



เทคนิคการแบ่งส่วนของข้อมูลภาพเอสเออาร์ด้วยวิธีวอเตอร์เชดและปรับเรียบฮิสโตแกรม
SAR Image Segmentation via Improving Watershed Algorithm with Histogram Enhancement

ณัฐพงศ์ พันธุ์
พศักร์ ชิวสุวิทย์



งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



เทคนิคการแบ่งส่วนของข้อมูลภาพเอสเออาร์ด้วยวิธีวอเตอร์เชดและปรับเรียบฮิสโตแกรม
SAR Image Segmentation via Improving Watershed Algorithm with Histogram Enhancement



ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ
ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงการวิจัย	เทคนิคการแบ่งส่วนของข้อมูลภาพเอสเออาร์ด้วยวีธีวีรเตอร์เฉดและปรับเรียบฮีสโตแกรม
ชื่อนักวิจัย	ณัฐพงศ์ พันธนะ พศัคดี ชิวสุวิทย์
ประเภทการวิจัย	การวิจัยเชิงประยุกต์
สาขาวิชา และคณะ	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีงบประมาณ	2561

บทคัดย่อ

ในการปรับปรุงภาพทั้งภาพนั้นรายละเอียดต่างๆในบริเวณพื้นที่ที่เกือบจะเป็นเนื้อเดียวกันจะถูกทำลาย เช่น การปรับปรุงภาพโดยใช้หลักการปรับเรียบฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ ซึ่งเกิดจากการอิมตัวของระดับสีเทาในขบวนการปรับเรียบ ด้วยเหตุนี้การปรับเรียบ ฮีสโตแกรมในพื้นที่ย่อยจะนำมาใช้ปรับปรุงรายละเอียดต่างๆในแต่ละพื้นที่ย่อยเอง ในการแยกแต่ละพื้นที่ย่อยที่เกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน เราได้ประยุกต์ใช้จากวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม เนื่องด้วยวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม อยู่บนพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับวิชาที่ว่าด้วยรูปร่างลักษณะ ด้วยเหตุนี้แต่ละพื้นที่ย่อยจะถูกแยกออกจากกันอย่างแท้จริง ดังนั้นสองพื้นที่ย่อยที่มีระดับสีเทาคลายคลึงที่อยู่ติดกันจะแยกออกจากกัน ขบวนการที่จะนำมาประยุกต์กับภาพทั้งหมดสามแบนด์ จากนั้นจึงนำภาพทั้งสามแบนด์มารวมกันเป็นภาพสี ผลการใช้อัลกอริทึม ทำให้รายละเอียดต่างๆของภาพดีขึ้น ซึ่งภาพสีที่ได้จะเป็นภาพที่มีการแบ่งแยกรายละเอียดของภาพสูงสามารถที่จะนำเอาภาพสีนี้ไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ, จุดเปลี่ยนโค้งสูงสุดและต่ำสุด, ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์

Research Title SAR Image Segmentation via Improving Watershed Algorithm with Histogram Enhancement

Investigators Nattapong Phanthuna
Fusak Cheevasuwit

Category Applied Research

Faculty Faculty of Electrical Engineering

Year 2018

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.

Keywords: Histogram Equalization, Digital Image, Shape, Absolute mean brightness error

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 การทบทวนการวิจัย.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	3
1.8 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสำรวจระยะไกล.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 หลักการและความหมายของการสำรวจระยะไกล.....	4
2.3 ทฤษฎีคลื่น.....	7
2.4 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน.....	12
2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร.....	15
2.6 บทสรุป.....	25
บทที่ 3 การแยกส่วนในภาพด้วยการแปลงวอเตอร์เอด.....	26
3.1 บทนำ.....	26
3.2 หลักการของการแปลงวอเตอร์เอด.....	26
3.2.1 นิยามต่างๆของหลักการทำให้วัตถุจมในน้ำ.....	27
3.3 การลดจำนวนพื้นที่ย่อย.....	37
3.4 ผลการทดลอง.....	46

3.5 การวัดคุณภาพของการแยกส่วนในภาพ.....	48
3.6 บทสรุป.....	51
บทที่ 4 การปรับปรุงภาพดิจิทัล.....	52
4.1 บทนำ.....	52
4.2 การปรับเรียบฮิสโตแกรม.....	52
4.3 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดและ ในพื้นที่ย่อย.....	59
4.4 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ.....	60
4.5 บทสรุป.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	62
5.3 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	62
เอกสารอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	65

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 ที่ผ่านการปรับเทียบฮิสโตแกรมแบบต่างๆ.....	77



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการสำรวจระยะไกล.....	5
2.2	คุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น.....	7
2.3	แสดงความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล.....	8
2.4	เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม.....	12
2.5	กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน.....	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	แสดงการเลือกข้อมูลภาพช่วงคลื่นต่างๆของข้อมูลภาพแบบหลายช่วงคลื่นมาเป็นองค์ประกอบสีในการแสดงภาพผสมสีแบบอาร์จีบี.....	28
3.5	ไดอะแกรมของฮิสโตแกรมสามมิติของการแสดงภาพสีโดยการใช้รูปแบบจำลองสีแบบอาร์จีบีซึ่งมีขนาด 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 3×3 ที่ใช้ในขบวนการกักร่อนระดับสีเทา.....	57
5.11	แผนภูมิกระบวนการ ของการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่.....	57
5.12	ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ.....	59
5.13	ขอบเขตพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เอด ทราน ฟอร์ม.....	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 ในขณะเดียวกันสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่อยู่บนพื้นโลกก็จะทำหน้าที่รับสัญญาณที่ถ่ายทอดลงมาจากดาวเทียม และทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เก็บไว้เพื่อการใช้งาน รวมถึงการควบคุมการโคจรรอบโลกของดาวเทียมให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

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

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

1.2 การทบทวนงานวิจัย

การปรับปรุงภาพที่มักนำมาใช้คือวิธีการปรับเรียบด้วยเทคนิคของฮิสโตแกรม ซึ่งเป็นวิธีการง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการปรับเรียบฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพจะใช้ฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพทั้งภาพ ซึ่งเรียกว่าการปรับเรียบแบบวงกว้าง แต่ปัญหาของวิธีการนี้ก็คือทำให้เกิดการอิมิตัวของพื้นที่ในภาพซึ่งรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นถูกทำลาย จึงทำให้การจำแนกข้อมูลในส่วนนั้นทำได้ยาก

เพื่อขจัดปัญหาของการอิมิตัวของระดับสีเทา การปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยจึงได้ถูกนำมาใช้แก้ปัญหา นี้ ซึ่งในการหาขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้จากการแยกส่วนในภาพจะใช้หลักการของวอเตอร์เอดทรานฟอร์ม โดยก่อนที่จะทำการหาขอบเขตของพื้นที่ย่อยจะนำภาพถ่ายไปทำการลดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มด้วย ขบวนการปรับเรียบให้ภาพ เมื่อนำภาพที่ได้ผ่านกระบวนการปรับเรียบไปผ่านกระบวนการหาขอบเขตของ พื้นที่ย่อยจะได้ขอบเขตของภาพที่มีความถูกต้อง จากนั้นจึงนำแต่ละพื้นที่ย่อยที่หาได้ไปทำ การปรับเรียบ ฮิสโตแกรม

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างเหมาะสม ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักสำหรับงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

- 1.2.1 พยายามลดค่าเฉลี่ยความผิดพลาดความสว่างให้ต่ำสุด (Minimum AMBE)
- 1.2.2 เพื่อใช้คณิตศาสตร์การแปลงเว็เบ็เลตปรับปรุงสัญญาณให้ดีขึ้น
- 1.2.3 เพื่อปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบแบ่งส่วนอย่างอิสระ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

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

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ด้านวิชาการ: ได้องค์ความรู้ใหม่ที่เชื่อถือได้ นำไปต่อยอดในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดิจิทัลเพื่อประโยชน์ในด้านการเกษตร การทหาร การแพทย์และงานวิจัยอื่นๆ
2. นำไปเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ IEEE Proceeding of Consumer Electronics หรือ SPIE The international Society for optics and Photonics หรือ Journal of IEEE

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติของโลกเรานั้นมีอยู่อย่างจำกัด ทรัพยากรบางอย่างสามารถสร้างขึ้นมาทดแทนได้ แต่บางอย่างก็หมดไปโดยไม่สามารถทดแทนได้ และจากการที่จำนวนประชากรของโลกได้เพิ่มขึ้นทุกวัน ทำให้มีความต้องการใช้ทรัพยากรเพื่อการดำรงชีพเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเพื่อวางแผนการบริหารจัดการ วิเคราะห์ แก้ไขปัญหา ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องอาศัยข้อมูล ข้อเท็จจริงที่ทันต่อสภาพการณ์ปัจจุบัน

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาการแขนงหนึ่งที่ยินยมนำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม โดยสามารถบ่งบอก จำแนกและวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกที่ปราศจากการสัมผัสโดยตรงโดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เนื่องจากสามารถให้รายละเอียดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์

Dinesh Sonker (2013) ได้รายงานการศึกษารเปรียบเทียบวิธีปรับเท่าสีสโตแกรมด้วย 3 วิธี ได้แก่ CLAHE, DSIHE และ DHE สำหรับภาพ Gray Scale ที่มีความคมชัดต่ำทำการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยพื้นฐานของการเปรียบเทียบได้พิจารณาจากค่า Peak signal ratio (PSNR), Mean square error (MSE), Normalized absolute error (NAE), Normalized Correlation, และความสัมพันธ์เรื่องข้อผิดพลาดของสี และอัตราส่วนระหว่างคอมโพสิตสัญญาณสูงสุดต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่า วิธี DSIHE มีค่า AMBE ต่ำที่สุด โดยที่มีค่าคมชัดมากที่สุด

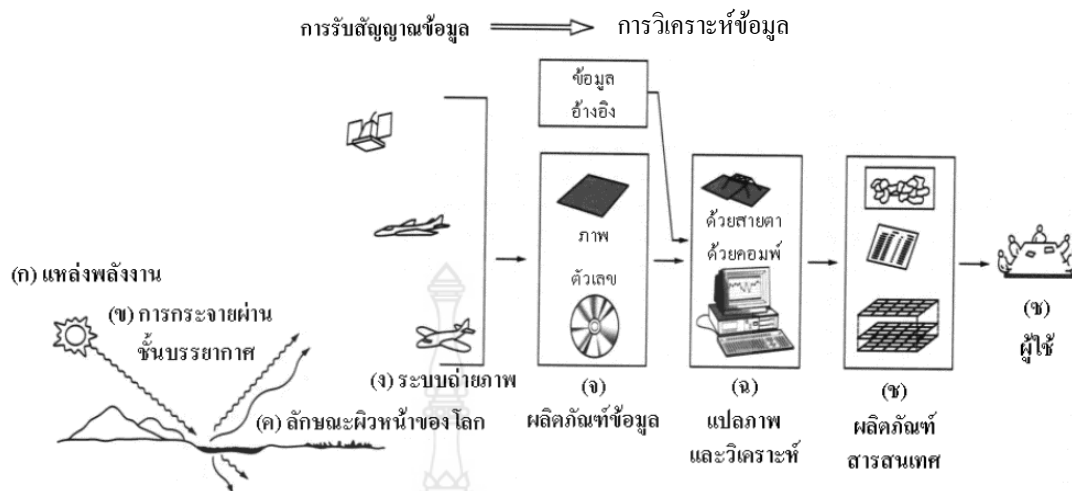
2.2 หลักการและความหมายของการสำรวจระยะไกล

การสำรวจระยะไกล หมายถึง การสำรวจจากระยะไกลโดยไม่มีสัมผัสวัตถุนั้นโดยตรงระหว่างอุปกรณ์การสำรวจกับเป้าหมายที่ต้องการสำรวจ โดยที่ ยานสำรวจ (Platform) อาจจะเป็นเครื่องบิน (Plane) หรือ ดาวเทียม (Satellite) ก็ได้ ร่างกายมนุษย์ถือได้ว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของการสำรวจระยะไกลในทางธรรมชาติซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบตัวอย่างเช่น การไต่ก้อน การไต่ยีน การ

มองเห็น ซึ่งการมองเห็นด้วยตาของมนุษย์มีลักษณะเทียบเคียงกับรีโมทเซนซิงที่ได้จากการประดิษฐ์ขึ้นมากที่สุด โดยที่ร่างกายเปรียบเสมือนฐานของเครื่องสำรวจ มีดวงตาเป็นอุปกรณ์สำรวจที่มีความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆจากการตกกระทบของแสงที่ได้จากวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึงข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำที่เรียกว่าภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image) องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจ ข้อมูลระยะไกล โดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยัง วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น

กระบวนการของการสำรวจระยะไกล สามารถที่จะจำแนกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การรับสัญญาณข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.1

1. การรับสัญญาณข้อมูล (Data Acquisition) เป็นกระบวนการบันทึกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือส่งผ่านของวัตถุด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูลบนยานสำรวจ แล้วทำการส่งข้อมูลเหล่านั้นไปยังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน 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** ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีระบบกล้องสแกนเนอร์ ที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า และช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น ทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกวัตถุต่างๆ บนผิวโลกได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT มี 7 ช่วงคลื่น เป็นต้น
2. **ให้รายละเอียดหลายระดับ** ภาพจากดาวเทียมให้รายละเอียดในหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ภาพจากดาวเทียม SPOT ระบบ PLA มีรายละเอียด 10 ม. สามารถศึกษาเป็นตัวเมือง เส้นทางคมนาคมระดับหมู่บ้าน ภาพสีระบบ 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

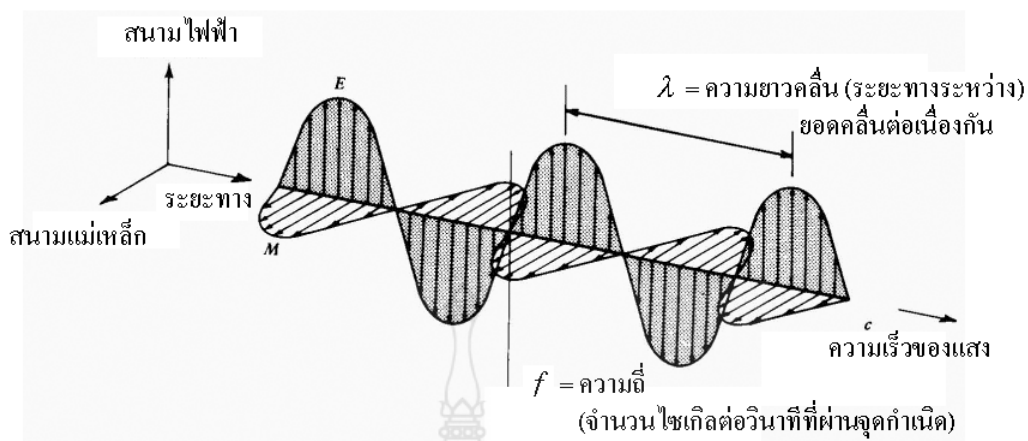
4. **บันทึกภาพบริเวณเดิม (Repetitive Coverage)** ดาวเทียมสำรวจมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน ตัวอย่างเช่น ดาวเทียม LANDSAT โคจรกลับมาที่เดิมทุกๆ 16 วัน ส่วนดาวเทียม MOS โคจรกลับมาที่เดิมทุกๆ 17 วัน เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในหลายๆ ช่วงเวลาเหล่านี้ ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี
5. **การเน้นหรือปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)** ภาพจากดาวเทียมต้นฉบับสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเข้มระดับสีเทา 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 (λ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลา เรียกว่าความถี่คลื่น (f) โดยมีความสัมพันธ์ กับความเร็วคลื่นดังสมการที่ 2.1 คือ

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

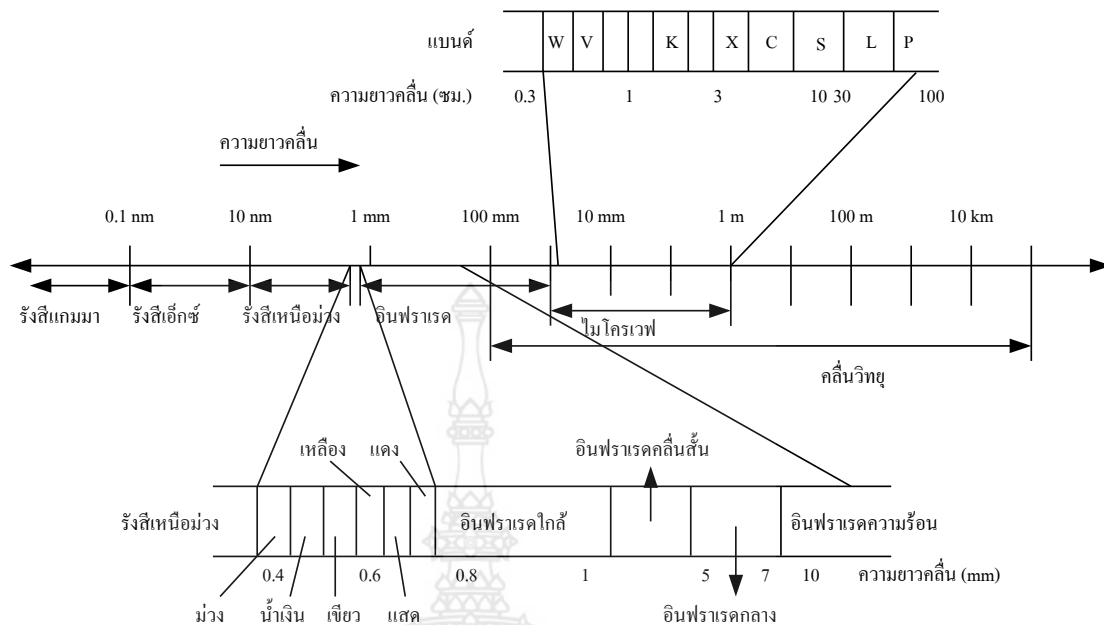
- เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่น (m)
 c คือ ความเร็วของแสงมีค่าคงที่ (2.998×10^8 ม./วินาที)
 f คือ ความถี่ของคลื่น (รอบ/วินาที หรือ Hertz)



รูปที่ 2.2 คุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ซึ่งมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-10} ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่นประกอบไปด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ อุลตราไวโอเล็ต ตา มองเห็น 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 และอินฟราเรดช่วงความร้อนระหว่าง 3-15 ไมครอน



รูปที่ 2.3 แสดงความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล

ตารางที่ 2.1 การจำแนกความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma)	0.03 nm	รังสีแกมมาถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยบรรยากาศชั้นบนจึงไม่ได้ใช้ในการสำรวจระยะไกล
รังสีเอ็กซ์ (X-ray)	0.03 – 3.0 nm	รังสีเอ็กซ์ถูกดูดกลืนทั้งหมดเช่นกัน
รังสีเหนือม่วง (Ultraviolet)	0.03 – 0.4 μm	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 ไมโครเมตร ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยโอโซน (O_3)
Photographic UV band	0.3 – 0.4 μm	ช่วงคลื่นสามารถผ่านชั้นบรรยากาศ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่การกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรคมาก

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible)	0.4 – 0.7 μm	บันทึกภาพด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพได้ รวมทั้งช่วงคลื่นที่โลกมีการสะท้อนพลังงาน สูงสุดที่ 0.5 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นแคบที่มี ผลตอบสนองต่อตามนุษย์แบ่งได้ 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 μm	มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตามความยาวคลื่นและการ ส่งผ่านชั้นบรรยากาศมีการดูดกลืนในบางช่วง
อินฟราเรดใกล้หรือ อินฟราเรดสะท้อน (Reflected IR band)	0.7 – 3 μm	คลื่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่มีรายละเอียด เกี่ยวกับช่วงความร้อนของวัตถุ ช่วงคลื่น 0.7 – 0.9 ไมโครเมตร สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์ม เรียกว่า Photographic IR band
อินฟราเรดความร้อน (Thermal IR band)	3 – 5 μm และ 8 – 14 μm	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เช่น สแกนเนอร์
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.1 – 100 cm	ช่วงคลื่นยาวสามารถทะลุผ่านเมฆหมอกและฝน ได้ ใช้ประโยชน์ในการถ่ายภาพเรดาร์

แสงสว่างเป็นรูปหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่รังสีไปตามทฤษฎีของคลื่น การอธิบายลักษณะ
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังสามารถอธิบายได้ด้วย ทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) กล่าวคือ การแผ่รังสี
ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) หรือ ควันตา (Quanta)
พลังงานแต่ละควันตาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น ดังนี้

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

เมื่อ E คือ พลังงาน 1 ควอนตัม (Quantum), จูล (Joules)

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck Constant) 6.626×10^{-34} Joules – sec

f คือ ค่าความถี่คลื่น (Hz)

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

พลังงานเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น คือ ความยาวคลื่นมากจะให้พลังงานต่ำ ดังนั้นถ้าวัตถุใดส่งพลังงานช่วงคลื่นยาว เช่น ไมโครเวฟ การตรวจรับพลังงานโดยอุปกรณ์ทางรีโมทเซนซิงที่ช่วงคลื่นนี้จะยากกว่าการตรวจรับพลังงานที่ช่วงคลื่นสั้น 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}

σ คือ Stefan – Boltzmann constant $5.6697 \times 10^{-8} wm^{-2}, ^\circ K^{-4}$

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ ($^\circ K$)

ความเปล่งรังสีทั้งหมดจากวัตถุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์กำลัง 4 จะเห็นได้ว่าความเปล่งรังสีที่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าความเปล่งรังสีที่ออกมาจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ และความยาวช่วงคลื่น แสดงการกระจายช่วงคลื่นและอุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับความเปล่งรังสีออกมาต่อ 1 ไมครอนของช่วงคลื่น ดังนั้นเมื่อทราบอุณหภูมิก็สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุดได้ จากกฎการแทนที่ของเวียน (Wien's Displacement Law)

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

เมื่อ m คือ ความยาวคลื่นที่ให้พลังงานสูงสุด

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

$$T = {}^{\circ}K$$

ทฤษฎีทั้งสองนี้อธิบายเกี่ยวกับการเปล่งรังสีของวัตถุที่มีคุณสมบัติเหมือนกับเทหวัตถุดำ (Black Body) ซึ่งหมายถึง "วัตถุหรือมวลที่สามารถดูดซึมพลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบได้สมบูรณ์ และขณะเดียวกันก็เปล่งพลังงานที่ตกกระทบได้อย่างสมบูรณ์ที่ทุกๆ อุณหภูมิ" เทหวัตถุดำจึงเป็นสิ่งสมมุติฐานขึ้น เพราะไม่มีมวลใดๆ ในโลกที่มีคุณสมบัติดังกล่าว แต่มีสภาพใกล้เคียงเท่านั้น

2.4 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน

ปฏิกิริยาระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและวัตถุนบนพื้นผิวโลกเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการสำรวจระยะไกล เพราะเป็นค่าที่ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจในลักษณะของพลังงาน ซึ่งจะสะท้อนจากวัตถุนบนพื้นผิวโลกในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของแต่ละชนิดของวัตถุนบนพื้นผิวในการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นจึงต้องเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม

การสะท้อนแสงของวัตถุ เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงตกกระทบบนพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับ ปริมาณแสงที่สะท้อนจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของพื้นผิวของวัตถุว่าเป็นลักษณะเรียบหรือขรุขระ มุมตกกระทบของแสง ความสามารถหรืออัตราการสะท้อนแสงของพื้นผิวและโพลาไรเซชันของแสงที่ตกกระทบ การสะท้อนกลับเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะคือ

- 1) การสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงข้าม จะเกิดในกรณีที่พื้นผิววัตถุมีลักษณะราบเรียบ โดยที่มิติของความขรุขระที่ผิวมีค่าน้อยกว่า 1 ใน 10 ของความยาวคลื่น โดยแสงที่ตกกระทบทั้งหมดจะสะท้อนกลับในทิศทางที่มุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ มักจะเกิดกับแสงที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างยาว การสะท้อนในลักษณะนี้นอกจากจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการสำรวจระยะไกลแล้ว ยังบดบังสภาพพื้นผิวที่แท้จริงที่ปรากฏบนภาพด้วย ลักษณะนี้เราเรียกว่า "ประกายแดด" ปรากฏการณ์เช่นนี้ มักเกิดกับบริเวณผิวน้ำ ดินบางชนิดและหินที่ไหลเหมือนผิวดิน
- 2) การสะท้อนแบบกระจาย เป็นการสะท้อนจากพื้นผิวที่ค่อนข้างขรุขระ แต่อยู่ในลักษณะที่สม่ำเสมอและเกิดในย่านแสงที่ตามองเห็นเป็นส่วนใหญ่
- 3) การสะท้อนแบบผสม เป็นลักษณะที่มักเกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ โดยรวมลักษณะการสะท้อนกลับหมดและการสะท้อนแบบกระจายเข้าไว้ด้วยกัน

ค่าการสะท้อนตามความยาวคลื่นเรียกว่า ค่าการสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral reflectance) ส่วนค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงที่มีทิศทางในการตกกระทบและมีค่าสะท้อนที่แน่นอนจะเรียกว่า ค่าการสะท้อนแบบเชิงทิศทาง (Directional reflectance) ทิศทางของแสงที่ตกกระทบและที่สะท้อนนี้อาจเป็นแบบเชิงทิศทาง แบบรูปกรวยหรือแบบคลุมซีกโลก ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นจากสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกันจะให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกันออกไป ทำให้สามารถจำแนกประเภทของสิ่งปกคลุมดินได้ด้วยการสังเกตค่าการสะท้อนเชิงคลื่นหรือค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นจากพื้นผิวนั้นๆ



รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบปรากฏการณ์การสะท้อนแสงในลักษณะการสะท้อนกลับหมด การสะท้อนแบบกระจาย และการสะท้อนแบบผสม

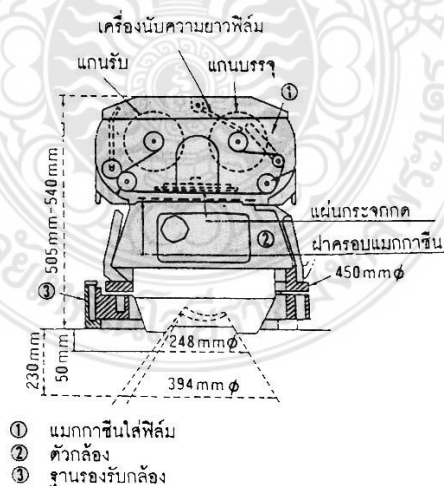
การดูดกลืน ปรากฏการณ์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการดูดกลืนในชั้นบรรยากาศโลก เมื่อมีพลังงานตกกระทบพื้นผิวโลก บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับ ในขณะที่บางส่วนจะถูกดูดกลืน ปริมาณการดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุ ตลอดจนขนาดและความหนา นอกจากนี้การดูดกลืนของวัตถุ ยังจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละความยาวคลื่น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

การส่งผ่าน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดกลืนพลังงานของพื้นผิว โดยพลังงานส่วนที่ได้รับ การดูดกลืนจะถูกถ่ายทอดไปยังส่วนที่อยู่ลึกลงไป ค่าการส่งผ่านรังสีของวัตถุใดๆ ก็คือ สัดส่วนของปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงานได้เคลื่อนที่ไปต่อพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วค่าการส่งผ่านจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิวและสำหรับพื้นผิวหนึ่งๆ ก็จะมีการส่งผ่านได้ดีบางช่วงคลื่นเท่านั้น

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

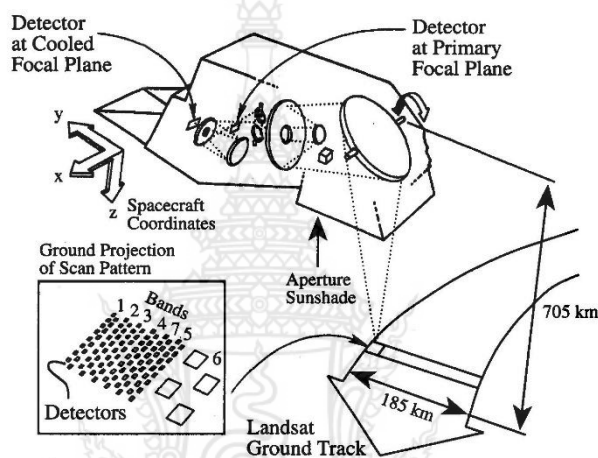
ระบบพาสซีฟ มักจะเป็นระบบที่ใช้สำหรับคลื่นสั้น คือ ช่วงที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นความร้อน ส่วนระบบแอคทีฟ มักจะใช้สำหรับช่วงคลื่นที่ยาว เช่น คลื่นไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องวัดที่สามารถสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองได้ และจะถูกส่งผ่านไประทบกับวัตถุที่ต้องการศึกษานั้นๆ ให้สะท้อนพลังงานออกมาอีกครั้ง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

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



รูปที่ 2.5 กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน

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



รูปที่ 2.6 เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT

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

2.5 ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NASA) ได้ทำการส่งดาวเทียม LANDSAT-1 ขึ้นโคจรรอบโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสำรวจข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่อยู่บนโลก เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ.2515 ยังผลให้นานาประเทศได้เล็งเห็นความสำคัญและการใช้ประโยชน์จากภาพถ่ายดาวเทียม ก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้อย่างกว้างขวาง มีการส่งดาวเทียมสำรวจอีกหลายดวงขึ้นโคจร เช่น ประเทศฝรั่งเศสส่งดาวเทียม SPOT

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการสำรวจพื้นดินและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ ประเทศญี่ปุ่นส่งดาวเทียม MOS เพื่อทำการสำรวจพื้นดินและพื้นน้ำ ประชาคมยุโรปส่งดาวเทียม ERS-1 ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถถ่ายภาพทะลุเมฆและวัตถุบางชนิดได้ หรือดาวเทียมอตุณิยมหาวิทยาลัยวอชิงตัน (Geostationary Meteorological Satellite) ซึ่งประกอบไปด้วยดาวเทียม 5 ดวง ได้แก่ ดาวเทียม METEOSAT ของประชาคมยุโรป ดาวเทียม INSAT ของอินเดีย ดาวเทียม GMS ของญี่ปุ่น และดาวเทียม GOES-E และ GOES-W ของสหรัฐอเมริกาที่มีวัตถุประสงค์ในการสำรวจด้านอุตุนิยมวิทยาทั่วโลก เป็นต้น

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 ที่ใช้ในด้านกรให้พลังงาน การควบคุมความสูงและวิถีโคจร (Altitude and Attitude Control) การจัดการข้อมูล (Data Handling) การสื่อสาร (Communications) และระบบขับเคลื่อน (Propulsion Module) ส่วนเครื่องมือเฉพาะกิจที่ติดกับยานประกอบไปด้วย ระบบบันทึกภาพ 2 ระบบ (ระบบกวาดหลายช่วงคลื่น หรือ MSS และระบบเครื่องตีแม่ติคแมมเปอร์ 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 และสูงกว่านั้น

ในบริเวณเส้นศูนย์สูตร การโคจรรอบโลกแต่ละรอบกินเวลา 99 นาที บันทึกข้อมูลครอบคลุมทั่วโลก ภายใน 16 วัน และรัศมีครอบคลุมการถ่ายภาพทั่วโลก จำนวน 233 แถว ภาพแต่ละเฟรมจะมีการซ้อนเหลื่อมกันด้านข้างประมาณ 7.6 เปอร์เซ็นต์ที่เส้นศูนย์สูตร และเพิ่มขึ้นเมื่อโคจรเข้าสู่ขั้วโลกทั้ง 2 ด้าน

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม	องค์ประกอบวงโคจร	เครื่องวัดในการสำรวจ			
		ชื่อเครื่องวัด	ช่วงคลื่น/ความถี่ (ไมครอน)	สนามมุมมอง	ความกว้างของแนวถ่ายภาพ
LANDSAT-1 (2515)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 915 กม. มุมเอียง : 99 ° โคจรมาที่จุดเดิม : 18 วัน โคจรรอบโลก : 103 นาที (14 รอบ/ วัน) โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตร : 8.50 - 9.30น. ระยะห่างแนวโคจรถัดไป : 2,760 กม. โคจรผ่านแนวถัดไป : 1 วัน	MSS (Multispectral Scanner System) (เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น)	0.5 - 0.6	80 ม.	185 กม.
LANDSAT-2 (2518) สหรัฐอเมริกา			0.6 - 0.7 0.7 - 0.8 0.8 - 0.9		
		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.
		RBV	0.50 - 0.750	38 ม.	92 กม. x 2

LANDSAT-4 (2525)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 915 กม.	TM (Thematic Mapper)	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.	
ดาวเทียม	องค์ประกอบ วงโคจร	เครื่องวัดในการสำรวจ			
		ชื่อเครื่องวัด	ช่วงคลื่น/ ความถี่ (ไมครอน)	สนาม มุมมอง	ความ กว้าง ของแนว ถ่ายภาพ
LANDSAT-7 (2542)	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ ระดับสูง : 705 กม. มุมเอียง : 98 ° โคจรมาที่จุดเดิม : 16 วัน	ETM (Enhance Thematic Mapper)	0.45 - 0.515 0.525 - 0.605 0.63 - 0.690 0.75 - 0.90 1.55 - 1.75 2.09 - 2.35	30 ม.	185 กม.
			10.48 - 12.5	60 ม.	
			0.52 - 0.90	15 ม.	

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

ระบบ MSS ในดาวเทียม LANDSAT-5 เป็นเช่นเดียวกับในดาวเทียม LANDSAT-1, 2, 3 คือ ใช้กระจกรับแสงสะท้อนจากทรัพยากรในแนวระดับตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียม กระจกแกว่งครึ่งหนึ่งจะเกิดการกวาดภาพ 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 ใช้ในการตรวจตะกอน หรือความขุ่นขึ้นในน้ำ แสดงความแตกต่างของพืชพรรณสีเขียวกับสิ่งปกคลุมอย่างอื่น แสดงลักษณะโครงสร้างของธรณีวิทยา
5	0.6 – 0.7	แสดงความแตกต่างของสิ่งที่มีมนุษย์สร้างกับลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ ใช้สำหรับแยกแยะประเภทของพืชพรรณสีเขียวเมื่อรวมอยู่กับสิ่งปกคลุมหลายๆ อย่าง

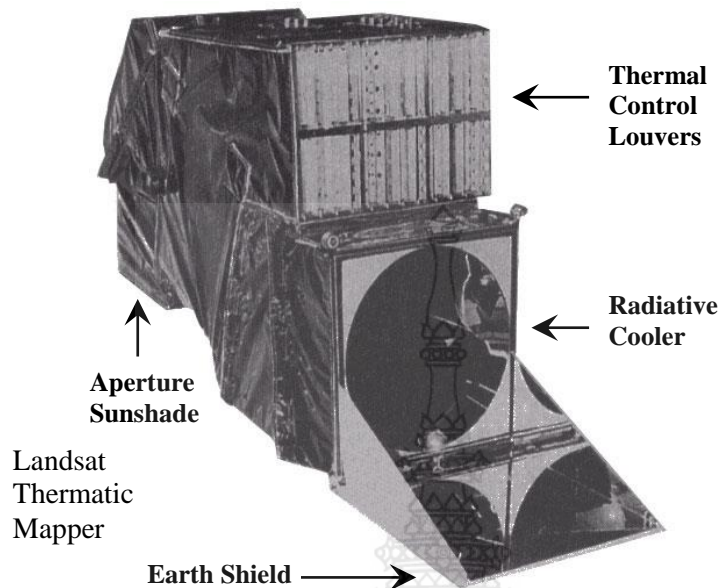
ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (μm)	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 (μm)	ศักยภาพการใช้ประโยชน์
1	0.45 – 0.52 (น้ำเงิน)	ใช้ตรวจสอบลักษณะน้ำตามชายฝั่ง แสดงความแตกต่างหรือใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกัน แสดงความแตกต่าง หรือแยกดินจากพืชพรรณต่างๆ
2	0.52 – 0.6 (เขียว)	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เติบโตแล้ว เป็นประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของพืช
3	0.63 – 0.69 (แดง)	แสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่างๆ กัน
4	0.76 – 0.9 (อินฟราเรดใกล้)	ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ แสดงความแตกต่างของน้ำ และส่วนที่ไม่ใช่น้ำ
5	1.55 – 1.75 (อินฟราเรดคลื่นสั้น)	ใช้ตรวจความชื้นในพืช แสดงความแตกต่างของหิมะกับเมฆ
6	10.4 – 12.5 (อินฟราเรดความร้อน)	ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องจากร้อนในพืช 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 ทำให้ช่วยลดการสูญเสียของความเข้มของรังสีที่เข้ามา ช่วงคลื่นของระบบ TM แบ่งออกเป็น 7 ช่วงคลื่น ความกว้างของช่วงคลื่น (Band Width) จะแคบกว่าและมีขนาดของจุดภาพเล็กกว่าระบบ MSS แต่ได้รับการปรับปรุงให้มีความไวเชิงคลื่นเพิ่มมากขึ้นในทุกๆ แบนด์ ซึ่งมีผลให้ค่าตัวเลขของระดับข้อมูลเพิ่มขึ้นจาก 64 เป็น 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 และจะกลับมามันทีภาพ

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 ระบบนี้ใช้ประโยชน์ในการสำรวจปริมาณไอน้ำตลอดจนถึงการแผ่ปกคลุมของหิมะและน้ำแข็งในทะเล

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



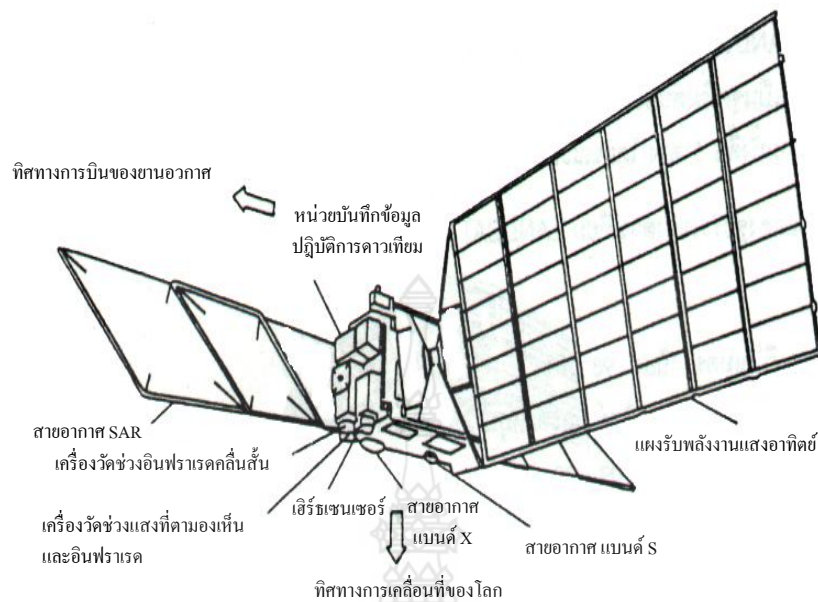
รูปที่ 2.8 รูปร่างลักษณะของดาวเทียม MOS-1

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 ตั้งแต่แถบความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนถึงแถบความยาวคลื่นอินฟราเรด 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) เครื่องวัดคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ 2. SWIS (Short Wave Infrared Radiometer) เครื่องวัดคลื่นอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น	00.63 - 0.69 0.76 - 0.86 1.60 - 1.71 2.01 - 2.12 2.13 - 2.15 2.27 - 2.40		
		SAR (Synthetic Aperture Radar) H-H Polarization (3 look) (เรดาร์แบบช่องเปิดสังเคราะห์) พาราไรเซชัน แบบ H-H 3 มุมมอง	1.275 กิกะเฮิรตซ์ (L-band)	18 ม. x 18 ม.	



