

การแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยทฤษฎีกราฟ

SEGMENTATION OF PCA IMAGE VIA GRAPH THEORY



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

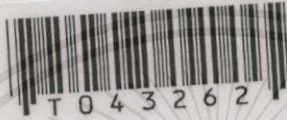
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-620-9

การแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักด้วยทฤษฎีกราฟ

SEGMENTATION OF PCA IMAGE VIA GRAPH THORY



๑๑  
๑๑๒๕๖  
๑๑๒๕

ดขหมี่.....  
เลขทะเบียน..... 43262  
วัน, เดือน, ปี..... - 8 ส.ค. 2545

.b.....  
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบหรือลอกเลียนแบบของเอกสารนี้ซึ่งส่งผลกระทบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974-648-620-9

๑๑๑๑๑

# SEGMENTATION OF PCA IMAGE VIA GRAPH THEORY



**WEERAPHON KONGNUN**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ภายใต้การคุ้มครองตามกฎหมายเพื่อการใช้งานในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบัน

**ISBN 974-648-620-9**



**COPYRIGHT 2002**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพที่ผ่านการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบหลักด้วยทฤษฎีกราฟ  
SEGMENTATION OF PCA IMAGE VIA GRAPH THEORY

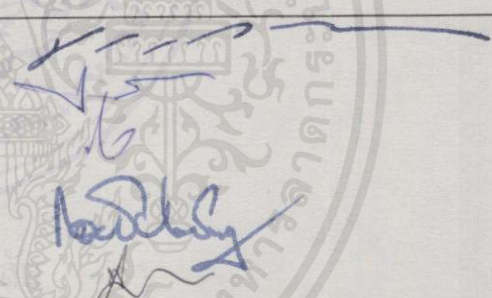
ชื่อนักศึกษา            นายวีระพล      กงนุ่น

รหัสประจำตัว            42061059

ปริญญา                    วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา                วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์      รศ.ดร.ฟูศักดิ์      ชิวสุวิทย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.มนัส            สัจจวรศิลป์	
รศ.เกษตร์            ศิริสันติสัมฤทธิ์	
ผศ.ทรงชัย            วีระทวีมาศ	
รศ.ดร.กอบชัย        เดชหาญ	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์        ชิวสุวิทย์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 18 กุมภาพันธ์ 2545 เวลา 10.30-12.30 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-401)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วันที่ 6 เดือน 2 เดือน 19 2545

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักด้วยทฤษฎีกราฟ
นักศึกษา	นาย วีระพล กงนุ่น
รหัสประจำตัว	42061059
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. พุศัคดี ชิวสุวิทย์

### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก (PCA) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานกับภาพที่มีหลายสเปกตรัม โดยองค์ประกอบแรกของการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก จะถูกบรรจุด้วยความแปรปรวนของข้อมูลหลักเกือบทั้งหมดจากภาพต้นแบบ ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักสามารถดึงจุดเด่นของความแตกต่างของข้อมูลภาพออกมาได้ ส่วนการจัดกลุ่มของวัตถุที่ต่างกันหรือการแยกส่วนภาพ ที่ใช้สำหรับการกำหนดขอบเขตของวัตถุ จะใช้ทฤษฎีกราฟมาทำการแยกส่วนพื้นที่ภาพที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักมาแล้ว ซึ่งจะทำให้การแบ่งขอบเขตของวัตถุมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	segmentation of pca image via graph theory
<b>Student</b>	Mr. Weeraphon Kongnun
<b>Student ID.</b>	42061059
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Electrical Engineering
<b>Year</b>	2002
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr.Fusak Cheevasavit

### ABSTRACT

Principal component analysis (PCA) has been applied to the multi-spectral imageries. The first component of PCA contains the largest possible amount of the total variance of original data. Therefore, it can be achieved to distinguish the variety presented objects. To classify the different objects, the image segmentation is used for assigning the object boundaries. Here, the graph theory has been introduced for segmenting the PCA image, since it gives high accurate boundaries of objects.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

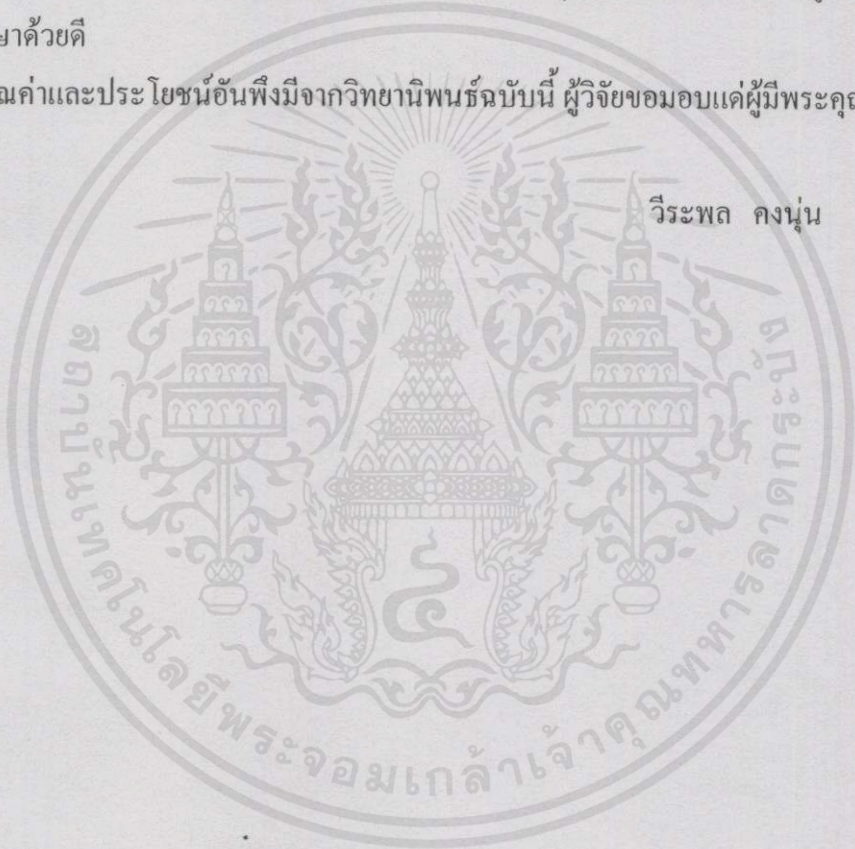
ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือ  
ในทำวิจัยจากท่าน รศ.ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ ซึ่งอาจารย์ได้กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง  
ในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา จนทำให้ผู้เขียนสามารถทำงานวิจัยได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. กอบชัย เศรษฐาญ รศ. สมศักดิ์ มิตะดา และ ผศ. สักกริยา ชิตวงศ์  
ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณราชกริชาสโมสร (R.B.S.C.) ที่ให้ทุนในการศึกษา ทำให้ผู้เขียนมีกำลังใจ  
ในการศึกษาด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิระพล กงนุ่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียม.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 หลักการรีโมทเซนซิง.....	4
2.2.1 ความหมายของรีโมทเซนซิง.....	4
2.2.2 กระบวนการทำงานของรีโมทเซนซิง.....	5
2.2.3 ทฤษฎีคลื่น.....	6
2.2.4 การแบ่งประเภทของรีโมทเซนซิง.....	8
2.3 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน.....	10
2.3.1 การสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุ.....	10
2.3.2 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อน.....	14
2.4 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร.....	16
2.4.1 ดาวเทียม LANDSAT.....	16
2.4.2 ดาวเทียม SPOT.....	17
2.4.3 ดาวเทียม MOS-1.....	17
2.4.4 ดาวเทียม ERS-1.....	18
2.4.5 ดาวเทียม JERS-1.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5 บทสรุป.....	19
บทที่ 3 การปรับเรียบภาพ.....	20
3.1 บทนำ.....	20
3.2 การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย.....	20
3.3 การปรับเรียบภาพที่ยังคงรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ที่ย่อย.....	23
3.4 ผลการทดลอง.....	29
3.5 บทสรุป.....	33
บทที่ 4 การวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบหลัก.....	34
4.1 บทนำ.....	34
4.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบหลัก.....	34
4.3 วิธีการประยุกต์ทฤษฎีการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบหลักกับภาพถ่ายดาวเทียม.....	40
4.3.1 นิยามของตัวแปร.....	40
4.3.2 วิธีการแปลงข้อมูลภาพ.....	40
4.3.3 วิธีการหาค่าความแปรปรวนของข้อมูล.....	41
4.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Covariance Matrix.....	42
4.3.5 วิธีการคำนวณหา Eigenvalue, Eigenvector.....	43
4.3.6 วิธีการ โปรเจคชั่น.....	45
4.3.7 การสเกลลิ่ง.....	46
4.4 ผลการทดลอง.....	47
4.5 บทสรุป.....	53
บทที่ 5 การแยกส่วนในภาพด้วยทฤษฎีกราฟ.....	54
5.1 บทนำ.....	54
5.2 ทฤษฎีกราฟ.....	54
5.3 นิยามต่างๆ ของกราฟ.....	55
5.4 การแปลงข้อมูลภาพลงไปในกราฟ.....	56
5.5 การหาขีดตัดเสตัสแพนนิ่งทรี.....	57

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากท่านมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อทางศูนย์บริการข้อมูลข่าวสารดาราศาสตร์ โทร. 0 2610 7700

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.6 การแยกส่วนในภาพจากข้อทดสอบนิ่งทรี.....	59
5.7 ผลการทดลอง.....	63
5.8 บทสรุป.....	65
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	66
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	66
6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	66
เอกสารอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	7
2.2 แสดงประเภทของการสำรวจระยะไกลที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่น.....	9
3.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองชุด.....	33
4.1 แสดงค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณหาค่า Eigenvalue กับ Eigenvector.....	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงกระบวนการพื้นฐานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจระยะไกลบนพื้นโลก.....	5
2.2 แสดงคุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น.....	6
2.3 แสดงย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	7
2.4 แสดงการสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุในการสำรวจระยะไกล.....	10
2.5 เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด.....	11
การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม	
2.6 แสดงเส้นทางเดินของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าการสำรวจระยะไกลแบบพาสซีฟ.....	12
2.7 แสดงผลค่าการสะท้อน ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ของแถบพลังงาน.....	13
2.8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก.....	13
2.9 แสดงกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน.....	14
2.10 แสดงเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT.....	15
2.11 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม LANDSAT.....	16
2.12 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม MOS-1.....	17
2.13 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม JERS-1.....	19
3.1 แสดงการใช้เทมเพลตขนาด 3x3 ในการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ.....	21
3.2 เทมเพลต $W(i, j)$ ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย.....	22
3.3 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแบบความสำคัญเท่าเทียมกัน.....	22
3.4 เทมเพลตทั้งห้าของ Tomata เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง $(x, y)$ .....	24
3.5 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตทั้งห้าของ Tomita.....	25
3.5 เทมเพลตที่เสนอโดย Nagao เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง $(x, y)$ .....	26
3.7 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Nagao.....	26
3.8 แสดงเทมเพลตที่นำเสนอขึ้นใหม่ เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง $(x, y)$ .....	27
3.9 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตที่ได้นำเสนอขึ้นใหม่.....	28
3.10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมดินแบบชุดที่ 1.....	29
3.11 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพ โดยยังคงรักษาขอบต่างๆ.....	30
เอกส ของพื้นที่ย่อยเอาไว้ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	
3.12 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมดินแบบชุดที่ 2.....และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	31

## สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพ โดยยังคงรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยเอาไว้	32
4.1 การหมุนของแกนในสองมิติ.....	38
4.2 Eigenvector และ Eigenvalue ในสองมิติ.....	38
4.3 การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักของข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์สูง.....	39
4.4 การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักลำดับแรกของข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ.....	39
4.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบ.....	40
4.6 แสดงขั้นตอนการแปลงข้อมูล.....	41
4.7 โพลีชาร์ทการคำนวณหาค่า Eigenvalue และ Eigenvector.....	44
4.8 โพลีชาร์ทการสเกลลิ่ง.....	46
4.9 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพมาแล้ว.....	47
4.10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก.....	49
4.11 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพมาแล้ว.....	50
4.12 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 ที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก.....	52
5.1 ตัวอย่างของกราฟถ่วงน้ำหนัก.....	55
5.2 ภาพ (ก) และ (ข) เป็นกราฟย่อยของกราฟรูปที่ 5.8 ที่ให้ผลรวมของน้ำหนัก ตัวเชื่อมโยงต่ำสุด	56
5.3 การแปลงข้อมูลจุดภาพลงไปในกราฟ.....	57
5.4 แผนภูมिरายงานของการสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีจากกราฟถ่วงน้ำหนัก.....	58
5.5 การแปลงภาพ (ก) ไปเป็นกราฟ (ข).....	60
5.6 การสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีของกราฟในรูปที่ 5.5 (ข).....	61
5.7 การสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีของกราฟในรูปที่ 5.5 (ข) (ต่อ).....	62
5.8 แสดงการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟด้วยค่าเทรซโซลด์ที่แตกต่างกัน กับภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ที่ไม่ได้ผ่านการปรับเรียบ	63
5.9 แสดงการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟด้วยค่าเทรซโซลด์ที่แตกต่างกัน กับภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบ	64

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

การสำรวจระยะไกลหรือรีโมทเซนซิง เป็นเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ บ่งบอก จำแนกและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก เพื่อใช้ในการแยกแยะประเภทและทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมต่างๆ จากลักษณะเฉพาะตัวของการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก ในขณะที่ลักษณะของการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลจะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลภาพดิจิทัล แผ่นฟิล์มและอื่นๆ ที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องบินสำรวจระยะไกลหรือบนยานอวกาศที่อยู่นอกโลก ในขณะที่เดียวกันสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่อยู่บนพื้นโลกจะทำหน้าที่รับสัญญาณที่ถ่ายทอดลงมาและทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เก็บไว้เพื่อการใช้งาน รวมถึงควบคุมการโคจรรอบโลกของดาวเทียมนั้นๆ ให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ พยากรณ์อากาศ ธรณีวิทยาและอื่นๆ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกนำมาใช้กันมากในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อการจำแนกข้อมูลและทำการแปลความหมายภาพ แต่เนื่องจากภูมิประเทศแต่ละพื้นที่ให้ค่าการสะท้อนของความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ทำให้ภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้เป็นภาพที่มีหลายสเปกตรัม (Multispectral Images) ในบริเวณเดียวกัน จึงยากในการวิเคราะห์ข้อมูลและทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ จึงต้องทำการลดจำนวนภาพหลายสเปกตรัมลงให้เหลือไว้เพียงไม่กี่ภาพ สามารถทำได้ด้วยการใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) โดยจะนำภาพต้นฉบับทั้งหมดที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลภาพแล้วนำไปทำการจัดเรียงเป็นภาพองค์ประกอบหลักต่างๆ โดยเริ่มจากภาพที่มีความแปรปรวนมากที่สุด ไปจนถึงภาพที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด แล้วนำภาพที่มีความแปรปรวนมากที่สุดนี้ ไปทำการจำแนกข้อมูลในพื้นที่เหล่านั้นต่อไป โดยการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพนี้จะใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ที่ให้ความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกพื้นที่ต่างๆ มาทำการจำแนกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เนื่องจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีภาพหลายสเปกตรัม (Multispectral Images) ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ แม้แต่ภาพสีหลายสเปกตรัมที่มาจากภาพสามแบนด์ที่แตกต่างกันก็ไม่ได้นำมาใช้ทุกแบนด์เพราะดาวเทียมบางดวงให้ภาพได้ถึง 7 แบนด์ จากพื้นที่บริเวณเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลภาพลดลง ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็คือ

- 1.2.1 เพื่อต้องการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีหลายสเปกตรัมในเวลาเดียวกัน
- 1.2.2 เพื่อต้องการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพถ่ายดาวเทียม ให้มีความถูกต้องแม่นยำขึ้น

## 1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

บทความนี้เป็น การนำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพถ่ายดาวเทียม (Segmentation) ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ที่มีความสามารถในการแปลงข้อมูลที่มีความแปรปรวนจากภาพถ่ายดาวเทียมต้นแบบทั้งหมด ไปเป็นภาพที่มีองค์ประกอบหลักต่างๆ โดยเฉพาะองค์ประกอบแรกของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่ถูกบรรจุด้วยข้อมูลหลักของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมด ซึ่งต่างจากวิธีเดิมที่จะต้องทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม (Multispectral) ที่ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ แม้แต่ภาพสีหลายสเปกตรัมที่ได้มาจากภาพสามแบนด์ที่ต่างกัน ก็ไม่ได้นำมาใช้ทุกแบนด์เพราะดาวเทียมบางดวงให้ภาพได้ถึง 7 แบนด์ จากพื้นที่บริเวณเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลภาพลดลง ดังนั้นหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่นำมาใช้นี้จะมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี สำหรับวิธีการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพถ่ายดาวเทียมนั้น จะใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการจำแนกข้อมูลภาพ มาเป็นตัวแยกส่วนพื้นที่ในภาพที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแล้ว เพื่อให้การแบ่งส่วนในภาพถ่ายดาวเทียมมีประโยชน์ในการแปลความหมายของภูมิประเทศได้ดียิ่งขึ้น

## 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม เพื่อทำการลดมิติของภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมลงเหลือเพียงภาพเดียว ซึ่งเป็นภาพที่อยู่ในองค์ประกอบหลักที่ 1 หรือมีความแปรปรวนของข้อมูลมากที่สุด แล้วนำภาพที่ได้นี้มาทำการปรับปรุงรายละเอียดภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ก่อนที่นำไปทำการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพด้วยทฤษฎีกราฟ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงในการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักด้วยทฤษฎีกราฟ โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งเป็น 6 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของภาพถ่ายดาวเทียม หลักการของรีโมทเซนซิงที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ คุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและรายละเอียดในการบันทึกข้อมูลภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแต่ละดวง

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักและขั้นตอนการประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม เพื่อทำการลดมิติของภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมลง และผลการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบหลัก

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงการปรับเรียบในภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนต่างๆ และปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น จากหลักการที่ได้นี้จะนำไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก

บทที่ 5 เป็นการกล่าวถึงหลักการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพ รวมถึงขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายดาวเทียมและผลการทดลองที่ได้จากการนำทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะต่างๆ

และในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์เป็นภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียม

### 2.1 บทนำ

ในปัจจุบันการสำรวจทรัพยากรธรรมชาตินั้น สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็วและประหยัด เนื่องจากได้มีเทคโนโลยีแขนงหนึ่งมาช่วยในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ นั่นคือการใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร หรือวิทยาการด้านรีโมทเซนซิง (Remote Sensing) ที่สามารถบ่งบอก จำแนกและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลก ที่ปราศจากการสัมผัสโดยตรง โดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ ในขณะที่ลักษณะการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลจะอยู่ในรูปของข้อมูลภาพดิจิทัล แผ่นฟิล์มและอื่นๆ โดยอาศัยเครื่องถ่ายภาพ และ/หรือ เครื่องวัดที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องบินสำรวจหรือยานอวกาศที่อยู่นอกโลก ขณะที่สถานีรับสัญญาณดาวเทียมบนพื้นโลก จะทำหน้าที่รับสัญญาณและบันทึกข้อมูลต่างๆ เก็บไว้เพื่อใช้งาน รวมถึงการควบคุมการโคจรรอบโลกของดาวเทียม ให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจด้านทรัพยากรธรรมชาติ ธรณีวิทยา อุทกวิทยา วิศวกรรมและอื่นๆ

### 2.2 หลักการรีโมทเซนซิง

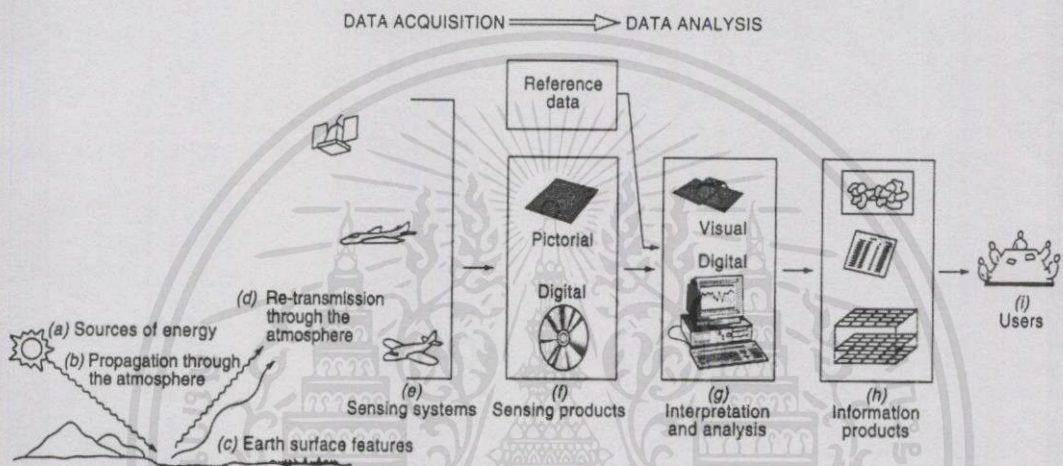
#### 2.2.1 ความหมายของรีโมทเซนซิง

รีโมทเซนซิง (Remote sensing) หมายถึง การสำรวจจากระยะไกลที่ปราศจากการสัมผัสโดยตรงระหว่างอุปกรณ์การสำรวจกับเป้าหมายที่ต้องการสำรวจ ที่จะช่วยในการบ่งบอก จำแนกหรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกมาจากวัตถุที่เป็นต้นกำเนิดของข้อมูลของการสำรวจระยะไกล ส่วนองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการสำรวจระยะไกลก็คือคลื่นแสง ทั้งส่วนที่เป็นธรรมชาติและส่วนที่ได้จากการประดิษฐ์ขึ้น จะทำหน้าที่เสมือนสื่อกลางระหว่างอุปกรณ์สำรวจกับเป้าหมาย ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เช่น ที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลก ในขณะที่เดียวกันเราก็สามารถสร้างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้างดงกล่าวนี้ได้ ในกรณีที่พลังงานของคลื่นทางธรรมชาติไม่เอื้ออำนวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 กระบวนการทำงานของรีโมทเซนซิง

กระบวนการพื้นฐานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจระยะไกลบนพื้นโลก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการเก็บข้อมูล (Data Acquisition) ที่ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดคลื่นแสง เครื่องวัดระยะไกล และตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกับการสะท้อนหรือแผ่ออกมาจากตัววัตถุ กับส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ที่ประกอบด้วย การเก็บข้อมูลภาพ การวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงการแสดงผลข้อมูลชนิดต่างๆ สำหรับผู้ที่ต้องการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม ขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้สามารถแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการพื้นฐานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจระยะไกลบนพื้นโลก

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่ากระบวนการพื้นฐานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจระยะไกลนั้นประกอบด้วยกรรมวิธีหลายขั้นตอน ซึ่งสามารถเรียงลำดับขั้นตอนต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

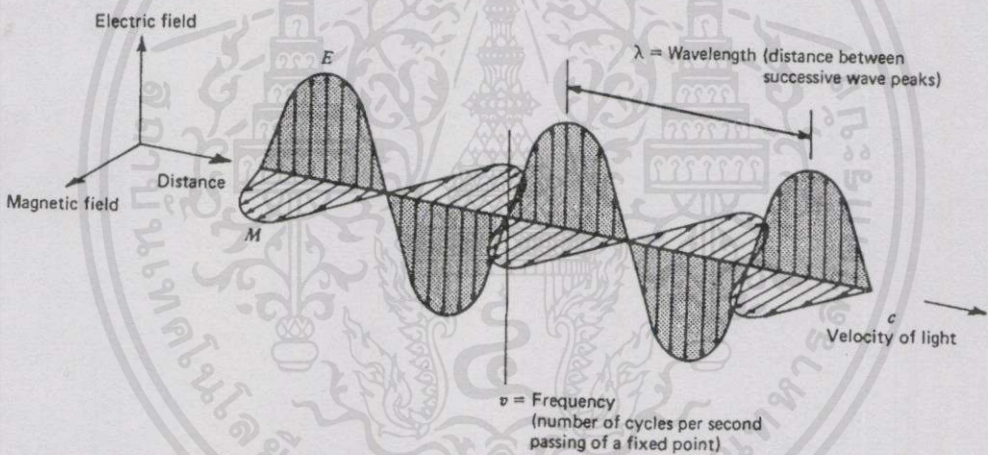
- (a) พลังงานคลื่นแสงแผ่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดพลังงาน
- (b) พลังงานคลื่นแสงบางส่วนสามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศเข้ามาถึงพื้นผิวโลก
- (c) วัตถุนบนพื้นผิวโลกจะดูดซับและกระจายพลังงานคลื่นแสงที่ตกกระทบกับผิวโลก
- (d) พลังงานคลื่นแสงบางส่วนที่ตกกระทบหลังการถูกดูดซับ จะถูกสะท้อนกลับไปยังชั้นบรรยากาศอีกครั้ง
- (e) เครื่องวัดพลังงานที่อยู่บนเครื่องบินสำรวจหรือยานอวกาศ จะทำตรวจจับพลังงานคลื่นแสงที่สะท้อนขึ้นมา
- (f) ข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดพลังงาน จะถูกนำมาเก็บไว้ในรูปแบบของข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมการสำรวจแผนที่และภูมิสารสนเทศ กรมการแผนที่ทหารบก ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (g) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาและทำการแปลความหมายส่วนต่างๆ ของข้อมูลนั้น เพื่อแบ่งรายละเอียดบริเวณของทรัพยากรชนิดต่างๆ ออกมาให้ชัดเจน โดยอ้างอิงจากข้อมูลพื้นฐาน เช่น แผนที่ทางภูมิศาสตร์หรือพิกัดตำแหน่งต่างๆ ของบริเวณนั้น
- (h) เป็นกระบวนการจัดเก็บข้อมูลสุดท้ายก่อนที่จะถึงมือผู้ใช้ โดยปกติจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของไฟล์คอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลทรัพยากรชนิดต่างๆ เข้าด้วยกันได้ ระบบการจัดเก็บแบบนี้เรียกว่า *Geographic information system (GIS)*
- (i) ผู้ใช้สามารถเลือกข้อมูลไปใช้งานได้ตามความต้องการ

### 2.2.3 ทฤษฎีคลื่น

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทิศทางของสนามไฟฟ้าและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น

