.00	29.71	28.00	24.57	22.29	18.29
%Overall accuracy	67.98*	64.43	59.68	55.73	49.41	47.43	45.45	45.85

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 122.998 = 12.2998$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.40 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบนด์สีเขียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 109.301 mean = -4.285 mode = -6

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	151	123	108	91	70	60	51	44
change - no change	24	52	67	84	105	115	124	131
no change - no change	13	24	29	35	43	49	53	56
no change - change	65	54	49	43	35	29	25	22
Accuracy	164	147	137	126	113	109	104	100
Error	89	106	116	127	140	144	149	153
Omission error	24	52	67	84	105	115	124	131
%Omission error	13.71	29.71	38.29	48.00	60.00	65.71	70.86	74.86
Commission error	65	54	49	43	35	29	25	22
%Commission error	37.14	30.86	28.00	24.57	20.00	16.57	14.29	12.57
%Overall accuracy	64.82*	58.10	54.15	49.80	44.66	43.08	41.11	39.53

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 109.301 = 10.9301$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.41 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบบดิสcrete พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 99.859 mean = -3.685 mode = -8

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	140	122	109	94	78	66	55	44
change - no change	35	53	66	81	97	109	120	131
no change - no change	16	29	36	42	47	52	55	55
no change - change	62	49	42	36	31	26	23	23
Accuracy	156	151	145	136	125	118	110	99
Error	97	102	108	117	128	135	143	154
Omission error	35	53	66	81	97	109	120	131
%Omission error	20.00	30.29	37.71	46.29	55.43	62.29	68.57	74.86
Commission error	62	49	42	36	31	26	23	23
%Commission error	35.43	28.00	24.00	20.57	17.71	14.86	13.14	13.14
%Overall accuracy	61.66*	59.68	57.31	53.75	49.41	46.64	43.48	39.13

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 99.859 = 9.9859$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.42 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี HM แบบดิสนิฟราเรดโกล์ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 140.741 mean = -3.49 mode = -13

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	164	148	131	117	108	96	86	75
change - no change	11	27	44	58	67	79	89	100
no change - no change	8	21	38	45	52	58	60	65
no change - change	70	57	40	33	26	20	18	13
Accuracy	172	169	169	162	160	154	146	140
Error	81	84	84	91	93	99	107	113
Omission error	11	27	44	58	67	79	89	100
%Omission error	6.29	15.43	25.14	33.14	38.29	45.14	50.86	57.14
Commission error	70	57	40	33	26	20	18	13
%Commission error	40.00	32.57	22.86	18.86	14.86	11.43	10.29	7.43
%Overall accuracy	67.98*	66.80	66.80	64.03	63.24	60.87	57.71	55.34

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 140.741 = 14.0741$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.43 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสีเขียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 102.644 mean = 55.395 mode = 48

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	130	113	87	77	64	56	49
change - no change	23	45	62	88	98	111	119	126
no change - no change	16	26	31	39	43	48	53	59
no change - change	62	52	47	39	35	30	25	19
Accuracy	168	156	144	126	120	112	109	108
Error	85	97	109	127	133	141	144	145
Omission error	23	45	62	88	98	111	119	126
%Omission error	13.14	25.71	35.43	50.29	56.00	63.43	68.00	72.00
Commission error	62	52	47	39	35	30	25	19
%Commission error	35.43	29.71	26.86	22.29	20.00	17.14	14.29	10.86
%Overall accuracy	66.40*	61.66	56.92	49.80	47.43	44.27	43.08	42.69

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 102.644 = 10.644$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.44 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิสีแดง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 93.352 mean = 43.515 mode = 42

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	142	126	110	96	85	71	61	53
change - no change	33	49	65	79	90	104	114	122
no change - no change	20	27	34	38	46	52	54	54
no change - change	58	51	44	40	32	26	24	24
Accuracy	162	153	144	134	131	123	115	107
Error	91	100	109	119	122	130	138	146
Omission error	33	49	65	79	90	104	114	122
%Omission error	18.86	28.00	37.14	45.14	51.43	59.43	65.14	69.71
Commission error	58	51	44	40	32	26	24	24
%Commission error	33.14	29.14	25.14	22.86	18.29	14.86	13.71	13.71
%Overall accuracy	64.03*	60.47	56.92	52.96	51.78	48.62	45.45	42.29

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 93.352 = 9.335$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.45 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี SR แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 128.749 mean = 45.745 mode = 36