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 (ในแนวโคจรลง) และโคจรกลับมาสำรวจซ้ำที่เดิมทุกๆ 35 วัน (วงโคจรมาตรฐาน) 3 วัน และ 176 วัน (ในบางช่วง) ใช้เวลาโคจรรอบละประมาณ 100 นาที (วันละ 14 รอบ) ดาวเทียมในชุด ERS ของยุโรปนี้ ใช้การสำรวจในระบบไมโครเวฟหรือระบบเรดาร์ 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 ซึ่งวัตถุถึงเรียบจะให้ค่าการสะท้อนต่ำ ในขณะที่วัตถุที่มีความขรุขระจะให้ค่าการสะท้อนสูงขึ้นตามสัดส่วน แต่ต้องพิจารณามุมตกกระทบ (Incident angle) กับวัตถุด้วย

2.6 บทสรุป

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



บทที่ 3

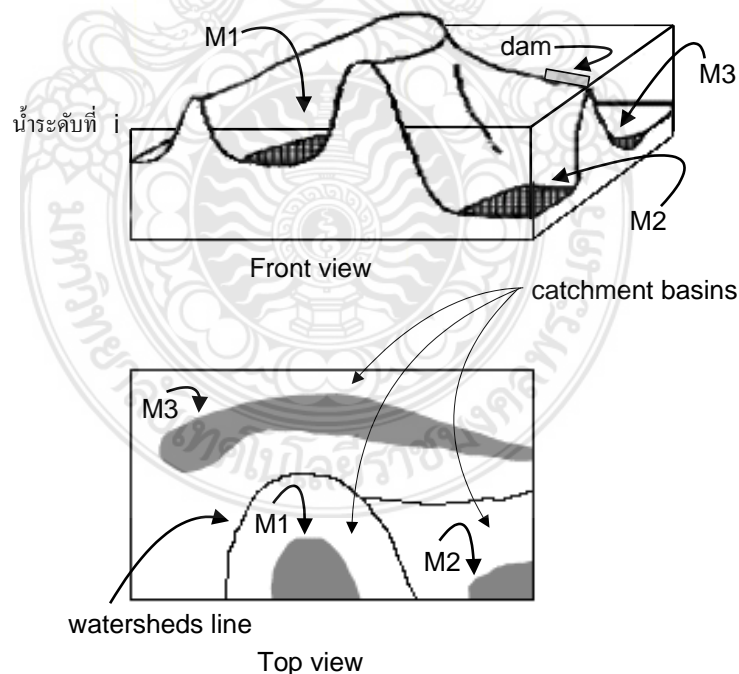
การแยกส่วนในภาพด้วยการแปลงวอเตอร์เชด

3.1 บทนำ

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

3.2 หลักการของการแปลงวอเตอร์เชด[10]

การทำความเข้าใจแนวคิดของกระบวนการวอเตอร์เชดจำเป็นต้องนำภาพมาพิจารณาในรูปแบบ 3 มิติคือมีตำแหน่งพิกัด(แกน x แกน y) และระดับสีเทาที่ตำแหน่งพิกัดนั้นๆ ซึ่งภาพที่ปรากฏจะมีลักษณะคล้ายแผนภูมิประเทศดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเป็นแผนภูมิประเทศ

จากรูป 3.1 บริเวณ M1 M2 และ M3 ซึ่งถูกแรเงา จะแสดงถึงบริเวณพื้นที่ระดับต่ำ (Minima) เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณพื้นที่รอบข้าง บริเวณพื้นที่ M2 จะมีระดับความสูงน้อยที่สุด บริเวณพื้นที่ M3 มีระดับความสูงที่มากกว่า M2 บริเวณพื้นที่ M1 จะมีความสูงที่มากกว่า M3 และ M2

โดยการสมมติให้รูปที่ 3.1 เป็นวัตถุ นำเอาวัตถุนี้ไปทำการเจาะรูเล็กๆในบริเวณ M1 M2 และ M3 อย่างละหนึ่งจุด โดยรูที่ถูกเจาะนั้นจะต้องทะลุถึงด้านล่างสุดของวัตถุ จากนั้นจึงนำเอาวัตถุที่ได้เจาะรูแล้ววางลงในสระน้ำ ซึ่งวัตถุนี้จะค่อยๆจมลงด้วยความเร็วที่คงที่ น้ำจากสระจะไหลผ่านรูที่ถูกเจาะไว้ โดยน้ำจะไหลผ่านเข้าไปในพื้นที่บริเวณ M2 ก่อน ในขณะที่วัตถุจมลงไปก็จะคล้ายกับว่าระดับน้ำที่ท่วมวัตถุนั้นสูงขึ้น เมื่อระดับน้ำที่สูงขึ้นจนถึงระดับความสูง i จะมีบางส่วนของน้ำที่ผ่านเข้ามายังรูที่เจาะไว้ ของ M2 แล้วล้นข้ามไปยัง M3 และในทางกลับกัน จะมีบางส่วนของน้ำที่ผ่านเข้ามายังรูที่เจาะไว้ ของ M3 ล้นข้ามข้ามไปยัง M2 ซึ่งจะต้องหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ในลักษณะนี้โดยการสร้างเขื่อนขึ้นมาขึ้นเอาไว้ ที่ระดับความสูงของน้ำที่ระดับอื่น ถ้าเกิดเหตุการณ์ในกรณีเช่นเดียวกันกับกรณีนี้ที่ระดับความสูงของน้ำที่ระดับ i ก็ให้สร้างเขื่อนขึ้นมาขึ้นเหมือนกัน ขบวนการทำให้จมจะดำเนินอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ผลสุดท้ายของขบวนการที่เกิดขึ้นคือจะสามารถแยกพื้นที่ออกได้เป็นสามส่วน โดยมีเขื่อนเป็นตัวแบ่งแยกขอบเขตของพื้นที่ ซึ่งจะเรียกเส้นแบ่งเขตที่สร้างจากเขื่อนว่า เส้นวอเตอร์เชด (watershed line)

5.2.1 นิยามต่างๆของหลักการทำให้วัตถุจมในน้ำ

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

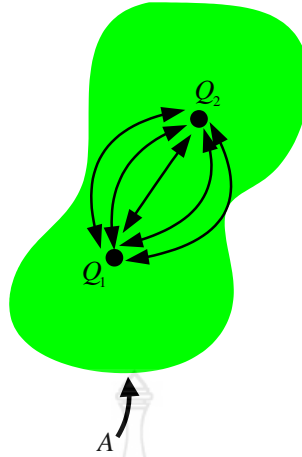
$$T_h(I) = \{p \mid I(p) \leq h\}. \quad (3.1)$$

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

$$C_h(M) = \{p \in C(M) \mid I(p) \leq h\} = C(M) \cap T_h(I). \quad (3.2)$$

กำหนดให้ P เป็นจำนวนรูปแบบเส้นทางที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อดูจุด Q_1 และจุด Q_2 ใน A ดังรูปที่ 3.2 เมื่อ $l(P)$ คือระยะทางที่เกิดขึ้นจากจุด Q_1 และจุด Q_2 ใน A กำหนดให้ $d_A(Q_1, Q_2)$ คือระยะทางจีโอเดสิก (geodesic distance) ระหว่างจุด Q_1 กับจุด Q_2 ใน A ที่ต้องเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งจะได้ว่า

$$d_A(Q_1, Q_2) = \min \{l(P)\}. \quad (3.3)$$



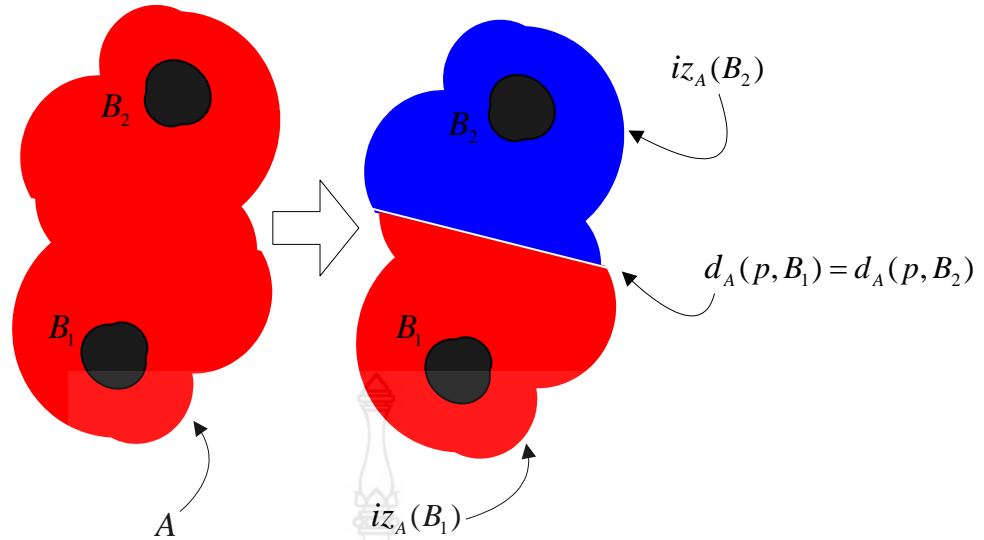
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของรูปแบบเส้นทางที่จะเกิดขึ้นระหว่างจุด Q_1 และจุด Q_2 ใน A

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

$$iz_A(B_i) = \{p \in A \mid \forall i \in [1, k], \forall j \in [1, k], i \neq j, d_A(p, B_i) < d_A(p, B_j)\}. \quad (3.4)$$

$$IZ_A(B) = \bigcup_{i \in [1, k]} iz_A(B_i). \quad (3.5)$$

จากรูปที่ 3.3 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 ต้องมีระยะทางน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างจากตัวมันเองไปยังเซต 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 3.3 ด้านขวามือ



รูปที่ 3.3 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} ซึ่งจะเป็นระดับความสูงที่มากที่สุดในการภาพ I เมื่อมองภาพ I ในลักษณะของภาพ 3 มิติ

กระบวนการจำลองทำให้จมนจะเริ่มต้นจากการพิจารณาที่ระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดก่อนคือ h_{\min} และเมื่อการวิเคราะห์และพิจารณาที่ระดับสีเทาที่ระดับ h_{\min} เสร็จสิ้นลงก็จะทำการพิจารณา ระดับสีเทาที่ $h_{\min} + 1$ เป็นลำดับต่อไป กระบวนการวิเคราะห์และพิจารณาจะดำเนินอย่างนี้ไปเรื่อยๆ และจะเสร็จสิ้นที่ระดับสีเทาที่สูงที่สุดคือ h_{\max} ซึ่งหลักในการวิเคราะห์และพิจารณามีดังนี้ เมื่อ กำหนดให้เซต $X_{h_{\min}}$ คือจุดภาพใน I ที่มีระดับความสูงน้อยที่สุดในภาพนั้นคือ

$$X_{h_{\min}} = T_{h_{\min}}(I) \quad (3.6)$$

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

$$X_{h_{\min}} = x_1 \cup x_2 \dots \cup x_k \quad (3.7)$$

พิจารณาที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$ และกำหนดให้เซต $Y = T_{h_{\min}+1}(I)$ รูปแบบของเซต Y ที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูงนี้จะมียู่ด้วยกัน 3 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.4 คือ

ลักษณะที่ 1 ไม่มีเซตย่อยที่มีระดับความสูง h_{\min} อยู่ภายในเซต Y จะได้ว่า

$$Y \cap X_{h_{\min}} = \emptyset \quad (3.8)$$

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

$$C_{h_{\min}+1}(Y \cap X_{h_{\min}}) \quad (3.9)$$

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

$$C_{h_{\min}+1}(g_i) = iz_Y(g_i) \quad (3.10)$$

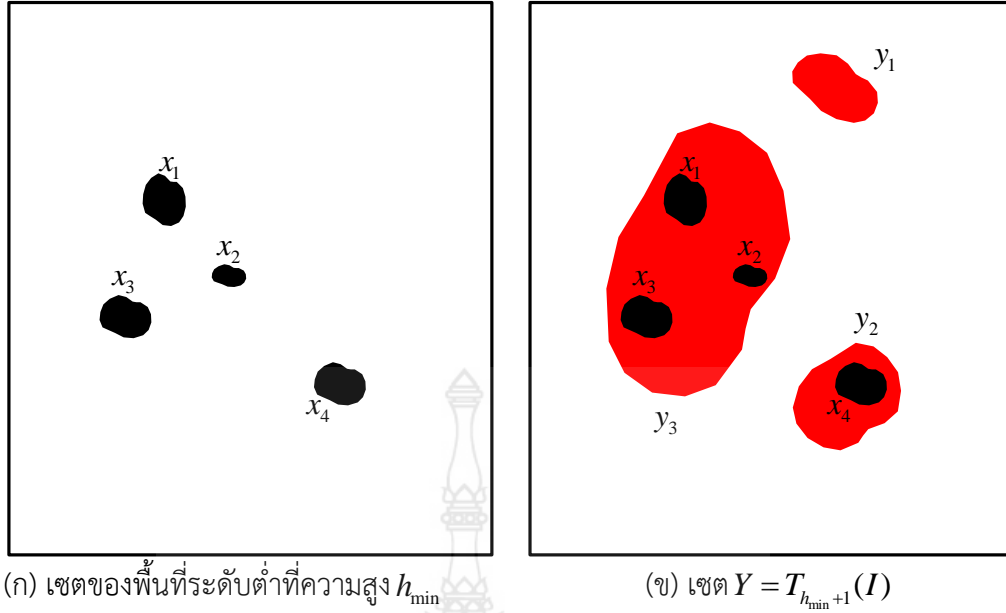


รูปที่ 3.4 ลักษณะของเซต Y ที่จะเกิดขึ้นที่ระดับความสูง $h_{\min}+1$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่างของการพิจารณาดังนี้

เมื่อพิจารณาภาพ I ในลักษณะสามมิติ โดยมองภาพ I จากทางด้านบนหากจุดภาพใดใน I มีระดับสีเทาที่มากกว่า h_{\min} จะให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาวและถ้าจุดภาพใดใน I มีระดับสีเทาที่เท่ากับ h_{\min} จะให้เป็นจุดภาพนั้นมีสีดำ จากรูปที่ 3.5(ก) จะได้ว่า

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



รูปที่ 3.5 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 3.5(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

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

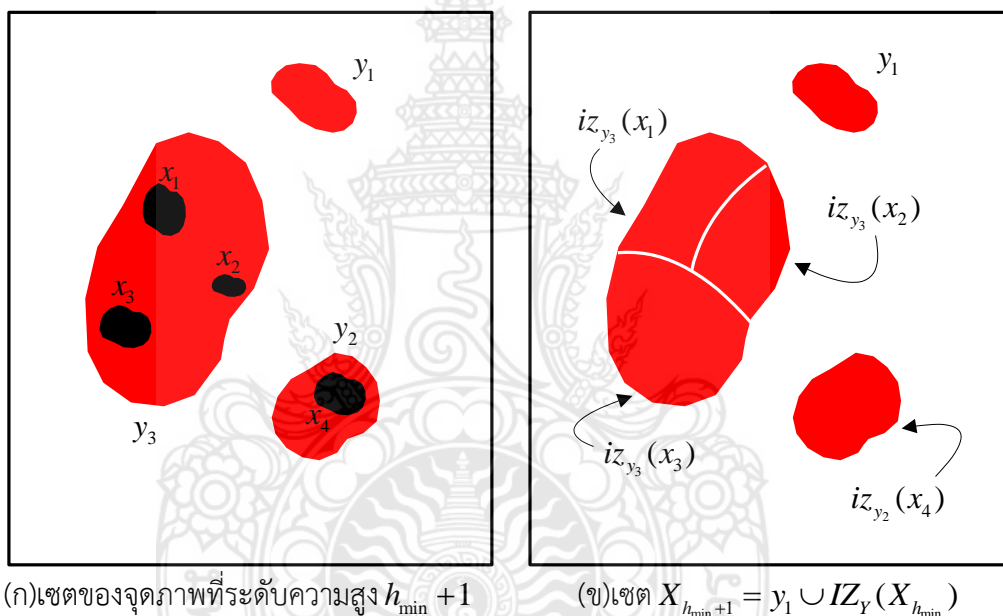
หรือ

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

หรือ

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

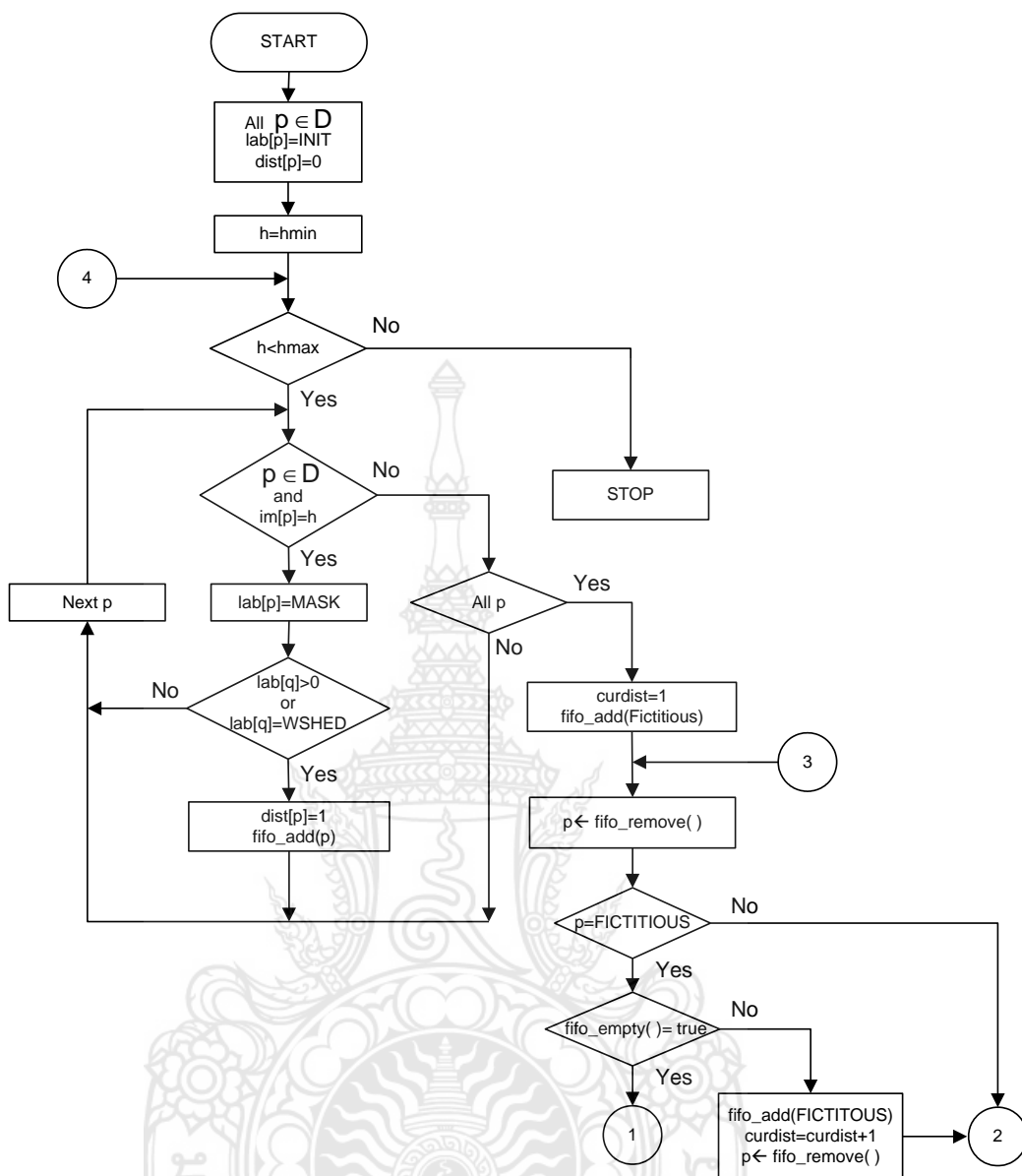
จะได้ว่า ที่ระดับความสูงเท่ากับ $h_{\min} + 1$ จะประกอบไปด้วยเซตอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือเซต $X_{h_{\min}+1}$ และเซต Y ที่คอมพลิเมนต์กับเซต $X_{h_{\min}+1}$ โดยกำหนดให้เซตส่วนที่สองนี้มีระดับสีเทาเท่ากับ $h_{\min} + 2$ เพื่อที่จะนำเซตส่วนที่สองนี้ไปพิจารณาที่ระดับความสูงถัดไป ซึ่งที่ระดับความสูงถัดไป ลักษณะการวิเคราะห์และพิจารณาก็จะเป็นเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์และพิจารณาของเซต Y ซึ่งที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถที่จะแสดงได้ดังในรูปที่ 3.6 โดยรูปด้านซ้ายมือจะแสดงถึงเซตที่มีระดับความสูงน้อยกว่าหรือเท่ากับ $h_{\min} + 1$ และรูปด้านขวามือแสดงถึง เซตของ $X_{h_{\min}+1}$



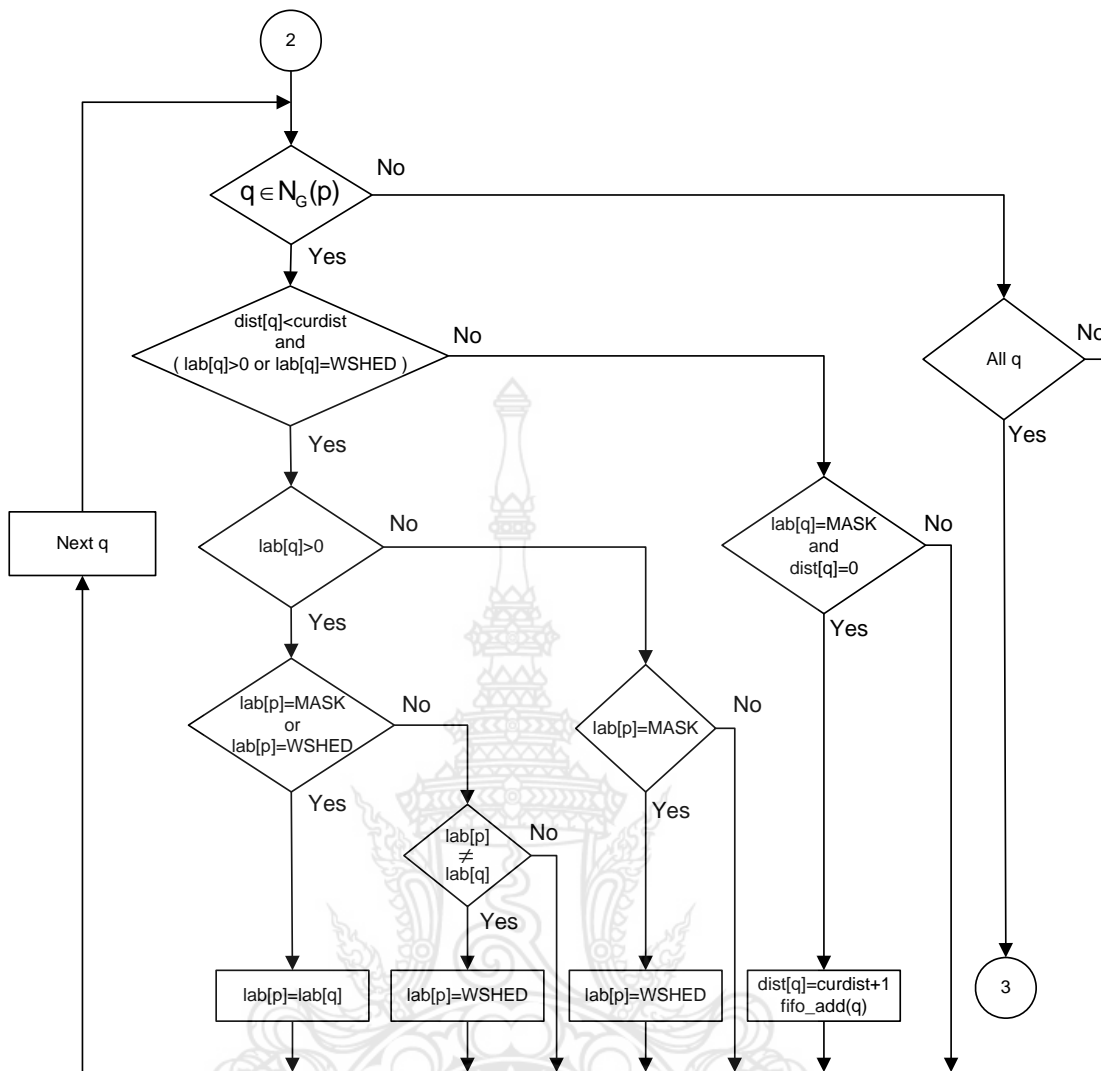
รูปที่ 3.6 กระบวนการที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$

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

อัลกอริธึมที่ได้จากแนวคิดของหลักการทำให้จม[10] สามารถที่จะเขียนเป็นขั้นตอนของกระบวนการทำงานต่างๆได้เป็นแผนภูมิดังรูปที่ 3.7

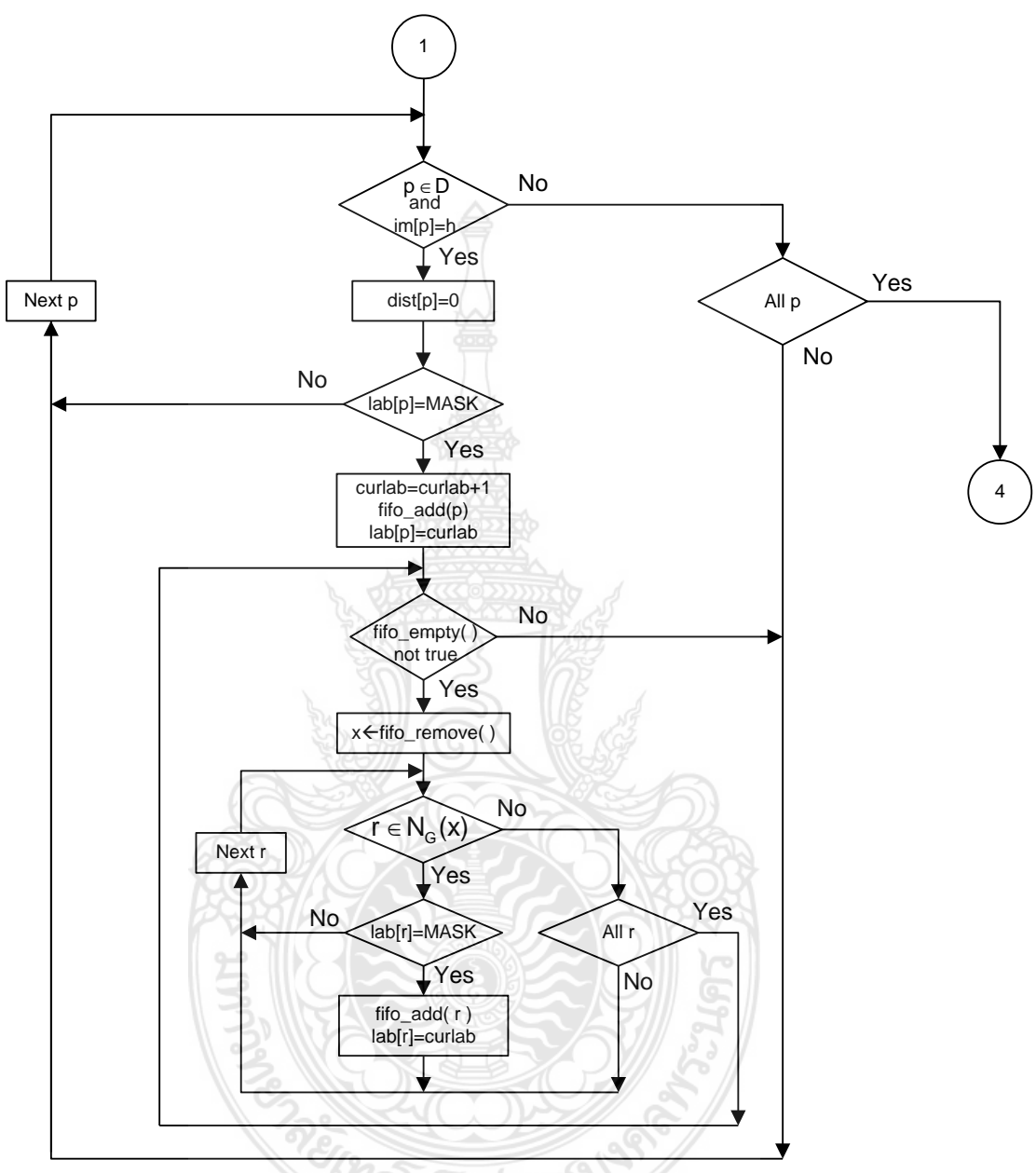


รูปที่ 3.7 แผนภูมิขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยใช้หลักการของวอเทอร์เฉดทรานฟอร์ม



รูปที่ 3.7 (ต่อ)





รูปที่ 3.7 (ต่อ)

ตารางที่ 3.1 ความหมายและนิยาม ต่างๆที่ใช้กับแผนภูมิของรูปที่ 3.4

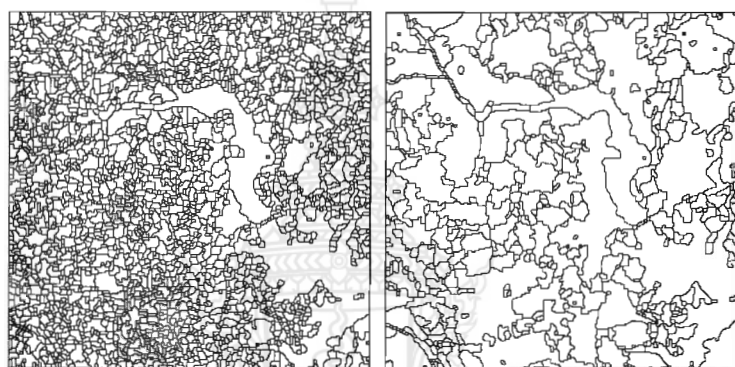
สัญลักษณ์หรือฟังก์ชัน	ความหมายหรือรายละเอียด
D	หมายถึงขอบเขตของภาพต้นฉบับ
im[p]	หมายถึง ระดับสีเทาของภาพต้นฉบับที่ตำแหน่งของจุดภาพ p
lapและdist	เป็นอาร์เรย์ซึ่งมีขอบเขตเท่ากับ D และภาพเอาท์พุทคือ lap เมื่อได้ทำการประมวลผลจนเสร็จ
q	หมายถึง ตำแหน่งจุดภาพที่อยู่ล้อมรอบจุดภาพที่พิจารณา(p)
NG(p)	หมายถึง ตำแหน่งจุดภาพที่อยู่ล้อมรอบจุดภาพที่พิจารณา(p)
fifo_add(p)	หมายถึง การเพิ่มข้อมูล p ไปที่ตำแหน่งหลังสุดของคิว
fifo_remove()	หมายถึงการนำข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งหน้าสุดออกจากคิว
fifo_empty()	เป็นการตรวจสอบดูว่าคิวว่างหรือไม่

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่และค่าเริ่มต้นที่ใช้กับโพลีชาร์ตในรูป 3.4

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

3.3 การลดจำนวนพื้นที่ย่อย

ภาพเกรเดียนต์ที่นำไปผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้การแปลงเวอเตอร์เฉด จะเกิดจำนวนพื้นที่ย่อยเล็กๆขึ้นดังแสดงในรูป 3.8(ก) ในการลดจำนวนพื้นที่ย่อยเล็กๆเหล่านี้ จะต้องนำภาพเกรเดียนต์ไปผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นมาใหม่ (Morphological Grayscale Reconstruction)[11] โดยใช้การกัดกร่อนระดับสีเทา (Gray-scale Erosion) จากนั้นจึงนำภาพที่ซึ่งได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นมาใหม่ไปทำการแยกส่วนในภาพ จำนวนพื้นที่ย่อยที่เกิดขึ้นจะลดลงเมื่อนำภาพผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์ก่อนผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นมาใหม่ดังแสดงในรูป 3.8(ข) โดยในรูปที่ 3.11 แสดงถึงขั้นตอนของกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นมาใหม่โดยใช้การกัดกร่อนระดับสีเทา



(ก)ไม่ได้ผ่านกระบวนการ

(ข)ผ่านกระบวนการ

รูปที่ 3.8 เปรียบเทียบการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ผ่านกระบวนการ และไม่ได้ผ่านกระบวนการ การสร้างรูประดับสีเทาขึ้นมาใหม่

3.3.1 การกัดกร่อนระดับสีเทา(Gray-scale Erosion)

การกัดกร่อนระดับสีเทาในภาพ เป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพระหว่างภาพต้นฉบับกับโครงสร้างย่อย(Structuring element) ลักษณะของโครงสร้างย่อยจะคล้ายกับเทมเพลตที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 4 คือจะเป็นภาพขนาดเล็ก ซึ่งจะนำไปหาผลบนจุดภาพที่พิจารณาของภาพต้นฉบับ เพื่อทำการคำนวณหาผลลัพธ์ โดยจุดกึ่งกลางของ โครงสร้างย่อย จะถูกวางลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยนระดับสีเทา จุดกึ่งกลางของโครงสร้างย่อยจะกำหนดให้เป็นตำแหน่ง(0,0) ถ้ากำหนดให้ A เป็นภาพระดับสีเทา และ B เป็นโครงสร้างย่อย การกัดกร่อนระดับสีเทาของ A ด้วย B เขียนแทนด้วย $A \ominus B$ โดยเมื่อพิจารณาจุดภาพของ A ที่ตำแหน่ง (x, y) จะได้ว่า

$$(A \ominus B)(x, y) = \min\{A(x+s, y+t) - B(s, t) \mid (x+s), (y+t) \in D_A; (s, t) \in D_B\}. \quad (3.11)$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จะขอยกตัวอย่างการคำนวณหาการกักร้อนระดับสี่เทาจากรูปที่ 3.9 เมื่อ A คือข้อมูลของภาพต้นฉบับ และ B คือ โครงสร้างย่อย โดยจะยกตัวอย่างการคำนวณหาการกักร้อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนท(x,y) ตำแหน่ง (1,1) (3,4) และ (1,5) ของภาพต้นฉบับ

		y								t			
		1	2	3	4	5				-1	0	-1	
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							
		A								B			

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างของภาพต้นฉบับ A และตัวอย่างของโครงสร้างย่อย B

พิจารณาที่โคออดิเนท (1,1) การกักร้อนระดับสี่เทาของ 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

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

พิจารณาที่โคออดิเนท (3,4) การกัลดร่อนระดับสี่เทาของ A ด้วย B ที่ตำแหน่ง (3,4) จะเท่ากับ

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

พิจารณาที่โคออดิเนท (1,5) การกัลดร่อนระดับสี่เทาของ A ด้วย B ที่ตำแหน่ง (1,5) จะเท่ากับ

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

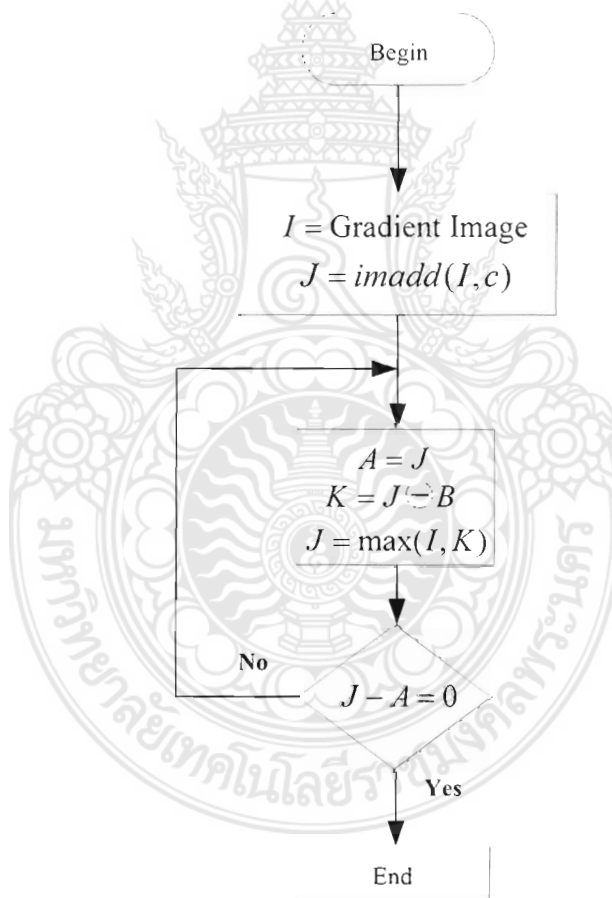
จากตัวอย่างการคำนวณ จะได้ว่าภาพ A ก่อนผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนท(1,1) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 10 ที่โคออดิเนท (3,4) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 50 ที่โคออดิเนท(1,5) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 30 เมื่อผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาที่โคออดิเนท (1,1) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 5 ที่โคออดิเนท (3,4) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 26 และ ที่โคออดิเนท (1,5) จะมีระดับสี่เทาเท่ากับ 16 และเมื่อพิจารณาทุกๆโคออดิเนทในภาพ A ที่ได้ผ่านกระบวนการการกัลดร่อนระดับสี่เทาด้วย B แล้ว จะได้ว่า

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

สำหรับโครงสร้างย่อยที่ใช้ในกระบวนการการกัดกร่อนระดับสีเทาในงานวิจัยนี้จะมีขนาด 3×3 ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.10

1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ 3.10 โครงสร้างย่อยขนาด 3×3 ที่ใช้ในกระบวนการการกัดกร่อนระดับสีเทา

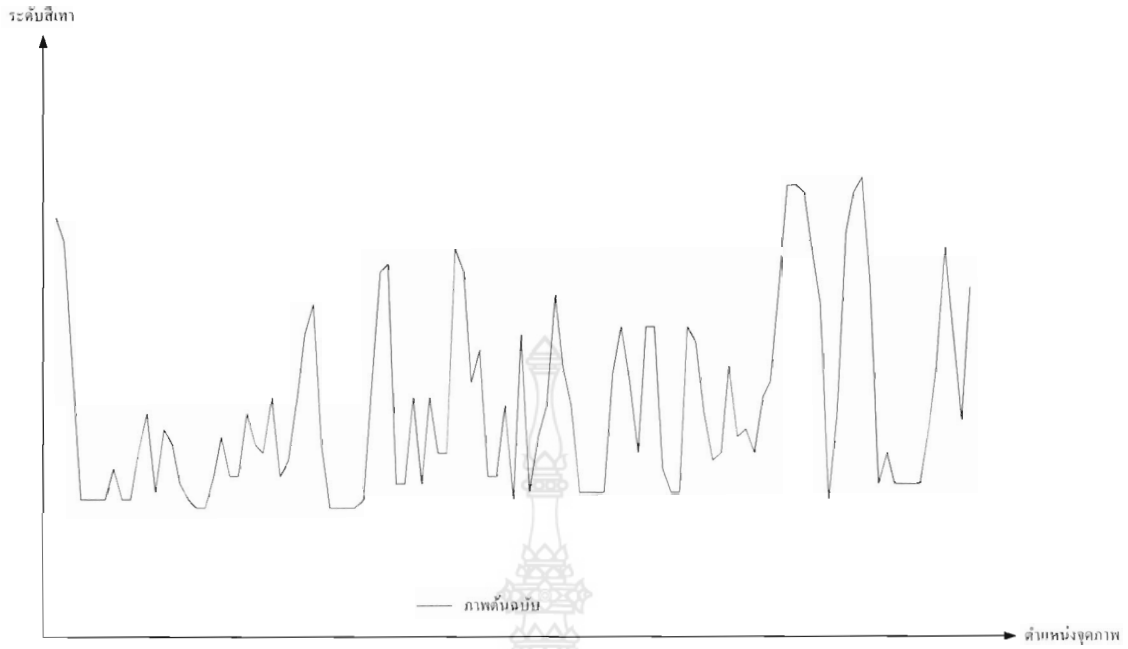


รูปที่ 3.11 แผนภูมิกระบวนการ ของการสร้างรูประดับสีเทาขั้นใหม่

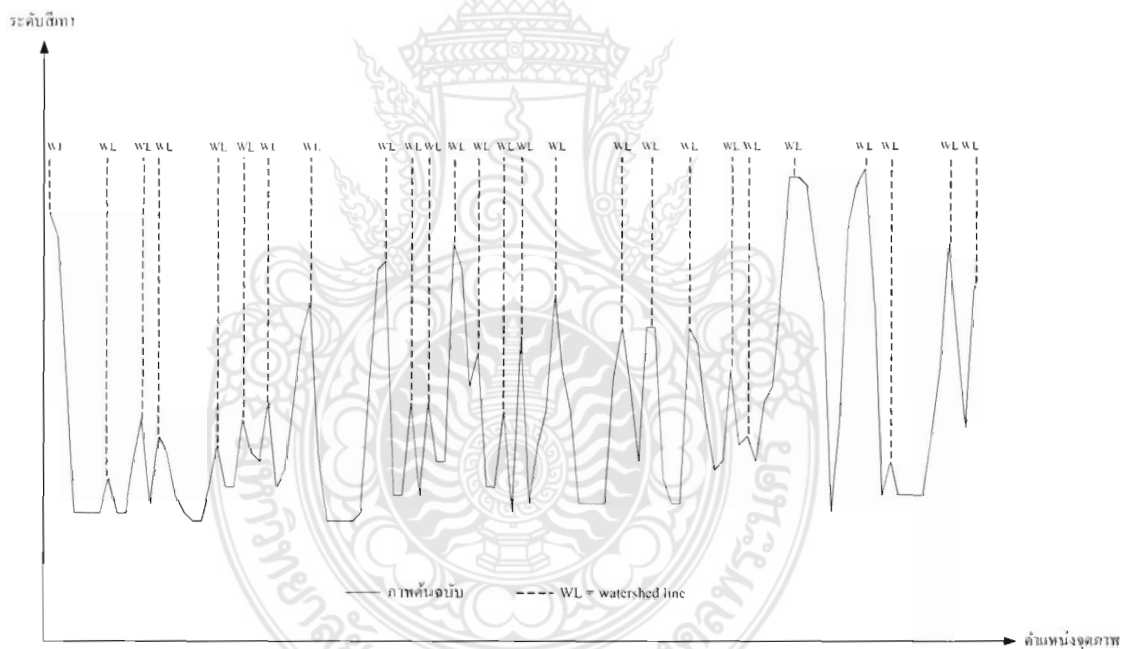
จากแผนภูมิในรูปที่ 3.11 แสดงถึงกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่โดยใช้ การกัดกร่อนระดับสีเทา จากแผนภูมิ กำหนดให้ I คือภาพต้นฉบับและ J คือภาพผลลัพธ์

เมื่อพิจารณาภาพในรูปแบบเมตริกซ์ อันดับแรกจะกำหนดให้เมตริกซ์ J มีค่าระดับสีเทาที่มากกว่าเมตริกซ์ I อยู่ c ระดับ ทำการสร้างเมตริกซ์ A ขึ้นมาให้มีค่าระดับสีเทาเท่ากับเมตริกซ์ J เริ่มการพิจารณา โดยการนำเมตริกซ์ J ไปผ่านกระบวนการกัดกร่อนระดับสีเทาด้วยเมตริกซ์ B นำค่าระดับสีเทาที่ได้ผ่านกระบวนการกัดกร่อนระดับสีเทาไปเก็บไว้ในเมตริกซ์ K จากนั้นทำการหาค่าระดับสีเทาที่มากที่สุดระหว่างเมตริกซ์ I และเมตริกซ์ K ซึ่งค่าที่มากที่สุดจะเก็บไว้ในเมตริกซ์ J นำเมตริกซ์ J ไปลบกับเมตริกซ์ A โดยถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากการลบกันมีค่าเท่ากับ 0 ก็ให้นำเมตริกซ์ J นี้ไปผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เฉดต่อไป แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่เท่ากับ 0 ก็จะทำให้เมตริกซ์ A มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ J และเริ่มการพิจารณาซ้ำอีกครั้ง

จากรูปที่ 3.12(ก) แสดงถึงตัวอย่างของภาพ I ซึ่งเป็นภาพเกรเดียนต์ในลักษณะภาพหน้าตัดด้านข้าง เมื่อนำภาพ I ไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยการใช้หลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม จะเกิดการแบ่งส่วนในภาพ ทั้งหมด 26 ส่วนโดยจะใช้สัญลักษณ์---WL แทนจุดที่ถูกแบ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.12(ข) เมื่อใช้กระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ตามแผนภูมิในรูปที่ 3.11 กับภาพ I โดยรูปที่ 3.12(ค) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพ J ซึ่งยังไม่ได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ I ซึ่งระดับสีเทาในภาพ J จะเกิดจาก ค่าระดับสีเทาในภาพ I บวกกับค่าคงที่ c รูปที่ 3.12(ง) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพ J ที่ได้ผ่านกระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ กับภาพ I ซึ่งภาพ J จะกำหนดให้เป็นภาพผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.12(จ) เมื่อนำภาพ J ไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยการใช้หลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์มจะเกิดการแบ่งส่วนในภาพได้ 21 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3.12(ฉ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระบวนการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ให้กับภาพ ก่อนจะนำไปทำการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม จำนวนพื้นที่ย่อยที่เกิดขึ้นจะลดลงเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการของการสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่

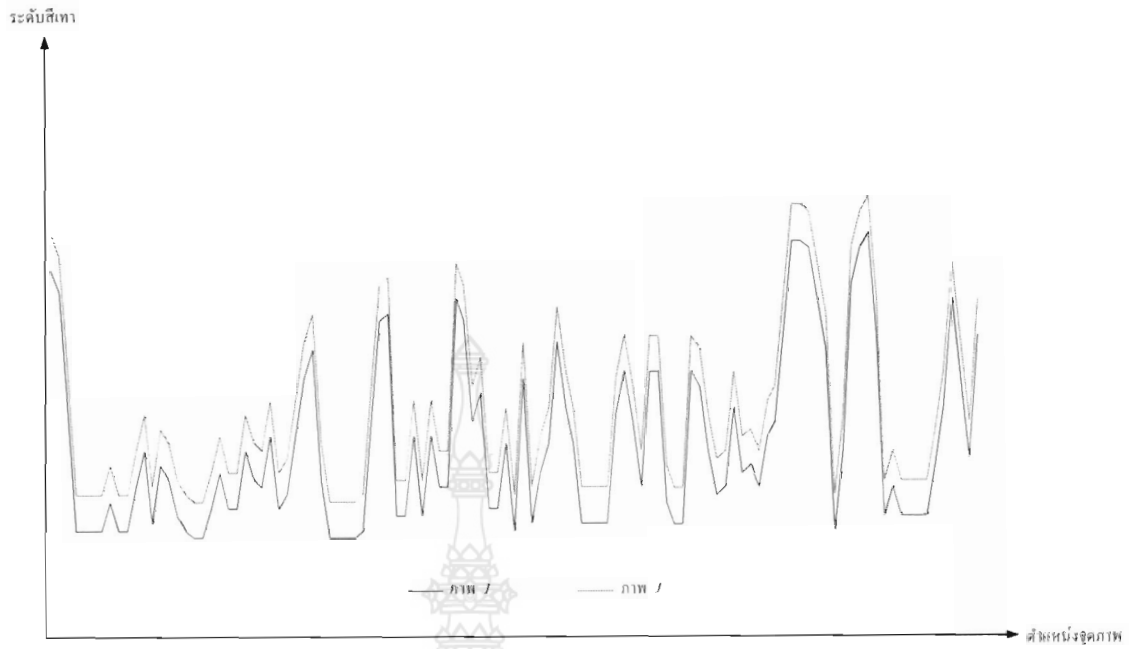


(ก) ภาพเกรเดียนต์ I ซึ่งเป็นภาพต้นฉบับในลักษณะภาพหน้าตัดด้านข้าง



(ข) เมื่อนำภาพ I ไปผ่านการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดจะเกิดการแบ่งส่วนได้ 26 ส่วน

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาภาพในลักษณะภาพ 2 มิติ

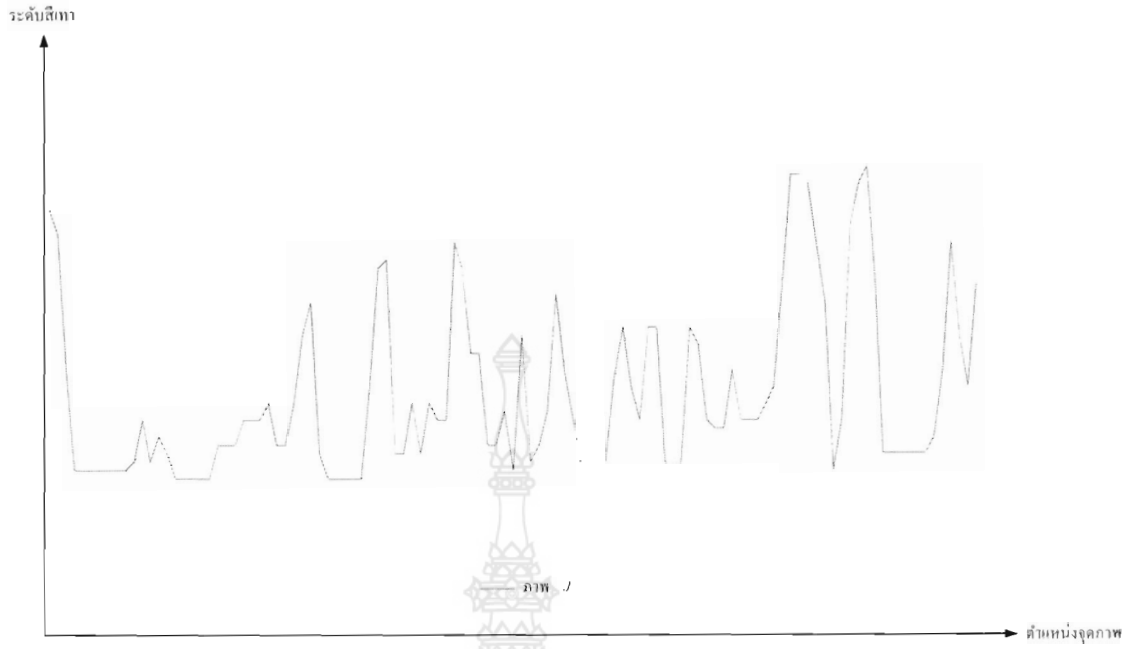


(ค) การเปรียบเทียบระหว่างภาพ J ซึ่งยังไม่ได้ผ่านขบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ I

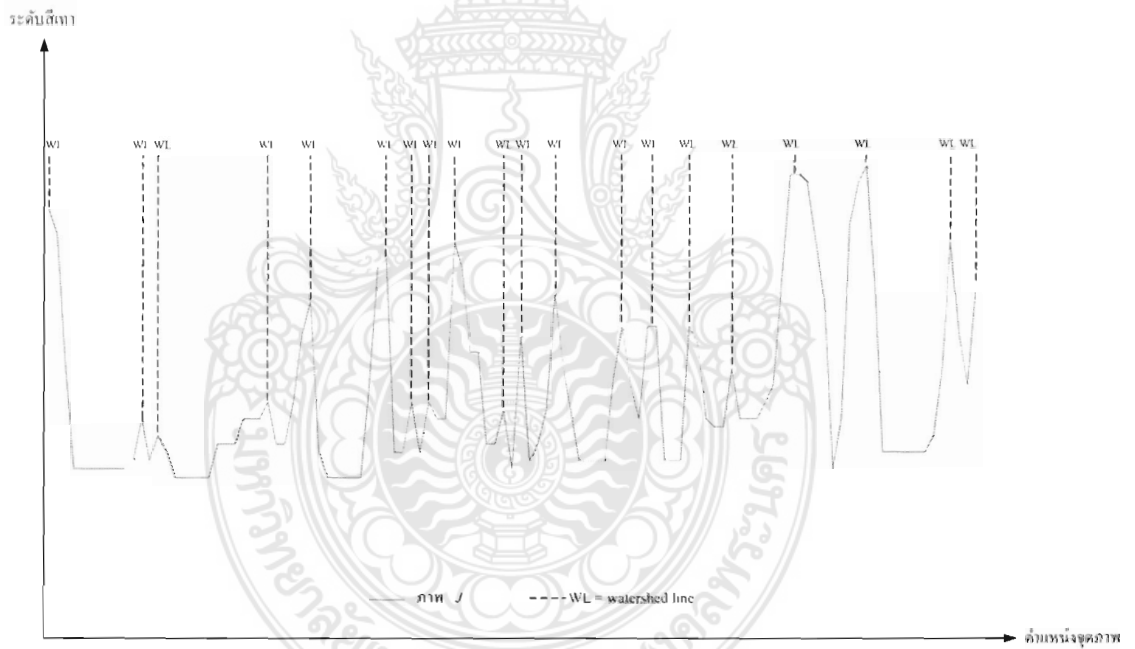


(ง) การเปรียบเทียบภาพ J ที่ได้ผ่านขบวนการสร้างรูประดับสีเทา กับภาพ I

รูปที่ 3.12 (ต่อ)



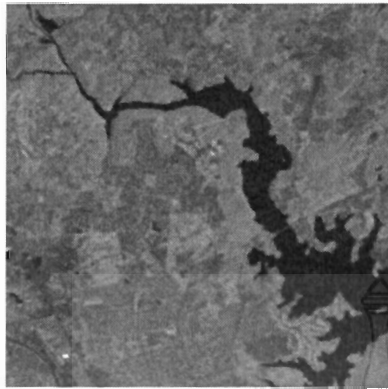
(จ)เมื่อกำหนดให้ภาพ J เป็นภาพผลลัพธ์



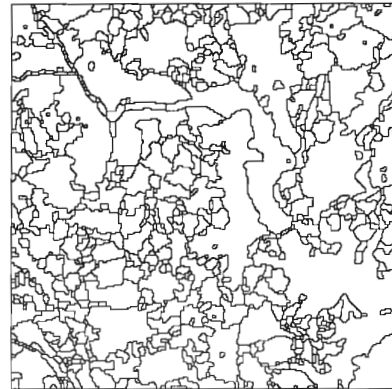
(ฉ)เมื่อนำภาพ J ไปผ่านการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการวอเตอร์เชดจะเกิดการแบ่งส่วนได้ 21 ส่วน

รูปที่ 3.12 (ต่อ)

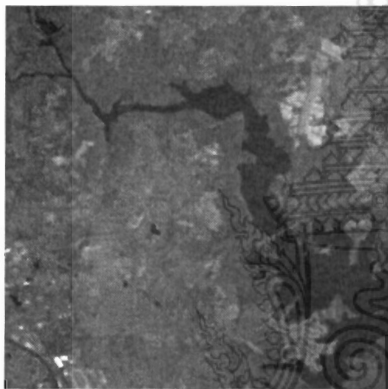
3.4 ผลการทดลอง



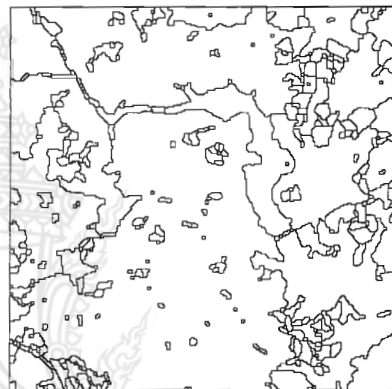
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4



(ข) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(ก)



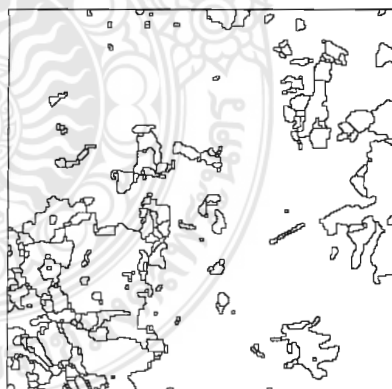
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5



(ง) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(ค)



(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6



(ฉ) ขอบเขตของการแยกส่วนในภาพ(จ)

รูปที่ 3.13 ขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เอด
ทรานฟอร์ม

ในการทดลอง ได้นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และ แบนด์ที่ 6 มาทำการแยกส่วนในภาพด้วยหลักการของวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม โดยกำหนดให้มีการแบ่งส่วนในภาพออกเป็น 1,200 พื้นที่ย่อย ในรูปที่ 3.12(ข) รูปที่3.12(ง) และ รูปที่3.12(ฉ) แสดงถึงขอบเขตของพื้นที่ย่อยที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยหลักการของวอเตอร์เฉด ทรานฟอร์ม



3.5 การวัดคุณภาพของการแยกส่วนในภาพ

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

$$PE = P(O)P(B|O) + P(B)P(O|B) \quad (3.12)$$

เมื่อ

PE คือ ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด (Probability of error)

$P(O)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นขอบภาพ (Object)

$P(B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นพื้นหลัง (Background)

$P(O|B)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นขอบภาพโดยกำหนดให้ทำการสุ่มมาจากพื้นหลัง

$P(B|O)$ คือ ความน่าจะเป็นที่จะเป็นพื้นหลังโดยกำหนดให้ทำการสุ่มมาจากขอบภาพ

เมื่อกำหนดให้

N_b จำนวนจุดภาพที่มีลักษณะเป็น bit ที่เกิดขึ้นในภาพ

N_h จำนวนจุดภาพที่มีลักษณะเป็น hole ที่เกิดขึ้นในภาพ

N_c จำนวนจุดภาพของขอบภาพที่แท้จริง

N จำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพ

จะได้ว่า

$$P(O) = \frac{N_c}{N} \quad (3.13)$$

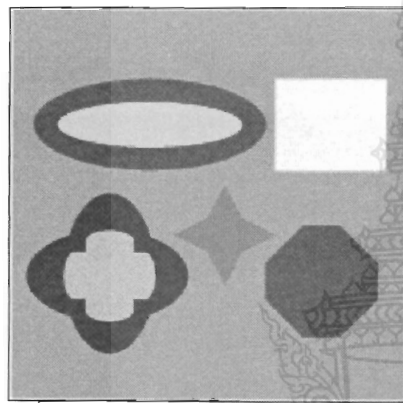
$$P(B|O) = \frac{N_b}{N - N_c} \quad (3.14)$$

$$P(B) = \frac{N - N_c}{N} \quad (3.15)$$

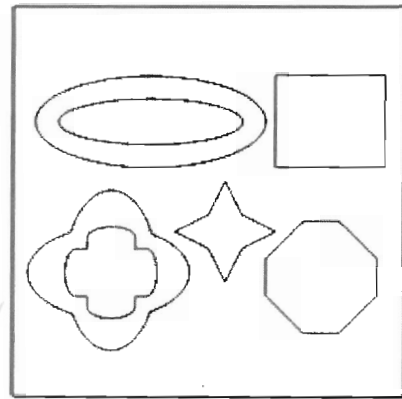
$$P(O|B) = \frac{N_h}{N - N_c} \quad (3.16)$$

$$PE = \frac{N_c}{N} \frac{N_b}{N - N_c} + \frac{N - N_c}{N} \frac{N_h}{N - N_c} = \frac{N_b + N_h}{N} \quad (3.17)$$

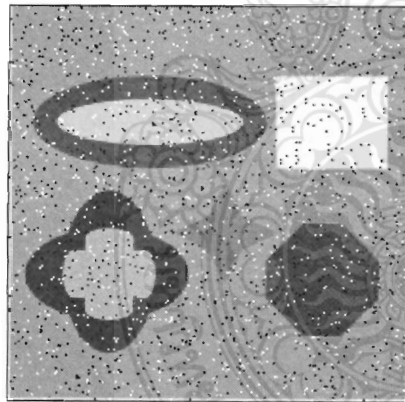
โดยการสร้างภาพเฉพาะซึ่งมีรูปร่างเป็นทรงเรขาคณิตต่างๆขึ้นมาดังรูปที่ 3.14(ก) โดยที่รู้ขอบภาพที่แท้จริงอยู่ก่อนแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.14(ข) และทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper ให้กับภาพเฉพาะดังแสดงใน รูปที่ 3.14(ค) และรูปที่ 3.14(ง) จากนั้นจึงนำเอาเมื่อนำภาพที่สร้างขึ้นมานี้ไปทำการหาขอบภาพโดยใช้หลักการของ วอเตอร์เฉดทรานฟอร์มรวมถึงการหาขอบภาพด้วยวิธี Canny[13] โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 3.15 จากนั้นจึงทำการหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดของการแยกส่วนในภาพทั้งสองวิธีเพื่อเปรียบเทียบกัน ผลของการคำนวณค่าจากสมการดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของการแยกส่วนในภาพคือถ้าผลการคำนวณมีค่าน้อยจะถือว่ามีความถูกต้องมาก ซึ่งผลการคำนวณที่ได้แสดงในตารางที่ 3.3



(ก) ภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวน

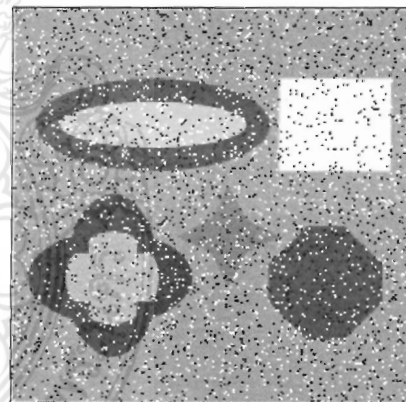


(ข) ขอบภาพที่แท้จริงของภาพ(ก)



(ค) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper

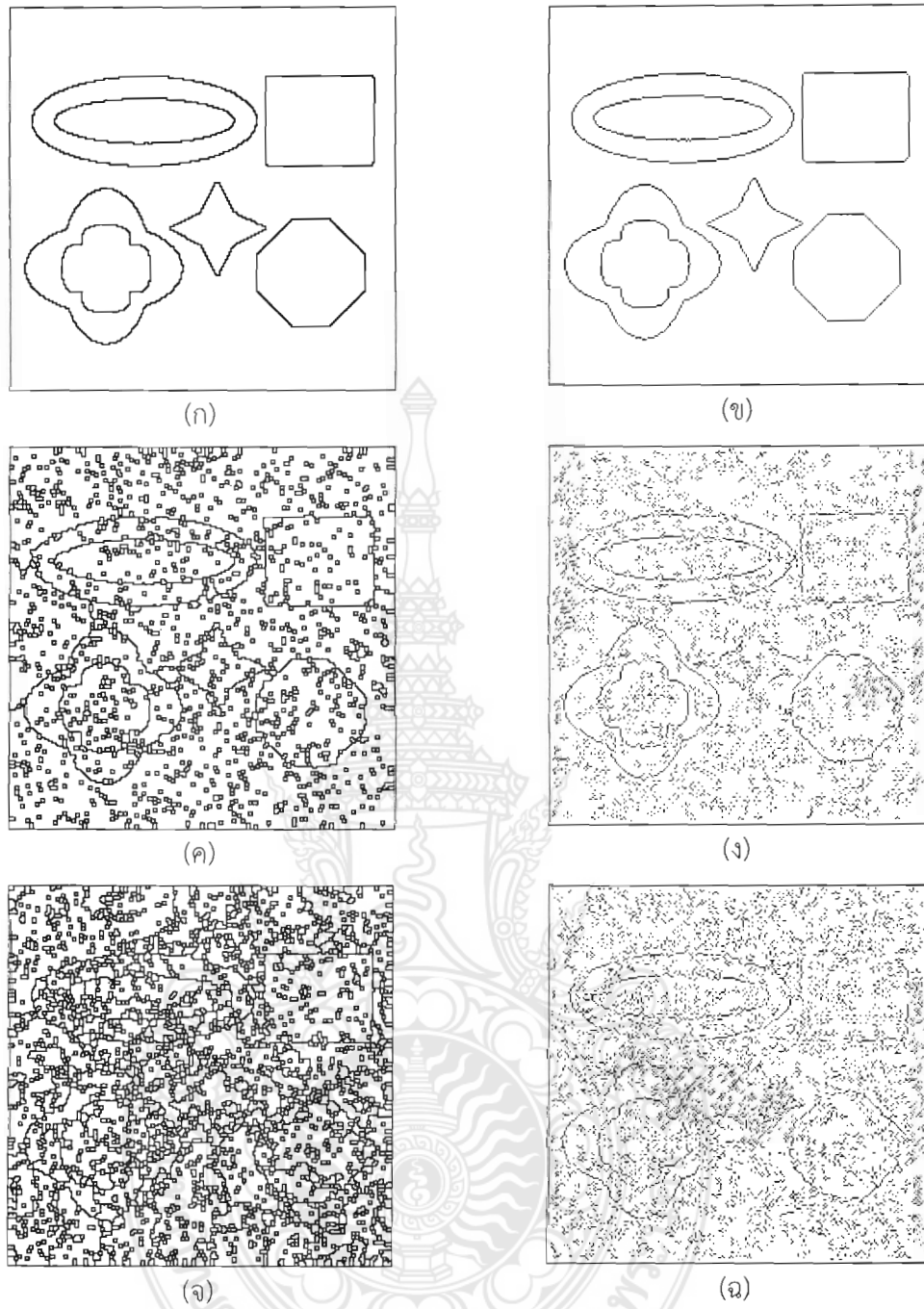
จำนวน 5 %



(ง) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด salt & pepper

จำนวน 10 %

รูปที่ 3.14 ภาพที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ทดสอบวิธีการหาขอบภาพ



รูปที่ 3.15 ขอบภาพของรูปภาพที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ

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

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 3.3 จะเห็นว่า หากภาพที่นำมาทำการหาขอบภาพไม่มีสัญญาณรบกวน ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดโดยการใช้ วอเตอร์เฉดทรานฟอร์มจะมีค่าที่น้อยกว่าการใช้วิธีการของ Canny แต่ถ้าหากในภาพนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่จะเห็นได้ว่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดโดยการใช้วอเตอร์เฉดทรานฟอร์มจะมีค่าที่มากกว่าการใช้วิธีการของ Canny เนื่องจากคุณสมบัติของการแยกส่วนในภาพด้วยวอเตอร์เฉดนั้นขอบของภาพที่ได้จะต้องต่อเนื่องและไม่ขาดหายไปหรือมีลักษณะเป็นเส้น contour ถ้าจุดภาพใดในภาพเป็นสัญญาณรบกวน กระบวนการแยกส่วนในภาพด้วยวอเตอร์เฉดก็จะทำเส้น contour ล้อมรอบบริเวณจุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนนั้น ทำให้เกิดจุดภาพที่มีลักษณะเป็น bit เกิดขึ้น และทำให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดมีค่าสูงขึ้น

3.6 บทสรุป

กระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม ไม่สามารถนำไปใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมได้โดยตรง ต้องนำภาพถ่ายดาวเทียมนั้นไปทำภาพเกรเดียนต์ก่อน ซึ่งการทำภาพเกรเดียนต์ ในงานวิจัยนี้จะใช้หลักการทำภาพเกรเดียนต์ของ Sobel จากนั้น จึงนำภาพไปผ่านกระบวนการ การสร้างรูประดับสีเทาขึ้นใหม่ เพื่อลดจำนวนพื้นที่ย่อยที่จะเกิดขึ้นหลังผ่านกระบวนการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการวอเตอร์เฉดทรานฟอร์ม สามารถที่จะแยกกลุ่มจุดภาพที่มีความสม่ำเสมอหรือเป็นเอกพันธ์ได้ดีและมีความแม่นยำในการแยกส่วนในภาพที่สูง

บทที่ 4

การปรับปรุงภาพดิจิทัล

4.1 บทนำ

โดยทั่วไป การปรับปรุงภาพ จะเป็นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกว่าภาพเดิม เพื่อให้มนุษย์หรือเครื่องจักรกลสามารถวิเคราะห์ภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงภาพคือ การเปลี่ยนแปลงค่าฮิสโตแกรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าฮิสโตแกรมของภาพ จะมีผลทำให้จุดภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นจากจุดภาพหนึ่งจุดภาพใด โดยไม่เกี่ยวข้องกับค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียง ดังนั้นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมของภาพ จะเป็นการประมวลผลภาพแบบจุด ซึ่งผลลัพธ์หลังการเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรม จะช่วยทำให้มองเห็นรายละเอียดในภาพชัดเจนขึ้น ซึ่งในการประมวลผล การเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมของภาพนั้นจะใช้วิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram equalization) ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีมีความแตกต่างของรายละเอียดภายในสูงและชัดเจน

4.2 การปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)

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

จาก [14] กำหนดให้ $\mathbf{X} = \{X(i, j)\}$ แสดงถึงภาพที่มีระดับสีเทา L ระดับ โดย X หมายถึงค่าระดับสีเทา ของจุดภาพที่พิกัด (i, j) กำหนดให้ N คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพ และกำหนดให้ X_0 คือค่าระดับสีเทาที่ต่ำที่สุดในภาพ X_{L-1} คือค่าระดับสีเทาที่สูงที่สุดในภาพ จะได้ $\forall X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ 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)

$$p(X_k) = \frac{n_k}{N}, \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (4.1)$$

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

2) คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function:CDF) ของ PDF ดังสมการที่(4.2)

$$c(X_k) = \sum_{i=0}^k p(X_i) \quad (4.2)$$

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

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

$$f(X_k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(X_k), \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (4.3)$$

4) ทำการปรับเรียบภาพทั้งหมดจากภาพที่ได้

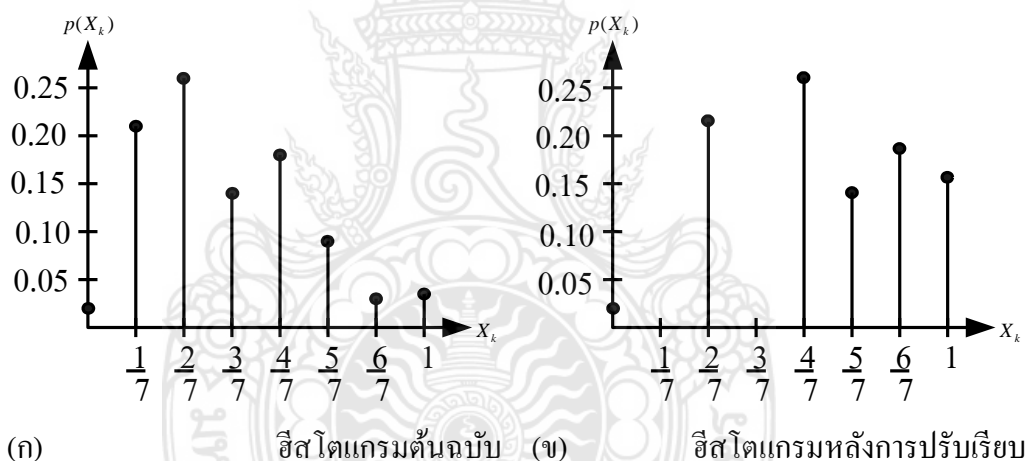
$$\mathbf{Y} = f(\mathbf{X}) = \{f(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in \mathbf{X}\} \quad (4.4)$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจ จะขอยกตัวอย่างการปรับเรียบฮิสโตแกรมของภาพขนาด 64×64 จุดภาพ โดยมีการกระจายของค่าระดับสีเทาดังแสดงในตารางที่ 4.1

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 ดังนั้น จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา 1 ในฮิสโตแกรมใหม่จะมีจำนวน $408+116+144 = 668$ จุดภาพหรือจะมีความน่าจะเป็นรวมกันเท่ากับ 0.1631 สำหรับฮิสโตแกรมต้นฉบับและฮิสโตแกรมใหม่ที่ได้หลังจากการปรับเรียบฮิสโตแกรมแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 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 4.1 การปรับเรียบฮิสโตแกรมของตารางที่ 4.1

เนื่องจากการกระจายข้อมูลตามความหนาแน่นไปยังค่าระดับสีต่ำสุดจนถึงค่าระดับสีขาวยิ่งสูง จึงมีโอกาที่จะเกิดข้อมูลที่มีค่าระดับสีต่ำและระดับสีขาวยิ่งสูงใกล้เคียงกันเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องค่าความสว่างอิมตัวในบริเวณที่ระดับสีเทามืดหรือสว่างใกล้เคียงกัน ทำให้มองไม่เห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นได้ ซึ่งเป็นข้อเสียของการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดของภาพ

ดังนั้นการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดย นำภาพที่จะทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมมาทำการจำแนกหรือแยกกลุ่มข้อมูลภาพ จากนั้นนำวิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรมมาประยุกต์ใช้กับภาพในพื้นที่ย่อยที่ถูกจำแนกไว้แล้ว ซึ่งเรียกว่าการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย

ในการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย ภาพ X จะถูกจำแนกหรือแยกส่วนภาพออกเป็น c ส่วน ตามลำดับ

$$X = X_1 \cup X_2 \cup \dots \cup X_c \quad (4.5)$$

พิจารณาพื้นที่ย่อยลำดับ r

$$X_r = \{X_{r \min}, X_{r1}, \dots, X_{r \max}\} \quad (4.6)$$

$$X_r = \{x(i, j) \mid x(i, j) \in X\} \quad (4.7)$$

$$X_{r-1} \cap X_r = 0 \quad (4.8)$$

เมื่อ

$X_{r \min}$ คือ ค่าระดับสีเทาที่ต่ำสุดในพื้นที่ย่อยลำดับ r

$X_{r \max}$ คือ ค่าระดับสีเทาที่สูงสุดในพื้นที่ย่อยลำดับ r

ค่า PDF ของภาพในพื้นที่ย่อยลำดับ r คือ

$$p_r(X_{rk}) = \frac{n_{rk}}{N_r} \quad (4.9)$$

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

$$c_r(X_{rk}) = \sum_i^k p_r(X_{ri}); \min \leq i \leq k \leq \max \quad (4.10)$$

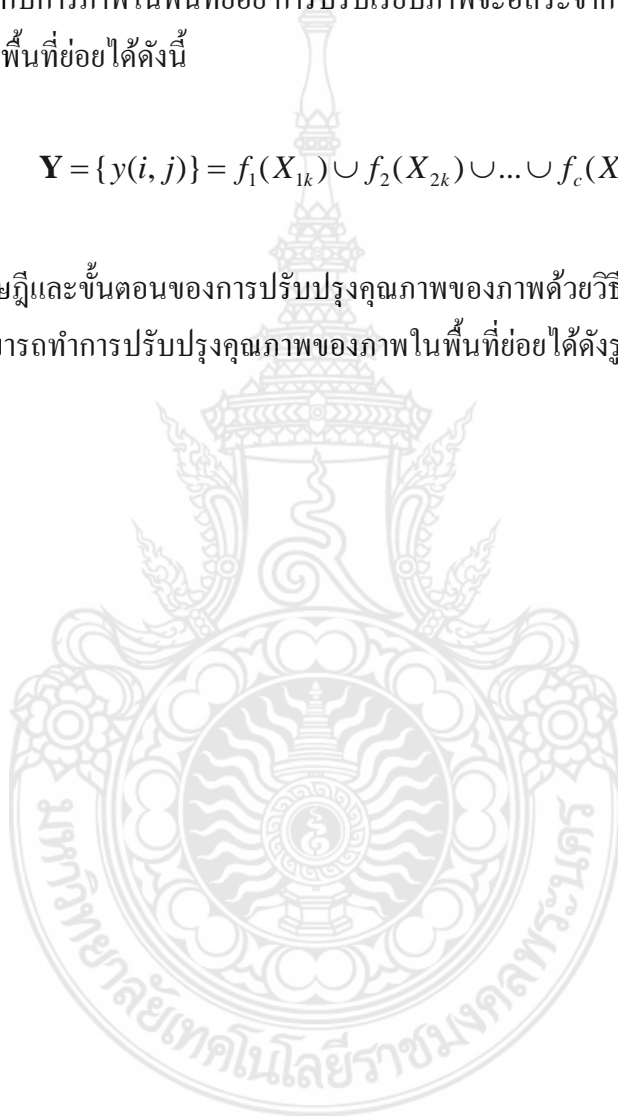
ทำนองเดียวกันกับกรณีของการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด ทำการแปลงเป็นฟังก์ชันการปรับเรียบฮิสโตแกรมได้โดย

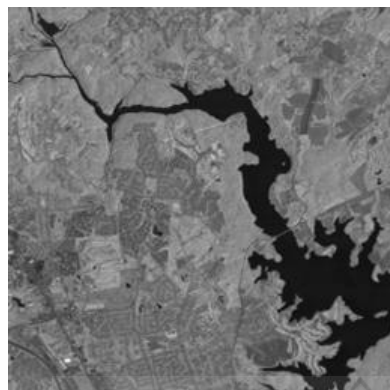
$$f_r(X_{rk}) = X_{r\min} + (X_{r\max} - X_{r\min})c_r(X_{rk}) \quad (4.11)$$

ในพื้นที่ย่อยอื่นๆ ก็ให้พิจารณาเช่นเดียวกันกับพื้นที่ย่อย X_r และจากการแปลงฟังก์ชันนำมาประยุกต์ใช้กับการภาพในพื้นที่ย่อย การปรับเรียบภาพจะอิสระจากกัน ดังนั้นสามารถทำการปรับเรียบภาพในพื้นที่ย่อยได้ดังนี้

$$\mathbf{Y} = \{y(i, j)\} = f_1(X_{1k}) \cup f_2(X_{2k}) \cup \dots \cup f_c(X_{ck}) \quad (4.12)$$

จากทฤษฎีและขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีฮิสโตแกรมอิกวาไลเซชันที่ได้นำเสนอสามารถทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพในพื้นที่ย่อยได้ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3

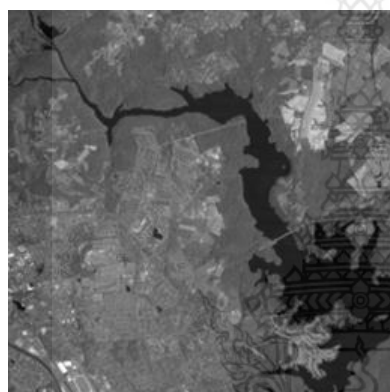




(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4



(ข) ภาพ(ก) ที่ผ่านการทำ GHE



(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5



(ง) ภาพ(ค) ที่ผ่านการทำ GHE

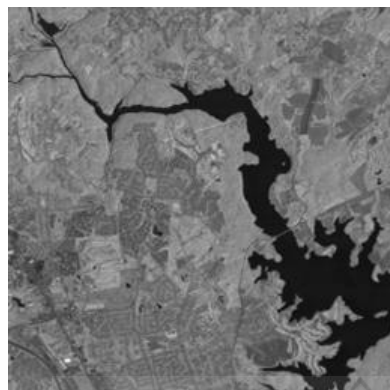


(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6

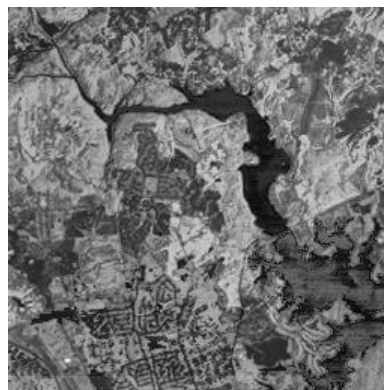


(ฉ) ภาพ(จ) ที่ผ่านการทำ GHE

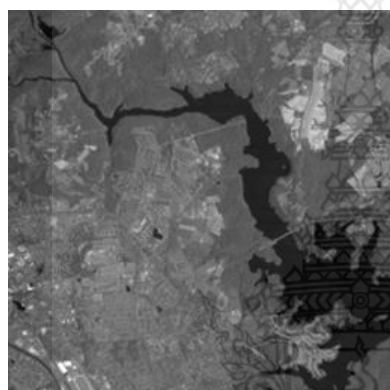
รูปที่ 4.2 ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด



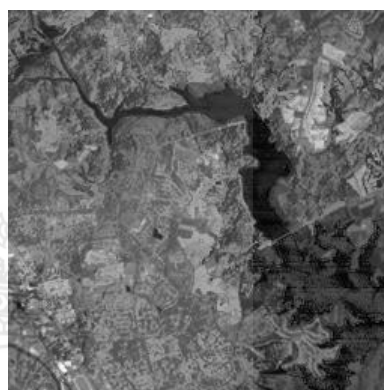
(ก) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 4



(ข) ภาพ(ก) ที่ผ่านการทำ LHE



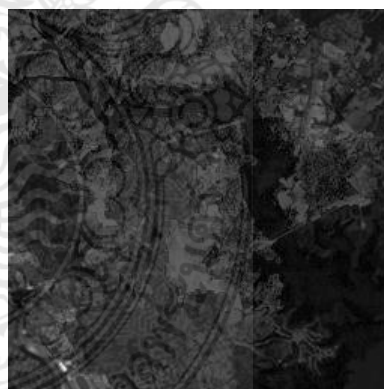
(ค) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 5



(ง) ภาพ(ค) ที่ผ่านการทำ LHE



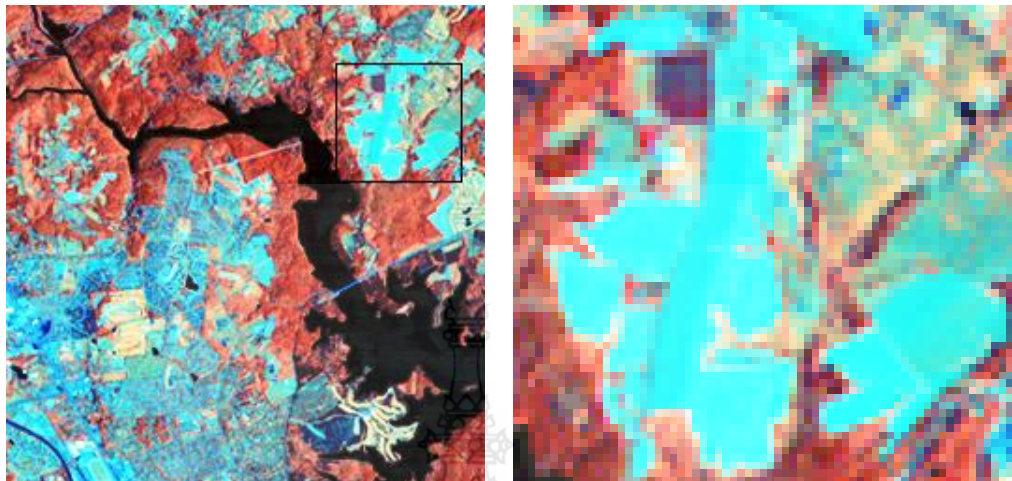
(จ) ภาพถ่ายดาวเทียมในแบนด์ที่ 6



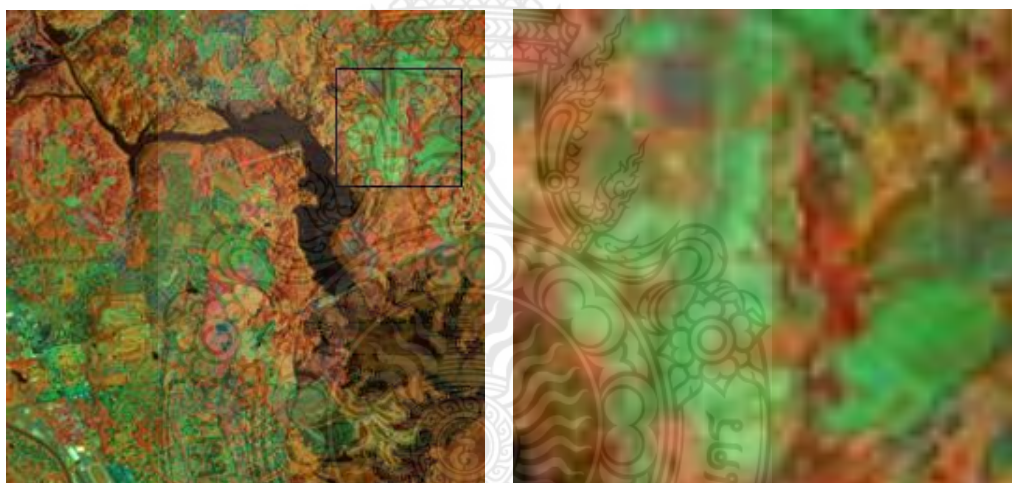
(ฉ) ภาพ(จ) ที่ผ่านการทำ LHE

รูปที่ 4.3 ภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย

4.3 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมดและในพื้นที่ย่อย



(ก) ภาพสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด และภาพขยายที่อยู่ภายในกรอบ



(ข) ภาพสีที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย และภาพขยายที่อยู่ภายในกรอบ

รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบภาพสีที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ย่อย

ภาพที่ได้ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.2 และการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.3 มาทำการกำหนดสีโดยให้ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงคลื่นที่ 4 เป็นสีแดง ภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 5 เป็น สีเขียว และภาพถ่ายดาวเทียมช่วงคลื่นที่ 6 เป็น สีน้ำเงิน เพื่อนำไปผสมเป็นภาพสีอาร์จีบี ดังแสดงในรูปที่ 4.4

ผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่ามีส่วนที่บางส่วนของภาพถ่ายจากรูป 4.4(ก) ไม่สามารถให้รายละเอียดได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.4(ข) เนื่องจากในบางพื้นที่จะมีการอิมตัวของระดับสีเทาซึ่งจะทำให้การรวมกันของภาพสีที่ได้นั้นเกิดการสว่างจ้ามากเกินไปจนไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดในภาพ จึงทำให้ทราบว่า การปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้จากการปรับเรียบฮิสโตแกรมภายในพื้นที่ที่ย่อนั้นสามารถที่จะจัดการอิมตัวของระดับสีเทา ซึ่งจะทำให้การแยกแยะหรือการแปลความหมายจากภาพทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.4 การตรวจสอบคุณภาพของภาพ

จากขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น จะนำภาพที่ได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพได้โดยวิธีการหาค่าความแปรปรวน[15] โดยค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาที่จุดภาพใดๆจะหาได้จากสมการ

$$m_x(i, j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} x(k, l) \quad (4.13)$$

ค่าความแปรปรวนของจุดภาพใดๆ

$$\sigma_x^2(i, j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} [x(k, l) - m_x(i, j)]^2 \quad (4.14)$$

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

จาก[15] คุณสมบัติของภาพที่ดีเมื่อผ่านขบวนการการปรับปรุงคือ ค่าความแปรปรวนในส่วนกลางของรายละเอียดควรมีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ค่าความแปรปรวนในส่วนราบเรียบและขอบภาพควรมีค่าที่เพิ่มขึ้น ไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

ในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าภาพที่ผ่านขบวนการปรับเรียบฮีสโตแกรมในพื้นที่ทั้งหมด ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในกลุ่มของรายละเอียดและกลุ่มของขอบภาพจะมีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับและภาพที่ผ่านขบวนการปรับเรียบฮีสโตแกรมในพื้นที่ที่ย่อย โดยเฉพาะค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของส่วนขอบภาพจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ต้องการเพิ่ม

สำหรับภาพที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมในพื้นที่ที่ย่อย ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในส่วนขของรายละเอียดจะเพิ่มขึ้น และค่าความแปรปรวนเฉลี่ยในส่วนขอบภาพจะมีค่าใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ นั้นแสดงว่าวิธีการที่นำเสนอมีความถูกต้องสอดคล้องกับวิธีการประเมิน

ตารางที่ 4.2. ค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และแบนด์ที่ 6 ที่ผ่านการปรับเรียบฮีสโตแกรมแบบต่างๆ

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 การทำฮีสโตแกรมแบบปรับเรียบภายในพื้นที่ทั้งหมดจะทำให้เกิดการอึมตัวของระดับสีซึ่งทำให้รายละเอียดบางส่วนในภาพหายไป ทำให้การจำแนกและการแปลความหมายของข้อมูลภาพนั้นผิดเพี้ยนไป แต่สำหรับการทำฮีสโตแกรมแบบปรับเรียบภายในพื้นที่ย่อย จะยังคงสามารถรักษารายละเอียดของภาพไว้ได้ ทำให้ภาพสีที่ได้มีรายละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการศึกษาของงานวิจัย พบว่าหลังจากผ่านขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพภาพพบว่า ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง รายละเอียดเนื้อขอบภาพมีค่าผิดพลาดเพียงน้อย แสดงให้เห็นว่าภาพผลลัพธ์ ให้ผลที่ดีมีความคมชัดมากกว่าภาพต้นฉบับ และเมื่อเปรียบเทียบ วิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮิสโตแกรม ผลลัพธ์ภาพที่ได้ภาพมีความคมชัดสังเกตผลด้วยตาเปล่าพบว่าภาพมีความคมชัดขึ้น โดยยังสามารถรักษารายละเอียดของภาพไว้ได้ดีอีกด้วย

5.2 สรุปผลการวิจัย

วิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีที่เสนอในงานวิจัย ปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลของฮิสโตแกรม โดยเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบจากทั้ง 3 วิธี โดยเปรียบเทียบผลจากค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด(PSNR) ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

การแสดงผลเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย ต้องมีการเปรียบเทียบวิธีอื่นด้วยเช่นกัน ทำให้ต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลการประเมินคุณภาพของภาพที่แท้จริง

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีผลกับการปรับเท่าคุณภาพภาพ ซึ่งขึ้นกับการเลือก ซึ่งอาจจะมีความเป็นไปได้ที่อาจพบช่วงความเหมาะสมอื่น ซึ่งจุดที่ต้องระวังภาพผลลัพธ์ที่ได้ต้องพิจารณาถึงเรื่องการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ เป็นต้น

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 14th 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

- [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**. 2nd ed. : John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- [23] วิสาข์ เกษประทุม. **ความน่าจะเป็นและสถิติเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด
- [24] อีระ วีระถาวร. **ความน่าจะเป็นเบื้องต้น:ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน จำกัด พัทธ์การพิมพ์

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่








การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘

ECTI CARD 2016

เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด เพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน

วันที่ 27-29 กรกฎาคม พ.ศ.2559
ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ โฮเทล แอนด์ รีสอร์ท
อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จัดโดย
สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

การปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยการแบ่งส่วนของภาพ วิธีวอเตอร์เชดและปรับเรียบฮิสโตแกรม

Improved Watershed Image Segmentation Algorithm with Histogram Enhancements

สุริยา ไชยวงศ์ และ ณัฐพงศ์ พันธนะ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์ สาย1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 Email: ch53suriya@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพดิจิทัลด้วยการแบ่งส่วนของภาพด้วยวิธีวอเตอร์เชด และการปรับเรียบฮิสโตแกรม เพื่อที่จะพยายามรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดต่ำสุด (Absolute Mean Brightness Error หรือ AMBE) ให้ยังคงมีความสว่างใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับและปรับปรุงให้ภาพมีความคมชัด ประกอบด้วยวิธีการของการแปลงวอเตอร์เชด (Watershed Image Segmentation) โดยแบ่งแยกขอบเขตพื้นที่ของภาพสร้างเส้นวอเตอร์เชด (Watershed line) จากนั้นปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram Enhancements) ใช้วิธีแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วน (Brightness preserving bi-histogram equalization หรือ BBHE) โดยผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดมีค่าต่ำสุดและให้รายละเอียดของภาพที่คมชัดยิ่งขึ้น เป็นวิธีการที่ยังคงรักษาค่าระดับความสว่างของภาพ ให้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับได้คือวิธีการหนึ่ง ซึ่งสามารถนำวิธีการไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการแพทย์ ในด้านอุตสาหกรรม และงานวิจัยด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

คำสำคัญ: ฮิสโตแกรม, ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาด, การปรับเรียบ, การแบ่งส่วนภาพ, วิธีวอเตอร์เชด

Abstract

This research aims to improve the quality of digital images by image segmentation (the method of water shade) and smoothing the histogram. In order to maintain average brightness value with the lowest error (Absolute Mean Brightness Error or AMBE), there are still close to the brightness of the original image and the image adjustment sharpness. Contains the methods of Watershed Image Segmentation dividing boundary area of the image created by the Water shade line and then adjusted the histogram using the split method (Histogram Enhancements) histogram into two parts (Brightness preserving bi-histogram equalization or BBHE) By the results, It is found that the average brightness value with minimum error and provide details of the sharper image. As a means of maintaining the brightness level of the

image as close to the original image was another way. This can be applied in the medical, industry and other relevant research.

Keywords: Histogram, Absolute Mean Brightness Error, Equalization, Image Segmentation, Watershed

1. บทนำ

ภาพถ่ายจากดาวเทียม สถานที่ สิ่งของ และเหตุการณ์สำคัญต่างๆ เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลของภาพนั้นๆเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐาน ในการเปรียบเทียบหรืออ้างอิงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล การสแกนภาพผ่านเครื่องสแกนหรือ การที่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณภาพเพื่อต้องการรายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ของภาพดิจิทัล สิ่งที่ต้องพบเห็นอยู่เป็นประจำคือ ฮิสโตแกรม เพียงแต่ปรับเลื่อนเครื่องหมายหรือขีดต่างๆ บนซอฟต์แวร์จน สังเกตว่าภาพ ที่ตนเองเห็นบนจอ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปดังที่ตนต้องการถือว่าได้ภาพที่ดีแล้ว แต่แท้จริงคุณภาพของภาพถ่ายที่ได้มา ยังไม่มีคุณภาพดีพอ อาจจะมีการเพิ่มความเข้มของแสงมากเกินไป หรือแสงน้อยเกินไป ที่ให้ภาพที่ได้เกิดค่าความสว่างผิดพลาดและเกิดค่าเออร์เรอร์ที่สูง ไม่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ จึงต้องมีกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายด้วยวิธีการ แบ่งฮิสโตแกรม โดยมีวิธีการและเทคนิคมากมายในแบ่งฮิสโตแกรมและปรับปรุงคุณภาพของภาพ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะทำการเอาข้อมูลภาพดิจิทัลมาปรับปรุงความคมชัดของภาพถ่ายให้มีความคมชัดมากขึ้น และยังคงรักษาระดับความสว่างของภาพ ให้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด ด้วยวิธีการแบ่งส่วนของภาพโดยใช้หลักการแปลงวอเตอร์เชด และใช้เทคนิคการปรับเรียบฮิสโตแกรมบน โปรแกรมเมทแลป โปรแกรมเมทแลป เป็นโปรแกรมทางวิศวกรรมศาสตร์ที่สามารถคำนวณและวิเคราะห์ผลทางคณิตศาสตร์ แจกแจงความถี่ กราฟิก มาทำการเขียนโปรแกรมแบ่งส่วนของภาพโดยใช้หลักการแปลงวอเตอร์เชด และปรับเรียบฮิสโตแกรมที่เกิดจากภาพถ่าย และทำการเปรียบเทียบ ปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

2. ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพของภาพ

2.1 การแยกส่วนในภาพด้วยวิธีวอเตอร์เชด (Watershed Image Segmentation)

หลักการแปลงวอเตอร์เชดกำหนดให้ว่าวัตถุซึ่งมีภาพลักษณะคล้ายแผนภูมิประเทศดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างแผนภูมิประเทศ

โดยนำวัตถุนี้ไปเจาะรูเล็กๆ ในบริเวณ M1 M2 และ M3 โดยรูที่จะนั้นต้องทะลุถึงด้านล่างสุดของวัตถุ จากนั้นจึงนำเอาวัตถุที่ได้เจาะรูแล้ววางลงไปบนบ่อน้ำ จากนั้นวัตถุค่อยๆ จมลงด้วยความเร็วคงที่ น้ำในบ่อก็จะไหลผ่านเข้ามาในรูที่เจาะไว้ โดยไหลเข้าบริเวณพื้นที่ต่ำที่สุด M2 ก่อน เมื่อระดับน้ำถึงระดับ I จะมีน้ำจากพื้นที่ M1 M2 M3 ล้นเข้ามาถึงกัน ซึ่งต้องหลีกเลี่ยง โดยวิธีการสร้างเขื่อนมาถันน้ำไม่ให้ล้นถึงกัน ขบวนการทำให้จมจะยังดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ผลสุดท้ายของขบวนการที่เกิดขึ้นคือ จะสามารถแยกพื้นที่ออกได้เป็นสามส่วนโดยมีเขื่อนเป็นตัวแบ่งแยกขอบเขตของพื้นที่ ซึ่งจะเรียกเส้นแบ่งเขตที่สร้างจากเขื่อนว่าเส้นวอเตอร์เชด (Watershed Line)

2.1.1 หลักการทำให้วัตถุจมน้ำ

กำหนดให้ I เป็นภาพระดับสีเทา p คือตำแหน่งจุดภาพ h คือระดับสีเทา ให้ $T_h(I)$ คือตำแหน่งเขตของตำแหน่งในจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับ h จะได้

$$T_h(I) = \{p | I(p) \leq h\} \tag{1}$$

เมื่อกำหนดให้ $C(M)$ คือบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีความสูงเป็น M กำหนดให้ $C_h(M)$ เป็นชั้นเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

$$C_h(M) = \{p \in C(M) | I(p) \leq h\} = C(M) \cap T_h(I) \tag{2}$$

กำหนดให้ P เป็นจำนวนรูปแบบเส้นทางที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อดจุด Q_1 และจุด Q_2 ในพื้นที่ A

$$d_A(Q_1, Q_2) = \min \{l(P)\}$$

เมื่อเขต A มีเขตย่อยอยู่ k เขตคือ B_1, B_2, \dots, B_k กำหนดให้ $iz_A(B_i)$ คือบริเวณที่มีอิทธิพลของจีโอเดสิก (Geodesic influence zone) กระบวนการทำให้จมเริ่มพิจารณาที่ระดับค่าสีเทาที่ต่ำที่สุดก่อนคือ h_{\min} เมื่อวิเคราะห์และพิจารณาที่ h_{\min} เรียบร้อยแล้วก็จะพิจารณาระดับสีเทาที่ $h_{\min} + 1$ เป็นลำดับต่อไป กระบวนการวิเคราะห์ พิจารณาจะดำเนินการต่อไปเรื่อยๆ จนถึง h_{\max} ซึ่งเป็นค่าระดับสีเทาที่สูงที่สุด หลังจากนั้นกำหนดให้เขต $X_{h_{\min}}$ คือจุดภาพใน I คือ

$$X_{h_{\min}} = T_{h_{\min}}(I) \tag{3}$$

เมื่อพิจารณาที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$ และกำหนดให้ $Y = T_{h_{\min}+1}(I)$ เป็นรูปแบบของเขต Y ที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูงต่างระดับนี้ เมื่อกำหนดให้ $X_{h_{\min}+1}$ คือเขตของพื้นที่ระดับต่ำที่ความถี่สูง $h_{\min} + 1$ จะได้ว่า

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup C_{h_{\min}+1}(x_1) \cup C_{h_{\min}+1}(x_2) \cup C_{h_{\min}+1}(x_3) \tag{4}$$

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup iz_{y_3}(x_1) \cup iz_{y_3}(x_2) \cup iz_{y_3}(x_3) \tag{5}$$

หรือ

$$X_{h_{\min}+1} = y_1 \cup IZ_y(X_{h_{\min}}) \tag{6}$$

จะได้ว่าที่ระดับความสูง $h_{\min} + 1$ จะประกอบไปด้วยเขตอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือเขต $X_{h_{\min}+1}$ และเขต Y ที่คอมพลิเมนต์กับเขต $X_{h_{\min}+1}$ โดยกำหนดให้เขตส่วนที่สองนี้มีระดับสีเทาเท่ากับ $X_{h_{\min}+2}$ เพื่อที่จะนำเขตส่วนนี้ไปพิจารณาที่ระดับความสูงถัดไป ลักษณะการวิเคราะห์และพิจารณาเป็นเช่นเดียวกันกับการพิจารณาเขต Y เมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความสูงของภาพไปจนถึงระดับความสูงเท่ากับ h_{\max} ซึ่งจะเป็นลำดับสุดท้ายของการวิเคราะห์ และพิจารณาโดยที่ระดับความสูงนี้จะประกอบไปด้วยเขต $X_{h_{\max}}$ และ I ที่คอมพลิเมนต์กับ เขต $X_{h_{\max}}$ นี้ก็จะ เป็นเขตของเส้นวอเตอร์เชด หลังจากนั้นก็ทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมที่ได้ตามเทคนิค BBHE ต่อไป

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

2.2 วิธีการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ส่วน (Bi-Histogram Equalization, BBHE)

วิธีการ BBHE เริ่มด้วยการแบ่งฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นสองส่วนหรือเรียกว่าสองภาพย่อยโดยอาศัยค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง X_m เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ x โดยที่ $X_m \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ ทำการแบ่งฮิสโตแกรมของภาพออกเป็นสองฮิสโตแกรมย่อยคือ X_L และ X_U

$$X = X_L \cup X_U \quad (7)$$

เมื่อ

$$X_L = \{X(i, j) | X(i, j) \leq X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad (8)$$

$$X_U = \{X(i, j) | X(i, j) > X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad (9)$$

กำหนดฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นสำหรับภาพย่อยทั้งสอง

$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L} \quad \text{เมื่อ } k=0, 1, \dots, m \quad (10)$$

และ

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U} \quad \text{เมื่อ } k=m+1, m+2, \dots, L-1 \quad (11)$$

โดยที่ n_L^k และ n_U^k แทนจำนวนจุดภาพของระดับสีเทา X_k ในภาพย่อยของ X_L และ X_U ตามลำดับ ส่วน n_L และ n_U จะแทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดของแต่ละภาพย่อย X_L และ X_U เมื่อ

$$n_L = \sum_{k=0}^m n_L^k$$

และ $n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k$ ซึ่งจำนวนจุดภาพทั้งหมดคือ $n = n_L + n_U$

กำหนดPDFของภาพย่อยทั้งสอง

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^m p_L(X_j) \quad (12)$$

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^{L-1} p_U(X_j) \quad (13)$$

ในทำนองเดียวกันกับการปรับเท่าฮิสโตแกรมที่เดียวทั้งภาพ จะถูกนำมาใช้เป็นฟังก์ชันในการแปลงภาพ ดังนั้นภาพย่อยทั้งสองหลังการแปลงจะให้ค่าระดับสีเทาใหม่เป็น

$$f_L(x) = X_0 + (X_m - X_0)c_L(x) \quad (14)$$

$$f_U(x) = X_{m+1} + (X_{L-1} - X_{m+1})c_U(x) \quad (15)$$

การปรับเท่าฮิสโตแกรมของแต่ละภาพย่อยจะแยกกันทำอย่างอิสระ จากนั้นนำผลลัพธ์ของฮิสโตแกรมที่ถูกปรับเท่าของแต่ละภาพย่อยรวมกลับเข้าด้วยกัน จะได้ภาพเอาต์พุต Y จากกระบวนการ BBHE คือ

$$Y = \{Y(i, j)\} \quad (16)$$

$$Y = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (17)$$

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (18)$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (19)$$

3. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำภาพตัวอย่างจำนวน 5 ภาพ คือ Airplane1, Airplane2, Baboon, F16 และ girl มาทำการทดสอบด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธี ตามตารางที่ 1 พบว่าวิธีการ GHE ซึ่งเป็นวิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบทั้งภาพ สามารถปรับปรุงภาพให้มีคอนทราสต์สูง และค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาด (AMBE) สูงสุดด้วยเช่นกัน แต่วิธีที่ทำให้ AMBE ต่ำสุดคือ BBHE โดยจากภาพที่นำมาทดสอบทั้ง 5 ภาพ จะเป็นไปได้ทุกทิศทางเดียวกันทั้งหมด และยังมีวิธีที่ยังคงรักษาระดับค่าความสว่างผิดพลาดให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากที่สุดคือ การใช้หลักการวอเตอร์เชดทำการแยกส่วนภาพและทำการ BBHE ทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดที่ได้มีค่าต่ำสุด เนื่องมาจากการแบ่งภาพออกเป็นสองส่วนและแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองส่วน แล้วทำการปรับเรียบอย่างอิสระจากกันจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

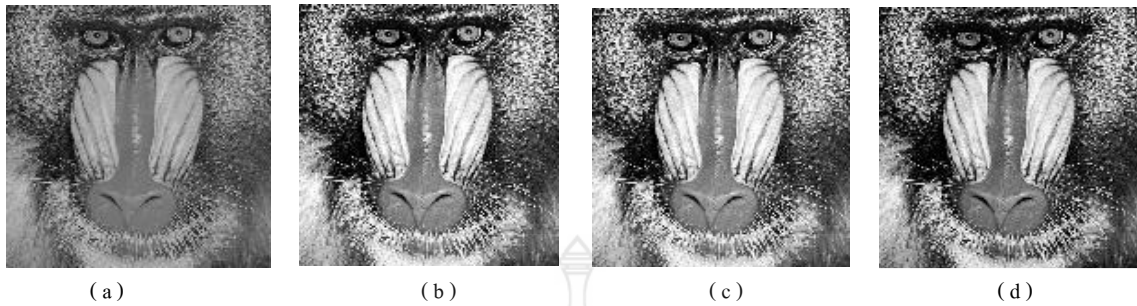
ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาด

	ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาด (AMBE)		
	GHE	BBHE	Watershed& BBHE
Airplane1	98.817	3.07618	3.0002
Airplane2	63.881	5.185	5.0132
Baboon	14.842	0.20838	0.0014
F16	35.215	6.47762	6.2421
girl	14.45	2.70451	2.3251

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand



รูปที่ 2 Baboon ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

(a) ภาพต้นฉบับและภาพฮิสโตแกรม (b) GHE (Matlab) (c) BBHE (d) Watershed&BBHE



รูปที่ 3 girlG ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

(a) ภาพต้นฉบับและภาพฮิสโตแกรม (b) GHE (Matlab) (c) BBHE (d) Watershed&BBHE

เอกสารอ้างอิง

- [1] J.Z. Wang, J. Li, "Unsupervised multiresolution segmentation for images with low depth of field," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, no. 1, pp. 85-90, 2001.
- [2] M.R. Rezaee, "A multiresolution image segmentation technique based on pyramidal segmentation and fuzzy clustering," IEEE Trans. Image Process, Vol. 9, no. 7, pp. 1238-1248, 2000.
- [3] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G.T. Ra do and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [5] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].

ประวัติคณะผู้วิจัย



ผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assit.Prof.Dr.Nattapong Phanthuna
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100600520815
3. ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
หัวหน้าศูนย์การจัดการความรู้คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
E-mail: nattapong.p@rmutp.ac.th, nattapong100@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
วศ.ม. การวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
บธ.ม. บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing: DSP)
 - การประมวลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)
 - ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. Improvement of Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Error	2550	CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'07) จัดขึ้น ณ Gold Coast, Queensland ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
2. Image Enhancement with Minimum Mean Brightness Error Via Automatic Histogram Dividing	2550	The journals Publication of WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING Issue 2, Volume 3, February 2007	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. Analysis and control of Shunt-Compensator for mitigating Unbalanced Voltages	2550	The journals publication of AUPEC'07 Australasian Universities Power Engineering Conference , เมือง PERTH ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
4. Development Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency Boiler And Data Wireless Transfer	2008	The Proceedings of the 8 th WESAS International Conference on ELECTRONICS, HARDWARE, WIRELESS and OPTICAL COMMUNICATIONS (EHAC'09), Cambridge, United Kingdom	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
5. Flood Disaster Warning System	2009	The Proceeding of 1 st Conference on Application Research and Development Bangkok, Thailand	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
6. A Sudden Flood Alert System Based on a Mesh Network	2010	CIRCUIT, SYSTEM, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'10), Harvard University, Cambridge, USA	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
7. A Solid-State Device for Fault Protection in Low Voltage Wind Turbine System	2010	The 2nd RMUTP International Conference: Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
8. Model and Experiment for Study and analysis of Photovoltaic Lightning Effects	2010	The 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON2010) and IEEE/PES (Power	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย

		& Energy Society). ณ Hangzhou China วันที่ 24– 28 ตุลาคม 2553		
9. การวิเคราะห์และออกแบบชุดชุดเซย แรงดัน ปรับปรุงการเกิดการ เปลี่ยนแปลงแรงดันจากการผลิต กระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม	2010	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	สำนักงาน คณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
10. ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองเขต พื้นที่กรุงเทพมหานคร	2011	บทความวิชาการ วารสารวิชาการและวิจัย มท ร.พระนคร	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้แต่ง
11.การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขมิ้นเพื่อ วิสาหกิจชุมชนหมู่บ้านแก่งประหลอม อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี	2011	คณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	คณะกรรมการ การอุดมศึกษา (สกอ.)	ผู้ร่วมวิจัย



ผู้วิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) รองศาสตราจารย์ ดร.พุศักดิ์ ชิวสุวิทย์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assoc.Prof.Dr Fusak Cheevasuvit
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100901190971
3. ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail: fusak2@hotmail.com , kcfusak@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
D.Ing (Automatique et Traitement du Signal) Ecole nationale Superieure des Telecommunication Paris, France
วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิมหาบัณฑิต) ระบุสาขาวิชาการ
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing: DSP)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.4 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.5 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.6 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
 - “Simplified method of high-resolution sharpening in fused image based on HIS transform,” Proceedings of 2010 3rd International Conference on Machine Vision, pp.180-182, Hong Kong , December 28-30, 2010.
 - “Mean Brightness Preserving in Sub-Region Sharpening via Histogram Equalization,” Proceedings of 2010 3rd International Conference on Machine Vision, pp.330-333, Hong Kong , December 28-30, 2010.
 - “Simultaneous Mean Brightness Preserving and Contrast Improvement via Multi-Peak Histogram Equalization,” IEEJ Transaction on

Electronics, Information and Systems, pp.2009-2013, Vol.131, No.11, 2011.