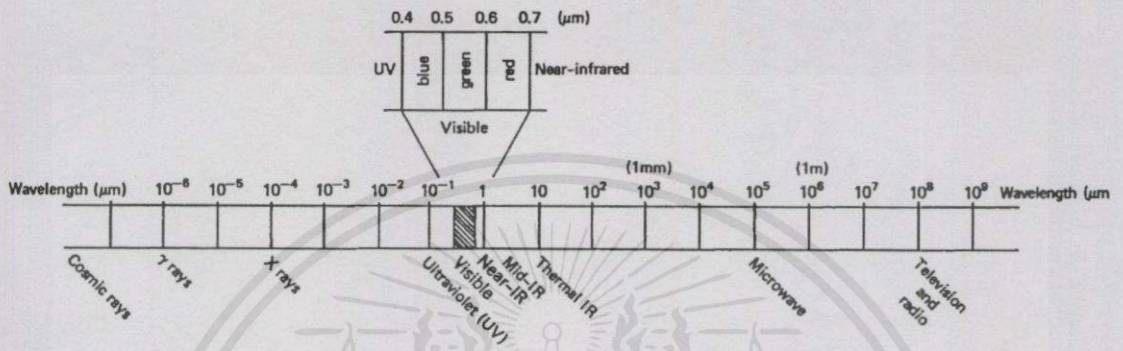
โดยที่การเคลื่อนที่ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นไปในรูปลักษณะของคลื่น จึงสามารถที่จะกำหนดความแตกต่างของพลังงานได้ โดยดูจากความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) คือ ระยะจากยอดคลื่นหนึ่งไปถึงอีกยอดคลื่นหนึ่ง และความถี่ ( $f$ ) ซึ่งก็คือจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น ความถี่ และความเร็วแสง ( $c$ ) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน  $c = \lambda \cdot f$  หมายความว่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.1)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $c$  เป็นค่าคงที่ คือ  $3 \times 10^8$  เมตร / วินาที ในสุญญากาศ

ย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ามีชื่อเรียกต่างๆ กัน ตั้งแต่รังสีแกมมา (Gamma) รังสีเอ็กซ์ (X - Ray) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV - Ultraviolet) คลื่นแสงที่ตามองเห็น (Vision light) รังสีอินฟราเรด (IR - Infrared) จนถึงคลื่นวิทยุ (Radio wave) โดยเรียงลำดับจากความยาวคลื่นสั้นไปจนถึงความยาวคลื่นยาวตามลำดับ ดังในรูปที่ 2.3 ส่วนแสดงชื่อและย่านความถี่ต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงไว้ในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.3 แสดงย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ 2.1 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภท		ความยาวคลื่น	ความถี่
อัลตราไวโอเล็ต		100 ~ 0.4 $\mu\text{m}$	750 ~ 3000 THz
แสงที่ตามองเห็น		0.4 ~ 0.7 $\mu\text{m}$	430 ~ 750 THz
อินฟราเรด	อินฟราเรดใกล้	0.7 ~ 1.3 $\mu\text{m}$	230 ~ 730 THz
	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.3 ~ 3 $\mu\text{m}$	100 ~ 230 THz
	อินฟราเรดคลื่นกลาง	3 ~ 8 $\mu\text{m}$	38 ~ 100 THz
	อินฟราเรดความร้อน	8 ~ 14 $\mu\text{m}$	22 ~ 38 THz
	อินฟราเรดไกล	14 ~ 1 mm	0.3 ~ 22 THz
คลื่นวิทยุ	มิลลิเมตรย่อย		0.1 ~ 1 mm, 0.3 ~ 3 THz
	ไมโครเวฟ	มิลลิเมตร (EHF)	1 ~ 10 mm, 30 ~ 300 GHz
		เซนติเมตร (SHF)	1 ~ 10 cm, 3 ~ 30 GHz
		เดซิเมตร (UHF)	0.1 ~ 1 m, 0.3 ~ 3 GHz
	คลื่นสั้นมาก (VHF)	1 ~ 10 m, 30 ~ 300 MHz	
	คลื่นสั้น (HF)	10 ~ 100 m, 3 ~ 30 MHz	
	คลื่นกลาง (MF)	0.1 ~ 1 km, 0.3 ~ 3 MHz	
คลื่นยาว (LF)	1 ~ 10 km, 30 ~ 300 KHz		
คลื่นยาวมาก (VLF)	10 ~ 100 km, 3 ~ 30 KHz		

จากตารางที่ 2.1 จะสังเกตเห็นได้ว่า ย่านพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล ได้แก่ ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตใกล้ (ความยาวคลื่น 0.3 ~ 0.4 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (ความยาวคลื่น 0.4 ~ 0.7 ไมโครเมตร) ที่ประกอบไปด้วยแถบสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสดและแดง ส่วนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ อินฟราเรดคลื่นสั้น อินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) (ความยาวคลื่น 0.7 ~ 14 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) (ความยาวคลื่น 1 มิลลิเมตร ~ 1 เมตร) ซึ่งย่านแสงในช่วงอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (Short wave infrared) นั้น ในบางครั้งจะเรียกว่าอินฟราเรดช่วงสะท้อน (Reflective infrared) (ความยาวคลื่น 0.7 ~ 3 ไมโครเมตร) เพราะเป็นย่านที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าที่จะเกิดจากการแผ่รังสีจากพื้นโลก ในย่านอินฟราเรดความร้อน พลังงานส่วนใหญ่จะได้อาจจากการแผ่รังสีของพื้นผิว โดยที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์น้อยมาก ในขณะที่ดวงอาทิตย์ที่ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดนั้น เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการสำรวจระยะไกลย่านความถี่ที่ตามองเห็นและย่านอินฟราเรดสะท้อน

#### 2.2.4 การแบ่งประเภทของรีโมทเซนซิง

การสำรวจระยะไกลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.2.4.1 การสำรวจระยะไกลย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน (Visible and Reflective Infrared Remote Sensing; VRIRS) ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลในย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อน (Reflectance) ของวัตถุต่างๆ บนผิวโลก

2.2.4.2 การสำรวจระยะไกลย่านอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared Remote Sensing; TIRS) โดยที่แหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจจากระยะไกลในย่านอินฟราเรดจะได้รับพลังงานจากตัววัตถุเอง เนื่องจากวัตถุใดๆ ที่มีอุณหภูมิในระดับปกติ จะมีความสามารถในการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุด ที่ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมโครเมตร

2.2.4.3 การสำรวจระยะไกลย่านไมโครเวฟ (Microwave Remote Sensing; MRS) สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบพาสซีฟ (Passive) ที่สามารถวัดค่าการแผ่รังสีย่านไมโครเวฟ (Microwave radiation) ได้จากวัตถุ และแบบแอกทีฟ (Active) จะสามารถวัดค่าสัมประสิทธิ์การกระจายกลับ (Back scattering coefficient) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทของการสำรวจระยะไกลที่สัมพันธ์กับความยาวคลื่น

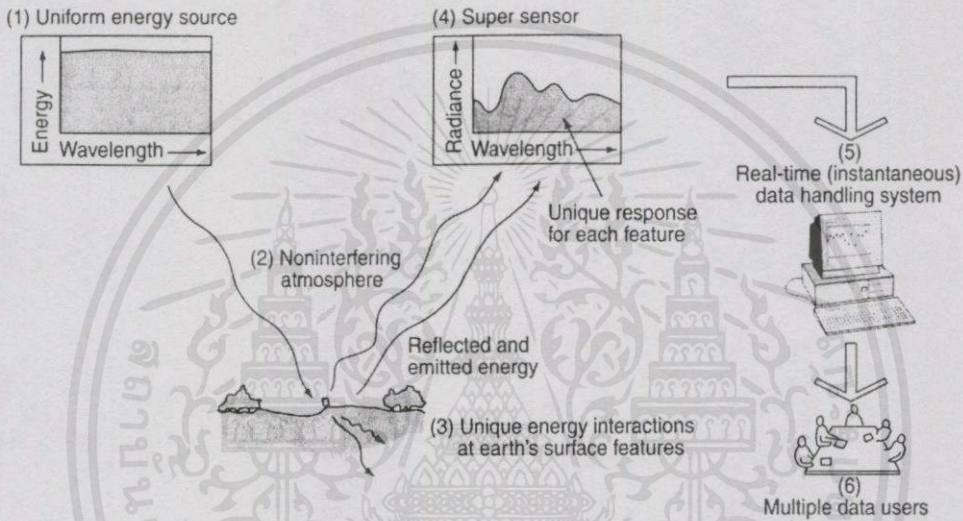
	การสำรวจจากระยะไกลย่านแสงที่ตามองเห็นและอินฟราเรด	การสำรวจจากระยะไกลย่านอินฟราเรดความร้อน	การสำรวจจากระยะไกลย่านไมโครเวฟ
แหล่งกำเนิดพลังงาน	ดวงอาทิตย์	วัตถุ	วัตถุ เรดาร์
วัตถุประสงค์	ค่าการสะท้อน	การแผ่รังสีความร้อน (อุณหภูมิ, สภาพเปล่งรังสี)	การแผ่รังสี สัมประสิทธิ์การกระจัดกระจายกลับ
ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น	ค่าการแผ่รังสีที่สะท้อน	ค่าการแผ่รังสีที่เปล่งออก	
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	อัลตราไวโอเล็ต	ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น	อินฟราเรด
	อินฟราเรด สะท้อน	อินฟราเรด ความร้อน	ไมโครเวฟ
เครื่องมือ	0.4 $\mu\text{m}$	0.7 $\mu\text{m}$	1mm
กล้องถ่ายรูป	0.3 $\mu\text{m}$	0.9 $\mu\text{m}$	14 $\mu\text{m}$
ตัวตรวจวัดแสง			1mm
ไมโครเวฟ			30cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน

### 2.3.1 การสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุ

ปฏิกริยาระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและพื้นผิวโลกเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการสำรวจระยะไกล เพราะเป็นค่าที่ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจในลักษณะของพลังงาน ซึ่งจะสะท้อนจากพื้นผิวโลกในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของแต่ละพื้นผิวในการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นจึงต้องเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุในการสำรวจระยะไกล

2.3.1.1 การสะท้อนแสงของวัตถุ เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงตกกระทบบนพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับ ปริมาณแสงที่สะท้อนจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของพื้นผิวเป็นลักษณะเรียบหรือขรุขระ มุมตกกระทบของแสง ความสามารถหรืออัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิวและโพลาไรเซชันของแสงที่ตกกระทบ การสะท้อนกลับเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

- 1) การสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงข้าม จะเกิดในกรณีที่พื้นผิววัตถุมีลักษณะราบเรียบ โดยที่มิติของความขรุขระที่ผิวมีค่าน้อยกว่า 1 ใน 10 ของความยาวคลื่น โดยแสงที่ตกกระทบทั้งหมดจะสะท้อนกลับในทิศทางที่มุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ มักจะเกิดกับแสงที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างยาว การสะท้อนในลักษณะนี้นอกจากจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการสำรวจระยะไกลแล้ว ยังบดบังสภาพพื้นผิวที่แท้จริงที่ปรากฏบนภาพด้วย ลักษณะนี้เราเรียกว่า “ประกายแดด” ปรากฏการณ์เช่นนี้ มักเกิดกับบริเวณผิวน้ำ ดินบางชนิดและหินที่โผล่เหมือนผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารผลงานวิจัยเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นานญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสงวนเอาไว้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ

- 2) การสะท้อนแบบกระจาย เป็นการสะท้อนจากพื้นผิวที่ค่อนข้างขรุขระ แต่อยู่ในลักษณะที่สม่ำเสมอและเกิดในย่านแสงที่ตามองเห็นเป็นส่วนใหญ่
- 3) การสะท้อนแบบผสม เป็นลักษณะที่มักเกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ โดยรวมลักษณะการสะท้อนกลับหมดและการสะท้อนแบบกระจายเข้าไว้ด้วยกัน



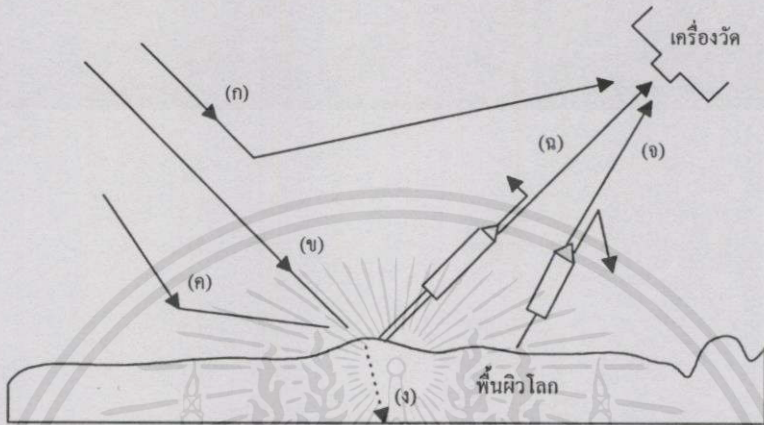
รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม

ค่าการสะท้อนตามความยาวคลื่นเรียกว่า ค่าการสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral reflectance) ส่วนค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงที่มีทิศทางในการตกกระทบและมีค่าสะท้อนที่แน่นอนจะเรียกว่า ค่าการสะท้อนแบบเชิงทิศทาง (Directional reflectance) ทิศทางของแสงที่ตกกระทบและที่สะท้อนนี้อาจเป็นแบบเชิงทิศทาง แบบรูปกรวยหรือแบบคลุมซีกโลก ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นของสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันจะมีค่าแตกต่างกันออกไป ทำให้สามารถจำแนกประเภทของสิ่งปกคลุมดิน โดยวิธีสำรวจจากระยะไกลได้ด้วยการสังเกตค่าการสะท้อนเชิงคลื่น หรือค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นจากพื้นผิวนั้นๆ

2.3.1.2 การดูดกลืน ปรากฏการณ์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการดูดกลืนในชั้นบรรยากาศโลก เมื่อมีพลังงานตกกระทบพื้นผิวโลก บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับ ในขณะที่บางส่วนจะถูกดูดกลืน ปริมาณการดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ ตลอดจนขนาดและความหนา นอกจากนี้การดูดกลืนของวัตถุ ยังจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละความยาวคลื่น บางพื้นผิวจะดูดกลืนได้ดีในช่วงคลื่นสั้นและพื้นผิวบางประเภทก็จะดูดกลืนได้ดีในช่วงคลื่นยาว อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการดูดกลืนพลังงานบางส่วนเกิดขึ้น พลังงานนี้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของความร้อน อุณหภูมิของวัตถุจะเพิ่มขึ้น ทำให้ตัวมันเองกลายเป็นต้นกำเนิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 การส่งผ่าน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดกลืนพลังงานของพื้นผิว โดยพลังงาน ส่วนที่ได้รับการดูดกลืนจะถูกถ่ายทอดไปยังส่วนที่อยู่ติดลงไป ค่าการส่งผ่านรังสีของวัตถุใดๆ ก็คือ สัดส่วนของปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงานได้เคลื่อนที่ไปต่อพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด โดย ทัวไปแล้วค่าการส่งผ่านจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิวและสำหรับพื้นผิวหนึ่งๆ ก็จะ เกิดการส่งผ่านได้ดีบางช่วงคลื่นเท่านั้น



รูปที่ 2.6 แสดงเส้นทางเดินของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าการสำรวจระยะไกลแบบพาสซีฟ

จากรูปที่ 2.6 แสดงภาพสรุปของเส้นทางเดินของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า จากแหล่งกำเนิด ผ่านชั้นบรรยากาศกระทบพื้นผิวโลก แล้วสะท้อนกลับเข้าสู่อุปกรณ์สำรวจ สำหรับระบบที่แสดงนี้เป็น ระบบพาสซีฟ แหล่งกำเนิดพลังงาน คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยเส้นทางเดินดังต่อไปนี้

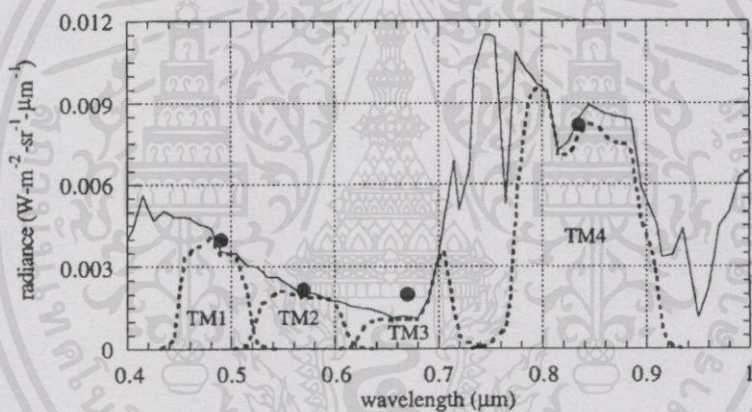
- (ก) รังสีที่แผ่จากดวงอาทิตย์เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศและเกิดการสูญเสียไปบางส่วน โดยส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและอีกส่วนหนึ่งจะเกิดจากการกระจายโดยอนุภาคต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ แล้วสะท้อนกลับเข้าสู่อุปกรณ์สำรวจโดยมิได้ตกกระทบพื้นผิวโลก ปรากฏการณ์เช่นนี้จะทำให้เกิดภาพลักษณะคล้าย “หมอก” บนภาพถ่ายจากดาวเทียม และเกิดความไม่คมชัดของภาพ
- (ข) รังสีส่วนที่เหลือจากการดูดกลืนและการกระจายในชั้นบรรยากาศ จะมาตกกระทบ บนพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับเข้าสู่อุปกรณ์สำรวจ
- (ค) แสงจากท้องฟ้าที่เกิดการกระจายในชั้นบรรยากาศ จะมาตกกระทบบนพื้นผิวโลก แล้วสะท้อนกลับเข้าสู่อุปกรณ์สำรวจเช่นกัน
- (ง) รังสีบางส่วนที่ตกกระทบพื้นผิวโลกจะถูกดูดกลืนและส่งผ่านสู่ระดับลึกเบื้องล่าง

เอกสารนี้ (จ) รังสีที่แผ่จากพื้นผิวโลกเดินทางตรงเข้าสู่อุปกรณ์สำรวจ

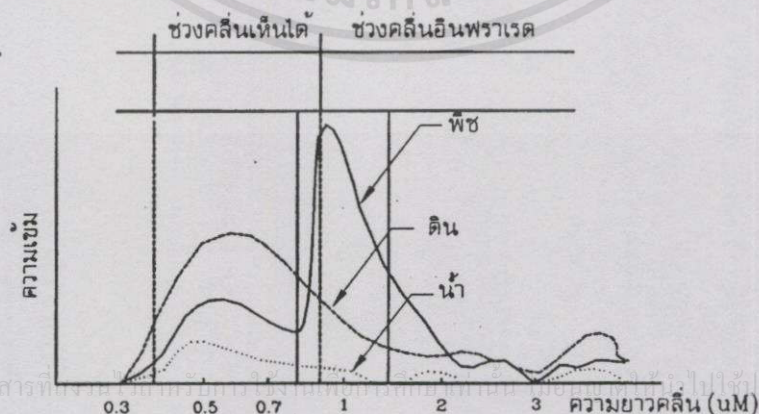
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (ฉ) การกระจายของรังสีที่สะท้อนหรือแผ่จากบนพื้นผิวโลก บางส่วนสะท้อนออกนอก ทิศทางของอุปกรณ์สำรวจ บางส่วนสะท้อนเข้าเครื่องสำรวจ และบางส่วนสะท้อน กลับสู่บนพื้นผิวโลกอีกครั้ง

สิ่งที่เราต้องการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจคือ ค่าการสะท้อนหรือค่าการแผ่รังสีที่วัดได้ ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ของแถบพลังงานที่เรียกว่า สัญญาณเฉพาะเชิงคลื่น (Spectral signature) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละพื้นผิว ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถวัดได้จากการ ทดลองในห้องปฏิบัติการหรือได้จากการสำรวจในสนาม ภายใต้สภาวะที่ปราศจากการรบกวนของ ชั้นบรรยากาศ การรวบรวมสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของพื้นผิวประเทศต่างๆ จะมีประโยชน์สำหรับ การออกแบบอุปกรณ์สำรวจให้บันทึกภาพด้วยช่วงคลื่นที่เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภทและ ช่วยในการแปลความหมายของภาพถ่ายจากดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบ สัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก



รูปที่ 2.7 แสดงผลค่าการสะท้อน ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ของแถบพลังงาน



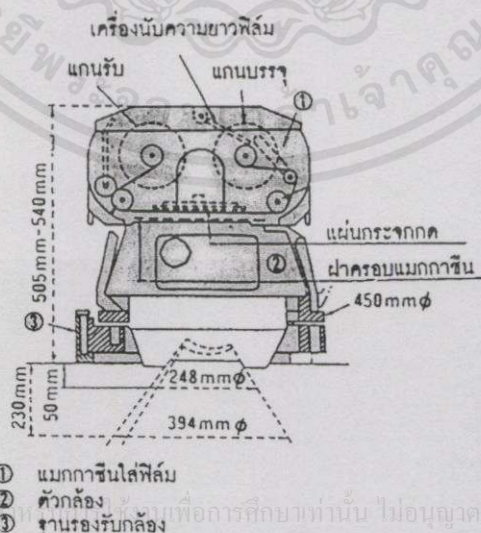
รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก

### 2.3.2 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อน

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่งหรือหลายช่วงคลื่นของแถบพลังงาน ที่ครอบคลุมจากช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจนถึงไมโครเวฟที่สะท้อนจากพื้นผิวโลก พลังงานที่สะท้อนเข้าเครื่องวัดนี้ อาจจะมาจกสิ่งที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ อย่างเช่น จากดวงอาทิตย์ สำหรับอุปกรณ์สำรวจแบบพาสซีฟ (Passive) ส่วนอุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อที่จะส่งไปกระทบยังพื้นผิวโลกโดยไม่ต้องอาศัยธรรมชาติ แล้วค่อยวัดค่าการสะท้อนของพลังงานที่ส่งกลับมามีอีกต่อหนึ่งเป็นระบบที่เรียกว่า แบบแอคทีฟ (Active) หรือเรียกกันทั่วไปว่า เรดาร์ (Radar)

ระบบพาสซีฟ มักจะเป็นระบบที่ใช้สำหรับคลื่นสั้น คือ ช่วงที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดไกลและช่วงคลื่นความร้อน ส่วนระบบแอคทีฟ มักจะใช้สำหรับช่วงคลื่นที่ยาว เช่น คลื่นไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องวัดที่สามารถสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองได้ และจะถูกส่งผ่านไปกระทบกับวัตถุที่ต้องการศึกษานั้นๆ ให้สะท้อนพลังงานออกมาอีกครั้ง เพื่อทำการตรวจวัดและบันทึกค่า ยกตัวอย่างเช่น ระบบเรดาร์ ที่มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ ระบบกวาดภาพ (Scanning system) และระบบไม่กวาดภาพ (Non-scanning system)

เครื่องวัดที่จัดอยู่ในประเภทพาสซีฟ ที่รวมเอาลักษณะของระบบไม่กวาดภาพและเป็นวิธีแบบไม่ถ่ายภาพ (Non-imaging method) จะเรียกว่า เครื่องบันทึกในแนวตั้ง (Profile radiometer) ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดคลื่นไมโครเวฟ ที่เรียกว่า ไมโครเวฟเรดิโอมิเตอร์ (Microwave radiometer) ส่วนพาสซีฟเซนเซอร์ชนิดไม่กวาดภาพ แต่ใช้วิธีถ่ายภาพ (Imaging method) ได้แก่ กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.9

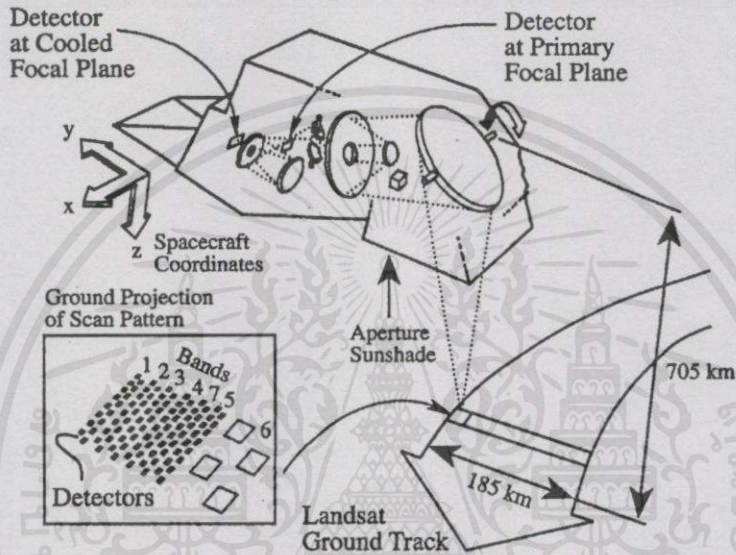


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน

พาสซีฟเซนเซอร์ที่เป็นทั้งระบบที่มีลักษณะการกวาดภาพและบันทึกออกมาเป็นภาพสามารถแบ่งออกได้อีก เป็นเครื่องวัดชนิดกวาดสร้างภาพจากระนาบภาพ (Image plane scanning sensor) เช่น กล้องโทรทรรศน์หรือชนิดที่เรียกว่า เครื่องกวาดภาพแบบโซลิดสเตต (Solid state scanner) และเครื่องวัดชนิดกวาดสร้างภาพจากระนาบวัตถุ (Object plane scanning sensor) เช่น เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral scanner หรือ Optical mechanical scanner) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT

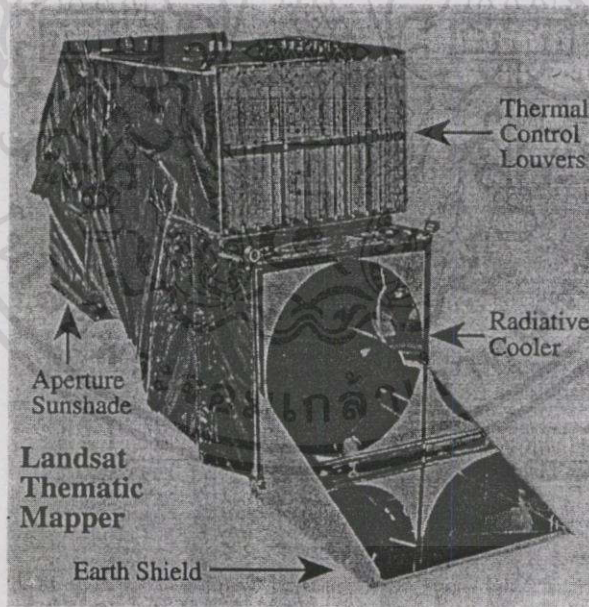
เครื่องวัดที่ได้รับความนิยมมากในการสำรวจจากระยะไกล ได้แก่ กล้องถ่ายภาพ เครื่องกวาดภาพแบบโซลิดสเตต เช่น ซีซีดี (CCD - Charge Coupled Device) เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น เครื่องวัดประเภทเลเซอร์นั้น ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ตรวจมลภาวะในอากาศ โดยการใช้เครื่องวัดสเปกตรัมแบบเลเซอร์และใช้เครื่องวัดความสูงแบบเลเซอร์ ในการวัดความสูง

## 2.4 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

สำหรับดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก อาทิ LANDSAT, SPOT และ MOS นั้น ส่วนใหญ่จะมีลักษณะการโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ในระดับความสูงประมาณ 900 กิโลเมตร ดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรโลก ซึ่งสร้างขึ้นมาจากการร่วมมือขององค์กรต่างๆ ทั่วโลก เช่น องค์กรการบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NASA) , องค์กรอวกาศแห่งยุโรป (ESA) และ องค์กรพัฒนาอวกาศแห่งญี่ปุ่น (NASDA) มีดังต่อไปนี้

