

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงภาพสีโดยการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย  
ที่ได้จากการใช้วอเตอร์เชดทรานฟอร์ม

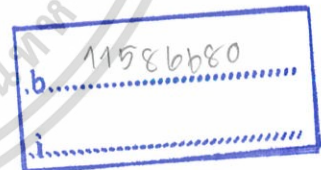
COLOR IMAGE ENHANCEMENT USING LOCAL AREA HISTOGRAM  
EQUALIZATION ON SEGMENTED REGIONS VIA WATERSHED TRANSFORM



บุญศิริ เลิศโกถานนท์  
BOONSIRI LERTPOKANONT

อพ.  
2575ก  
2548

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 60474  
วัน,เดือน,ปี..... 29 ส.ย. 2549



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1948-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COLOR IMAGE ENHANCEMENT USING LOCAL AREA HISTOGRAM  
EQUALIZATION ON SEGMENTED REGIONS VIA WATERSHED TRANSFORM**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2005**

**ISBN 974-15-1948-6**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2005**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงภาพสีโดยการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยที่ได้จากการใช้วอเตอร์เฉดทรานพอร์ม
นักศึกษา	นาย บุญศิริ เลิศโกถานนท์
รหัสนักศึกษา	44061402
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์

### บทคัดย่อ

ในการปรับปรุงภาพทั้งภาพนั้นรายละเอียดต่างๆในบริเวณพื้นที่ที่เกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน จะถูกทำลาย เช่น การปรับปรุงภาพโดยใช้หลักการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบทั้งภาพ ซึ่งเกิดจากการอิมตัวของระดับสีเทาในขบวนการปรับเรียบ ด้วยเหตุนี้การปรับเรียบ ฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยจะนำมาใช้ปรับปรุงรายละเอียดต่างๆในแต่ละพื้นที่ย่อยเอง ในการแยกแต่ละพื้นที่ย่อยที่เกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน เราได้ประยุกต์ใช้จากวอเตอร์เฉดทรานพอร์ม เนื่องด้วยวอเตอร์เฉดทรานพอร์ม อยู่บนพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับวิชาที่ว่าด้วยรูปร่างลักษณะ ด้วยเหตุนี้แต่ละพื้นที่ย่อยจะถูกแยกออกจากกัน ได้อย่างแท้จริง ดังนั้นสองพื้นที่ย่อยที่มีระดับสีเทาค้ำยกลึงที่อยู่ติดกันจะแยกออกจากกัน ขบวนการที่จะนำมาประยุกต์กับภาพทั้งหมดสามแบนด์ จากนั้นจึงนำภาพทั้งสามแบนด์มารวมกันเป็นภาพสี ผลการใช้อัลกอริทึม ทำให้รายละเอียดต่างๆของภาพดีขึ้น ซึ่งภาพสีที่ได้จะเป็นภาพที่มีการแบ่งแยกรายละเอียดของภาพสูงสามารถที่จะนำเอภาพสีนี้ไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้

<b>Thesis Title</b>	Color Image Enhancement using Local Area Histogram Equalization on Segmented regions via Watershed Transform
<b>Student</b>	Mr. Boonsiri Lertpokanont
<b>Student ID.</b>	44061402
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Programme</b>	Instrumentation Engineering
<b>Year</b>	2005
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr.Fusak Cheevasuvit

### ABSTRACT

Since the details in quasi-homogeneous region will be degraded from a conventional global image enhancement methods such as histogram equalization. This degradation causes from the saturation of the gray levels in equalization process. Then the local histogram equalization for each quasi-homogeneous region will be used in order to improve the details in the regions. To obtain the quasi-homogeneous regions, the image can be segmented by using a watershed transform. The watershed transform is based on mathematical morphology; therefore, the segmented regions can be effectively separated meaningful. Two adjacent regions in images, which almost similar in gray levels can be separated by the watershed transform. In the color image enhancement, three spectral bands are enhanced independently. Then all the three bands are assigned to each processed image in order to produce a color composite image. By the proposed algorithm, the result images show the better perception on image details. Therefore, the high efficiency of image classification can be obtained by using this color image.

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือในการทำวิจัยจากท่าน รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ได้กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำงานวิจัยด้วยดีตลอดมา จนทำให้ผู้เขียนสามารถทำงานวิจัยได้ลุล่วงมาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.สาธิต อินทจักร์ ท่าน รศ.ศักดิ์กริยา ชิตวงศ์ และท่าน รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ ที่ได้ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในงานวิจัย

ขอขอบคุณครอบครัว ญาติ พี่น้อง เพื่อนๆ รุ่นพี่และทุกๆ คนที่ทำให้กำลังใจ คำปรึกษา และผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

บุญศิริ เลิศโกถานนท์



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจระยะไกล.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 หลักการและความหมายของการสำรวจระยะไกล.....	4
2.3 ทฤษฎีคลื่น.....	7
2.4 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน.....	11
2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร.....	14
2.6 บทสรุป.....	23
บทที่ 3 ข้อมูลภาพดิจิทัล.....	24
3.1 บทนำ.....	24
3.2 รูปแบบข้อมูลภาพดิจิทัล.....	24
3.3 ฮีสโตแกรมของภาพ.....	26
3.4 รูปแบบจำลองของสีแบบ RGB.....	28
3.5 บทสรุป.....	31

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การปรับเรียบภาพและการตรวจจับขอบภาพ.....	32
4.1 บทนำ.....	32
4.2 การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย.....	32
4.3 การปรับเรียบภาพ โดยรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ย่อย.....	35
4.4 การตรวจจับขอบในภาพ.....	38
4.5 บทสรุป.....	40
บทที่ 5 การแยกส่วนในภาพด้วยการแปลงวอเตอร์เอด.....	42
5.1 บทนำ.....	42
5.2 หลักการของการแปลงวอเตอร์เอด.....	42
5.2.1 นิยามต่างๆของหลักการทำให้วัตถุจมในน้ำ.....	43
5.3 การลดจำนวนพื้นที่ย่อย.....	54
5.4 ผลการทดลอง.....	62
5.5 การวัดคุณภาพของการแยกส่วนในภาพ.....	64
5.6 บทสรุป.....	67
บทที่ 6 การปรับปรุงภาพดิจิทัล.....	68
6.1 บทนำ.....	68
6.2 การปรับเรียบฮิสโตแกรม.....	68
6.3 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดและ ในพื้นที่ย่อย.....	75
6.4 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ.....	76
6.5 บทสรุป.....	77
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	78
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	78
7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	79
เอกสารอ้างอิง.....	80

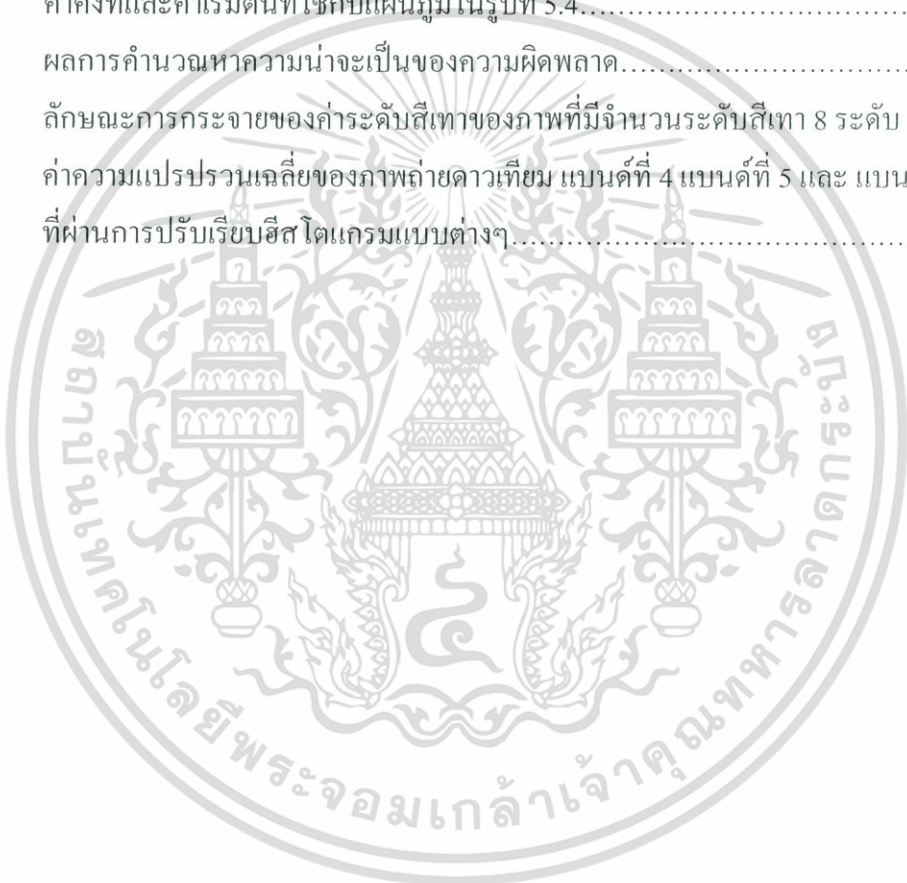
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **VI** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล.....	8
2.2	รายละเอียดของดาวเทียม LANDSAT.....	16
2.3	ศักยภาพของดาวเทียม LANDSAT ระบบบันทึกภาพ MSS รายละเอียด 80 เมตร.....	17
2.4	ศักยภาพของดาวเทียม LANDSAT ระบบบันทึกภาพ TM รายละเอียด 30 เมตร.....	18
2.5	รายละเอียดของดาวเทียม JERS-1.....	21
5.1	ความหมายและนิยามต่างๆที่ใช้กับแผนภูมิของรูปที่ 5.4.....	52
5.2	ค่าคงที่และค่าเริ่มต้นที่ใช้กับแผนภูมิในรูปที่ 5.4.....	52
5.3	ผลการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาด.....	65
6.1	ลักษณะการกระจายของค่าระดับสีเทาของภาพที่มีจำนวนระดับสีเทา 8 ระดับ	70
6.2	ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และ แบนด์ที่ 6 ที่ผ่านการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบต่างๆ.....	77



# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการสำรวจระยะไกล.....	5
2.2	คุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น.....	7
2.3	แสดงความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล.....	8
2.4	เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม.....	12
2.5	กล้องถ่ายรูปทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน.....	13
2.6	เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT.....	14
2.7	รูปร่างลักษณะของดาวเทียม LANDSAT7.....	19
2.8	รูปร่างลักษณะของดาวเทียม MOS-1.....	20
2.9	ลักษณะของดาวเทียม JERS-1.....	22
3.1	ฮิสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบดิสครีต (b) รูปแบบต่อเนื่อง.....	26
3.2	ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบต่างๆ.....	27
3.2	แบบจำลองสี อาร์จีบี (RGB).....	28
3.4	แสดงการเลือกข้อมูลภาพช่วงคลื่นต่างๆของข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่นมาเป็นองค์ประกอบสีในการแสดงผลภาพผสมสีแบบอาร์จีบี.....	28
3.5	ไดอะแกรมของฮิสโตแกรมสามมิติของการแสดงผลสี โดยการใช้รูปแบบจำลองสีแบบอาร์จีบีซึ่งมีขนาด 24 บิตต่อจุดภาพ.....	29
3.6	แสดงการผสมสีจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสามช่วงคลื่น.....	30
4.1	แสดงการใช้เทมเพลตขนาด 3x3 ในการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ.....	33
4.2	เทมเพลต $W(i, j)$ ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย.....	34
4.3	แสดงการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยแบบความสำคัญเท่าเทียมกัน.....	34
4.4	เทมเพลตที่ใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง $(x, y)$ .....	37
4.5	แสดงการปรับเรียบภาพโดยการใช้เทมเพลตรูปที่ 4.4.....	37
4.6	เทมเพลตที่ใช้ในการหาขอบภาพ.....	38
4.7	แสดงการหาขอบภาพด้วยเทมเพลต โซเบล (sobel).....	40
5.1	ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเป็นแผนภูมิประเทศ.....	42
5.2	ตัวอย่างของรูปแบบเส้นทางที่จะเกิดขึ้นระหว่างจุด $Q_1$ และจุด $Q_2$ ใน $A$ .....	44
5.3	เซต $iz_A(B_1)$ และ $iz_A(B_2)$ ที่อยู่ภายในเซต $A$ .....	45
5.4	ลักษณะของเซต $Y$ ที่จะเกิดขึ้นที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$ .....	46

# สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.5	แสดงถึงเซตของพื้นที่ที่มีระดับความสูง $h_{\min}$ และ $h_{\min} + 1$ .....	47
5.6	กระบวนการที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$ .....	48
5.7	แผนภูมิขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยใช้หลักการของวอเตอร์เอดทรานฟอร์ม.....	50
5.8	เปรียบเทียบการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ผ่านกระบวนการ และ ไม่ได้ผ่าน กระบวนการ การสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่.....	54
5.9	ตัวอย่างของภาพต้นฉบับ $A$ และตัวอย่างของโครงสร้างย่อย $B$ .....	55
5.10	โครงสร้างย่อยขนาด $3 \times 3$ ที่ใช้ในขบวนการคัดกรองระดับสีเทา.....	57
5.11	แผนภูมิกระบวนการ ของการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่.....	57
5.12	ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ.....	59
5.13	ขอบเขตพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เอด ทรานฟอร์ม.....	62
5.14	ภาพที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ทดสอบวิธีการหาขอบภาพ.....	65
5.15	ขอบภาพของรูปภาพที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ.....	66
6.1	การปรับเรียบฮิสโตแกรมของตารางที่ 6.1.....	70
6.2	ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด.....	73
6.3	ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย.....	74
6.4	การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมแบบปรับเรียบภายในพื้นที่ทั้งภาพ กับการทำฮิสโตแกรมแบบปรับเรียบในพื้นที่ย่อย.....	75

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจระยะไกลจะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้บันทึกจะถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องบินสำรวจระยะไกลหรือบนยานอวกาศที่อยู่นอกโลก ในขณะที่เดียวกัน สถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่อยู่บนพื้นโลกก็จะทำหน้าที่รับสัญญาณที่ถ่ายทอดลงมาจากดาวเทียมและทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เก็บไว้เพื่อการใช้งาน รวมถึงการควบคุมการโคจรรอบโลกของดาวเทียม ให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกนำมาใช้กันมากในการสำรวจ ข้อมูลภาพที่นำมาใช้นั้นจะมีรายละเอียดปรากฏอยู่มากมาย การแปลรายละเอียดหรือสิ่งที่ปรากฏให้เห็นบนภาพถ่ายดาวเทียมช่วยให้ได้ข้อมูลที่เป็นทางด้านการวางแผนงานแต่ละสาขา และนำผลของการแปลความหมายจากข้อมูลภาพไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การพัฒนาในด้านเศรษฐกิจและสังคมหลายๆด้าน เช่น ธรณีวิทยา อุทกวิทยา การป่าไม้ การจัดการลุ่มน้ำ การวางผังเมือง การใช้ที่ดิน เป็นต้น

เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่จัดเก็บมาได้ อาจจะมีการสูญเสียไปบางส่วนจากการถูกลูกคลื่น และเกิดการกระจาย โดยอนุภาคต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดความไม่คมชัดของภาพ หรืออาจจะมีสัญญาณรบกวนต่างๆ เกิดขึ้น สัญญาณรบกวนแบบสุ่ม(Random noise) มาซ้อนทับบนจุดภาพ ซึ่งบางครั้งเกิดขึ้นในระหว่างการส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสาร นอกจากนี้ ภาพถ่ายดาวเทียมจะมีปัญหาเรื่องความแตกต่างภายในภาพต่ำ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพปรากฏอยู่ในช่วงแคบๆ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะรายละเอียดของข้อมูลภาพได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการปรับปรุงภาพถ่ายดาวเทียม ก่อนที่จะทำภาพถ่ายดาวเทียมไปทำการแปลความหมาย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การปรับปรุงภาพที่มักนำมาใช้คือวิธีการปรับเรียบด้วยเทคนิคของฮิสโตแกรม ซึ่งเป็นวิธีการง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการปรับเรียบฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพจะใช้ฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพทั้งภาพ ซึ่งเรียกว่าการปรับเรียบแบบวงกว้าง แต่ปัญหาของวิธีการนี้ก็คือทำให้เกิดการอิมตัวของพื้นที่ในภาพซึ่งรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นถูกทำลาย จึงทำให้การจำแนกข้อมูลในส่วนนั้นทำได้ยาก

เพื่อขจัดปัญหาของการอิมตัวของระดับสีเทา การปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยจึงได้ถูกนำมาใช้แก้ปัญหานี้ ซึ่งในการหาขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้จากการแยกส่วนในภาพจะใช้หลักการของวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม โดยก่อนที่จะทำการหาขอบเขตของพื้นที่ย่อยจะนำภาพถ่ายไปทำเอกสารถึงเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มด้วยขบวนการปรับเรียบให้ภาพ เมื่อนำภาพที่ได้ผ่านกระบวนการปรับเรียบไปผ่านกระบวนการหาขอบเขตของพื้นที่ย่อยจะได้ขอบเขตของภาพที่มีความถูกต้อง จากนั้นจึงนำแต่ละพื้นที่ย่อยที่หาได้ไปทำการปรับเรียบฮิสโตแกรม

### 1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอขบวนการปรับเรียบให้ภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มและทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียม โดยการแยกส่วนในภาพด้วยการประยุกต์ใช้จากวอเตอร์เฉดทรานฟอร์มก่อนจะทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ย่อยของภาพ

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอหลักการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายดาวเทียม โดยจะทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยซึ่งได้ทำการแยกส่วนด้วยการประยุกต์ใช้จากวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม โดยนำหลักการที่กล่าวมานี้ไปใช้กับภาพถ่ายที่ถ่ายได้จากดาวเทียม LANDSAT ในช่วงคลื่นที่ 4 ช่วงคลื่นที่ 5 และ ช่วงคลื่นที่ 6 ก่อนที่จะนำภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง สามไปผสมเป็นภาพสี

### 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมโดยประยุกต์ใช้จากวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งเป็น 7 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไข ปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจระยะไกล

กล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของการสำรวจระยะไกล คุณลักษณะของภาพถ่ายดาวเทียม หลักการของในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ย่านความยาวคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า คุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า วงโคจรของดาวเทียมและยานสำรวจและรายละเอียดในการบันทึกข้อมูลภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแต่ละดวง และการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3 ข้อมูลภาพดิจิทัล

กล่าวถึง ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล รูปแบบจำลองของสี รูปแบบข้อมูลภาพ และสีสโตแกรมของภาพ

### บทที่ 4 การปรับเรียบภาพและการตรวจจับขอบภาพ

กล่าวถึงการกำจัดสัญญาณรบกวนที่แปลกปลอมที่อยู่ในภาพ โดยใช้ขบวนการปรับเรียบภาพ รวมถึงการใช้เทมเพลตในการตรวจจับขอบ

### บทที่ 5 การแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม

กล่าวถึงหลักการของ วอเตอร์เชดทรานฟอร์ม โดยได้นำหลักการดังกล่าวไปทำการแยกส่วนให้กับภาพ

### บทที่ 6 การปรับปรุงภาพดิจิทัล

กล่าวถึงการปรับเรียบสีสโตแกรม การประยุกต์การปรับเรียบสีสโตแกรมกับภาพที่ผ่านขบวนการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการของวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม ก่อนที่จะนำภาพไปผสมสีแดง(Red:R) เขียว(Green:G) น้ำเงิน(Blue:B)

### บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนท้ายของวิทยานิพนธ์เป็นภาคผนวก ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวารสารที่ได้รับการตีพิมพ์

## บทที่ 2

# ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจระยะไกล

### 2.1 บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติของโลกเรานั้นมีอยู่อย่างจำกัด ทรัพยากรบางอย่างสามารถสร้างขึ้นมาทดแทนได้ แต่บางอย่างก็หมดไปโดยไม่สามารถทดแทนได้ และจากการที่จำนวนประชากรของโลกได้เพิ่มขึ้นทุกวัน ทำให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรเพื่อการดำรงชีพเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเพื่อวางแผน การบริหารจัดการ วิเคราะห์ แก้ไขปัญหา ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องอาศัยข้อมูล ข้อเท็จจริงที่ทันต่อสภาพการณ์ปัจจุบัน

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาการแขนงหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม โดยสามารถบ่งบอก จำแนกและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกที่ปราศจากการสัมผัสโดยตรงโดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เนื่องจากสามารถให้รายละเอียดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์

### 2.2 หลักการและความหมายของการสำรวจระยะไกล

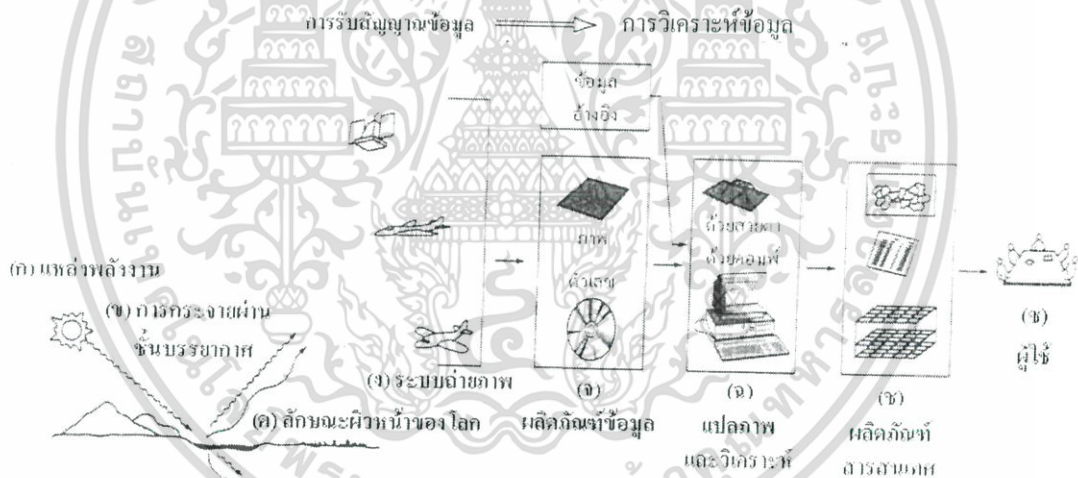
การสำรวจระยะไกล หมายถึง การสำรวจจากระยะไกล โดยไม่มีการสัมผัสวัตถุนั้นโดยตรงระหว่างอุปกรณ์การสำรวจกับเป้าหมายที่ต้องการสำรวจ โดยที่ ยานสำรวจ (Platform) อาจจะเป็นเครื่องบิน (Plane) หรือ ดาวเทียม (Satellite) ก็ได้ ร่างกายมนุษย์ถือได้ว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการสำรวจระยะไกลในทางธรรมชาติซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบตัวอย่างเช่น การได้กลิ่น การได้ยืน การมองเห็น ซึ่งการมองเห็นด้วยตาของมนุษย์มีลักษณะเทียบเคียงกับรีโมทเซนซิงที่ได้จากการประดิษฐ์ขึ้นมากที่สุด โดยที่ร่างกายเปรียบเสมือนฐานของเครื่องสำรวจ มีดวงตาเป็นอุปกรณ์สำรวจที่มีความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆจากการตกกระทบของแสงที่ได้จากวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึงข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำที่เรียกว่าภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image) องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบเอกซารนี้เป็นเอกซารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยัง วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น

กระบวนการของการสำรวจระยะไกล สามารถที่จะจำแนกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การรับสัญญาณข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.1

1. การรับสัญญาณข้อมูล (Data Acquisition) เป็นกระบวนการบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือส่งผ่านของวัตถุด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูลบนยานสำรวจ แล้วทำการส่งข้อมูลเหล่านั้น ไปยังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน เพื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตเป็นข้อมูลทั้งในรูปแบบภาพถ่ายและข้อมูลเชิงตัวเลข
2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) มีอยู่ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน ซึ่งอาจจะตีออกมาในรูปของดีหรือเลวและอีกวิธีหนึ่งคือการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้



รูปที่ 2.1 กระบวนการสำรวจระยะไกล

การที่ภาพถ่ายจากระยะไกล หรือภาพถ่ายดาวเทียมได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมนั้น อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของภาพถ่ายดาวเทียมในหลายด้านที่เอื้ออำนวยและมีความเหมาะสม ได้แก่

1. บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องแสดกนเนอร์ ที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า และช่วงคลื่นที่สายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

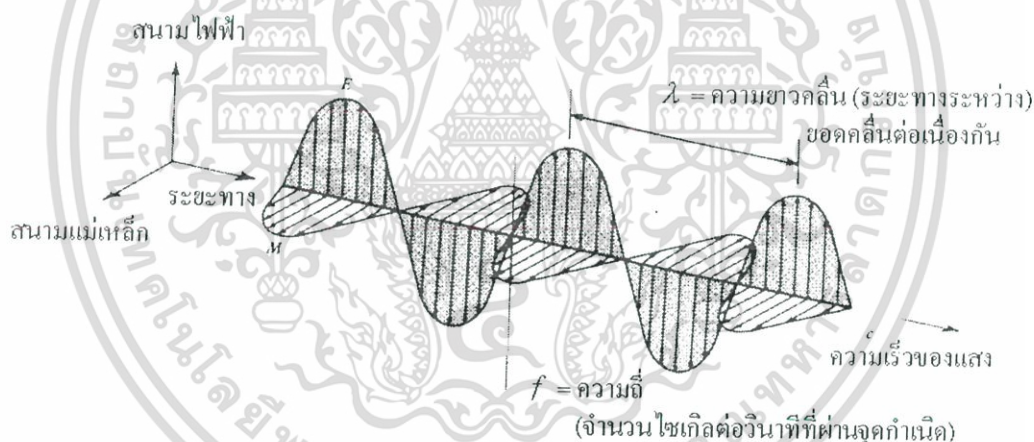
- มนุษย์มองไม่เห็น ทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกวัตถุต่างๆ บนผิวโลกได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT มี 7 ช่วงคลื่น เป็นต้น
2. **ให้รายละเอียดหลายระดับ** ภาพจากดาวเทียมให้รายละเอียดในหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพจากดาวเทียม SPOT ระบบ PLA มีรายละเอียด 10 ม. สามารถศึกษาเป็นตัวเมือง เส้นทางการคมนาคมระดับหมู่บ้าน ภาพระบบ MLA มีรายละเอียด 20 ม. ศึกษาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เฉพาะจุดเล็กๆ และแหล่งน้ำขนาดเล็ก และภาพระบบ TM รายละเอียด 30 ม. ศึกษาสภาพการใช้ที่ดินระดับจังหวัด เป็นต้น
  3. **บันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic View)** ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่งๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาบันทึกภาพสั้นๆ สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ภาพจาก LANDSAT MSS และ TM หนึ่งภาพ ครอบคลุมพื้นที่ 185 x 185 ตร.กม. หรือ 34,225 ตร.กม. ภาพจาก SPOT ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตร.กม. เป็นต้น
  4. **บันทึกภาพบริเวณเดิม (Repetitive Coverage)** ดาวเทียมสำรวจมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม LANDSAT โคจรกลับมาที่เดิมทุกๆ 16 วัน ส่วนดาวเทียม MOS โคจรกลับมาที่เดิมทุกๆ 17 วัน เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในหลายๆ ช่วงเวลาเหล่านี้ ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี
  5. **การเน้นหรือปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)** ภาพจากดาวเทียมต้นฉบับสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเข้ม ระดับสีเทา เพื่อเน้นข้อมูลที่ต้องการศึกษาให้มีความเด่นชัดขึ้น
  6. **ภาพจากดาวเทียมสามารถให้สีผสม (False Color Composite) ได้หลายแบบ** ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการขยายรายละเอียดเฉพาะเรื่องให้เด่นชัด โดยสามารถผสมสีให้แตกต่างจากสิ่งแวดล้อมได้

## 2.3 ทฤษฎีคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวของช่วงคลื่นหลายเมตรถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร (Nanometer;  $10^9$  ม.) ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่น (Wave Theory) ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิก (Harmonic) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่งมีความเร็วเท่าแสง ( $c$ ) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่คลื่น ( $f$ ) โดยมีความสัมพันธ์ กับความเร็วคลื่นดังสมการที่ 2.1 คือ

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

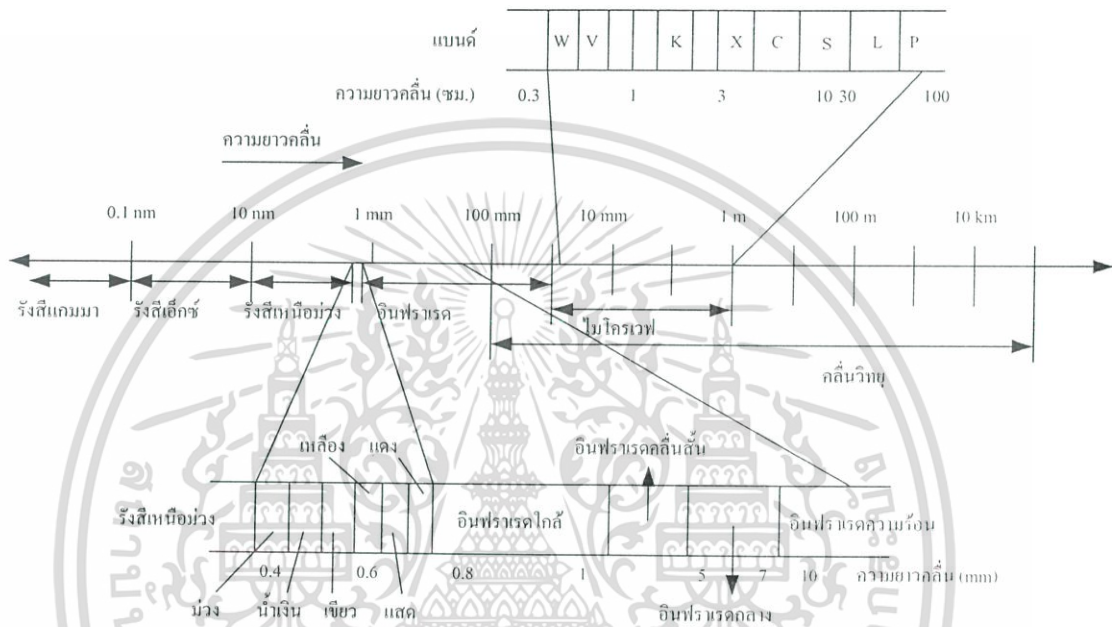
- เมื่อ  $\lambda$  คือ ความยาวคลื่น (m)  
 $c$  คือ ความเร็วของแสงมีค่าคงที่ ( $2.998 \times 10^8$  ม./วินาที)  
 $f$  คือ ความถี่ของคลื่น (รอบ/วินาที หรือ Hertz)



รูปที่ 2.2 คุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ซึ่งมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า  $10^{-10}$  ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่น ประกอบไปด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ อุลตราไวโอเล็ต ตามองเห็น อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ ตามลำดับ ดังในรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.1

ช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบในการสำรวจระยะไกลส่วนใหญ่อยู่ในความยาวคลื่นเชิงแสง (Optical Wavelength) คือ 0.34-14 ไมครอน ซึ่งสามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป และอุปกรณ์บันทึกภาพ (Sensor) ช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อตาของมนุษย์ คือ 0.3-0.7 ไมครอน แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ น้ำเงิน เขียว และแดง ถัดไปเป็นช่วงคลื่นใต้แดงที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near Infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7-3 ไมครอน และ อินฟราเรดช่วงความร้อนระหว่าง 3-15 ไมครอน



รูปที่ 2.3 แสดงความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล

ตารางที่ 2.1 การจำแนกความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma)	0.03 nm	รังสีแกมมาถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยบรรยากาศ ชั้นบนจึงไม่ได้ใช้ในการสำรวจระยะไกล
รังสีเอ็กซ์ (X-ray)	0.03 – 3.0 nm	รังสีเอ็กซ์ถูกดูดกลืนทั้งหมดเช่นกัน
รังสีเหนือม่วง (Ultraviolet)	0.03 – 0.4 $\mu\text{m}$	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 ไมโครเมตร ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยโอโซน ( $O_3$ )
Photographic UV band	0.3 – 0.4 $\mu\text{m}$	ช่วงคลื่นสามารถผ่านชั้นบรรยากาศ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่การกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรคมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible)	0.4 – 0.7 $\mu\text{m}$	บันทึกภาพด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพได้รวมทั้งช่วงคลื่นที่โลกมีการสะท้อนพลังงานสูงสุดที่ 0.5 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นแคบที่มีผลตอบสนองต่อตามนุษย์แบ่งได้ 3 ช่วงย่อย คือ 0.4 – 0.5 ไมโครเมตร สีน้ำเงิน 0.5 – 0.6 ไมโครเมตร สีเขียว 0.6 – 0.7 ไมโครเมตร สีแดง
อินฟราเรด (Infrared)	0.7 – 100 $\mu\text{m}$	มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตามความยาวคลื่นและการส่งผ่านชั้นบรรยากาศมีการดูดกลืนในบางช่วงคลื่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับช่วงความร้อนของวัตถุ ช่วงคลื่น 0.7 – 0.9 ไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์ม เรียกว่า Photographic IR band
อินฟราเรดใกล้หรืออินฟราเรดสะท้อน (Reflected IR band)	0.7 – 3 $\mu\text{m}$	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เช่น สแกนเนอร์
อินฟราเรดความร้อน (Thermal IR band)	3 – 5 $\mu\text{m}$ และ 8 – 14 $\mu\text{m}$	
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.1 – 100 cm	ช่วงคลื่นยาวสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกและฝนได้ ใช้ประโยชน์ในการถ่ายภาพเรดาร์

แสงสว่างเป็นรูปหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่รังสีไปตามทฤษฎีของคลื่น การอธิบายลักษณะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังสามารถอธิบายได้ด้วย ทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) กล่าวคือ การแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) หรือควันตา (Quanta) พลังงานแต่ละควันตาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น ดังนี้

$$E = hf \quad (2.2)$$

- เมื่อ  $E$  คือ พลังงาน 1 ควอนตัม (Quantum), จูล (Joules)  
 $h$  คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck Constant)  $6.626 \times 10^{-34}$  Joules – sec  
 $f$  คือ ค่าความถี่คลื่น (Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ 
$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.3)$$

พลังงานเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น คือ ความยาวคลื่นมากจะให้พลังงานต่ำ ดังนั้นถ้าวัตถุใดส่งพลังงานช่วงคลื่นยาว เช่น ไมโครเวฟ การตรวจรับพลังงานโดยอุปกรณ์ทางรีโมทเซนซิ่งที่ช่วงคลื่นนี้จะยากกว่าการตรวจรับพลังงานที่ช่วงคลื่นสั้น ถ้าต้องการบันทึกพลังงานช่วงคลื่นจะต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้าง และใช้เวลาในการบันทึกนานพอ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดของการสำรวจระยะไกล อย่างไรก็ตาม สสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า องศาสมบูรณ์ (0 องศา K หรือ -273 องศา C) จะสามารถเปล่งพลังงานที่มีขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป ซึ่งพลังงานที่วัตถุแผ่ออกมามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของผิววัตถุ สามารถคำนวณได้จากกฎของ Wiens ดังนี้

$$W = \sigma T^4 \quad (2.4)$$

เมื่อ  $W$  คือ พลังงานที่เปล่งจากพื้นผิววัตถุ  $wm^{-2}$   
 $\sigma$  คือ Stefan – Boltzmann constant  $5.6697 \times 10^{-8} wm^{-2} \text{ } ^\circ K^{-1}$   
 $T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ ( $^\circ K$ )

ความเปล่งรังสีทั้งหมดจากวัตถุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์กำลัง 4 จะเห็นได้ว่าความเปล่งรังสีที่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

จะเห็นได้ว่าความเปล่งรังสีที่ออกมาจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ และความยาวช่วงคลื่นแสดงการกระจายช่วงคลื่นและอุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับความเปล่งรังสีออกมาต่อ 1 ไมครอนของช่วงคลื่น ดังนั้นเมื่อทราบอุณหภูมิก็สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุดได้จากกฎการแทนที่ของเวียน (Wien's Displacement Law)

$$m = C/T \quad (2.5)$$

เมื่อ  $m$  คือ ความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุด

$$C = 2.898 \times 10^{-3} m^\circ K$$

$$T = ^\circ K$$

ทฤษฎีทั้งสองนี้อธิบายเกี่ยวกับการเปล่งรังสีของวัตถุที่มีคุณสมบัติเหมือนกับทฤษฎีดำ (Black Body) ซึ่งหมายถึง "วัตถุหรือมวลที่สามารถดูดซึมพลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบได้สมบูรณ์"

และขณะเดียวกันก็แปลงพลังงานที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ที่ทุกๆ อุณหภูมิ" เทหวัตถุคำจึงเป็นสิ่งสมมุติฐานขึ้น เพราะไม่มีมวลใดๆ ในโลกที่มีคุณสมบัติดังกล่าว แต่มีสภาพใกล้เคียงเท่านั้น

## 2.4 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน

ปฏิกริยาระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและวัตถุนบนพื้นผิวโลกเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการสำรวจระยะไกล เพราะเป็นค่าที่ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจในลักษณะของพลังงาน ซึ่งจะสะท้อนจากวัตถุนบนพื้นผิวโลกในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของแต่ละชนิดของวัตถุนบนพื้นผิว ในการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นจึงต้องเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม

การสะท้อนแสงของวัตถุ เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงตกกระทบบนพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับ ปริมาณแสงที่สะท้อนจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของพื้นผิวของวัตถุว่าเป็นลักษณะเรียบหรือขรุขระ มุมตกกระทบของแสง ความสามารถหรืออัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิวและโพลาไรเซชันของแสงที่ตกกระทบ การสะท้อนกลับเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

- 1) การสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงข้าม จะเกิดในกรณีพื้นผิววัตถุนมีลักษณะราบเรียบ โดยที่มิติของความขรุขระที่ผิวมีค่าน้อยกว่า 1 ใน 10 ของความยาวคลื่น โดยแสงที่ตกกระทบทั้งหมดจะสะท้อนกลับในทิศทางที่มุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ มักจะเกิดกับแสงที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างยาว การสะท้อนในลักษณะนี้นอกจากจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการสำรวจระยะไกลแล้ว ยังบดบังสภาพพื้นผิวที่แท้จริงที่ปรากฏบนภาพด้วย ลักษณะนี้เราเรียกว่า “ประกายแดด” ปรากฏการณ์เช่นนี้ มักเกิดกับบริเวณผิวน้ำ ดินบางชนิดและหินที่โผล่เหมือนผิวดิน
- 2) การสะท้อนแบบกระจาย เป็นการสะท้อนจากพื้นผิวที่ค่อนข้างขรุขระ แต่อยู่ในลักษณะที่สม่ำเสมอและเกิดในย่านแสงที่ตามองเห็นเป็นส่วนใหญ่
- 3) การสะท้อนแบบผสม เป็นลักษณะที่มักเกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ โดยรวมลักษณะการสะท้อนกลับหมดและการสะท้อนแบบกระจายเข้าไว้ด้วยกัน

ค่าการสะท้อนตามความยาวคลื่นเรียกว่า ค่าการสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral reflectance) ส่วนค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงที่มีทิศทางในการตกกระทบและมีค่าสะท้อนที่แน่นอนจะเรียกว่า ค่าการสะท้อนแบบเชิงทิศทาง (Directional reflectance) ทิศทางของแสงที่ตกกระทบและที่สะท้อนนี้อาจเป็นแบบเชิงทิศทาง แบบรูปกรวยหรือแบบคลุมซีกโลก ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นจากสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันจะให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกันออกไป ทำให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจำแนกประเภทของสิ่งปกคลุมดินได้ด้วยการสังเกตค่าการสะท้อนเชิงคลื่นหรือค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นจากพื้นผิวนั้นๆ



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม

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

การส่งผ่าน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดกลืนพลังงานของพื้นผิว โดยพลังงานส่วนที่ได้รับความดูดกลืนจะถูกถ่ายทอดไปยังส่วนที่อยู่ติดลงไป ค่าการส่งผ่านรังสีของวัตถุใดๆ ก็คือ สัดส่วนของปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงาน ได้เคลื่อนที่ไปต่อพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วค่าการส่งผ่านจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิวและสำหรับพื้นผิวหนึ่งๆ ก็จะเกิดการส่งผ่านได้ดีบางช่วงคลื่นเท่านั้น

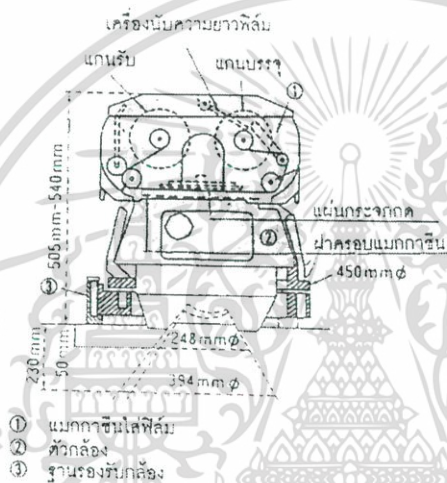
เครื่องมือที่ใช้วัดค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่งหรือหลายช่วงคลื่นของแถบพลังงาน ที่ครอบคลุมจากช่วงคลื่นที่ตามองเห็นจนถึงไมโครเวฟที่สะท้อนจากพื้นผิวโลก พลังงานที่สะท้อนเข้าเครื่องวัดนี้ อาจจะมาจกสิ่งที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ อย่างเช่น จากดวงอาทิตย์ สำหรับอุปกรณ์สำรวจแบบพาสซีฟ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

ระบบพาสซีฟ มักจะเป็นระบบที่ใช้สำหรับคลื่นสั้น คือ ช่วงที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นความร้อน ส่วนระบบแอคทีฟ มักจะใช้สำหรับช่วงคลื่นที่ยาว เช่น คลื่นไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

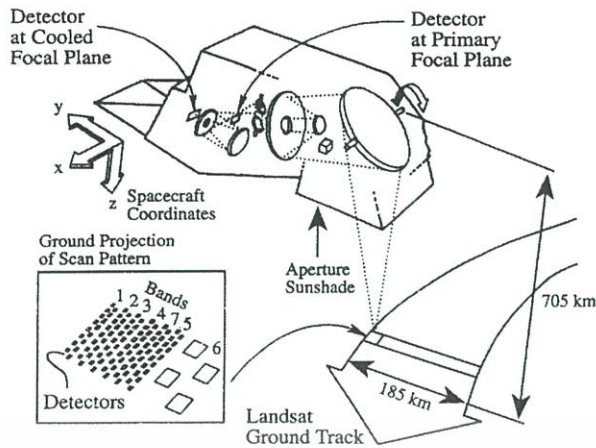
โดยใช้เครื่องวัดที่สามารถสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองได้ และจะถูกส่งผ่าน ไปกระทบกับวัตถุที่ต้องการศึกษานั้นๆ ให้สะท้อนพลังงานออกมาอีกครั้ง เพื่อทำการตรวจวัดและบันทึกค่า ยกตัวอย่าง เช่น ระบบเรดาร์ ที่มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ ระบบกวาดภาพ (Scanning system) และระบบไม่กวาดภาพ (Non-scanning system)

เครื่องวัดที่จัดอยู่ในประเภทพาสซีฟ ที่รวมเอาลักษณะของระบบไม่กวาดภาพและเป็นวิธีแบบไม่ถ่ายภาพ (Non-imaging method) จะเรียกว่า เครื่องบันทึกในแนวตั้ง (Profile radiometer) ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดคลื่นไมโครเวฟ ที่เรียกว่า ไมโครเวฟเรดิโอมิเตอร์ (Microwave radiometer) ส่วนพาสซีฟเซนเซอร์ชนิดไม่กวาดภาพ แต่ใช้วิธีถ่ายภาพ (Imaging method) ได้แก่ กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน

พาสซีฟเซนเซอร์ที่เป็นทั้งระบบที่มีลักษณะการกวาดภาพและบันทึกออกมาเป็นภาพ สามารถแบ่งออกได้อีก เป็นเครื่องวัดชนิดกวาดสร้างภาพจากระนาบภาพ (Image plane scanning sensor) เช่น กล้องโทรทรรศน์หรือชนิดที่เรียกว่า เครื่องกวาดภาพแบบ โซลิดสเตต (Solid state scanner) และเครื่องวัดชนิดกวาดสร้างภาพจากระนาบวัตถุ (Object plane scanning sensor) เช่น เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral scanner หรือ Optical mechanical scanner) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT

เครื่องวัดที่ได้รับความนิยมมากในการสำรวจจากระยะไกล ได้แก่ กล้องถ่ายรูป เครื่องกวาดภาพแบบโซลิตสแตต เช่น ซีซีดี (CCD - Charge Coupled Device) เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น เครื่องวัดประเภทเลเซอร์นั้น ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ตรวจมลภาวะในอากาศ โดยการใช้เครื่องวัดสเปกตรัมแบบเลเซอร์และใช้เครื่องวัดความสูงแบบเลเซอร์ ในการวัดระดับความสูง

## 2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NASA) ได้ทำการส่งดาวเทียม LANDSAT-1 ขึ้น โคจรรอบโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสำรวจข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่อยู่บนโลก เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ.2515 ยังผลให้นานาประเทศได้เล็งเห็นความสำคัญและการใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียม ก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ อย่างกว้างขวาง มีการส่งดาวเทียมสำรวจอีกหลายดวงขึ้น โคจร เช่น ประเทศฝรั่งเศสส่งดาวเทียม SPOT โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสำรวจพื้นดินและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ ประเทศญี่ปุ่นส่งดาวเทียม MOS เพื่อทำการสำรวจพื้นดินและพื้นน้ำ ประชาคมยุโรปส่งดาวเทียม ERS-1 ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถถ่ายภาพทะลุเมฆและวัตถุบางชนิดได้ หรือดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite) ซึ่งประกอบไปด้วยดาวเทียม 5 ดวง ได้แก่ ดาวเทียม METEOSAT ของประชาคมยุโรป ดาวเทียม INSAT ของอินเดีย ดาวเทียม GMS ของญี่ปุ่น และดาวเทียม GOES-E และ GOES-W ของสหรัฐอเมริกาที่มีวัตถุประสงค์ในการสำรวจด้านอุตุนิยมวิทยาทั่วโลก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 ดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม LANDSAT เป็นโครงการหนึ่งขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) สหรัฐอเมริกา ดาวเทียม LANDSAT-1 ถูกส่งขึ้นไปเป็นดวงแรกเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ดวงที่ 2 (LANDSAT-2) ส่งขึ้นโคจร วันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2518 ดวงที่ 3 (LANDSAT-3) ส่งขึ้นโคจร วันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2521 ดวงที่ 4 (LANDSAT-4) ส่งขึ้นโคจร วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2525 ดวงที่ 5 (LANDSAT-5) ส่งขึ้นโคจร วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2527 จนปัจจุบันได้มีการส่งดาวเทียม LANDSAT ไปแล้วรวมทั้งสิ้น 6 ดวง ขณะนี้มีดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-7 เท่านั้นที่ยังคงปฏิบัติงานอยู่

รูปร่างลักษณะตัวยานของดาวเทียม LANDSAT-5 เป็นแบบ MMS (Multimission Modular Spacecraft) ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในด้านการใช้งาน การควบคุมความสูงและวิถีโคจร (Altitude and Attitude Control) การจัดการข้อมูล (Data Handling) การสื่อสาร (Communications) และระบบขับเคลื่อน (Propulsion Module) ส่วนเครื่องมือเฉพาะกิจที่ติดกับยานประกอบไปด้วย ระบบบันทึกภาพ 2 ระบบ (ระบบกวาดหลายช่วงคลื่น หรือ MSS และระบบเครื่องมือเทคนิคมอบเปอร์ หรือ TM) ระบบการถ่ายทอดข้อมูล เครื่องมือสื่อสารและจานรับส่งสัญญาณที่มี ประสิทธิภาพสูง รวมทั้งแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Array) ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 2 กิโลวัตต์ นอกจากนี้ตัวยานแบบ MMS ยังออกแบบมาให้สามารถซ่อมแซมได้ด้วยกระสวยอวกาศ (Space Shuttle)

ความก้าวหน้าที่สำคัญของดาวเทียม LANDSAT-5 อีกประการหนึ่ง คือ การใช้การสื่อสารระบบ Track and Data Relay Satellite (TDRS) ซึ่งสามารถถ่ายทอดข้อมูลจากดาวเทียมไปสู่โลกได้ในเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาบันทึกภาพ

วงโคจรและรัศมีครอบคลุม วงโคจรของดาวเทียม LANDSAT-5 สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์เป็นวงกลมผ่านขั้วโลก มีวงโคจรสูงจากพื้นผิวโลก (บริเวณใกล้ขั้วโลก) เป็นระยะ 705 กิโลเมตร และสูงกว่านั้นในบริเวณเส้นศูนย์สูตร การโคจรรอบโลกแต่ละรอบกินเวลา 99 นาที บันทึกข้อมูลครอบคลุมทั่วโลกภายใน 16 วัน และรัศมีครอบคลุมการถ่ายภาพทั่วโลก จำนวน 233 แนว ภาพแต่ละเฟรมจะมีการซ้อนเหลื่อมกันด้านข้างประมาณ 7.6 เปอร์เซ็นต์ที่เส้นศูนย์สูตร และเพิ่มขึ้นเมื่อโคจรเข้าสู่ขั้วโลกทั้ง 2 ด้าน

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม	องค์ประกอบ วงโคจร	เครื่องวัดในการสำรวจ			
		ชื่อเครื่องวัด	ช่วงคลื่น/ ความถี่ (ไมครอน)	สนาม มุมมอง	ความกว้าง ของแนว ถ่ายภาพ
LANDSAT-1 (2515)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 915 กม.	MSS (Multispectral Scanner System)	0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 0.9	80 ม.	185 กม.
LANDSAT-2 (2518) สหรัฐอเมริกา	มุมเอียง : 99° โคจรมาที่จุดเดิม : 18 วัน โคจรรอบโลก : 103 นาที (14 รอบ/ วัน) โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตร : 8.50 - 9.30น. ระยะห่างแนวโคจรถัดไป : 2,760 กม. โคจรผ่านแนวถัดไป : 1 วัน	RBV (Return Beam Vidicon Camera)	0.47 - 0.575 0.580 - 0.680 0.69 - 0.830	80 ม.	
LANDSAT-3 (2521) สหรัฐอเมริกา	เหมือนกับ LANDSAT-1,2	MSS	0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 1.1	80 ม.	185 กม.
LANDSAT-4 (2525)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 915 กม.	TM (Thematic Mapper (ทีมาติกแมปเปอร์))	0.45 - 0.52 0.52 - 0.60 0.63 - 0.69 0.75 - 0.90 1.55 - 1.75 2.08 - 2.35	30 ม.	185 กม.
LANDSAT-5 (2527) สหรัฐอเมริกา	มุมเอียง : 98° โคจรมาที่จุดเดิม : 16 วัน โคจรรอบโลก : 99 นาที (14.5 รอบ/ วัน) โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตร : 9.45 น. ระยะห่างแนวโคจรถัดไป : 2,752 กม. โคจรผ่านแนวถัดไป : 7 วัน	MSS	0.5 - 0.6 0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 1.1	80 ม.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ดาวเทียม	องค์ประกอบ วงโคจร	เครื่องวัดในการสำรวจ			
		ชื่อเครื่องวัด	ช่วงคลื่น/ ความถี่ (ไมครอน)	สนาม มุมมอง	ความกว้าง ของแนว ถ่ายภาพ
LANDSAT-7 (2542)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 705 กม. มุมเอียง : 98° โคจรมาที่จุดเดิม : 16 วัน	ETM (Enhance Thematic Mapper)	0.45 - 0.515	30 ม.	185 กม.
			0.525 - 0.605		
			0.63 - 0.690		
			0.75 - 0.90		
			1.55 - 1.75		
			2.09 - 2.35		
10.48 - 12.5	60 ม.				
0.52 - 0.90	15 ม.				

ระบบบันทึกภาพ (Sensors) เครื่องบันทึกภาพของดาวเทียม LANDSAT-5 มี 2 ระบบ คือ ระบบเครื่องกวาดหลายช่วงคลื่น (MSS) และระบบเครื่องรีแมตริกแมปเปอร์ (TM) ซึ่งทั้งสองระบบใช้การแกว่งของกระจกรับแสงสะท้อนจากทรัพยากรในแนวระดับตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ระบบ MSS ในดาวเทียม LANDSAT-5 เป็นเช่นเดียวกับในดาวเทียม LANDSAT-1, 2, 3 คือ ใช้กระจกรับแสงสะท้อนจากทรัพยากรในแนวระดับตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม กระจกแกว่งครั้งหนึ่งจะเกิดการกวาดภาพ 6 เส้น พร้อมกันทุกช่วงคลื่น แบ่งออกเป็น 4 ช่วงคลื่น ภาพ MSS ภาพหนึ่งครอบคลุมพื้นที่ 185x185 ตร.กม. มีรายละเอียดของภาพประมาณ 80 เมตร

ตารางที่ 2.3 ศักยภาพของดาวเทียม LANDSAT ระบบบันทึกภาพ MSS รายละเอียด 80 เมตร

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (μm)	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
4	0.5 - 0.6	สามารถผ่านทะลุน้ำได้มากกว่าช่วงคลื่นอื่น ใช้ในการตรวจตะกอนหรือความขุ่นขึ้นในน้ำ แสดงความแตกต่างของพืชพรรณสีเขียวกับสิ่งปกคลุมอย่างอื่น แสดงลักษณะ โครงสร้างของธรณีวิทยา
5	0.6 - 0.7	แสดงความแตกต่างของสิ่งที่มีมนุษย์สร้างกับลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ ใช้สำหรับแยกแยะประเภทของพืชพรรณสีเขียวเมื่อรวมอยู่กับสิ่งปกคลุมหลายๆ อย่าง

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
6	0.7 – 0.8	เหมาะสำหรับจำแนกความแตกต่างของลักษณะการใช้ที่ดินและใช้ตรวจปริมาณชีวะสีเขียว
7	0.8 – 1.1	แสดงความแตกต่างของส่วนที่เป็นน้ำกับส่วนที่ไม่เป็นน้ำได้ดี ใช้แยกความแตกต่างระหว่างพืชพรรณกับดินได้ แสดงธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีวิทยา

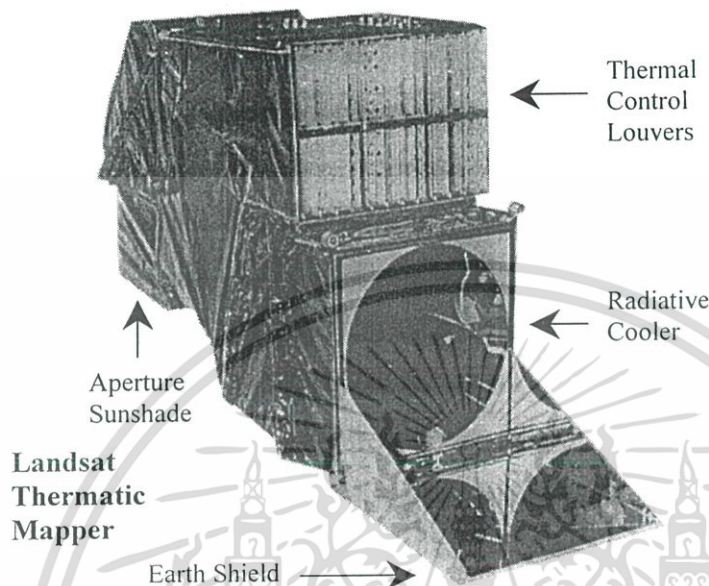
ตารางที่ 2.4 ศักยภาพของดาวเทียม LANDSAT ระบบบันทึกภาพ TM รายละเอียด 30 เมตร

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
1	0.45 – 0.52 (น้ำเงิน)	ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง แสดงความแตกต่างหรือใช้แยกประเภทดิน ไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกัน แสดงความแตกต่าง หรือแยกดินจากพืชพรรณต่างๆ
2	0.52 – 0.6 (เขียว)	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เติบโตแล้ว เป็นประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของพืช
3	0.63 – 0.69 (แดง)	แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่างๆ
4	0.76 – 0.9 (อินฟราเรดใกล้)	ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ แสดงความแตกต่างของน้ำ และส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
5	1.55 – 1.75 (อินฟราเรดคลื่นสั้น)	ใช้ตรวจความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ
6	10.4 – 12.5 (อินฟราเรดความร้อน)	ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืช แสดงความแตกต่างของความร้อนบริเวณที่ศึกษา และแสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน
7	2.08 – 2.35 (อินฟราเรดกลาง)	ใช้ตรวจความร้อนในน้ำ ใช้แยกประเภทแร่ธาตุ และหินชนิดต่างๆ

ส่วนระบบ TM มีการกวาดรับข้อมูลจะเป็นไปใน 2 ทิศทาง ทำให้ช่วยลดอัตราการกวาด (Scan rate) และมีเวลาพอที่จะแก้ไขให้ความถูกต้องด้าน Radiometric ดีขึ้น และแผง TM Detector ที่ติดอยู่บนระนาบโฟกัสปฐมภูมิ (Primary Focal Plane) ก็ยอมให้แสงที่เข้ามากระทบตัว Detectors ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่าน Fiber Optics เช่นที่มีในระบบ MSS ทำให้ช่วยลดการสูญหายของความเข้มของรังสีที่เข้ามา ช่วงคลื่นของระบบ TM แบ่งออกเป็น 7 ช่วงคลื่น ความกว้างของช่วงคลื่น (Band Width) จะแคบกว่าและมีขนาดของจุดภาพเล็กกว่าระบบ MSS แต่ได้รับการปรับปรุงให้มีความไวเชิงคลื่นเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ แบนด์ ซึ่งมีผลให้ค่าตัวเลขของระดับข้อมูลเพิ่มขึ้นจาก 64 เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

256 (0-255) ทุก ๆ ช่วงคลื่นของระบบ TM ยกเว้นแบนด์ 6 ขนาดของจุดภาพ หรือรายละเอียดของภาพได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นคือเหลือ 30 เมตร ส่วนแบนด์ 6 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน มีขนาดของจุดภาพ 120 เมตร บนภาคพื้นดิน



รูปที่ 2.7 รูปร่างลักษณะของดาวเทียม LANDSAT 7

### 2.5.2 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

### 2.5.3 ดาวเทียม MOS-1

ดาวเทียม MOS (Marine Observation Satellite) เป็นดาวเทียมของประเทศญี่ปุ่น ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจพื้นพิภพและสมุทรศาสตร์ขององค์การพัฒนาอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (National Space Development Agency -NASDA) ดาวเทียมดวงแรกชุดนี้ที่ส่งขึ้นไปคือ MOS-1 ขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2530 ถูกส่งขึ้นโคจรในระดับความสูง 909 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก และดาวเทียม MOS-1b ถูกส่งขึ้นโคจรรอบโลก เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2533 โดยจะโคจรวันหนึ่ง 14 รอบ รอบละ 103 นาที รอบโลกจะมีทั้งสิ้น 2537 รอบ และจะกลับมายังที่ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

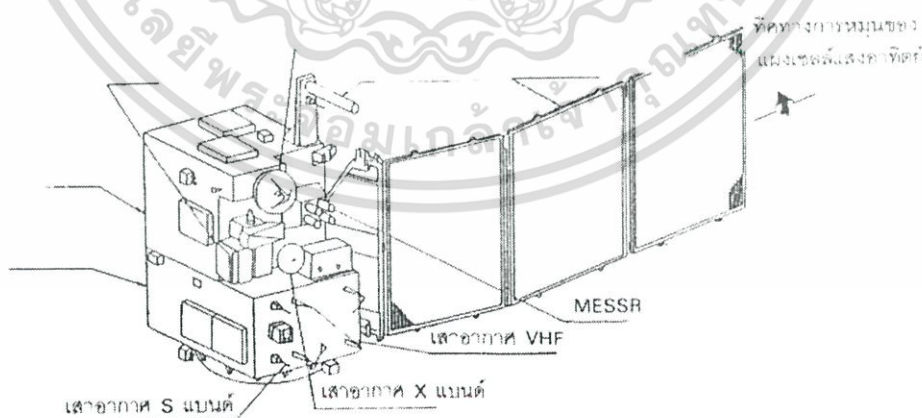
บริเวณเดิมทุก ๆ 17 วัน โคจรสูงจากพื้นโลกประมาณ 909 กิโลเมตร โดยมีอุปกรณ์สำรวจข้อมูล 4 ระบบ คือ

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

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

ระบบ MSR (Microwave scanning radiometer) เป็นการบันทึกข้อมูลภาพในระบบพาสซีฟ ทำการบันทึกข้อมูลในช่วงความถี่ 23 GHz และ 31GHz รวมทั้งหมด 4 แถบความยาวคลื่น ความกว้างช่วงบันทึกภาพ 317 กิโลเมตร โดยช่วงความถี่ 23 GHz มีรายละเอียดภาพ 30 กิโลเมตร และในช่วงความถี่ 31 GHz มีรายละเอียด 10 กิโลเมตร ระบบนี้ใช้ประโยชน์ในการสำรวจปริมาณไอน้ำ ตลอดจนจนถึงการแผ่ปกคลุมของหิมะและน้ำแข็งในทะเล

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



รูปที่ 2.8 รูปร่างลักษณะของดาวเทียม MOS-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

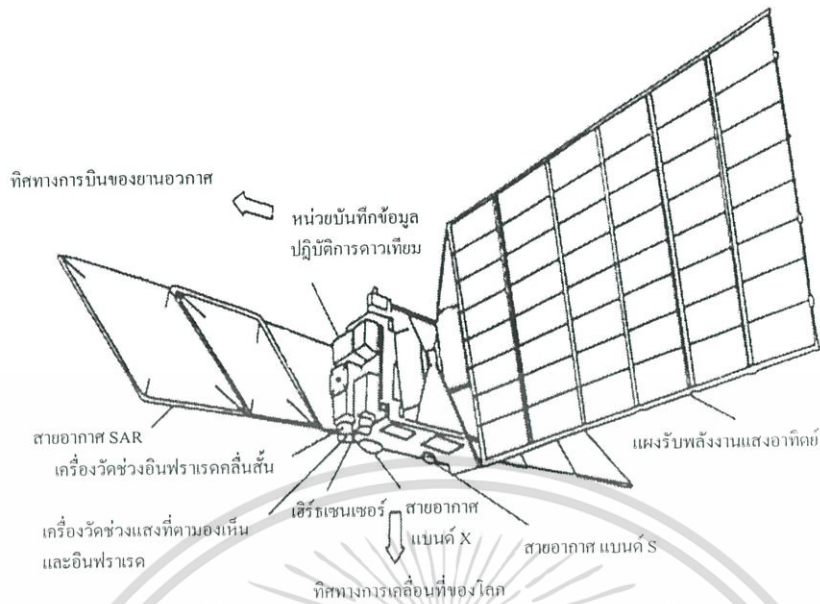
### 2.5.4 ดาวเทียม JERS-1

ดาวเทียม JERS-1 (Japan Earth Resources Satellite-1) ขององค์การพัฒนาอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (NASDA) ขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2535 เป็นดาวเทียมที่สามารถถ่ายภาพทะลุเมฆได้ โดยใช้ระบบเรดาร์ที่มีอุปกรณ์ถ่ายภาพทะลุเมฆที่เรียกว่า SAR (Synthetic aperture radar) แล้วยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า OPS (Optical sensor) ที่ใช้ CCD (Charge coupled device) ในการรับแสงจากพื้นผิวโลกแล้วแยกออกเป็น 7 แถบความยาวคลื่น ตั้งแต่แถบความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงแถบความยาวคลื่นอินฟราเรด โดยมีรายละเอียดของภาพถึง 18 x 24 ตร.ม. และสามารถถ่ายภาพสามมิติตามแนวโคจรของโลกได้อีกด้วย

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดของดาวเทียม JERS-1

ดาวเทียม	องค์ประกอบวงโคจร	เครื่องวัดในการสำรวจ			
		ชื่อเครื่องวัด	ช่วงคลื่น/ความถี่ (ไมครอน)	สนามมุมมอง	ความกว้างของแนวถ่ายภาพ
JERS-1 (2535) ญี่ปุ่น	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 568 กม. มุมเอียง : 98° โคจรมาที่จุดเดิม : 44 วัน ผ่านแนวเส้นศูนย์สูตร : 10.30 น. เวลาท้องถิ่น	OPS (Optical Sensor)	0.52 - 0.60	18 ม. x 24 ม.	75 กม.
		1. VNIR (Visible and Near Infrared Radiometer)	0.63 - 0.69 0.76 - 0.86		
		เครื่องวัดคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้	1.60 - 1.71 2.01 - 2.12		
		2. SWIS (Short Wave Infrared Radiometer) เครื่องวัดคลื่นอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น	2.13 - 2.15 2.27 - 2.40		
		SAR (Synthetic Aperture Radar)	1.275	18 ม. x 18 ม.	
		H-H Polarization (3 look) (เรดาร์แบบช่องเปิดสังเคราะห์) พาราไรเซชัน แบบ H-H 3 มุมมอง	กิกะเฮิรตซ์ (L-band)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ลักษณะของดาวเทียม JERS-1

### 2.5.5 ดาวเทียม ERS-1

ดาวเทียม ERS-1 (Earth Resource Satellite) พัฒนาโดยองค์การอวกาศแห่งยุโรป และได้จัดส่งเป็นผลสำเร็จเมื่อ 17 กรกฎาคม 2534 โคจรในแนวเหนือ-ใต้ที่ความสูงจากพื้นโลก 785 กิโลเมตร ทำมุมเอียง 98.5 องศา โดยจะโคจรผ่านที่เวลา 10.30 น. เวลาท้องถิ่น (ในแนวโคจรตรง) และโคจรกลับมาสำรวจซ้ำที่เดิมทุกๆ 35 วัน (วงโคจรมาตรฐาน) 3 วัน และ 176 วัน (ในบางช่วง) ใช้เวลาโคจรรอบละประมาณ 100 นาที (วันละ 14 รอบ) ดาวเทียมในชุด ERS ของยุโรปนี้ ใช้การสำรวจในระบบไมโครเวฟ หรือระบบเรดาร์ ซึ่งมีคุณลักษณะเด่น คือ สามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ในทุกภาวะอากาศด้วยคุณสมบัติในการทะลุเมฆและวัตถุบางชนิดของสัญญาณไมโครเวฟ ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ คือ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร และความถี่ 300 ถึง 0.3 GHz โดยการแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคลื่น คือ X band C band และ L band ที่มีรายละเอียดของภาพมีขนาด 25x25 ตร.ม. การสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาวเทียม ERS-1 จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเรียบและความขรุขระของผิววัตถุเป็นสำคัญ ซึ่งวัตถุยิ่งเรียบจะให้ค่าการสะท้อนต่ำ ในขณะที่วัตถุที่มีความขรุขระจะให้ค่าการสะท้อนสูงขึ้นตามสัดส่วน แต่ต้องพิจารณามุมตกกระทบ (Incident angle) กับวัตถุด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 บทสรุป

ประเทศไทยได้นำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมเป็นเวลานานแล้ว และได้สร้างองค์กรและบุคลากรมากพอสมควรในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การมีสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินจากดาวเทียมย่อมเป็นข้อได้เปรียบอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทย ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และในการใช้ประโยชน์จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรแต่ละดวง ล้วนมีสมรรถนะการถ่ายภาพที่มีรายละเอียดสูงเทียบเท่ารูปถ่ายทางอากาศ ย่อมเป็นข้อสำคัญที่ก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน การจัดการป่าไม้ การประเมินพื้นที่เพาะปลูก และการพยากรณ์ผลผลิตทางเกษตร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากดาวเทียมสามารถนำมาผสมผสานกับข้อมูลอื่น เช่น รูปถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดิน ฯลฯ ในลักษณะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อให้ได้ประโยชน์เต็มที่ ซึ่งขณะนี้ได้มีการพัฒนาระบบดังกล่าวขึ้นใช้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่การพัฒนายังไม่หยุดยั้ง ประเทศไทยจึงควรมีการวิจัยและพัฒนาระบบนี้ให้เหมาะสมกับประเทศไทยโดยเฉพาะ และยิ่งมีการสนับสนุน รวมทั้งการร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ อย่างเต็มที่แล้ว ประเทศไทยก็พร้อมที่จะก้าวไปข้างหน้าด้วยความมั่นคงในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## บทที่ 3

# ข้อมูลภาพดิจิทัล

### 3.1 บทนำ

ในบทนี้ จะเป็นความรู้พื้นฐานที่ควรทราบเกี่ยวกับภาพดิจิทัล โดยจะเป็นการกล่าวถึง ลักษณะรูปแบบข้อมูลภาพดิจิทัล ฮีสโตแกรมของภาพ รูปแบบจำลองของสี

### 3.2 รูปแบบข้อมูลภาพดิจิทัล

ภาพขาวดำที่เป็นข้อมูลดิจิทัล จะถูกแทนด้วยฟังก์ชันสองมิติที่เขียนอยู่ในรูป  $f(x, y)$  โดย  $(x, y)$  จะเป็นตำแหน่งโคออร์ดิเนต (Coordinate) ส่วนค่าของฟังก์ชันจะเป็นระดับของความสว่าง ณ จุดภาพดังกล่าว ซึ่งบางครั้งจะเรียกว่าค่าระดับสีเทา (Brightness or Gray level) ในแต่ละภาพจะมี จำนวนระดับสีเทากี่ระดับก็จะขึ้นกับจำนวนบิต (Bit) ที่นำมาเข้ารหัสว่ามีกี่บิต ถ้าหากจุดภาพที่อยู่ ชิดติดกันมีความแตกต่างของระดับสีเทาสูงก็จะเกิดเป็นขอบของวัตถุในภาพขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่า ระดับสีเทาของจุดภาพต่าง ๆ นี้เอง จะทำให้ผู้มองสามารถแยกแยะรายละเอียดของภาพหรือสามารถ จำแนก (Classify) วัตถุต่างๆ ในภาพได้ เนื่องจากตำแหน่งของจุดภาพจะเป็นเลขจำนวนเต็ม ดังนั้น แต่ละตำแหน่งจึงเป็นจุดภาพที่เรียกกันว่าพิกเซล (Pixel หรือ Picture Element)

เมื่อกำหนดให้  $f(x, y)$  เป็นฟังก์ชันรูปภาพที่ต่อเนื่องกันถูกแบ่งเป็นแซมเปิลที่จัดเรียงโดย มีช่องว่างระหว่างกันเป็นระยะเท่าๆกัน ในรูปแบบอาเรย์ขนาด  $N \times M$  ดังแสดงในสมการ 3.1

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1, 1) & f(1, 2) & \dots & f(1, M) \\ f(2, 1) & f(2, 2) & \dots & f(2, M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N, 1) & f(N, 2) & \dots & f(N, M) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

ภาพที่ปรากฏแก่สายตามนุษย์จะเกิดมาจากการสะท้อนของแสงจากวัตถุ โดยธรรมชาติของ ฟังก์ชัน  $f(x, y)$  จะเป็นลักษณะที่ประกอบด้วยสององค์ประกอบคือ (1)จำนวนแหล่งกำเนิดแสงที่ ตกกระทบบนฉากจนเกิดเป็นรูปภาพขึ้น (2)ปริมาณแสงที่สะท้อน โดยวัตถุในฉาก ซึ่งสามารถ อธิบายโดยองค์ประกอบการให้แสงสว่าง (Illumination Component) และการสะท้อนแสง (Reflectance Component) แทนด้วย  $i(x, y)$  และ  $r(x, y)$  ตามลำดับ เมื่อนำฟังก์ชัน  $i(x, y)$  และ  $r(x, y)$  มาร่วมกันเป็น  $f(x, y)$  ดังสมการ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x,y) = i(x,y) r(x,y) \quad (3.2)$$

เมื่อ

$$0 < i(x,y) < \infty \quad (3.3)$$

และ

$$0 < r(x,y) < 1 \quad (3.4)$$

จากสมการ(3.4) แสดงให้เห็นว่าถ้าค่าการสะท้อนแสงที่มีค่า 0 คือเกิดการดูดกลืนแสงหมด (Total Absorption) และถ้าค่าการสะท้อนแสงมีค่า 1 คือเกิดการสะท้อนแสงหมด (Total reflectance) โดยธรรมชาติของ  $i(x,y)$  จะถูกพิจารณาโดยแหล่งกำเนิดแสง และ  $r(x,y)$  จะถูกพิจารณาโดยลักษณะของวัตถุที่จะสะท้อน

ค่าความสว่างของภาพโมโนโครม  $f$  ที่โคออร์ดิเนต  $(x,y)$  ก็คือระดับสีเทา ( $I$ ) ของภาพที่จุดนั้น จากสมการ (3.2) ถึง (3.4) ค่า  $I$  จะอยู่ในย่านดังสมการ 3.5

$$L_{\min} \leq I \leq L_{\max} \quad (3.5)$$

ตามทฤษฎีแล้วต้องการค่า  $L_{\min}$  ที่เป็นค่าบวก และค่า  $L_{\max}$  จะต้องจำกัด ในทางปฏิบัติ  $L_{\min} = r_{\min} i_{\min}$  และ  $L_{\max} = r_{\max} i_{\max}$  โดยใช้ค่าการให้แสงสว่าง และค่าการสะท้อนแสง โดยรูปภาพที่นำมาประยุกต์ใช้งานจะมีค่า  $L_{\min} \approx 0.005$  และค่า  $L_{\max} \approx 100$  ค่าระหว่าง  $[L_{\min}, L_{\max}]$  จะเป็นค่าระดับสีเทา ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการเลื่อนไปใช้ค่าระหว่าง  $[0, L-1]$  เมื่อค่า  $I = 0$  จะเป็นค่าระดับสีดำ และค่า  $I = L-1$  เป็นค่าระดับสีขาว ค่าระหว่าง  $[0, L-1]$  จะเป็นค่าระดับสีเทาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจากระดับสีดำไปยังสีขาว ซึ่งรูปภาพโมโนโครมโดยทั่วไปมักจะแสดงข้อมูลด้วย 8 บิตต่อจุดภาพ ซึ่งจะประกอบด้วยระดับสีเทา 256 ระดับ ( $L$ ) หรือค่าระดับสีเทาจะแปรจากระดับ 0 ถึง 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

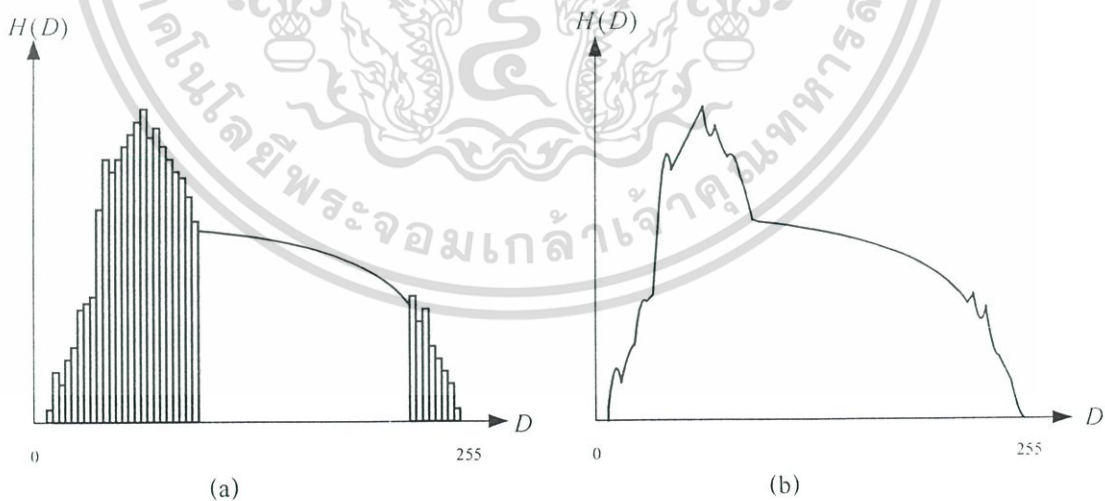
### 3.3 ฮิสโตแกรมของภาพ

จากภาพขาวดำที่ถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิตต่อจุดภาพ ดังนั้นแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าระดับสีเทาตั้งแต่ 0 ถึง 255 จากการเก็บข้อมูลจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาที่ปรากฏในภาพนั้น จะได้กราฟแท่งความถี่ของค่าระดับสีเทาทั้ง 256 ระดับ ซึ่งกราฟแท่งนี้จะถูกเรียกว่าฮิสโตแกรมของภาพ ความสูงของกราฟแท่งในบางครั้งจะแสดงเป็นจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทา ถ้าแต่ละแท่งของกราฟในฮิสโตแกรมคือ  $H(D_i)$  โดย  $D_i$  เป็นค่าระดับสีเทาที่ระดับสีเทา  $i$  โดยระดับสีเทาจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255

ตัวอย่างของกราฟแท่งหรือฮิสโตแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.1(a) โดยการพล็อตอาจจะทำในรูปของกราฟต่อเนื่องก็ได้เช่นในรูปที่ 3.1(b) ถ้าหาก  $H(D_i)$  เป็นจำนวนจุดภาพที่ระดับสีเทา  $D_i$  ดังนั้นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพดังกล่าวคือ  $N$  ซึ่งจะได้จาก

$$N = \sum_{D_i=0}^{255} H(D_i) \quad (3.6)$$

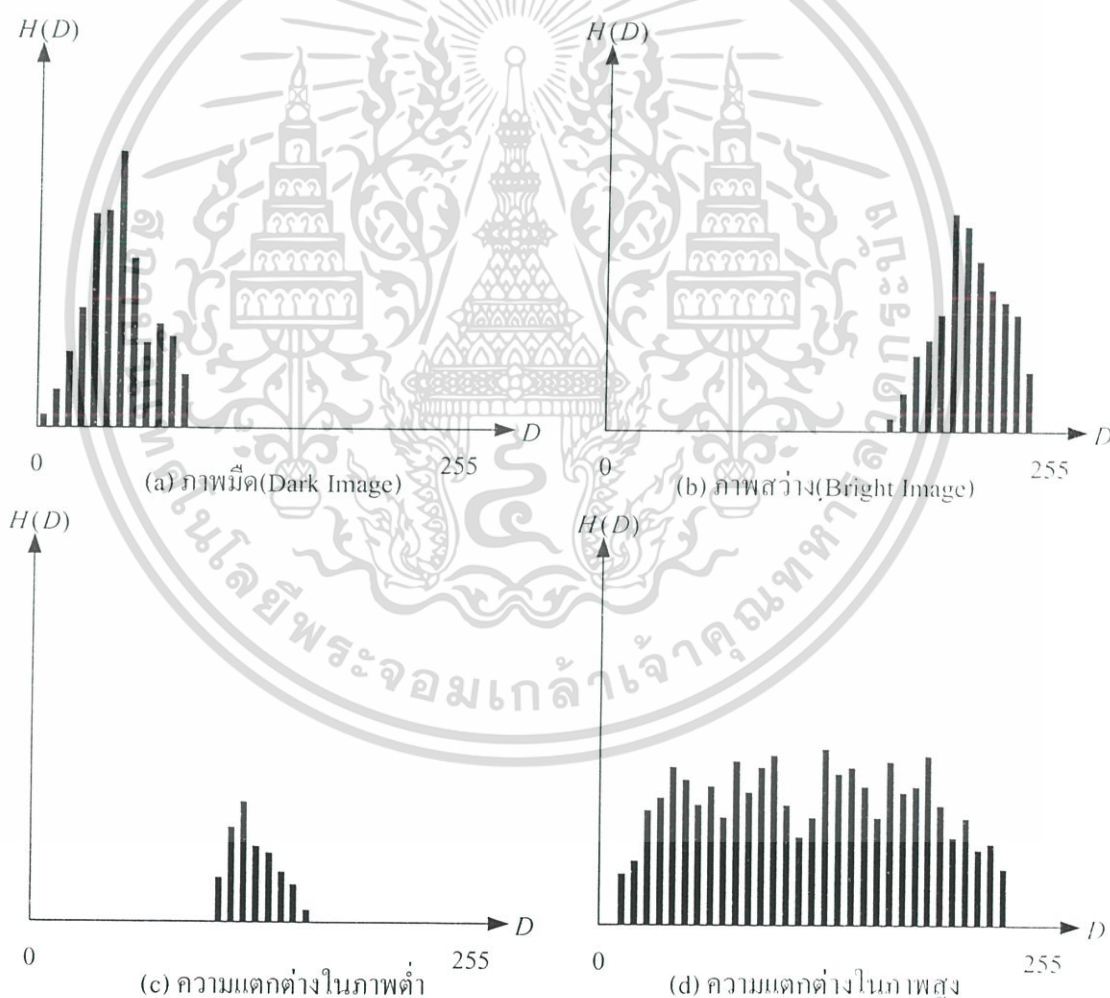
สำหรับฮิสโตแกรมของภาพสองภาพที่มีรูปร่างกราฟคล้ายๆกัน ไม่ได้หมายความว่าภาพทั้งสองจะคล้ายกัน ทั้งนี้เพราะฮิสโตแกรมของภาพจะไม่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของจุดภาพ กล่าวคือ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเหมือนกันจากกราฟฮิสโตแกรมทั้งสองไม่ได้ปรากฏอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ภาพทั้งสองจึงไม่เหมือนกัน



รูปที่ 3.1 ฮิสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบดิสครีต (b) รูปแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของฮิสโตแกรม จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงภาพ โดยการปรับความคมชัด จากตัวอย่างในรูปที่ 3.2 แสดงฮิสโตแกรมของรูปภาพทั้งสี่แบบ โดยรูปที่ 3.2(a) แสดงฮิสโตแกรมของภาพที่มีลักษณะค่อนข้างมืด เพราะจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าระดับสีเทาต่ำ รูปที่ 3.2(b) แสดงฮิสโตแกรมที่เกิดในด้านระดับสีเทาค่อนข้างสว่าง ซึ่งมีลักษณะตรงข้ามกับรูป 3.2(a) รูปที่ 3.2(c) แสดงถึงรูปร่างของฮิสโตแกรมที่ให้ความละเอียดของภาพต่ำ เนื่องจากการเกิดฮิสโตแกรมมีการรวมกันอยู่ในย่านแคบๆ จะให้ภาพมีความคมชัดต่ำ (Low Contrast) ระดับสีเทาของรูปภาพจะอยู่ในย่านตรงกลาง รูปที่ 3.2(d) แสดงถึงรูปร่างของฮิสโตแกรมที่มีการกระจายทั่วย่านระดับสีเทา โดยปราศจากแท่งฮิสโตแกรมที่มีความสูงกระจุกอยู่ในย่านระดับสีดําหรือสีขาว ซึ่งภาพที่มีลักษณะฮิสโตแกรมแบบนี้มักเป็นภาพที่มีคุณสมบัติที่ดี ช่วยทำให้เกิดความแตกต่างของรายละเอียดภาพสูง จะให้ภาพมีความคมชัดสูง (High Contrast)



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างฮิสโตแกรมแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 รูปแบบจำลองของสีแบบ RGB

ระบบรูปแบบจำลองแบบอาร์จีบี จะมีสีหลักอยู่ 3 สีด้วยกัน คือ สีแดง (Red color) สีเขียว (Green color) และสีน้ำเงิน (Blue color) ซึ่งจะถูกรเรียกว่า สีปฐมภูมิ (Primary color) เมื่อนำสีปฐมภูมิแต่ละสีมาผสมกันเองจะทำให้เกิดสีขึ้นมาใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองสี อาร์จีบี (RGB)

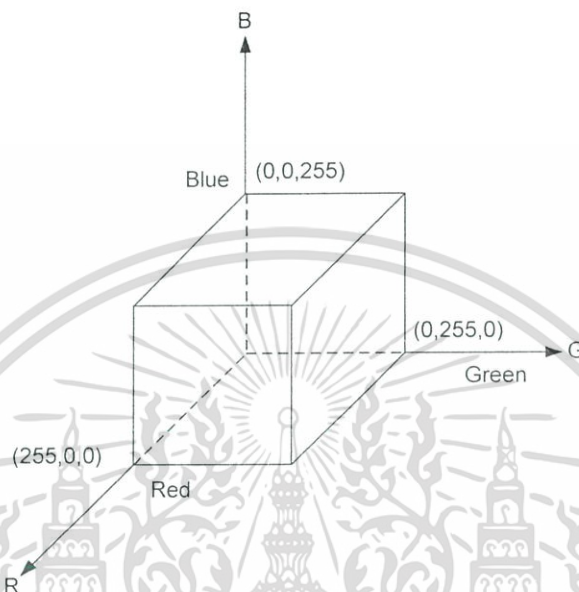
ข้อมูลภาพสีของภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายความถี่ (Multispectral image) มีลักษณะเป็นข้อมูลภาพสามช่วงคลื่น แต่ละจุดภาพเกิดจากการรวมกันระหว่างข้อมูลภาพทั้งสามช่วงคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เมื่อภาพแต่ละช่วงคลื่นเป็นภาพข้อมูลขนาด 8 บิต ดังนั้นข้อมูลสีหนึ่งจุดจะมีขนาด 24 บิต นั่นคือ แต่ละจุดภาพจะมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อมูลที่แตกต่างกันถึง ระดับหรือเท่ากับ 16.7 ล้านระดับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3.4 แสดงการเลือกข้อมูลภาพช่วงคลื่นต่างๆของข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่นมาเป็นองค์ประกอบสีในการแสดงภาพผสมสีแบบอาร์จีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

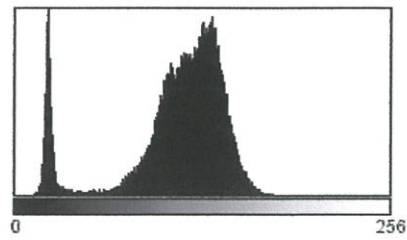
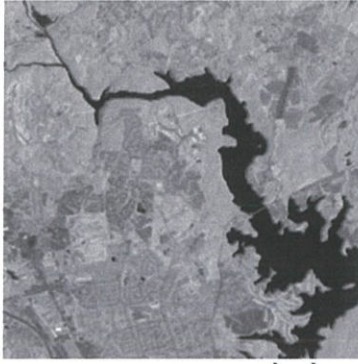
เมื่อนำข้อมูลภาพทั้งสามแบนด์มาพล็อตเป็นฮิสโตแกรมสามมิติ ซึ่งแต่ละแกนคือค่าระดับสีเทาของข้อมูลภาพที่มีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 ของแต่ละแบนด์ ทำให้เกิดบล็อกสี่เหลี่ยมเล็กๆภายในฮิสโตแกรมดังกล่าวจำนวน  $256 \times 256 \times 256$  บล็อก โดยที่แต่ละบล็อกคือข้อมูลของเฉดสีที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



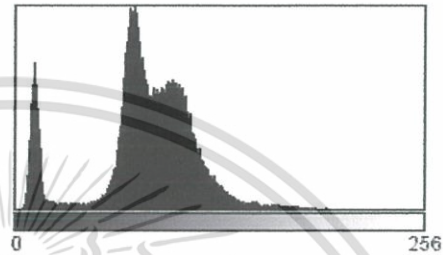
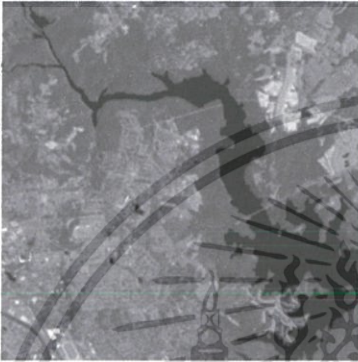
รูปที่ 3.5 ไคอะแกรมของฮิสโตแกรมสามมิติของการแสดงภาพสี โดยการใช้รูปแบบจำลองสีแบบอาร์จีบีซึ่งมีขนาด 24 บิตต่อจุดภาพ

รูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่นรวมถึงฮิสโตแกรมที่สอดคล้องกับภาพ ลักษณะของข้อมูลภาพเกิดจากคุณสมบัติในการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันของทรัพยากรต่างๆบนพื้นผิวโลก ซึ่งในการแสดงภาพถ่ายดาวเทียมในลักษณะสีจริงใดๆ สิ่งสำคัญประการแรกคือ การเลือกข้อมูลภาพที่มีการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างๆของข้อมูลภาพในแต่ละแบนด์มาเป็นองค์ประกอบข้อมูลสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เพื่อให้ได้ภาพสีที่สามารถแสดงรายละเอียดของทรัพยากรต่างๆบนพื้นผิวโลกได้อย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



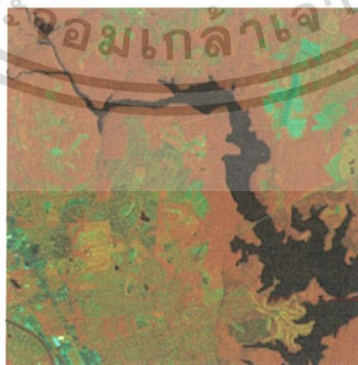
ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 4 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง กำหนดให้เป็นสีแดง



ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 5 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง กำหนดให้เป็นสีเขียว



ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 6 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง กำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน



ภาพสีที่รวมทั้งสามช่วงคลื่นเป็นอาร์จีบี

### รูปที่ 3.6 แสดงการผสมสีจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสามช่วงคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 บทสรุป

พื้นฐานต่างๆที่ควรทราบของภาพดิจิทัล ได้ถูกกล่าวถึงในบทนี้ โดยจะเป็นการกล่าวถึง ลักษณะรูปแบบของการแสดงภาพดิจิทัล รูปแบบข้อมูลภาพ จำนวนระดับสีเทาของภาพ รูปร่างของฮิสโตแกรมที่ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของภาพได้ รูปแบบจำลองของสี ซึ่งภาพถ่ายสีจะสามารถให้รายละเอียดได้มากกว่าภาพขาวดำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การปรับเรียบภาพและการตรวจจับขอบภาพ

### 4.1 บทนำ

ในระหว่างการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบการสื่อสาร อาจเกิดสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม (Random noise) ทำให้ภาพมีสัญญาณรบกวนซ้อนทับบนจุดภาพที่จะจัดเก็บ การกำจัดสัญญาณรบกวนนี้สามารถนำเอาขบวนการปรับเรียบมาประยุกต์ใช้ได้ เนื่องจากสัญญาณรบกวนมักมีสเปกตรัมอยู่ที่ความถี่สูงๆ ซึ่งการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการปรับเรียบให้ภาพก็คือ การกรองที่ให้ความถี่ต่ำผ่าน ในการกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้ทั้งในโดเมนสเปเชียล (Spatial domain) และในโดเมนความถี่ (Frequency domain) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการปรับเรียบให้ภาพทางด้านโดเมนสเปเชียลด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยและวิธีการปรับเรียบโดยรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ย่อย

หลังจากภาพถ่ายขาวเทียมนำมาผ่านการปรับเรียบภาพแล้วขั้นตอนต่อมาจะนำภาพดังกล่าวไปหาขอบภาพก่อนที่จะนำภาพที่ผ่านการหาขอบภาพนี้ไปทำการแยกส่วนในภาพซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

### 4.2 การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย

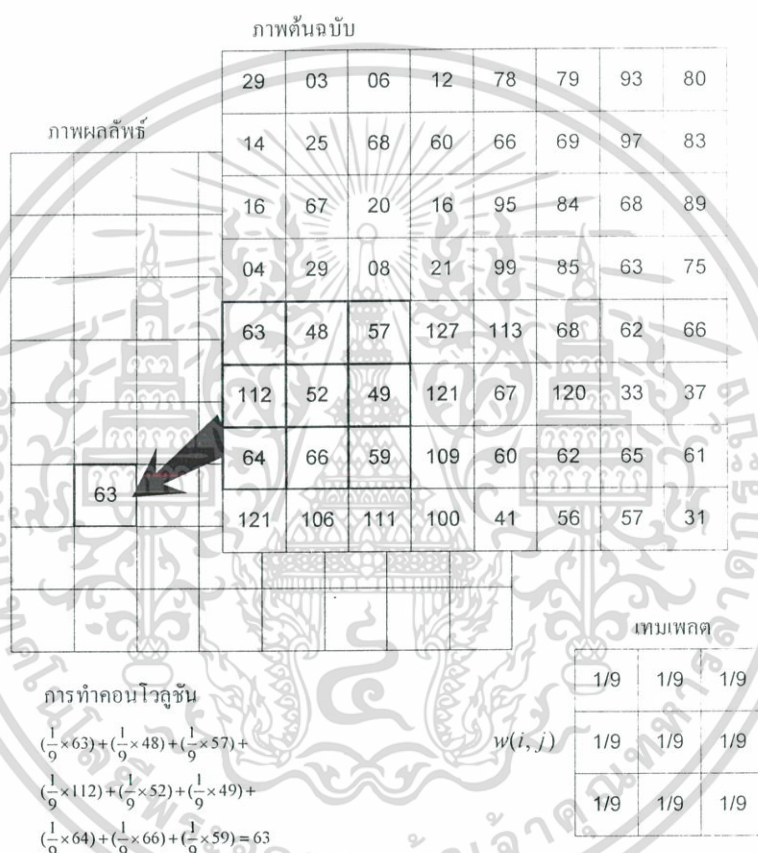
หลักการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย คือการนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงของจุดภาพที่ต้องการประมวลผลมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น ขบวนการในการนำค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงมาใช้ในการปรับเรียบให้ภาพเรียกว่า การเฉลี่ยค่าในระนาบข้างเคียง (Neighborhood averaging) ซึ่งจำนวนจุดภาพในระนาบข้างเคียงที่ใช้โดยมากมักจะ เป็นเทมเพลตจัตุรัสขนาด 3x3 จุดภาพหรือ 5x5 จุดภาพ โดยปกติแล้วจะนิยมใช้เทมเพลตขนาด 3x3 เนื่องจากถ้าใช้เทมเพลตที่มีขนาดมากกว่า 3x3 ความคมชัดของบริเวณขอบภาพจะลดลง

การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยจะเป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะการทำคอนโวลูชัน (Convolution) ระหว่างภาพกับเทมเพลตที่ใช้ เพื่อคำนวณค่าระดับสีเทาใหม่ของจุดภาพตำแหน่งเดิม ในการปรับเรียบค่าเฉลี่ยนี้จะนำเทมเพลตที่ใช้ไปหาบนภาพอินพุตหรือภาพต้นฉบับ ซึ่งจุดกึ่งกลางของเทมเพลตจะถูกวางลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา

สมการที่ใช้สำหรับเทมเพลตขนาด 3x3 จุดภาพคือ

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 W(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (4.1)$$

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



รูปที่ 4.1 แสดงการใช้เทมเพลตขนาด 3x3 ในการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ

ในรูปที่ 4.1 แสดงถึงตัวอย่างการนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงของจุดภาพที่ต้องการประมวลผลมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น โดยเทมเพลตที่ใช้ในตัวอย่างนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ให้ความสำคัญของจุดภาพข้างเคียงเท่ากันหมดทุกจุดดังแสดงในรูปที่ 4.2(ก) ส่วนเทมเพลตในรูปที่ 4.2(ข) จะเป็นการให้ความสำคัญของจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางที่มีความสำคัญสูงกว่าจุดภาพที่อยู่ห่างไกลออกไป สำหรับเลข 9 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลต รูปที่ 4.2(ก) กับเลข 16 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลตรูปที่ 4.2(ข) จะเป็นค่าถ่วงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักเพื่อรักษาคุณสมบัติเอกพันธ์ (Homogeneity) ของพื้นที่ในภาพ คือถ้าจุดภาพที่ต้องการทำการประมวลผลมีค่าระดับสีเทาเท่ากับค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ ในละแวกข้างเคียง การประมวลผลจะต้องไม่ไปปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพที่สนใจนั้น

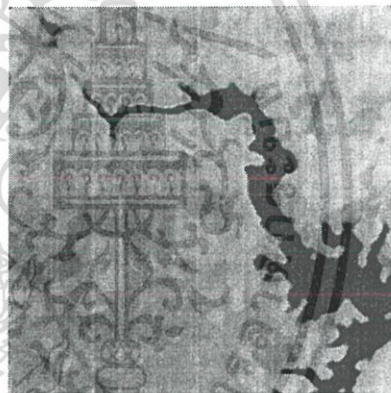
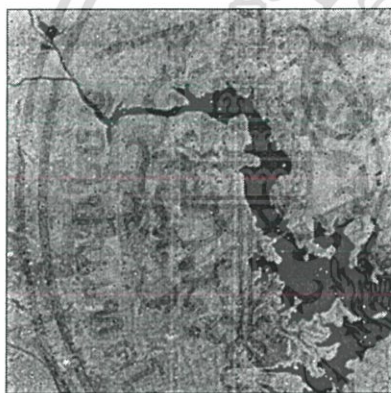
$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

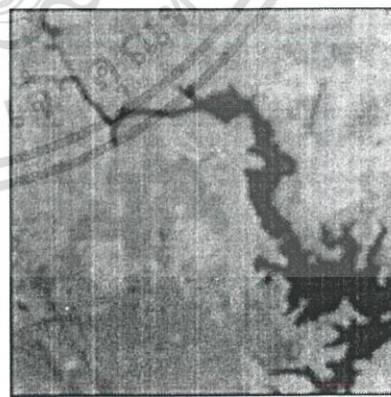
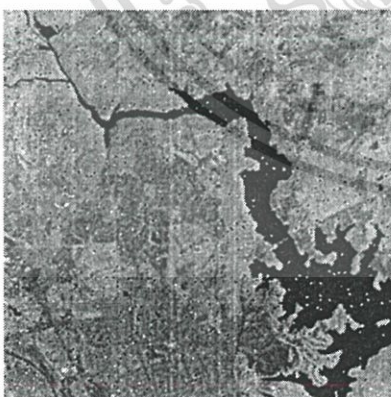
(ก) ความสำคัญเท่าเทียมกัน

(ข) ความสำคัญขึ้นอยู่กับระยะห่าง

รูปที่ 4.2 เวมเพลต  $W(i, j)$  ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย



(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน Salt & Pepper 10% (ข) ภาพ (ก) ที่ผ่านการปรับเรียบ



(ค) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน Salt & Pepper 20% (ง) ภาพ (ค) ที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 4.3 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแบบความสำคัญเท่าเทียมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.3(ก) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 4.2(ก) ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 4.3(ข) และภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.3(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 20 % ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 4.2(ก) ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ยแล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 4.3(ง)

### 4.3 การปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อย

หลักการของการปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยจะคล้ายกับการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย โดยหลักการของวิธีดังกล่าวจะทำการหาพื้นที่ต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง  $(x, y)$  ที่จะทำการปรับเรียบ เพื่อคว่าจุดภาพ  $(x, y)$  ไปอยู่ในพื้นที่ใดแล้วจะให้ความเป็นเอกพันธ์สูงสุด 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) แทนค่าเฉลี่ยของเทมเพลตที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดลงในจุดภาพที่ตำแหน่ง  $(x, y)$
- 4) ให้ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 กับทุกๆ จุดภาพจนครบทั้งภาพ
- 5) กระทำการวนซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 จนกว่าเกือบทุกจุดภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาก็จะได้ผลลัพธ์ของการปรับเรียบ

โดยสมการหาค่าเฉลี่ย คือ

$$\bar{x}(k) = \frac{1}{m} \sum_{i,j \in S_k} f(i,j) \quad ; k=1,2,3,\dots,N \quad (4.2)$$

$\bar{x}(k)$	คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากเทมเพลต $k$
$N$	คือ จำนวนของเทมเพลต
$S_k$	คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าปก
$f(i,j)$	คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ $(i,j)$ ของภาพ
$m$	คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

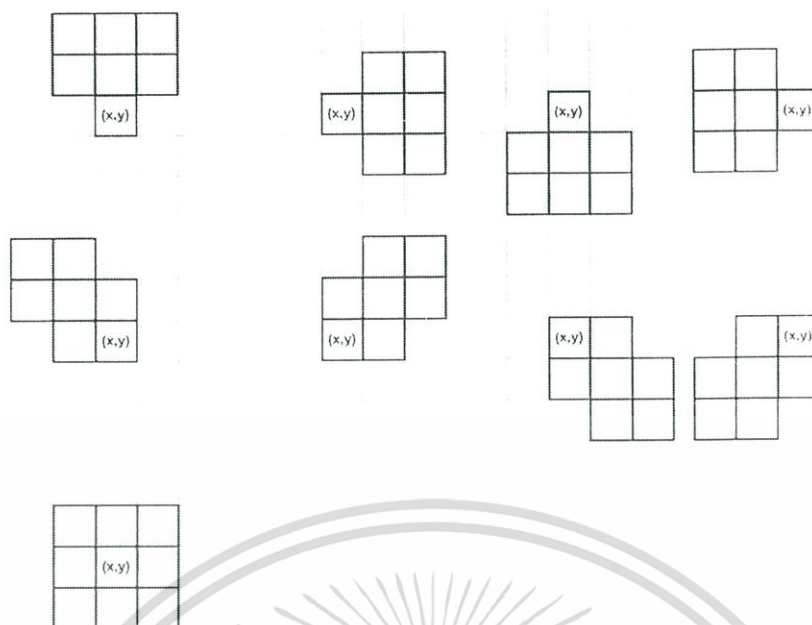
และสมการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ

$$V(k) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i,j \in S_k} [f(i,j) - \bar{x}(k)]^2} \quad ; k=1,2,3,\dots,N \quad (4.3)$$

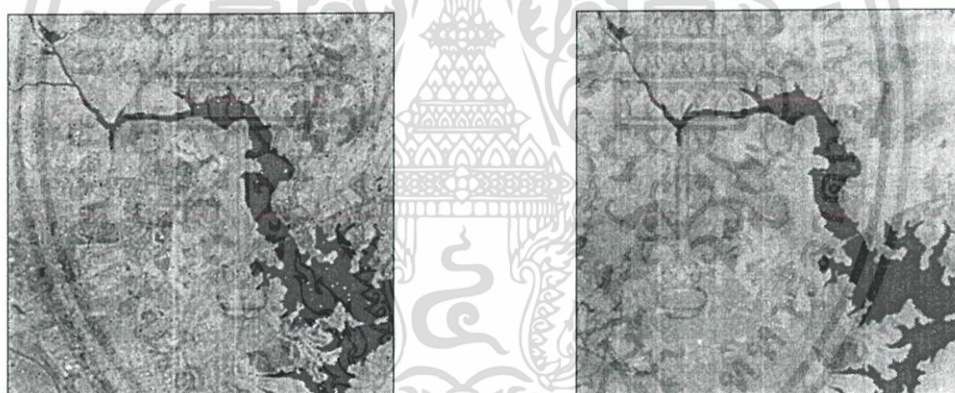
$V(k)$	คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้มาจากเทมเพลต $k$
$N$	คือ จำนวนของเทมเพลต
$S_k$	คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าปก
$f(i,j)$	คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ $(i,j)$ ของภาพ
$f(x,y)$	คือ ระดับสีเทาที่ตำแหน่งคู่ลำดับ $(x,y)$ ของเทมเพลต
$m$	คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

รูปที่ 4.5 เป็นเทมเพลตของ Nagao[8] ที่ใช้หาพื้นที่เอกพันธ์สำหรับจุดภาพตำแหน่ง  $(x,y)$  โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์การตัดสินใจจำนวน 9 เทมเพลต ซึ่งในแต่ละเทมเพลตจะมีจุดภาพ  $(x,y)$  ร่วมอยู่

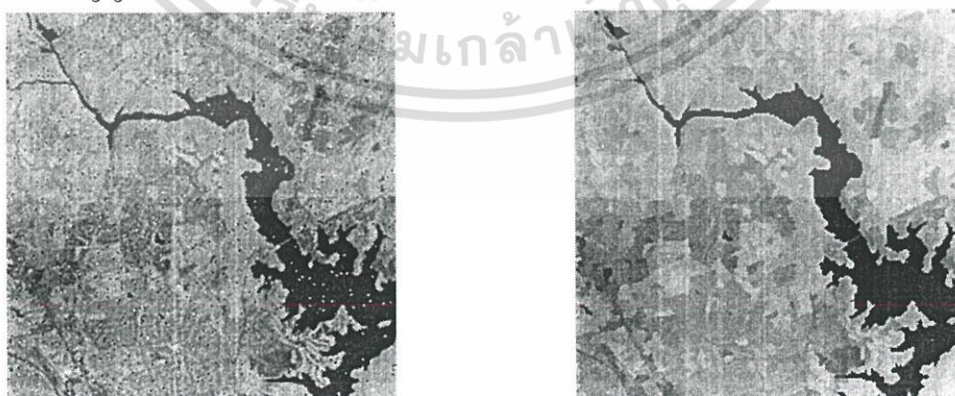
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เทมเพลตของ Nagao ที่ใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง  $(x, y)$



(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน Salt & Pepper 10% (ข) ภาพ (ก) ที่ผ่านการปรับเรียบ



(ค) ภาพที่มีสัญญาณรบกวน Salt & Pepper 20% (ง) ภาพ (ค) ที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 4.5 แสดงการปรับเรียบภาพโดยการใช้เทมเพลตรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5(ก) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 10% ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 4.4 ในการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตแล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 4.5(ข) รูปที่ 4.5(ค) เป็นภาพอินพุตที่มีสัญญาณรบกวนขาวและดำ แบบ Salt & Pepper จำนวน 20% ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งหลังจากที่ใช้เทมเพลตในรูปที่ 4.4 ในการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตแล้ว จะให้ผลดังรูปที่ 4.5(ง)

#### 4.4 การตรวจจับขอบในภาพ

ขอบต่างๆภายในภาพเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับสีเทาแบบทันทีทันใดจากค่าระดับสีเทาดำๆ ไปเป็นค่าระดับสีเทาสูงๆ ดังนั้นการตรวจจับขอบจึงเป็นการหาค่าความลาดชัน (slope) ระหว่างจุดภาพ ซึ่งโดยทั่วไปมักเรียกว่า ค่าเกรเดียนท์ (Gradient)วิธีพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจจับขอบภาพ คือการใช้เทมเพลตในการตรวจจับ ซึ่งเทมเพลตของ Sobel จะเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนท์

เทมเพลตทั้งสองทิศจะให้ค่าเกรเดียนท์ที่ประมาณจากอนุพันธ์พาร์เชียล (Partial derivative) ตามทิศทางของขอบวัตถุในภาพ โดยเทมเพลตทิศเหนือจะให้ค่าเกรเดียนท์สูงสำหรับบริเวณที่มีขอบทางแนวนอน และเทมเพลตทิศตะวันตกจะให้ค่าเกรเดียนท์สูงสำหรับบริเวณที่มีขอบทางแนวตั้ง ส่วนบริเวณที่ขอบเป็นเส้นเฉียงก็จะให้ค่าเกรเดียนท์จากการเฉลี่ยของเทมเพลตทั้งสอง สำหรับทิศทางของขอบหรือเกรเดียนต์นั้นจะได้จากค่า Arctangent ของค่าเกรเดียนต์จากเทมเพลตทั้งสอง

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

เทมเพลตทิศเหนือ

เทมเพลตทิศตะวันตก

รูปที่ 4.6 เทมเพลตที่ใช้ในการหาขอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากกำหนดให้เทมเพลตทิศเหนือในรูปที่ 4.6 เป็น  $W_h(i, j)$  และเทมเพลตทิศตะวันตก เป็น  $W_v(i, j)$  เทมเพลตทั้งคู่จะถูกนำมาทำคอนโวลูชันกับข้อมูลภาพต้นฉบับ  $I(x, y)$  โดยจะให้ค่าเกรเดียนต์ของขอบในแนวนอนและแนวตั้งเป็น  $G_h(x, y)$  กับ  $G_v(x, y)$  ดังสมการที่ (4.4) และ (4.5) ตามลำดับ

$$G_h(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 W_h(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (4.4)$$

$$G_v(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 W_v(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (4.5)$$

ค่าเกรเดียนต์เฉลี่ยของภาพเอาต์พุต  $O(x, y)$  ได้จากสมการที่ (4.6) คือ

$$O(x, y) = \sqrt{[G_h(x, y)]^2 + [G_v(x, y)]^2} \quad (4.6)$$

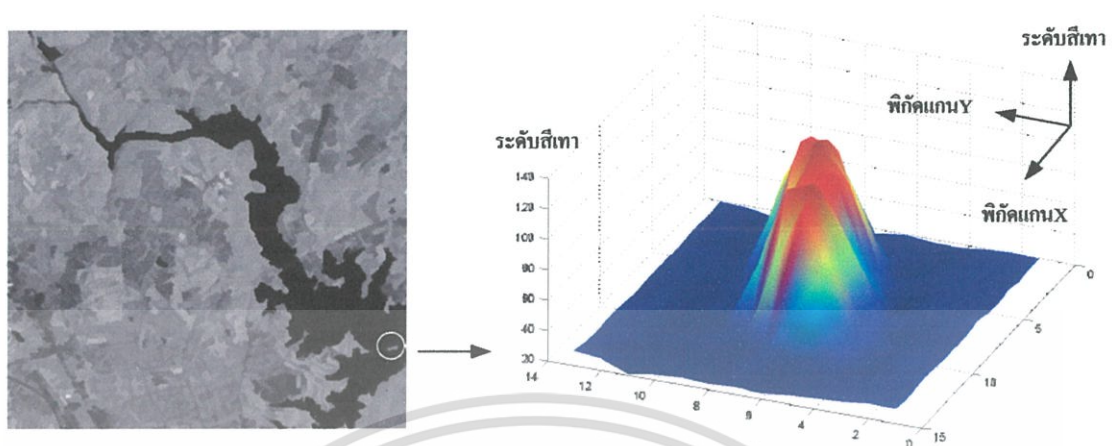
ในบางครั้งเพื่อลดเวลาการคำนวณลงค่าเกรเดียนต์ผลลัพธ์  $O(x, y)$  จะคำนวณจากผลรวมของค่าสัมบูรณ์ (Absolute value) ของค่าเกรเดียนต์ทั้งสอง

$$O(x, y) = |G_h(x, y)| + |G_v(x, y)| \quad (4.7)$$

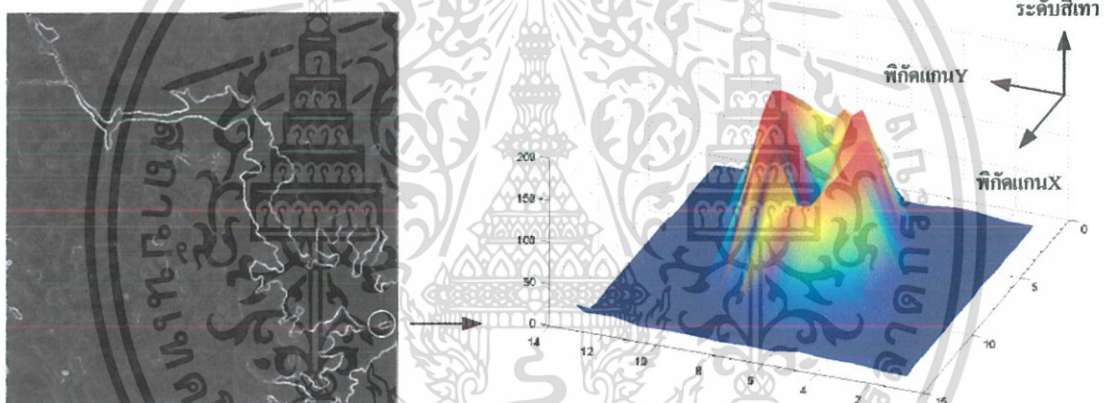
สำหรับทิศทางของขอบหรือเกรเดียนต์คือ  $\theta(x, y)$  นั้นคำนวณได้ดังนี้

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left[ \frac{G_h(x, y)}{G_v(x, y)} \right] \quad (4.8)$$

ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้เทมเพลตทั้งสองของ Sobel กับภาพรูปที่ 4.7(ก) จะได้ภาพที่เป็นค่าของขอบหรือภาพเกรเดียนต์หลังการสเกลให้ค่าเกรเดียนต์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ดังแสดงในรูปที่ 4.7(ข)



(ก)ภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านขบวนการปรับเรียบ



(ข)ภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านขบวนการหาขอบภาพ

รูปที่ 4.7 แสดงการหาขอบภาพด้วยเทมเพลต Sobel

## 4.5 บทสรุป

การกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ขบวนการปรับเรียบนั้น เพื่อให้ข้อมูลภาพนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันซึ่งจะทำให้ขบวนการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น และจากการทดสอบกับภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย และการปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ย่อยที่ จะเห็นว่า การปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ย่อยไว้นั้นความคมชัดของภาพจะมีมากกว่า การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เห็นว่า เกิดการสูญเสียข้อมูลน้อยกว่า การปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย ในงานวิจัยนี้จึงเลือกการปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ที่ย่อยมาประยุกต์ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

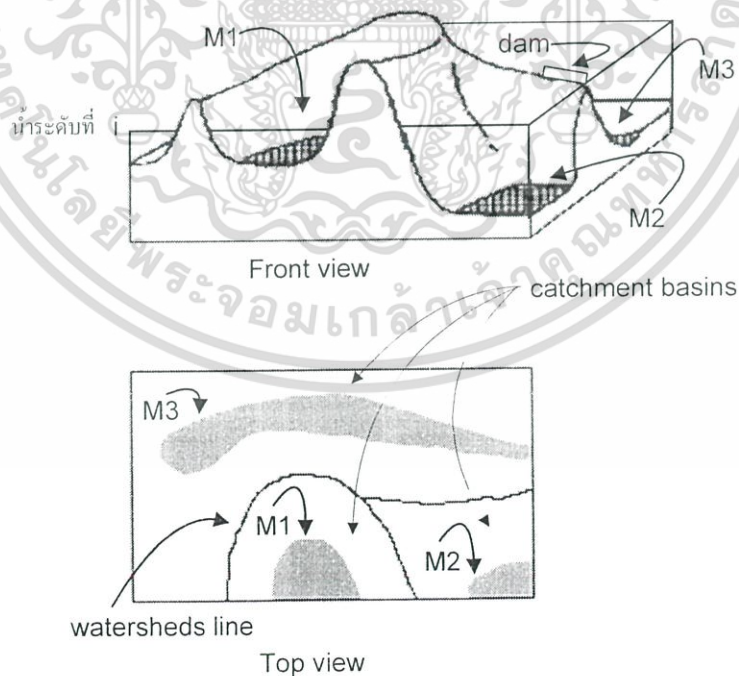
## การแยกส่วนในภาพด้วยการแปลงเวอเตอร์เจด

### 5.1 บทนำ

หลักการของการแยกส่วนของวัตถุในภาพ คือ การแบ่งกลุ่มจุดภาพที่ความสม่ำเสมอ (Uniform) หรือความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) ของพื้นที่ตามคุณสมบัติบางประการของภาพ เช่น ระดับสีเทา หรือเนื้อภาพ (Texture) เป็นต้น การแยกส่วนในภาพที่ให้ผลดีนั้น ภายในพื้นที่ย่อย (Regions) ต่างๆ หลังการแยกส่วนไม่ควรมีโพรงเล็กโพรงน้อย (Hole) กล่าวคือ ไม่ควรมีพื้นที่เล็ก พื้นที่น้อยภายในพื้นที่ย่อยหลังการแยกส่วน สำหรับพื้นที่ย่อยที่ประชิดติดกัน (Adjacent regions) ต้องมีความแตกต่างของคุณสมบัติความสม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัดและเส้นแบ่งเขต (Boundary) ของแต่ละพื้นที่หลังการแยกส่วนต้องมีความต่อเนื่องโดยไม่มีการขาดหาย

### 5.2 หลักการของการแปลงเวอเตอร์เจด[10]

การทำความเข้าใจแนวคิดของกระบวนการเวอเตอร์เจดจำเป็นต้องนำภาพมาพิจารณาในรูปแบบ 3 มิติคือมีตำแหน่งพิกัด(แกน x แกน y) และระดับสีเทาที่ตำแหน่งพิกัดนั้นๆ ซึ่งภาพที่ปรากฏจะมีลักษณะคล้ายแผนภูมิประเทศดังแสดงในรูป 5.1



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเป็นแผนภูมิประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 5.1 บริเวณ M1 M2 และ M3 ซึ่งถูกแรงา จะแสดงถึงบริเวณพื้นที่ระดับต่ำ (Minima) เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณพื้นที่รอบข้าง บริเวณพื้นที่ M2 จะมีระดับความสูงน้อยที่สุด บริเวณพื้นที่ M3 มีระดับความสูงที่มากกว่า M2 บริเวณพื้นที่ M1 จะมีความสูงที่มากกว่า M3 และ M2

โดยการสมมติให้รูปที่ 5.1 เป็นวัตถุ นำเอาวัตถุนี้ไปทำการเจาะรูเล็กๆ ในบริเวณ M1 M2 และ M3 อย่างละหนึ่งจุด โดยรูที่ถูกเจาะนั้นจะต้องทะลุถึงด้านข้างสุดของวัตถุ จากนั้นจึงนำเอาวัตถุที่ได้เจาะรูแล้ววางลงไปในสระน้ำ ซึ่งวัตถุนี้จะค่อยๆ จมลงด้วยความเร็วที่คงที่ น้ำจากสระจะไหลผ่านรูที่ถูกเจาะไว้ โดยน้ำจะไหลผ่านเข้าไปในพื้นที่บริเวณ M2 ก่อน ในขณะที่วัตถุจมลงไปก็จะคล้ายกับว่าระดับน้ำที่ท่วมวัตถุนั้นสูงขึ้น เมื่อระดับน้ำที่สูงขึ้นจนถึงระดับความสูง  $i$  จะมีบางส่วนของน้ำที่ผ่านเข้ามายังรูที่เจาะไว้ ของ M2 แล้วล้นข้ามไปยัง M3 และในทางกลับกัน จะมีบางส่วนของน้ำที่ผ่านเข้ามายังรูที่เจาะไว้ ของ M3 ล้นข้ามผ่านไปยัง M2 ซึ่งจะต้องหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ในลักษณะนี้โดยการสร้างเขื่อนขึ้นมกกันเอาไว้ ที่ระดับความสูงของน้ำที่ระดับอื่น ถ้าเกิดเหตุการณ์ในกรณีเช่นเดียวกันกับกรณีที่ระดับความสูงของน้ำที่ระดับ  $i$  ก็ให้สร้างเขื่อนขึ้นมกกันเช่นกัน ขบวนการทำให้จมจะดำเนินอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ผลสุดท้ายของขบวนการที่เกิดขึ้นก็จะสามารถแยกพื้นที่ออกได้เป็นสามส่วน โดยมีเขื่อนเป็นตัวแบ่งแยกขอบเขตของพื้นที่ ซึ่งจะเรียกเส้นแบ่งเขตที่สร้างจากเขื่อนว่า เส้นวอเตอร์เชด (watershed line)

### 5.2.1 นิยามต่างๆของหลักการทำให้วัตถุจมในน้ำ

กำหนดให้  $I$  เป็นภาพระดับสีเทา  $p$  คือตำแหน่งจุดภาพ  $h$  คือระดับสีเทา ให้  $T_h(I)$  คือเซตของตำแหน่งจุดภาพที่ซึ่งจุดภาพนั้นมีระดับสีเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $h$  จะได้ว่า

$$T_h(I) = \{p \mid I(p) \leq h\}. \quad (5.1)$$

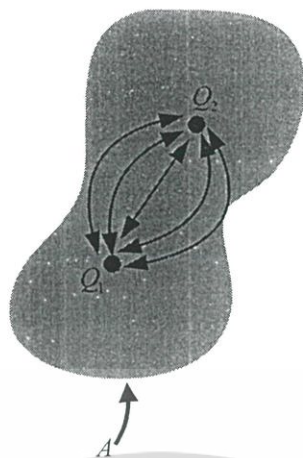
เมื่อกำหนดให้  $C(M)$  คือบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ (catchment basin) ซึ่งมีระดับความสูงเป็น  $M$  กำหนดให้  $C_h(M)$  เป็นซับเซตของพื้นที่ลุ่มน้ำจะได้ว่า

$$C_h(M) = \{p \in C(M) \mid I(p) \leq h\} = C(M) \cap T_h(I). \quad (5.2)$$

กำหนดให้  $P$  เป็นจำนวนรูปแบบเส้นทางที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อจุด  $Q_1$  และจุด  $Q_2$  ใน  $A$  ดังรูปที่ 5.2 เมื่อ  $I(P)$  คือระยะทางที่เกิดขึ้นจากจุด  $Q_1$  และจุด  $Q_2$  ใน  $A$  กำหนดให้  $d_A(Q_1, Q_2)$  คือระยะห่างจีโอเดซิก (geodesic distance) ระหว่างจุด  $Q_1$  กับจุด  $Q_2$  ใน  $A$  ที่ต้องเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งจะได้ว่า

$$d_A(Q_1, Q_2) = \min \{I(P)\}. \quad (5.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



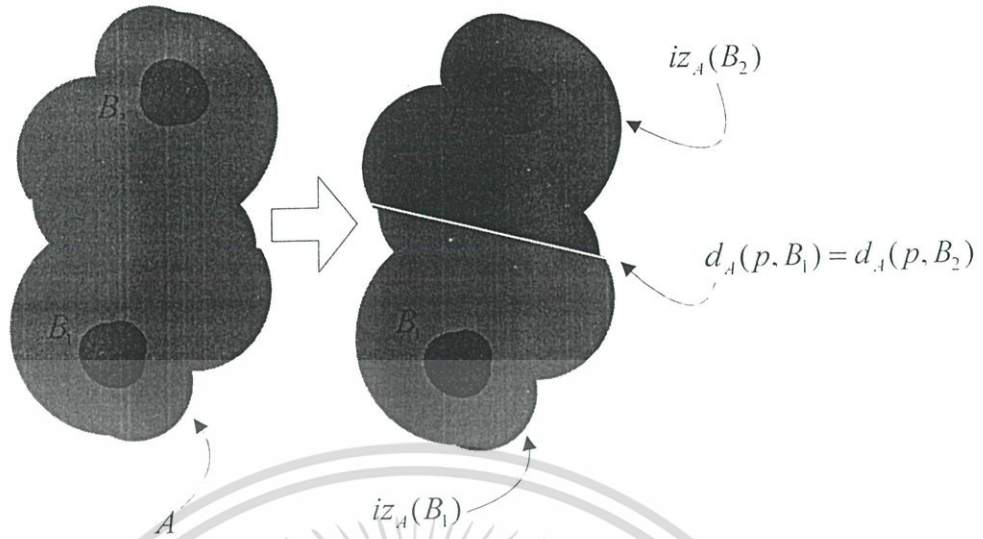
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างของรูปแบบเส้นทางที่จะเกิดขึ้นระหว่างจุด  $Q_1$  และจุด  $Q_2$  ใน  $A$

ถ้าหากว่าเซต  $A$  มีเซตย่อยอยู่  $k$  เซตคือ  $B_1, B_2, \dots, B_k$  เมื่อกำหนดให้  $iz_A(B_i)$  คือ บริเวณที่มีอิทธิพลของจีโอเดซิก (the geodesic influence zone) จะได้ว่า

$$iz_A(B_i) = \{p \in A \mid \forall i \in [1, k], \forall j \in [1, k], i \neq j, d_A(p, B_i) < d_A(p, B_j)\}. \quad (5.4)$$

$$IZ_A(B) = \bigcup_{i \in [1, k]} iz_A(B_i). \quad (5.5)$$

จากรูปที่ 5.3 ด้านซ้ายมือแสดงถึงเซต  $B_1$  และเซต  $B_2$  ซึ่งเป็นเซตย่อยของเซต  $A$  จะได้ว่าเซต  $iz_A(B_1)$  คือสมาชิกใดๆในเซต  $A$  ที่มีระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_1$  ต้องมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_2$  ในทำนองเดียวกันเซต  $iz_A(B_2)$  คือสมาชิกใดๆในเซต  $A$  ที่ระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_2$  ต้องมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_1$  และจะได้ว่า  $IZ_A(B)$  คือผลรวมของเซต  $iz_A(B_1)$  กับ  $iz_A(B_2)$  ซึ่งเมื่อนำเซต  $A$  ไปคอมพลิเมนต์กับเซต  $IZ_A(B)$  ก็จะได้เซตใดๆในเซต  $A$  ที่มีระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_1$  มีระยะทางเท่ากับระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต  $B_2$  ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ด้านขวามือ



รูปที่ 5.3 เซต  $iz_A(B_1)$  และ  $iz_A(B_2)$  ที่อยู่ภายในเซต  $A$

เมื่อกำหนดให้ระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดในภาพ  $I$  คือ  $h_{\min}$  ซึ่งจะเป็นระดับความสูงที่น้อยที่สุดในภาพ  $I$  เมื่อมองภาพดังกล่าวในลักษณะของภาพ 3 มิติ และกำหนดให้ระดับสีเทาที่สูงที่สุดในภาพ  $I$  คือ  $h_{\max}$  ซึ่งจะเป็นระดับความสูงที่มากที่สุดที่สุดในภาพ  $I$  เมื่อมองภาพ  $I$  ในลักษณะของภาพ 3 มิติ

กระบวนการจำลองทำให้จมจะเริ่มต้นจากการพิจารณาที่ระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดก่อนคือ  $h_{\min}$  และเมื่อการวิเคราะห์และพิจารณาที่ระดับสีเทาที่ระดับ  $h_{\min}$  เสร็จสิ้นลงก็จะทำการพิจารณาระดับสีเทาที่  $h_{\min} + 1$  เป็นลำดับต่อไป กระบวนการวิเคราะห์และพิจารณาจะดำเนินอย่างนี้ไปเรื่อยๆ และจะเสร็จสิ้นที่ระดับสีเทาที่สูงที่สุดคือ  $h_{\max}$  ซึ่งหลักในการวิเคราะห์และพิจารณามีดังนี้ เมื่อกำหนดให้เซต  $X_{h_{\min}}$  คือจุดภาพใน  $I$  ที่มีระดับความสูงน้อยที่สุดในภาพนั้นคือ

$$X_{h_{\min}} = T_{h_{\min}}(I) \quad (5.6)$$

เมื่อพิจารณาภาพ  $I$  ในลักษณะสามมิติ เมื่อมองภาพ  $I$  จากทางด้านบน โดยถ้าจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่มากกว่า  $h_{\min}$  จะให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาวและถ้าจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่เท่ากับ  $h_{\min}$  จะให้เป็นจุดภาพนั้นมีสีดำ ถ้า  $x$  เป็นกลุ่มจุดภาพสีดำ และในภาพ  $I$  ดังกล่าวมีกลุ่มจุดภาพสีดำทั้งหมด  $k$  กลุ่มจะได้ว่า

$$X_{h_{\min}} = x_1 \cup x_2 \dots \cup x_k \quad (5.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่ระดับความสูง  $h_{\min} + 1$  และกำหนดให้เซต  $Y = T_{h_{\min}+1}(I)$  รูปแบบของเซต  $Y$  ที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูงนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.4 คือ

ลักษณะที่ 1 ไม่มีเซตย่อยที่มีระดับความสูง  $h_{\min}$  อยู่ภายในเซต  $Y$  จะได้ว่า

$$Y \cap X_{h_{\min}} = \emptyset \quad (5.8)$$

ลักษณะที่ 2 มีเซตย่อยที่ระดับความสูง  $h_{\min}$  เพียง 1 เซต อยู่ภายในเซต  $Y$  นั่นคือ  $Y \cap X_{h_{\min}} \neq \emptyset$  และ พื้นที่ลุ่มน้ำคือ

$$C_{h_{\min}+1}(Y \cap X_{h_{\min}}) \quad (5.9)$$

ลักษณะที่ 3 มีเซตย่อยที่ระดับความสูง  $h_{\min}$  มากกว่า 1 เซต อยู่ภายในเซตที่ถูกพิจารณา ถ้า กำหนดให้เซตย่อยที่ระดับความสูง  $h_{\min}$  คือ  $g_1, g_2, \dots, g_k$  เมื่อ  $g_i$  เป็นหนึ่งในเซตย่อย จะได้ว่า  $Y \cap X_{h_{\min}} \neq \emptyset$  และ พื้นที่ลุ่มน้ำของ  $g_i$  คือ

$$C_{h_{\min}+1}(g_i) = iz_i(g_i) \quad (5.10)$$



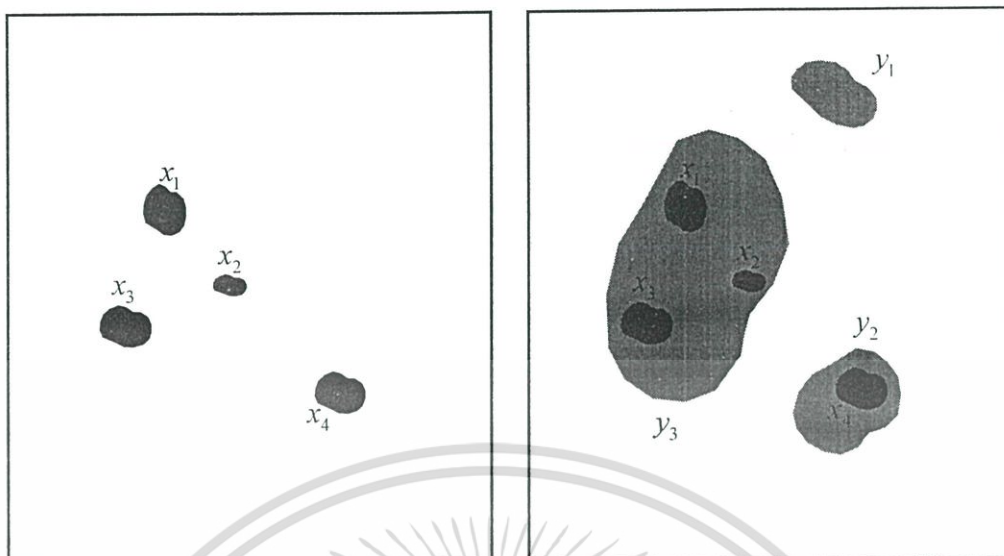
รูปที่ 5.4 ลักษณะของเซต  $Y$  ที่จะเกิดขึ้นที่ระดับความสูง  $h_{\min}+1$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่างของการพิจารณาดังนี้

เมื่อพิจารณาภาพ  $I$  ในลักษณะสามมิติ โดยมองภาพ  $I$  จากทางด้านบนหากจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่มากกว่า  $h_{\min}$  จะให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาวและถ้าจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่เท่ากับ  $h_{\min}$  จะให้เป็นจุดภาพนั้นมีสีดำ จากรูปที่ 5.5(ก) จะได้ว่า

$$X_{h_{\min}} = x_1 \cup x_2 \cup x_3 \cup x_4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) เซตของพื้นที่ระดับต่ำที่ความสูง  $h_{\min}$ (ข) เซต  $Y = T_{h_{\min}+1}(I)$ รูปที่ 5.5 แสดงถึงเซตของพื้นที่ที่มีระดับความสูง  $h_{\min}$  และ  $h_{\min} + 1$ 

พิจารณาภาพ  $I$  ที่ระดับความสูง  $h_{\min} + 1$  เมื่อมองภาพ  $I$  จากทางด้านบนโดยถ้าจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่สูงกว่า  $h_{\min} + 1$  จะให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาว ถ้าจุดภาพใดใน  $I$  มีระดับสีเทาที่มีค่าเท่ากับ  $h_{\min} + 1$  จะให้จุดภาพนั้นมีสีเทาดังตัวอย่างในรูปที่ 5.5(ข) จะเห็นว่าที่ระดับความสูง  $h_{\min} + 1$  จะประกอบไปด้วยเซตย่อยอยู่ 3 เซตย่อย คือ  $y_1$ ,  $y_2$  และ  $y_3$  จะได้ว่า  $Y = y_1 \cup y_2 \cup y_3$

พิจารณาเซต  $y_1$  จะเห็นได้ว่าไม่มีเซตย่อยที่มีระดับความสูง  $h_{\min}$  อยู่ภายในเซตที่ถูกพิจารณา จะได้ว่า  $y_1 \cap X_{h_{\min}} = \emptyset$

พิจารณาเซต  $y_2$  จะได้ว่า  $y_2 \cap X_{h_{\min}} = x_4$  และ พื้นที่ลุ่มน้ำคือ  $C_{h_{\min}+1}(x_4)$

พิจารณาเซต  $y_3$  จะได้ว่า  $y_3 \cap X_{h_{\min}} = \{x_1, x_2, x_3\}$  จะได้ว่า

พื้นที่ลุ่มน้ำของ  $x_1$  คือ  $C_{h_{\min}+1}(x_1) = iz_{y_3}(x_1)$

พื้นที่ลุ่มน้ำของ  $x_2$  คือ  $C_{h_{\min}+1}(x_2) = iz_{y_3}(x_2)$

พื้นที่ลุ่มน้ำของ  $x_3$  คือ  $C_{h_{\min}+1}(x_3) = iz_{y_3}(x_3)$

เมื่อกำหนดให้  $X_{h_{\min}+1}$  คือเซตของพื้นที่ระดับต่ำที่ความสูง  $h_{\min} + 1$  จะได้ว่า

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup C_{h_{\min}+1}(x_1) \cup C_{h_{\min}+1}(x_2) \cup C_{h_{\min}+1}(x_3) \cup C_{h_{\min}+1}(x_4)$$

หรือ

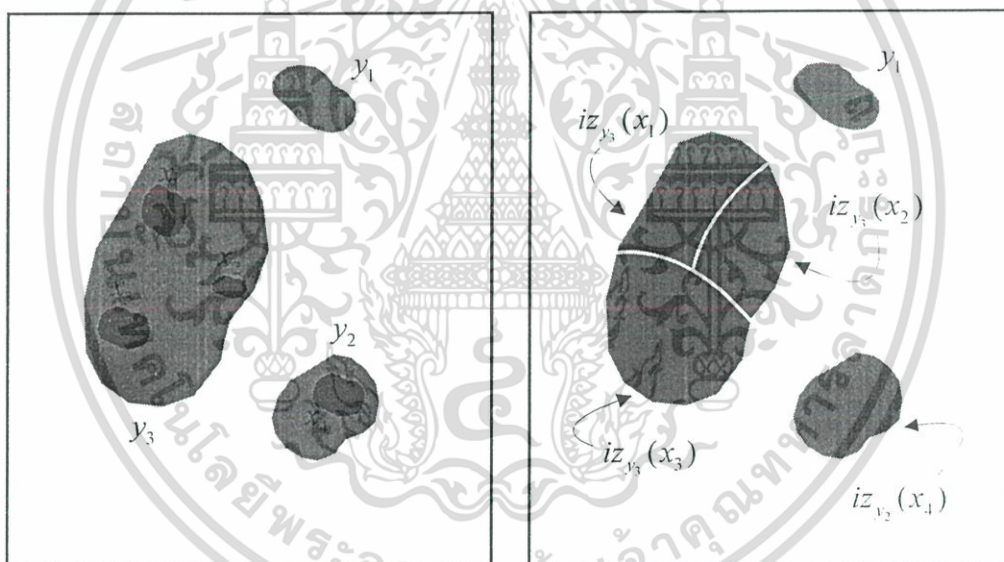
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup iz_{y_3}(x_1) \cup iz_{y_3}(x_2) \cup iz_{y_3}(x_3) \cup iz_{y_2}(x_4)$$

หรือ

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup IZ_Y(X_{h_{\min}})$$

จะได้ว่า ที่ระดับความสูงเท่ากับ  $h_{\min} + 1$  จะประกอบไปด้วยเซตอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือเซต  $X_{h_{\min}+1}$  และเซต  $Y$  ที่คอมพลิเมนต์กับเซต  $X_{h_{\min}+1}$  โดยกำหนดให้เซตส่วนที่สองนี้มีระดับสีเทาเท่ากับ  $h_{\min} + 2$  เพื่อที่จะนำเซตส่วนที่สองนี้ไปพิจารณาที่ระดับความสูงถัดไป ซึ่งที่ระดับความสูงถัดไปลักษณะการวิเคราะห์และพิจารณา ก็จะเป็นเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์และพิจารณาของเซต  $Y$  ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถที่จะแสดงได้ดังในรูปที่ 5.6 โดยรูปด้านซ้ายมือจะแสดงถึงเซตที่มีระดับความสูงน้อยกว่าหรือเท่ากับ  $h_{\min} + 1$  และรูปด้านขวามือแสดงถึง เซตของ  $X_{h_{\min}+1}$



(ก)เซตของจุดภาพที่ระดับความสูง  $h_{\min} + 1$       (ข)เซต  $X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup IZ_Y(X_{h_{\min}})$

รูปที่ 5.6 กระบวนการที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูง  $h_{\min} + 1$

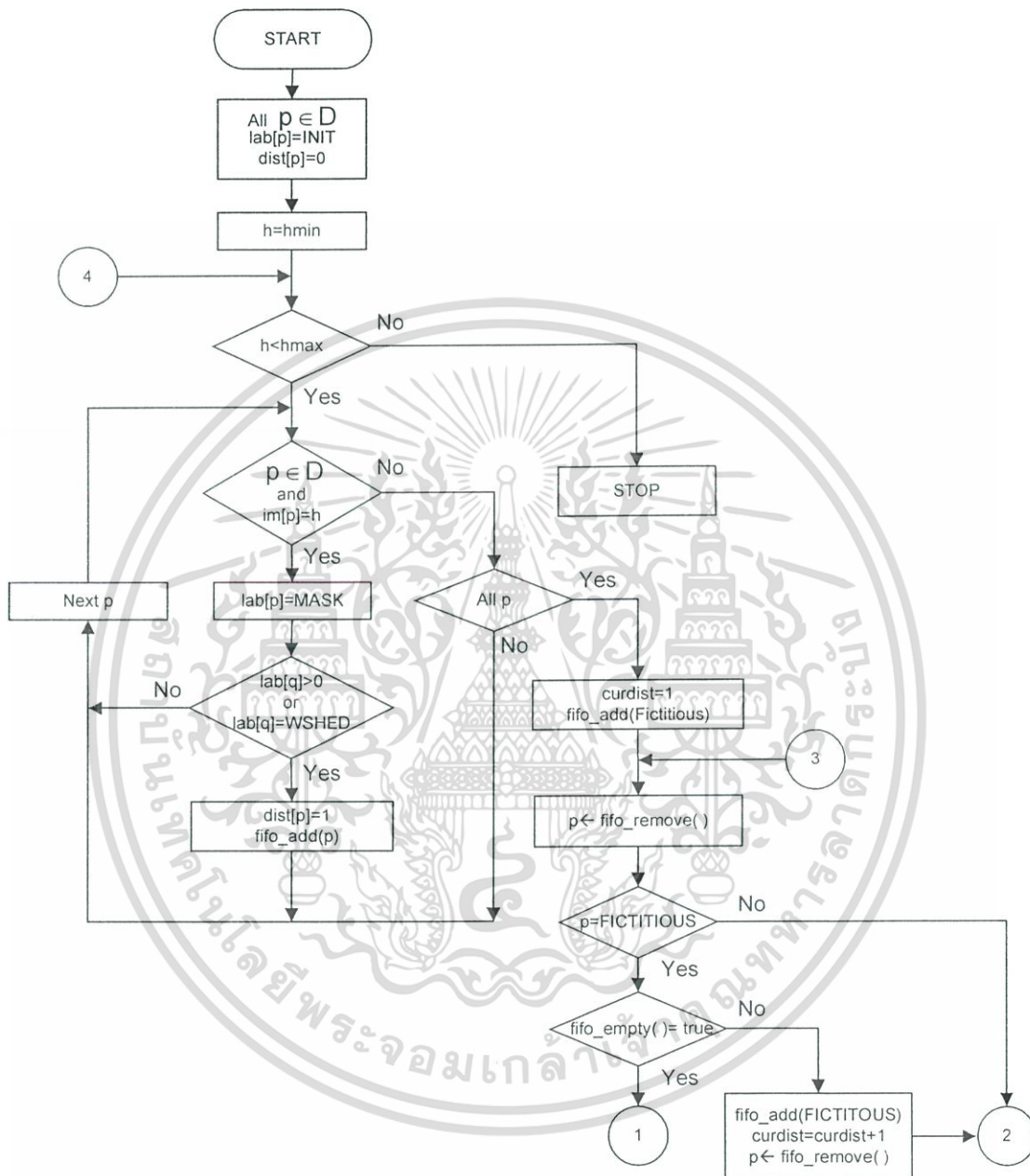
เมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความสูงของภาพไปจนถึงระดับความสูงเท่ากับ  $h_{\max}$  ซึ่งจะเป็นลำดับสุดท้ายของการวิเคราะห์และพิจารณา โดยที่ระดับความสูงนี้จะประกอบไปด้วยเซต  $X_{h_{\max}}$  และเซตของ  $I$  ที่คอมพลิเมนต์กับเซต  $X_{h_{\max}}$  ซึ่งเซตของ  $I$  ที่คอมพลิเมนต์กับเซต  $X_{h_{\max}}$  นี้ก็จะเป็นเซตของเส้นแวนเดอร์แวนเดอร์เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริธึมที่ได้จากแนวคิดของหลักการทำให้จมน้ำ[10] สามารถที่จะเขียนเป็นขั้นตอนของกระบวนการทำงานต่างๆได้เป็นแผนภูมิดังรูปที่ 5.7

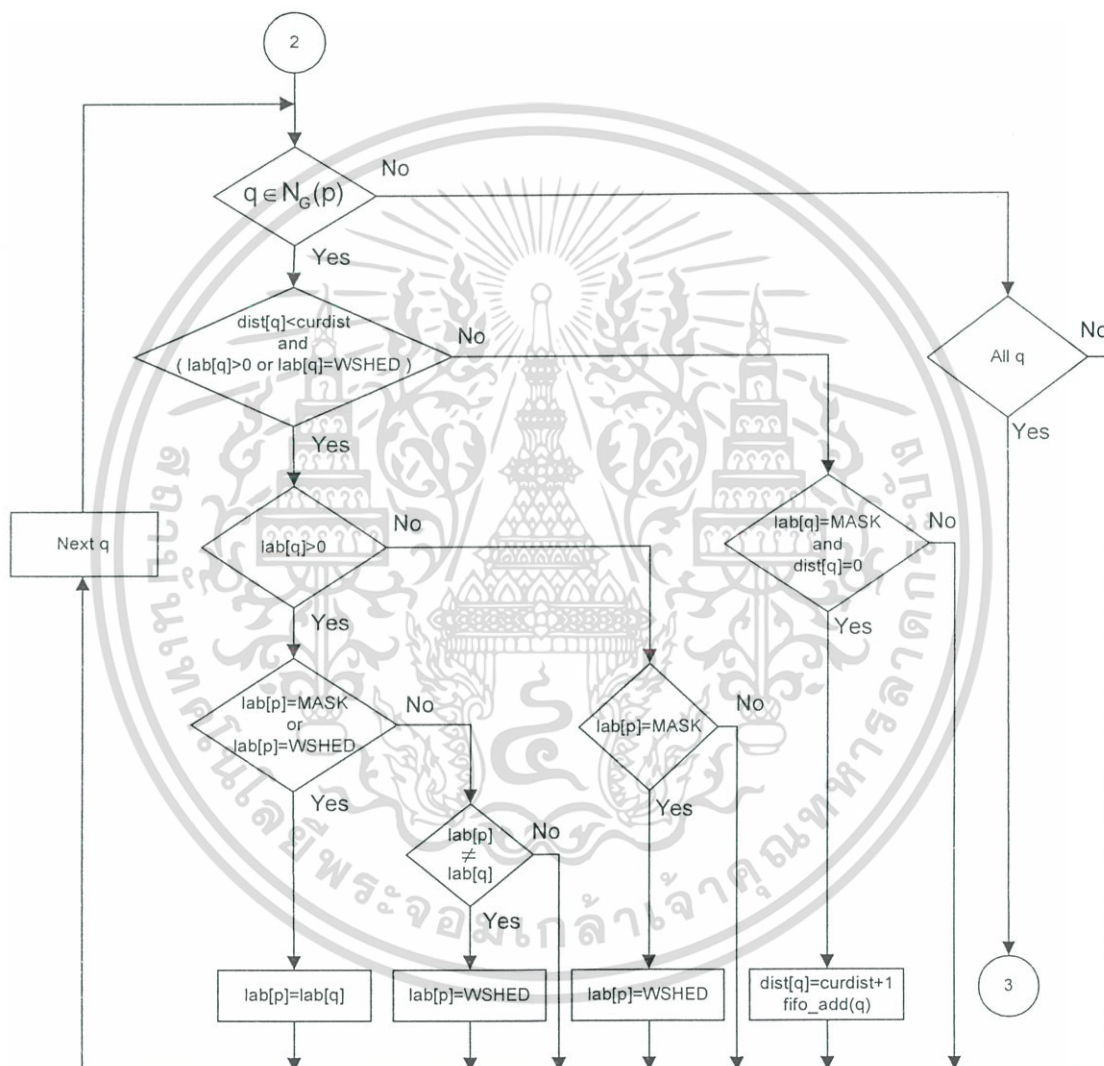


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



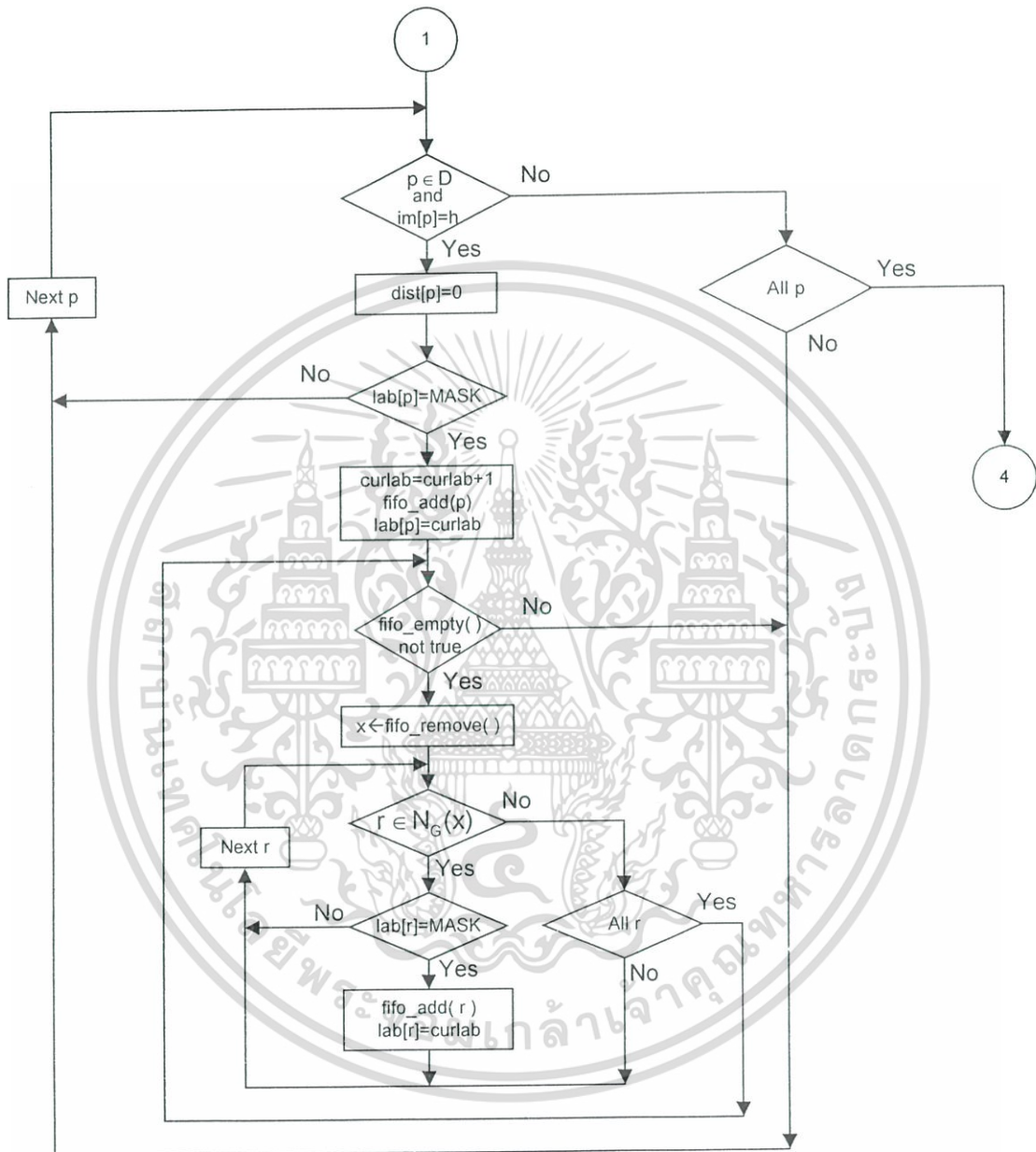
รูปที่ 5.7 แผนภูมิขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยใช้หลักการของวอเตอร์เจดทรานฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ความหมายและนิยาม ต่างๆที่ใช้กับแผนภูมิของรูปที่ 5.4

สัญลักษณ์หรือฟังก์ชัน	ความหมายหรือรายละเอียด
D	หมายถึงขอบเขตของภาพต้นฉบับ
im[ p]	หมายถึง ระดับสีเทาของภาพต้นฉบับที่ตำแหน่งของจุดภาพ p
lap และ dist	เป็นอาร์เรย์ซึ่งมีขอบเขตเท่ากับ D และภาพเอาที่พุดคือ lap เมื่อได้ทำการประมวลผลจนเสร็จ
q	หมายถึง ตำแหน่งจุดภาพที่อยู่ล้อมรอบจุดภาพที่พิจารณา(p)
NG(p)	หมายถึง ตำแหน่งจุดภาพที่อยู่ล้อมรอบจุดภาพที่พิจารณา(p)
fifo_add(p)	หมายถึง การเพิ่มข้อมูล p ไปที่ตำแหน่งหลังสุดของคิว
fifo_remove()	หมายถึงการนำข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งหน้าสุดออกจากคิว
fifo_empty()	เป็นการตรวจสอบว่าคิวว่างหรือไม่

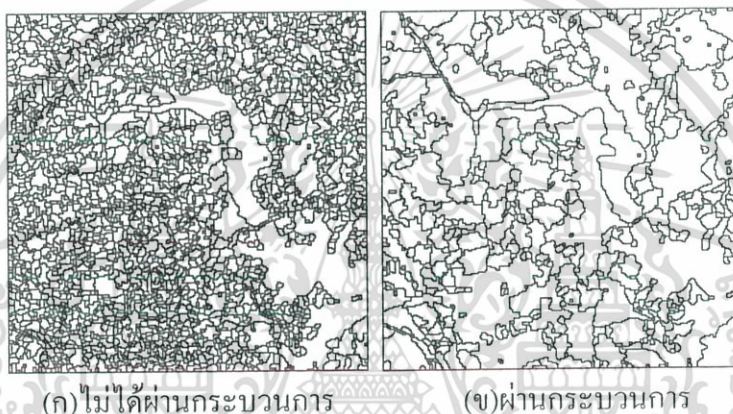
ตารางที่ 5.2 ค่าคงที่และค่าเริ่มต้นที่ใช้กับโพลีชาร์ตในรูป 5.4

INIT	-1
MASK	-2
WSHED	0
FICTITOUS	(-1, -1)
hmin	0
hmax	255
curlab	กำหนดให้เป็นค่าเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0
curdist	กำหนดให้เป็นค่าเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 การลดจำนวนพื้นที่ย่อย

ภาพเกรเดียนต์ที่นำไปผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้การแปลงวอเตอร์เชด จะเกิดจำนวนพื้นที่ย่อยเล็กๆขึ้นดังแสดงในรูป 5.8(ก) ในการลดจำนวนพื้นที่ย่อยเล็กๆเหล่านี้ จะต้องนำภาพเกรเดียนต์ไปผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ (Morphological Grayscale Reconstruction)[11] โดยใช้การกัดกร่อนระดับสีเทา (Gray-scale Erosion) จากนั้นจึงนำภาพที่ซึ่งได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ไปทำการแยกส่วนในภาพ จำนวนพื้นที่ย่อยที่เกิดขึ้นจะลดลงเมื่อนำภาพผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์ก่อนผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ดังแสดงในรูป 5.8(ข) โดยในรูปที่ 5.11 แสดงถึงขั้นตอนของกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่โดยใช้การกัดกร่อนระดับสีเทา



รูปที่ 5.8 เปรียบเทียบการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ผ่านกระบวนการ และไม่ได้ผ่านกระบวนการ การสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่

#### 5.3.1 การกัดกร่อนระดับสีเทา(Gray-scale Erosion)

การกัดกร่อนระดับสีเทาในภาพ เป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพระหว่างภาพต้นฉบับกับ โครงสร้างย่อย(Structuring element) ลักษณะของโครงสร้างย่อยจะคล้ายกับเทมเพลตที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 4 คือจะเป็นภาพขนาดเล็ก ซึ่งจะนำไปทาบบนจุดภาพที่พิจารณาของภาพต้นฉบับเพื่อทำการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยจุดกึ่งกลางของ โครงสร้างย่อย จะถูกวางลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยระดับสีเทา จุดกึ่งกลางของโครงสร้างย่อยจะกำหนดให้เป็นตำแหน่ง(0,0) ถ้ากำหนดให้  $A$  เป็นภาพระดับสีเทา และ  $B$  เป็น โครงสร้างย่อย การกัดกร่อนระดับสีเทาของ  $A$  ด้วย  $B$  เขียนแทนด้วย  $A \ominus B$  โดยเมื่อพิจารณาจุดภาพของ  $A$  ที่ตำแหน่ง  $(x, y)$  จะได้ว่า

$$(A \ominus B)(x, y) = \min\{A(x+s, y+t) - B(s, t) \mid (x+s), (y+t) \in D_A; (s, t) \in D_B\}. \quad (5.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จะขอยกตัวอย่างการคำนวณหาการกีดกร่อนระดับสี่เทาจากรูปที่ 5.9 เมื่อ  $A$  คือข้อมูลของภาพต้นฉบับ และ  $B$  คือ โครงสร้างย่อย โดยจะยกตัวอย่างการคำนวณหาการกีดกร่อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนต  $(x,y)$  ตำแหน่ง  $(1,1)$   $(3,4)$  และ  $(1,5)$  ของภาพต้นฉบับ

		y					t				
		1	2	3	4	5					
x	1	10	20	20	20	30	-1	1	2	3	
	2	20	30	30	40	50	s	0	4	5	6
	3	20	40	50	50	60	-1	7	8	9	
	4	20	40	50	50	60					
	5	30	50	60	60	70					

รูปที่ 5.9 ตัวอย่างของภาพต้นฉบับ A และตัวอย่างของโครงสร้างย่อย B

พิจารณาที่โคออดิเนต  $(1,1)$  การกีดกร่อนระดับสี่เทาของ  $A$  ด้วย  $B$  ที่ตำแหน่ง  $(1,1)$  ซึ่งจะเขียนแทนด้วย

$$(A \ominus B)(1,1) = \min \{A(1+s,1+t) - B(s,t) \mid (x+s), (y+t) \in D_A; (s,t) \in D_B\}$$

เมื่อ

$$D_A = \{(x,y) \mid 1 \leq x \leq 5, 1 \leq y \leq 5\}$$

$$D_B = \{(s,t) \mid -1 \leq s \leq 1, -1 \leq t \leq 1\}$$

จะได้ว่า

$$(A \ominus B)(1,1) = \min \{A(1+s,1+t) - B(s,t) \mid 1 \leq (1+s) \leq 5, 1 \leq (1+t) \leq 5; -1 \leq s \leq 1, -1 \leq t \leq 1\}$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(A \ominus B)(1,1) = \min \left\{ \begin{bmatrix} 10 & 20 \\ 20 & 30 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 8 & 9 \end{bmatrix} \right\} = \min \left\{ \begin{bmatrix} 5 & 14 \\ 12 & 21 \end{bmatrix} \right\} = 5$$

พิจารณาที่โคออดิเนต (3,4) การกัลดร่อนระดับสี่เทาของ  $A$  ด้วย  $B$  ที่ตำแหน่ง (3,4) จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} (A \ominus B)(3,4) &= \min \left\{ \begin{bmatrix} 30 & 40 & 50 \\ 30 & 50 & 60 \\ 50 & 50 & 60 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} \right\} \\ &= \min \left\{ \begin{bmatrix} 29 & 38 & 47 \\ 26 & 45 & 54 \\ 43 & 42 & 51 \end{bmatrix} \right\} = 26 \end{aligned}$$

พิจารณาที่โคออดิเนต (1,5) การกัลดร่อนระดับสี่เทาของ  $A$  ด้วย  $B$  ที่ตำแหน่ง (1,5) จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} (A \ominus B)(1,5) &= \min \left\{ \begin{bmatrix} 20 & 30 \\ 40 & 50 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 4 & 5 \\ 7 & 8 \end{bmatrix} \right\} \\ &= \min \left\{ \begin{bmatrix} 16 & 25 \\ 33 & 42 \end{bmatrix} \right\} = 16 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างการคำนวณ จะได้ว่าภาพ  $A$  ก่อนผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนต(1,1) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 10 ที่โคออดิเนต (3,4) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 50 ที่โคออดิเนต(1,5) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 30 เมื่อผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนต (1,1) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 5 ที่โคออดิเนต (3,4) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 26 และ ที่โคออดิเนต (1,5) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 16 และเมื่อพิจารณาทุกๆโคออดิเนตในภาพ  $A$  ที่ได้ผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาด้วย  $B$  แล้ว จะได้ว่า

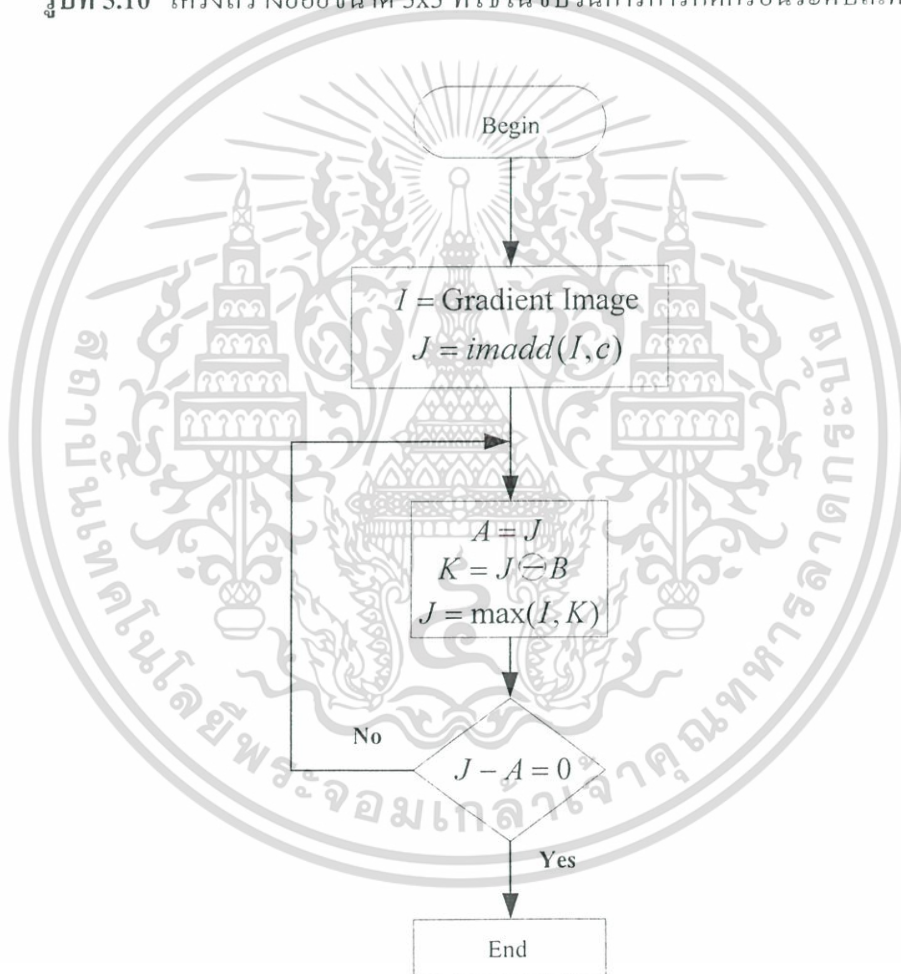
$$\begin{array}{cccccc} & & & & 5 & 6 & 14 & 15 & 16 \\ & & & & 8 & 9 & 17 & 18 & 19 \\ A \ominus B & = & 12 & 13 & 25 & 26 & 39 \\ & & 15 & 16 & 28 & 29 & 46 \\ & & 18 & 19 & 39 & 48 & 49 \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโครงสร้างย่อยที่ใช้ในกระบวนการการกัดกร่อนระดับสีเทาในงานวิจัยนี้จะมีขนาด  $3 \times 3$  ซึ่งแสดงในรูปที่ 5.10

1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ 5.10 โครงสร้างย่อยขนาด  $3 \times 3$  ที่ใช้ในกระบวนการการกัดกร่อนระดับสีเทา



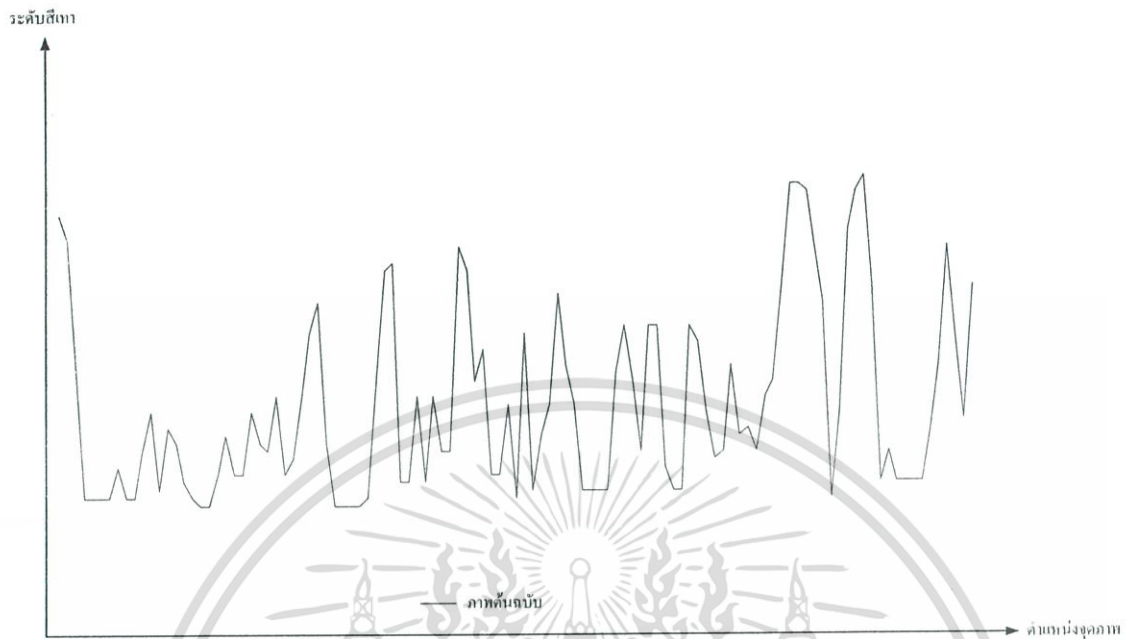
รูปที่ 5.11 แผนภูมิกระบวนการ ของการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่

จากแผนภูมิในรูปที่ 5.11 แสดงถึงกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่โดยการใช้ การกัดกร่อนระดับสีเทา จากแผนภูมิ กำหนดให้  $I$  คือภาพต้นฉบับและ  $J$  คือภาพผลลัพธ์

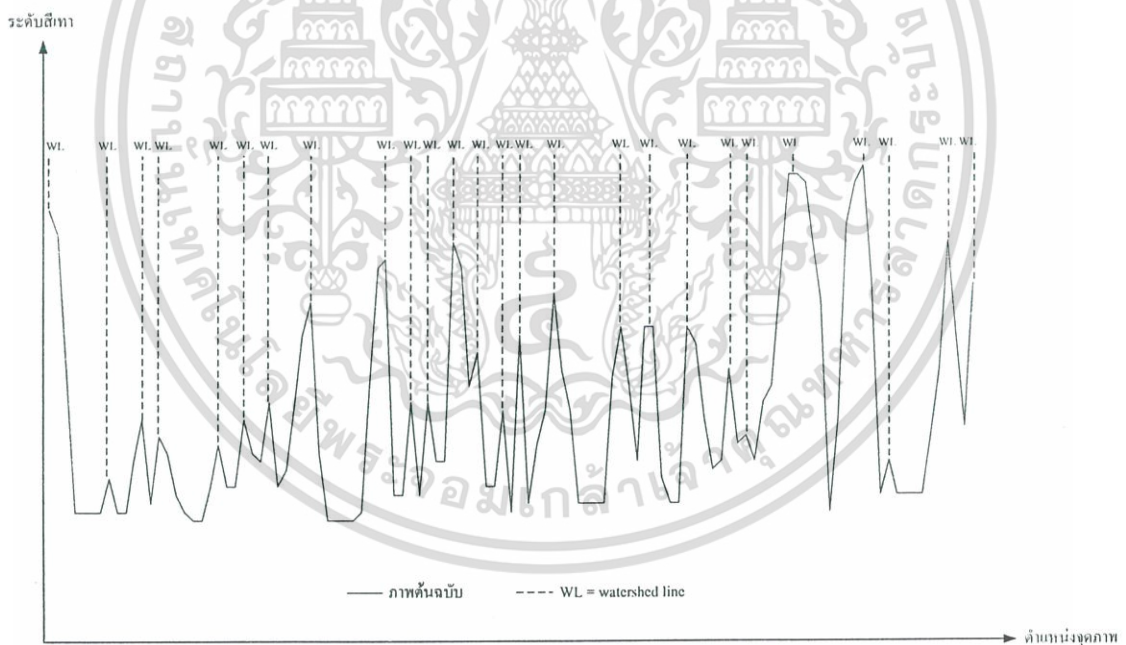
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาภาพในรูปแบบเมตริกซ์ อันดับแรกจะกำหนดให้เมตริกซ์  $J$  มีค่าระดับสีเทาที่มากกว่าเมตริกซ์  $I$  อยู่  $c$  ระดับ ทำการสร้างเมตริกซ์  $A$  ขึ้นมาให้มีค่าระดับสีเทาเท่ากับเมตริกซ์  $J$  เริ่มการพิจารณา โดยการนำเมตริกซ์  $J$  ไปผ่านกระบวนการกักร่อนระดับสีเทาด้วยเมตริกซ์  $B$  นำค่าระดับสีเทาที่ได้ผ่านกระบวนการกักร่อนระดับสีเทาไปเก็บไว้ในเมตริกซ์  $K$  จากนั้นทำการหาค่าระดับสีเทาที่มากที่สุดระหว่างเมตริกซ์  $I$  และเมตริกซ์  $K$  ซึ่งค่าที่มากที่สุดจะเก็บไว้ในเมตริกซ์  $J$  นำเมตริกซ์  $J$  ไปลบกับเมตริกซ์  $A$  โดยถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากการลบกันมีค่าเท่ากับ 0 ก็ให้นำเมตริกซ์  $J$  นี้ไปผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดต่อไป แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่เท่ากับ 0 ก็จะทำให้เมตริกซ์  $A$  มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ  $J$  และเริ่มการพิจารณาซ้ำอีกครั้ง

จากรูปที่ 5.12(ก) แสดงถึงตัวอย่างของภาพ  $I$  ซึ่งเป็นภาพเกรเดียนต์ในลักษณะภาพหน้าตัดด้านข้าง เมื่อนำภาพ  $I$  ไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยการใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม จะเกิดการแบ่งส่วนในภาพ ทั้งหมด 26 ส่วน โดยจะใช้สัญลักษณ์---WL แทนจุดที่ถูกแบ่ง ดังแสดงในรูปที่ 5.12(ข) เมื่อใช้กระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ตามแผนภูมิในรูปที่ 5.11 กับภาพ  $I$  โดยรูปที่ 5.12(ค) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพ  $J$  ซึ่งยังไม่ได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ  $I$  ซึ่งระดับสีเทาในภาพ  $J$  จะเกิดจาก ค่าระดับสีเทาในภาพ  $I$  บวกกับค่าคงที่  $c$  รูปที่ 5.12(ง) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพ  $J$  ที่ได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ กับภาพ  $I$  ซึ่งภาพ  $J$  จะกำหนดให้เป็นภาพผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 5.12(จ) เมื่อนำภาพ  $J$  ไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยการใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม จะเกิดการแบ่งส่วนในภาพได้ 21 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5.12(ฉ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ให้กับภาพก่อนจะนำไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม จำนวนพื้นที่ย่อยที่เกิดขึ้นจะลดลงเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการของการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่



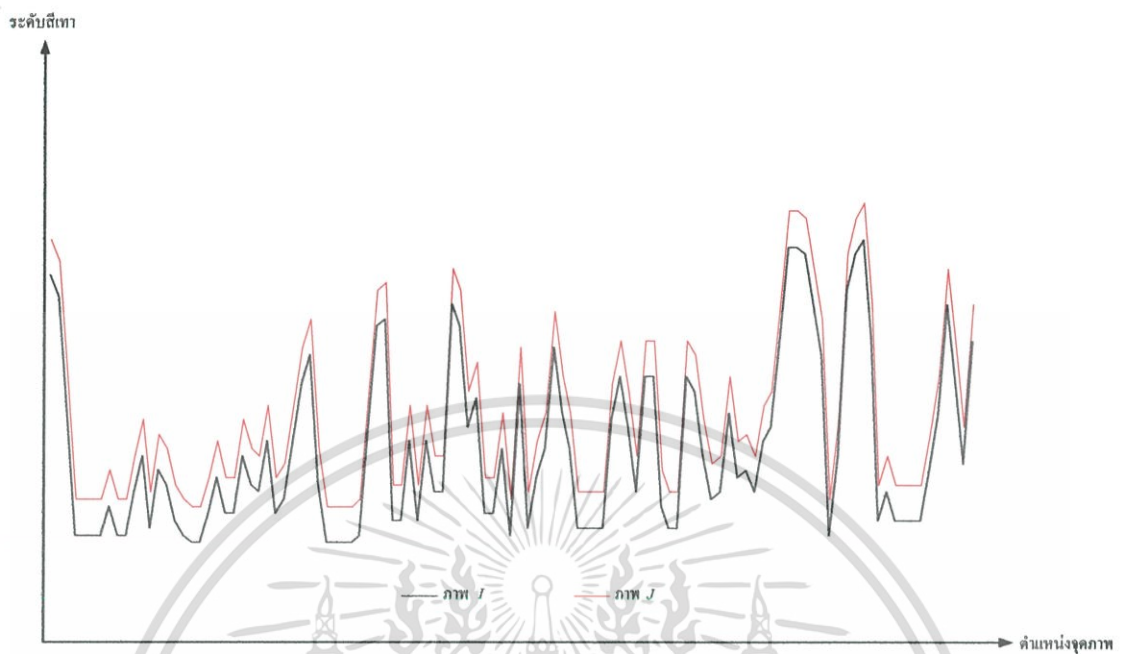
(ก) ภาพเกรเดียนต์  $I$  ซึ่งเป็นภาพต้นฉบับในลักษณะภาพหน้าตัดด้านข้าง



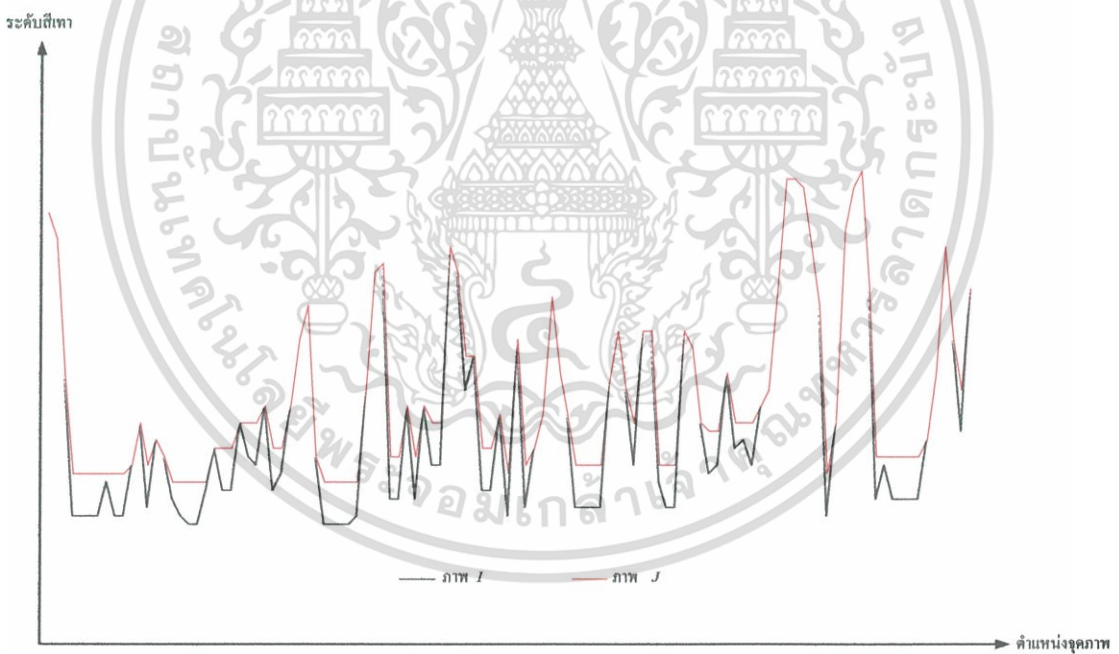
(ข) เมื่อนำภาพ  $I$  ไปผ่านการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดจะเกิดการแบ่งส่วนได้ 26 ส่วน

รูปที่ 5.12 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



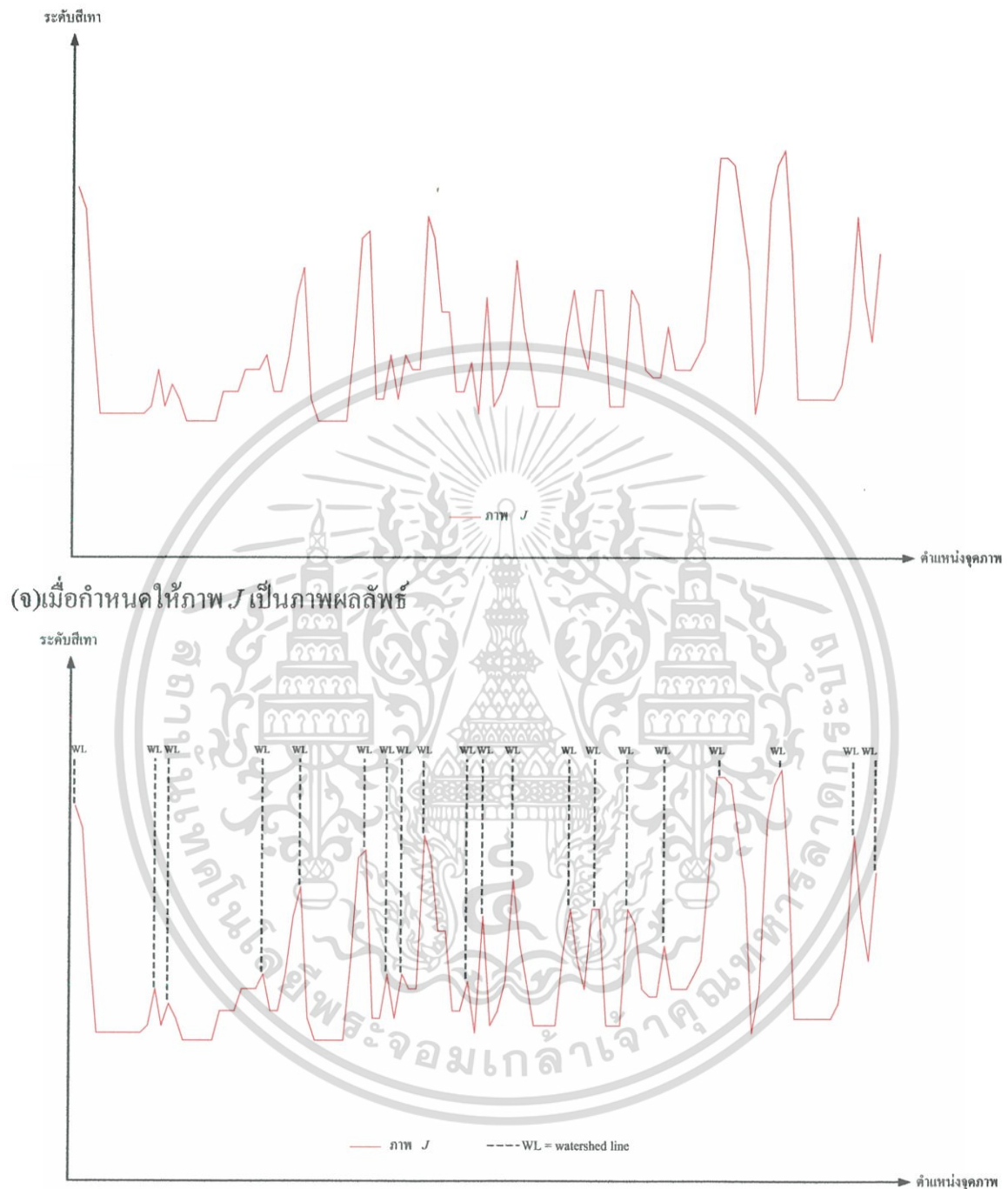
(ค) การเปรียบเทียบระหว่างภาพ  $J$  ซึ่งยังไม่ได้ผ่านขบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ  $I$



(ง) การเปรียบเทียบภาพ  $J$  ที่ได้ผ่านขบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ  $I$

**รูปที่ 5.12** ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ(ต่อ)

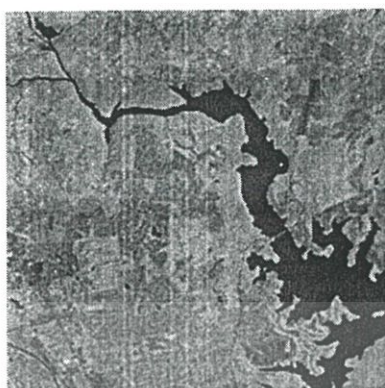
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



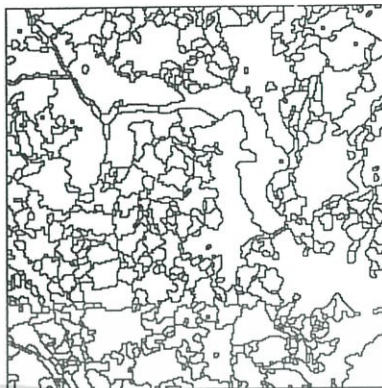
รูปที่ 5.12 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

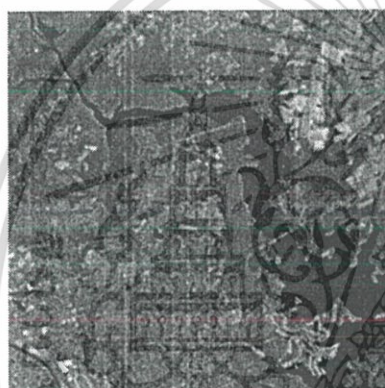
## 5.4 ผลการทดลอง



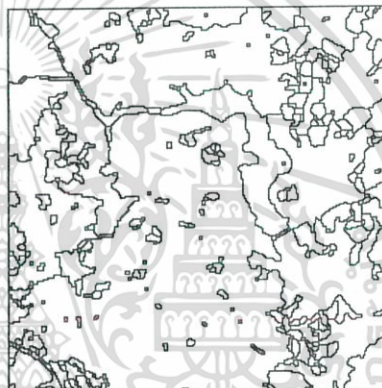
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4



(ข) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(ก)



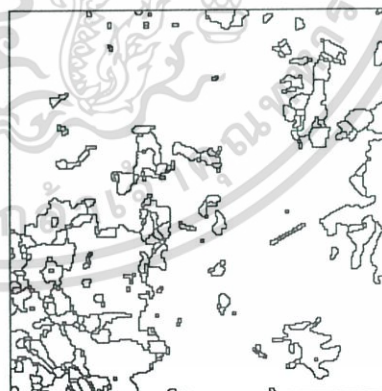
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5



(ง) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(ค)



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6



(ฉ) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(จ)

รูปที่ 5.13 ขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เอด  
ทรานฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลอง ได้นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และ แบนด์ที่ 6 มาทำการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการของวอเตอร์เอดทรานฟอร์ม โดยกำหนดให้มีการแบ่งส่วนในภาพออกเป็น 1,200 พื้นที่ย่อย ในรูปที่ 5.12(ข) รูปที่ 5.12(ง) และ รูปที่ 5.12(ฉ) แสดงถึงขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เอดทรานฟอร์ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.5 การวัดคุณภาพของการแยกส่วนในภาพ

ในการวัดคุณภาพของการแยกส่วนในภาพสามารถนำเอาหลักการของ Lim และ Lee [12] มาทำการประเมินได้โดยการวิเคราะห์ระหว่างขอบภาพที่ตรวจจับได้กับขอบภาพที่แท้จริง เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างขอบภาพที่ตรวจจับได้กับขอบภาพที่แท้จริงที่เกิดขึ้นจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ bit และ hole โดย bit หมายถึง ส่วนของขอบภาพที่ตรวจจับได้และไม่ได้ทับซ้อนกับขอบภาพที่แท้จริง hole หมายถึง ความล้มเหลวในขบวนการสร้างขอบภาพทำให้ไม่มีขอบภาพปรากฏขึ้น จาก[12]จะได้ว่า

$$PE = P(O)P(B|O) + P(B)P(O|B) \quad (5.12)$$

เมื่อ

$PE$  คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด (Probability of error)

$P(O)$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นขอบภาพ (Object)

$P(B)$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นพื้นหลัง (Background)

$P(O|B)$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นขอบภาพ โดยกำหนดให้ทำการสุ่มมาจากพื้นหลัง

$P(B|O)$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นพื้นหลัง โดยกำหนดให้ทำการสุ่มมาจากขอบภาพ

เมื่อกำหนดให้

$N_b$  จำนวนจุดภาพที่มีลักษณะเป็น bit ที่เกิดขึ้นในภาพ

$N_h$  จำนวนจุดภาพที่มีลักษณะเป็น hole ที่เกิดขึ้นในภาพ

$N_c$  จำนวนจุดภาพของขอบภาพที่แท้จริง

$N$  จำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพ

จะได้ว่า

$$P(O) = \frac{N_c}{N} \quad (5.13)$$

$$P(B|O) = \frac{N_b}{N - N_c} \quad (5.14)$$

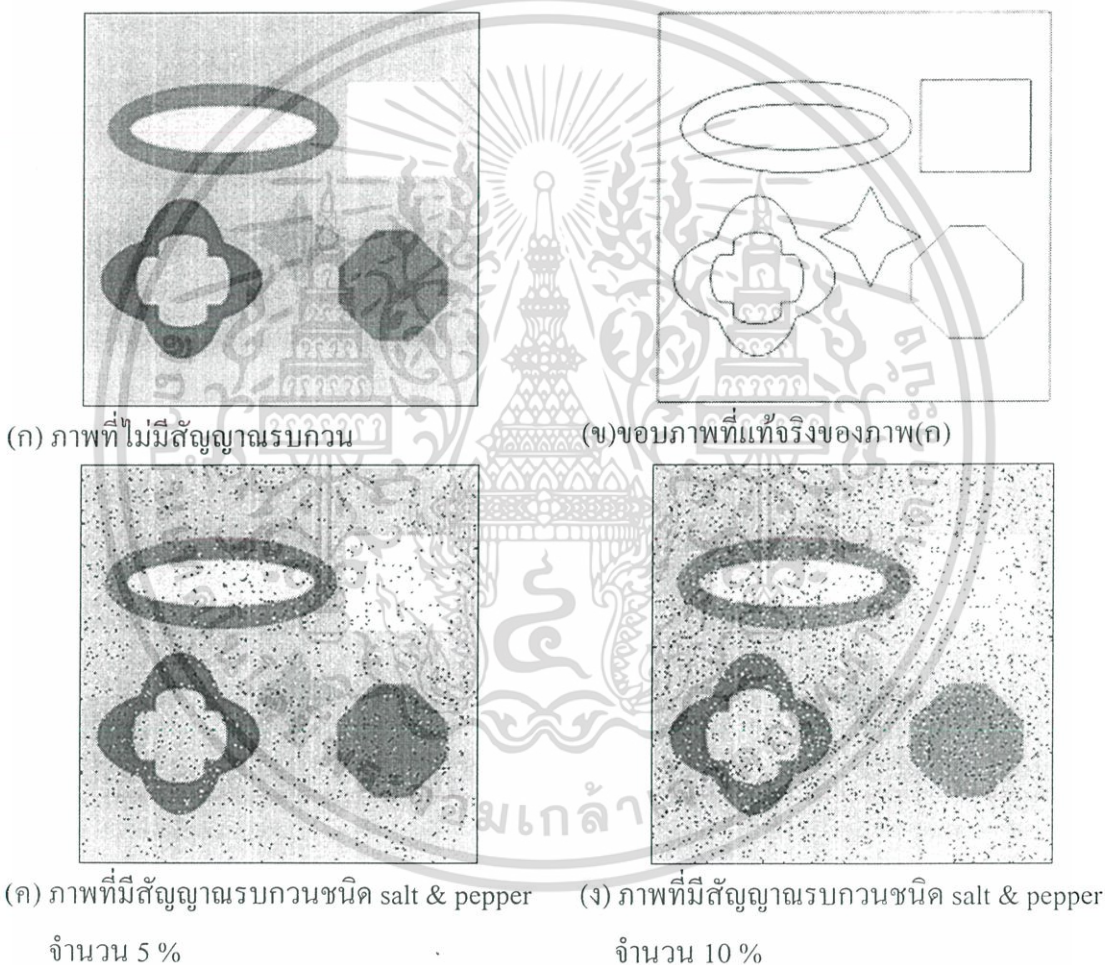
$$P(B) = \frac{N - N_c}{N} \quad (5.15)$$

$$P(O|B) = \frac{N_b}{N - N_c} \quad (5.16)$$

$$PE = \frac{N_c}{N} \frac{N_b}{N - N_c} + \frac{N - N_c}{N} \frac{N_b}{N - N_c} = \frac{N_b + N_h}{N} \quad (5.17)$$

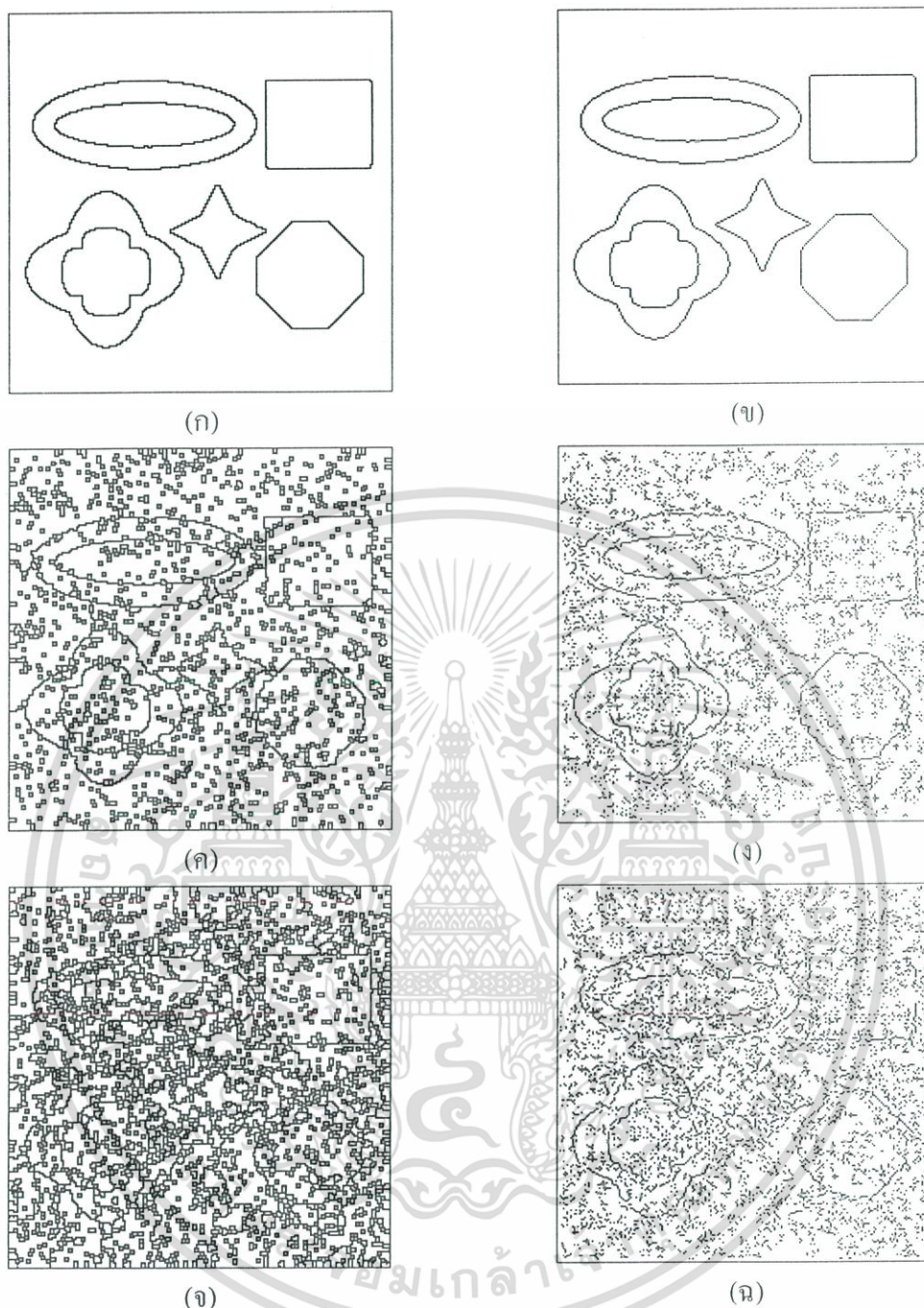
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการสร้างภาพเฉพาะซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงเรขาคณิตต่างๆขึ้นมาดังรูปที่ 5.14(ก) โดยที่รู้ขอบภาพที่แท้จริงอยู่ก่อนแล้วดังแสดงในรูปที่ 5.14(ข) และทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper ให้กับภาพเฉพาะดังแสดงใน รูปที่ 5.14(ค) และรูปที่ 5.14(ง) จากนั้นจึงนำเอาเมื่อนำภาพที่สร้างขึ้นมานี้ไปทำการหาขอบภาพโดยใช้หลักการของ วอเตอร์เอดทรานฟอร์ม์รวมถึงการหาขอบภาพด้วยวิธี Canny[13] โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 5.15 จากนั้นจึงทำการหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดของการแยกส่วนในภาพทั้งสองวิธีเพื่อเปรียบเทียบกัน ผลของการคำนวณค่าจากสมการดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของการแยกส่วนในภาพคือถ้าผลการคำนวณมีค่าน้อยจะถือว่ามีความถูกต้องมาก ซึ่งผลการคำนวณที่ได้แสดงในตารางที่ 5.3



รูปที่ 5.14 ภาพที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ทดสอบวิธีการหาขอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ขอบภาพของรูปภาพที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ

- (ก) (ค) (จ) ขอบภาพที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพด้วยวอเตอร์เฉด
- (ข) (ง) (ฉ) ขอบภาพที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Canny
- (ค) (ง) เมื่อภาพต้นฉบับมีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper จำนวน 5 %
- (จ) (ฉ) เมื่อภาพต้นฉบับมีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper จำนวน 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาด

วิธีการ	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด(%)		
	ไม่มีสัญญาณรบกวน	มีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper 5%	มีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper 10%
Watershed Transform	6.48	28.52	39.81
Canny	8.26	10.21	19.85

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่า หากภาพที่นำมาทำการหาขอบภาพไม่มีสัญญาณรบกวน ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดโดยการใช้ วอเตอร์เชดทรานฟอร์มจะมีค่าที่น้อยกว่าการใช้วิธีการของ Canny แต่ถ้าหากในภาพนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดโดยการใช้วอเตอร์เชดทรานฟอร์มจะมีค่าที่มากกว่าการใช้วิธีการของ Canny เนื่องจากคุณสมบัติของการแยกส่วนในภาพด้วยวอเตอร์เชดนั้นขอบของภาพที่ได้จะต้องต่อเนื่องและไม่ขาดหายไปหรือมีลักษณะเป็นเส้น contour ถ้าจุดภาพใดในภาพเป็นสัญญาณรบกวน กระบวนการแยกส่วนในภาพด้วยวอเตอร์เชดก็จะทำเส้น contour ล้อมรอบบริเวณจุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนนั้น ทำให้เกิดจุดภาพที่มีลักษณะเป็น bit เกิดขึ้น และทำให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดมีค่าสูงขึ้น

## 5.6 บทสรุป

กระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม ไม่สามารถนำไปใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมได้โดยตรง ต้องนำภาพถ่ายดาวเทียมนั้นไปทำภาพเกรเดียนต์ก่อน ซึ่งการทำภาพเกรเดียนต์ ในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการทำภาพเกรเดียนต์ของ Sobel จากนั้น จึงนำภาพไปผ่านกระบวนการ การสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ เพื่อลดจำนวนพื้นที่ย่อยที่จะเกิดขึ้นหลังผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์มสามารถที่จะแยกกลุ่มจุดภาพที่มีความสม่ำเสมอหรือเป็นเอกพันธ์ได้ดีและมีความแม่นยำในการแยกส่วนในภาพที่สูง

## บทที่ 6

# การปรับปรุงภาพดิจิทัล

### 6.1 บทนำ

โดยทั่วไป การปรับปรุงภาพ จะเป็นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกว่าภาพเดิม เพื่อให้มนุษย์หรือเครื่องจักรกลสามารถวิเคราะห์ภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงภาพคือ การเปลี่ยนแปลงค่าฮิสโตแกรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าฮิสโตแกรมของภาพ จะมีผลทำให้จุดภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นจากจุดภาพหนึ่งจุดภาพใด โดยไม่เกี่ยวข้องกับค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียง ดังนั้นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมของภาพ จะเป็นการประมวลผลภาพแบบจุด ซึ่งผลลัพธ์หลังการเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรม จะช่วยทำให้มองเห็นรายละเอียดในภาพชัดเจนขึ้น ซึ่งในการประมวลผลการเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมของภาพนั้นจะใช้วิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram equalization) ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีความแตกต่างของรายละเอียดภายในสูงและชัดเจน

### 6.2 การปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)

การแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non linear) บางครั้งเรียกว่า การกระจายข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Distribution Stretch) ซึ่งทำการกระจายฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบใหม่ โดยจะพยายามทำให้ความหนาแน่นของข้อมูลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงระดับสีเทาทั้งหมด ซึ่งการกระจายค่าตัวเลขของข้อมูลใหม่จะทำให้อัตราความแตกต่างของภาพสูงขึ้น โดยจะเรียกวิธีการนี้ว่า การปรับเรียบฮิสโตแกรม

จาก [14] กำหนดให้  $X = \{X(i, j)\}$  แสดงถึงภาพที่มีระดับสีเทา  $L$  ระดับ โดย  $X$  หมายถึงค่าระดับสีเทา ของจุดภาพที่พิกัด  $(i, j)$  กำหนดให้  $N$  คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพ และกำหนดให้  $X_0$  คือค่าระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดในภาพ  $X_{L-1}$  คือค่าระดับสีเทาที่สูงที่สุดในภาพ จะได้ว่า  $\forall X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$  โดยปกติภาพขาวดำที่ถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิตต่อจุดภาพ จะมีระดับสีเทาทั้งหมด 256 ระดับ จะได้ว่า  $\forall X(i, j) \in \{0, 1, \dots, 255\}$  ขั้นตอนในการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด มีดังนี้

1) ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น ของค่าความเข้มของจุดภาพ (Probability Density Function:PDF)

$$p(X_k) = \frac{n_k}{N}, \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (6.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $n_k$  คือจำนวนจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ  $X_k$   
 $X_k$  คือ ค่าระดับสีเทา โดยมีระดับสีเทาดั้งแต่  $X_0$  จนถึง  $X_{L-1}$   
 $N$  คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพ

2) คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ของ PDF ดังสมการที่(6.2)

$$c(X_k) = \sum_{i=0}^k p(X_i) \quad (6.2)$$

โดย  $k = 0, 1, \dots, L-1$  และจะได้ว่า  $c(X_{L-1}) = 1$

3) แปลงเป็นฟังก์ชันการปรับเรียบฮิสโตแกรม โดยที่  $X_0$  เป็นค่าต่ำสุดของค่าระดับสีเทา และ  $X_{L-1}$  เป็นค่าสูงสุดของค่าระดับสีเทา

$$f(X_k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(X_k), \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (6.3)$$

4) ทำการปรับเรียบภาพทั้งหมดจากภาพที่ได้

$$Y = f(X) = \{f(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X\} \quad (6.4)$$

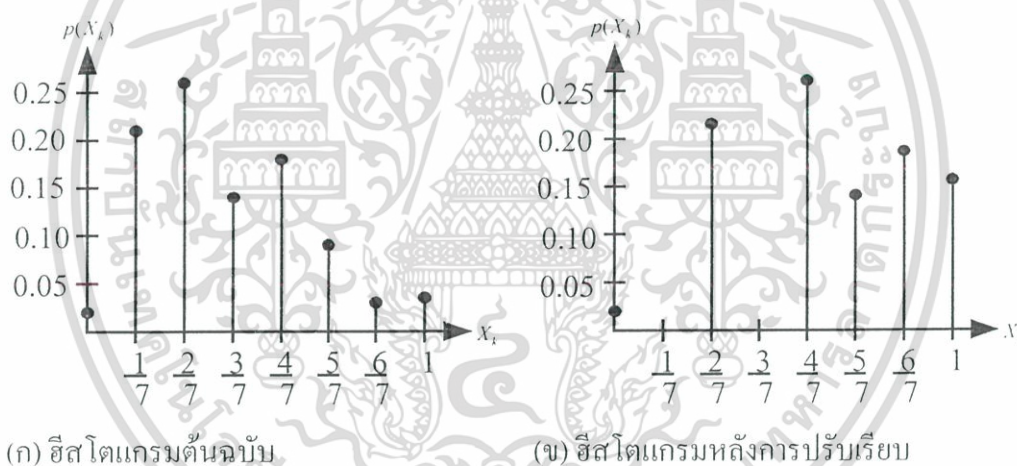
เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จะขอยกตัวอย่างการปรับเรียบฮิสโตแกรมของภาพขนาด 64x64 จุดภาพ โดยมีการกระจายของค่าระดับสีเทาดังแสดงในตารางที่ 6.1

จากการปรับเรียบฮิสโตแกรม จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา 0 จะยังคงอยู่ที่ 0 ที่ฮิสโตแกรมใหม่ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเดิมเป็น 1/7 จะไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 2/7 ของฮิสโตแกรมใหม่ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเดิมเป็น 2/7, 3/7 และ 4/7 จะไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 4/7, 5/7 และ 6/7 ในฮิสโตแกรมใหม่ ส่วนค่าระดับสีเทาเดิมที่เป็น 5/7, 6/7 และ 1 จะไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 1 ในฮิสโตแกรมใหม่ ดังนั้นจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา 1 ในฮิสโตแกรมใหม่จะมีจำนวน  $408 + 116 + 144 = 668$  จุดภาพหรือจะมีความน่าจะเป็นรวมกันเท่ากับ 0.1631 สำหรับฮิสโตแกรมต้นฉบับและฮิสโตแกรมใหม่ที่ได้หลังจากการปรับเรียบฮิสโตแกรมแสดงในรูปที่ 6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 ลักษณะการกระจายของค่าระดับสีเทาของภาพที่มีจำนวนระดับสีเทา 8 ระดับ

$X_k$	$n_k$	$p(X_k) = \frac{n_k}{N}$	$c(X_k)$	$f(X_k)$
$X_0$	92	0.0225	0.0225	$0.0225 \approx 0$
$X_1$	870	0.2124	0.2349	$0.2349 \approx \frac{2}{7}$
$X_2$	1103	0.2693	0.5042	$0.5042 \approx \frac{4}{7}$
$X_3$	603	0.1472	0.6514	$0.6514 \approx \frac{5}{7}$
$X_4$	760	0.1855	0.8369	$0.8369 \approx \frac{6}{7}$
$X_5$	408	0.0996	0.9365	$0.9365 \approx 1$
$X_6$	116	0.0283	0.9648	$0.9648 \approx 1$
$X_7$	144	0.0352	1.000	$1.000 \approx 1$



รูปที่ 6.1 การปรับเรียบฮิสโตแกรมของตารางที่ 6.1

เนื่องจากการกระจายข้อมูลตามความหนาแน่นไปยังค่าระดับสีต่ำสุดจนถึงค่าระดับสีขาวที่สุด จึงมีโอกาที่จะเกิดข้อมูลที่มีค่าระดับสีต่ำและระดับสีขาวใกล้เคียงกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องค่าความสว่างอิมตัวในบริเวณที่ระดับสีเทามีคหรือสว่างใกล้เคียงกัน ทำให้มองไม่เห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นได้ ซึ่งเป็นข้อเสียของการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดย นำภาพที่จะทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมมาทำการจำแนกหรือแยกกลุ่มข้อมูลภาพ จากนั้นนำวิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรมมาประยุกต์ใช้กับภาพในพื้นที่ย่อยที่ถูกจำแนกไว้แล้ว ซึ่งเรียกว่าการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย

ในการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย ภาพ  $X$  จะถูกจำแนกหรือแยกส่วนภาพออกเป็น  $c$  ส่วน ตามลำดับ

$$X = X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_c \quad (6.5)$$

พิจารณาพื้นที่ย่อยลำดับ  $r$

$$X_r = \{X_{r\min}, X_{r1}, \dots, X_{r\max}\} \quad (6.6)$$

$$X_r = \{x(i, j) \mid x(i, j) \in X\} \quad (6.7)$$

$$X_{r-1} \cap X_r = 0 \quad (6.8)$$

เมื่อ

$X_{r\min}$  คือ ค่าระดับสีเทาที่ต่ำสุดในพื้นที่ย่อยลำดับ  $r$

$X_{r\max}$  คือ ค่าระดับสีเทาที่สูงสุดในพื้นที่ย่อยลำดับ  $r$

ค่า PDF ของภาพในพื้นที่ย่อยลำดับ  $r$  คือ

$$p_r(X_{rk}) = \frac{n_{rk}}{N_r} \quad (6.9)$$

$n_{rk}$  แทน จำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อยที่ลำดับ  $r$  ที่มีค่าระดับสีเทา  $X_{rk}$

$X_{rk}$  คือ ค่าระดับสีเทาในพื้นที่ย่อยที่ลำดับ  $r$  โดยมีระดับสีเทาตั้งแต่  $X_{r\min}$  จนถึง  $X_{r\max}$

$N_r$  คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดของพื้นที่ย่อยที่ลำดับ  $r$

ค่า CDF ของ PDF คือ

$$c_r(X_{rk}) = \sum_i^k p_r(X_{ri}) ; \min \leq i \leq k \leq \max \quad (6.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนองเดียวกันกับกรณีของการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด ทำการแปลงเป็นฟังก์ชันการปรับเรียบฮิสโตแกรมได้โดย

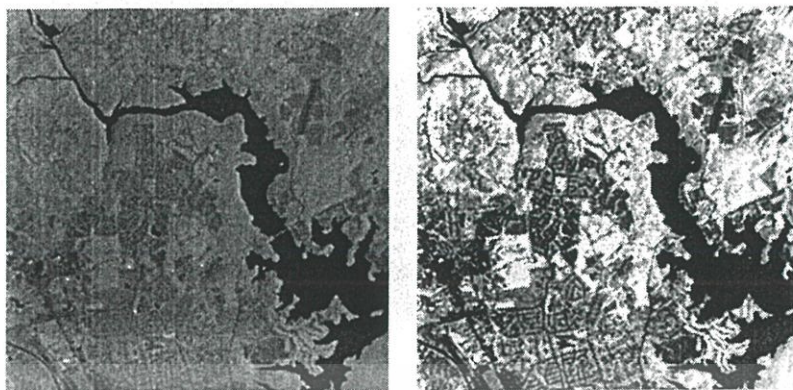
$$f_r(X_{rk}) = X_{r\min} + (X_{r\max} - X_{r\min})c_r(X_{rk}) \quad (6.11)$$

ในพื้นที่ย่อยอื่นๆ ก็ให้พิจารณาเช่นเดียวกันกับพื้นที่ย่อย  $X_r$  และจากการแปลงฟังก์ชันนำมาประยุกต์ใช้กับการภาพในพื้นที่ย่อย การปรับเรียบภาพจะอิสระจากกัน ดังนั้นสามารถทำการปรับเรียบภาพในพื้นที่ย่อยได้ดังนี้

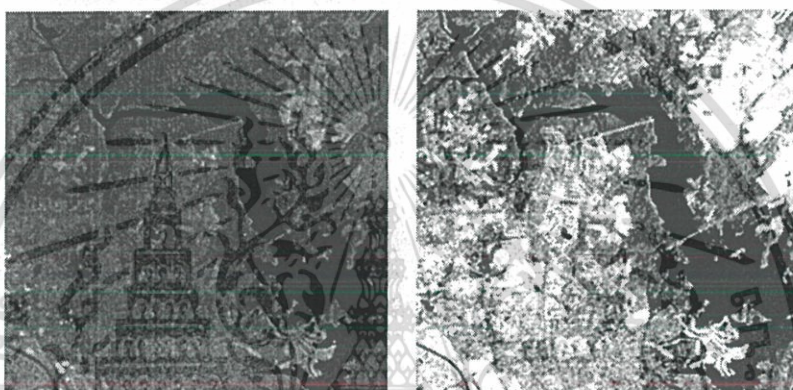
$$Y = \{y(i, j)\} = f_1(X_{1k}) \cup f_2(X_{2k}) \cup \dots \cup f_c(X_{ck}) \quad (6.12)$$

จากทฤษฎีและขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีฮิสโตแกรมอีควาไลเซชันที่ได้นำเสนอสามารถทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพในพื้นที่ย่อยได้ดังรูปที่ 6.2 และ 6.3





(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4      (ข) ภาพ(ก) ที่ผ่านการทำ GHE



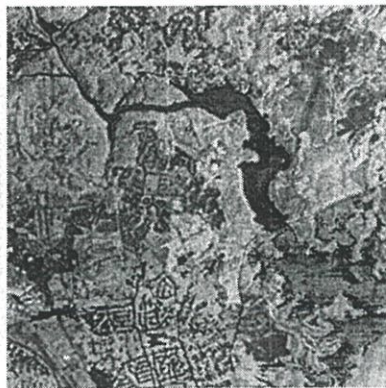
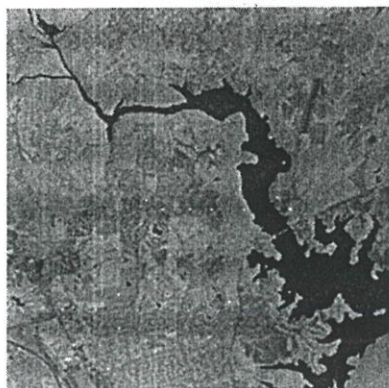
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5      (ง) ภาพ(ค) ที่ผ่านการทำ GHE



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6      (ฉ) ภาพ(จ) ที่ผ่านการทำ GHE

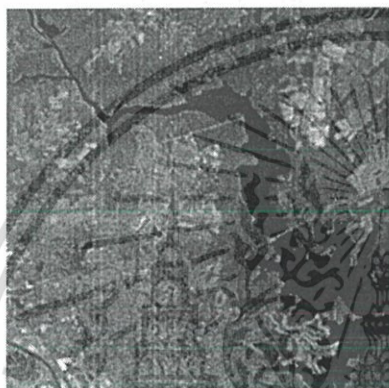
รูปที่ 6.2 ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



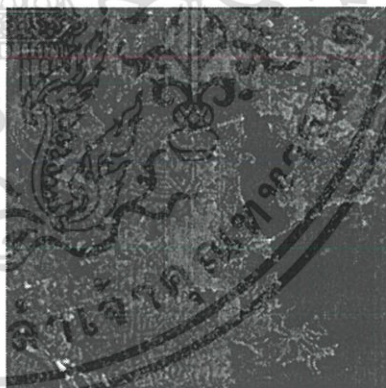
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4

(ข) ภาพ(ก) ที่ผ่านการทำ LHE



(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5

(ง) ภาพ(ค) ที่ผ่านการทำ LHE



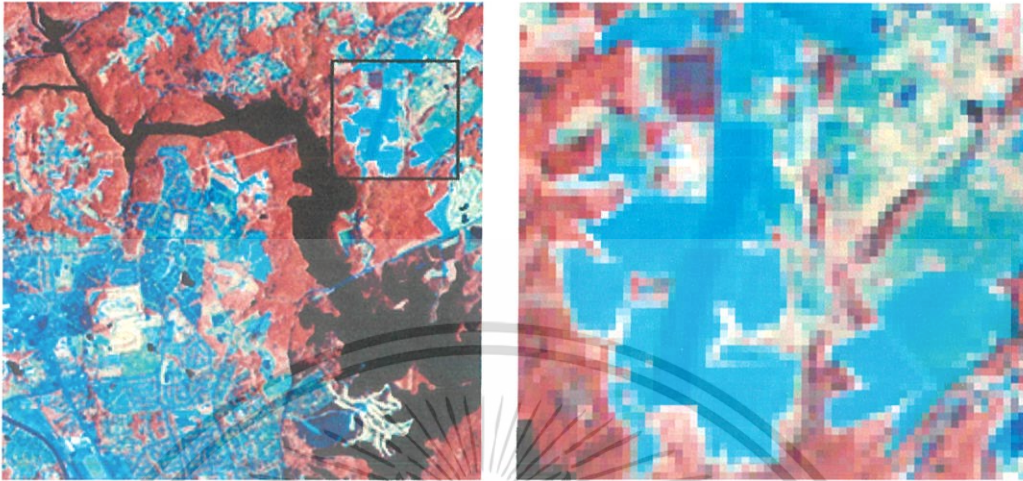
(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6

(ฉ) ภาพ(จ) ที่ผ่านการทำ LHE

รูปที่ 6.3 ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮีสโตแกรมในพื้นที่ย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดและในพื้นที่ย่อย



(ก) ภาพสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด และภาพขยายที่อยู่ภายในกรอบ



(ข) ภาพสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย และภาพขยายที่อยู่ภายในกรอบ

### รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ย่อย

ภาพที่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 6.2 และการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ย่อยดังแสดงในรูปที่ 6.3 มาทำการกำหนดสีโดยให้ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ 4 เป็นสีแดง ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 5 เป็น สีเขียว และภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 6 เป็น สีน้ำเงิน เพื่อนำไปผสมเป็นภาพสี อาร์จีบี ดังแสดงในรูปที่ 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่ามีส่วนที่บางส่วนของภาพถ่ายสีจากรูป 6.4(ก) ไม่สามารถให้รายละเอียดได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 6.4(ข) เนื่องจากในบางพื้นที่จะมีการอิมตัวของระดับสีเทาซึ่งจะทำให้การรวมกันของภาพสีที่ได้นั้นเกิดการสว่างจ้ามากเกินไปจนไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดในภาพ จึงทำให้ทราบว่า การปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ที่ย่อนั้นสามารถที่จะขจัดการอิมตัวของระดับสีเทา ซึ่งจะทำให้การแยกแยะหรือการแปลความหมายจากภาพทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 6.4 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ

จากขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น จะนำภาพที่ได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพได้โดยวิธีการหาค่าความแปรปรวน[15] โดยค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาที่จุดภาพใดๆจะหาได้จากสมการ

$$m_x(i, j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} x(k, l) \quad (6.13)$$

ค่าความแปรปรวนของจุดภาพใดๆ

$$\sigma_x^2(i, j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} [x(k, l) - m_x(i, j)]^2 \quad (6.14)$$

โดยปกติ ถ้า  $\sigma_x^2$  มีค่ามาก จะแสดงถึงค่าของตัวแปร  $x$  มีการกระจายจากค่าเฉลี่ย ( $m_x$ ) มาก ถ้า  $\sigma_x^2$  มีค่าน้อยจะแสดงว่าค่าของตัวแปร  $x$  มีการกระจายจากค่าเฉลี่ยน้อย และถ้า  $\sigma_x^2 = 0$  จะหมายถึงว่าไม่มีค่าความแปรปรวนเลย นั่นคือ กลุ่มข้อมูลที่ถูกนำมาคำนวณค่าความแปรปรวนนั้นมีค่าเท่ากับ  $x$  ซึ่งเมื่อนำค่า  $\sigma_x^2$  ไปใช้วิเคราะห์ภาพถ่ายจะได้ว่าจุดภาพใดๆที่มีค่าความแปรปรวนน้อยจะแสดงถึงบริเวณกลุ่มภาพที่มีจุดภาพดังกล่าวนั้นอยู่จะมีระดับสีเทาที่ไม่ต่างไปจากจุดภาพที่พิจารณา ซึ่งจะเรียกกลุ่มภาพดังกล่าวนี้ว่ากลุ่มราบเรียบ (smooth) แต่ถ้าจุดภาพใดๆมีค่าความแปรปรวนสูงมาก สันนิษฐานได้ว่าจุดภาพนั้นจะมีระดับสีเทาที่ต่างจากบริเวณกลุ่มภาพที่มีจุดภาพดังกล่าวนั้นอยู่มาก โดยจะเรียกกลุ่มที่มีค่าความแปรปรวนที่สูงมากนี้ว่า กลุ่มขอบภาพ (edge) และกลุ่มภาพสุดท้ายคือกลุ่มรายละเอียด คือจุดภาพใดๆที่มีค่าความแปรปรวนที่ไม่สูงและไม่ต่ำจนเกินไป

จาก[15] คุณสมบัตินี้ของภาพที่ดีเมื่อผ่านขบวนการการปรับปรุงคือ ค่าความแปรปรวนในส่วนกลางของรายละเอียดควรมีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ค่าความแปรปรวนในส่วนราบเรียบและขอบภาพควรมีค่าที่เพิ่มขึ้นไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

ในตารางที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่าภาพที่ผ่านขบวนการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในกลุ่มของรายละเอียดและกลุ่มของขอบภาพจะมีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับและภาพที่ผ่านขบวนการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย โดยเฉพาะค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของส่วนขอบภาพจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ต้องการเพิ่ม

สำหรับภาพที่ผ่านการทำฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในส่วนของรายละเอียดจะเพิ่มขึ้น และค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในส่วนขอบภาพจะมีค่าใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ นั้นแสดงว่าวิธีการที่นำเสนอมีความถูกต้องสอดคล้องกับวิธีการประเมิน

ตารางที่ 6.2. ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และแบนด์ที่ 6 ที่ผ่านการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบต่างๆ

กำหนดกลุ่มภาพ	ภาพต้นฉบับ	ภาพที่ผ่าน GHE	ภาพที่ผ่าน LHE	
แบนด์ 4	ราบเรียบ	201	308	248
	รายละเอียด	534	997	1013
	ขอบภาพ	2056	3812	2227
แบนด์ 5	ราบเรียบ	151	314	208
	รายละเอียด	520	829	835
	ขอบภาพ	1554	2685	1716
แบนด์ 6	ราบเรียบ	34	46	38
	รายละเอียด	123	253	316
	ขอบภาพ	743	2163	789

### บทสรุป

จะเห็นว่า การทำฮิสโตแกรมแบบปรับเรียบภายในพื้นที่ทั้งหมดจะทำให้เกิดการอิมตัวของระดับสีซึ่งทำให้รายละเอียดบางส่วนในภาพหายไป ทำให้การจำแนกและการแปลความหมายของข้อมูลภาพนั้นผิดเพี้ยนไป แต่สำหรับการทำฮิสโตแกรมแบบปรับเรียบภายในพื้นที่ย่อย จะยังคงสามารถรักษารายละเอียดของภาพไว้ได้ ทำให้ภาพสีที่ได้มีรายละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 7.1 สรุปผลการวิจัย

ภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจระยะไกล จะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลภาพดิจิทัลและเป็นภาพระดับสีเทา โดยทั่วไปความแตกต่างของภูมิประเทศจะมีค่าการสะท้อนของความยาวคลื่นแม่เหล็กที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจึงจำเป็นต้องนำมาใช้พร้อมๆกันจึงจะได้ประโยชน์สูงสุด การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมหลายภาพที่ได้จากแถบความยาวคลื่นต่างๆพร้อมกันเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ เทคนิคอย่างหนึ่งที่นำมาใช้คือการรวมภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นให้มาเป็นภาพถ่ายสี

ภาพถ่ายสีสามารที่จะแสดงรายละเอียดของข้อมูลภาพได้ 16.7 ล้านระดับสี ในขณะที่ภาพถ่ายระดับสีเทาสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลภาพได้เพียง 256 ระดับสี ทำให้กระบวนการจำแนกและการแปลความหมายภาพถ่ายสีเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้ภาพสีจะเกิดจากการนำภาพถ่ายดาวเทียมแลนเซทที่ได้ทำการปรับปรุงภาพแล้วในช่วงคลื่นที่ 4 ช่วงคลื่นที่ 5 และ ช่วงคลื่นที่ 6 มารวมกัน สำหรับการปรับปรุงภาพที่นำมาใช้ในงานวิจัยคือการใช้เทคนิคการปรับเรียบฮิสโตแกรม

การปรับเรียบฮิสโตแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีสองแบบด้วยกันคือแบบวงกว้างและแบบพื้นที่ย่อย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์มทำการแยกส่วนในภาพ

ในการแยกส่วนในภาพที่ดีนั้น ภายในพื้นที่ย่อยต่างๆหลังการแยกส่วนไม่ควรมีพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยภายในพื้นที่ย่อยหลังการแยกส่วน สำหรับพื้นที่ย่อยที่ประชิดติดกันต้องมีความแตกต่างของคุณสมบัติความสม่ำเสมอและเส้นแบ่งเขตของแต่ละพื้นที่หลังการแยกส่วนต้องมีความต่อเนื่องโดยไม่มีการขาดหาย ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การแยกส่วนในภาพด้วยการใช้หลักการวอเตอร์เชดทรานฟอร์มนี้จะมีความถูกต้องและความแม่นยำสูงในการแยกส่วนของขอบเขตพื้นที่ต่างๆโดยเส้นแบ่งเขตต่างๆจะมีลักษณะบาง

เมื่อทำการเปรียบเทียบภาพถ่ายที่ผ่านขบวนการปรับเรียบฮิสโตแกรมทั้งสองแบบที่ได้จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า การปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบพื้นที่ย่อย จะสามารถกระจายรายละเอียดของข้อมูลข่าวสารให้มีความชัดเจนมากกว่าการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบวงกว้าง ทั้งนี้เนื่องจากการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบวงกว้างจะเกิดการอึดตัวของความเข้มแสงทำให้ข้อมูลข่าวสารบางส่วนหายไป

## 7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

การกำหนดจำนวนพื้นที่ย่อยตามที่ต้องการจากการใช้ หลักการของวอเตอร์เชดทรานฟอร์ม จะไม่สามารถกำหนดได้ก่อนเริ่มกระบวนการการแยกส่วนในภาพ ต้องนำภาพไปผ่านกระบวนการก่อน จากนั้นจึงนำไปคำนวณหาจำนวนพื้นที่ย่อยที่เกิดขึ้นมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] I. Pitas, **Digital Image Processing Algorithms and Application**. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [2] P. J. Gibson, C. H. Power, **Introductory Remote Sensing : Digital Image Processing and Applications**. : Routledge, 2000.
- [3] D. L. Verbyla, **Satellite Remote Sensing of Natural Resources**. : CRC Lewis Publishers, 1995.
- [4] R. W. Hornbeck, **Numerical Methods**. New York : Quantum Publishers, Inc., 1975.
- [5] J. A. Richards, X. Jia, **Remote Sensing Digital Image Analysis**. Springer, 1999
- [6] T. M. Lillesand, R. W. Kiefer, **Remote Sensing and Image Interpretation**. : John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [7] R.C. Gonzalez and P. Wintz, **Digital Image Processing**. : Addison-Wesley, Inc., 1997.
- [8] M. Nagao and T. Matsuyama, “**Edge Pressrving Smoothing**.” Computer Graphics and Image Processing, vol.9, pp. 374-407, 1979
- [9] 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.
- [10] L.Vincent and P.Soille. “**Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations**.” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol13, No.6, June 1991
- [11] L. Vincent “**Morphological Grayscale Reconstruction in Image Analysis : Applications and Efficient Algorithms**.” IEEE Transactions on Image Processing, vol.2, No.2, pp. 176-201, April 1993
- [12] Y.W. Lim and S. U.Lee, “**On the color Image segmentation algorithms based on the thresholding and fuzzy c-means techniques**”, Pattern Recognition 23, pp. 935-952, 1990
- [13] J. Canny, “**A Computational Approach for Edge Detection**” IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 8, no.6, pp. 679-698, 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Yu Wang, Qian Chen, and Baomin Zhang, “Image Enhancement Based On Equal Area Dualistic Sub-image Histogram Equalization Method”, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 1, pp. 68-73.
- [15] D. C. Change, W. R. Wu, “Image Contrast Enhancement Based on a Histogram Transformation of Local Standard Deviation.” IEEE Trans. Medical Image, vol. 17, pp. 518-531, 1998.
- [16] J. R. Jensen, **Introductory Digital Image Processing**. : Prentice Hall, 1996.
- [17] R. A. Johnson, **Applied Multivariate Statistical Analysis**. : Prentice Hall, 1988.
- [18] C. J. Stone, **A Course in Probability and Statistics**. : Duxbury Press, 1996.
- [19] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- [20] R. V. Hogg and E. A. Tanis, **Probability and Statistical Inference**. : Maxwell Macmillan International Edition, 1989.
- [21] E. R. Dougherty, **Probability and Statistic for the Engineering, Computing, and Physical Sciences**. : Prentice-Hall, Inc. 1990.
- [22] T. W. Anderson, **An Introduction to Multivariate Statistic Analysis**. 2<sup>nd</sup> ed. : John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- [23] วิสาข์ เกษประทุม. **ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด
- [24] ชีระ วีระถาวร. **ความน่าจะเป็นเบื้องต้น:ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน จำกัด พัทธการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

## ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] B.Lertpokanont, S.Chitwong, F.Cheevasuvit and K.Dejhan, “Color Image Enhancement Using Local Area Histogram Equalization On Segmented Regons Via Watershed Transform ” Proc. the 24<sup>th</sup> ,2003,Bu Asian Conference on Remote Sensing(ACRS'2003)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

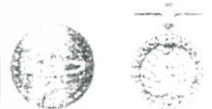


*Proceedings of*  
**ACRS 2003 ISRS**

**The 24th Asian Conference on Remote Sensing & 2003 International Symposium on Remote Sensing**

**3-7 November 2003**

**Busan Exhibition and Convention Center  
 (BEXCO) Busan, KOREA**



Korean Society of Remote Sensing (KSRS)

Asian Association on Remote Sensing (AARS)

Executive Committee of Environmental Monitoring from Space of East Asia (EMSEA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Color Image Enhancement Using Local Area Histogram Equalization On Segmented Regions Via Watershed Transform

B.Lertpokanont, S.chitwong, F. Cheevasuvit and K. Dejhan

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.  
kcsakrey@kmitl.ac.th

**Abstract:** Since the details in quasi-homogeneous region will be destroyed from the conventional global image enhancement method such as histogram equalization. This defect is caused by the saturation of gray level in equalization process. So the local histogram equalization for each quasi-homogeneous region will be used in order to improve the details in the region itself. To obtain the quasi-homogeneous regions, the original image must be segmented. Here we applied the watershed transform to the interesting image. Since the watershed transform is based on mathematical morphology, therefore, the regions touch can be effectively separated. Hence two adjacent regions which have the similar gray pixels will be split off. The process will be independently applied to three different spectral images. Then three different colors are assigned to each processed image in order to produce a color composite image. By the proposed algorithm, the result image shows the better perception on image details. Therefore, the high efficiency of image classification can be obtained by using this color image.

**Keywords:** watershed transform, histogram equalization

occurred. There will exist a number of tiny and shallow segmented regions. To overcome the mentioned problems, here we propose a method of edge preserving smoothing [3] in order to eliminate these undesired regions. Then the local area histogram equalization is applied to each segmented region, the enhanced image will be obtained. The details of proposed method will be described in the following paragraphs.

## Watershed transform

The watershed transform tries to extract the close and thin edges from the gradient image. By applying gradient masks onto the original image, we will obtain a gradient image. This gradient image can be considered as a topographic map, which presents some hills and basins, at which the hill corresponds to the higher gradient pixels and the basin corresponds to lower gradient pixels respectively. To segment the gradient image, we first realize that the lower gradient area will be the basin. A hole will be made in the bottom of each basin. The water will be entered into each basin after we immerse all basins into the water. So the water level will be increased and the watershed regions will be appeared gradually. The deepest basin or the lowest gradient value will be first entered by water. While the shallower basin or the higher gradient value will be later filled up the water. The step of entering water through the holes of basins after each level of immersion can be shown in Fig. 1.

## Introduction

Segmentation is a process for dividing or partitioning the image into some regions, under the condition of gray scale similarity of each region. Image segmentation can be accomplished by many main approaches [1]. One of them is watershed transform, which uses the information of boundary and region as the criteria for segmenting the image. Watershed transform is based on mathematical morphology, which has first been proposed by Digabel and lantuejoul [2]. However, the image results are always unsatisfied, since the over-segmented problem is

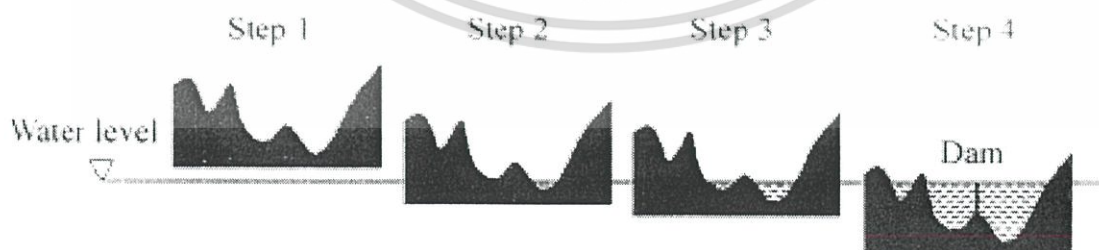


Fig. 1 The immersion of basins into the water for each height level of water

The water level in each basin will be slowly increased. Before the water in the adjacent basins will be merged together, we therefore build a dam in order to split them out. This means that the touch regions can be separately segmented.

Nevertheless, the shallow watersheds with small size will be appeared. These small segmented regions are caused by the presented noise in the original image. Therefore the over-segmented problem will be existed. To eliminate these spurious watersheds, we applied the edge smoothing preserving method [3] to the original image seeing Fig.2. The process of edge smoothing preserving is operated in the iteration manner. After a certain number of iterations, the watershed transform is applied to the smoothed image, the results of segmented image can be shown in Fig. 3

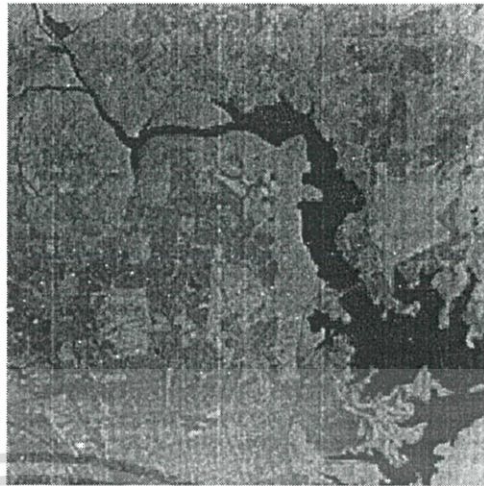


Fig. 2. Original gray scale image.

### Histogram equalization

Normally, the original images especially the satellite images always have low contrast. Therefore to overcome this problem, the image must be enhanced. To enhance an image, the original histogram of image will be modified in order to improve the image perception. In general, the histogram equalization method is always selected due to its simplicity. However, it will cause the saturation of gray scales in the quasi-homogeneous regions. Some purposes such as vegetation growth classification can not be achieved by using the mentioned image. So, to eliminate this defect, the local area histogram equalization is applied to each quasi-homogeneous segmented region only. Here, the segmented regions, contained pixel more than 200, will be enhanced in order to reduce the computation times. The histogram equalization will be applied to these segmented regions, which refers to local area histogram equalization. While the smaller regions will be left without modifying their histograms

### Experimental results

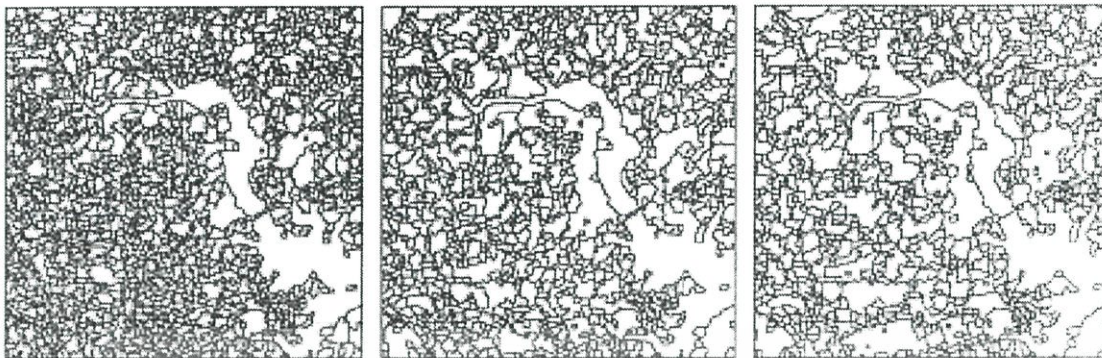
The process is applied onto three spectral images. After assigning the color for each processed image, we will obtain a colorful enhanced image. The result images, from the purposed method and the global histogram equalization, are shown in Fig. 4

### Conclusion

As the results shown in Fig. 4, we found that some quasi-homogeneous regions (such as the enlarge area) can be enhanced without the problem of gray scale saturation, unlike the result from global histogram equalization. The gradual change in each region can be observed and distinguishable. So this will be very useful for vegetable growth surveillance and changed detection.

### Reference

- [1] R. Adams and L. Bischof, "Seeded Region Growing," Proc. Of IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. Pami-16, pp.641-647, 1994.
- [2] H. Digabel and C. Lantuejoul, "Iterative algorithms : In Actsdn Second Symposium Europeend'Analyse Quantitative des Microstructures en Sciences des Materiaux," Biologie et Medecine, Caen,4-7 October 1977.
- [3] M. Nagao and T. Matsuyama, "Edge preserving smoothing," Computer Graphics and Image Processing, vol.9, pp.374-407,1979.
- [4] C. Lemarechal, R. Fjotoft, P. Marthon, E. Cubero-Castan and A. Iopes, "SAR Image Segmentation by Morphological Methods," Proceedings of SPIE, 23-24 September 1998, Barcelona, Spain, pp.111-121.
- [5] R.C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing," Addison-Wesley Publishing Company, 1977.



(a) Segmentation of original image  
Fig. 3 Segmented images

(b) After 1<sup>st</sup> iteration

(c) After the 5<sup>th</sup> iteration



(a) Purposed method.  
Fig.4 Color image enhancement

(b) Global histogram equalization method.

## ประวัติผู้เขียน

นายบุญศิริ เลิศโกศานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กันยายน 2516 ที่จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษา  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม จากสถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2539



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้