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	160	147	133	119	106	97	85	76
change - no change	15	28	42	56	69	78	90	99
no change - no change	14	24	36	43	51	54	59	60
no change - change	64	54	42	35	27	24	19	18
Accuracy	174	171	169	162	157	151	144	136
Error	79	82	84	91	96	102	109	117
Omission error	15	28	42	56	69	78	90	99
%Omission error	8.57	16.00	24.00	32.00	39.43	44.57	51.43	56.57
Commission error	64	54	42	35	27	24	19	18
%Commission error	36.57	30.86	24.00	20.00	15.43	13.71	10.86	10.29
%Overall accuracy	68.77*	67.59	66.80	64.03	62.06	59.68	56.92	53.75

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 128.479 = 12.848$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.46 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิสซีเขียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 103.959 mean = 39.206 mode = 78

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	131	100	78	68	62	52	42
change - no change	23	44	75	97	107	113	123	133
no change - no change	1	6	11	14	18	24	27	28
no change - change	77	72	67	64	60	54	51	50
Accuracy	153	137	111	92	86	86	79	70
Error	100	116	142	161	167	167	174	183
Omission error	23	44	75	97	107	113	123	133
%Omission error	13.14	25.14	42.86	55.43	61.14	64.57	70.29	76.00
Commission error	77	72	67	64	60	54	51	50
%Commission error	44.00	41.14	38.29	36.57	34.29	30.86	29.14	28.57
%Overall accuracy	60.47*	54.15	43.87	36.36	33.99	33.99	31.23	27.67

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 103.959 = 10.3959$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.47 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิสcrete พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 95.130 mean = 42.409 mode = 93

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	156	142	121	106	95	80	70	58
change - no change	19	33	54	69	80	95	105	117
no change - no change	6	8	12	13	16	19	25	27
no change - change	72	70	66	65	62	59	53	51
Accuracy	162	150	133	119	111	99	95	85
Error	91	103	120	134	142	154	158	168
Omission error	19	33	54	69	80	95	105	117
%Omission error	10.86	18.86	30.86	39.43	45.71	54.29	60.00	66.86
Commission error	72	70	66	65	62	59	53	51
%Commission error	41.14	40.00	37.71	37.14	35.43	33.71	30.29	29.14
%Overall accuracy	64.03*	59.29	52.57	47.04	43.87	39.13	37.55	33.60

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 95.130 = 9.5130$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.48 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี PIF แบบดิอินฟราเรดไกดี้ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 127.128 mean = -30.149 mode = -5

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	153	137	121	106	94	80	72	60
change - no change	22	38	54	69	81	95	103	115
no change - no change	10	15	19	23	25	29	32	34
no change - change	68	63	59	55	53	49	46	44
Accuracy	163	152	140	129	119	109	104	94
Error	90	101	113	124	134	144	149	159
Omission error	22	38	54	69	81	95	103	115
%Omission error	12.57	21.71	30.86	39.43	46.29	54.29	58.86	65.71
Commission error	68	63	59	55	53	49	46	44
%Commission error	38.86	36.00	33.71	31.43	30.29	28.00	26.29	25.14
%Overall accuracy	64.43*	60.08	55.34	50.99	47.04	43.08	41.11	37.15

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 127.128 = 12.7128$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.49 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีเรียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 104.413 mean = 8.124 mode = 1

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	152	130	113	86	75	64	55	49
change - no change	23	45	62	89	100	111	120	126
no change - no change	16	26	31	40	43	49	55	59
no change - change	62	52	47	38	35	29	23	19
Accuracy	168	156	144	126	118	113	110	108
Error	85	97	109	127	135	140	143	145
Omission error	23	45	62	89	100	111	120	126
%Omission error	13.14	25.71	35.43	50.86	57.14	63.43	68.57	72.00
Commission error	62	52	47	38	35	29	23	19
%Commission error	35.43	29.71	26.86	21.71	20.00	16.57	13.14	10.86
%Overall accuracy	66.40*	61.66	56.92	49.80	46.64	44.66	43.48	42.69

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 104.413 = 10.4413$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.50 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิสซีแดง พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 91.393 mean = 6.725 mode = 11