### 2.4.1 ดาวเทียม LANDSAT

โคจรผ่านขั้วโลกทำมุมเอียง 99 องศา ที่ระดับความสูงประมาณ 920 กิโลเมตร และใช้เวลาวันละ 14 รอบ ในการบันทึกข้อมูลครอบคลุมทั่วโลกภายใน 18 วัน ระบบการบันทึกภาพประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบกวาดหลายช่วงคลื่น MSS (Multispectral scanner) ใช้เก็บภาพจำนวน 4 แถบความยาวคลื่นและระบบ TM (Thematic mapper) ใช้เก็บภาพจำนวน 7 แถบความยาวคลื่น ที่มีรายละเอียด 30 เมตร นอกจากนี้ยังมีระบบสื่อสารพิเศษ TDRS (Tracking and data relay satellite) ที่ส่งผ่านข้อมูลจากดาวเทียมสู่โลกในเวลาบันทึกภาพได้ทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม LANDSAT 7

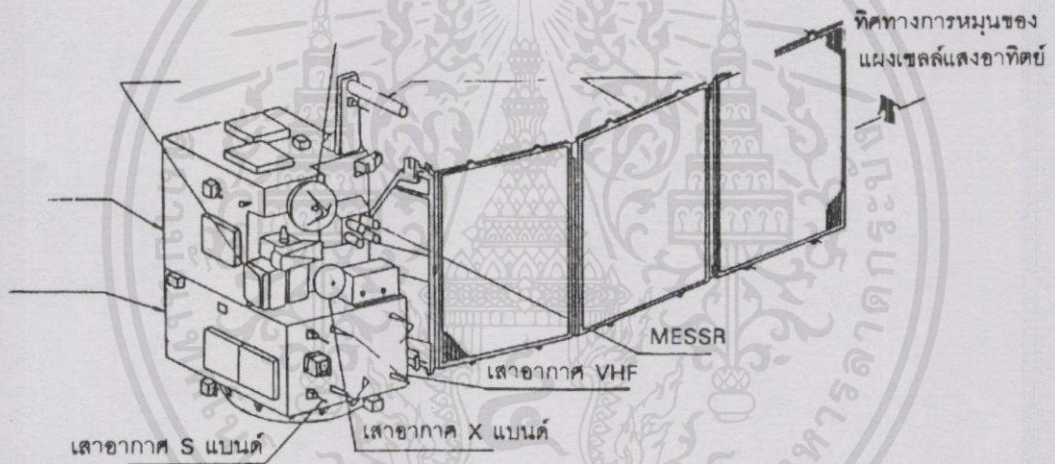
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 ดาวเทียม SPOT

มีลักษณะการโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ทำมุมเอียงกับแนวระนาบ 38.7 องศา ในระดับความสูงประมาณ 830 กิโลเมตร โคจรกลับมาบริเวณเดิมทุก 26 วัน โดยมีอุปกรณ์ในการบันทึกภาพที่ประกอบด้วยกล้อง HRV (High resolution visible) จำนวน 2 กล้อง ซึ่งแต่ละกล้องมีระบบการเก็บข้อมูลภาพ 2 ระบบ คือ ระบบหลายช่วงคลื่น MLA (Multispectral linear array) ใช้เก็บข้อมูลภาพจำนวน 3 แถบความยาวคลื่น ที่มีรายละเอียดของภาพ 20 เมตร และระบบช่วงคลื่นขาว-ดำ PLA (Panchromatic linear array) ที่มีรายละเอียด 10 เมตร

## 2.4.3 ดาวเทียม MOS-1

โคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 909 กิโลเมตร โดยทำการสำรวจและบันทึกภาพบริเวณเดิมทุก 17 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยมีอุปกรณ์สำรวจข้อมูล 4 ระบบ คือ



รูปที่ 2.12 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม MOS-1

2.4.3.1 ระบบ MESSR (Multispectral\*electronic self scanning radiometer) เป็นการบันทึกข้อมูลภาพใน 4 แถบความยาวคลื่น เป็นช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า 2 แถบความยาวคลื่นและอินฟราเรดใกล้ 2 แถบความยาวคลื่น มีความยาวช่วงคลื่นระบบเดียวกับระบบ MSS ของดาวเทียม LANDSAT ระบบบันทึกภาพของ MESSR ประกอบด้วยกล้อง 2 ชุด โดยกล้องตัวหนึ่งๆ จะทำการบันทึกข้อมูลภาพ 2 แถบความยาวคลื่น ที่มี detector 2,048 ตัว สำหรับบันทึกภาพในระยะทางกว้างประมาณ 100 กิโลเมตรและมีรายละเอียดข้อมูล 50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 ระบบ VTIR (Visible and thermal infrared radiometer) บันทึกข้อมูลภาพ 4 แถบ ความยาวคลื่น เป็นช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า 1 ช่วงคลื่นและอินฟราเรดความร้อน 3 แถบ ความยาวคลื่น ระบบบันทึกภาพเป็นแบบ Mirror scan ที่ใช้กระจกแบบหมุนรอบ (Rotating mirror) กวาดภาพในขนาด 1,500 x 1,500 ตร.กม. และแถบความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะมีรายละเอียด 900 เมตร ส่วนในช่วงอินฟราเรดความร้อนจะมีรายละเอียด 2,700 เมตร ระบบนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิต่างๆ ในทะเล รวมถึงการปกคลุมของเมฆและไอน้ำ

2.4.3.3 ระบบ MSR (Microwave scanning radiometer) เป็นการบันทึกข้อมูลภาพในระบบ พาสซีฟ ทำการบันทึกข้อมูลในช่วงความถี่ 23 GHz และ 31GHz รวมทั้งหมด 4 แถบความยาวคลื่น ความกว้างช่วงบันทึกภาพ 317 กิโลเมตร โดยช่วงความถี่ 23 GHz มีรายละเอียดภาพ 30 กิโลเมตร และในช่วงความถี่ 31 GHz มีรายละเอียด 10 กิโลเมตร ระบบนี้ใช้ประโยชน์ในการสำรวจปริมาณ ไอน้ำ ตลอดจนจนถึงการแผ่ปกคลุมของหิมะและน้ำแข็งในทะเล

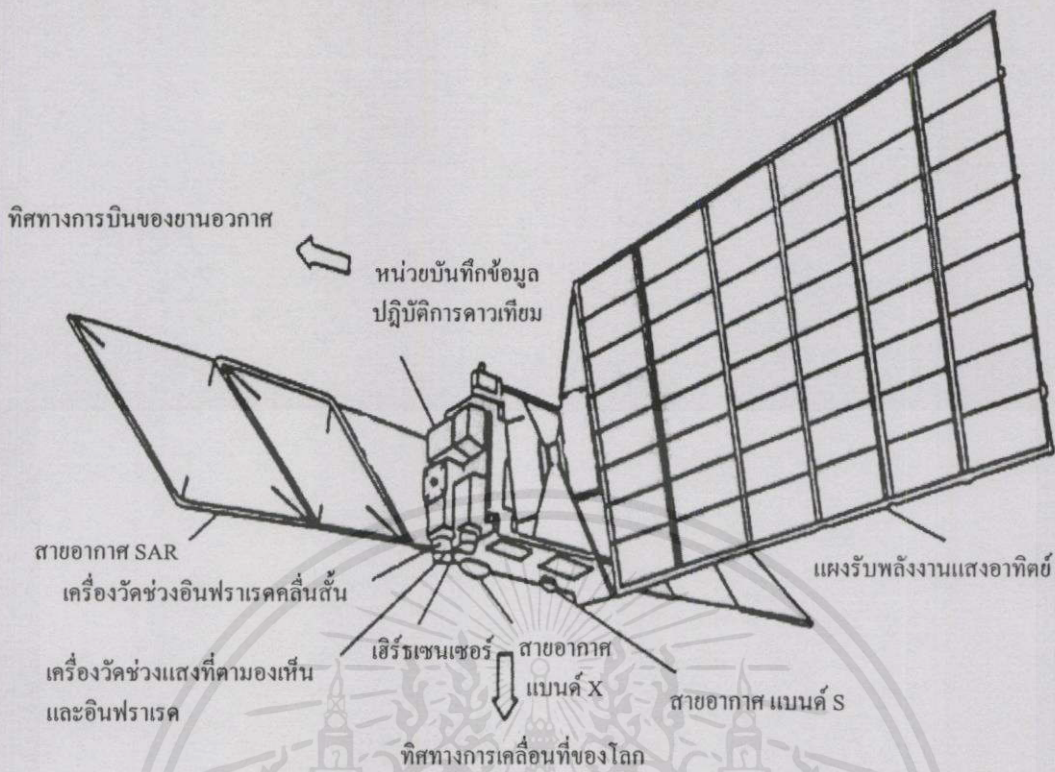
2.4.3.4 DCS (Data collection system) เป็นระบบเก็บข้อมูลทางด้านสมุทรศาสตร์ พร้อมทั้งยังสามารถวัดตำแหน่งของ DCP (Data collection platform) เช่นตำแหน่งเรือหรือทุ่นได้ด้วย

#### 2.4.4 ดาวเทียม ERS-1

ดาวเทียม ERS-1 เป็นการบันทึกข้อมูลแบบแอกทีฟหรือระบบเรดาร์ที่สามารถถ่ายภาพ ทะลุเมฆและวัดอุทกบางชนิดได้ บันทึกในช่วงคลื่นไมโครเวฟ คือ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร และความถี่ 300 ถึง 0.3 GHz โดยการแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคลื่น คือ X band , C band และ L band ที่มีรายละเอียดของภาพมีขนาด 25 x 25 ตร.ม. การสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม ERS-1 จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเรียบและความขรุขระของผิวดินเป็นสำคัญ ซึ่งวัตถุยิ่งเรียบจะให้ค่าการสะท้อนต่ำ ในขณะที่วัตถุที่มีความขรุขระจะให้ค่าการสะท้อนสูงขึ้นตามสัดส่วน แต่ต้องพิจารณามุมตกกระทบ (Incident angle) กับวัตถุด้วย

#### 2.4.5 ดาวเทียม JERS-1

เป็นดาวเทียมที่สามารถถ่ายภาพทะลุเมฆได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยใช้ระบบเรดาร์ที่มี อุปกรณ์ถ่ายภาพทะลุเมฆที่เรียกว่า SAR (Synthetic aperture radar) แล้วยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OPS (Optical sensor) ที่ใช้ CCD (Charge coupled device) ในการรับแสงจากพื้นผิวโลกแล้วแยกออกเป็น 7 แถบความยาวคลื่น ตั้งแต่แถบความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงแถบความยาวคลื่น อินฟราเรด โดยมีรายละเอียดของภาพถึง 18 x 24 ตร.ม. และสามารถถ่ายภาพสามมิติตามแนวโคจร ของโลกได้อีกด้วย



รูปที่ 2.13 แสดงรูปร่างลักษณะของดาวเทียม JERS-1

### 2.5 บทสรุป

ในการประยุกต์ใช้งานของภาพถ่ายดาวเทียมนั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ รวมถึงการหาบริเวณพื้นที่การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อนำไปวางแผนในการกำหนดพื้นที่การปลูกพืชชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำการเกษตร

การจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานในด้านอื่น ทั้งทางด้านธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์และแผนที่ทางการทหาร ต่างก็ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการสำรวจความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นบน โลกของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# การปรับเรียบภาพ

### 3.1 บทนำ

เนื่องจากภาพที่จัดเก็บมาได้ อาจจะมีสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม (Random noise) มาปรากฏซ้อนทับ (Superimpose) บนความสว่างหรือค่าระดับสีเทาของจุดภาพ ซึ่งสัญญาณรบกวนดังกล่าว บางครั้งเกิดจากตัวจัดเก็บข้อมูลภาพหรือเกิดขึ้นในระหว่างการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบการสื่อสาร ขบวนการปรับเรียบให้ภาพจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่แปลกปลอมเข้ามาอยู่ในภาพ เนื่องจากสัญญาณรบกวนมักมีสเปกตรัมอยู่ที่ความถี่สูงๆ ดังนั้นการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการปรับเรียบให้ภาพก็คือ การกรองที่ให้ความถี่ต่ำผ่านนั่นเอง ในการกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้ทั้งในโดเมนสเปเชียล (Spatial domain) และในโดเมนความถี่ (Frequency domain) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการปรับเรียบให้ภาพทางด้าน โดเมนสเปเชียลเท่านั้น วิธีการปรับเรียบที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 วิธีคือ การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean value smoothing) และการปรับเรียบด้วยค่ามัธยฐานหรืออาจเรียกว่าการกรองมัธยฐาน (Median filtering)

### 3.2 การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย

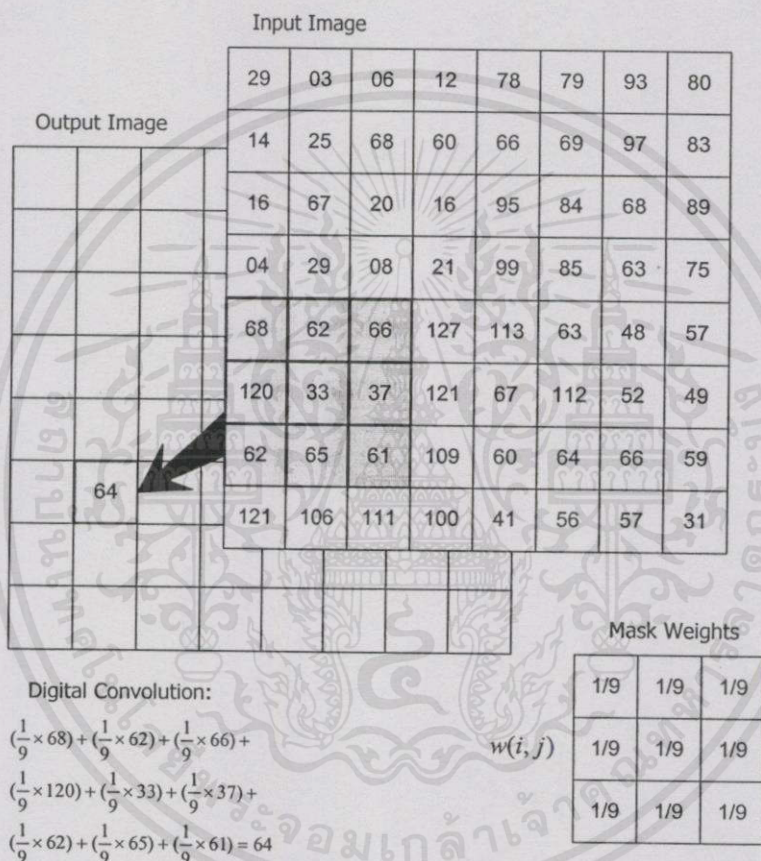
การกำจัดสัญญาณรบกวนจากการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยนี้ จะเป็นการนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงของจุดภาพที่ต้องการประมวลผลมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อจะนำไปแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น จากการนำค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงมาใช้ในการปรับเรียบให้ภาพบางครั้งจะเรียกขบวนการนี้ว่า การเฉลี่ยค่าในละแวกข้างเคียง (Neighborhood averaging) จำนวนจุดภาพในละแวกข้างเคียงที่ใช้โดยมากมักจะเป็นเทมเพลตจัตุรัสขนาด  $3 \times 3$  จุดภาพหรือ  $5 \times 5$  จุดภาพ ปกติแล้วนิยมใช้เทมเพลตขนาด  $3 \times 3$  จุดภาพเพื่อลดเวลาในการคำนวณ การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยจะเป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะการทำคอนโวลูชัน (Convolution) ระหว่างภาพกับเทมเพลตที่ใช้ เพื่อคำนวณค่าระดับสีเทาใหม่ของจุดภาพตำแหน่งเดิม ในการปรับเรียบค่าเฉลี่ยนี้จะนำเทมเพลตที่ใช้ไปทาบบนภาพอินพุตหรือภาพต้นฉบับ ซึ่งจุดกึ่งกลางของเทมเพลตจะถูกลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ใช้สำหรับเทมเพลตขนาด 3x3 จุดภาพคือ

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 W(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (3.1)$$

เมื่อ  $W(i, j)$  เป็นเทมเพลตที่ใช้ และ  $I(x, y)$  เป็นภาพอินพุต ส่วน  $S(x, y)$  เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับเรียงด้วยค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.1 แสดงการใช้เทมเพลตขนาด 3x3 ในการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ

ลักษณะเทมเพลตที่ใช้อาจจะแบ่งเป็นสองลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยในรูปที่ 3.2(ก) เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยที่ให้ความสำคัญของจุดภาพข้างเคียงเท่ากันหมดทุกจุด ส่วนเทมเพลตในรูปที่ 3.2(ข) จะเป็นการให้ความสำคัญของจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางที่มีความสำคัญสูงกว่าจุดภาพที่อยู่ห่างไกลออกไป สำหรับเลข 9 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลต รูปที่ 3.2(ก) กับเลข 16 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลตรูปที่ 3.2(ข) จะเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อรักษาคุณสมบัติเอกพันธ์ (Homogeneity) ของพื้นที่ในภาพ คือถ้าจุดภาพที่ต้องการทำการประมวลผลมีค่าระดับสีเทาเท่ากับค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ ในระนาบข้างเคียง การประมวลผลจะต้องไม่ไปปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพที่สนใจนั้น

$$\frac{1}{9} \times$$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(ก) ความสำคัญเท่าเทียมกัน

$$\frac{1}{16} \times$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

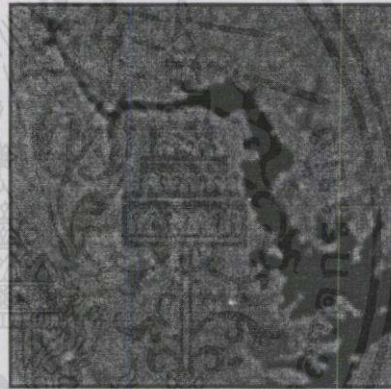
(ข) ความสำคัญขึ้นอยู่กับระยะห่าง

รูปที่ 3.2 เวมเพลต  $W(i, j)$  ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย

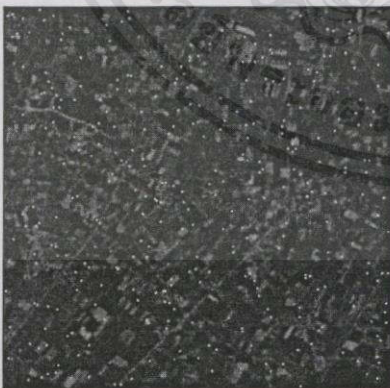
ภาพตัวอย่างในรูปที่ 3.3(ก)และ(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เวมเพลตในรูปที่ 3.2(ก) ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 3.3(ข)และ(ง)



(ก) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ข) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ค) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ง) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 3.3 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแบบความสำคัญเท่าเทียมกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อย

ปัญหาหลักของการปรับเรียบภาพที่เห็นได้ชัดคือ ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบจะขาดความคมชัดเนื่องจากขอบของพื้นที่ต่างๆ ในภาพอาจถูกทำลายไป เนื่องจากเทมเพลตที่ใช้ไม่มีความเหมาะสมกับบริเวณที่จะทำการปรับเรียบพื้นที่ของภาพ ทำให้มีวิธีการปรับเรียบภาพวิธีใหม่ที่พยายามรักษาขอบของพื้นที่ต่างๆ ในภาพเอาไว้

โดยหลักการของวิธีดังกล่าวจะทำการหาพื้นที่ต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง  $(x, y)$  ที่จะทำการปรับเรียบ เพื่อคว้าจุดภาพ  $(x, y)$  ไปอยู่ในพื้นที่ใดแล้วจะให้ความเป็นเอกพันธ์สูงที่สุด โดยใช้วิธีการหมุนเทมเพลตไปรอบๆ จุดภาพ  $(x, y)$  แล้วใช้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจและเมื่อพบพื้นที่ ที่ให้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด ก็จะนำเอาค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาจุดภาพต่างๆ ในพื้นที่ ดังกล่าวแทนลงในค่าระดับสีเทาของจุดภาพ  $(x, y)$  ซึ่งในการปรับภาพเรียบนี้จะกระทำกันตลอดทั้งภาพและมีการวนซ้ำจนกว่าจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าใดๆ ของจุดภาพ

ขั้นตอนการปรับเรียบ โดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อย มีดังนี้

- 1) คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเทมเพลตทั้งหมดที่มีจุดภาพตำแหน่ง  $(x, y)$  เป็นจุดร่วมในทุกเทมเพลต
- 2) ตรวจสอบหาเทมเพลตที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด
- 3) แทนค่าเฉลี่ยของเทมเพลตที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดในจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(x, y)$
- 4) ให้ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 กับทุกๆ จุดภาพจนครบทั้งภาพ
- 5) กระทำการวนซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 จนกว่าเกือบทุกจุดภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาก็จะได้ผลลัพธ์ของการปรับเรียบ

โดยสมการหาค่าเฉลี่ย คือ

$$\bar{x}(k) = \frac{1}{m} \sum_{i,j \in S_k} f(i, j) \quad ; k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (3.2)$$

$\bar{x}(k)$  คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากเทมเพลต  $k$

$N$  คือ จำนวนของเทมเพลต

$S_k$  คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าปก

$f(i, j)$  คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ  $(i, j)$  ของภาพ

$m$  คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

และสมการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ

$$V(k) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i,j \in S_k} [f(i,j) - f(x,y)]^2} \quad ; k=1,2,3,\dots,N \quad (3.3)$$

$V(k)$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้มาจากเทมเพลต  $k$

$N$  คือ จำนวนของเทมเพลต

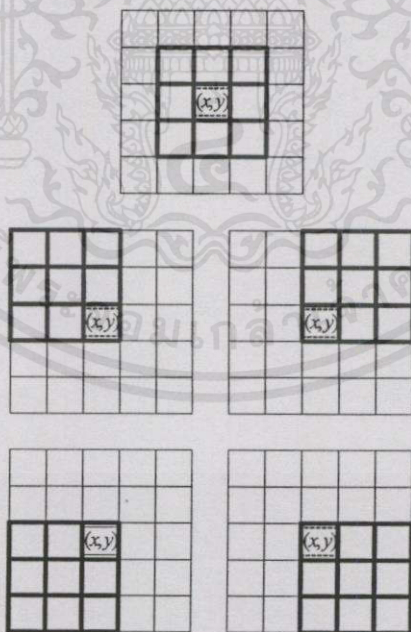
$S_k$  คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าภาพ

$f(i,j)$  คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ  $(i,j)$  ของภาพ

$f(x,y)$  คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ  $(x,y)$  ของเทมเพลต

$m$  คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

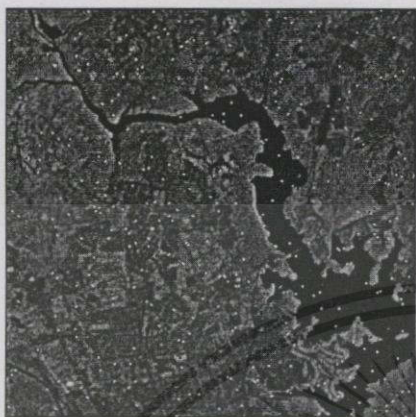
โดย Tomita[9] ได้เสนอเทมเพลตขนาด  $3 \times 3$  จุดภาพ ที่ใช้หาพื้นที่เอกพันธ์สำหรับจุดภาพตำแหน่ง  $(x,y)$  โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์การตัดสินใจจำนวน 5 เทมเพลต ซึ่งในแต่ละเทมเพลตจะมีจุดภาพ  $(x,y)$  รวมอยู่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.4



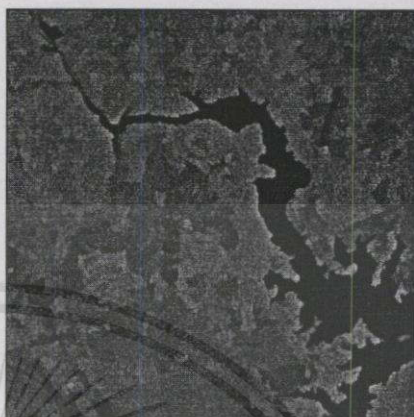
รูปที่ 3.4 เทมเพลตทั้งห้าของ Tomita เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง  $(x,y)$  ด้านการคำนวณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

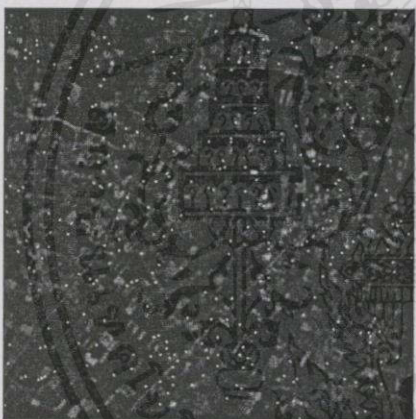
รูปที่ 3.5(ก)และ(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 3.4 ในการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตทั้งห้าของ Tomita แล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 3.5(ข)และ(ง)



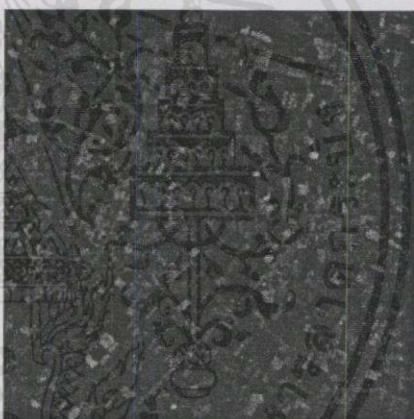
(ก) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ข) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ค) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน

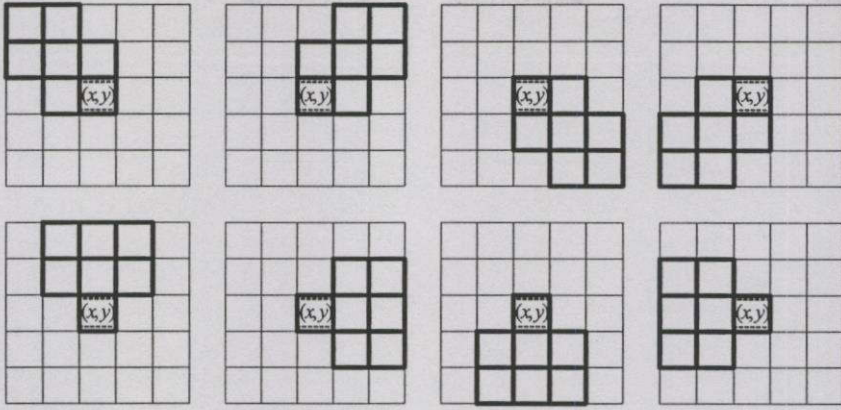


(ง) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

### รูปที่ 3.5 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตทั้งห้าของ Tomita

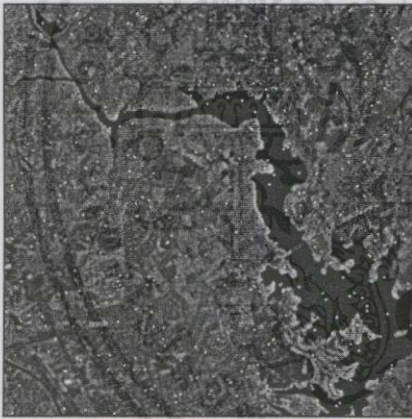
เนื่องจากเทมเพลตของ Tomita ที่ใช้จะเป็นจัตุรัสขนาดเท่าไรก็ได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเทคนิคนี้คือ ถ้าพื้นที่ใดมีรูปทรงที่ซับซ้อนเช่น พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นรูปกลมพื้นที่ลักษณะดังกล่าวจะถูกทำลายหายไป ทั้งนี้เพราะกระบวนการปรับเรียบจะทำการวนซ้ำจนกว่าจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าจุดใดๆ ในภาพเลย ข้อเสียนี้ต่อมาได้รับการแก้ไขโดย Nagao[10]

Nagao ได้เสนอให้สร้างเทมเพลตรูปทรงใหม่เพื่อให้ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีรูปทรงซับซ้อน เทมเพลตของ Nagao จะมีอยู่ 8 เทมเพลต ซึ่งแต่ละเทมเพลตจะมีจุดภาพ  $(x, y)$  ที่กำลังพิจารณาอยู่ด้วย โดยจุดภาพตำแหน่ง  $(x, y)$  นี้จะเป็นจุดภาพที่ต้องทำการปรับเรียบ ในลักษณะรูปทรงของเทมเพลตที่ Nagao เสนอไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.6

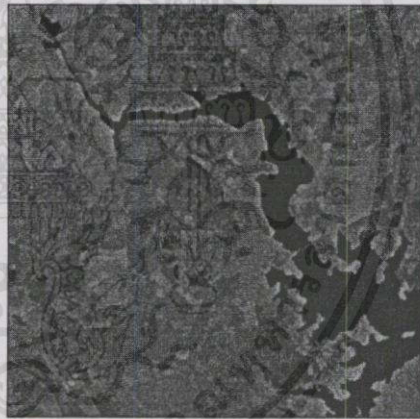


รูปที่ 3.6 เเทมเพลตที่เสนอโดย Nagao เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง  $(x, y)$

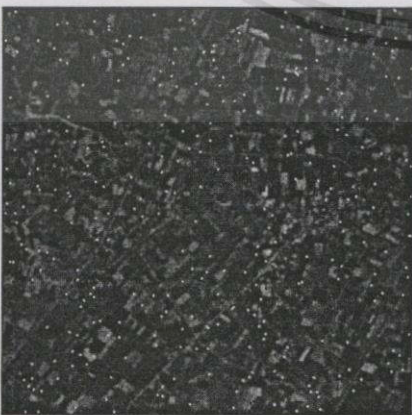
รูปที่ 3.7(ก)และ(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 3.6 ในการปรับเรียบภาพด้วย เเทมเพลตของ Nagao แล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 3.7(ข)และ(ง)



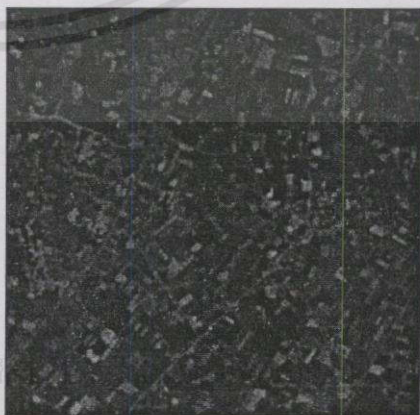
(ก) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ข) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



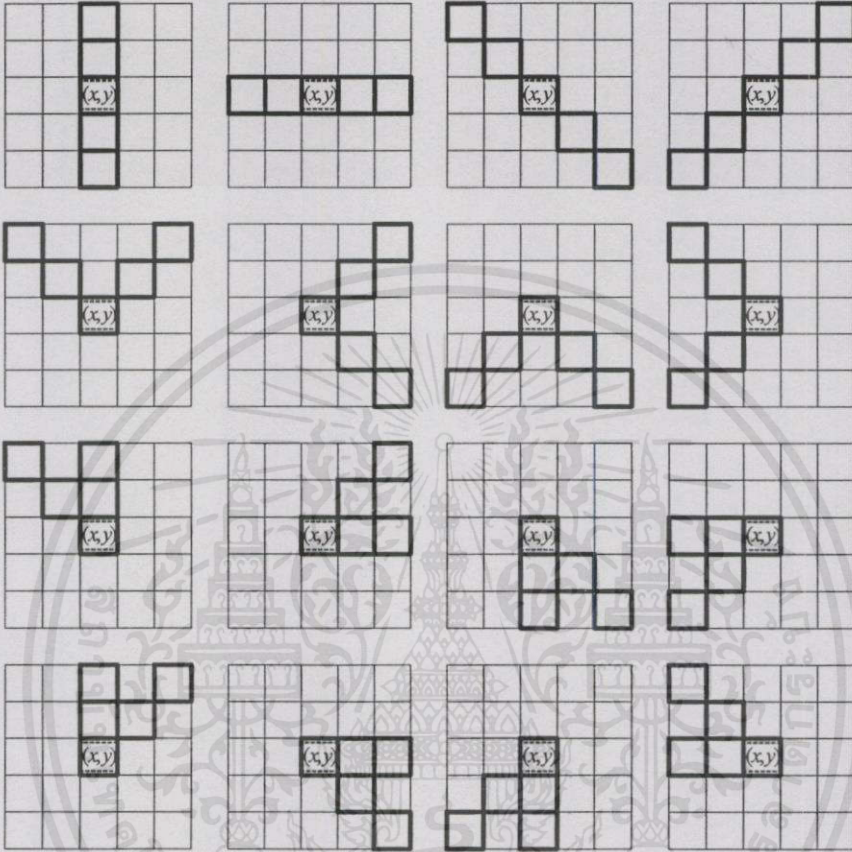
(ค) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ง) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 3.7 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Nagao

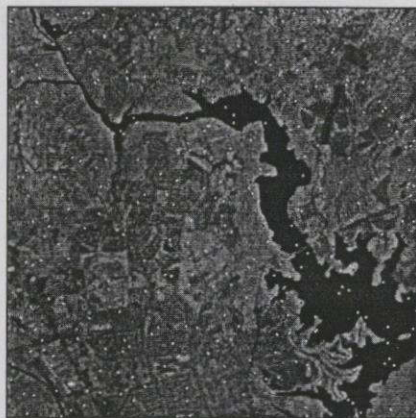
เนื่องจากเทมเพลตของ Nagao ยังคงเกิดปัญหา ไม่สามารถรักษาขอบภาพที่มีความกว้างน้อยกว่า 3 จุดภาพ ดังนั้นเรา[14] จึงเสนอเพิ่มเทมเพลตสำหรับการปรับเรียบที่ยังคงรักษาขอบต่างๆของวัตถุในภาพ โดยใช้เทมเพลตในรูปที่ 3.8



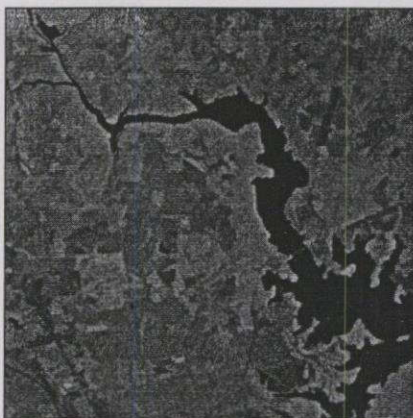
รูปที่ 3.8 แสดงเทมเพลตที่นำเสนอขึ้นใหม่ เพื่อให้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง  $(x, y)$

รูปที่ 3.9(ก)และ(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 3.8 ในการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตที่ได้นำเสนอขึ้นใหม่นี้ จะให้ผลดังรูปที่ 3.9(ข)และ(ง)

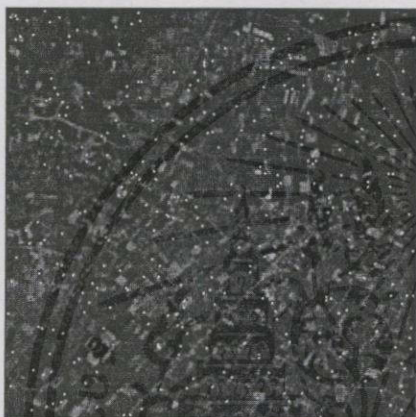
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



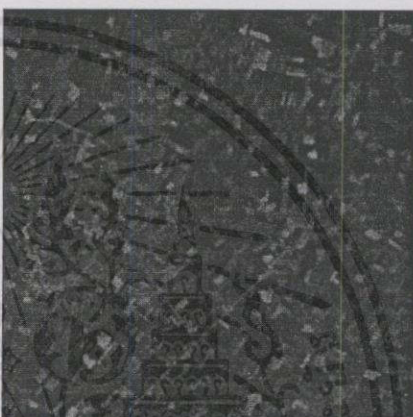
(ก) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



(ข) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ค) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน



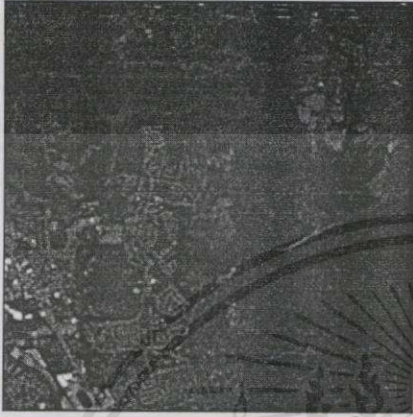
(ง) แสดงภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

**รูปที่ 3.9 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตที่ได้นำเสนอขึ้นใหม่**

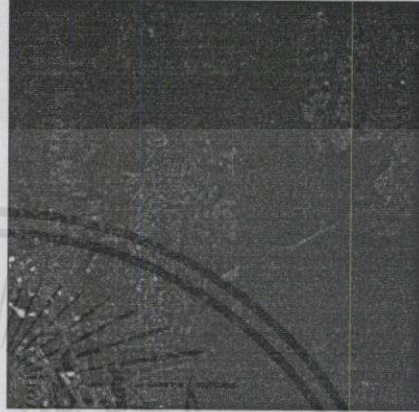
จากตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าวิธีการปรับเรียบภาพที่รักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ข้อย่นั้น สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้และยังคงรักษาข้อมูลขอบภาพต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะกับการนำมาปรับเรียบภาพถ่ายความเข้มที่มีรายละเอียดของข้อมูลสูง

### 3.4 ผลการทดลอง

ในการทดลองได้นำภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม (Multispectral) จำนวน 2 ชุดภาพ มาทำการปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยเอาไว้ และได้นำเทมเพลตที่ได้นำเสนอ ขึ้นใหม่มาใช้ร่วมกับเทมเพลตของ Tomita กับ Nagao ด้วย ดังที่แสดงในรูปที่ 3.11 และ 3.13



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



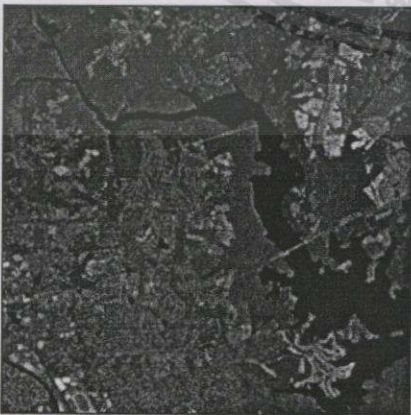
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



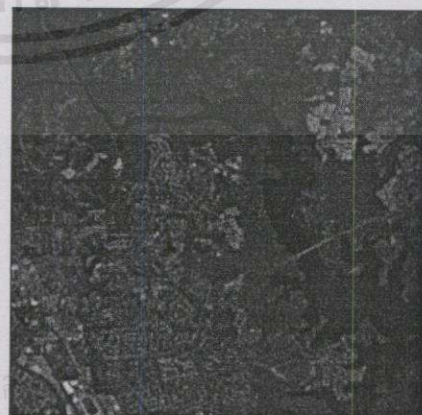
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4

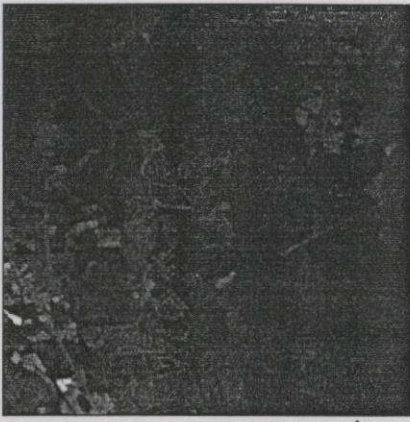


(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5

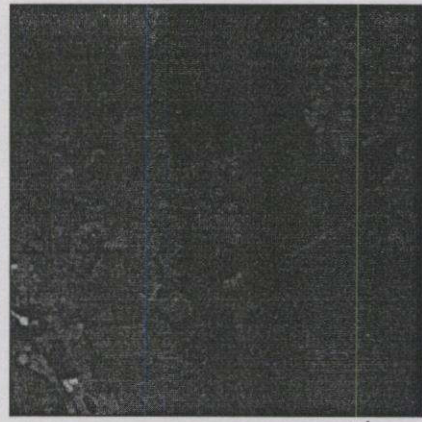


(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

รูปที่ 3.10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมต้นแบบชุดที่ 1



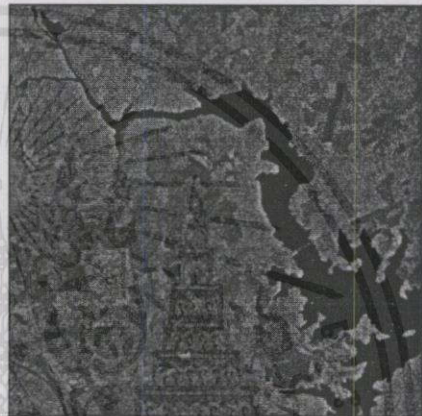
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



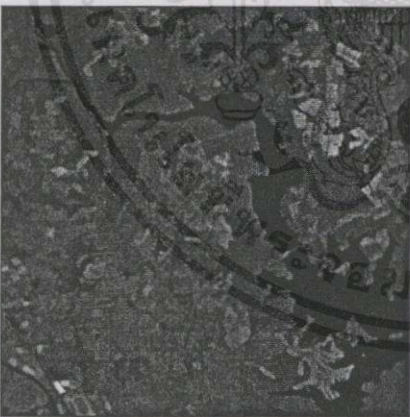
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



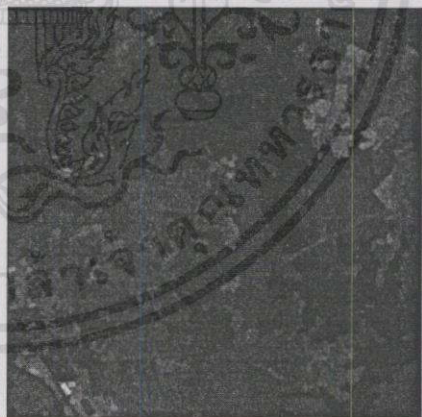
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4



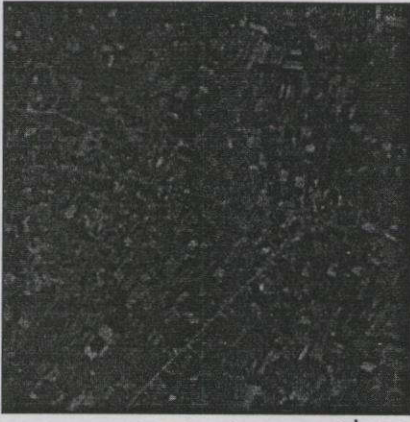
(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5



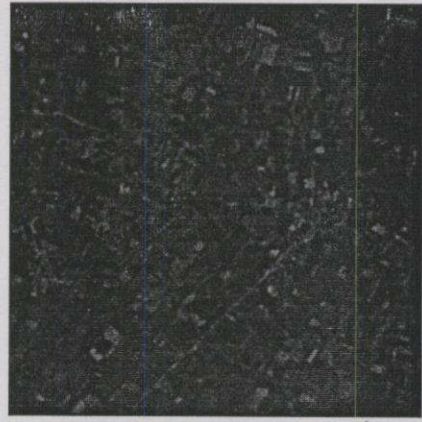
(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

**รูปที่ 3.11** แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพ โดยยังคงรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยเอาไว้

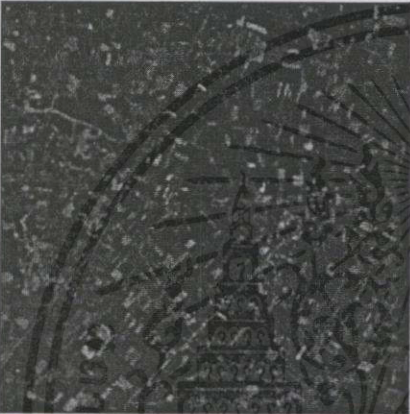
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



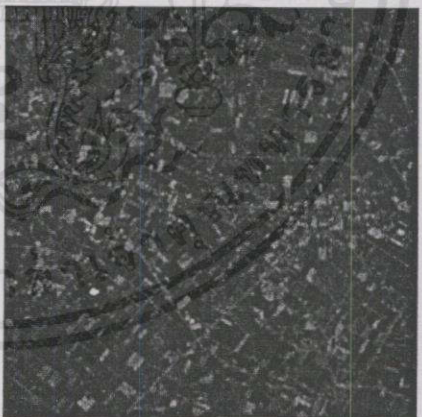
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4



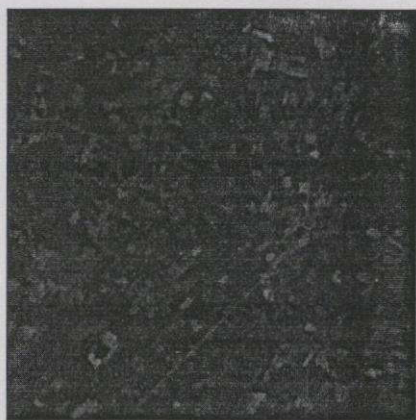
(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5



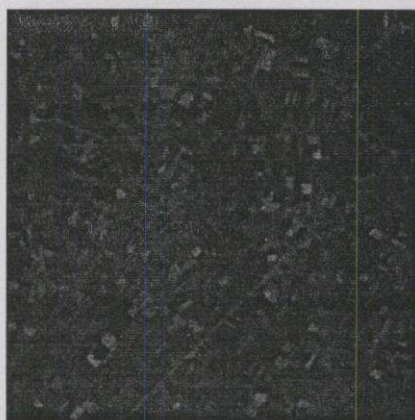
(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

### รูปที่ 3.12 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมต้นแบบชุดที่ 2

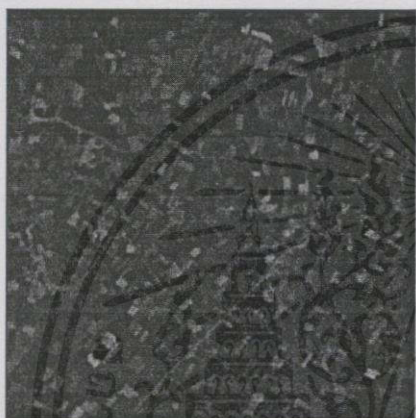
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



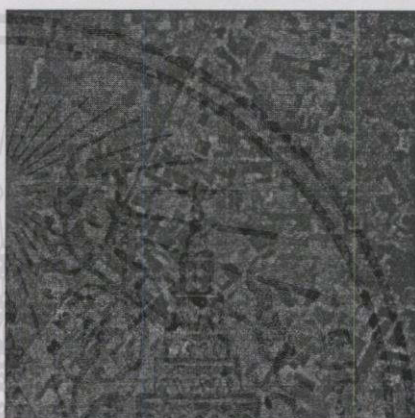
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



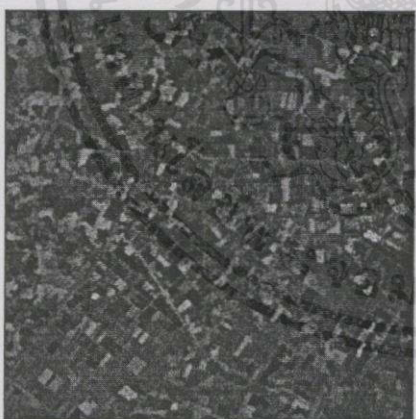
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



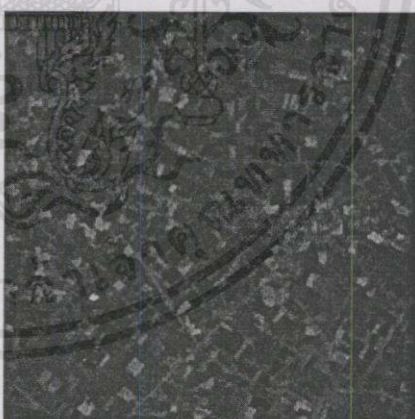
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5



(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

รูปที่ 3.13 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพ โดยยังคงรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ที่มีซีพียูความถี่ 500 เมกะเฮิร์ต ที่ใช้หน่วยความจำขนาด 128 เมกะไบต์ บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 98 ใช้โปรแกรมแมทแลพเวอร์ชัน 5.3 ในการทดสอบภาพถ่ายดาวเทียม 6 แบนด์ ซึ่งภาพในแต่ละแบนด์มีขนาด 256X256 จุดภาพ และได้ทำวนซ้ำโปรแกรมจำนวน 5 รอบ ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองชุด

ภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ที่	ภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 (นาที)	ภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 (นาที)
1	4.23	4.43
2	4.33	4.51
3	4.36	4.48
4	4.41	4.45
5	4.88	4.46
6	4.41	4.45

### 3.5 บทสรุป

ในการปรับเรียบภาพถ่ายดาวเทียมนั้น จะทำเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพ และปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลให้มีความเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อช่วยในการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการปรับเรียบภาพมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่การปรับเรียบภาพที่คตินั้น ต้องให้เกิดการสูญเสียของข้อมูลให้น้อยที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกการปรับเรียบภาพที่ยังคงรักษาของต่างๆ ของพื้นที่เอาไว้ (Edge Preserving Smoothing Method) มาประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนและปรับปรุงข้อมูลภาพให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและทำการแยกส่วนพื้นที่ในภาพด้วยทฤษฎีกราฟต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

### 4.1 บทนำ

ในกระบวนการจำแนกข้อมูลและการแปลความหมาย (Classification and Interpretation) ภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม (Multispectral images) ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันนั้น ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมนั้นประกอบไปด้วยข้อมูลภาพที่มีค่าการสะท้อนของความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน แต่มีแนวทางหนึ่งที่สามารถทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีหลายสเปกตรัมนั้นทำได้สะดวกขึ้นนั่นคือ การนำทฤษฎีของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาช่วยในการลดขนาดมิติของภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมลง ดังนั้นในบทนี้จึงได้นำเสนอทฤษฎีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก เพื่อที่จะได้นำภาพผลลัพธ์ที่ได้ไปการประยุกต์ใช้งานในบทอื่นต่อไป

### 4.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นการวิเคราะห์แบบ Linear combination [8] ของข้อมูลที่ยังคงรักษาไว้ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวน (Variance) ของแกนเดิม (Original axis) ในขณะที่แกนใหม่จะถูกสร้างขึ้นมาโดยมีการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพจากแกนเดิมต่างๆ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวแปร  $X$  จะเป็นการแปลงเชิงเส้น (Linear transformation) ของค่าความแปรปรวนจากข้อมูลเดิมไปยังตัวแปรใหม่  $Y$  ที่ไม่มีค่าสหสัมพันธ์ ถึงแม้ว่าข้อมูลในตัวแปร  $X$  จะมีค่าสหสัมพันธ์สูงก็ตาม

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักได้ถูกนำมาใช้เป็นเวลาหลายปีแล้ว คณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนี้ได้ถูกเขียนขึ้นในปี ค.ศ. 1923 โดย Hotelling และในปี ค.ศ. 1964 โดย Searle ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติที่อยู่บนพื้นฐานของค่า Variance และค่า Covariance ของกลุ่มข้อมูล ค่า Variance เป็นการแตกกระจาย (Scatter) ที่อยู่ในหนึ่งตัวแปรของกลุ่มข้อมูล ส่วนค่า Covariance จะเป็นการวัดการแตกกระจายในระหว่างกลุ่มตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวแปร  $X$  ทั้งหมด  $n$  ตัว เป็นการกำหนดการแปลงเชิงเส้นของทุกๆ การแปรเปลี่ยนในตัวแปรเดิมสู่ตัวแปรใหม่  $Y$  ทั้งหมด  $n$  ตัว ในการแปลงนี้ กำหนดให้ตัวแปรลำดับแรกของกลุ่มตัวแปร  $Y$  มีค่าความแปรปรวนสูงสุด จากค่าความแปรปรวนทั้งหมด ส่วนตัวแปรลำดับที่สองของกลุ่มของตัวแปร  $Y$  จะมีค่าความแปรปรวนสูงสุดจากความแปรปรวนที่เหลือและได้ลดลงไปสำหรับตัวแปรถัดไป จุดประสงค์หลักของทฤษฎีในการแปลงก็คือการได้คืนมาของการแปรเปลี่ยนทั้งหมด เพื่อที่จะรักษาเอาไว้ซึ่งการแปรเปลี่ยนทุกๆ อย่างที่ต้องการ ดังนั้นจำนวนการแปรเปลี่ยนที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในตัวแปรหลายๆ นั้น จะมีค่าความแปรปรวนน้อยจนอาจจะพิจารณาได้ว่ามีค่าน้อยมากและสามารถตัดทิ้งได้ แต่ถ้าหากมีการตัดเอาตัวแปรหลายๆ ดังกล่าวทิ้งไปก็จะเป็นการลดขนาดมิติของภาพ

ตัวแปรที่ได้หลังจากการแปลงคือกลุ่มตัวแปร  $Y$  ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก จะไม่ให้ค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของการแปลง เรียกว่า Orthogonality หรือการขาดหายไปของค่าสหสัมพันธ์ของแกน ภายหลังจากการแปลง จะเกิดจากผลของการแปลงนั่นเอง แม้ว่าในกลุ่มตัวแปร  $X$  เดิมจะมีค่าสหสัมพันธ์สูงก็ตาม โดยปกติแล้ว จำนวนตัวแปรหลังจากการแปลงจะน้อยลงเมื่อตัวแปร  $X$  เดิมจะมีค่าสหสัมพันธ์สูงขึ้น ข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์สูง เป็นข้อมูลสำหรับการใช้ค่าของตัวแปรหนึ่ง ในการทำนายค่าที่สอดคล้องในตัวแปรอื่นๆ ส่วนเกินของข้อมูลดังกล่าวนี้ จะไม่ปรากฏในกลุ่มตัวแปรที่ขาดความสัมพันธ์กัน ดังนั้น ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันสามารถแสดงได้ด้วยกลุ่มของตัวแปรที่ไม่สัมพันธ์กัน ได้กระชับกว่ากลุ่มตัวแปรที่สัมพันธ์กัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นการแปลงเชิงเส้นที่อยู่ในรูปของ

$$Y = CX + B \quad (4.1)$$

เมื่อกำหนดให้

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_q \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1p} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \cdots & c_{2p} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \cdots & c_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{q1} & c_{q2} & c_{q3} & \cdots & c_{qp} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_q \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามใช้เอกสารทุกครั้งที่นำเข้าไปใช้

โดยที่  $q \leq p$  มีเงื่อนไขกำหนดว่าการแปลงนั้นต้องได้ซึ่ง Geometric orthogonality นั่นคือ  $CC^T = I$  โดย  $C^T$  เป็นทรานสโพสของ  $C$  และ  $I$  เป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์และที่เพิ่มขึ้นมาคือ ตัวแปรหลังการแปลง  $Y$  ต้องตั้งฉากกันนั่นคือ ไม่มีความสัมพันธ์กัน การกำหนดเงื่อนไขนี้ให้พิจารณาจาก

$E(X) = \mu_x$ , เมื่อ  $\mu_x$  เป็นเวกเตอร์ของค่าเฉลี่ยของตัวแปร  $X$  จะได้ว่า

$$\begin{aligned} E(Y) &= E(CX + B) \\ \mu_y &= CE(X) + B \\ \mu_y &= C\mu_x + B \end{aligned} \quad (4.2)$$

เนื่องจากไม่มีข้อกำหนดจำกัดในการเลื่อนของ  $Y$  ไปยังจุดกำเนิดใหม่ ดังนั้นจึงสามารถเลือกให้  $\mu_y = 0$  จากสมการที่ (4.2) จะกลายเป็น

$$C\mu_x + B = 0$$

หรือ

$$B = -C\mu_x \quad (4.3)$$

แทนสมการที่ (4.3) ลงใน (4.1) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} Y &= CX + (-C\mu_x) \\ Y &= C(X - \mu_x) \end{aligned} \quad (4.4)$$

ให้คำนวณหา  $C$  ภายใต้เงื่อนไขของ  $CC^T = I$  เนื่องจาก  $\mu_x = 0$  ดังนั้นเมตริกซ์ Covariance ของ  $Y$  หาได้จาก

$$\begin{aligned} E(Y Y^T) &= E\{ [C(X - \mu_x)] [C(X - \mu_x)]^T \} \\ \Lambda &= CE[(X - \mu_x)(X - \mu_x)^T]C^T \\ \Lambda &= C \Sigma C^T \end{aligned} \quad (4.5)$$

เมื่อ  $\Sigma$  เป็นเมตริกซ์ Covariance ขนาด  $p * p$  ของตัวแปร  $X$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการบังคับให้ได้เงื่อนไขที่ตัวแปร  $Y$  ไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นความสัมพันธ์ที่ได้มาคือ

$$\Lambda = C \Sigma C' \quad (4.6)$$

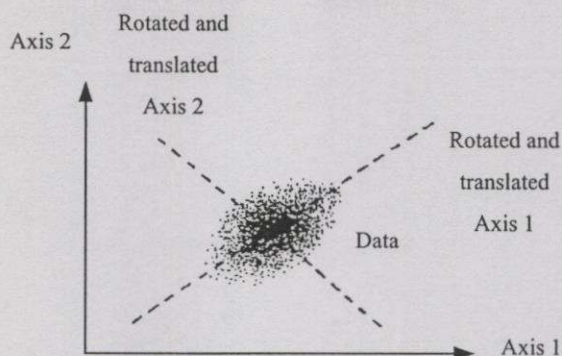
$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_{22} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{33} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_{qq} \end{bmatrix}$$

$\Lambda$  คือ เมตริกซ์ Covariance ของตัวแปร  $Y$  ซึ่งเป็นเมตริกซ์แนวทแยง (Diagonal matrix) ที่  $\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \dots, \lambda_{qq}$  เป็นทอมในแนวทแยง โดยสมาชิกที่ไม่อยู่ในแนวทแยงจะเป็นศูนย์ทั้งหมด ดังนั้นค่า Covariance ต่างที่เป็นศูนย์ ซึ่งหมายความว่า  $Y$  ต่างๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน  $\lambda_{11}$  เป็นค่าความแปรปรวนของตัวแปร  $Y$  หรือองค์ประกอบแรกของตัวแปร  $Y$  ส่วน  $\lambda_{22}$  เป็นค่าความแปรปรวนของตัวแปร  $Y$  หรือองค์ประกอบหลักที่ 2 และอื่นๆ

จากสมการที่ (4.6) จะเห็นว่า  $\Lambda$  คือ เมตริกซ์ Eigenvalue สำหรับ  $\Sigma$  และ  $C$  เป็นเมตริกซ์ Eigenvector ที่สอดคล้อง ดังนั้นจึงต้องทำการคำนวณหา Eigenvalue ต่างๆ โดยจะพบว่า  $\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \dots, \lambda_{qq}$  เหล่านี้ใช้แสดงแทนจำนวนค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อยู่บนแกนของตัวแปร  $Y$  เงื่อนไขของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักคือ ค่าความแปรปรวนทั้งหมดของกลุ่มข้อมูลเดิม (ผลบวกของของสมาชิกในแนวทแยง  $\Sigma$ ) เท่ากับค่าความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลหลังผ่านการแปลง (ผลบวกของสมาชิกในแนวทแยง  $\Lambda$ )

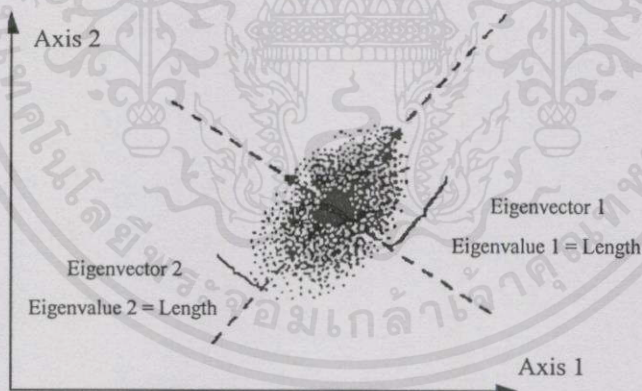
การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่นำมาใช้กับข้อมูลรีโมทเซนซิง สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายโดยใช้รูปเชิงเรขาคณิต กระบวนการของการแปลงแบบเชิงเส้นเมื่อตัวแปรเดิมมีการเลื่อนและการหมุนดังแสดงในรูปที่ 4.1 ตำแหน่งของแกนต่างๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลแล้วถูกเปลี่ยนไป ตำแหน่งของกลุ่มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มข้อมูลอื่นจะไม่เปลี่ยน ตัวอย่างของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักนั้นเปรียบเทียบกับหลอดที่บรรจุลูกปิงปองหลายๆ ลูก ถ้ามองจากปลายข้างหนึ่งของหลอดปรากฏว่า จะเห็นลูกปิงปองริมสุดเพียงลูกเดียว ถ้าพลิกดูด้านข้างหลอด จะเห็นปิงปองทุกลูกซึ่งก็เหมือนกับมุมมองภาพขององค์ประกอบหลักต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



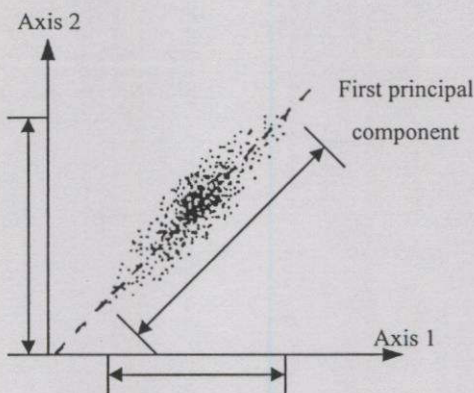
รูปที่ 4.1 การหมุนของแกนในสองมิติ

ค่า Eigenvalue และ Eigenvector ที่มีความสัมพันธ์และมีการแตกกระจายของข้อมูลดังในรูปที่ 4.2 Eigenvector นั้นจะอยู่บนแกนที่แปลงไปแล้วและความยาวของ Eigenvector ต่างๆ คือ ค่า Eigenvalue ดังนั้น Eigenvalue ที่ยาวที่สุดถูกเลือกเป็นแกนแรกของการแปลงหรือองค์ประกอบหลักลำดับที่ 1 ส่วนความยาวที่ 2 ก็ถูกเลือกเป็นองค์ประกอบหลักลำดับที่ 2 และอื่นๆ ถัดไป สำหรับกรณีที่มีตัวแปรเพียง 2 ตัวนั้นคู่ของ Eigenvector - Eigenvalue จะสอดคล้องกับแกนยาวสุดของวงรีที่ล้อมรอบข้อมูลทั้งหมด

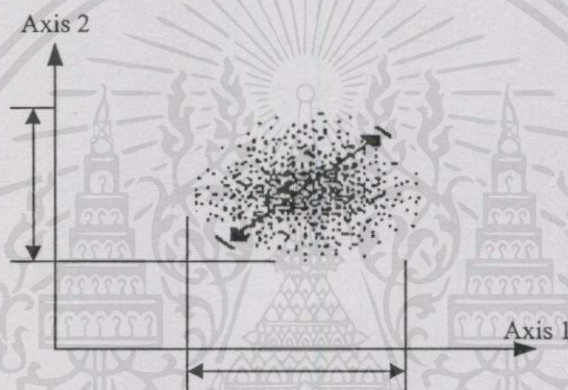


รูปที่ 4.2 Eigenvector และ Eigenvalue ในสองมิติ

ลักษณะของสเก็ตเตอร์แกรมแสดงให้เห็นถึงค่าองศาของสหสัมพันธ์ที่ปรากฏในข้อมูล ถ้าสเก็ตเตอร์แกรมที่ยาวและแคบ โดยไม่ขนานกับแกนเดิมแสดงว่าข้อมูลมีค่าสหสัมพันธ์สูง ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ส่วนนี้ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์สูง



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักลำดับแรกๆ ของข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ

สเก็ตเตอร์แกรมที่มีลักษณะเป็นวงกลมดังแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงลักษณะข้อมูลที่มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ องค์ประกอบหลักต่างๆ ของข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กันนี้จะไม่มีแกนใดที่ลากผ่านวงกลมแล้วได้ข้อมูลมากกว่าการโปรเจกชันข้อมูลลงบนแกนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 วิธีการประยุกต์ทฤษฎีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับภาพถ่ายดาวเทียม

### 4.3.1 นิยามของตัวแปร

ในทางรีโมทเซนซิงข้อมูลเดิม  $X$  ที่จะทำการวิเคราะห์ คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ประกอบด้วย แบนด์ที่ 1, แบนด์ที่ 2 และแบนด์ที่ 3 (สมมติว่าดาวเทียมดวงนั้นมีข้อมูล 3 แบนด์) นั้นหมายความว่าข้อมูล  $X$  จะประกอบด้วยตัวแปร 3 ตัว คือ  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  โดยกำหนดให้เป็นข้อมูลแบนด์ที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และเมื่อ  $X$  ผ่านการแปลงข้อมูลไปแล้วจะทำให้ได้ข้อมูลใหม่คือ  $Y$  ที่ประกอบด้วย  $y_1$ ,  $y_2$  และ  $y_3$  เช่นกัน สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 4.5

จากทฤษฎีจะได้ว่า  $y_1$  คือ ข้อมูลภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ให้ค่าความแปรปรวนสูงสุด  $y_2$  คือ ข้อมูลภาพองค์ประกอบหลักที่ 2 ให้ค่าความแปรปรวนต่ำลงมา และ  $y_3$  คือ ข้อมูลภาพองค์ประกอบหลักที่ 3 ให้ค่าความแปรปรวนต่ำสุด



รูปที่ 4.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

ในการที่จะทำการจำแนกและการแปลความหมายของข้อมูลภาพบนพื้นดินโดยอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่นำมาใช้ในที่นี้ ซึ่งจะมีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 1 ดวง โดยจะมีภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมด 6 ภาพหรือ 6 แบนด์ด้วยกัน

### 4.3.2 วิธีการแปลงข้อมูลภาพ

ในการแปลงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก จะมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.3.2.1 คำนวณหาความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละแบนด์

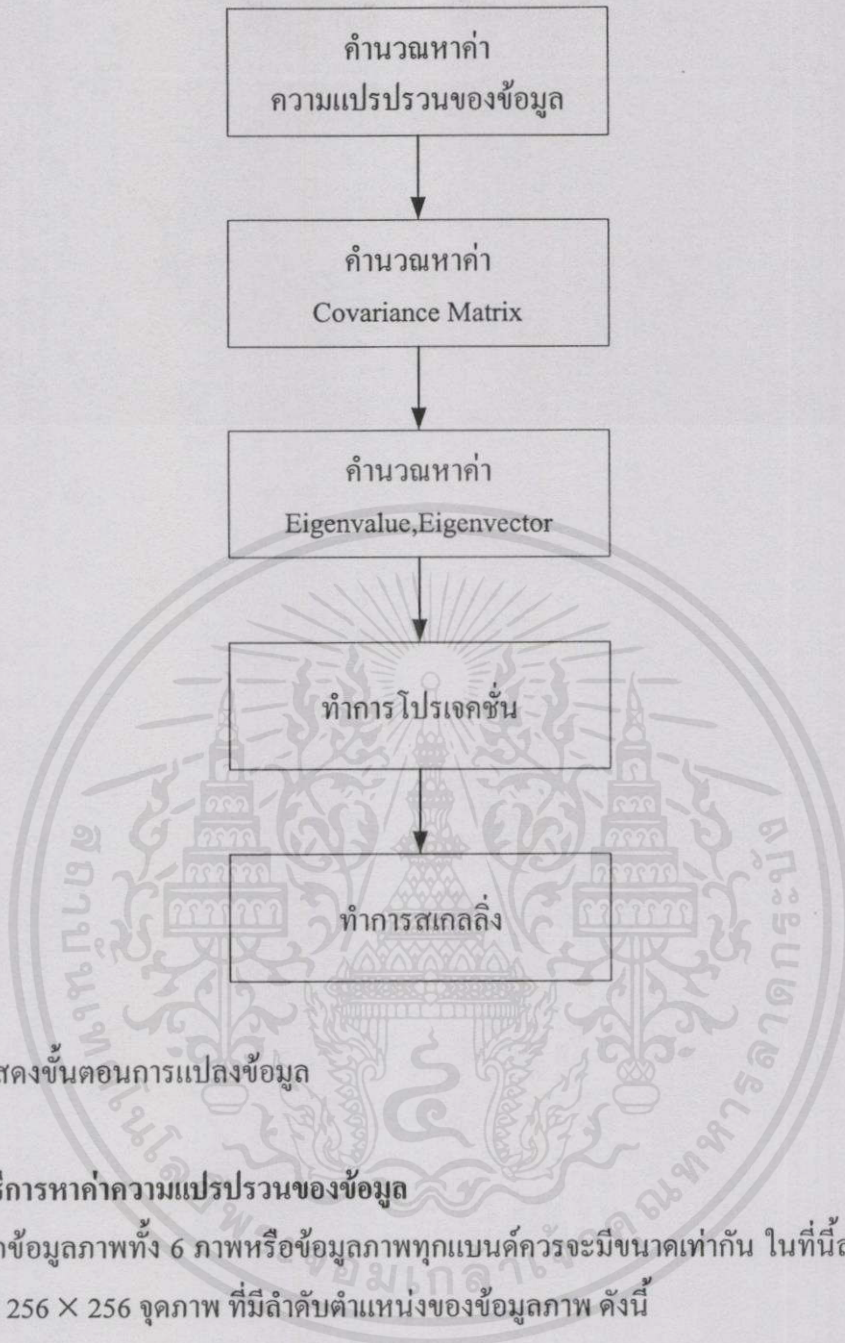
4.3.2.2 คำนวณหาค่า Covariance Matrix

4.3.2.3 คำนวณหา Eigenvalue และ Eigenvector

4.3.2.4 ทำการ โปรเจกชัน

4.3.2.5 ทำการสเกลลิ่งให้อยู่ในช่วง 0 - 255 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการแปลงข้อมูล

#### 4.3.3 วิธีการหาค่าความแปรปรวนของข้อมูล

จากข้อมูลภาพทั้ง 6 ภาพหรือข้อมูลภาพทุกแบนด์ควรมีขนาดเท่ากัน ในที่นี้สมมติข้อมูลภาพมีขนาด  $256 \times 256$  จุดภาพ ที่มีลำดับตำแหน่งของข้อมูลภาพ ดังนี้

$$x_i = \begin{bmatrix} x_{i,1} & x_{i,2} & x_{i,3} & \cdots & x_{i,256} \\ x_{i,257} & x_{i,258} & x_{i,259} & \cdots & x_{i,512} \\ x_{i,513} & x_{i,514} & x_{i,515} & \cdots & x_{i,768} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i,65281} & x_{i,65282} & x_{i,65283} & \cdots & x_{i,65536} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการรวมเมตริกซ์ของข้อมูลภาพทั้งหมดเข้าด้วยกัน

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \cdots & x_{1,65536} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \cdots & x_{2,65536} \\ x_{3,1} & x_{3,2} & x_{3,3} & \cdots & x_{3,65536} \\ x_{4,1} & x_{4,2} & x_{4,3} & \cdots & x_{4,65536} \\ x_{5,1} & x_{5,2} & x_{5,3} & \cdots & x_{5,65536} \\ x_{6,1} & x_{6,2} & x_{6,3} & \cdots & x_{6,65536} \end{bmatrix}$$

จากนั้นก็หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพในแต่ละแบนด์

$$\mu_x = \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5, \mu_6$$

โดยที่  $\mu_x$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเดิมในแต่ละแบนด์ที่มีทั้งหมด 6 แบนด์

แล้วทำการหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละแบนด์

$$(X_i - \mu_i) = [(x_{i,1} - \mu_i)(x_{i,2} - \mu_i)(x_{i,3} - \mu_i) \cdots (x_{i,65536} - \mu_i)]$$

เมื่อ  $X_i$  = ข้อมูลของภาพแบนด์ที่  $i$

$\mu_i$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลของภาพแบนด์ที่  $i$

#### 4.3.4 วิธีการคำนวณหาค่า Covariance Matrix

สูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\Sigma = (X - \mu_x)(X - \mu_x)^T \quad (4.7)$$

เมื่อ  $\Sigma$  คือ ค่า Covariance Matrix

$(X - \mu_x)$  คือ ค่าความแปรปรวนของข้อมูลเดิม

$(X - \mu_x)^T$  คือ ทรานสโพสของค่าความแปรปรวนของข้อมูลเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (4.7) เขียนเทอม  $(X - \mu_x)$  และ  $(X - \mu_x)^T$  ได้เป็น

$$\Sigma = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \cdots & x_{1,65536} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \cdots & x_{2,65536} \\ x_{3,1} & x_{3,2} & x_{3,3} & \cdots & x_{3,65536} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{6,1} & x_{6,2} & x_{6,3} & \cdots & x_{6,65536} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{2,1} & x_{3,1} & \cdots & x_{6,1} \\ x_{1,2} & x_{2,2} & x_{3,2} & \cdots & x_{6,2} \\ x_{1,3} & x_{2,3} & x_{3,3} & \cdots & x_{6,3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1,65536} & x_{2,65536} & x_{3,65536} & \cdots & x_{6,65536} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & C_{1,3} & \cdots & C_{1,6} \\ C_{2,1} & C_{2,2} & C_{2,3} & \cdots & C_{2,6} \\ C_{3,1} & C_{3,2} & C_{3,3} & \cdots & C_{3,6} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{6,1} & C_{6,2} & C_{6,3} & \cdots & C_{6,6} \end{bmatrix}$$

#### 4.3.5 วิธีการคำนวณหา Eigenvalue, Eigenvector

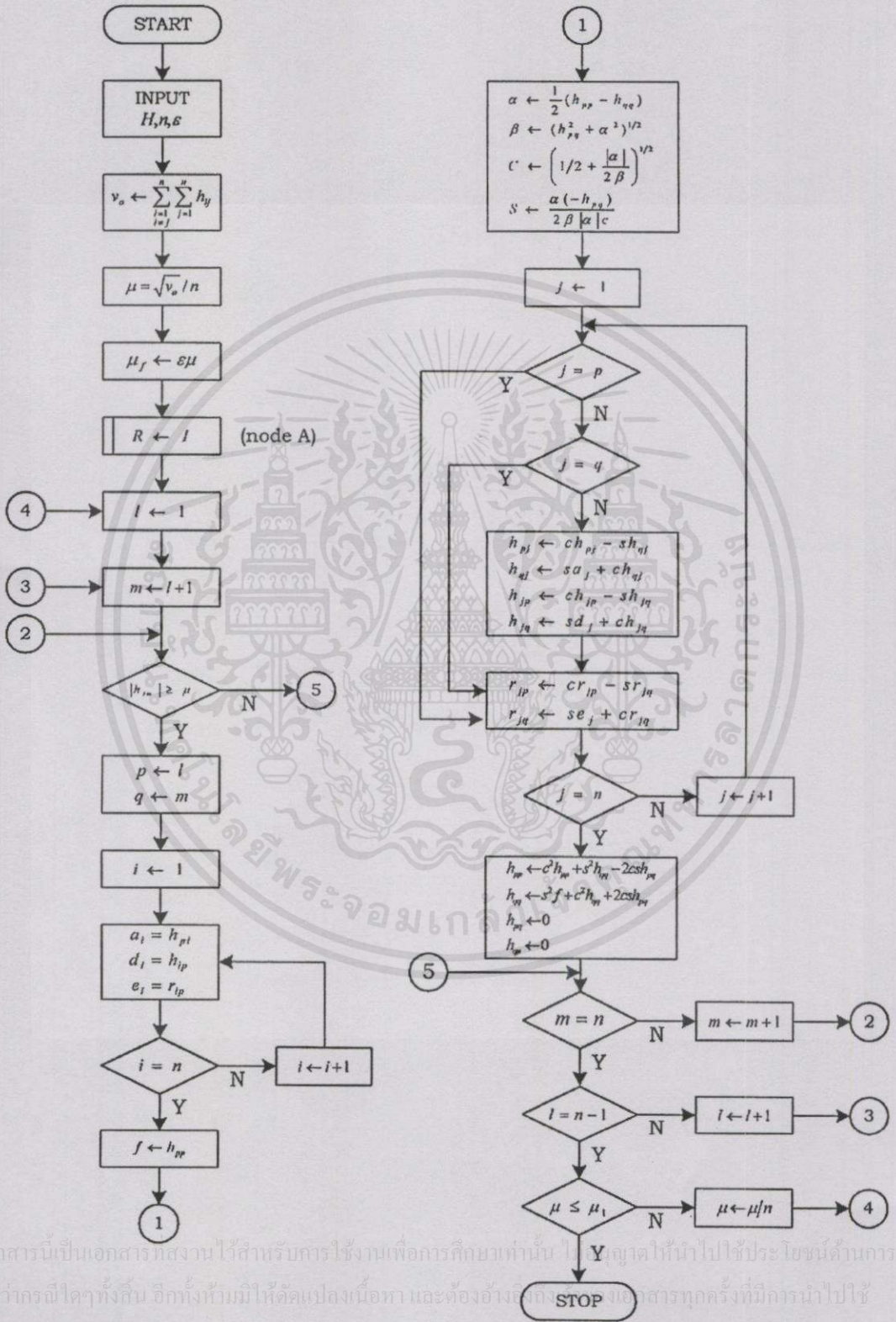
ค่า Eigenvalue และ Eigenvector ขององค์ประกอบหลักต่างๆ คำนวณได้จากเมตริกซ์ Covariance ที่ได้จากข้อมูลเดิม โดยวิธีการของ Jacobi [4] ดังแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 4.7 จะได้ค่าของ Eigenvalue เท่ากับจำนวนแบนด์ของข้อมูลเดิมและแต่ละค่า Eigenvalue จะให้ค่า Eigenvector ที่สอดคล้อง ในแต่ละ Eigenvector จะมีจำนวน elements เท่ากับจำนวนแบนด์ของข้อมูลเดิม

จากตัวอย่างเมื่อมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีขนาด 6 แบนด์ด้วยกัน ถ้าหากว่าได้มีการผ่านขบวนการหาค่า Eigenvalue และ Eigenvector จากวิธีการของ Jacobi แล้วจะทำให้ได้ค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณหาค่า Eigenvalue กับ Eigenvector

องค์ประกอบหลักที่	1	2	3	4	5	6
Eigenvalue	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$
Eigenvector						
$A_i$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
$B_i$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$
$C_i$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
$D_i$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$
$E_i$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$
$F_i$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$

ค่า elements ของแต่ละ Eigenvector จะเป็นตัวถ่วงน้ำหนักของค่าจุดภาพแต่ละแบนด์ ที่จะนำมารวมกันอย่างเชิงเส้น เพื่อสร้างเป็นองค์ประกอบหลักต่างๆ



รูปที่ 4.7 โพลีชาร์ทการคำนวณหาค่า Eigenvalue และ Eigenvector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีการนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต อาจทำให้ข้อมูลเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.6 วิธีการโปรเจกชัน

นำค่า Eigenvector มาคูณกับเมทริกซ์ของค่าความแปรปรวนของข้อมูลเดิม  $X$  ที่ได้จากสมการที่ 4.4 จะได้ข้อมูลใหม่  $Y$  ดังนี้

สูตรการคำนวณข้อมูลใหม่  $Y$ ,

$$Y = C(X - \mu_x) \quad (4.8)$$

เมื่อแทนค่าลงไปในสมการที่ 4.8 จะได้

$$Y = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 & C_1 & D_1 & E_1 & F_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 & D_2 & E_2 & F_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 & D_3 & E_3 & F_3 \\ A_4 & B_4 & C_4 & D_4 & E_4 & F_4 \\ A_5 & B_5 & C_5 & D_5 & E_5 & F_5 \\ A_6 & B_6 & C_6 & D_6 & E_6 & F_6 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \cdots & x_{1,65536} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \cdots & x_{2,65536} \\ x_{3,1} & x_{3,2} & x_{3,3} & \cdots & x_{3,65536} \\ x_{4,1} & x_{4,2} & x_{4,3} & \cdots & x_{4,65536} \\ x_{5,1} & x_{5,2} & x_{5,3} & \cdots & x_{5,65536} \\ x_{6,1} & x_{6,2} & x_{6,3} & \cdots & x_{6,65536} \end{bmatrix}$$

ผลของการคูณเมทริกซ์ จะได้ข้อมูลของภาพใหม่ที่ถูกเรียงความสำคัญของข้อมูลจากมากไปหาน้อย จากภาพทั้ง 6 แบนด์

$$Y = \begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} & y_{1,3} & \cdots & y_{1,65536} \\ y_{2,1} & y_{2,2} & y_{2,3} & \cdots & y_{2,65536} \\ y_{3,1} & y_{3,2} & y_{3,3} & \cdots & y_{3,65536} \\ y_{4,1} & y_{4,2} & y_{4,3} & \cdots & y_{4,65536} \\ y_{5,1} & y_{5,2} & y_{5,3} & \cdots & y_{5,65536} \\ y_{6,1} & y_{6,2} & y_{6,3} & \cdots & y_{6,65536} \end{bmatrix}$$

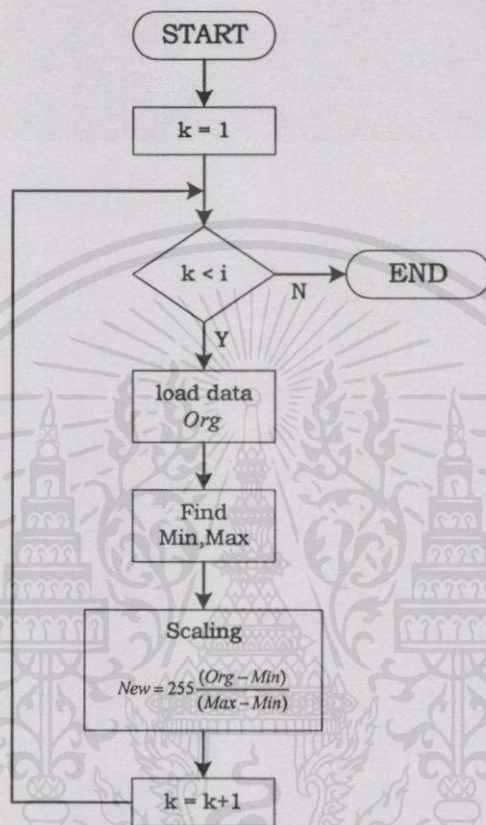
จากนั้นก็ทำการแยกภาพของแต่ละแบนด์ออกมาให้มีขนาดเท่าเดิม คือขนาด  $256 \times 256$  จุดภาพ

$$Y_i = \begin{bmatrix} y_{i,1} & y_{i,2} & y_{i,3} & \cdots & y_{i,256} \\ y_{i,257} & y_{i,258} & y_{i,259} & \cdots & y_{i,512} \\ y_{i,513} & y_{i,514} & y_{i,515} & \cdots & y_{i,768} \\ y_{i,65281} & y_{i,65282} & y_{i,65283} & \cdots & y_{i,65536} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงใดๆ จากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.7 การสเกลลิง

ข้อมูลที่ได้จากการทำโปรเจกชัน ( $Y_i$ ) เป็นค่าความแปรปรวนของข้อมูลภาพที่มีค่าของระดับสีเทาที่ไม่ได้อยู่ในช่วง 0 – 255 ระดับ ดังนั้นจึงจะต้องทำการปรับค่าระดับสีเทาของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบหลักใหม่ทั้งหมดให้อยู่ในช่วง 0 – 255 ระดับ มีวิธีการดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 โพลีซาร์ทการสเกลลิง

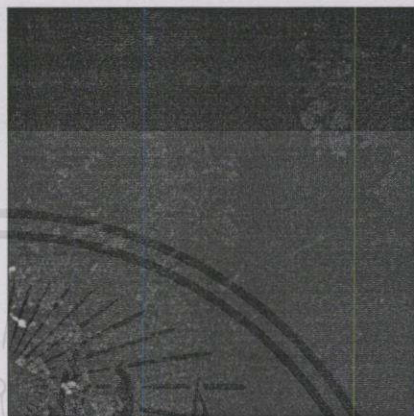
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลการทดลอง

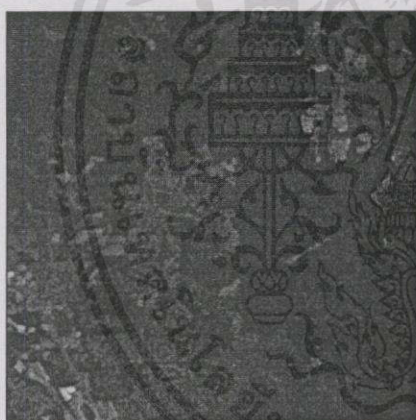
ในการทดลองได้นำภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองชุดที่ผ่านการปรับเรียบภาพแล้วมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก เพื่อจัดเรียงความสัมพันธ์ของข้อมูลจากมากไปหาน้อย และหาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพในแต่ละองค์ประกอบหลักด้วย



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



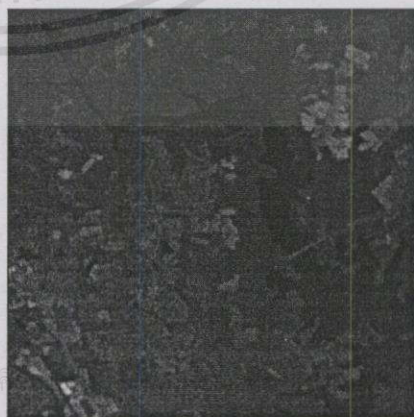
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5



(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

รูปที่ 4.9 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพมาแล้ว

## 1) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพในแต่ละแบนด์

$$\mu_1 = 106.4110$$

$$\mu_3 = 45.7690$$

$$\mu_5 = 81.3105$$

$$\mu_2 = 46.8782$$

$$\mu_4 = 108.1217$$

$$\mu_6 = 32.5027$$

## 2) ค่า Covariance Matrix

$$1.0e+007 * \begin{pmatrix} 0.9756 & 0.5403 & 0.9308 & -0.4067 & 1.0705 & 0.8090 \\ 0.5403 & 0.3298 & 0.5638 & -0.0169 & 0.8512 & 0.5527 \\ 0.9308 & 0.5638 & 1.0296 & -0.0653 & 1.6142 & 1.0479 \\ -0.4067 & -0.0169 & -0.0653 & 6.8518 & 4.0759 & 1.2304 \\ 1.0705 & 0.8512 & 1.6142 & 4.0759 & 5.9996 & 2.7896 \\ 0.8090 & 0.5527 & 1.0479 & 1.2304 & 2.7896 & 1.4927 \end{pmatrix}$$

## 3) ค่า Eigenvalue

$$1.0e+008 * \begin{pmatrix} 0.0009 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0026 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0045 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0491 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.4485 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.1624 \end{pmatrix}$$

## 4) ค่า Eigenvector

$$\begin{pmatrix} 0.2023 & -0.5177 & 0.3519 & 0.6386 & 0.3907 & 0.0819 \\ -0.8651 & 0.3008 & 0.1661 & 0.2832 & 0.2183 & 0.0755 \\ 0.3971 & 0.6761 & -0.3087 & 0.3272 & 0.4041 & 0.1398 \\ 0.0076 & 0.0230 & -0.0932 & 0.3831 & -0.6515 & 0.6476 \\ 0.0757 & 0.0504 & 0.4149 & -0.4990 & 0.3268 & 0.6810 \\ -0.2172 & -0.4259 & -0.7566 & -0.0952 & 0.3242 & 0.2913 \end{pmatrix}$$

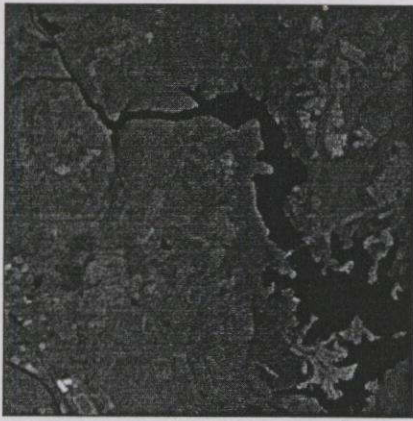
## 5) ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพในแต่ละองค์ประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

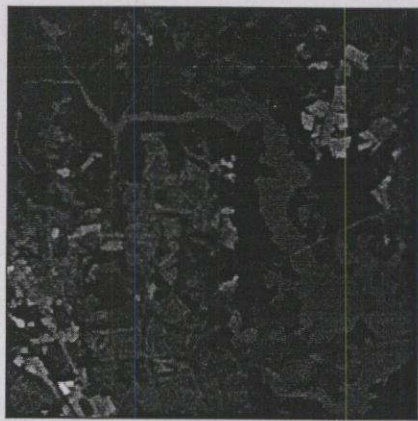
$$\text{PCA 1} = 69.6895 \% \quad \text{PCA 3} = 2.94408 \% \quad \text{PCA 5} = 0.15385 \%$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้คัดลอกสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ทรงมีการนำไปใช้

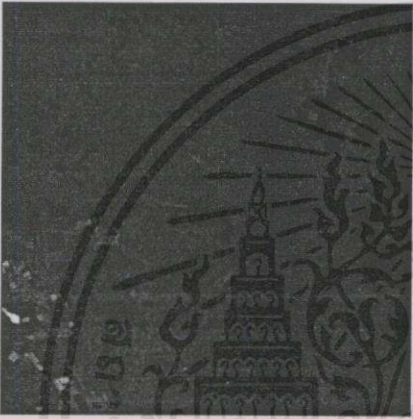
$$\text{PCA 2} = 26.8915 \% \quad \text{PCA 4} = 0.26683 \% \quad \text{PCA 6} = 0.05430 \%$$



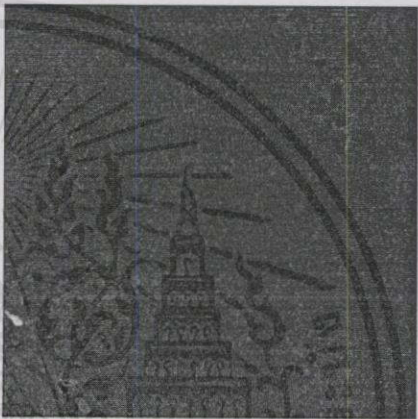
(ก) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1



(ข) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 2



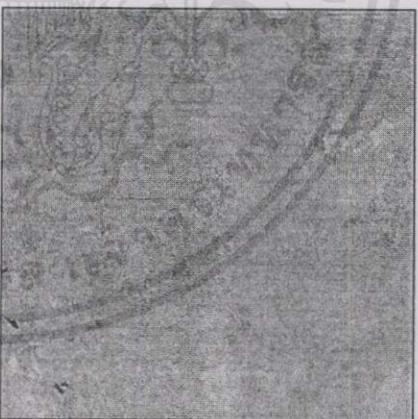
(ค) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 3



(ง) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 4



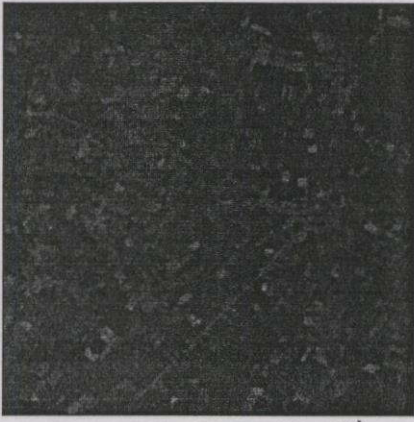
(จ) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 5



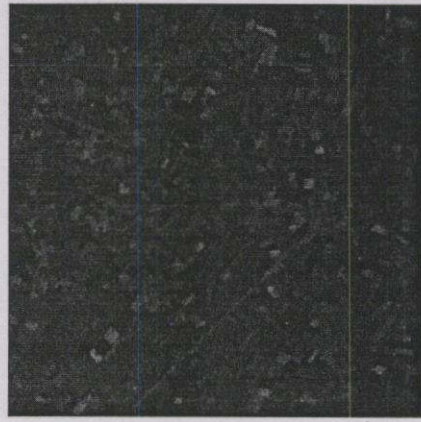
(ฉ) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 6

รูปที่ 4.10 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



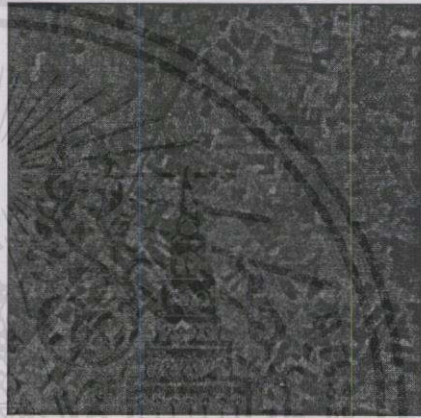
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 1



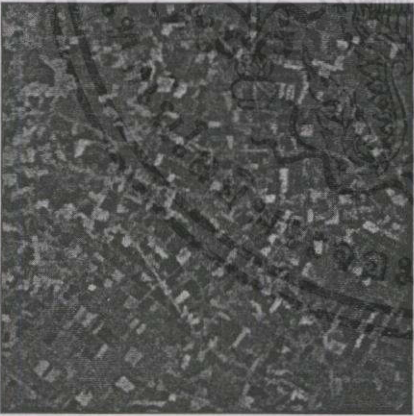
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 2



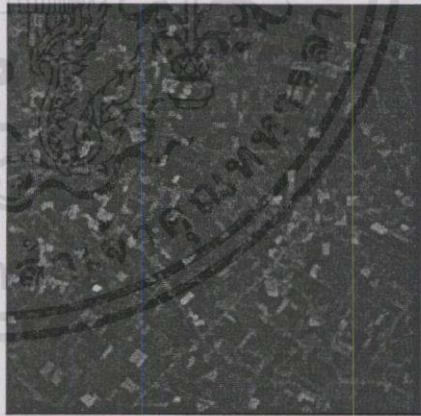
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 3



(ง) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 4



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 5



(ฉ) ภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่ 6

#### รูปที่ 4.11 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบภาพมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1) ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพในแต่ละแบนด์

$$\mu_1 = 80.8878$$

$$\mu_3 = 68.0157$$

$$\mu_5 = 74.2390$$

$$\mu_2 = 69.3918$$

$$\mu_4 = 94.4875$$

$$\mu_6 = 50.1354$$

## 2) ค่า Covariance Matrix

$$1.0e+007 * \begin{pmatrix} 0.3406 & 0.3864 & 0.6355 & -0.2345 & 0.2389 & 0.3458 \\ 0.3864 & 0.4810 & 0.7527 & -0.2540 & 0.2292 & 0.3572 \\ 0.6355 & 0.7527 & 1.3183 & -0.3288 & 0.6964 & 0.8203 \\ -0.2345 & -0.2540 & -0.3288 & 1.5744 & 0.8890 & 0.3335 \\ 0.2389 & 0.2292 & 0.6964 & 0.8890 & 2.9820 & 2.2280 \\ 0.3458 & 0.3572 & 0.8203 & 0.3335 & 2.2280 & 1.8887 \end{pmatrix}$$

## 3) ค่า Eigenvalue

$$1.0e+007 * \begin{pmatrix} 0.0164 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0321 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0674 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7873 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.3667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.3152 \end{pmatrix}$$

## 4) ค่า Eigenvector

$$\begin{pmatrix} 0.8232 & -0.4054 & -0.0767 & 0.2133 & 0.3073 & 0.1102 \\ -0.5612 & -0.6649 & -0.0194 & 0.3122 & 0.3620 & 0.1185 \\ -0.0499 & 0.6064 & 0.1756 & 0.4564 & 0.5636 & 0.2704 \\ 0.0183 & 0.0144 & -0.1606 & 0.7265 & -0.6413 & 0.1860 \\ 0.0292 & -0.1318 & 0.5972 & -0.2318 & -0.2032 & 0.7281 \\ -0.0611 & 0.0911 & -0.7619 & -0.2592 & 0.0656 & 0.5797 \end{pmatrix}$$

## 5) ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบหลัก

$$\text{PCA 1} = 61.9123 \%$$

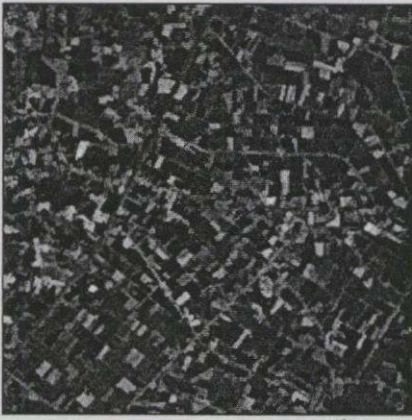
$$\text{PCA 3} = 9.17047 \%$$

$$\text{PCA 5} = 0.374211 \%$$

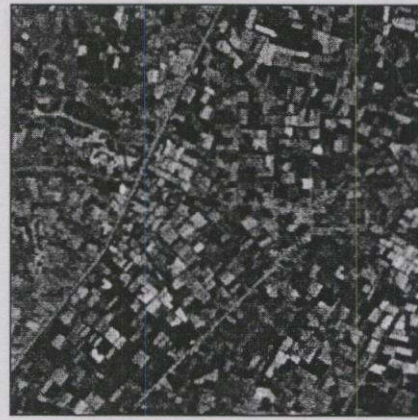
$$\text{PCA 2} = 27.5677 \%$$

$$\text{PCA 4} = 0.78484 \%$$

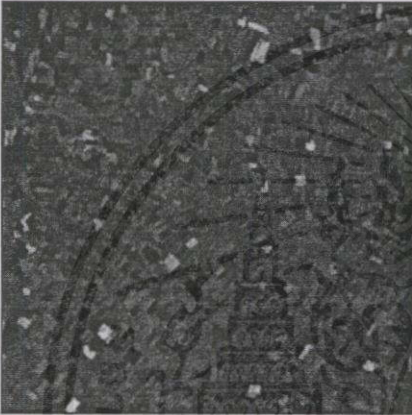
$$\text{PCA 6} = 0.190462 \%$$



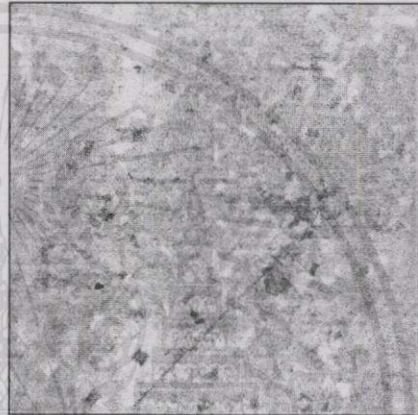
(ก) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1



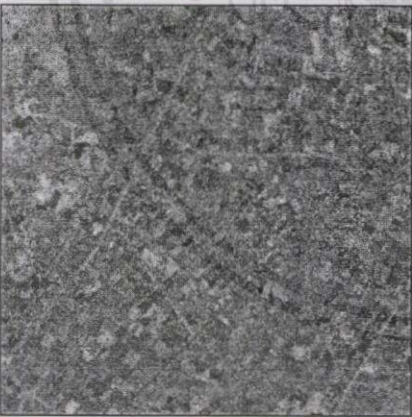
(ข) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 2



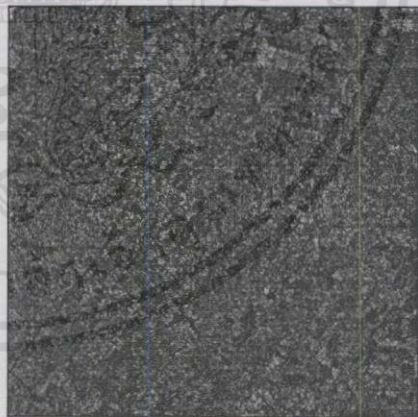
(ค) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 3



(ง) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 4



(จ) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 5



(ฉ) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 6

#### รูปที่ 4.12 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมชุดที่ 2 ที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 บทสรุป

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ที่ได้ เป็นภาพที่มีความคมชัดมากที่สุด เนื่องจากเป็นภาพที่รวบรวมเอาความสำคัญของข้อมูลของแต่ละจุดภาพ เอาไว้ในภาพเดียวกัน ส่วนภาพที่เหลือก็จะมีข้อมูลที่มีความสำคัญลดหลั่นกันลงไป นั่นหมายความว่าในการนำภาพไปประยุกต์ใช้งาน เราไม่จำเป็นต้องนำภาพต้นฉบับเดิม 6 แบนด์มาใช้พร้อมๆ กัน ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยาก ดังนั้นเราจึงเลือกเอาเฉพาะภาพองค์ประกอบหลักแรก ที่ได้รวบรวมข้อมูลหลักๆ เอาไว้แล้ว ไปทำการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# การแยกส่วนในภาพด้วยทฤษฎีกราฟ

### 5.1 บทนำ

หลักการของการแยกส่วนในภาพ คือ การแบ่งกลุ่มจุดภาพที่มีความสม่ำเสมอ (Uniform) หรือความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) ของพื้นที่ตามคุณสมบัติบางประการของภาพ เช่น ระดับสีเทา (Gray level) หรือเท็กซ์เจอร์ (Texture) เป็นต้น การแยกส่วนในภาพที่ให้ผลดีนั้น ภายในพื้นที่ย่อย (Region) ต่างๆ หลังการแยกส่วนไม่ควรจะมีโพรงเล็กโพรงน้อย (Hole) กล่าวคือ ไม่ควรมีพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยภายในพื้นที่ย่อยหลังการแยกส่วน สำหรับพื้นที่ย่อยที่ประชิดติดกัน (Adjacent regions) ต้องมีความแตกต่างของคุณสมบัติความสม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัดและเส้นแบ่งเขต (Boundary) ของแต่ละพื้นที่หลังการแยกส่วนต้องมีความต่อเนื่องโดยไม่มีการขาดหาย วิธีการพื้นฐานวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ การนำทฤษฎีกราฟมาใช้ในการแยกส่วนในภาพ โดยทฤษฎีกราฟสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis) ซึ่งในกราฟด้วยการเชื่อมจุดยอดต่างๆ (Vertices) เข้าด้วยกัน ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างจุดยอดจะถูกนำมากำหนดเป็นฟังก์ชันการให้น้ำหนัก (Weighting) พื้นที่ย่อยที่ได้นี้เกิดจากการเชื่อมจุดยอดต่างๆ เข้าด้วยกัน ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดกันต่อไป

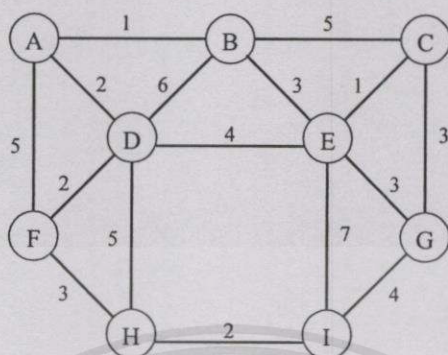
### 5.2 ทฤษฎีกราฟ

ในการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีกราฟสำหรับการแยกส่วนในภาพนั้น ก่อนอื่นต้องสร้างความเข้าใจกับองค์ประกอบในกราฟเสียก่อน ซึ่งโดยปกติแล้วฟังก์ชันของกราฟใดๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป  $G$  ดังสมการข้างล่าง

$$G = (v, E) \tag{5.1}$$

โดยกราฟจะประกอบด้วยจุดยอด  $v_i$  ต่างๆ และตัวเชื่อม (Link)  $E_{i,j}$  ซึ่งจะเชื่อมโยงระหว่างจุดยอด  $v_i$  และ  $v_j$  กรณีของกราฟถ่วงน้ำหนัก (Weighted graph) จะให้  $v_i$  เป็นน้ำหนักของจุดยอดต่างๆ ในขณะที่น้ำหนักตัวเชื่อมโยง (Link weight) คือ  $l_{i,j}$  ของแต่ละจุดยอดของกราฟ ไม่จำเป็นต้องเชื่อมโยงกับทุกจุดยอดในกราฟ ตัวอย่างของกราฟแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งกราฟนี้ประกอบด้วย 9 จุดยอด คือ จุดยอด A, B, C, D, E, F, G, H และ I ส่วนตัวเลขที่แสดงในรูปนั้นคือ

ค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยระหว่างจุดยอดและค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างพื้นที่ของมันเอง



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างของกราฟถ่วงน้ำหนัก

### 5.3 นิยามต่างๆ ของกราฟ

- 5.3.1 เป็นกราฟที่ประกอบด้วยจำนวนจุดยอดของกราฟต้นฉบับ (Original graph) ซึ่งจะมีตัวเชื่อมโยเป็นเซตย่อยของกราฟต้นฉบับ และตัวอย่างของกราฟย่อยได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 และกราฟต้นฉบับแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 โดยผลรวมของน้ำหนักของตัวเชื่อมโยในกราฟย่อยที่มีค่าต่ำสุดเรียกว่า **ซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี** (Shortest spanning tree)
- 5.3.2 **ลูกโซ่ (Chain)** เป็นจำนวนจุดยอดที่ต่อเนื่องกัน แต่ละจุดยอดจะเชื่อมโยต่อกับจุดยอดที่อยู่ประชิดติดกันด้วยตัวเชื่อมโย
- 5.3.3 **วงรอบ (Cycle)** เป็นทางเดินของลูกโซ่ที่มีจุดยอดเริ่มต้นกับจุดยอดสุดท้าย เป็นจุดยอดเดียวกันตัวอย่างเช่น  $(A) \rightarrow (B) \rightarrow (E) \rightarrow (D) \rightarrow (A)$  ในรูปที่ 5.1
- 5.3.4 **ทรี (Tree)** เป็นเซตของลูกโซ่ที่เชื่อมถึงกันในกราฟแต่จะไม่ครบวงรอบ ดังนั้นทรีที่ใช้เชื่อมโยจุดยอดจำนวน  $N$  จุด จะต้องใช้ตัวเชื่อมโยทั้งหมดเท่ากับ  $N-1$
- 5.3.5 **สแพนนิ่งทรี (Spanning tree)** เป็นทรีของกราฟย่อย
- 5.3.6 **ซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี (Shortest spanning tree) หรือ SST** เป็นสแพนนิ่งทรีที่ให้ผลรวมน้ำหนักตัวเชื่อมโยต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีมีได้หลายรูปแบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 โดยรูปที่ 5.2(ก) และ 5.2(ข) จะให้ผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อมโยต่ำสุดและมีค่าเท่ากันทั้งสองรูป

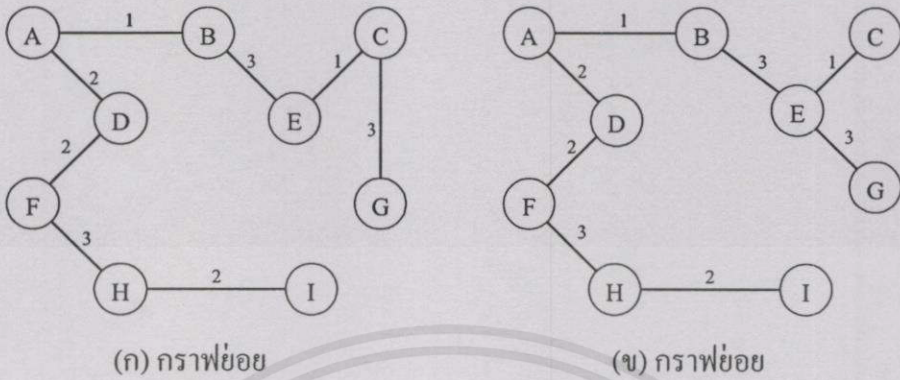
5.3.7 **ฟอเรสต์ (Forest)** เป็นเซตของทรี

5.3.8 **สแพนนิ่งฟอเรสต์** เป็นเซตย่อยของทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยงานวิจัยด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้จัดทำหนังสือขอสงวนสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของการแทนข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของกราฟ เพื่อใช้หาชื่อตเดสค์สแพนนิ่งทรีของกราฟถ่วงน้ำหนักเพื่อการแยกส่วนในภาพ



รูปที่ 5.2 ภาพ (ก) และ (ข) เป็นกราฟย่อยของกราฟรูปที่ 5.8 ที่ให้ผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อมโยงต่ำสุด

#### 5.4 การแปลงข้อมูลภาพลงในกราฟ (Mapping image onto graph)

การใช้ทฤษฎีกราฟในการแยกส่วนในภาพนั้น ข้อมูลของภาพเดิมจะถูกแปลงให้เป็นกราฟ โดยจุดภาพแต่ละจุดจะแปลงไปยังจุดยอดของกราฟและน้ำหนักของจุดยอดของกราฟ จะขึ้นอยู่กับค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่จะนำมาแทนลงไป

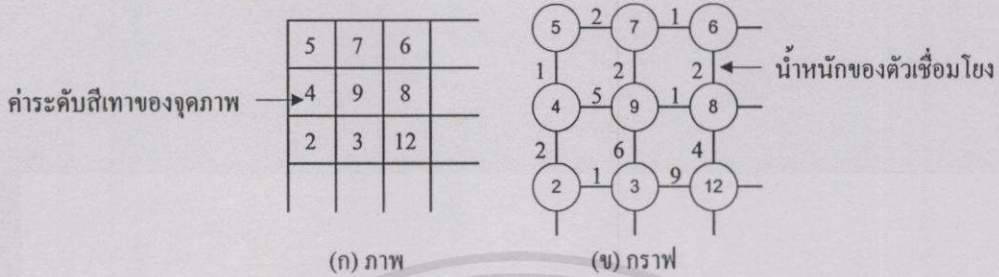
ถ้าหากค่าระดับสีเทาของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง  $(x, y)$  คือ  $f(x, y)$  จะพบว่าน้ำหนักจุดยอดของกราฟที่สอดคล้องกับตำแหน่งจุดภาพดังกล่าวจะเป็น

$$v_i = f(x, y) \quad (5.2)$$

กล่าวคือ ตำแหน่ง  $(x, y)$  จะถูกแปลงไปที่จุดยอด  $i$  ในลักษณะของการแปลงเป็นแบบจุดต่อจุด (One-to-One mapping) สำหรับค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดยอดต่างๆ จะเป็นค่าผลต่างสัมบูรณ์ (Absolute difference) ระหว่างน้ำหนักจุดยอดสองจุดยอดที่อยู่ประชิดติดกัน ค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงนี้ จะถูกนำมาใช้ในการวัดความคล้ายคลึง (Similarity) หรือความเป็นเอกพันธ์ของค่าระดับสีเทาระหว่างกลุ่มจุดภาพที่อยู่ประชิดติดกัน ถ้าให้  $l_{i,j}$  เป็นค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดยอด  $i$  กับจุดยอด  $j$  สามารถคำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อ  $l_{i,j} = |v_i - v_j|$  อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป (5.3)

เพื่อให้ง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ ปกติแล้วจุดยอด  $i$  กับจุดยอด  $j$  ใดๆ จะมีการเชื่อมโยงกันในทิศทางแนวนอนและแนวตั้งเท่านั้น ตัวอย่างลักษณะของภาพที่จะแทนลงในกราฟพร้อมค่าน้ำหนักของจุดยอดและน้ำหนักของตัวเชื่อมโยง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การแปลงข้อมูลจุดภาพลงไปในกราฟ

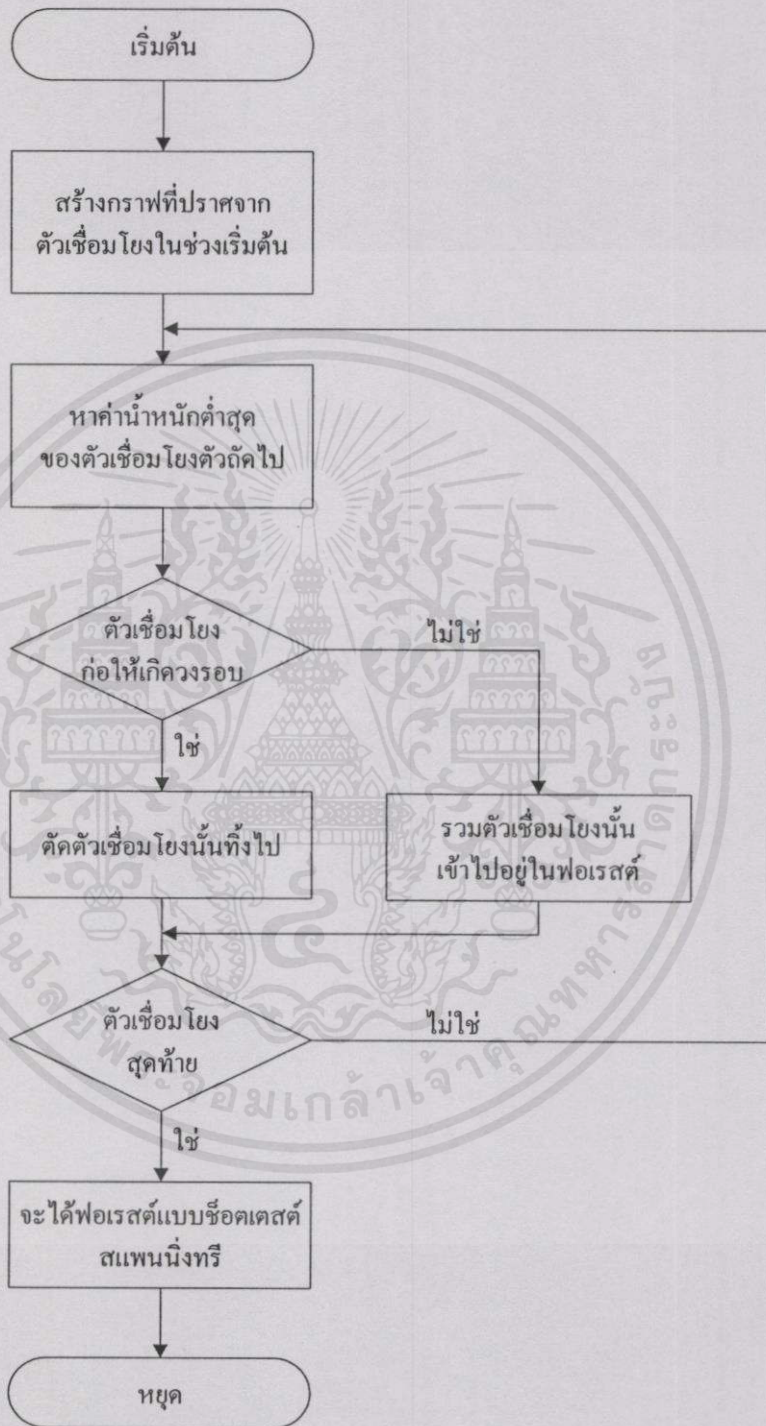
## 5.5 การหาซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี

การหาซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีของกราฟ [12,13] เป็นการคำนวณหาผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อมโยงต่ำสุดที่ใช้เชื่อมจุดยอดทุกจุดในกราฟเข้าด้วยกัน การสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีทำได้โดยการ เชื่อมทรีของฟอเรสต์เข้าด้วยกันของตัวเชื่อมโยงที่มีค่าน้ำหนักต่ำที่สุด ขั้นตอนการสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีมีดังนี้

- 5.5.1 ทำการจัดเรียงลำดับของค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงจากค่าต่ำที่สุดไปหาค่าสูงที่สุด
- 5.5.2 ในช่วงเริ่มต้น (Initial) ฟอเรสต์จะไม่มีตัวเชื่อมโยง
- 5.5.3 หาค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงที่มีค่าต่ำที่สุด
- 5.5.4 พิจารณาถึงตัวเชื่อมโยง ถ้าตัวเชื่อมโยงไม่ก่อให้เกิดการเป็นวงรอบ ให้รวมตัวเชื่อมโยงเข้าไปอยู่ในฟอเรสต์ แต่ถ้าตัวเชื่อมโยงนี้ก่อให้เกิดการเป็นวงรอบ จะตัดตัวเชื่อมโยงนี้ทิ้งไป
- 5.5.5 หาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงที่มีค่าต่ำที่สุดของตัวถัดไปแล้วตรวจสอบว่าเป็นตัวเชื่อมโยง สุกท้ายหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้กลับไปกระทำซ้ำในขั้นตอนที่ 5.4.4 แต่ถ้าหากใช่ให้ไปกระทำในขั้นตอนที่ 5.4.6
- 5.5.6 จะได้ฟอเรสต์ที่เป็นซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนทั้งหมดสามารถเขียนเป็นแผนภูมิรายงาน (Flowchart) ของการสร้างข้อทดสอบแผนนึ่งตรีของกราฟถ่วงน้ำหนักได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แผนภูมิรายงานของการสร้างข้อทดสอบสแกนนิ่งตรีจากกราฟถ่วงน้ำหนัก

ไม่จำกัดสิทธิ์ในการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

## 5.6 การแยกส่วนในภาพจากข้อทดสอบสแกนนิ่งทรี

การแยกส่วนในภาพจากข้อทดสอบสแกนนิ่งทรีจะได้ภาพที่ประกอบด้วยพื้นที่ย่อยๆ ที่ไม่ซ้อนทับกันและทุกๆ พื้นที่ย่อยยังคงเป็นส่วนประกอบของภาพเดิม ในการแยกส่วนในภาพจากวิธีการนี้ทำได้โดยการตัดตัวเชื่อมโยงของสแกนนิ่งทรีฟอเรสต์ของสแกนนิ่งทรีที่ถูกตัดจะแทนแต่ละพื้นที่ย่อยของภาพ โดยถ้า  $T$  เป็นทรีในฟอเรสต์ การแบ่งส่วน  $P(T)_i$  กำหนดได้จาก

$$P(T)_i = \begin{cases} 1 & ; v_i \in T \\ 0 & ; v_i \notin T \end{cases} \quad (5.4)$$

ถ้ากำหนดให้  $M_{x,y}$  เป็นฟังก์ชันในการแมปจุดภาพ  $(x, y)$  ไปเป็น  $T$  ดังนั้น  $P(T)_i$  ของกราฟสามารถแปลงกลับไปเป็นภาพได้ โดยทุกๆ  $P(T)_i$  จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของกลุ่มจุดภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย และแต่ละพื้นที่ย่อยจะให้ค่าระดับสีเทาเฉลี่ยที่กำหนดด้วย  $Q(T)$  คำนวณได้จาก

$$Q(T) = \frac{\sum_i v_i P(T)_i}{\sum_i P(T)_i} \quad \text{สำหรับทุกค่าของ } i \quad (5.5)$$

ในที่นี้  $Q(T)$  จะเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักจุดยอดในทรีและจะเป็นค่าระดับสีเทาเฉลี่ยของพื้นที่ย่อยที่สอดคล้องกับทรีนั้น สำหรับการแปลงจากภาพเดิมไปเป็นภาพหลังการแยกส่วนสามารถเขียนได้ดังสมการข้างล่างนี้

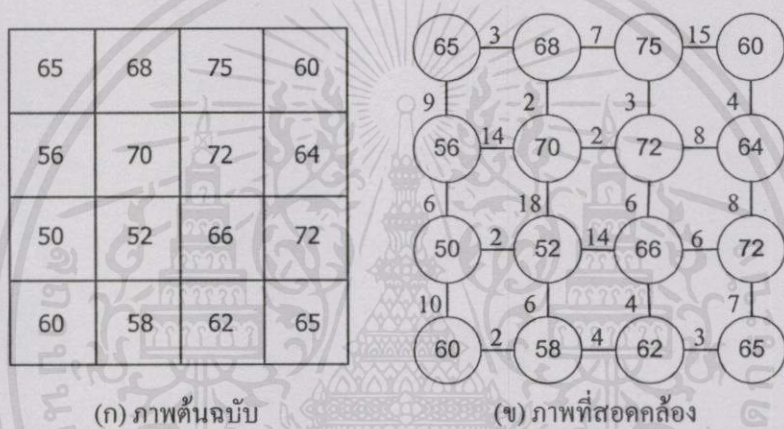
$$S_{x,y} = Q(M_{x,y}) \quad (5.6)$$

จุดประสงค์หลักของการแยกส่วนในภาพคือ การรวมกลุ่มจุดภาพที่คล้ายคลึงกันในคุณสมบัติบางประการ ณ ที่นี้เราวัดความคล้ายคลึงด้วยสมการที่ 5.3 ซึ่งเป็นค่าผลต่างสัมบูรณ์ของค่าระดับสีเทาจากจุดภาพสองจุดที่อยู่ประชิดติดกัน ค่าดังกล่าวจะกลายเป็นน้ำหนักของตัวเชื่อมในกราฟ จากการพิจารณารูปพบว่าจุดยอดที่มีความคล้ายคลึงกันสูง จะให้น้ำหนักตัวเชื่อมโยงมีค่าต่ำ ในทางตรงกันข้ามถ้าจุดยอดที่อยู่ประชิดติดกันไม่มีความคล้ายคลึงกันเลย จะให้น้ำหนักตัวเชื่อมโยงมีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกราฟที่ถูกตัดตัวเชื่อมโยงนี้จะเรียกว่าฟอเรสต์นั่นเอง วิธีการตัดตัวเชื่อมนี้ไม่ได้มีการกำหนดคุณสมบัติความเป็นเอกพันธ์ของพื้นที่ ว่าควรมีค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าระดับสีเทาภายในพื้นที่เป็นเท่าไร ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีกราฟที่กล่าวมานี้มาประยุกต์รวมกับค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ในการตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ในการแยกส่วนในภาพ เพื่อให้ทุกพื้นที่ที่ได้หลังการแยกส่วนจากทฤษฎีของกราฟแล้ว จะให้ค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าระดับสีเทาในแต่ละพื้นที่ย่อยเท่าๆ กัน

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นสำหรับการแยกส่วนด้วยทฤษฎีกราฟที่ได้ จากการสร้างชื่อทดสอบสี่แพนนิ่งทรี จะขอยกตัวอย่างจากกรณีของภาพขนาด 4x4 จุดภาพดังแสดงในรูปที่ 5.5 โดยรูปที่ 5.5(ก) เป็นภาพต้นฉบับ และรูปที่ 5.5(ข) เป็นกราฟที่ได้หลังการแปลงภาพ

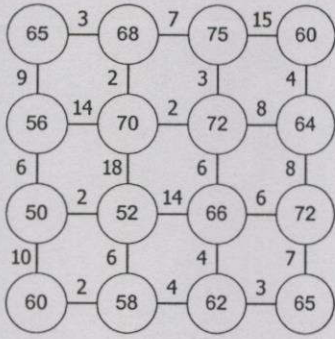


รูปที่ 5.5 การแปลงภาพ (ก) ไปเป็นกราฟ (ข)

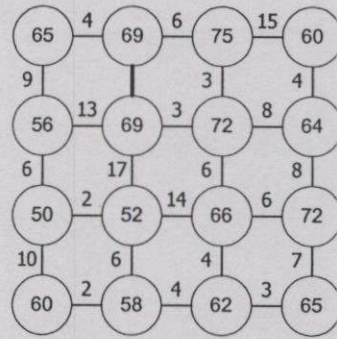
ขั้นตอนของการหาชื่อทดสอบสี่แพนนิ่งทรีนั้น จะทำการตรวจหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงต่ำสุดไปยังค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 5.6 และรูปที่ 5.7 ถ้าหากต้องการแยกภาพออกเป็นส่วน ให้ทำการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) เพื่อทำการตัดตัวเชื่อมโยงทั้งหมดในช่วงที่มีค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์ ดังแสดงในรูปที่ 5.7(ฐ) ในตัวอย่างนี้จะกำหนดค่าเทรชโฮลด์ไว้เท่ากับ 15 จะได้การแบ่งส่วนภาพที่แสดงในรูปที่ 5.7(ข)

เมื่อทำการตัดตัวเชื่อมโยงที่มีค่าต่ำกว่าค่าเทรชโฮลด์ออกไปแล้ว ต่อไปให้ทำการแปลงภาพย้อนกลับจากกราฟไปเป็นภาพ จะได้ภาพหลังการแยกส่วนแสดงในรูปที่ 5.7(ฅ) โดยจุดภาพของแต่ละพื้นที่ย่อย จะถูกแทนด้วยค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาจากจุดภาพต่างๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่นั้น

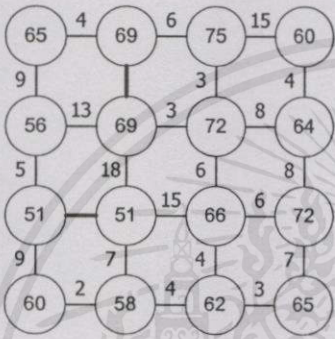
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



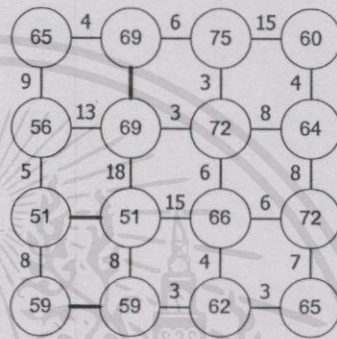
(ก)



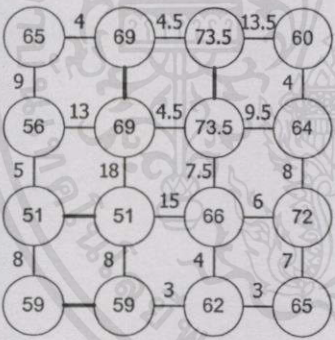
(ข)



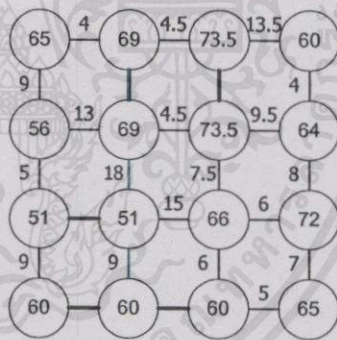
(ค)



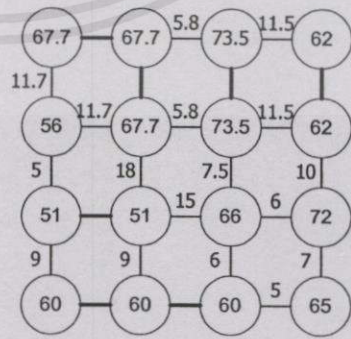
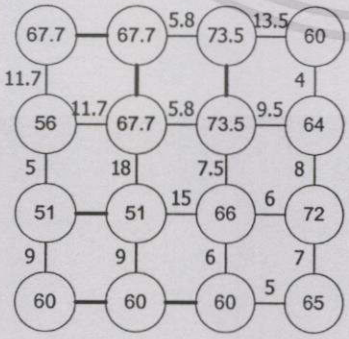
(ง)



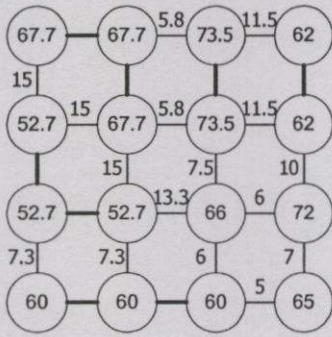
(จ)



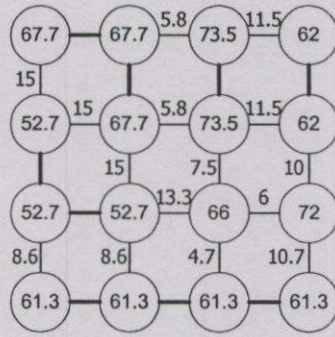
(ฉ)



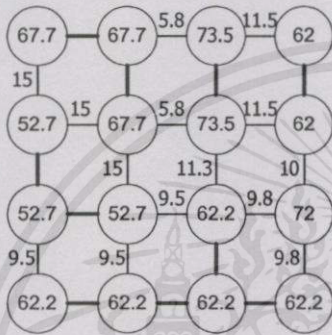
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) บุกรการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ (ข) ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
**รูปที่ 5.6 การสร้างซ็อดเตสต์แพนนิ่งทรีของกราฟในรูปที่ 5.5 (ข)**



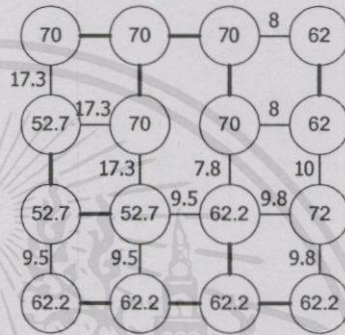
(ฉ)



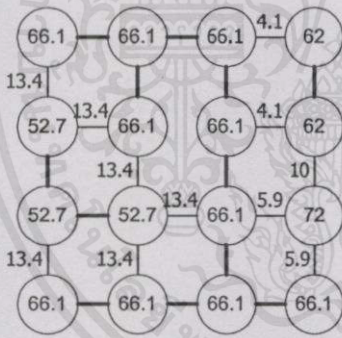
(ญ)



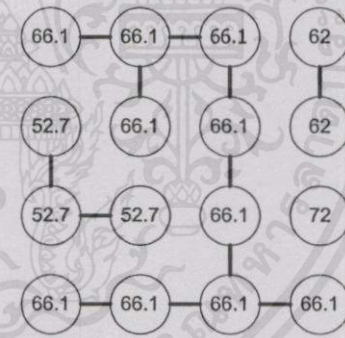
(ฎ)



(ฏ)



(ฐ)



(ฑ)

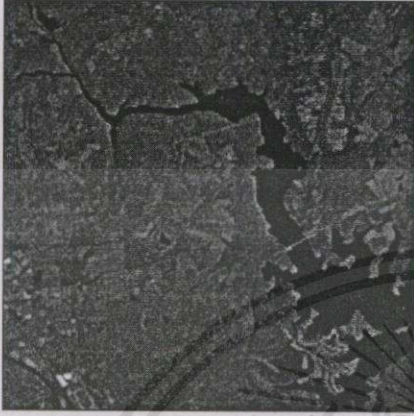
66.1	66.1	66.1	62
52.7	66.1	66.1	62
52.7	52.7	66.1	72
66.1	66.1	66.1	66.1

(ฒ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ (ฒ) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไปผู้กรณีใดที่ทั้งอื่น ซึ่งทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือหาและแจ้งอำนาจถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
**รูปที่ 5.7 การสร้างข้อทดสอบต้นแบบนึ่งหรือของกราฟในรูปที่ 5.5 (ข) (ต่อ)**

## 5.7 ผลการทดลอง

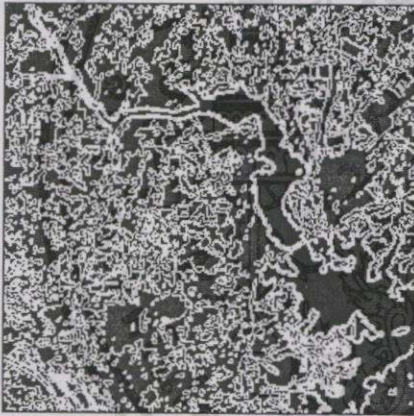
ในการทดลองนี้ได้นำเอาภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ในแต่ละชุดภาพ มาทำการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟ โดยจะกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ที่ค่าแตกต่างกัน



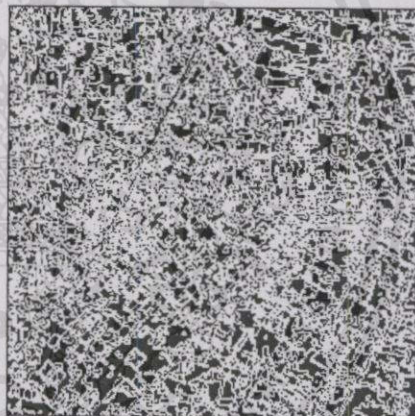
(ก) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ชุดที่ 1



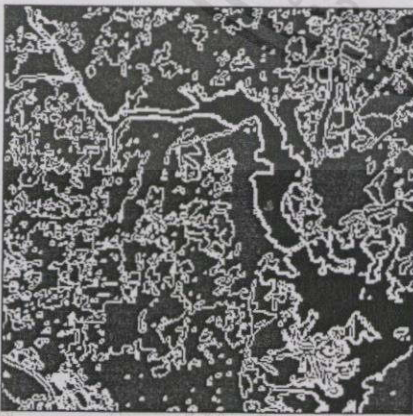
(ข) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ชุดที่ 2



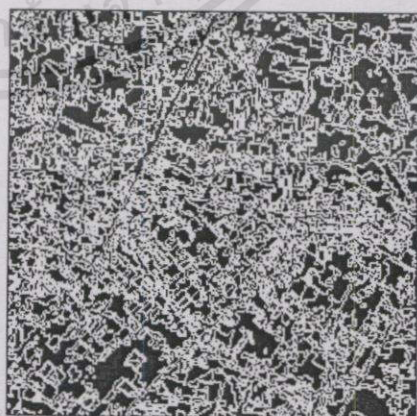
(ค) กำหนดค่า Threshold = 20



(ง) กำหนดค่า Threshold = 20



(จ) กำหนดค่า Threshold = 30



(ฉ) กำหนดค่า Threshold = 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เช่นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แสดงการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟด้วยค่าเทรชโฮลด์ที่แตกต่างกัน

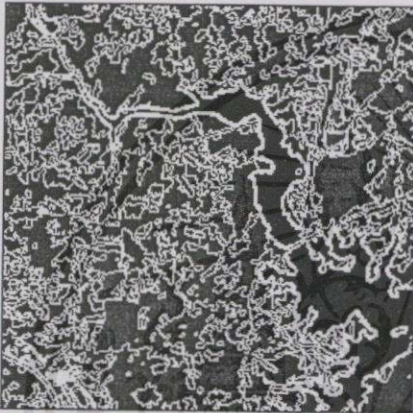
กับภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ที่ไม่ได้ผ่านการปรับเรียบ



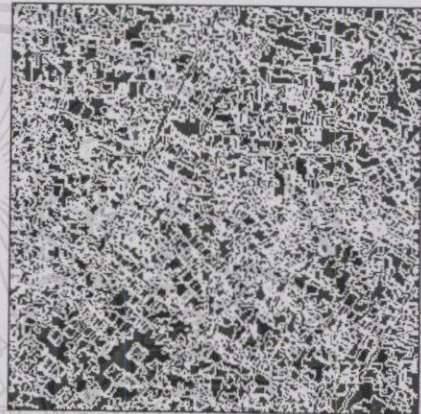
(ก) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ชุดที่ 1



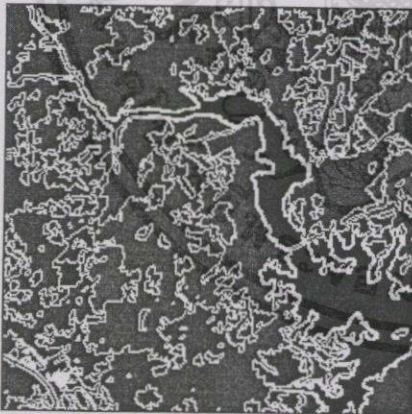
(ข) ภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ชุดที่ 2



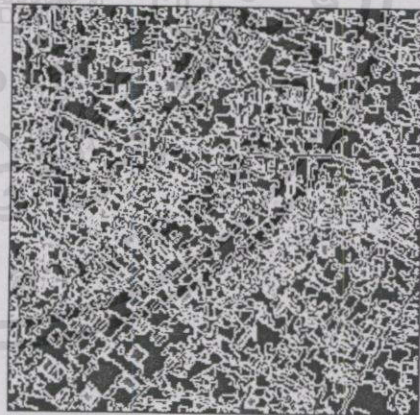
(ค) กำหนดค่า Threshold = 20



(ง) กำหนดค่า Threshold = 20



(จ) กำหนดค่า Threshold = 30



(ฉ) กำหนดค่า Threshold = 30

**รูปที่ 5.9** แสดงการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟด้วยค่าเทรชโฮลด์ที่แตกต่างกัน  
กับภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ที่ผ่านการปรับเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.8 บทสรุป

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟที่ใช้ค่าเทรซโซลด์ในการจำแนกความแตกต่างของแต่ละพื้นที่นั้น ถ้าเลือกใช้ค่าเทรซโซลด์ต่ำๆ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีพื้นที่ที่ถูกแบ่งออกมามาก แต่ถ้าหากใช้ค่าเทรซโซลด์สูงๆ ภาพผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีจำนวนพื้นที่ที่ถูกแบ่งออกมาน้อย ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำไปใช้งานด้วย และการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียมก่อนที่จะนำไปแบ่งส่วนภาพนั้น ก็มีส่วนช่วยให้การแบ่งส่วนภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่รวบรวมข้อมูลของทุกแบนด์มาไว้ในภาพเดียวก็จะมีส่วนช่วยให้การแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟนั้น มีความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัม (Multispectral Images) ในพื้นที่เดียวกัน ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ ในการจำแนกข้อมูลและทำการแปลความหมายภาพ แต่มีวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลภาพหลายสเปกตรัมได้ นั่นคือการลดมิติของภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมลง ให้เหลืออยู่เพียงไม่กี่ภาพ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาเป็นเครื่องมือในการแปลงข้อมูล (Transform) จากภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมทั้งหมด ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ได้จะยังคงมีจำนวนภาพเท่าเดิมแต่ความสำคัญของข้อมูลภาพนั้นจะถูกเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย โดยข้อมูลภาพที่มีความสำคัญมากที่สุดจะไปอยู่ในภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 และข้อมูลภาพที่มีความสำคัญรองลงไปจะถูกนำไปอยู่ในภาพองค์ประกอบหลักถัดไป ดังนั้นเราจึงสามารถนำภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 นี้ ไปทำการแยกส่วนพื้นที่ย่อย เพื่อช่วยให้การจำแนกภาพทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการแยกส่วนพื้นที่ต่างๆ มาใช้ในการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ และก่อนที่จะนำไปแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพนั้น ได้นำเอาภาพองค์ประกอบหลักที่ 1 ไปทำการปรับเรียบภาพด้วยวิธีการปรับเรียบที่ยังคงรักษาขอบต่างๆ ในภาพเอาไว้ เพื่อให้การแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการทำวิจัยนี้ คือ ในส่วนของ การปรับเรียบภาพนั้น ขอบของภาพจะหายไป ถ้าความกว้างของขอบภาพน้อยกว่าความกว้างของเทมเพลตที่ใช้ แต่เพื่อการปรับเรียบข้อมูลภาพในพื้นที่ส่วนใหญ่ ก็ต้องยอมเสียพื้นที่บางส่วนที่มีความสำคัญน้อยกว่าไป แต่ถ้าสามารถหาวิธีการใหม่ ในการปรับเรียบข้อมูลภาพ โดยไม่สูญเสียส่วนใดๆ ในภาพก็น่าจะเป็นทางที่ดีกว่า ซึ่งอาจทำได้ด้วยการออกแบบให้เทมเพลตมีความกว้างลดลงและให้มีรูปทรงหลากหลาย จะช่วยให้การหายไปของขอบภาพลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอีกส่วนหนึ่งที่พบกันบ่อยในงานวิจัยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ก็คือ การจองหน่วยความจำในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เนื่องจากข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่และมีรายละเอียดในภาพสูง ทำให้การประมวลผลข้อมูลภาพนั้นเป็นไปได้ช้า แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์นั้นได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว หากผู้ที่ทำการวิจัยสามารถหาเครื่องมือที่รองรับความต้องการเหล่านี้ได้ การพัฒนาทางด้านนี้ก็จะไปได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และถ้ายังสามารถเขียนโปรแกรมในลักษณะที่แสดงผลได้ทันที (Interactive) ก็จะสามารถทำให้ผู้ที่สนใจในด้านนี้มีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนา ก็คือ การนำข้อดีของการลดมิติภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมไปประยุกต์ใช้งานกับการประมวลผลภาพสี (Color Image Processing) เนื่องจากเราไม่จำเป็นต้องนำภาพต้นแบบทั้ง 6 แบนด์ ไปทำการผสมเป็นภาพสี เพียงแค่นำ 3 ภาพองค์ประกอบหลักแรกไปทำการผสมเป็นภาพสีแทน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีข้อมูลที่ภาพต้นแบบทั้ง 6 แบนด์มี ซึ่งในการประมวลผลภาพสีนั้น สามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลในภาพได้ดีกว่าภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image) เพราะว่าภาพระดับสีเทามีขนาด 8 บิตต่อจุดภาพ สามารถแสดงความแตกต่างของข้อมูลได้เพียง 256 ระดับสี แต่ภาพสีจะมีขนาด 24 บิตต่อจุดภาพ ทำให้สามารถแสดงผลความแตกต่างของข้อมูลได้ถึง 16.7 ล้านระดับสี ทำให้กระบวนการจำแนกและการแปลความหมายภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] J. R. Jensen, **Introductory digital image processing**, 2nd Ed. : Prentice Hall series in Geographic Information Science., 1996.
- [2] T. M. Lillesand and R. W. Kiefer, **Remote sensing and image interpretation**, 4th Ed. : John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [3] G.A. Baxes, **Digital Image Processing, Principles and Applications**, New York : John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [4] R. W. Hornbeck, **Numerical Methods**, New York : Quantum Publishers, Inc., 1975.
- [5] E. Kreyszig, **Advanced Engineering Mathematics**, : John Wiley & Sons, Inc., 1993.
- [6] M. Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle, **Image Processing, Analysis and Machine Vision**, : Chapman & Hall Computing, Inc., 1993.
- [7] R.C. Gonzalez and P. Wintz, **Digital Image Processing**, : Addison-Wesley, Inc., 1977.
- [8] G.F. Byane, P.F. Crapper and K.K. Mayo, "Monitoring Land-Cover Change by Principal Component Analysis of Multitemporal Landsat Data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 10, no. 3, pp. 175-184, 1980.
- [9] F. Tomita and S. Tsuji, "Extraction of multiple regions smoothing in selected neighborhood," *IEEE Trans. System, Man and Cybernetics*, SMC-7. pp. 107-109, 1977.
- [10] M. Nagao and T. Matruiyama, "Edge preserving smoothing," *Computer graphics and Image processing*, vol. 9, pp. 374-407, 1979.
- [11] O.J. Morris, M. de J. Lee and A.G. Constantinides, "Graph theory for image analysis an approach based on the shortest spanning tree," *Proc. IEEE*, vol.133, no.2, pp.146-152, 1986.
- [12] D. Cheriton and R.E. Terjan, "Finding minimum spanning tree," *SIAM J. Comput*, pp. 724-742, 1976.
- [13] พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ "โครงการระบบซอฟต์แวร์ในการประมวลผลภาพสำหรับการสำรวจข้อมูลระยะไกล" ภาคเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2533.
- [14] S. Chitwong, F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha and W. Kongnun, "**Segmentation of PCA image via graph theory**," *Proceeding of the 14<sup>th</sup> International Conference Applied Geologic Remote Sensing*, Las Vegas, Nevada, USA, November, pp. 529-534, 2000.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

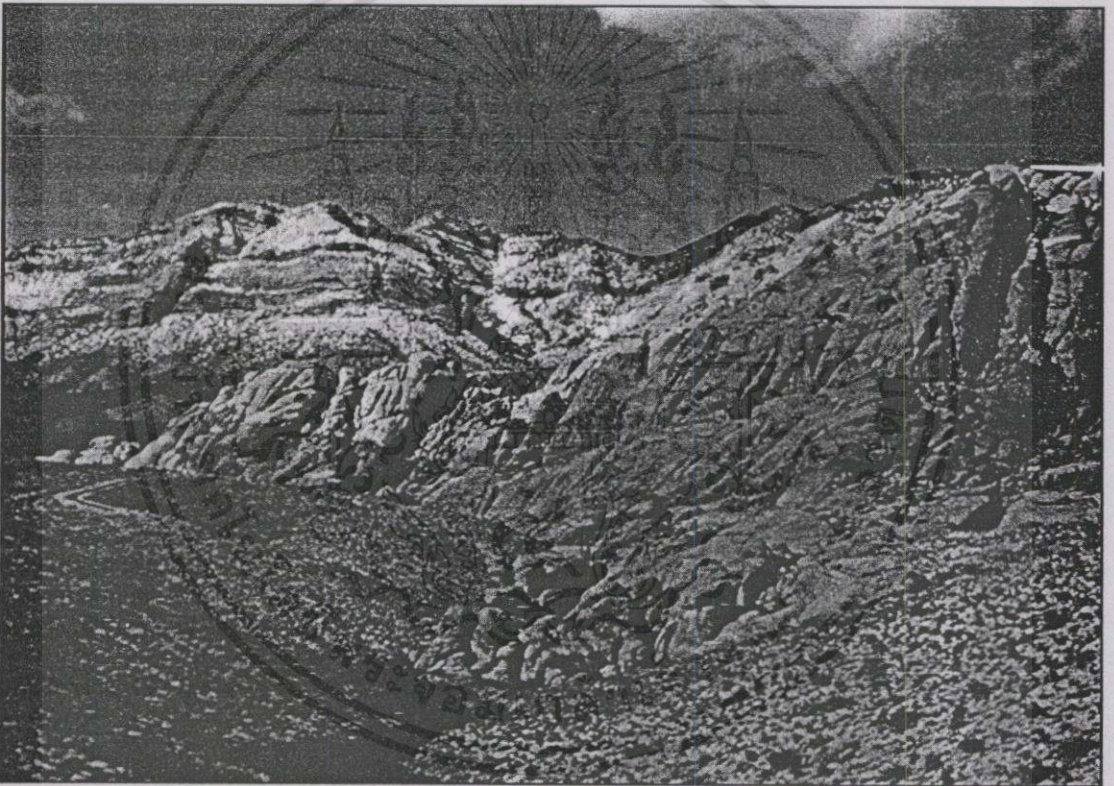
- [1] S. Chitwong, F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha, and W. Kongnun “Segmentation of PCA image via graph theory” Proceeding of the fourteenth international conference applied geologic remote sensing, Las Vegas, Nevada, USA, November, 2000. pp.529-534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Proceedings of the Fourteenth International Conference  
**Applied Geologic Remote Sensing**



6-8 November  
 Las Vegas, Nevada, USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SEGMENTATION OF PCA IMAGE VIA GRAPH THEORY \*

S. Chitwong<sup>2</sup>, F. Cheevasuvit<sup>2</sup>, K. Dejhan<sup>1</sup>, S. Mitatha<sup>1</sup>, and W. Kongnon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering and Research Center for Communication and Information Technology

<sup>2</sup>Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

### ABSTRACT

Principal component analysis (PCA) has been applied to the multi-spectral imageries. The first component of PCA contains the largest possible amount of the total variance of original data. Therefore, it can be achieved to distinguish the variety presented objects. To classify the different objects, the image segmentation is used for assigning the object boundaries. Here, the graph theory has been introduced for segmenting the PCA image, since it gives high accurate boundaries of objects.

### 1.0 INTRODUCTION

Multispectral images of a satellite are very useful for classification and interpretation. Since the reflectance of each ground cover type can be detected with different values in each wavelength of multispectral image. So the simultaneously use of all multispectral images are quite difficult and less efficiency especially for visual interpretation and classification. Even the multispectral colour image is produced from only three different image bands which are not all acquisition image bands of the satellite. Therefore, all essential information of ground cover types from all spectral bands cannot pack into a colour image. This will cause the decreasing of image classification efficiency. To defeat this problem, the PCA has been used. The PCA can be transformed almost all of the variance in the original images into the first least components (S.K. Jenson, 1979). Particularly, the first component is contained the largest amount of the total variance. This component will be represented the multispectral images and will be employed for the land cover classification. The image classification can be accomplished by the segmentation method. Here, the graph theory has been applied to the PCA image for segmenting it for the purpose of obtaining high accuracy of distinguish region boundaries (D. Cheriton, 1976 and O.J. Morris, 1986).

### 2.0 PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

PCA is a powerful method for analyzing the correlated data such as the multispectral data from a satellite (G.F. Byane, 1980). It can be assisted in dimensionality reduction of data which is very helpful for multispectral images compression. PCA is a linear transformation which can be transformed all variability of the original image into the new principal component images, where the number of the principal component images is equal or less than the original image.

PCA is formed by the linear equation of (S.K. Jenson, 1979)

$$\mathbf{Y} = \mathbf{CX} + \mathbf{B} \tag{1}$$

where  $\mathbf{X}$  is original variables with  $p$  dimensions and  $\mathbf{Y}$  is transformed variables with  $q$  dimensions where  $q \leq p$

---

\* Presented at the Fourteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing, Las Vegas, Nevada, 6-8 November 2000.

The expectation of  $Y$  is

$$E[Y] = E(CX + B)$$

$$\mu_y = CE(X) + B \quad (2)$$

$$\mu_y = C\mu_x + B$$

where  $\mu_x$  refers to the mean values for  $p$  variables of  $X$ . By assigning  $\mu_y = 0$ , then

$$B = -C\mu_x \quad (3)$$

Therefore, the equation can be rewritten as

$$Y = C(X - \mu_x) \quad (4)$$

In order to find  $C$  by using the condition that  $CC^T = I$ , the covariance matrix of  $Y$  can be obtained by

$$E(YY^T) = E\{[C(X - \mu_x)][C(X - \mu_x)]^T\}$$

$$\Lambda = CE[(X - \mu_x)(X - \mu_x)^T]C^T$$

$$\Lambda = C\Sigma C^T$$

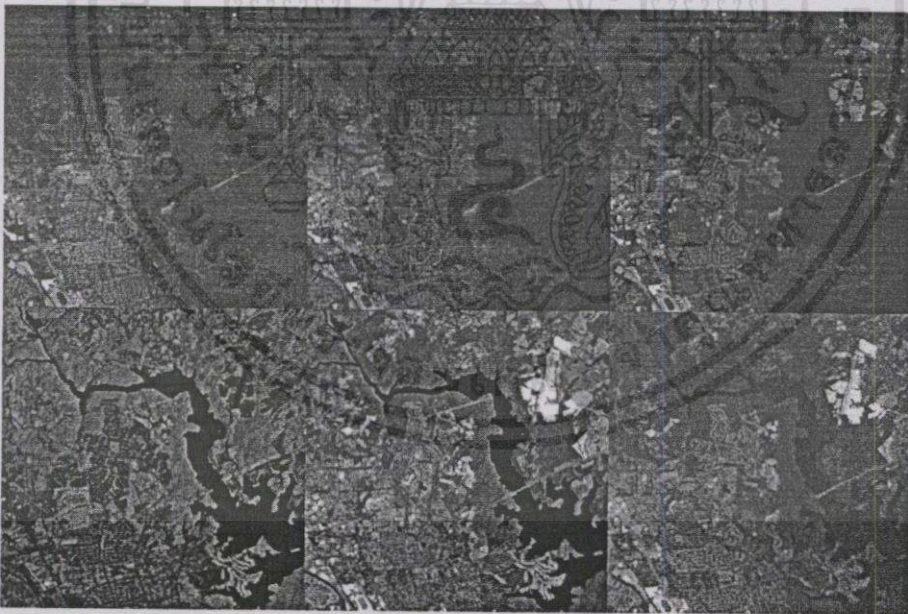


Figure 1 Original TM Image.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีลารนำไปใช้

where  $\Sigma$  is  $p \times p$  covariance matrix of  $X$  variables and  $\Lambda$  is the  $q \times q$  covariance matrix of  $Y$  variables.  $\Lambda$  is a diagonal matrix composed of  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q$  which refer to the eigenvalues of each component.

The PCA process is applied to the TM images of figure 1, the obtaining of the first principal component images is shown in figure 2. This component with the largest amount of the total variance will be selected in order to segment it by using graph theory approach.

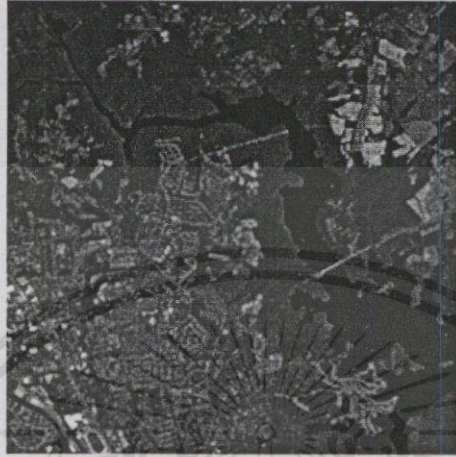


Figure 2 Principal Component Images.

### 3.0 EDGE PRESERVING SMOOTHING METHOD

Before segmenting an image, the isolated noise pixels must be cleaned up by using the edge preserving smoothing method of (F. Tomitan, 1977 and M. Nagao, 1979) and cooperative with some suggested templates as shown in the figure 3. These suggested templates can preserve the thin regions with the width of region being less than three pixels which cannot perform by (F. Tomitan, 1977) and (M. Nagao, 1979).

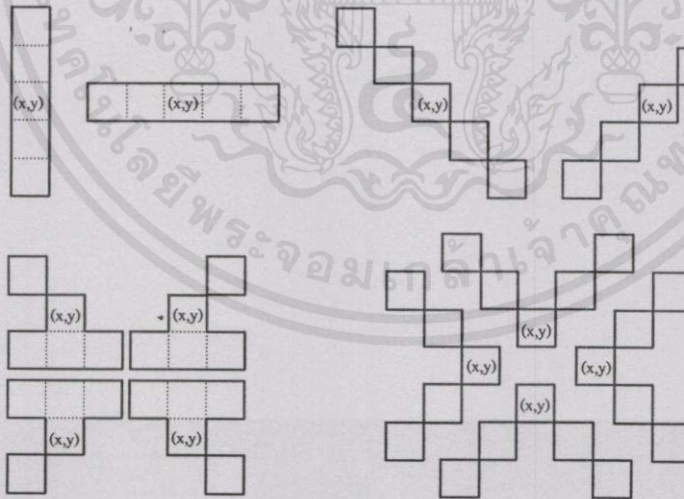


Figure 3 Suggested Templates for Preserving Thin Regions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The pixel with coordinate  $(x,y)$  will be smoothed by replacing its gray value with the mean of selected template. The selected template must have the minimum variance value. The smoothing process will apply to all pixel of the image and also can be done iteratively until the gray level of each pixel in the image is unchanged.

After applying the edge preserving smoothing onto the first principal component image, the result of smoothed image is presented in figure 4. The image is then employed for image segmentation.

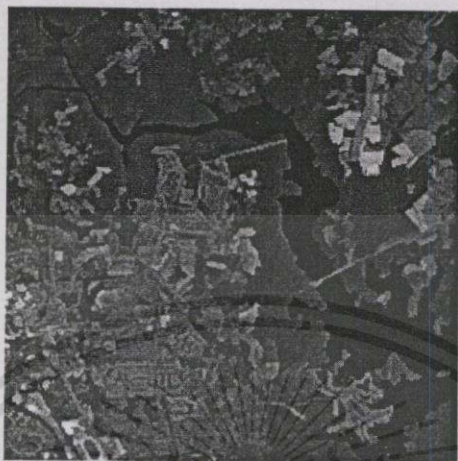


Figure 4 Edge Preserving Smoothing Image.

#### 4.0 IMAGE SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY

The main objective of image segmentation is to partition the image into meaningful regions (R.C. Gonzalez) or to isolate the individual objects within the image (G.A. Baxes, 1994). Each partitioned region must be respected to the criterion of pixel similarity in the region. Hence the segmentation process will be applied as the preprocessing of image classification. Many algorithms of image segmentation have been researched for the purpose of obtaining the high accuracy of region boundaries such as (O.J. Morris, 1986, S.L. Horowitz, 1974 and F. Cheevasuvit, 1986). The graph theory will give a robust regions, since their shapes are not depend on the scanning direction. Therefore, we proposed the use of graph theory for segmenting the image. The procedure of image segmentation via graph theory can be described as the following steps.

1. The gray level of pixel is mapped onto the corresponding vertex in the graph as shown in figure 5. Each vertex will be connected to the four vertices in perpendicular directions by the links.
2. Each link weight of the graph is obtained by the absolute different between two adjacent vertices in perpendicular direction. These link weights will be used to measure the similarity of two adjacent vertices in order to form the homogeneous region.
3. The link will be removed consecutively from the least link weight to the maximum link weight. When each link weight is removed, the two vertices connected by this link will be merged together and the weight of the merged vertices will be substituted by their mean value. The link weights around these vertices will then be updated.
4. For obtaining the homogeneous region, a threshold value will be assigned to the graph. The link weight will then be cut if the original link weights are greater than the threshold value. For cutting a link, two separated regions will be obtained where each region will give the absolute of maximum different of gray value less than the threshold value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

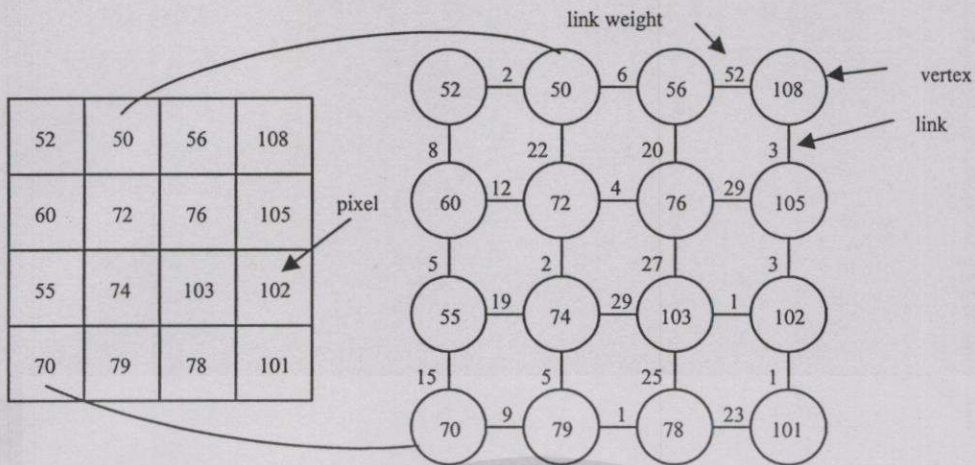


Figure 5 Mapping an Image onto a Graph.

### 5.0 EXPERIMENTAL RESULT

The graph theory is applied to the smoothed image of figure 4 with the threshold value equal to 30, all of the resulting region contours of segmented image is presented in figure 6.

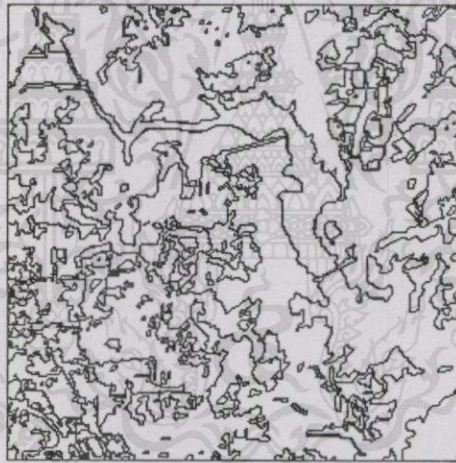


Figure 6 Resulting of Region Contours Segmented Image.

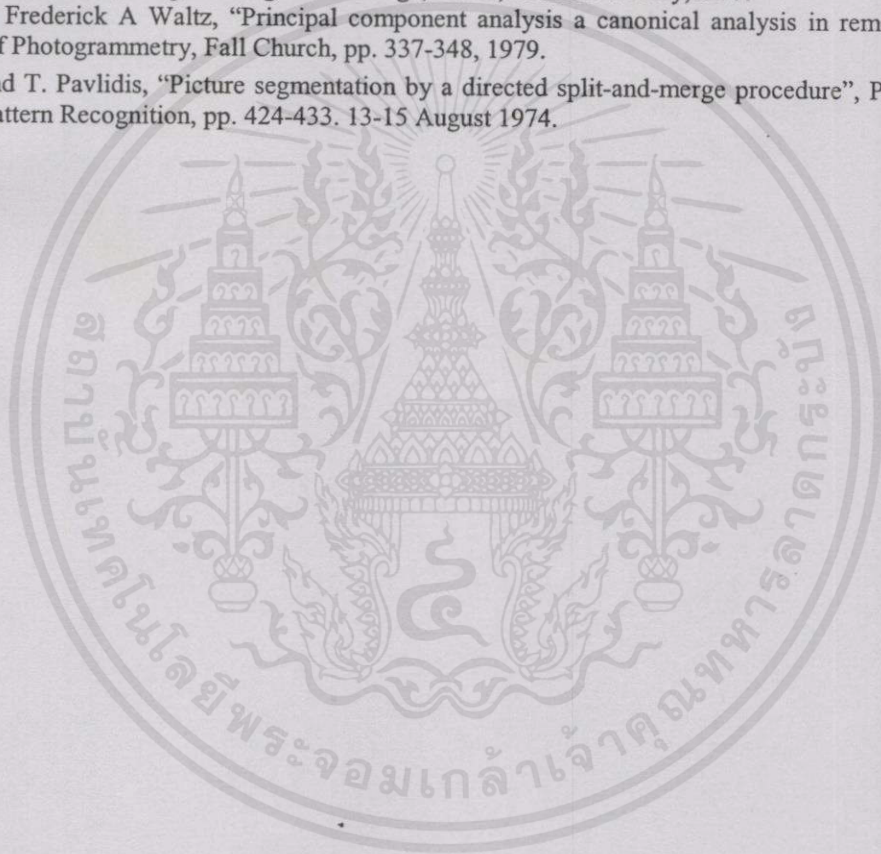
### 6.0 CONCLUSION

PCA is applied to the multispectral images of a satellite in order to collect all essential information into a few images, especially the first principal component image. For removing the isolated noise pixels in the first principal component image, the edge preserving smoothing process is applied. The graph theory is then employed to the smoothed image in order to obtain the high accuracy of region boundaries. The resulting segmented image is shown that the thin regions such as some bridges and roads are still detectable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.0 REFERENCES

- D. Cheriton and R.E. Terjan, "Finding minimum spanning tree", SIAM J. Comput., pp. 724-742, 1976.
- F. Cheevasuvit, H. Maitre and D. Vidal-Madjar, "A robust method for picture segmentation based on a split-and-merge procedure", Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol.34, pp. 268-281, 1986.
- F. Tomitan and S. Tsuji, "Extraction of multiple regions smoothing in selected neighbourhood", IEEE Trans. System, Man and Cybernetics SMC-7, pp. 107-109, 1977
- G.A. Baxes, "Digital Image Processing : Principles and Applications", Jonh Wiley and Sons, Inc., New York, 1994.
- G.F. Byane, P.F. Crapper and K.K. Mayo, "Monitoring Land-Cover Change by Principal Component Analysis of Multitemporal Landsat Data", Remote Sensing of Environment, Vol.10, No. 3, pp. 175-184, 1980.
- M. Nagao and T. Matruyama, "Edge preserving smoothing", Computer graphics and Image processing, Vol.9, pp. 374-407, 1979.
- O.J. Morris, M.de J. Lee and A.G. Constantinides, "Graph theory for image analysis: an approach based on the shortest spanning tree", Proc. IEE, Vol.133, pt. F, No. 2, pp. 146-152, 1986.
- R.C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", Mass., Addison-Wesley, 1977.
- S.K. Jenson and Frederick A Waltz, "Principal component analysis a canonical analysis in remote sensing", Proc. Am. Soc. of Photogrammetry, Fall Church, pp. 337-348, 1979.
- S.L. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture segmentation by a directed split-and-merge procedure", Proc., 2<sup>nd</sup> Int. Joint Conf. On Pattern Recognition, pp. 424-433. 13-15 August 1974.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นายวีระพล คงนุ่น เกิดเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2519 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษา  
 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม ปีการศึกษา  
 2542 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง  
 สาขาเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2539 จากวิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงจันทบุรีไทยอนุสรณ์  
 และประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ปีการศึกษา 2537 จากวิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้