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	150	130	111	97	85	74	59	51
change - no change	25	45	64	78	90	101	116	124
no change - no change	15	23	29	37	43	45	49	53
no change - change	63	55	49	41	35	33	29	25
Accuracy	165	153	140	134	128	119	108	104
Error	88	100	113	119	125	134	145	149
Omission error	25	45	64	78	90	101	116	124
%Omission error	14.29	25.71	36.57	44.57	51.43	57.71	66.29	70.86
Commission error	63	55	49	41	35	33	29	25
%Commission error	36.00	31.43	28.00	23.43	20.00	18.86	16.57	14.29
%Overall accuracy	65.22*	60.47	55.34	52.96	50.59	47.04	42.69	41.11

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 91.393 = 9.1393$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.51 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี DB แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 132.980 mean = -12.895 mode = -25

Accuracy Indices	N							
	0.1	0.2*	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	159	145	132	118	105	99	88	76
change - no change	16	30	43	57	70	76	87	99
no change - no change	14	31	34	47	52	57	58	62
no change - change	64	47	44	31	26	21	20	16
Accuracy	173	176	166	165	157	156	146	138
Error	80	77	87	88	96	97	107	115
Omission error	16	30	43	57	70	76	87	99
%Omission error	9.14	17.14	24.57	32.57	40.00	43.43	49.71	56.57
Commission error	64	47	44	31	26	21	20	16
%Commission error	36.57	26.86	25.14	17.71	14.86	12.00	11.43	9.14
%Overall accuracy	68.38	69.57*	65.61	65.22	62.06	61.66	57.71	54.55

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.2 \times 132.980 = 26.596$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.52 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิสซีเขียว พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

GREEN sd = 98.855 mean = -0.677 mode = 27

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	147	128	106	85	71	62	52	42
change - no change	28	47	69	90	104	113	123	133
no change - no change	3	8	13	18	23	27	27	31
no change - change	75	70	65	60	55	51	51	47
Accuracy	150	136	119	103	94	89	79	73
Error	103	117	134	150	159	164	174	180
Omission error	28	47	69	90	104	113	123	133
%Omission error	9.14	20.00	32.00	42.86	48.57	55.43	60.57	72.00
Commission error	75	70	65	60	55	51	51	47
%Commission error	41.14	39.43	37.71	36.00	33.14	30.29	29.14	26.86
%Overall accuracy	59.29*	53.75	47.04	40.71	37.15	35.18	31.23	28.85

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 98.855 = 9.8855$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.53 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิสcrete พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

RED sd = 89.758 mean = -0.425 mode = 34

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	159	140	119	100	90	78	69	49
change - no change	16	35	56	75	85	97	106	126
no change - no change	6	9	12	15	20	25	27	31
no change - change	72	69	66	63	58	53	51	47
Accuracy	165	149	131	115	110	103	96	80
Error	88	104	122	138	143	150	157	173
Omission error	16	35	56	75	85	97	106	126
%Omission error	9.14	20.00	32.00	42.86	48.57	55.43	60.57	72.00
Commission error	72	69	66	63	58	53	51	47
%Commission error	41.14	39.43	37.71	36.00	33.14	30.29	29.14	26.86
%Overall accuracy	65.22*	58.89	51.78	45.45	43.48	40.71	37.94	31.62

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 89.758 = 8.9758$ (+/- mode)

ตารางที่ ง.54 ค่าความถูกต้องของภาพผลต่างที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการ
ปรับแก้เชิงคลื่นด้วยวิธี NC แบบดิอินฟราเรดใกล้ พื้นที่กรุงเทพฯและปริมณฑล

NIR sd = 123.046 mean = -0.713 mode = 20

Accuracy Indices	N							
	0.1*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
change - change	161	147	129	116	96	83	77	73
change - no change	14	28	46	59	79	92	98	102
no change - no change	11	16	23	26	30	36	41	46
no change - change	67	62	55	52	48	42	37	32
Accuracy	172	163	152	142	126	119	118	119
Error	81	90	101	111	127	134	135	134
Omission error	14	28	46	59	79	92	98	102
%Omission error	8.00	16.00	26.29	33.71	45.14	52.57	56.00	58.29
Commission error	67	62	55	52	48	42	37	32
%Commission error	38.29	35.43	31.43	29.71	27.43	24.00	21.14	18.29
%Overall accuracy	67.98*	64.43	60.08	56.13	49.80	47.04	46.64	47.04

ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม คือ $0.1 \times 123.046 = 12.3046$ (+/- mode)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

น.ส.ภาวิณี เฟื่องเพชร เกิดเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ.2523 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2546 จากนั้นเข้าทำงานที่สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในตำแหน่งผู้ช่วยวิจัย และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2548



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย