

การแบ่งส่วนภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟบนภาพที่ผ่านการทำให้ราบเรียบ
และรักษาขอบภาพ

SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY ON THE EDGE PRESERVING
SMOOTHING IMAGE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-739-6

การแบ่งส่วนภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟบนภาพที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ

SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY ON THE EDGE PRESERVING
SMOOTHING IMAGE



ศิริวิษ วัฒนกุลสถิต
SIRAWIT PASOMKUSOLSIL

ดท.
๘-๒๓๐๘
๒๕๔๕

ชพม.....
ชทชเบชน 43271
๒ 1 ส.ค. 2545
เดือน, ปี.....

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ISBN 974-648-739-6 มอนอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘/๒๓๐๘

**SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY ON
THE EDGE PRESERVING SMOOTHING IMAGE**



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

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อออก 2002 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเพื่อขายและต้องนำเงินเข้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974-648-739-6



COPYRIGHT 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การแบ่งส่วนภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟบนภาพ
ที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ

นักศึกษา

น.ต.ศิริวิช ผสมกุลศील

รหัสประจำตัว

41061172

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

พ.ศ.

2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์

บทคัดย่อ

โดยปกติการแบ่งส่วนภาพมักจะก่อให้เกิดพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เกิดจากการฝังตัวของสัญญาณรบกวน งานวิจัยที่ผ่านมาได้พยายามนำเสนอวิธีการทำให้ราบเรียบโดยพยายามรักษาขอบวัตถุในภาพเอาไว้ กระบวนการทำให้ราบเรียบนั้น ทำได้โดยการตรวจสอบเพื่อหาเทมเพลตที่เหมาะสม ซึ่งสามารถให้ความกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกันได้สูงสุด ก่อนทำการแทนค่าจุดที่จะทำการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยของเทมเพลตที่เลือกไว้ อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีพื้นที่มีความกว้างน้อยกว่า 3 จุดภาพ ขอบและพื้นที่ดังกล่าวจะถูกลบหายไป ในการแก้ปัญหานี้ จึงได้นำเสนอเทมเพลตใหม่ที่สามารถรักษาพื้นที่ที่มีความกว้างน้อยๆ โดยให้ทำงานร่วมกับเทมเพลตเก่า จากการทำให้ภาพเรียบจะพบว่า ภาพผลลัพธ์จะยังคงรักษาขอบเขตของพื้นที่ที่ลักษณะบางๆเอาไว้ได้ และได้ใช้ทฤษฎีกราฟในการแบ่งส่วนภาพบนภาพที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพนี้ ในการแบ่งส่วนภาพให้เกิดความแม่นยำและถูกต้องสูงขึ้น ภาพผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แคบๆ ยังคงรักษาไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Segmentation Via Graph Theory on The Edge Preserving Smoothing Image
Student	Sqn.Ldr. Sirawit Pasomkusolsil
Student ID.	41061172
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Dr.Fusak Cheevasvit

ABSTRACT

A segmented image always consists of small regions caused by the embed noise. So many researches about edge preserving smoothing have been proposed. These kind of smoothing processes try to the search proper template that will give the most homogeneity among a certain number of proposed templates. The gray value of considered pixel is obtained by the average of the gray level from the selected template. However, the thin regions having the width less than 3 pixels will be destroyed. To overcome this problem, this thesis processes some smoothing templates that can maintain the thin regions. By co-operating the new proposed templates with the recently proposed templates, we can obtain the better result of smoothing image. The graph theory is then applied to the smoothing image for obtaining an accurate boundary. The result shows that the thin regions can still be maintained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

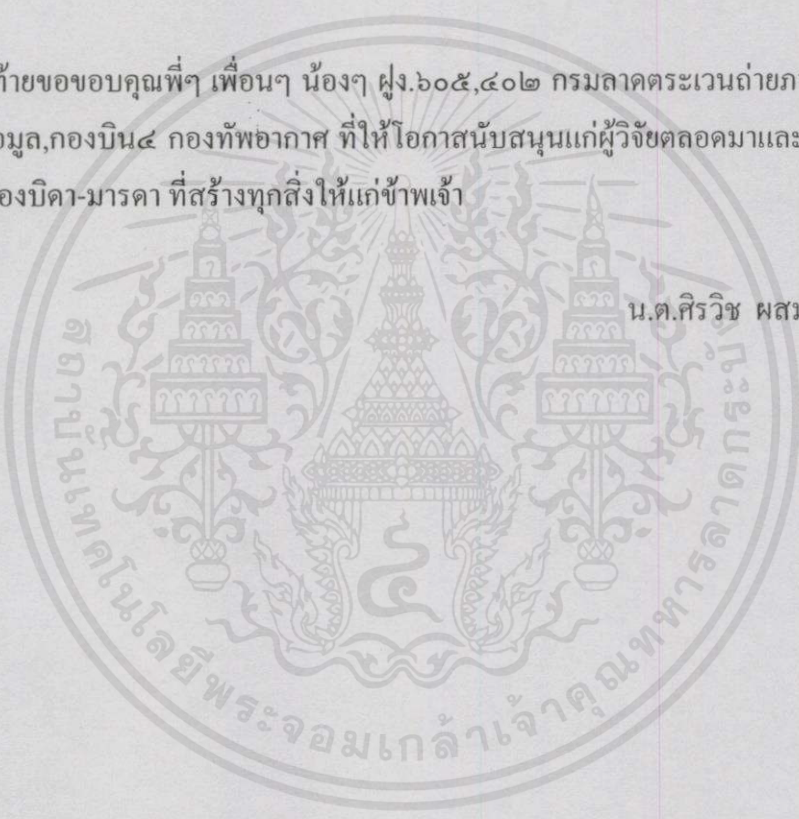
กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความเมตตากรุณาจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างมากและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ ผู้ทรงคุณวุฒิ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ สักกรีชาติวงศ์ และอาจารย์อามิทธิ์ สมบูรณ์แก้ว ผู้ให้การสนับสนุนที่ให้คำแนะนำและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในทางการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ รวมถึงน้องเบิร์ดและน้องๆ ในห้องแลปทุกคน

สุดท้ายขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ผุ้.๖๐๕,๔๐๒ กรมลาดตระเวนถ่ายภาพทางอากาศที่สนับสนุนข้อมูล, กองบิน ๔ กองทัพอากาศ ที่ให้โอกาสสนับสนุนแก่ผู้วิจัยตลอดมาและเหนือสิ่งอื่นใดคือพระคุณของบิดา-มารดา ที่สร้างทุกสิ่งให้แก่ข้าพเจ้า

น.ต.ศิริวิษ ผสมกุลสสีล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาคิดของวิทยานิพนธ์.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
บทที่ 2 หลักการรีโมทเซนซิง.....	4
2.1 หลักการรีโมทเซนซิง.....	4
2.2 คุณลักษณะของการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	5
2.2.1 คุณลักษณะการเคลื่อนที่แบบคลื่น.....	5
2.2.2 คุณลักษณะการเคลื่อนที่แบบอนุ.....	6
2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	6
2.4 ย่านความยาวคลื่นของแม่เหล็กไฟฟ้า.....	7
2.5 การแบ่งประเภทของการสำรวจระยะไกลตามย่านความยาวคลื่น.....	9
2.6 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน.....	10
2.6.1 การสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุ.....	10
2.6.1.1 การสะท้อนแสงของวัตถุ.....	11
2.6.1.2 การดูดกลืน.....	12
2.6.1.3 การส่งผ่าน.....	12
2.6.2 เครื่องมือวัดค่าสะท้อน.....	13
2.7 บทสรุป.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การแสดงผลภาพดิจิทัล.....	16
3.1 บทนำ.....	16
3.2 การแสดงผลภาพดิจิทัล.....	17
3.3 รูปแบบข้อมูลภาพดิจิทัล.....	18
3.4 บทสรุป.....	26
บทที่ 4 การทำภาพให้เรียบและคงรักษาขอบภาพ.....	27
4.1 บทนำ.....	27
4.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อขอบเขตพื้นที่.....	27
4.3 การทำภาพให้ราบเรียบโดยรักษาขอบภาพ.....	28
4.3.1 เคมเพลทที่เสนอโดย Tomita.....	30
4.3.2 เคมเพลทที่เสนอโดย Nagao.....	31
4.3.3 เคมเพลทที่เสนอขึ้นใหม่.....	32
4.4 การตระหนักถึงข้อมูลภาพ.....	33
4.5 การปรับขอบเขตพื้นที่ที่เบลอให้คมชัด.....	34
4.6 การเสร็จสิ้นกระบวนการทำภาพให้ราบเรียบและคงรักษาขอบภาพ.....	35
4.7 ผลการทดลอง.....	35
4.7.1 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลทของ Tomita.....	36
4.7.2 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลทของ Tomita ร่วมกับ Nagao.....	37
4.7.3 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลทของ Tomita ร่วมกับ Nagao.....	38
และที่นำเสนอขึ้นใหม่	
4.8 การวัดคุณภาพของภาพ.....	39
4.9 บทสรุป.....	40
บทที่ 5 การแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟ.....	41
5.1 บทนำ.....	41
5.2 ทฤษฎีกราฟ.....	41
5.3 นิยามต่างๆของกราฟ.....	42

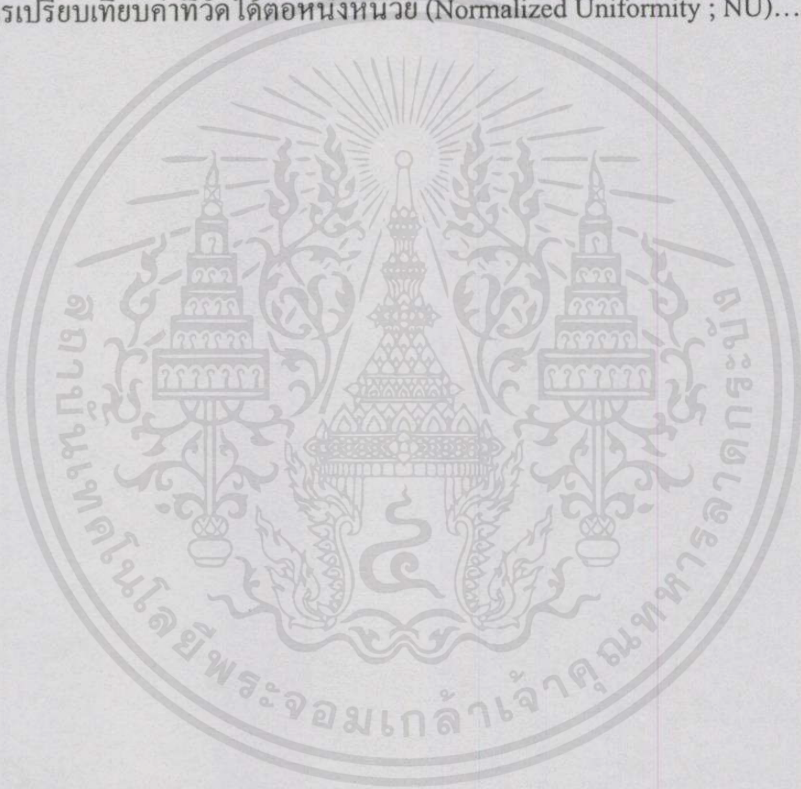
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 การแปลงข้อมูลภาพไปเป็นกราฟ.....	43
5.5 การหาขีดตัดเสตัสแพนนิ่งทรี.....	44
5.6 การแบ่งส่วนภาพจากสแพนนิ่งทรี.....	45
5.7 การแบ่งส่วนภาพจากขีดตัดเสตัสแพนนิ่งทรี.....	48
5.8 ผลการทดลอง.....	54
5.9 การทดสอบคุณภาพของภาพที่ถูกแบ่งส่วน.....	56
5.10 บทสรุป.....	60
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	61
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	61
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64
ผลงานวิจัย	65
ประวัติผู้เขียน	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะต่างๆกับพลังงานไฟฟ้า.....	7
2.2 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	8
3.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างกัน.....	22
3.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบต์(8บิต)ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างกัน.....	22
4.1 ผลการวัดค่าคุณภาพของภาพที่ผ่านกระบวนการปรับเรียบ.....	40
5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วย (Normalized Uniformity ; NU).....	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเก็บข้อมูลโดยการสำรวจระยะไกล.....	4
2.2 แสดงคุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น.....	5
2.3 แสดงย่านความยาวคลื่นต่างๆของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	7
2.4 แสดงประเภทของการสำรวจระยะไกล.....	9
2.5 แสดงการสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุในการสำรวจระยะไกล.....	11
2.6 แสดงผลค่าการสะท้อนของความยาวคลื่นต่างๆของแถบพลังงาน.....	13
2.7 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก.....	13
2.8 แสดงกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน.....	14
2.9 แสดงเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT-7.....	15
3.1 วิธีการสร้างภาพที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือตัวกำเนิด, วัตถุ และตัวรับสัญญาณ.....	16
3.2 ระบบการประมวลผลดิจิทัล.....	17
3.3 ภาพดิจิทัลแบบขาวดำหรือโมโนโครม.....	18
3.4 รูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชันทางสเปเชียล.....	23
3.5 รูปภาพขนาด 1024x1024 ที่แสดงด้วยจำนวนระดับสีเทาต่างๆ.....	24
3.6 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าความคมชัดอย่างเทียบพลัน.....	25
4.1 แสดงลักษณะของเทมเพลต.....	27
4.2 แสดงตำแหน่งจุดภาพของขอบเขตพื้นที่ย่อยขนาด3x3.....	28
4.3 แสดงเทมเพลตทั้งห้าของ Tomita.....	30
4.4 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Tomita.....	30
4.5 แสดงเทมเพลตทั้งห้าของ Nagao.....	31
4.6 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Nagao.....	32
4.7 แสดงเทมเพลตที่นำเสนอขึ้นใหม่.....	32
4.8 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของที่นำเสนอขึ้นใหม่.....	33
4.9 การปรับขอบภาพแบบหนึ่งมิติที่เบลอให้คมชัดด้วยกระบวนการทำภาพให้เรียบ.....	35
4.10 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศด้วยเทมเพลตของ Tomita.....	36
4.11 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศด้วยเทมเพลตของ Tomita กับ Nagao.....	37
4.12 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศด้วยเทมเพลตของ Tomita กับ Nagao.....	38
5.1 ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักกราฟ.....	42

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2 กราฟย่อยของรูปที่ 5.1 ที่ให้ผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อมโยงต่ำสุด.....	43
5.3 การแปลงข้อมูลจุดภาพลงไปในกราฟ.....	44
5.4 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงของซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี.....	46
5.5 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงของซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี(ต่อ).....	47
5.6 แสดงการตัดตัวเชื่อม โยงของซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี.....	47
5.7 แผนภูมิรายงานของการสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีจากกราฟถ่วงน้ำหนัก.....	50
5.8 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงของรีเคอร์ซีฟซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี.....	51
5.9 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงของรีเคอร์ซีฟซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี(ต่อ).....	52
5.10 แสดงการตัดตัวเชื่อม โยงของรีเคอร์ซีฟซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี.....	53
5.11 แสดงภาพที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ.....	54
5.12 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita.....	54
5.13 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao	55
5.14 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao	55
และที่นำเสนอขึ้นใหม่	
5.15 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	57
ที่เสนอ โดย Tomita	
5.16 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	57
ที่เสนอ โดย Tomita ร่วมกับ Nagao	
5.17 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	58
ที่เสนอ โดย Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่	
5.18 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	58
ที่เสนอ โดย Tomita	
5.19 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	59
ที่เสนอ โดย Tomita ร่วมกับ Nagao	
5.20 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต.....	59
ที่เสนอ โดย Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันศาสตร์ทางด้านการประมวลผลสัญญาณภาพ (Digital Image Processing) ได้เข้ามา มีบทบาทอย่างมากในการประยุกต์ใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์ทางด้านต่างๆ เช่น การพาณิชย์ การอุตสาหกรรม ความมั่นคง การศึกษา การสำรวจทรัพยากร การแพทย์และทางด้านการทหารเป็นต้น ข้อมูลข่าวสารต่างๆเหล่านี้ จะอยู่ในรูปของภาพ เสียง เอกสาร สัญลักษณ์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ จะไม่สามารถรับรู้สิ่งเหล่านี้ได้โดยตรง ในขบวนการเริ่มแรกของการประยุกต์ ใช้ศาสตร์ทางด้านนี้ จะต้องมีการแปลงและการเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปของสัญญาณเชิงเลข (Digital) จากอุปกรณ์ของการ ใช้งานในด้านนั้นๆ เช่น ไมโคร โฟน กล้องถ่ายภาพ กล้องวิดีโอ สัญญาณ โทรทัศน์ เครื่องอ่านฟิล์ม คาวเทียม เครื่องMRI, เครื่องCT-SCAN และเครื่องULTRA-SOUND เป็นต้น

วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นการศึกษาถึงการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสัญญาณภาพ จากสถานะแวดล้อมต่างๆ ซึ่งสัญญาณรบกวนส่วนใหญ่เป็นสัญญาณรบกวนแบบขาวดำ (Impulse noise) ดังนั้นจะต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนและทำการปรับแต่งข้อมูลภาพให้มีความสมบูรณ์ มากขึ้น ก่อนที่จะนำไปประมวลผลภาพต่อไป โดยไม่ให้รายละเอียดของขอบเขตต่างๆ ของข้อมูล ภาพถูกทำลายไป วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันก็คือ นำข้อมูลภาพมาผ่านกระบวนการทำให้ราบเรียบ (Smoothing) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังขบวนการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งจะทำให้ภาพผลลัพธ์การแบ่งส่วน มีความถูกต้องแม่นยำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการแบ่งส่วนภาพ มักจะก่อให้เกิดพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยเป็น จำนวนมาก ทั้งนี้เกิดจากการฝังตัวของสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในข้อมูลภาพ งานวิจัยที่ผ่านมาได้ พยายามนำเสนอวิธีการทำให้ราบเรียบ (Smoothing) ซึ่งกระบวนการทำให้ราบเรียบนั้น ทำได้ โดยการแทนค่าจุดที่จะปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยของเทมเพลตที่เลือกไว้ ทำให้พื้นที่ที่มีความกว้างอย่าง น้อยกว่า 3 จุดภาพ ถูกลบหายไป ในการแก้ปัญหานี้ จึงได้นำเสนอเทมเพลตที่สามารถรักษาพื้นที่ ที่มีความกว้างน้อยๆ และมีความเหมาะสมกับพื้นที่ในลักษณะต่างๆ โดยให้มีการเลือกเทมเพลตที่ นำมาใช้งานเอง ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้น สามารถรักษาขอบเขตของพื้นที่ที่มีลักษณะบางๆ เอาไว้ได้ จึงทำให้การแบ่งส่วนภาพบนภาพที่ผ่านกระบวนการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยนี้ มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เนื่องจากวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนจะทำลายขอบเขตภาพที่มีลักษณะบาง โดยจะกลืนขอบเขตภาพที่มีลักษณะดังกล่าวเข้ากับขอบเขตข้างเคียง ดังนั้นเพื่อจะแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวจึงได้นำเสนอวิธีการทำภาพให้เรียบโดยรักษาขอบต่างๆ ของภาพ และทำการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้คือ

- 1.2.1 เพื่อต้องการทำภาพให้เรียบโดยสามารถรักษาขอบเขตภาพที่มีลักษณะบางไว้ได้
- 1.2.2 เพื่อต้องการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ให้มีความถูกต้องแม่นยำขึ้น

1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

บทความนี้เป็น การนำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยหลักการทำให้เรียบและรักษาขอบภาพ ซึ่งสามารถรักษาขอบเขตของภาพที่มีลักษณะบางได้ โดยจะนำเทมเพลตที่ได้นำเสนอไปแล้วของ Tomita และ Nagao มาใช้ร่วมกันกับเทมเพลตที่ได้นำเสนอขึ้นใหม่ สำหรับวิธีการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพถ่ายนั้นจะใช้ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการแบ่งขอบเขตของภาพ เมื่อนำการแบ่งส่วนภาพไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งจะมีประโยชน์ในการจำแนกและการแปลความหมายภาพ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวน ที่ใช้วิธีการทำภาพให้ราบเรียบซึ่งสามารถรักษาขอบเขตของภาพที่มีลักษณะบางไว้ได้ โดยไม่ถูกกลืนหายไปกับขอบเขตข้างเคียงและทำให้ภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปทำการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพด้วยทฤษฎีกราฟ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงในการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพถ่ายที่ผ่านกระบวนการทำภาพให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพด้วยทฤษฎีกราฟ โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งเป็น 6 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของภาพถ่ายดาวเทียม หลักการของรีโมทเซนซิงที่ใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ คุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและรายละเอียดในการบันทึกข้อมูลภาพของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแต่ละดวง

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเบื้องต้นของการแสดงภาพดิจิทัล ข้อมูลดิจิทัล ขนาดของภาพ รูปแบบข้อมูลภาพ รายละเอียดของภาพ และจำนวนระดับสีเทา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานพัฒนาด้านต่างๆ ตามลักษณะงานได้ต่อไป

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงการถ่ายภาพให้ราบเรียบ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนต่างๆ และปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น จากหลักการที่ได้นี้จะนำภาพที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวไปทำการแบ่งส่วนภาพต่อไป

บทที่ 5 เป็นการกล่าวถึงหลักการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟ รวมถึงขั้นตอนการนำไปประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายดาวเทียม และผลการทดลองที่ได้จากการนำทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการถ่ายภาพให้เรียบและรักษาขอบภาพ

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะต่างๆ

และในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์เป็นภาคผนวก ซึ่งเป็นรายละเอียดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการรีโมทเซนซิง

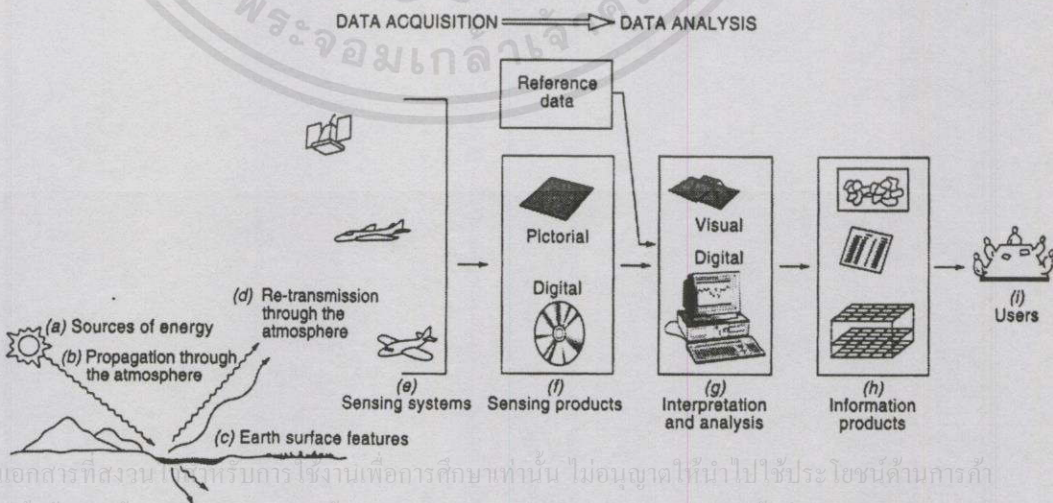
2.1 หลักการรีโมทเซนซิง

การสำรวจระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่ใช้ในการ บ่งบอก จำแนก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ของวัตถุโดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุมักจะเป็นต้นกำเนิดของข้อมูลที่สำรวจจากระยะไกล อย่างไรก็ตาม วัตถุกลางอื่นๆเช่น ความโน้มถ่วง หรือสนามแม่เหล็ก ก็อาจนำมาใช้ในการสำรวจระยะไกลได้

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่จากวัตถุเรียกว่า เครื่องวัดจากระยะไกล (remote sensor) หรือเครื่องวัด (sensor) ตัวอย่างเช่น กล้องถ่ายภาพหรือเครื่องกวาดภาพ (scanner) ยานพาหนะที่ใช้ติดตั้งเครื่องวัดเรียกว่า ยานสำรวจ(platform) ได้แก่ เครื่องบิน หรือ ดาวเทียม

เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้ จากการสะท้อนหรือแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุนั้นๆ นั่นคือ วัตถุจะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ถ้าวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกัน การสำรวจจากระยะไกลจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนก การเข้าใจวัตถุ หรือสภาพแวดล้อมต่างๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

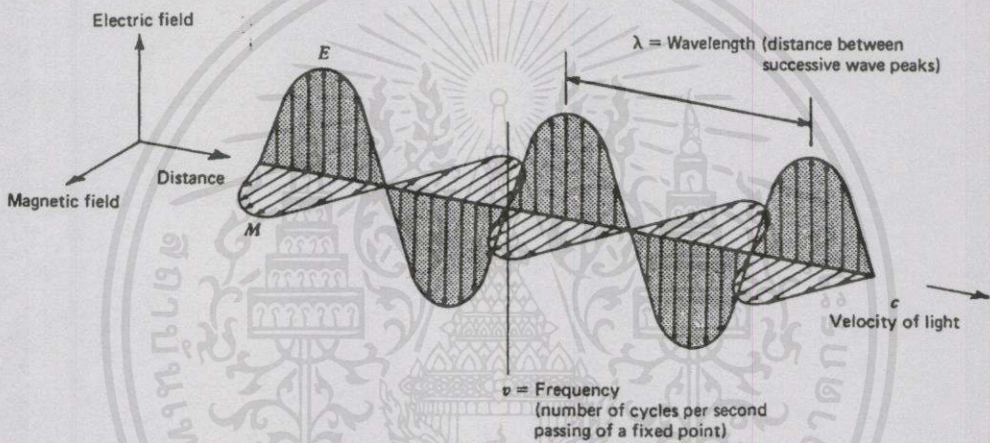
รูปที่ 2.1 การเก็บข้อมูลโดยการสำรวจระยะไกล

2.2 คุณลักษณะของการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

การแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า(electro-magnetic radiation) เป็นการนำเอาพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการส่งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอวกาศหรือสารอื่นๆ การส่งผ่าน(transmission) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้างดงกล่าวเป็นไปตามสมการแมกซ์เวล(Maxwell equation) การแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้านี้มีคุณลักษณะที่เป็นทั้งการเคลื่อนที่ในลักษณะเคลื่อนและในลักษณะอณู

2.2.1 คุณลักษณะการเคลื่อนที่แบบคลื่น

เราสามารถอธิบายการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในลักษณะการตัดผ่านของคลื่น ซึ่งประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทิศทางของสนามไฟฟ้า และทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีคลื่น

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

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

โดยที่ c เป็นค่าคงที่ คือ 3×10^8 เมตร / วินาที ในสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 คุณสมบัติการเคลื่อนที่แบบอนุ

แม่เหล็กไฟฟ้ามีคุณสมบัติเป็น โฟตอน หรือควอนตัมแสง พลังงาน E มีค่าเป็น

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

โดยที่ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ f คือ ความถี่

เราสามารถอธิบายผลเชิงโฟโตอิเล็กตรอนได้ โดยพิจารณาว่าการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยอนุภาคๆ การแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ความถี่ (หรือความยาวคลื่น) ทิศทางการส่งผ่าน (transmission direction), ช่วงการแกว่งของคลื่น (amplitude), และระนาบการโพลาไรซ์ (polarization) ช่วงการแกว่งของคลื่นคือขนาดของสนามไฟฟ้า ค่าช่วงแกว่งของคลื่นยกกำลังสองจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานที่ส่งผ่าน โดยการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่แผ่จากวัตถุหนึ่งเรียกว่า พลังงานการแผ่รังสี (radiant energy) ระนาบของสนามไฟฟ้าเรียกว่าระนาบการโพลาไรซ์และหากระนาบการโพลาไรซ์รวมตัวเป็นระนาบเดียวกันก็จะเรียกว่าเป็นโพลาไรซ์เชิงเส้น ระนาบการโพลาไรซ์จะถูกควบคุมโดยรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุ ส่วนในกรณีของเรดาร์ โพลาไรซ์ในแนวนอนและในแนวตั้งจะทำให้ผลที่แตกต่างกันบนภาพเรดาร์

2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

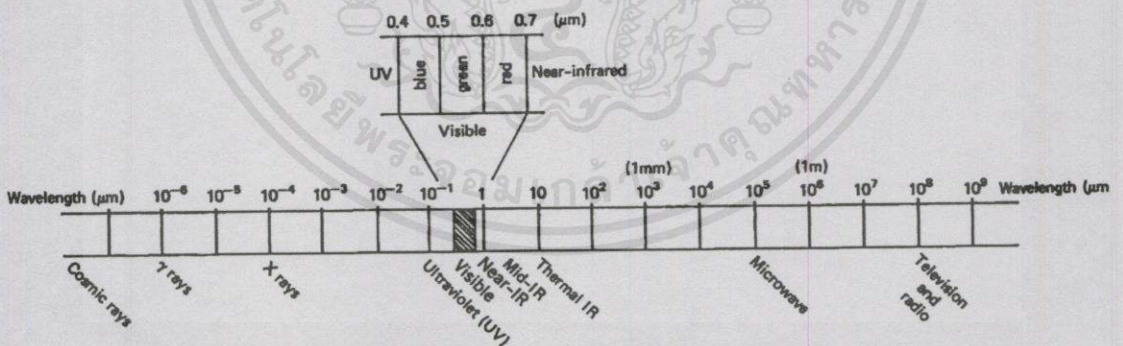
วัตถุใดๆมีการสะท้อนและการดูดกลืน ส่งผ่าน และแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในลักษณะเฉพาะตัว ดังตัวอย่างเช่น การเห็นใบไม้สีเขียว ก็เพราะสารคลอโรฟิลล์ ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและแดงขณะที่สะท้อนแสงสีเขียว เราเรียกลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุดังกล่าวว่าคุณลักษณะเชิงคลื่น (spectral characteristic) ซึ่งสามารถเขียนเป็นตารางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสถานะต่างกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะต่างๆ กับพลังงานไฟฟ้า

สถานะ	พลังงาน(eV)	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สัมพันธ์กัน
การส่งผ่านหรือการสลายตัวของนิวเคลียส	$10^7 - 10^5$	รังสีแกมมา
การแตกตัวเป็นไอออนจากการแยกตัวของอิเล็กตรอนส่วนใน	$10^4 - 10^2$	รังสีเอ็กซ์
การแตกตัวเป็นไอออนจากการแยกตัวของอิเล็กตรอนส่วนนอก	$10^2 - 4$	อัลตราไวโอเล็ต
การกระตุ้นของอิเล็กตรอนโควาเลนซ์	$10 - 10^{-5}$	แสงที่ตามองเห็น
การหมุนของโมเลกุล, เรโซแนนซ์ของการหมุนของอิเล็กตรอน	$10^{-4} - 10^{-5}$	ไมโครเวฟ
เรโซแนนซ์ของการหมุนของนิวเคลียส	10^{-7}	มิเตอร์เวฟ

2.4 ย่านความยาวคลื่นของแม่เหล็กไฟฟ้า

ย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ามีชื่อเรียกต่างๆ กัน ตั้งแต่รังสีแกมมา (Gamma) รังสีเอ็กซ์ (X - Ray) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV - Ultraviolet) คลื่นแสงที่ตามองเห็น (Vision light) รังสีอินฟราเรด (IR - Infrared) จนถึงคลื่นวิทยุ (Radio wave) โดยเรียงลำดับจากความยาวคลื่นสั้น ไปจนถึงความยาวคลื่นยาวตามลำดับ ดังในรูปที่ 2.3 ส่วนแสดงชื่อและย่านความถี่ต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงไว้ในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.3 แสดงย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.2 จะสังเกตเห็นได้ว่า ย่านพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการสำรวจระยะไกล ได้แก่ ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลตไกล (ความยาวคลื่น 0.3 ~ 0.4 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (ความยาวคลื่น 0.4 ~ 0.7 ไมโครเมตร) ที่ประกอบไปด้วยแถบสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสดและแดง ส่วนช่วงคลื่นอินฟราเรดไกล อินฟราเรดคลื่นสั้น อินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) (ความยาวคลื่น 0.7 ~ 14 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) (ความยาวคลื่น 1 มิลลิเมตร ~ 1 เมตร) ซึ่งย่านแสงในช่วงอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (Short wave infrared) นั้น ในบางครั้งจะเรียกว่าอินฟราเรดช่วงสะท้อน (Reflective infrared) (ความยาวคลื่น 0.7 ~ 3 ไมโครเมตร) เพราะเป็นย่านที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าที่จะเกิดจากการแผ่รังสีจากพื้นโลก ในย่านอินฟราเรดความร้อน พลังงานส่วนใหญ่จะได้มาจากการแผ่รังสีของพื้นผิว โดยที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์น้อยมาก ในขณะที่ดวงอาทิตย์ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดนั้น เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการสำรวจระยะไกลย่านความถี่ที่ตามองเห็น และย่านอินฟราเรดสะท้อน

ตารางที่ 2.2 การจำแนกพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

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

2.5 การแบ่งประเภทของการสำรวจระยะไกล

การสำรวจระยะไกลสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท คือ

LEVEL I : Global

AVHRR

resolution: 1.1 km



LEVEL II : Continental

AVHRR

Landsat Multispectral Scanner

resolution: 1.1 km — 80 m

Generalized
Vegetation
Classification



LEVEL III : Biome

Landsat Multispectral Scanner

Thematic Mapper

Synthetic Aperture Radars

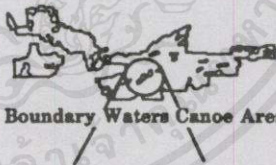
resolution : 80 m — 30 m

Boreal Forest

Northern
Hardwood
Forest

Grassland

Deciduous Forest



LEVEL IV : Region

Thematic Mapper

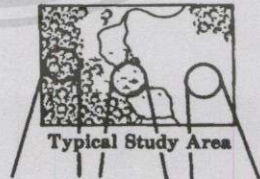
High Altitude Aircraft

Large Format Camera

SPOT

resolution : 30 m — 3 m +

Boundary Waters Canoe Area



LEVEL V : Plot

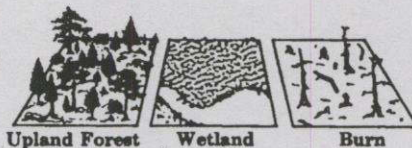
High and Low Altitude Aircraft

resolution : 3 m+ — 1 m +

Typical Study Area

LEVEL VI : In Situ Sample Site

Surface Measurements
and Observations



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงประเภทของการสำรวจระยะไกล

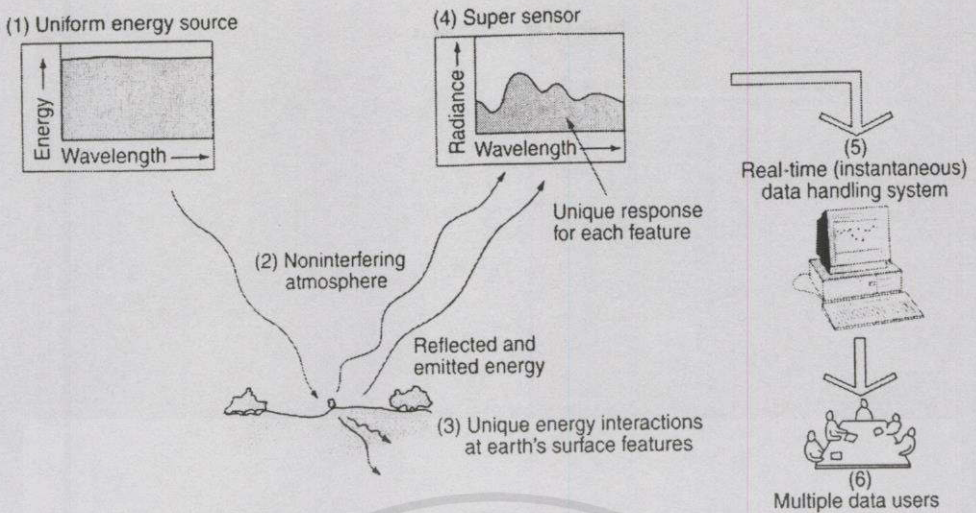
- ประเภทที่ 1 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้ดาวเทียมถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่กว้าง เพื่อใช้งานทั่วไป โดยจะมีค่าความละเอียด 1.1 กิโลเมตร
- ประเภทที่ 2 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้ดาวเทียมถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ เพื่อใช้งานในด้านการแบ่งแยกพื้นที่ เช่นพื้นที่การเพาะปลูก โดยจะมีค่าความละเอียด 1.1 กิโลเมตร ถึง 80 เมตร
- ประเภทที่ 3 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้ดาวเทียมถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ที่ไม่กว้างมาก เพื่อใช้ในงานด้านการสำรวจแบบเชิงชีวะวิทยา เช่นการแบ่งเขตพื้นที่ป่า โดยจะใช้ระบบSAR ในการถ่ายภาพ ซึ่งจะมีค่าความละเอียด 80 เมตร ถึง 30 เมตร
- ประเภทที่ 4 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้เครื่องบินถ่ายภาพในระดับสูง ในการสำรวจขอบเขตพื้นที่เช่น แม่น้ำ ลำคลอง เป็นต้น โดยจะมีค่าความละเอียด 30 เมตร ถึง 3 เมตร
- ประเภทที่ 5 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้เครื่องบินถ่ายภาพในระดับสูงและระดับต่ำ เพื่อศึกษาพื้นที่ที่เป็นจุดพื้นที่เฉพาะซึ่งจะมีค่าความละเอียด 3 เมตร ถึง 1 เมตร
- ประเภทที่ 6 เป็นระดับการสำรวจระยะไกลที่ใช้เครื่องบินถ่ายภาพในระดับต่ำ เพื่อใช้งานทางด้านการตรวจหาและการสังเกตพื้นผิวของโลกเช่น พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ป่าที่ถูกไฟไหม้ พื้นที่ป่าที่ราบสูง เป็นต้น โดยมีค่าความละเอียดสูง

2.6 คุณสมบัติของแสงและการวัดค่าการสะท้อน

2.6.1 การสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุ

ปฏิกริยาระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าและพื้นผิวโลกเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการสำรวจระยะไกล เพราะเป็นค่าที่ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจในลักษณะของพลังงาน ซึ่งจะสะท้อนจากพื้นผิวโลกในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติของแต่ละพื้นผิวในการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นจึงต้องเข้าใจปรากฏการณ์ดังกล่าว เพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการสะท้อนและการดูดกลืนของวัตถุในการสำรวจระยะไกล

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

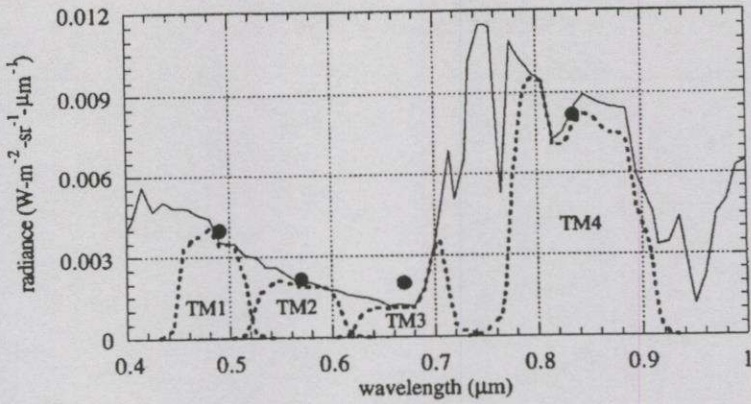
ค่าการสะท้อนตามความยาวคลื่นเรียกว่า ค่าการสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral reflectance) ส่วนค่าการสะท้อนของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงที่มีทิศทางในการตกกระทบและมีค่าสะท้อนที่แน่นอนจะเรียกว่า ค่าการสะท้อนแบบเชิงทิศทาง (Directional reflectance) ทิศทางของแสงที่ตกกระทบและที่สะท้อนนี้อาจเป็นแบบเชิงทิศทาง แบบรูปกรวยหรือแบบคลุมซีกโลก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

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

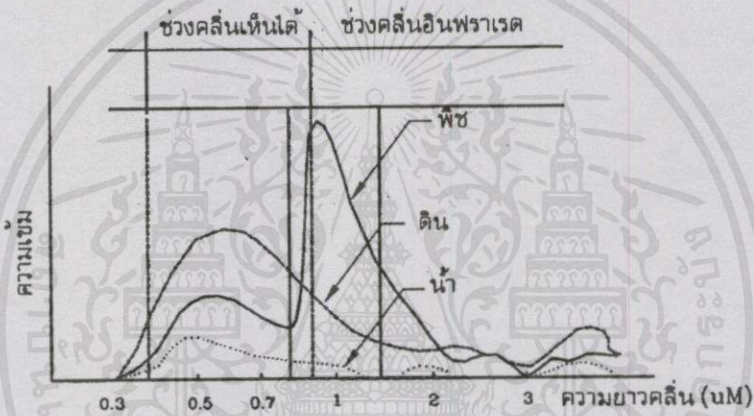
2.6.1.3 การส่งผ่าน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดกลืนพลังงานของพื้นผิว โดยพลังงานส่วนที่ได้รับการดูดกลืนจะถูกถ่ายทอดไปยังส่วนที่อยู่ลึกลงไป ค่าการส่งผ่านรังสีของวัตถุใดๆ ก็คือ สัดส่วนของปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงานได้เคลื่อนที่ไปต่อพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วค่าการส่งผ่านจะแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิวและสำหรับพื้นผิวนั้นๆ ก็จะเกิดการส่งผ่านได้ดีบางช่วงคลื่นเท่านั้น

สิ่งที่เราต้องการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์สำรวจคือ ค่าการสะท้อนหรือค่าการแผ่รังสีที่วัดได้ ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ของแถบพลังงานที่เรียกว่า สัญญาณเฉพาะเชิงคลื่น (Spectral signature) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละพื้นผิว ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถวัดได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือได้จากการสำรวจในสนาม ภายใต้สภาวะที่ปราศจากการรบกวนของชั้นบรรยากาศ การรวบรวมสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของพื้นผิวประเทศต่างๆ จะมีประโยชน์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์สำรวจให้บันทึกภาพด้วยช่วงคลื่นที่เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภทและช่วยในการแปลความหมายของภาพถ่ายจากดาวเทียมดังแสดงในรูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงผลค่าการสะท้อน ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ของแถบพลังงาน



รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเฉพาะเชิงคลื่นของทรัพยากรหลัก

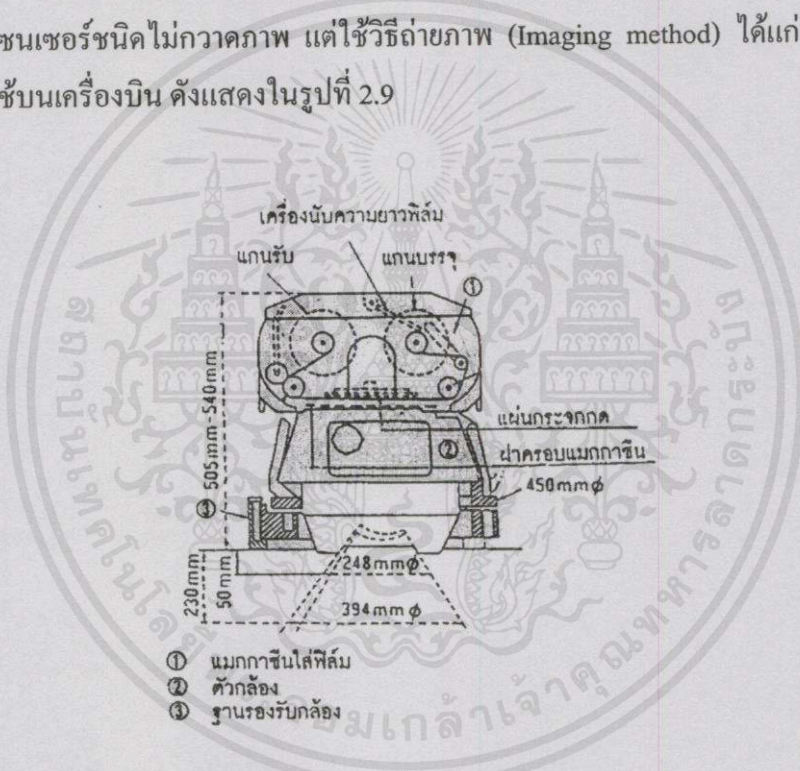
2.6.2 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

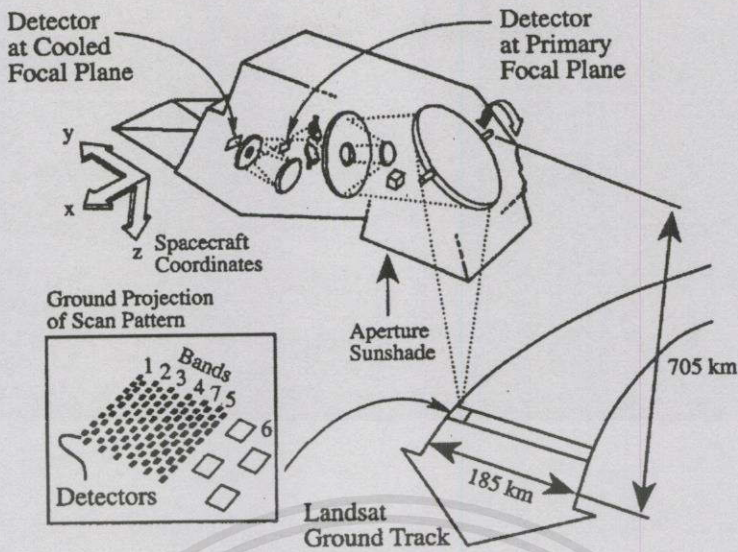
ระบบพาสซีฟ มักจะเป็นระบบที่ใช้สำหรับคลื่นสั้น คือ ช่วงที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดไกลและช่วงคลื่นความร้อน ส่วนระบบแอทีฟ มักจะใช้สำหรับช่วงคลื่นที่ยาว เช่น คลื่นไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องวัดที่สามารถสร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเองได้ และจะถูกส่งผ่านไปกระทบกับวัตถุที่ต้องการศึกษานั้นๆ ให้สะท้อนพลังงานออกมาอีกครั้ง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

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



รูปที่ 2.8 แสดงกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้บนเครื่องบิน

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



รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่นที่ใช้บนดาวเทียม LANDSAT

เครื่องวัดที่ได้รับความนิยมมากในการสำรวจจากระยะไกล ได้แก่ กล้องถ่ายรูป เครื่องกวาดภาพแบบโซลิตสเคด เช่น ซีซีดี (CCD - Charge Coupled Device) เครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น เครื่องวัดประเภทเลเซอร์นั้น ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ตรวจมลภาวะในอากาศ โดยการใช้อุปกรณ์สเปกตรัมแบบเลเซอร์และใช้เครื่องวัดความสูงแบบเลเซอร์ ในการวัดความสูง

2.7 บทสรุป

ในการสำรวจระยะไกลสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้เช่น ทางด้านภาพถ่ายดาวเทียมนั้น สามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ และคุ่มน้ำรวมถึงการหาบริเวณพื้นที่การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อนำไปวางแผนในการกำหนดพื้นที่การปลูกพืชชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำเกษตร

ทางด้านทหารสามารถใช้ภาพถ่ายดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศ ในการหาข่าวหรือข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการวางแผนป้องกันเพื่อปกป้องการจู่โจมโดยฉับพลัน และจัดทำแผนที่สถานการณ์ทางยุทธศาสตร์และยุทธวิธีของประเทศ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานในด้านอื่นๆ อีกเช่น ทางด้านธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์และแผนที่ทางการทหาร ต่างก็ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการสำรวจความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในอดีตและปัจจุบัน เพื่อคูนแนวโน้มและทำนายผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

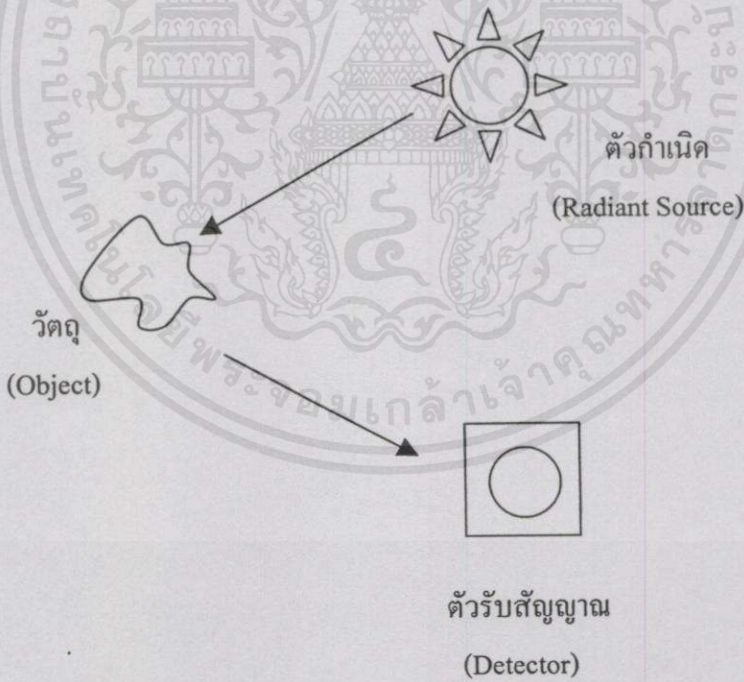
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การแสดงผลภาพดิจิทัล

3.1 บทนำ

การที่มนุษย์สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้นั้น เกิดจากแสงที่ตกกระทบผิววัตถุแล้วสะท้อนเข้าตา จำนวนความเข้มแสงที่แตกต่างกันได้ก่อให้เกิดเป็นภาพขึ้น เช่นเดียวกับหลักการของกล้องถ่ายภาพคือ ภาพเกิดจากความเข้มแสงที่ตกกระทบฟิล์มมีความแตกต่างกัน เมื่อนำฟิล์มไปล้างก็จะได้ภาพที่ปรากฏบนฟิล์ม วิธีการสร้างภาพที่นอกเหนือไปจากที่เกิดจากแสงธรรมชาติแล้ว ยังมีอีกหลายวิธี เช่น เลเซอร์ หลอดรังสีเอ็กซ์ ความร้อน คลื่นเสียง ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิด (Radiant Source) ซึ่งแต่ละวิธีก็จะต้องมีตัวรับสัญญาณ (detector) ที่เหมาะสมต่างกัน เนื้อหาใน บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล ขนาดของภาพ รูปแบบข้อมูลภาพ รายละเอียดของภาพ (Resolution) และจำนวนระดับสีเทาของภาพ

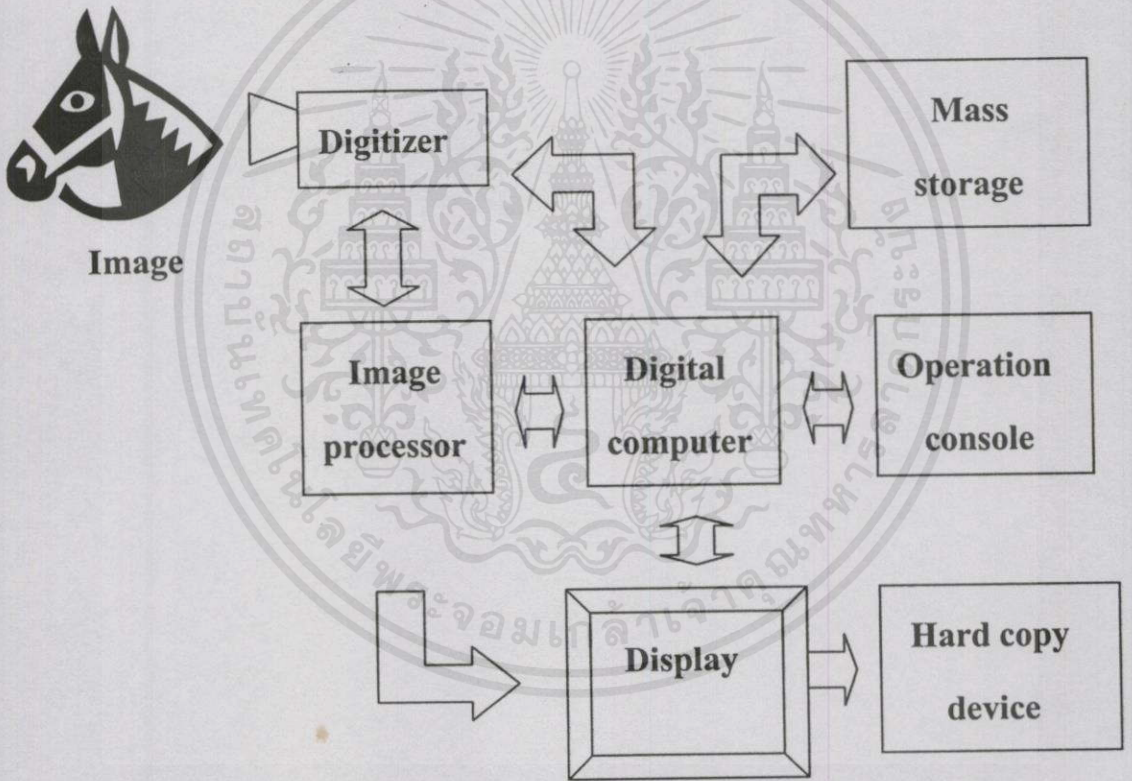


รูปที่ 3.1 วิธีการสร้างภาพที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือตัวกำเนิด, วัตถุ และตัวรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การแสดงภาพดิจิทัล

สัญญาณภาพที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นและสัญญาณภาพที่ใช้ในการส่งออกอากาศทางโทรทัศน์ รวมถึงสัญญาณภาพกล้องวิดีโอเหล่านี้ล้วนจัดเป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัล ดังนั้นสัญญาณดังกล่าวต้องถูกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัลเสียก่อน โดยผ่านเครื่องแปลงสัญญาณภาพเป็นสัญญาณดิจิทัล (Image digitizer or frame grabber) จะได้ภาพที่มีขนาด 2 มิติ ซึ่งชุดดิจิทัลเซอร์จะประกอบไปด้วยกล้องหรืออุปกรณ์รับสัญญาณภาพและโมดูลของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล สัญญาณภาพดิจิทัลที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผล เพื่อวิเคราะห์และทำการเก็บข้อมูลไว้ในรูปของหน่วยความจำสำรอง (Mass storage device)



รูปที่ 3.2 ระบบการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

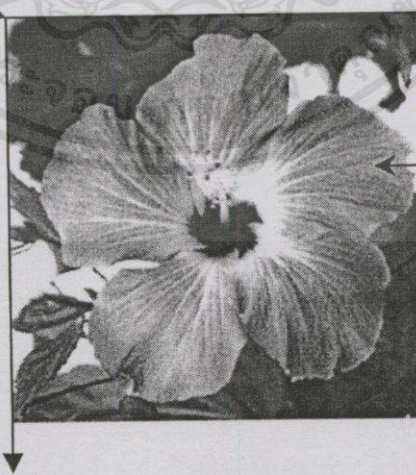
3.3 รูปแบบข้อมูลภาพดิจิทัล

ภาพขาวดำที่เป็นข้อมูลดิจิทัลนี้ มักจะถูกแทนที่ด้วยฟังก์ชัน 2 มิติที่เขียนอยู่ในรูป $f(x,y)$ โดย (x,y) จะเป็นตำแหน่งหรือโคออดิเนตทางสเปเชียล ส่วนค่าของฟังก์ชันจะเป็นค่าระดับความสว่าง ณ จุดภาพดังกล่าว ซึ่งบางครั้งจะเรียกว่าค่าระดับสีเทา (Brightness or Gray level) ในแต่ละภาพจะมีจำนวนระดับสีเทากี่ระดับนั้น จะขึ้นกับจำนวนบิตที่นำมาเข้ารหัสว่ามีกี่บิต ในบางครั้งถ้ากำหนดให้ค่าของฟังก์ชันหรือค่าระดับสีเทาอยู่ในแกน Z ก็จะสามารถถือข้อมูลภาพดิจิทัลเป็นรูปสามมิติได้ แต่การมองภาพเป็นการมองในแนวตั้งฉาก ดังนั้นค่าความสูงในระดับสีเทาในแกน Z จึงถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นความขาวดำของจุดภาพในรูปของสองมิติแทน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

ถ้าหากจุดภาพที่อยู่ชิดติดกันมีความแตกต่างของระดับสีเทาสูง ก็จะเป็นขอบของวัตถุในภาพขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาต่างๆ นี้เอง จะทำให้ผู้มองสามารถแยกแยะรายละเอียดของภาพหรือสามารถจำแนก (Classify) วัตถุต่างๆ ในภาพได้

เนื่องจากตำแหน่งโคออดิเนต (x,y) จะเป็นเลขจำนวนเต็มหน่วย (Integer) ดังนั้นตำแหน่งโคออดิเนตจึงเป็นจุดภาพที่เรียกกันว่าพิกเซล (Pixel หรือ Picture Element) โดยขนาดของภาพจะขึ้นอยู่กับค่าของ x และ y ที่เปลี่ยนไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นภาพขนาด 1024×1024 จุดภาพและความสว่างของแต่ละจุดภาพจะถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิต จะได้ความแตกต่างของความสว่างหรือมีค่าระดับสีเทาเป็น 256 ระดับ และจุดมุมบนขวาของภาพจะเป็นจุดออริจิน (Origin) ซึ่งจะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของภาพคือ $(0,0)$

จุดออริจิน (Origin)



X

$f(x,y)$

Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.3 ภาพดิจิทัลแบบขาวดำหรือโมโนโครม อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันของข้อมูลภาพจะหมายถึงฟังก์ชันค่าความสว่างของแสงในสองมิติ ซึ่งอธิบายโดยค่า $f(x,y)$ เมื่อค่าแอมพลิจูดของ f ที่โคออดิเนท (x,y) จะเป็นค่าความเข้มหรือค่าความสว่างของภาพที่ตำแหน่งนั้น โดย $f(x,y)$ เป็นรูปแบบของพลังงานที่ไม่เป็นศูนย์ถึงอินฟินิตี้ ดังสมการต่อไปนี้

$$0 < f(x,y) < \infty \tag{3.1}$$

ภาพที่เกิดจากสายตามนุษย์จะเกิดมาจากการสะท้อนแสงของวัตถุ โดยธรรมชาติของฟังก์ชัน $f(x,y)$ จะเป็นลักษณะที่ประกอบด้วยองค์ประกอบคือ

- (1) จำนวนแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบบนฉากจนเกิดเป็นรูปภาพขึ้น
- (2) ปริมาณแสงที่สะท้อนวัตถุในฉาก ซึ่งสามารถอธิบายโดยองค์ประกอบการให้แสงสว่าง (Illumination Component) และการสะท้อนแสง (Reflectance Component) แทนด้วย $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ตามลำดับ ซึ่งฟังก์ชัน $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ร่วมกันสร้างค่า $f(x,y)$ ดังสมการต่อไปนี้

$$f(x,y) = i(x,y) r(x,y) \tag{3.2}$$

$$0 < f(x,y) < \infty \tag{3.3}$$

$$0 < r(x,y) < 1 \tag{3.4}$$

เมื่อ

และ

สมการ(3.4) แสดงได้ว่า ค่าการสะท้อนแสงจะอยู่ในย่าน 0 คือเกิดการดูดกลืนแสงหมด (Total Absorbtion) จนถึงค่า 1 คือเกิดการสะท้อนแสงกลับหมด (Total Reflectance) ธรรมชาติของ $i(x,y)$ จะถูกพิจารณาโดยแหล่งกำเนิดแสงและ $r(x,y)$ จะถูกพิจารณา โดยดูจากลักษณะของวัตถุที่จะสะท้อน

ค่าความสว่างของค่าโมโนโครม f ที่โคออดิเนท (x,y) ก็คือระดับสีเทา(I) ของภาพที่จุดนั้น จากสมการ(3.2)ถึง(3.4) จะให้ค่า I อยู่ในย่านของสมการดังต่อไปนี้

$$L_{\min} \leq I \leq L_{\max} \tag{3.5}$$

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามทฤษฎีแล้วจะต้องการค่า L_{\min} ที่มีค่าเป็นบวกและค่า L_{\max} จะต้องจำกัด ในทางปฏิบัติ $L_{\min} = r_{\min} i_{\min}$ และ $L_{\max} = r_{\max} i_{\max}$ โดยใช้ค่าการให้แสงสว่างและค่าการสะท้อน โดยรูปภาพที่นำมาประยุกต์ใช้งานจะมีค่า $L_{\min} \approx 0.005$ และค่า $L_{\max} \approx 100$ ค่าระหว่าง $[L_{\min}, L_{\max}]$ จะเป็นค่าระดับสีเทา ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการเลื่อนไปใช้ค่าระหว่าง $[0, L-1]$ เมื่อค่า $l = 0$ จะเป็นค่าระดับสีดำ และค่า $l = L-1$ เป็นค่าระดับสีขาว ค่าระหว่าง $[0, L-1]$ จะเป็นค่าสีเทาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง จากระดับสีดำไปยังสีขาว ซึ่งรูปภาพโมโนโครมโดยทั่วไปมักจะแสดงข้อมูลด้วย 8 บิตต่อจุดภาพ ซึ่งจะประกอบไปด้วยระดับสีเทา 256 ระดับ

จากความเหมาะสมกับกรรมวิธีทางคอมพิวเตอร์ดังกล่าว ฟังก์ชันของรูปภาพ $f(x,y)$ จะต้องมีการดิจิไตน์ทั้งทางสเปเชียลและทางแอมพลิจูด การดิจิไตน์ทางโคออดิเนตทางสเปเชียล (x,y) เรียกว่าการแซมปิงภาพ (Image sampling) และการดิจิไตน์ทางแอมพลิจูดเรียกว่า (Gray-level Quantization)

สมมติว่าฟังก์ชันรูปภาพที่ต่อเนื่องกันถูกแบ่งเป็นแซมเปิ้ลที่จัดเรียงโดยมีช่องห่างระหว่างกันเป็นระยะเท่าๆ กัน ในรูปแบบอาร์เรย์ $N \times M$ ดังแสดงในสมการที่ 3.6 เมื่อสมาชิกแต่ละตัวในอาร์เรย์เป็นปริมาณดิสครีต

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \Lambda & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & \Lambda & f(1,M-1) \\ f(2,0) & f(2,1) & f(2,2) & \Lambda & f(2,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,2) & \Lambda & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

จากทางด้านขวามือของสมการที่ 3.6 จะแสดงในรูปแบบทั่วไปของภาพดิจิตอล แต่ละสมาชิกของอาร์เรย์จะหมายถึงจุดภาพของภาพ

ในการอธิบายในเรื่องการแซมปิงและการควอนไตน์เซชันนั้นให้ Z เป็นเซตของจำนวนเต็ม และ R เป็นเซตของจำนวนจริง กรรมวิธีในการแซมปิงอาจมองระนาบ XY เป็นตาราง โดยมีตำแหน่งโคออดิเนตอยู่ตรงกลางของตารางจะเป็นหน่วยย่อยในคาร์ทีเซียน $Z \times Z$ ซึ่งจะเป็นเซตของหน่วย (a,b) เมื่อ a และ b เป็นจำนวนเต็มจาก Z ดังนั้น $f(x,y)$ เป็นรูปภาพดิจิตอล ถ้า (x,y) เป็นจำนวนเต็มบวกจาก $Z \times Z$ และ f เป็นฟังก์ชันของค่าระดับสีเทาที่โคออดิเนตตำแหน่ง (x,y) ถ้าค่าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็ม จะมีการแทนค่า R ด้วยค่า Z และภาพดิจิตอลเป็นฟังก์ชันสองมิติ (2-D) ซึ่งมีโคออดิเนตและค่าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็ม

ไม่ว่าการคิดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีทางดิจิทัลจะมีการพิจารณาค่า N, M เป็นจำนวนจุดภาพในลักษณะดิสครีตและ G เป็นค่าระดับสีเทา โดยทั่วไปกรรมวิธีทางดิจิทัล รูปภาพจะมีค่าต่างๆ เท่ากับจำนวนเต็มยกกำลังสอง กล่าวคือ

$$N = 2^n, \quad M = 2^k \quad (3.7)$$

และ

$$G = 2^m \quad (3.8)$$

เมื่อ G เป็นจำนวนระดับสีเทาที่เป็นค่าดิสครีต ที่มีค่าห่างระยะห่างเท่าๆกันระหว่างค่า 0 ถึงค่า L เป็นสเกลสีเทา จากการใช้สมการ (3.7) และ (3.8) มาใช้พิจารณาจำนวนบิตที่ใช้ในการเก็บรูปภาพจากการดิจิทัลไนซ์

$$b = N \times M \times m \quad (3.9)$$

โดยปกติภาพมักจะถูกกำหนดให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส กล่าวคือ $M = N$ ทำให้

$$b = N^2 m \quad (3.10)$$

จากตัวอย่างเช่น รูปภาพขนาด 128×128 ที่มีค่าระดับสีเทา 64 ระดับ การเก็บภาพดิจิทัลนี้ ต้องการหน่วยความจำในการเก็บ 98,304 บิต จากตารางที่ 3.1 เป็นการแสดงค่า b จากสมการ (3.10) ที่มีค่า N และ m ต่างๆ กัน และจากตารางที่ 3.2 แสดงหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บรูปภาพ เป็นไบต์ ข้อมูล ซึ่งหนึ่งไบต์จะมีข้อมูลขนาด 8 บิต

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆ กัน

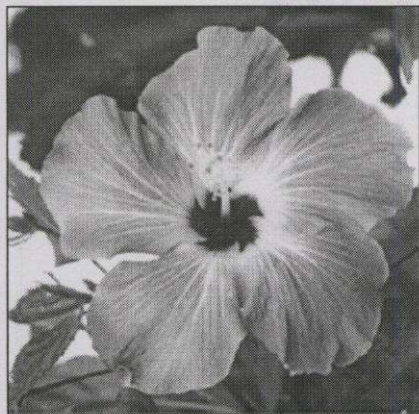
m	1	2	3	4	5	6	7	8
N								
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,348	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,643	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1,024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบต์ ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆ กัน

m	1	2	3	4	5	6	7	8
N								
32	128	256	512	512	1,024	1,024	1,024	1,024
64	512	1,024	2,048	2,048	4,096	4,096	4,096	4,096
128	2,048	4,096	8,192	8,192	16,384	16,384	16,384	16,384
256	8,912	16,384	32,768	32,768	65,536	65,536	65,536	65,536
512	32,768	65,536	131,072	131,072	262,144	262,144	262,144	262,144
1,024	131,072	262,144	393,216	524,288	655,360	786,432	917,504	1,048,576

ค่ารีโซลูชัน(Resolution) คือระดับของการมองเห็นรายละเอียดภาพได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ N และ m อย่างมาก ถ้าค่าพารามิเตอร์ทั้งสองนี้มีค่าเพิ่มขึ้น อาเรย์ที่ได้จากการดิจิติไนซ์จะมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บภาพที่ต้องเพิ่มมากขึ้นและความเร็วในการจัดเก็บข้อมูลก็ต้องสูงตามไปด้วย

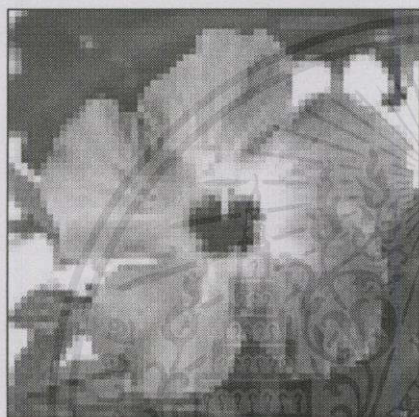
รูปภาพที่มีขนาดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก ดังนั้นการพิจารณาค่า N และ m ซึ่งรูปภาพที่ดีไม่สามารถระบุลงไปได้อย่างชัดเจนได้ เพราะว่าคุณภาพของภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปภาพเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความต้องการของการนำไปประยุกต์ใช้งานด้วย คุณภาพของภาพดิจิติคัลจะถูกทำลายลง เมื่อค่ารีโซลูชันทางสเปเชียลและค่าระดับสีเทาของการควอนไทน์เซชันลดลง



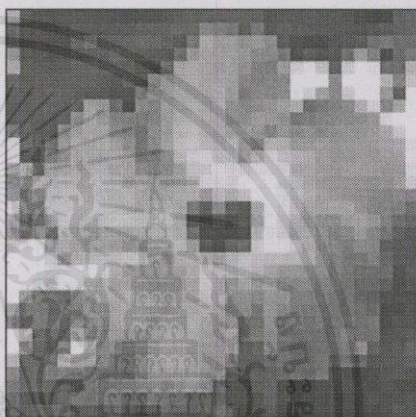
(ก) 256 X 256 จุดภาพ



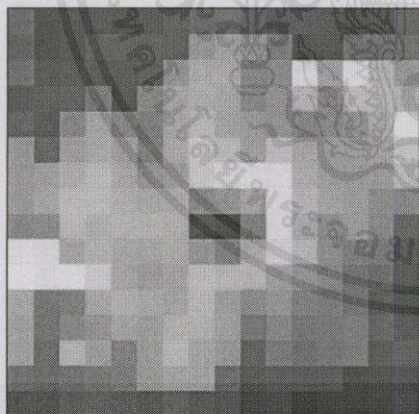
(ข) 128 X 128 จุดภาพ



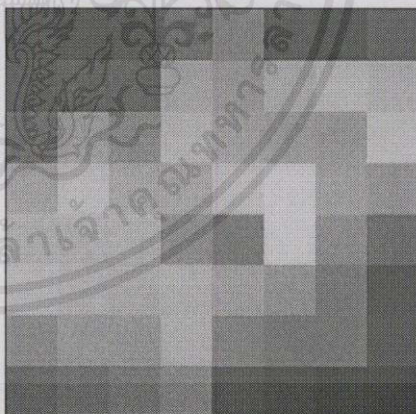
(ค) 64 X 64 จุดภาพ



(ง) 32 X 32 จุดภาพ



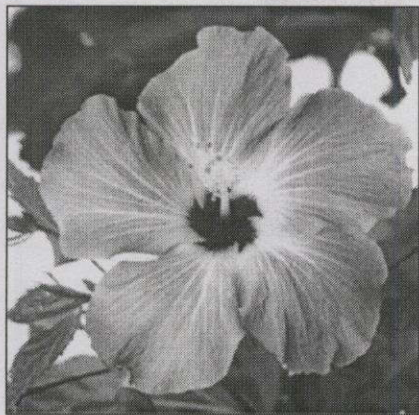
(จ) 16 X 16 จุดภาพ



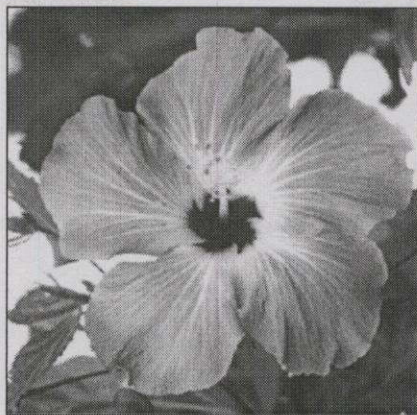
(ฉ) 8 X 8 จุดภาพ

รูปที่ 3.4 แสดงภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการลดค่ารีโซลูชันทางสเปเชียล

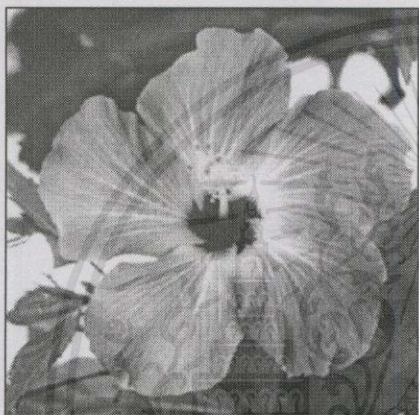
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



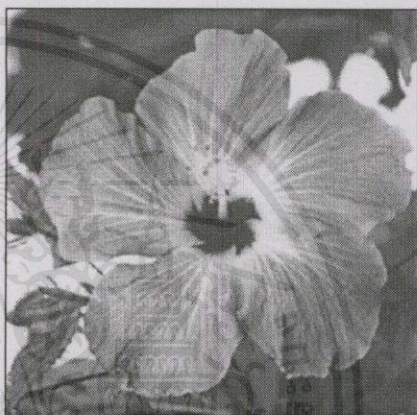
(ก) 256 ระดับสีเทา



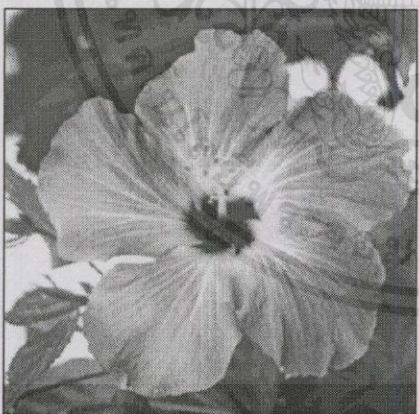
(ข) 128 ระดับสีเทา



(ค) 64 ระดับสีเทา



(ง) 32 ระดับสีเทา



(จ) 16 ระดับสีเทา



(ฉ) 8 ระดับสีเทา

รูปที่ 3.5 แสดงภาพผลลัพธ์ที่ค่าระดับสีเทาดังๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4(ก) แสดงภาพที่มีสีเทา 256 ระดับ ขนาด 256 x 256 ส่วนรูปที่ 3.4(ข) ไปจนถึงรูปที่ 3.4(ฉ) แสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชัน 128, 64, 32, 16 และ 8 ตามลำดับ โดยในทุกรูปจะมีค่าระดับสีเทาเท่ากับ 256 โดยมีพื้นที่ในการแสดงภาพที่มีขนาดเท่ากัน ในการแสดงการเปรียบเทียบภาพในรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการลดค่ารีโซลูชันของภาพลงจะมีผลทำให้รูปภาพมีความคมชัดลดลงและจะมองเห็นความหยาบของภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเห็นจากรอยหยักที่เกิดขึ้นในรูปภาพ โดยเฉพาะถ้าลดขนาดของภาพลงเหลือเพียง 8 x 8 จุดภาพ จะไม่สามารถมองออกได้ว่าเป็นรูปภาพอะไร

ส่วนรูปที่ 3.5 แสดงผลจากการลดจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทาลง ซึ่งเมื่อทำการพิจารณารูปที่ 3.5(ก) ถึง รูปที่ 3.5(ฉ) แล้ว จะเห็นได้ว่า การลดจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทาลงจากค่า 256 ระดับสีเทาไปจนถึงค่า 8 ระดับสีเทา ยังสามารถให้ลักษณะเฉพาะของรูปภาพตามการมองเห็นได้ แต่ทำให้เกิดสีเทียมในบริเวณสีที่ใกล้เคียงกัน (False Contouring)

การมองเห็นค่าความสว่างของภาพหรือค่าความแตกต่างของภาพ(Contrast) ที่มีการเปลี่ยนความคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่ออยู่ที่บริเวณต่างกัน ซึ่งความสว่างที่มองเห็น ไม่ได้ขึ้นกับค่าความเข้มของแสงในบริเวณภาพส่วนนั้นเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6 พื้นที่สี่เหลี่ยมตรงกลางที่มีค่าความเข้มเท่ากัน แต่ถูกรอบล้อมด้วยสี่เหลี่ยมที่ใหญ่กว่าซึ่งมีค่าความเข้มต่างกัน ดังนั้นภาพที่มองเห็นบริเวณสี่เหลี่ยมตรงกลาง จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า [1]



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าความคมชัดอย่างเฉียบพลัน เมื่อสี่เหลี่ยมเล็กตรงกลางซึ่งมีค่าความเข้มเท่ากัน แต่บริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บทสรุป

การแสดงผลภาพดิจิทัลที่ผ่านระบบการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัล จะมีรูปแบบข้อมูล ที่มักจะถูกแทนด้วยฟังก์ชัน $f(x,y)$ โดย (x,y) จะเป็นตำแหน่งหรือโคออดิเนททางสเปเชียล ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงขนาดของภาพ จำนวนระดับสีเทาของภาพ ค่าความแตกต่างของภาพและรายละเอียดของภาพ ที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำควมเข้าใจ เพื่อที่จะนำไปศึกษาและนำไปพัฒนาได้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

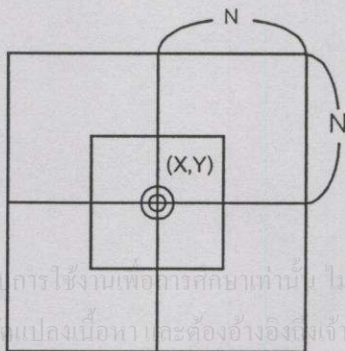
การทำภาพให้ราบเรียบโดยคงรักษาขอบภาพ

4.1 บทนำ

มีหลายวิธีมากมายในหัวข้อของการทำภาพให้ราบเรียบในภาพดิจิทัล ซึ่งสิ่งทีก่อให้เกิดความยากเมื่อใช้วิธีการทำภาพให้ราบเรียบก็คือ การนำไปใช้อย่างขาดความระมัดระวัง โดยจะส่งผลก่อให้เกิดการเบลอของขอบภาพที่คมชัด วิธีการทำภาพให้ราบเรียบที่นำเสนอในการวิจัยนี้พยายามแก้ปัญหาข้อขัดแย้งระหว่างการกำจัดสัญญาณรบกวนและการรักษาขอบภาพ โดยจะมองหาจุดจุดข้างเคียงที่มีความกลมกลืนสูงสุดที่ล้อมรอบในแต่ละจุดภาพของภาพหนึ่งๆ และจากนั้นจะแทนค่าจุดภาพจุดนั้นด้วยค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของกลุ่มจุดข้างเคียงที่เลือกนั้น สัญญาณรบกวนในภาพจะถูกกำจัดด้วยการใช้วิธีการทำภาพให้ราบเรียบนี้ซ้ำ ขณะที่ขอบของภาพยังคงรักษาเอาไว้ได้

4.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อขอบเขตพื้นที่

การทำภาพให้ราบเรียบโดยแทนที่ค่าจุดภาพ (x,y) ด้วยค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของกลุ่มจุดภาพข้างเคียงหรือที่เราเรียกว่าเทมเพลท (Template) โดยที่เทมเพลทที่เลือกนั้นเป็นเทมเพลทที่มีความกลมกลืนมากที่สุด ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ดังแสดงในรูปที่ 4.1 แต่อย่างไรก็ตามเทมเพลทดังกล่าวก็ยังไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีได้ เมื่อนำไปใช้กับรูปภาพที่มีขอบเขตพื้นที่รูปทรงซับซ้อน เนื่องจากวิธีการทำภาพให้ราบเรียบนี้ใช้เทมเพลทรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส ซึ่งขอบเขตพื้นที่ที่มีรูปทรงซับซ้อนเช่น รูปทรงตัววีและรูปทรงอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลก่อให้เกิดการรวมตัวของขอบเขตพื้นที่เข้ากับขอบเขตข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบหรือบางครั้งก็อาจจะแยกออกเป็นขอบเขตอิสระต่างหากด้วยระดับค่าสีเทาที่ผิดพลาด นอกจากนี้ขอบเขตพื้นที่ที่มีรูปทรงและขนาดใกล้เคียงกันกับเทมเพลทจตุรัสดังกล่าว ก็จะถูกทำลายลงได้เมื่อผ่านวิธีการทำภาพให้ราบเรียบหลายๆ ครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะคิดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเทมเพลท

เมื่อพิจารณาจุดภาพในรูปที่ 4.2 สมมติว่าเราจะทำการปรับเรียบภาพที่มีขนาดของขอบเขตพื้นที่เท่ากับ 3×3 โดยใช้เทมเพลตจตุรัสขนาด 3×3 ของ Tomita[2] จะสังเกตเห็นได้ว่าเทมเพลตครอบคลุมจุดภาพ a, c, e, g และ i ซึ่งอยู่ในตำแหน่งจุดภาพที่ใช้พิจารณาของเทมเพลตทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ ขณะที่จุดภาพ b, d, f และ h ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งจุดภาพที่ใช้พิจารณาของเทมเพลตดังกล่าว ดังนั้นพื้นที่ย่อยขนาด 3×3 นี้ เมื่อผ่านกระบวนการปรับเรียบ จะถูกเทมเพลตครอบคลุมทั้งเส้นขอบเขตขอบเขตพื้นที่ย่อยและพื้นที่ย่อยข้างเคียงที่ล้อมรอบพื้นที่ย่อยนั้น ซึ่งจะทำให้ค่าระดับสีเทาเฉลี่ยอันใหม่ที่น่าไปแทนที่ในจุดภาพดังกล่าว (b, d, f และ h) นั้นมีค่าระดับสีเทาที่เปลี่ยนแปลงไปคือ มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่าค่าระดับสีเทาของเขตพื้นที่เดิมและถ้าหากทำการกระบวนการทำให้เรียบนี้หลายๆ ครั้ง จะทำให้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ขนาด 3×3 นั้น มีค่าเข้าใกล้ค่าระดับสีเทาของขอบเขตพื้นที่ข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบและในที่สุดขอบเขตพื้นที่อันนี้ก็จะถูกทำลาย

เมื่อเราได้พิจารณาผลกระทบดังกล่าวแล้วจะพบว่า รูปทรงของเทมเพลตจะต้องมีรูปทรงที่เหมาะสมกับรูปทรงของขอบเขตพื้นที่ ที่จะนำค่าเฉลี่ยระดับสีเทาไปใช้กับเทมเพลตนั้น

a	b	c
d	e	f
g	h	i

รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งจุดภาพของขอบเขตพื้นที่ย่อยขนาด 3×3

4.3 การทำภาพให้ราบเรียบโดยคงรักษารูปภาพ

ในการที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการทำให้ราบเรียบโดยยังคงรักษารูปภาพ จะอาศัยค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาของเทมเพลตที่เหมาะสมมาแทนจุดภาพที่จะทำการปรับเรียบนั้น ซึ่งเทมเพลตนั้นจะต้องเหมาะสมกับบริเวณพื้นที่ของภาพนั้นๆ ด้วย ซึ่งเทมเพลตที่มีความเหมาะสมกลมกลืนกับบริเวณพื้นที่นั้น จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดที่อยู่ในกลุ่มเทมเพลตที่ใช้งาน

ซึ่งขั้นตอนของกระบวนการทำให้ราบเรียบและรักษารูปภาพมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่าระดับสีเทาเฉลี่ยของพิกเซลในแต่ละหน้าภาพ
2. คำนวณค่าความแปรปรวน (Variance) ของแต่ละหน้าภาพที่เกี่ยวข้องกับพิกเซลที่ใช้พิจารณา
3. ค้นหาหน้าภาพที่มีค่าความแปรปรวนต่ำสุด

4. กำหนดระดับสีเทาเฉลี่ยของหน้าฉากที่เลือก แล้วนำไปใช้กับพิกเซลที่ใช้พิจารณา (x,y)
5. ใช้ขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 กับพิกเซลทั้งหมดในภาพ
6. ทำซ้ำกระบวนการข้างบนตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 ตามลำดับจนกระทั่งค่าระดับสีเทาของ พิกเซลทั้งหมดในภาพไม่เปลี่ยนแปลง

ส่วนสมการที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้น สามารถหาได้ดังสมการดังต่อไปนี้

โดยสมการหาค่าเฉลี่ย คือ

$$\bar{x}(k) = \frac{1}{m} \sum_{i,j \in S_k} f(i,j) \quad ; k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (4.1)$$

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

N คือ จำนวนของเทมเพลต

S_k คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าฉาก

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

m คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

และสมการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ

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

$V(k)$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้มาจากเทมเพลต k

N คือ จำนวนของเทมเพลต

S_k คือ เซตของพิกเซลในแต่ละหน้าฉาก

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

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

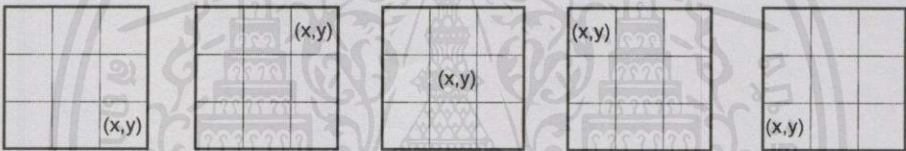
m คือ จำนวนของพิกเซลในแต่ละเทมเพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคนในวงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

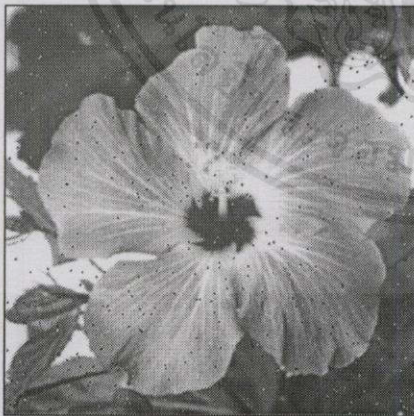
4.3.1 เเทมเพลตที่เสนอโดย Tomita[2]

Tomita ได้เสนอวิธีการปรับเรียบภาพที่พยายามรักษาขอบของพื้นที่ต่างๆ ในภาพเอาไว้ โดยหลักการของวิธีดังกล่าวจะทำการหาพื้นที่ต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y) ที่จะทำการปรับเรียบ เพื่อคว้าจุดภาพ (x,y) ไปอยู่ในพื้นที่ใดแล้วจะให้ความเป็นเอกพันธ์สูงที่สุด โดยใช้วิธีการหมุนเทมเพลตไปรอบๆ จุดภาพ (x,y) แล้วใช้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจและเมื่อพบพื้นที่ ที่ให้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด ก็จะนำเอาค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาจุดภาพต่างๆ ในพื้นที่ดังกล่าวแทนลงในค่าระดับสีเทาของจุดภาพ (x,y) ซึ่งในการทำภาพให้เรียบนี้จะทำตลอดทั้งภาพและมีการวนซ้ำจนกว่าจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าใดๆ ของจุดภาพ

เทมเพลตของ Tomita ประกอบด้วยเทมเพลตขนาด 3×3 จุดภาพจำนวน 5 เเทมเพลต ซึ่งในแต่ละเทมเพลตจะมีจุดภาพ (x,y) ร่วมอยู่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยเทมเพลตหมายเลข 1 ถึง 4 จะมีจุดภาพที่กำลังพิจารณา (x,y) เป็นจุดมุมของแต่ละเทมเพลต ส่วนเทมเพลตหมายเลข 5 นั้นจะมีจุดภาพที่กำลังพิจารณา (x,y) อยู่กึ่งกลาง



รูปที่ 4.3 เเทมเพลตทั้งห้าของ Tomita ที่ใช้หาพื้นที่เอกพันธ์สำหรับจุดภาพตำแหน่ง (x,y)



(ก) ภาพที่ถูกสัญญาณรบกวน



(ข) ภาพที่ถูกปรับเรียบแล้ว

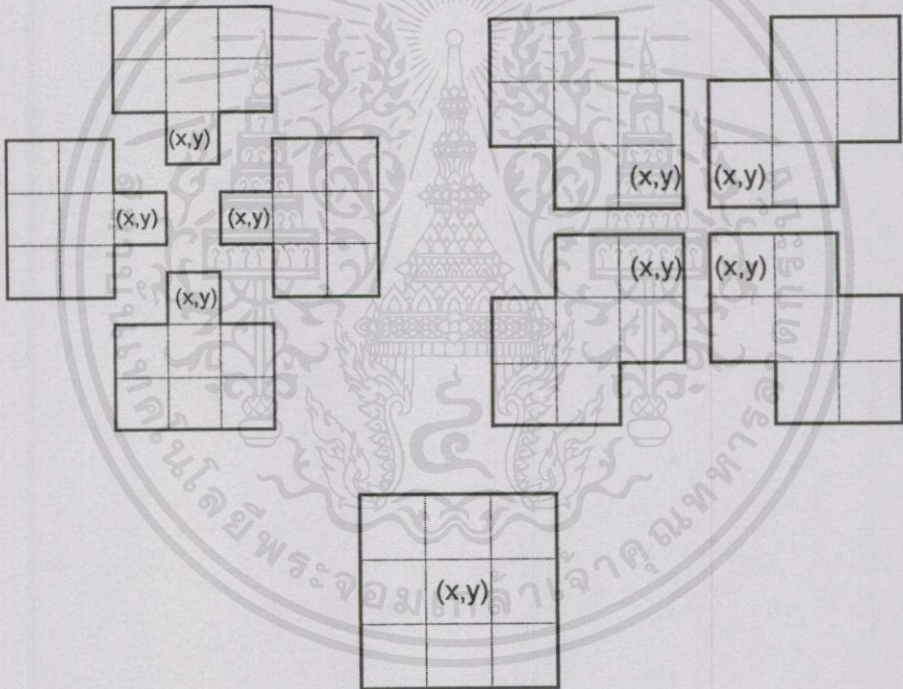
รูปที่ 4.4 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Tomita จำนวน 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

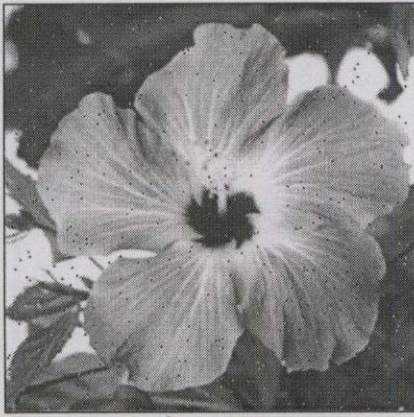
4.3.2 เเทมเพลตที่เสนอโดย Nagao[3]

เนื่องจากเทมเพลตของ Tomita ที่ใช้ในการทำภาพให้เรียบ เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเทคนิคนี้คือ ถ้าพื้นที่ใดมีรูปทรงที่ซับซ้อนเช่น พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นรูปกลมหรือรูปตัววี พื้นที่ลักษณะดังกล่าวนี้จะถูกทำลายหายไป ทั้งนี้เพราะกระบวนการทำภาพให้เรียบนี้จะทำการวนซ้ำจนกว่าจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าจุดใดๆ ในภาพเลย ข้อเสียนี้ต่อมาได้รับการแก้ไขโดย Nagao

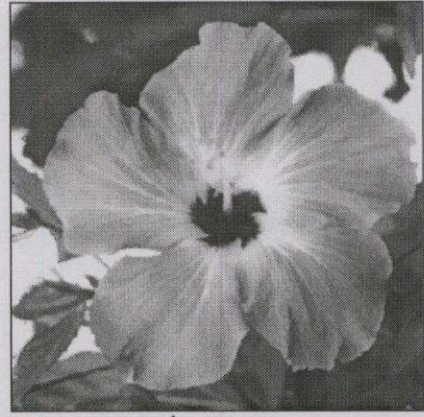
Nagao ได้เสนอให้สร้างเทมเพลตรูปทรงใหม่เพื่อให้ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีรูปทรงซับซ้อน เเทมเพลตของ Nagao จะมีอยู่ 8 เเทมเพลต ซึ่งแต่ละเทมเพลตจะมีจุดภาพ (x, y) ที่ใช้เป็นจุดพิจารณา โดยจุดภาพตำแหน่ง (x, y) นี้จะเป็นจุดภาพที่ต้องการทำให้เรียบ และเพิ่มรูปทรงของเทมเพลตที่ Tomita เสนอไว้ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งมีลักษณะเป็นจัตุรัสขนาด 3×3 จุดภาพ โดยจุดภาพ (x, y) ที่ใช้เป็นจุดพิจารณาจะอยู่กึ่งกลางของเทมเพลตนี้ รวมเป็น 9 เเทมเพลต



รูปที่ 4.5 เเทมเพลตที่เสนอโดย Nagao เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง (x, y)



(ก) ภาพที่ถูกสัญญาณรบกวน

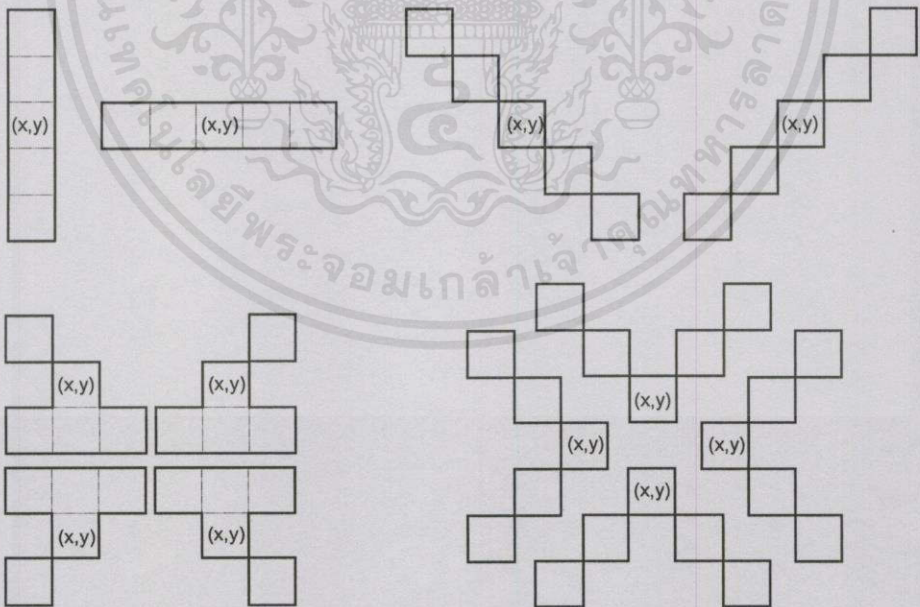


(ข) ภาพที่ถูกรับเรียบแล้ว

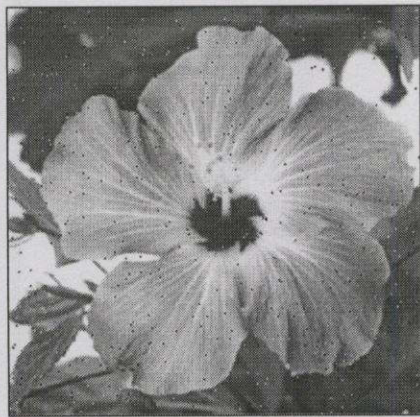
รูปที่ 4.6 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Nagao จำนวน 5 ครั้ง

4.3.3 เทมเพลตที่เสนอขึ้นใหม่[9]

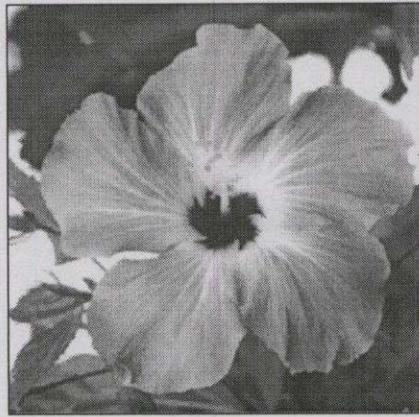
เนื่องจากเทมเพลตของ Nagao ยังไม่สามารถรักษาขอบภาพบริเวณที่มีพื้นที่แคบๆ ได้ เช่น ถนน สะพานหรือแม่น้ำสายเล็กๆ เป็นต้น ที่มีความกว้างน้อยกว่า 3 จุดภาพลงไป เพื่อให้การปรับเรียบภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเราจึงขอเสนอเพิ่มเทมเพลตสำหรับการปรับเรียบที่ยังคงรักษาขอบต่างๆ ของวัตถุในภาพที่มีพื้นที่แคบๆ โดยจะใช้เทมเพลตที่แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เทมเพลตที่นำเสนอนี้ขึ้นใหม่ เพื่อใช้หาพื้นที่เอกพันธ์ให้กับจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ไม่วากรณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอิง มองถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพที่ถูกสัญญาณรบกวน



(ข) ภาพที่ถูกปรับเรียบแล้ว

รูปที่ 4.8 แสดงการปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตที่นำเสนอขึ้นใหม่ จำนวน 5 ครั้ง

4.4 การตระหนักถึงข้อมูลภาพ

เทมเพลตทั้งหมดที่ได้แสดงไปนั้น เป็นการตระหนักถึงข้อมูลภาพโดยใช้เทมเพลตที่มีขนาดเล็กสำหรับการทำภาพให้ราบเรียบที่คงรักษาขอบภาพของรูปภาพดิจิทัล เทมเพลตรูปต่างๆ ที่มีจุดภาพที่นำมาพิจารณาที่จุด (x,y) นั้น ทำให้เราสามารถแก้ปัญหาของการทำลายขอบเขตพื้นที่ที่มีความคมลงได้ โดยอาศัยเทมเพลตที่มีความกลมกลืนกับบริเวณพื้นที่ภาพจริง ถึงแม้ว่าจุดภาพ (x,y) จะอยู่ตรงมุมเหลี่ยมของขอบเขตภาพที่มีรูปทรงที่ซับซ้อนก็ตาม ดังนั้นเราสามารถทำการปรับเรียบขอบเขตพื้นที่พื้นที่หนึ่งได้ โดยปราศจากการเบลอของเส้นขอบเขตพื้นที่และไม่เป็นการทำลายรูปทรงของขอบเขตพื้นที่จริง

เทมเพลตจัตุรัสขนาด 3×3 ที่นำมาใช้ในการปรับเรียบภาพเพื่อรักษาขอบเขตพื้นที่เล็กๆ นั้น จะเป็นลักษณะการทำคอนโวลูชัน (Convolution) ระหว่างภาพกับเทมเพลตที่ใช้ เพื่อคำนวณค่าระดับสีเทาใหม่ของจุดภาพตำแหน่งเดิม ในการทำภาพให้เรียบค่าเฉลี่ยนี้จะนำเทมเพลตที่ใช้ไปทาบบนภาพอินพุตหรือภาพต้นฉบับ ซึ่งจุดกึ่งกลางของเทมเพลตจะถูกลวางลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา

สมการที่ใช้สำหรับเทมเพลตขนาด 3×3 จุดภาพคือ

$$S(x, y) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 W(i, j) I(x+2-i, y+2-j) \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อ $W(i, j)$ คือ เทมเพลตที่ใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยินดีขอโทษที่พบข้อบกพร่อง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I(x, y)$ คือ ภาพอินพุต

$S(x, y)$ คือ ภาพผลลัพธ์จากการทำภาพให้เรียบด้วยค่าเฉลี่ย

โดยทั่วไปในการที่จะลดขนาดของสัญญาณรบกวนที่แรงลงได้นั้น เเทมเพลตที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยระดับสีเทาควรมีขนาดใหญ่ แต่จะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลบริเวณขอบของภาพที่เทมเพลตไม่สามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นจึงทำให้ขนาดของภาพลดลงนั่นเอง แต่ถ้าเราใช้เทมเพลตขนาดเล็กเราก็ไม่สามารถจะลดสัญญาณรบกวนที่มีความแรงลงอย่างรวดเร็วได้

อย่างไรก็ตาม กระบวนการทำซ้ำของการทำภาพให้เรียบนี้ สามารถจะลดกระแสสัญญาณรบกวนที่แรงลงได้ ด้วยเหตุนี้เราจึงให้มีขั้นตอนการทำซ้ำจนกระทั่งค่าระดับสีเทาของจุดภาพเกือบทุกจุดในภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อลดกระแสสัญญาณรบกวนที่แรงลงนั่นเอง

4.5 การปรับขอบเขตพื้นที่ที่เบลอให้คมชัด

วิธีการทำภาพให้เรียบนี้ นอกจากจะกำจัดสัญญาณรบกวนได้แล้วนั้น ยังสามารถที่จะทำขอบเขตพื้นที่ที่เบลอให้มีความคมชัดได้อีกด้วย ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้สามารถอธิบายให้เข้าใจได้โดยพิจารณาตัวอย่างง่ายๆ ในรูป 1 มิติ รูปที่ 4.9(ก) แสดงถึงข้อมูลภาพดิจิทัล 1 มิติ ที่มีเส้นขอบเขตที่เบลอ โดยตัวเลขในแถวบนสุดเป็นค่าระดับสีเทา รองลงไปจะเป็นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาและค่าความแตกต่างตามลำดับ อันซึ่งจะใช้ผลของค่าที่ได้ดังกล่าวจากเทมเพลตขนาด 3×1 โดยมีจุดที่ใช้พิจารณาอยู่ตรงกึ่งกลางเทมเพลต ถ้าเราเลือกเทมเพลตที่มีค่าความแตกต่างต่ำสุดและให้ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของเทมเพลตที่ถูกเลือกแก่จุดภาพนั้น

เมื่อค่าเฉลี่ยระดับสีเทาถูกทำให้เป็นจำนวนเต็ม เราก็จะได้ผลลัพธ์ตามรูป 4.9(ข) ณ จุดภาพ a และ b จะตั้งอยู่บนเส้นขอบเขตที่เบลอ เราก็จะได้ค่าระดับสีเทาอันใหม่เป็น 1 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งค่าระดับสีเทานั้นจะเข้าใกล้ค่าระดับสีเทาขอบเขตพื้นที่ทางซ้ายและทางขวาในรูปที่ 4.9(ค) ซึ่งแสดงผลลัพธ์ของการทำภาพให้เรียบของ 4.9(ข) เมื่อเส้นขอบเขตอันเดิมที่เบลอถูกทำให้คมชัดอย่างสมบูรณ์ ซึ่งการกระทำลักษณะดังกล่าวนี้จะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับข้อมูลภาพดิจิทัล 2 มิติ

						a.	b.				
Grey Level	0	0	0	0	1	3	5	8	8	8	8
Mean	0	0	0	1/3	4/3	3	16/3	7	8	8	8
Variance	0	0	0	4/9	14/3	8	38/3	6	0	0	0

(ก) ขอบภาพแบบหนึ่งมิติที่เบลอ เลขจำนวนที่อยู่ใต้ค่าระดับสีเทาคือค่าเฉลี่ย

และถัดลงมาคือค่าความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 0 0 0 0 1 7 8 8 8 8

(ข) ผลลัพธ์ของการทำภาพให้เรียบของขอบภาพที่เบลอหนึ่งมิติของรูป 4.4 a

0 0 0 0 0 0 8 8 8 8 8

(ค) ผลลัพธ์ของการทำภาพให้เรียบ โดยขอบภาพที่เบลอถูกทำให้คมขึ้น

รูปที่ 4.9 การปรับขอบภาพแบบหนึ่งมิติที่เบลอให้คมชัดด้วยกระบวนการทำภาพให้เรียบ

4.6 การเสร็จสิ้นกระบวนการทำภาพให้ราบเรียบและคงรักษาขอบภาพ

การแกว่งของค่าระดับสีเทาจะค่อยๆ ลดลง โดยการทำให้เรียบหลายๆ รอบ จุดภาพหนึ่งจุดภาพจะมีกลุ่มจุดภาพที่ล้อมรอบด้วยค่าระดับสีเทาของที่เพียงหนึ่งกลุ่ม ซึ่งค่าระดับสีเทาของมันจะไม่ถูกทำให้เปลี่ยนโดยการทำให้เรียบ ฉะนั้น จำนวนจุดภาพ ซึ่งค่าระดับสีเทาของมันที่เปลี่ยนโดยวิธีการปรับเรียบภาพนี้ จะค่อยๆ ลดลงเข้าใกล้ศูนย์ แต่จะไม่เป็นศูนย์ โดยจะสังเกตได้ว่าค่าระดับสีเทาของภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีน้อยมาก หลังจากผ่านกระบวนการนี้หลายรอบ ดังนั้นกระบวนการทำภาพให้ราบเรียบนี้ สามารถจะถือได้ว่าเสร็จสิ้นพอแล้ว โดยที่จำนวนรอบของกระบวนการนี้จะเป็นตัวบอกลถึงการเสร็จสิ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดการแกว่งตัวของสัญญาณรบกวนและรูปทรงของขอบเขตพื้นที่ในภาพ

4.7 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้นำภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมขนาด 256x256 จุดภาพ มาใส่สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ซีฟ (Impulsive Noise) ชนิด Salt-and-Pepper ขนาด 10% แล้วทำการปรับเรียบภาพโดยรักษาขอบต่างๆ ของพื้นที่ย่อยเอาไว้ เป็นจำนวน 5 ครั้ง(รอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

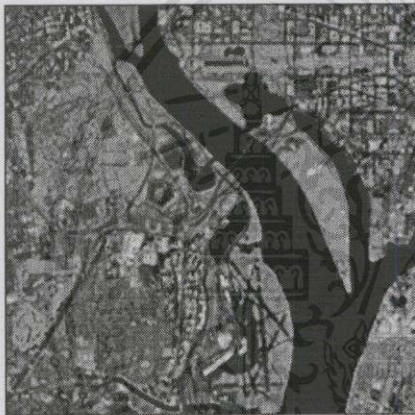
4.7.1 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Tomita



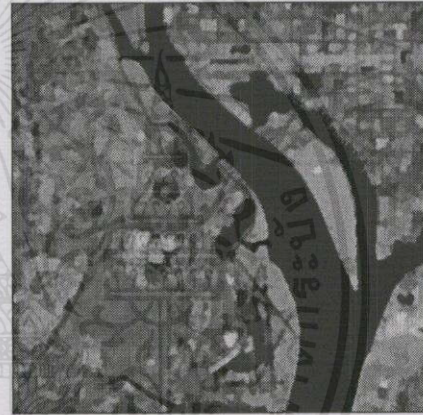
(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ



(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียม

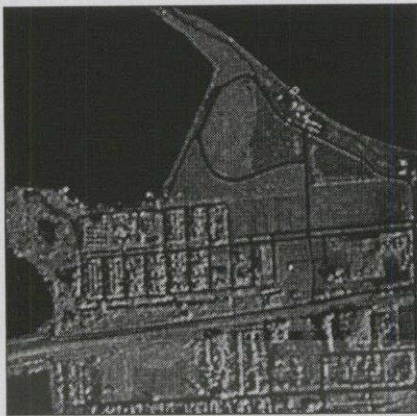


(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 4.10 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทมเพลตของ Tomita จำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลา 2.12 และ 2.45 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

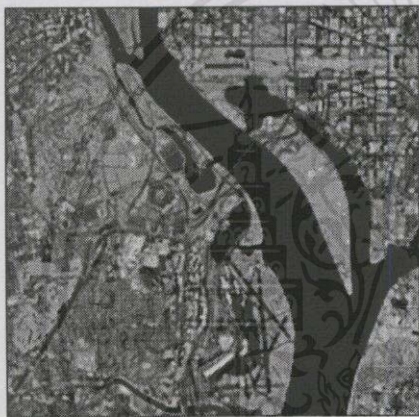
4.7.2 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao



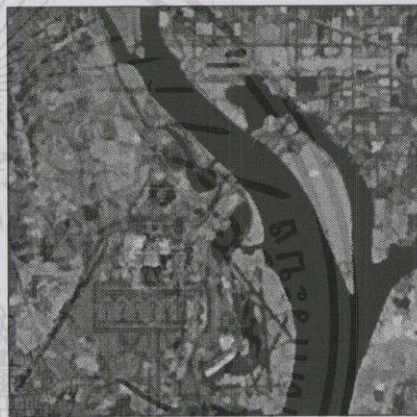
(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ



(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียม

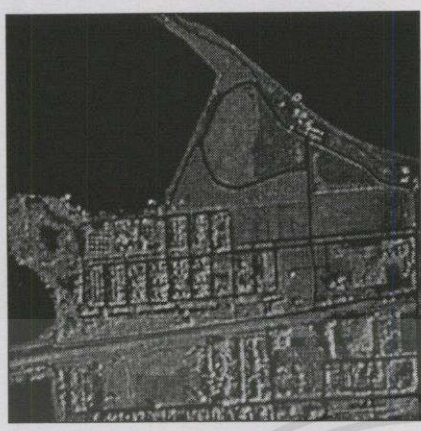


(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

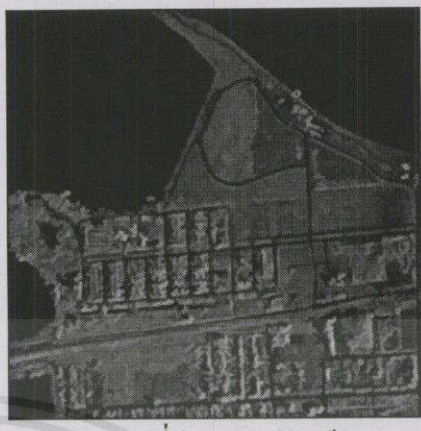
รูปที่ 4.11 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao จำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลา 3.23 และ 3.41 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

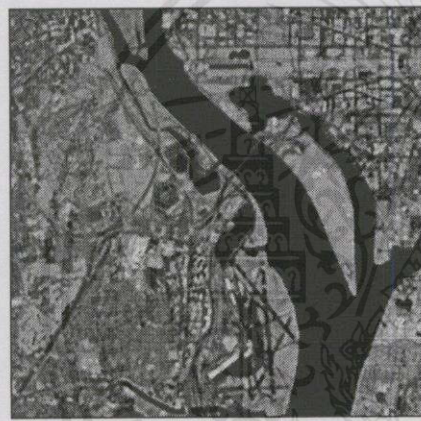
4.7.3 การปรับเรียบภาพด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่



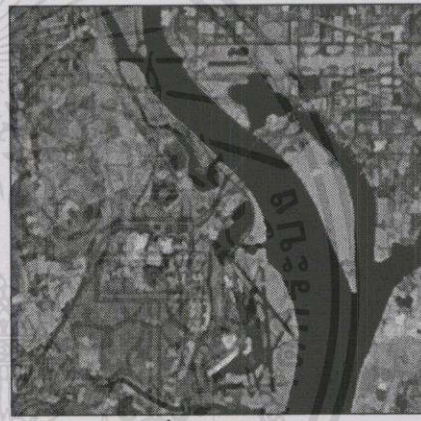
(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ



(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ



(ก) ภาพถ่ายดาวเทียม



(ข) ภาพที่ผ่านการปรับเรียบ

รูปที่ 4.12 แสดงการปรับเรียบภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทมเพลตของ Tomita Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่ จำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลา 4.36 และ 4.48 นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การวัดคุณภาพของภาพ

ค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดกำลังสอง(Mean Square Error) MSE

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i,j}^{M,N} (X_{i,j} - S_{i,j})^2 \quad (4.4)$$

ค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดกำลังสอง MSE จะใช้วัดความแตกต่างของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันน้อยๆ ได้ดี เนื่องจาก MSE จะขยายความแตกต่างนี้ให้มีความมากขึ้น ด้วยค่าแปรผันตามกำลังสองของผลต่างของภาพต้นแบบกับภาพที่ถูกประมวลผลซึ่งเป็นฟังก์ชันพาราโบลา ค่า MSE มีค่า ยิ่งน้อยยิ่งดีเพราะจะเป็นดัชนีบอกถึงคุณภาพที่ดี

ค่าเฉลี่ยผิดพลาดทางขนาด(Mean Absolute Error) MAE

$$MAE = \frac{1}{MN} \sum_{i,j}^{M,N} |X_{i,j} - S_{i,j}| \quad (4.5)$$

เป็นการหาค่าเฉลี่ยทางขนาดของค่าความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ถูกประมวลผลโดยตรง จะใช้วัดกับข้อมูลที่มีความแตกต่างกันมากๆ MAE มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ค่านี้มีค่ายิ่งน้อยยิ่งดีเช่นเดียวกันกับค่า MSE

อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน(Signal to Noise Ratio) SNR

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i,j}^{M,N} X_{i,j}^2}{\sum_{i,j} (X_{i,j} - S_{i,j})^2} \quad (4.6)$$

เป็นการหาค่าอัตราส่วนพลังงานของข้อมูลภาพต้นแบบต่อพลังงานของสัญญาณรบกวน มีหน่วยเป็นเดซิเบล(dB) ค่า SNR นี้มีค่ายิ่งมากยิ่งขึ้นดีเพราะว่า จะหมายถึงค่าพลังงานของข้อมูลภาพ มีค่ามากกว่าพลังงานของสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

$S_{i,j}$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพต้นแบบที่จุด i, j

$X_{i,j}$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพที่ผ่านการประมวลผลที่จุด i, j

M, N คือ ขนาดของภาพทางแนวนอนและทางแนวตั้งตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าคุณภาพของภาพที่ผ่านกระบวนการปรับเรียบ

	ภาพถ่ายทางอากาศ			ภาพถ่ายดาวเทียม		
	MSE	MAE	SNR	MSE	MAE	SNR
Tomita	130.74	6.58	13.96	250.32	9.93	15.94
Tomita & Nagao	73.57	4.55	16.45	154.80	7.22	18.03
Tomita & Nagao & New	35.06	2.94	19.67	114.86	5.91	19.33

4.9 บทสรุป

เราสามารถใช่วิธีการทำภาพให้ราบเรียบและคงรักษาขอบภาพกับภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อที่จะดูผลกระทบของรูปทรงที่ซับซ้อนของธรรมชาติได้และผลการทดลองที่ได้นั้น แสดงได้ว่า เราสามารถใช่วิธีการทำภาพให้ราบเรียบนี้ เป็นกระบวนการเตรียม (Preprocessing) ก่อนที่จะนำไปสู่กระบวนการแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) ที่มีความซับซ้อนได้ต่อไป โดยวิธีการนี้สามารถที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนได้โดยปราศจากการทำลายความคมขอบภาพ และรายละเอียดของขอบเขตพื้นที่ นอกจากนี้แล้วยังสามารถทำขอบเขตพื้นที่ที่เบลอให้มีความคมได้อีกด้วย ด้วยวิธีการนี้เราสามารถค้นพบขอบเขตพื้นที่และเส้นขอบเขตได้ง่ายขึ้น ดังนั้นวิธีการนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับเป็นกระบวนการเตรียม สำหรับการแบ่งส่วนภาพของรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟ

5.1 บทนำ

โดยทั่วไปอัลกอริทึมของการแบ่งส่วนภาพ จะใช้คุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญของระดับสีเทาของจุดภาพ ด้วยกันสองประการคือ ความไม่ต่อเนื่องและความเหมือนกัน ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนำไปใช้แบ่งส่วนภาพ คือ การแบ่งกลุ่มจุดภาพที่ความสม่ำเสมอ (Uniform) หรือความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) ของพื้นที่ตามคุณสมบัติบางประการของภาพ เช่น ระดับสีเทา หรือเท็กซ์เจอร์ (Texture) เป็นต้น การแยกส่วนในภาพที่ให้ผลคั้นนั้น ภายในพื้นที่ย่อย (Region) ต่างๆ หลังการแยกส่วนไม่ควรมีโพรงเล็กโพรงน้อย (Hole) กล่าวคือ ไม่ควรมีพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยภายในพื้นที่ย่อยหลังการแยกส่วน สำหรับพื้นที่ย่อยที่ประชิดติดกัน (Adjacent regions) ต้องมีความแตกต่างของคุณสมบัติความสม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัดและเส้นแบ่งเขต (Boundary) ของแต่ละพื้นที่ย่อยหลังการแยกส่วนต้องมีความต่อเนื่องโดยไม่มีการขาดหาย วิธีการพื้นฐานวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ การนำทฤษฎีกราฟมาใช้ในการแยกส่วนในภาพ โดยทฤษฎีกราฟสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis) ซึ่งในกราฟด้วยการเชื่อมจุดยอดต่างๆ (Vertices) เข้าด้วยกัน ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างจุดยอดจะถูกนำมากำหนดเป็นฟังก์ชันการให้น้ำหนัก (Weighting) พื้นที่ย่อยที่ได้นี้เกิดจากการเชื่อมจุดยอดต่างๆ เข้าด้วยกัน ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดกันต่อไป

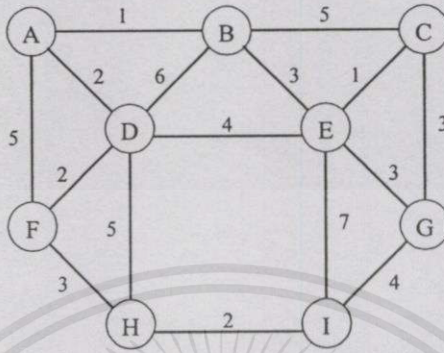
5.2 ทฤษฎีกราฟ

ในการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีกราฟสำหรับการแยกส่วนในภาพนั้น ก่อนอื่นต้องสร้างความเข้าใจกับองค์ประกอบในกราฟเสียก่อน ซึ่งโดยปกติแล้วฟังก์ชันของกราฟใดๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป G ดังสมการข้างล่าง

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

โดยกราฟจะประกอบด้วยจุดยอด v_i ต่างๆ และตัวเชื่อม (Link) $E_{i,j}$ ซึ่งจะเชื่อมโยงระหว่างจุดยอด v_i และ v_j กรณีของกราฟถ่วงน้ำหนัก (Weighted graph) จะให้ v_i เป็นน้ำหนักของจุดยอดต่างๆ ในขณะที่น้ำหนักตัวเชื่อมโยง (Link weight) คือ $\lambda_{i,j}$ ของแต่ละจุดยอดของกราฟ ไม่จำเป็นต้องเชื่อมโยงกับทุกจุดยอดในกราฟ ตัวอย่างของกราฟแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งกราฟนี้

ประกอบด้วย 9 จุดยอด คือ จุดยอด A, B, C, D, E, F, G, H และ I ส่วนตัวเลขที่แสดงในรูปนั้นคือค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดยอดและค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างพื้นที่ขอยื่นเอง



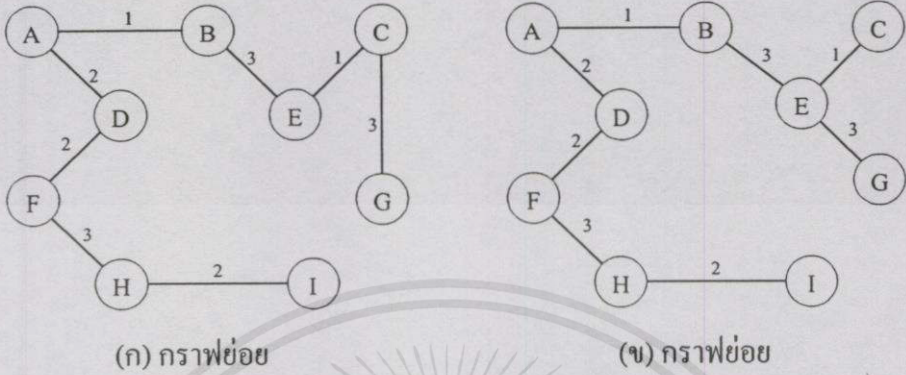
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างของการถ่วงน้ำหนักกราฟ

5.3 นิยามต่าง ๆ ของกราฟ

- 5.3.1 กราฟย่อยเป็นกราฟที่ประกอบด้วยจำนวนจุดยอดของกราฟต้นฉบับ (Original graph) ซึ่งจะมีตัวเชื่อม โยงเป็นเซตย่อยของกราฟต้นฉบับ และตัวอย่างของกราฟย่อยได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 และกราฟต้นฉบับแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 โดยผลรวมของน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงในกราฟย่อยที่มีค่าต่ำสุดเรียกว่า **ซ็อดเตสตัสแพนนิ่งทรี** (Shortest spanning tree)
- 5.3.2 **ลูกโซ่ (Chain)** เป็นจำนวนจุดยอดที่ต่อเนื่องกัน แต่ละจุดยอดจะเชื่อม โยงต่อกับจุดยอดที่อยู่ประชิดติดกันด้วยตัวเชื่อม โยง
- 5.3.3 **วงรอบ (Cycle)** เป็นทางเดินของลูกโซ่ที่มีจุดยอดเริ่มต้นกับจุดยอดสุดท้าย เป็นจุดยอดเดียวกันตัวอย่างเช่น $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow A$ ในรูปที่ 5.1
- 5.3.4 **ทรี (Tree)** เป็นเซตของลูกโซ่ที่เชื่อมถึงกันในกราฟแต่จะไม่ครบวงรอบ ดังนั้นทรีที่ใช้เชื่อม โยงจุดยอดจำนวน N จุด จะต้องใช้ตัวเชื่อม โยงทั้งหมดเท่ากับ $N-1$
- 5.3.5 **สแพนนิ่งทรี (Spanning tree)[7]** เป็นทรีของกราฟย่อย
- 5.3.6 **ซ็อดเตสตัสแพนนิ่งทรี (Shortest spanning tree) หรือ SST** เป็นสแพนนิ่งทรีที่ให้ผลรวมน้ำหนักตัวเชื่อม โยงต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซ็อดเตสตัสแพนนิ่งทรีมีได้หลายรูปแบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 โดยรูปที่ 5.2(ก) และ 5.2(ข) จะให้ผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อม โยงต่ำสุดและมีค่าเท่ากันทั้งสองรูป
- 5.3.7 **ฟอเรสต์ (Forest)** เป็นเซตของทรี

5.3.8 สเปกตรัมของกราฟเป็นเซตย่อยของทรี

นิยามเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของการแทนข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของกราฟ เพื่อใช้หาขีดสุดสเปกตรัมของกราฟถ่วงน้ำหนักเพื่อการแยกส่วนในภาพ



รูปที่ 5.2 ภาพ (ก) และ (ข) เป็นกราฟย่อยของกราฟรูปที่ 5.1 ที่ให้ผลรวมของน้ำหนักตัวเชื่อมโยงมีค่าต่ำสุด

5.4 การแปลงข้อมูลภาพไปเป็นกราฟ (Mapping image onto graph)

การใช้ทฤษฎีกราฟในการแยกส่วนในภาพนั้น ข้อมูลของภาพเดิมจะถูกแปลงให้เป็นกราฟ โดยจุดภาพแต่ละจุดจะแปลงไปยังจุดยอดของกราฟและน้ำหนักของจุดยอดของกราฟ จะขึ้นอยู่กับค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่จะนำมาแทนลงไป

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

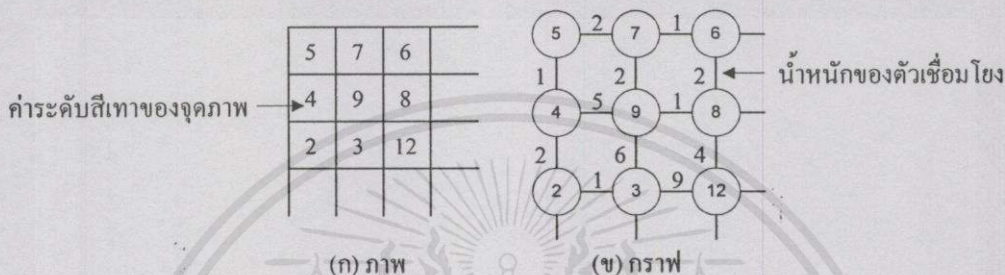
$$v_i = f(x, y) \quad (5.2)$$

กล่าวคือ ตำแหน่ง (x, y) จะถูกแปลงไปที่จุดยอด i ในลักษณะของการแปลงเป็นแบบจุดต่อจุด (One-to-One mapping) สำหรับค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดยอดต่างๆ จะเป็นค่าผลต่างสัมบูรณ์ (Absolute difference) ระหว่างน้ำหนักจุดยอดสองจุดยอดที่อยู่ประชิดติดกันในลักษณะตั้งฉาก 4 ทิศทาง ค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงนี้ จะถูกนำมาใช้ในการวัดความคล้ายคลึง (Similarity) หรือความเป็นเอกพันธ์ของค่าระดับสีเทาระหว่างกลุ่มจุดภาพที่อยู่ประชิดติดกัน ถ้าให้ $\lambda_{i,j}$ เป็นค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดยอด i กับจุดยอด j สามารถคำนวณได้จาก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda_{i,j} = |v_i - v_j| \quad (5.3)$$

จุดยอดของกราฟแต่ละจุดยอดสามารถที่จะเชื่อมกับจุดยอดอื่นๆภายในกราฟได้ แต่เพื่อให้
ง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำและลดความยุ่งยาก จะใช้การเชื่อมเฉพาะจุดยอดที่อยู่
ใกล้กันที่สุดเท่านั้น โดยที่สามารถเชื่อมกับจุดยอดที่ใกล้เคียงกันโดยรอบได้แบบ 4 ทิศทาง และ 8
ทิศทางแต่ในการแบ่งส่วนภาพนี้จะใช้การเชื่อมแบบ 4 ทิศทาง ที่มีลักษณะการเชื่อมโยงกันในทิศ
ทางตั้งฉากซึ่งกันและกันเท่านั้น ตัวอย่างลักษณะของภาพที่จะแทนลงในกราฟพร้อมค่าน้ำหนักของ
จุดยอดและน้ำหนักของตัวเชื่อมโยง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การแปลงข้อมูลจุดภาพลงไปในกราฟ

5.5 การหาขีดเตสต์สแพนนิ่งทรี

วิธีการในการคำนวณหาขีดเตสต์สแพนนิ่งทรีของกราฟ มีรูปแบบในการคำนวณอยู่หลาย
วิธี เมื่อภาพถูกแปลงให้อยู่ในรูปกราฟที่มีความสัมพันธ์แบบ 4 ทิศทาง โดยเราได้ใช้วิธีการของ
Kruskal 's Algorithm[6] วิธีการนี้จะสร้างขีดเตสต์สแพนนิ่งทรีโดยการเชื่อมทรีของฟอเรสต์
เข้าด้วยกันของตัวเชื่อมโยงที่มีค่าน้ำหนักค่าที่ต่ำที่สุด เริ่มจากจุดยอดทุกๆจุด ทำการหาค่าตัวเชื่อมโยงที่มี
ค่าต่ำที่สุด แล้วทำการสร้างทรีขึ้นมาจากจุดยอดเหล่านี้ โดยค่อยๆเชื่อมจุดยอดของกราฟที่มีค่า
น้ำหนักตัวเชื่อมโยงน้อยที่สุดขึ้นเป็นทรีก่อน แล้วจึงเชื่อมทรีเหล่านี้เข้าด้วยกันเป็นขีดเตสต์สแพน-
นิ่งทรีด้วยตัวเชื่อมโยงที่มีค่าน้ำหนักค่าที่ต่ำที่สุดเช่นกัน จนกระทั่งจุดยอดทุกจุดยอดบนกราฟ กลายเป็น
สแพนนิ่งทรีของกราฟ โดยมีรายละเอียดของการหาขีดเตสต์สแพนนิ่งทรีดังต่อไปนี้

- 5.5.1 ทำการจัดเรียงลำดับของค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงจากค่าต่ำที่สุดไปหาค่าสูงที่สุด
- 5.5.2 เริ่มจากฟอเรสต์ของกราฟที่ไม่มีตัวเชื่อมโยง
- 5.5.3 หาค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงที่มีค่าต่ำที่สุด
- 5.5.4 พิจารณาถึงตัวเชื่อมโยง ถ้าตัวเชื่อมโยงไม่ก่อให้เกิดการเป็นวงรอบ ให้รวมตัวเชื่อมโยง
เข้าไปอยู่ในฟอเรสต์ แต่ถ้าตัวเชื่อมโยงนี้ก่อให้เกิดการเป็นวงรอบ จะตัดตัวเชื่อมโยงนี้
ทิ้งไป

- 5.5.5 หากำนำหนักของตัวเชื่อมโยงที่มีค่าต่ำที่สุดของตัวถัดไปแล้วตรวจสอบดูว่าเป็นตัวเชื่อมโยง สุดท้ายหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ให้กลับไปกระทำซ้ำในขั้นตอนที่ 5.4.4 แต่ถ้าหากใช่ให้ไปกระทำในขั้นตอนที่ 5.4.6
- 5.5.6 จะได้ฟอเรสต์ที่เป็นช็อคเดสค์สแพนนิ่งทรี

5.6 การแบ่งส่วนภาพจากสแพนนิ่งทรี

การแบ่งส่วนภาพจากช็อคเดสค์สแพนนิ่งทรีจะได้ภาพที่ประกอบด้วยพื้นที่ย่อยๆ ที่ไม่ซ้อนทับกันและทุกๆ พื้นที่ย่อยยังคงเป็นส่วนประกอบของภาพเดิม ในการแยกส่วนในภาพจากวิธีการนี้ทำได้โดยการตัดตัวเชื่อมโยงของสแพนนิ่งทรีฟอเรสต์ของสแพนนิ่งทรีที่ถูกตัดจะแทนแต่ละพื้นที่ย่อยของภาพ โดยถ้า T เป็นทรีในฟอเรสต์ การแบ่งส่วน $P(T)_i$ กำหนดได้จาก

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

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

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

ในที่นี้ $Q(T)$ จะเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักจุดยอดในทรีและจะเป็นค่าระดับสีเทาเฉลี่ยของพื้นที่ย่อยที่สอดคล้องกับทรีนั้น สำหรับการแปลงจากภาพเดิมไปเป็นภาพหลังการแบ่งส่วนสามารถเขียนได้ดังสมการข้างล่างนี้

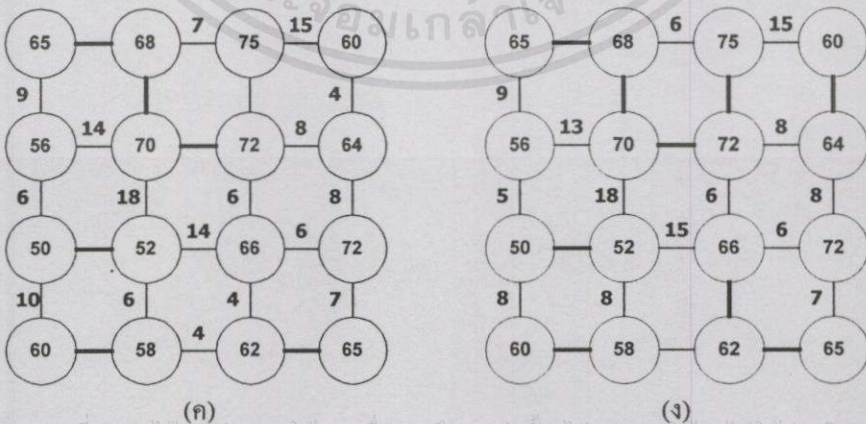
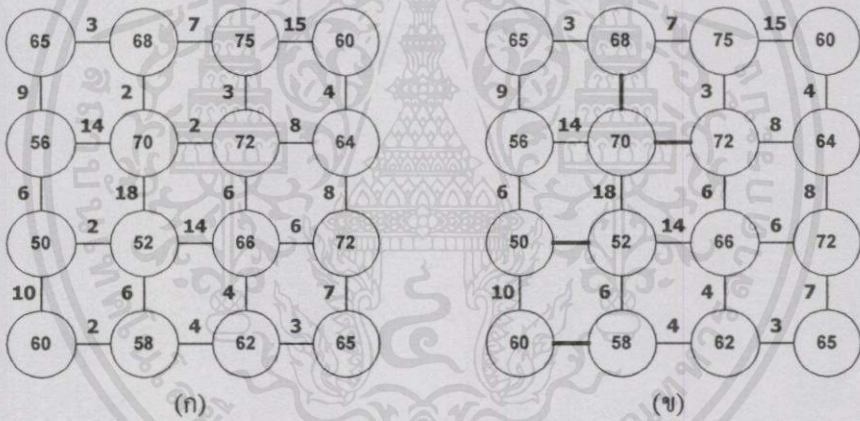
$$S_{x,y} = Q(M_{x,y}) \quad (5.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
จากกราฟที่เราได้ทำการคำนวณหาช็อคเดสค์สแพนนิ่งทรีไว้แล้วนั้น สามารถนำมาใช้ในการแบ่งส่วนภาพได้ โดยการตัดช็อคเดสค์สแพนนิ่งทรีของกราฟที่มีค่าตัวเชื่อมสูงสุด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าแต่ละส่วนของภาพที่แยกออกจากกันนั้นมีค่าความแตกต่างจากบริเวณที่ใกล้เคียงมากที่สุด

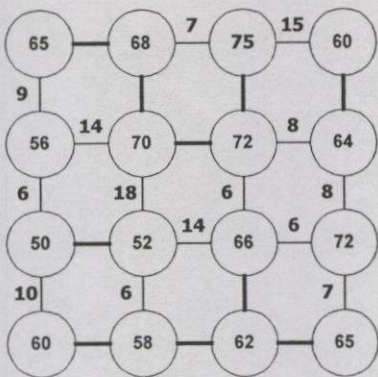
และยังเป็นการยืนยันอีกได้ว่าจุดภาพทุกๆจุดที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่เดียวกัน จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันกับจุดภาพที่อยู่ใกล้กันในของแต่ละขอบเขตพื้นที่ และต่างจากจุดภาพอื่นๆที่อยู่ต่างขอบเขตพื้นที่ที่ไกลออกไปและขอบเขตพื้นที่อื่นอื่นที่ต่อถัดไปสามารถหาได้โดยตัดตัวเชื่อมของซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีตัวต่อไป วิธีการในการแบ่งส่วนภาพจากซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีสรุปได้ดังนี้

1. ทำการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปกราฟ
2. ทำการหาซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี
3. ทำการตัดซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรีของกราฟจำนวน $N-1$ ครั้ง จะทำให้ได้ภาพ N ส่วน
4. ทำการแปลงกราฟที่ถูกตัดแล้วซึ่งเรียกว่าฟอเรสต์ กลับเป็นภาพที่ถูกแบ่งส่วน

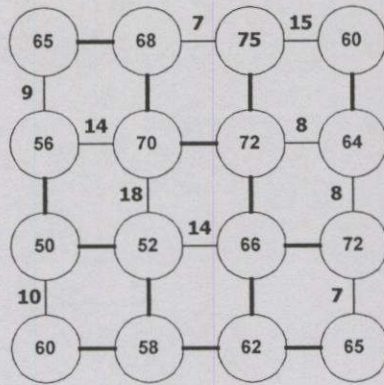
สำหรับการแยกส่วนด้วยทฤษฎีกราฟที่ได้ จากการสร้างซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี จะขอยกตัวอย่างจากกรณีของภาพขนาด 4×4 จุดภาพดังแสดงในรูปที่ 5.5(ก) เป็นภาพต้นฉบับ จากนั้นก็ทำการตรวจหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงต่ำสุด ไปยังค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงสูงสุด จนกว่าจุดยอดทุกจุดจะเชื่อมโยงเข้าถึงกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.5(ข)



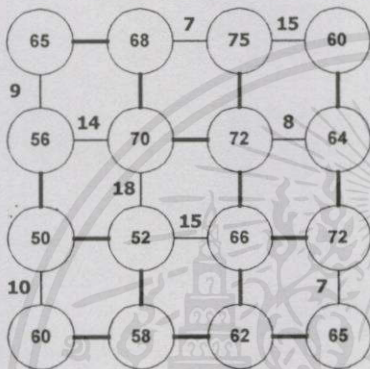
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าารใดก็ตาม หากต้องการคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้
รูปที่ 5.4 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อม โยงของซ็อดเตสต์สแพนนิ่งทรี



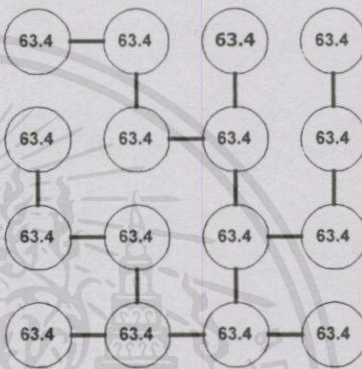
(จ)



(ฉ)



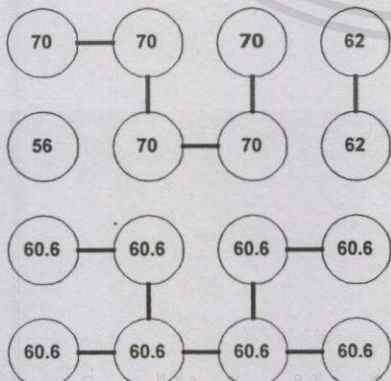
(ฅ)



(ฉ)

รูปที่ 5.5 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงของซ็อตเตสต์สแพนนิ่งทรี(ต่อ)

หลังจากที่ได้ซ็อตเตสต์สแพนนิ่งทรีแล้ว ก็ทำการแบ่งส่วนภาพโดยการตัดตัวเชื่อมที่มีค่าสูงสุด นั่นก็คือตัวเชื่อมที่ถูกเชื่อมเข้าไปตอนท้ายสุด และรองลงไป ถ้าต้องการส่วนของภาพ N ส่วน จะต้องตัดตัวเชื่อมซ็อตเตสต์สแพนนิ่งทรี N-1 ครั้ง



(ก)

70	70	70	62
56	70	70	62
60.6	60.6	60.6	60.6
60.6	60.6	60.6	60.6

(ข)

รูปที่ 5.6 แสดงการตัดตัวเชื่อมโยงของซ็อตเตสต์สแพนนิ่งทรี

5.7 การแบ่งส่วนภาพจากรีเคอร์ซีฟชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรี

เนื่องจากขั้นตอนในการสร้างชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรีของกราฟนั้นได้จากการเรียงค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงจากค่าต่ำสุดไปค่าสูงสุด ในการจัดเรียงค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงแต่ละครั้งหมายถึงการรวมเอาขอบเขตพื้นที่ทั้งสองที่ถูกเชื่อมด้วยตัวเชื่อมโยงนั้นเข้าด้วยกัน ภายหลังจากการรวมขอบเขตแล้ว ตัวเชื่อมโยงอื่นๆที่เชื่อมต่อกับขอบเขตนั้นมิได้มีการปรับเปลี่ยนค่าให้สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของขอบเขตที่ถูกเชื่อม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดข้อเสียสองประการคือ ประการแรกถ้าหากเกิดสัญญาณรบกวนในภาพก่อนทำการแบ่งส่วนภาพ จะทำให้จุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนถูกแยกออกมาเป็นพื้นที่ย่อยๆ เล็กๆ ซึ่งจะมีผลเสียต่อการแบ่งส่วนภาพ ประการที่สองจะทำให้เกิดปัญหา เนื่องจากบางครั้งจุดภาพขาวและจุดภาพดำที่แตกต่างกันมาก อาจถูกนำมารวมอยู่ในพื้นที่ย่อยเดียวกัน ถ้าหากจุดภาพทั้งสองดังกล่าวถูกเชื่อมต่อกับกลุ่มจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเรียงไล่กันไป ดังนั้นค่าความแตกต่างของค่าระดับความเข้มสีเทาของจุดภาพที่ใกล้กันจะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้ค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงจากกลุ่มจุดภาพดังกล่าวมีค่าต่ำๆ จึงมีผลทำให้ต้องรวมจุดภาพขาวกับจุดภาพดำเข้าอยู่ในพื้นที่ย่อยเดียวกัน

ปัญหาต่างๆ ของวิธีชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรีนั้นเกิดจากค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ กล่าวคือ ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักจุดยอดและค่าตัวเชื่อมโยงให้สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของขอบเขตพื้นที่ย่อย ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนใหญ่ (Global Information) ดังนั้นในการแก้ปัญหาของชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรี สามารถทำได้โดยวิธีของรีเคอร์ซีฟชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรี (Recursive Shortest Spanning Tree: RSST) ซึ่งในรีเคอร์ซีฟชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรีนี้จะทำการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับพื้นที่ย่อย ให้มีผลลัพธ์สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของขอบเขตพื้นที่ย่อย ที่ได้จากการกำจัดค่าน้ำหนักตัวเชื่อมต่อดำสุด อันเป็นการรวมจุดภาพเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ย่อยนั่นเอง ดังนั้นในการรวมจุดภาพแต่ละครั้งจะมีการปรับปรุงค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงตามการเฉลี่ยของน้ำหนักของขอบเขตพื้นที่ย่อยอันใหม่ตลอดเวลา วิธีการแบบนี้จึงถูกเรียกว่า รีเคอร์ซีฟชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรี

เนื่องจากทุกๆ จุดภาพในแต่ละขอบเขตพื้นที่จะมีระดับสีเทาเท่ากัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าจุดกราฟหนึ่งจุดสามารถใช้แสดงแทนตลอดทั้งขอบเขต ถ้าตัดชอร์ตเตสทสแพนนิ่งทรีออกเป็นฟอร์เรสต์ (เพื่อแบ่งเป็นขอบเขตต่างๆ) แต่ละทรีจะกลายเป็นจุดยอดจุดหนึ่ง ดังนั้นในการแปลงจากกราฟไปเป็นภาพจะเป็นการแปลงแบบหนึ่งจุดไปหลายจุดและแต่ละส่วนของขอบเขตพื้นที่ $P(i)_{x,y}$ ที่ถูกกำหนดโดยจุดยอด V_i ของกราฟจะเป็นไปตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน { 1 ถ้า V_i แปลงไปเป็น (x,y) มาใช้แทนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม $P(i)_{x,y} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } V_i \text{ แปลงไปเป็น } (x,y) \text{ มาใช้แทนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า} \\ & \text{เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา} \\ & \text{ใช้} \\ 0 & \text{เมื่อเป็นอย่างอื่น} \end{cases}$ (5.7) ใช้

การแปลงข้อมูลภาพไปเป็นกราฟในตอนเริ่มแรกนั้น เหมือนกับวิธีแรกที่กำลังกล่าวมาแล้ว แต่ในขั้นตอนนี้ต่อไป โครงสร้างของกราฟจะถูกทำให้เปลี่ยนแปลงตลอดเมื่อมีการคำนวณซ้ำๆ (Recursion) ในตอนเริ่มต้นจุดภาพแต่ละจุดจะถูกพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของภาพที่แยกกันเป็นอิสระ ส่วนพื้นที่ จากนั้นก็จะทำการรวมเอาส่วนพื้นที่ทั้งสองเข้าไว้ด้วยกัน การรวมจุดยอดจะเริ่มจาก จุดยอด V_i และ V_j ที่มีค่าความแตกต่างน้อยที่สุด ซึ่งจะถูกรวมเข้าด้วยกันได้เป็นจุดยอดใหม่ V_k ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าเฉลี่ยของพื้นที่ย่อยใหม่นั้นเอง โดยที่ V_k หาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$V_k = \frac{\sum_{x,y} (P(i)_{(x,y)} \cdot f(x,y) + P(j)_{(x,y)} \cdot f(x,y))}{\sum_{x,y} (P(i)_{x,y} + P(j)_{x,y})} \quad (5.8)$$

และพื้นที่ย่อยใหม่ที่ได้นี้คือ $P(k)$ ซึ่งเป็นผลมาจากการรวมพื้นที่ย่อยทั้งสองเข้าไว้ด้วยกัน นั่นคือเราจะได้

$$P(k)_{x,y} = P(i)_{x,y} + P(j)_{x,y} \quad (5.9)$$

ตัวเชื่อมที่เชื่อมจุดยอดตามที่กล่าวมาก็จะถูกตัดออกและเก็บเอาไว้เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการแปลงกราฟให้กลับเป็นภาพ โดยตัวเชื่อมตัวอื่นๆทุกตัวที่มีจุดยอดใกล้เคียงกับจุดดังกล่าวจะถูกคำนวณค่าน้ำหนักตัวเชื่อมโยงใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการแบ่งส่วนภาพโดยใช้ รีเคอร์ซีฟซัด-เดทสแพนนิ่งที่ดังต่อไปนี้

5.7.1 แปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของจุดยอดกราฟ

5.7.2 ในขณะที่มีจุดยอดกราฟมากกว่าหนึ่งจุด

5.7.2.1 หาค่าน้ำหนักตัวเชื่อมที่มีค่าต่ำสุดตัวต่อไป

5.7.2.2 เก็บตัวเชื่อมของตำแหน่งนั้นไว้

5.7.2.3 รวมจุดยอดทั้งสองที่ต่อกับตัวเชื่อมนี้

5.7.2.4 คำนวณค่าน้ำหนักจุดยอดที่เชื่อมนี้ด้วยการเฉลี่ยและคำนวณค่าของตัวเชื่อมโยงที่เชื่อมกับจุดยอดนี้ใหม่

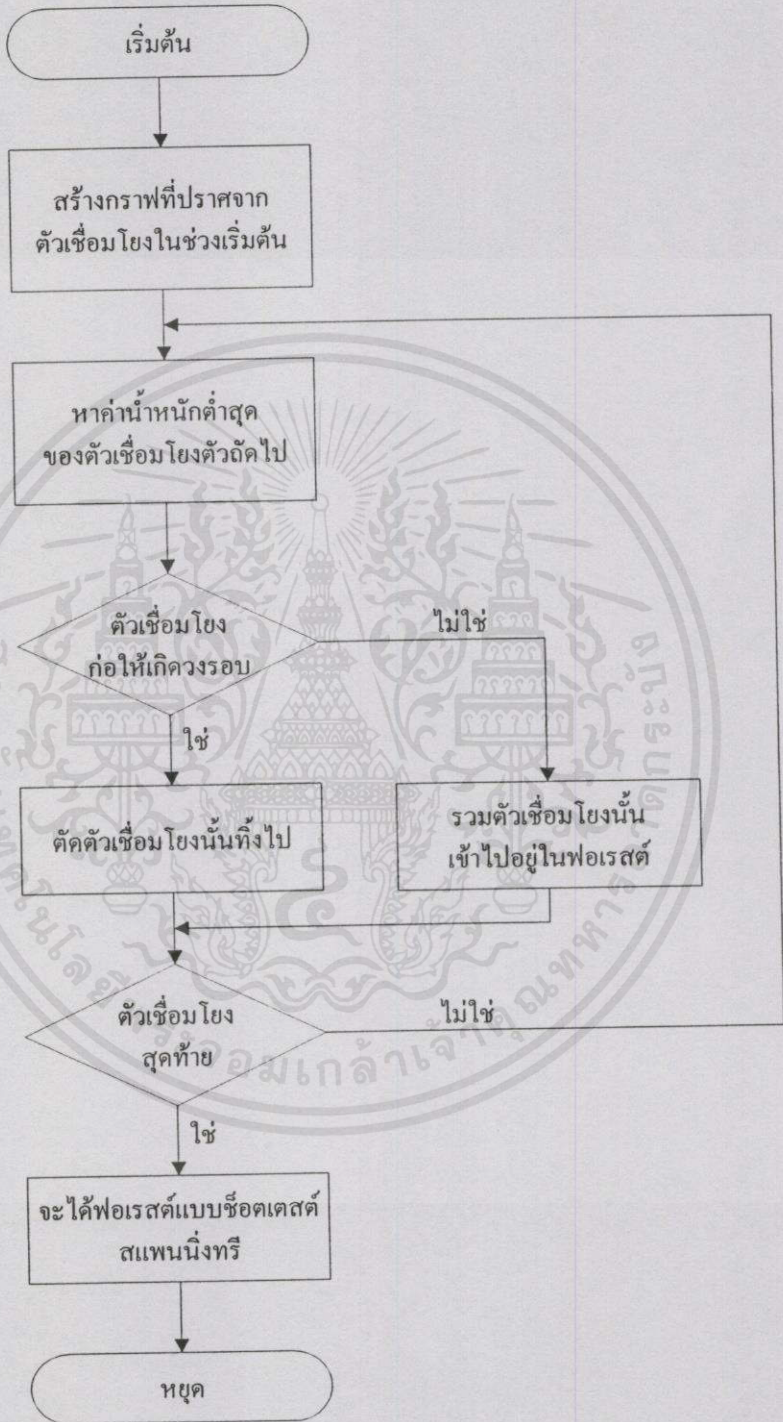
5.7.3 สร้างสแพนนิ่งที่จากตัวเชื่อมโยงที่ได้เก็บเอาไว้แล้ว

5.7.4 ทำการตัดสแพนนิ่งที่ของกราฟเป็นจำนวนเท่ากับส่วนพื้นที่ย่อยตามที่ต้องการ

5.7.5 แปลงกราฟกลับเป็นภาพที่ถูกแบ่งส่วน

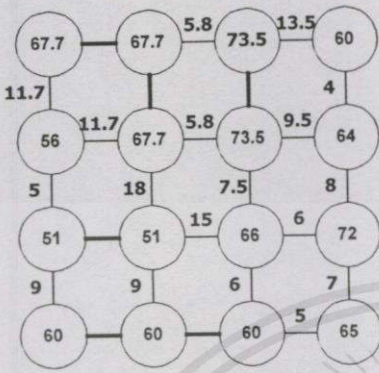
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และดึงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนทั้งหมดสามารถเขียนเป็นแผนภูมิรายงาน (Flowchart) ของการสร้างซีดเตสต์ สแพนนิ่งทรีของกราฟถ่วงน้ำหนักได้ดังรูปที่ 5.7

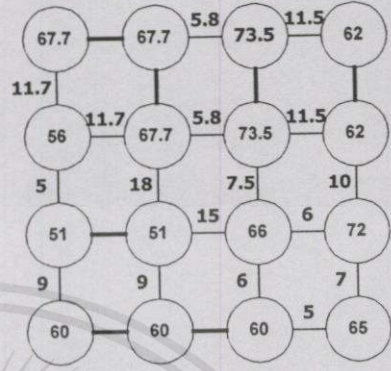


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
รูปที่ 5.7 แผนภูมิรายงานของการสร้างซีดเตสต์สแพนนิ่งทรีจากกราฟถ่วงน้ำหนัก
 ไม่ว่าจะใช้วิธีใดก็ตาม ออกแบบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

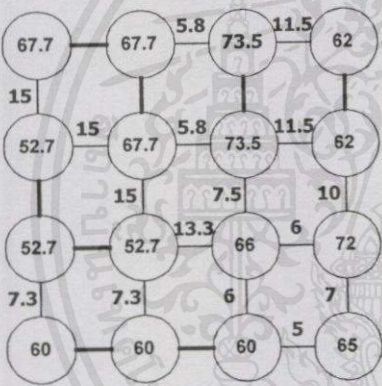
ลำดับขั้นตอนในการหาค่ารีเคอร์ซีฟของกราฟ การตัดรีเคอร์ซีฟของกราฟ และการแปลงพอเรสท์ของกราฟไปเป็นภาพแบ่งส่วนสามารถแสดงได้ดังในรูป และในรูป แสดงผลของการแบ่งส่วนภาพออกเป็นพื้นที่ย่อยจำนวนส่วน ตามลำดับ



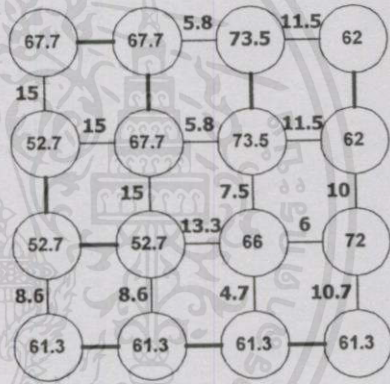
(ก)



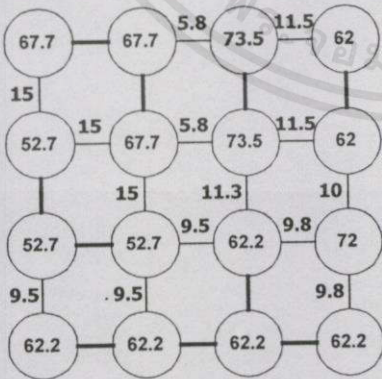
(ข)



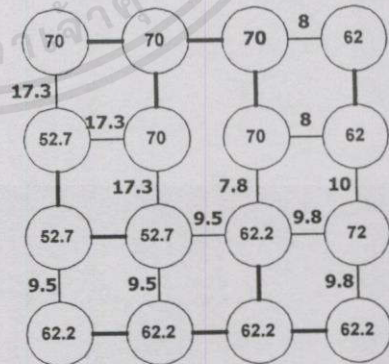
(ค)



(ง)

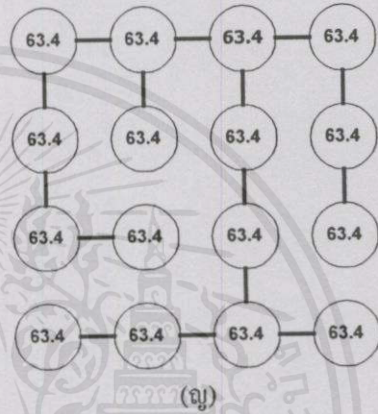
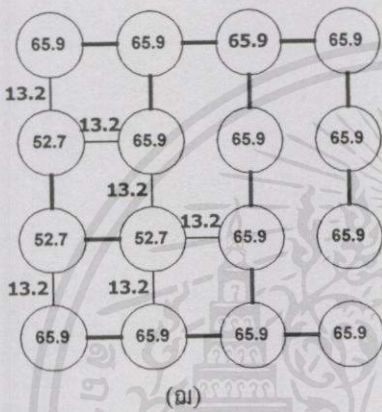
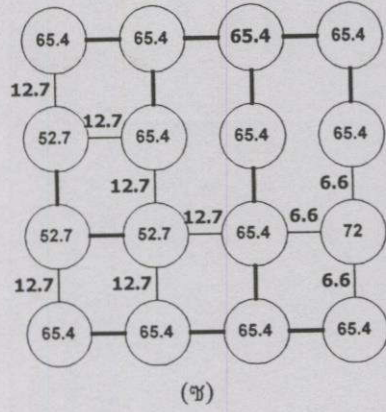
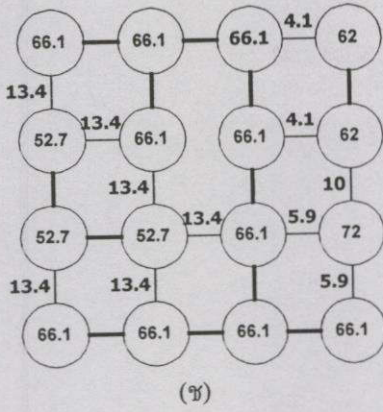


(จ)



(ฉ)

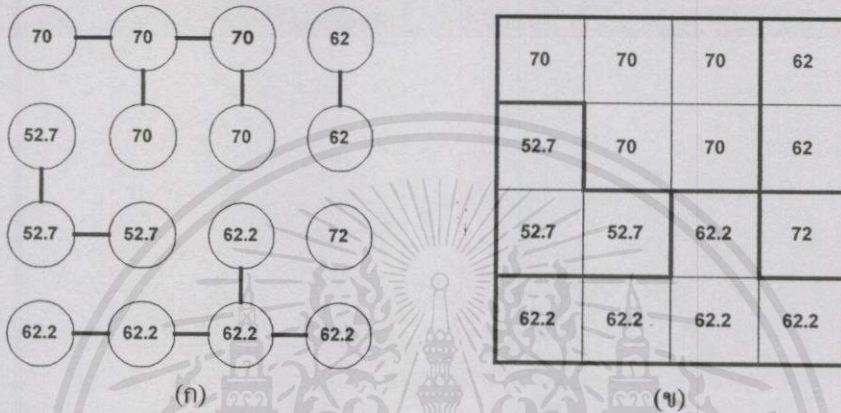
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า รูปที่ 5.8 แสดงการหาค่าน้ำหนักของตัวเชื่อมโยงของรีเคอร์ซีฟของกราฟ



รูปที่ 5.9 แสดงการหาค่านำหนักของตัวเชื่อม โยงของรีเคอร์ซีฟซ็อคเดสค์สแพนนิ่งทรี(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากต้องการแยกภาพออกเป็นส่วน ยกตัวอย่างเช่นแบ่งภาพออกเป็นห้าส่วนให้ทำการตัดตัวเชื่อมโยงที่มีค่าถ่วงน้ำหนักสูงสุดไล่ลงไปจำนวนสี่ครั้ง คือ ตัดตัวเชื่อมโยงที่ได้ตัวสุดท้าย ตัวรองสุดท้าย และตัวของรองของรองสุดท้าย ก็จะได้เฟอร์สต์ของสแพนนิ่งทรี ดังแสดงในรูปที่ 5.10(ก) ซึ่งก็คือรูปที่ 5.8(จ)นั่นเอง และหลังการแปลงย้อนกลับจากกราฟไปเป็นภาพ จะได้ภาพหลังการแยกส่วนแสดงในรูปที่ 5.10(ข) โดยจุดภาพของแต่ละพื้นที่ย่อย จะถูกแทนด้วยค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาจากจุดภาพต่างๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่นั้น

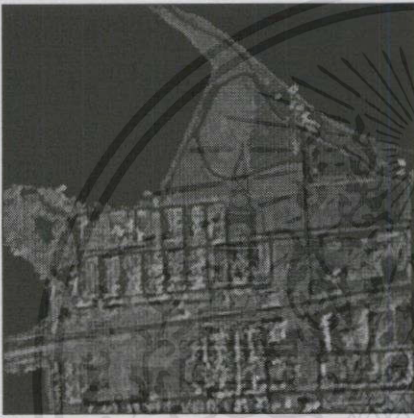


รูปที่ 5.10 แสดงการตัดตัวเชื่อมโยงของรีเคอร์ซีฟซีดเดสตัสแพนนิ่งทรี

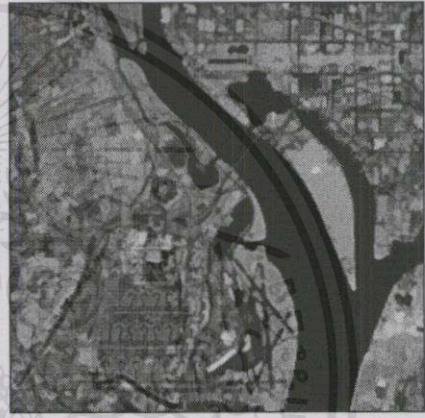
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ ได้นำเอาภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมขนาด 256X256 จุดภาพ ที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพมาแล้ว โดยแบ่งผลที่ได้เป็น 3 การทดลองคือ ผลการทดลองที่ 5.8.1 เป็นผลการทดลองการแบ่งส่วนภาพบนภาพที่ผ่านการปรับเรียบโดยใช้เทมเพลตของ Tomita ผลการทดลองที่ 5.8.2 เป็นผลการทดลองการแบ่งส่วนภาพบนภาพที่ผ่านการปรับเรียบโดยใช้เทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao การทดลองที่ 5.8.3 เป็นผลการทดลองการแบ่งส่วนภาพบนภาพที่ผ่านการปรับเรียบโดยใช้เทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao และเทมเพลตที่ นำเสนอขึ้นใหม่ ซึ่งแบ่งส่วนภาพออกเป็น 2,000 พื้นที่ย่อย โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

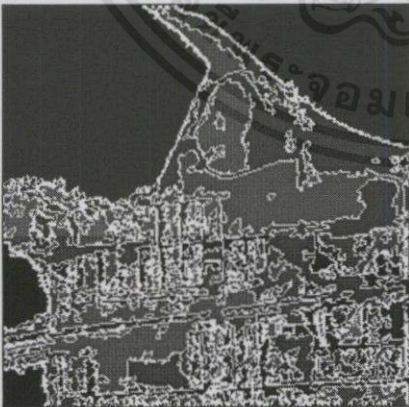


(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ

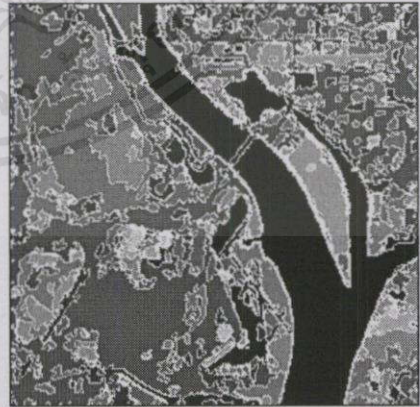


(ข) ภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 5.11 แสดงภาพที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ



(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ



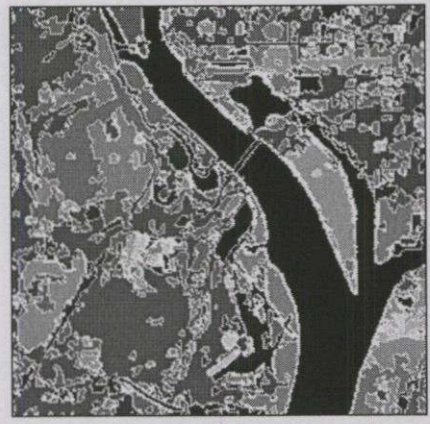
(ข) ภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 5.12 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita

ไม่ว่ากรณีใดข้างต้น อีกทั้งยังมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

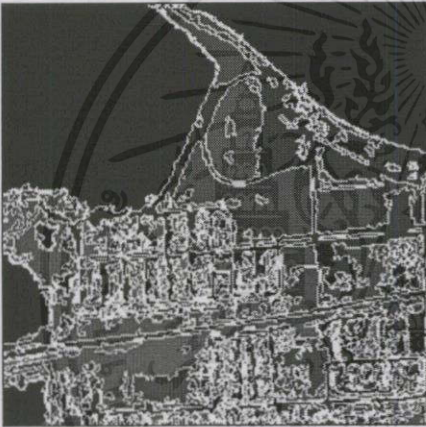


(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ

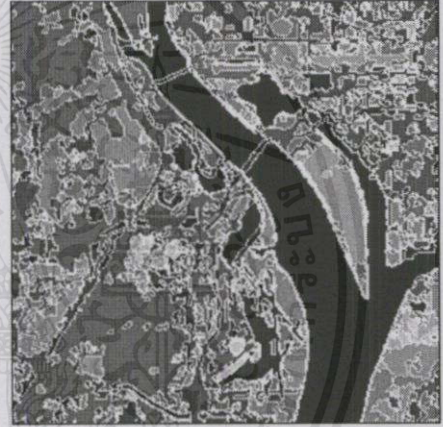


(ข) ภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 5.13 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao



(ก) ภาพถ่ายทางอากาศ



(ข) ภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 5.14 แสดงการแบ่งพื้นที่ภาพจำนวน 2,000 พื้นที่ ด้วยเทมเพลตของ Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 การทดสอบคุณภาพของภาพที่ถูกแบ่งส่วน

ในการทดสอบคุณภาพผลของการแบ่งส่วนภาพนั้น สามารถทำได้โดยการนำเอาหลักการของกู๊ดเนส (Goodness methods) มาใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบ ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้วิธีการทดสอบคุณภาพของการแบ่งส่วนภาพในพื้นที่ย่อยต่างๆ (Goodness based on intra-region uniformity) ที่นำเสนอโดย J. S. Weska and A. Rosenfeld [10] เพื่อหาความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่ ที่ผ่านการแบ่งส่วนภาพแล้ว โดยมีสูตรในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$GU = \sum_i \sum_{(x,y) \in R_i} [f(x,y) - \frac{1}{A_i} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)]^2$$

- เมื่อ GU คือ ค่าระดับสีเทาของการทดสอบ
 $f(x,y)$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพที่ตำแหน่ง (x, y)
 R_i คือ ส่วนพื้นที่ย่อยของภาพที่ตำแหน่ง i
 A_i คือ พื้นที่ของส่วนพื้นที่ย่อยของภาพตำแหน่งที่ i

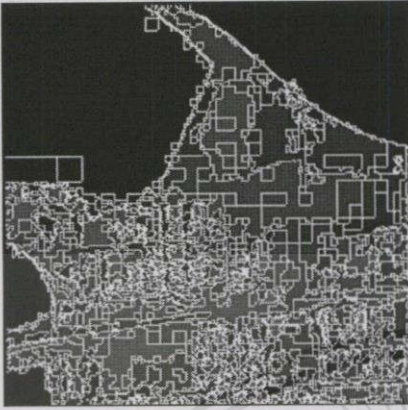
เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ P. K. Sahoo [11] จึงได้นำเสนอการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วย (Normalized uniformity measure) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$NU = 1 - GU/C$$

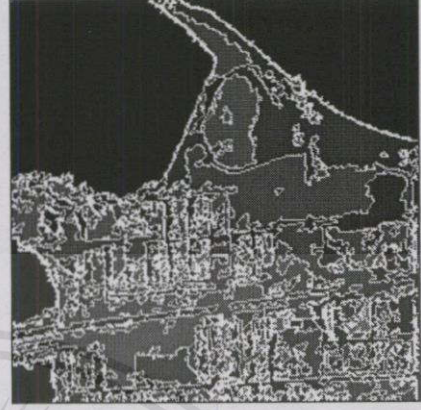
- เมื่อ NU คือ ค่าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วย
 GU คือ ค่าระดับสีเทาของการทดสอบ
 C คือ Normalized Factor

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบนี้ถูกจะนำไปเปรียบเทียบกันระหว่าง การแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม (Split and Merge) กับการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีทฤษฎีกราฟ (Graph theory) โดยจะทำการทดสอบกับภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม ที่ผ่านการทำให้ราบเรียบและคงรักษาสภาพมาทำการทดลอง ผลของการคำนวณค่าจากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของภาพที่ถูกแบ่งส่วนตามวิธีที่ต่างกันคือถ้าผลการคำนวณของภาพที่ถูกแบ่งส่วนมีค่าน้อยจะถือว่าภาพที่ถูกแบ่งส่วนตามวิธีนั้นมีคุณภาพต่ำกว่าภาพที่ถูกแบ่งส่วนที่มีผลของการคำนวณที่มากกว่า ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การแบ่งส่วนภาพถ่ายทางอากาศ ตามวิธีของ Split&Merge และ Graph Theory โดยทำการแบ่งส่วนภาพออกเป็นจำนวน 2,000 พื้นที่ย่อย



(ก) วิธี Split&Merge

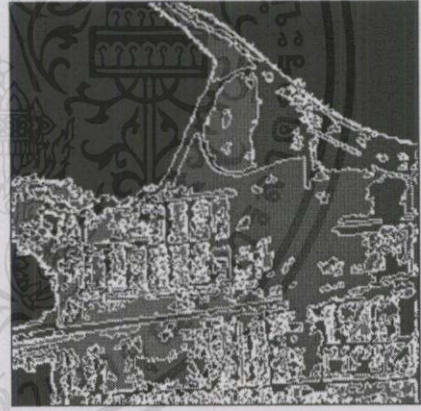


(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลตที่เสนอโดย Tomita



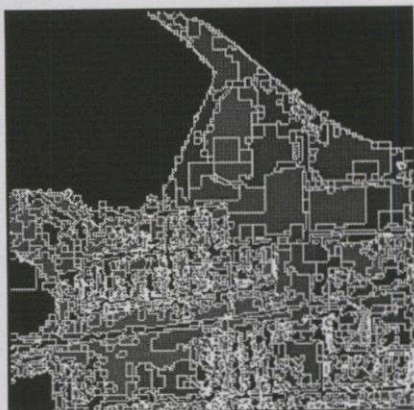
(ก) วิธี Split&Merge



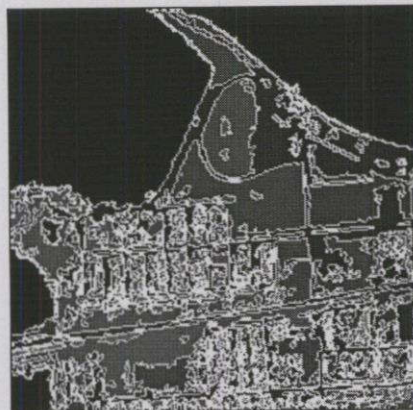
(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลตที่เสนอ โดย Tomita ร่วมกับ Nagao

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วิธี Split&Merge



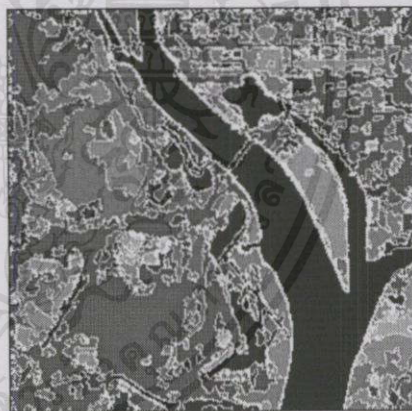
(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลท ที่เสนอโดย Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่

การแบ่งส่วนภาพด้วยค่าความเข้ม ตามวิธีของ Split&Merge และ Graph Theory โดยทำการ แบ่งส่วนภาพออกเป็นจำนวน 2,000 พื้นที่ย่อย



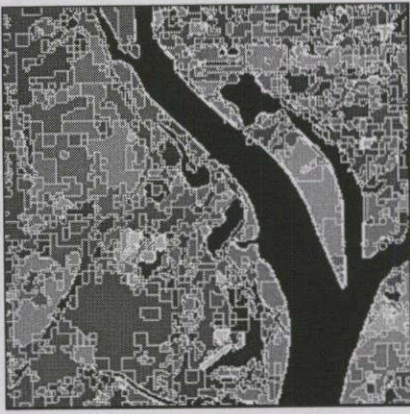
(ก) วิธี Split&Merge



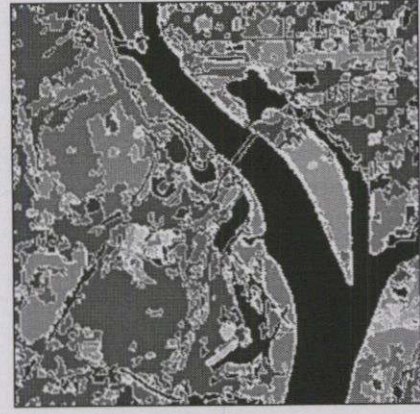
(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลท ที่เสนอโดย Tomita

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วิธี Split&Merge

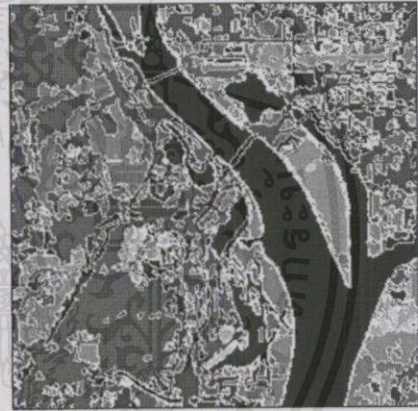


(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.19 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต ที่เสนอโดย Tomita ร่วมกับ Nagao



(ก) วิธี Split&Merge



(ข) วิธี Graph Theory

รูปที่ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งส่วนพื้นที่ในภาพ ที่ผ่านปรับเรียบด้วยเทมเพลต ที่เสนอโดย Tomita ร่วมกับ Nagao และที่นำเสนอขึ้นใหม่

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วย (Normalized Uniformity ; NU)

	ภาพถ่ายทางอากาศ		ภาพถ่ายดาวเทียม	
	Split & Merge	Graph Theory	Split & Merge	Graph Theory
Tomita	66.66	84.70	81.37	87.21
Tomita & Nagao	68.29	88.10	84.09	89.78
Tomita & Nagao & New	68.98	91.83	84.99	90.73

5.10 บทสรุป

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าการแบ่งส่วนภาพด้วยทฤษฎีกราฟกับภาพถ่ายที่ผ่านการทำภาพให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ สามารถแบ่งส่วนภาพออกเป็นขอบเขตต่างๆ ได้อย่างแม่นยำตามรูปลักษณะของขอบเขตนั้นๆ ซึ่งเป็นการสนับสนุนวิธีการทำภาพให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ โดยสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนว่าขอบเขตที่มีลักษณะบางยังคงสามารถรักษาไว้ได้และที่สำคัญคือการแบ่งส่วนภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟนี้ สามารถที่จะกำหนดจำนวนส่วน (Number of Regions) ของภาพได้แน่นอนตามที่ต้องการ ซึ่งทำให้สามารถจำแนกและแปลความหมายของภาพทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการกำจัดสัญญาณรบกวนต่างๆไปมีหลายวิธี แต่วิธีที่ยังคงสามารถรักษารายละเอียดของขอบเขตภาพที่มีลักษณะบางไว้ได้ก็คือ วิธีการทำภาพให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพ (Edge Preserving Smoothing) ซึ่งวิธีนี้นอกจากจะกำจัดสัญญาณรบกวนได้แล้ว ก็ยังสามารถทำข้อมูลภาพให้มีความเรียบและทำขอบเขตภาพที่เบลอคมขึ้นได้อีกด้วย โดยภาพที่ผ่านกระบวนการนี้สามารถนำไปผ่านกระบวนการแบ่งส่วนภาพได้อีกด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ทฤษฎีกราฟที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูงในการแยกส่วนขอบเขตพื้นที่ต่างๆ และที่สำคัญเมื่อสังเกตคุณภาพผลลัพธ์ที่ผ่านกระบวนการนี้แล้ว จะพบว่ารายละเอียดและขอบเขตต่างๆที่มีลักษณะบางยังคงสามารถรักษาไว้ได้ ซึ่งเป็นการสนับสนุนวิธีการทำภาพให้ราบเรียบและรักษาขอบภาพได้อีกด้วย ทำให้สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายภาพได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการทำวิจัยนี้ คือ ในส่วนของการทำภาพให้เรียบนั้น ขอบของภาพจะหายไป ถ้าความกว้างของขอบภาพน้อยกว่าความกว้างของเทมเพลตที่ใช้ เนื่องจากขอบภาพที่ได้อาจมีรูปทรงหลากหลาย ดังนั้นเพื่อให้การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยยังคงรักษาขอบรูปทรงเหล่านั้นเอาไว้ได้ จะต้องทำการออกแบบให้เทมเพลตมีรูปทรงหลากหลาย จะช่วยให้การหายไปของขอบภาพลดน้อยลง

ปัญหาอีกส่วนหนึ่งที่พบกันบ่อยในงานวิจัยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ก็คือการจองหน่วยความจำในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เนื่องจากข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่และมีรายละเอียดในภาพสูง ทำให้การประมวลผลข้อมูลภาพนั้นเป็นไปได้ช้า แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์นั้นได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว หากผู้ที่จะทำกรวิจัยสามารถหาเครื่องมือที่รองรับความต้องการเหล่านี้ได้ การพัฒนาทางด้านนี้ก็จะไปได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น และถ้ายังสามารถเขียนโปรแกรมในลักษณะที่แสดงผลได้ทันที (Interactive) ก็จะสามารถทำให้ผู้ที่สนใจในด้านนี้มีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนา ก็คือ สามารถที่จะนำไปใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่มีหลายสเปกตรัม(Multispectral Images) ในการจำแนกข้อมูลและแปลความหมายภาพซึ่งอาจจะใช้วิธีที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมได้หรือเป็นการลดมิติของภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมลง ให้เหลืออยู่เพียงไม่กี่ภาพ นั่นก็คือวิธีการที่อาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) มาเป็นเครื่องมือในการแปลงข้อมูล (Transform) จากภาพถ่ายดาวเทียมหลายสเปกตรัมทั้งหมด แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการทำภาพให้เรียบและรักษาขอบภาพและกระบวนการแบ่งส่วนภาพโดยใช้ทฤษฎีกราฟ ซึ่งจะทำได้สามารถแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยเพื่อช่วยกระบวนการแบ่งส่วนและการแปลความหมายของภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] M.J. Biggar, O.J. Morris and A.G. Constantnides, "Segmented-image coding: performance comparison with the discrete cosine transform," Proc. IEE, vol. 135, Pt.F, No.2, pp.121-131,1998.
- [2] F. Tomita and S. Tsuji,"Extraction of multiple regions by smoothing in selected neighborhoods," IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics SMC-7, pp.107-109,1997.
- [3] M. Nagao and T. Matsuyama, "Edge Preserving Smoothing," Computer Graphics and Image Processing, vol.9, pp.374-407,1979.
- [4] S.L. Horowitz and T. Paviles, "Picture Segmentation by a directed Split-and-Merge Procedure,"Proc.2nd Int. Joint. Conf. Pattern Recognition, Aug., 13-15, pp.424-433,1994.
- [5] F. Cheevasuvit, H. Maitre and D. Vidal-Madjar, " A Robust Method for Picture Segmentation Based on a Split-and-Merge Procedure," Computer Vision, Graphics and Image Processing 34, pp.268-281.1986.
- [6] J.B. Jun Kruskal, "On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem," Proc. Am. Math. Soc., vol.7, pp.48-50,1956.
- [7] D.Cherton and R.E. Tarjan, "Finding minimum spanning trees," Siam J. Comput., vol 5. pp.724-742,1976.
- [8] O.J.Morris, M.De J. Lee and A.G. Gustantinides, "Graph theory for image analysis : an approach based on the shortest spanning tree," Proc.IEE., vol.33, Pt.F, No.2, pp. 146-152,1986.
- [9] S.Chitwong, A.Somboonkaew, S.Phasomkusolsil, F.Cheevasuvit, K.Dejhan and S.Mitatha, "Segmentation via graph theory on the edge preserving smoothing image," Proc.ASPRS,2000.
- [10] J. S. Weszka and A. Rosenfeld, "Threshold evaluation techniques," IEEE Trans, SMC-8, pp. 622-629,1978.
- [11] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, Y. C. Chen, "A survey of thresholding techniques," CVGIP 41, pp. 233-260,1988.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] S.Chitwong, A.Somboonkaew, S.Phasomkusolsil, F.Cheevasuvit, K.Dejhan and S.Mitatha, "Segmentation via graph theory on the edge preserving smoothing image," Proc.ASPRS,2000.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASPRS 2000

Start the 21st Century: Launching the Geospatial Information Age



OMNI SHORHEM HOTEL
WASHINGTON, DC
MAY 22-26, 2000

SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY ON THE EDGE PRESERVING SMOOTHING IMAGE

S. Chitwong^(*), A. Somboonkaew^(*,**), S. Phasomkusolsil^(*)
F. Cheevasuvit^(*), K. Dejhan^(*) and S. Mitatha^(*)

^(*)Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok 10520, Thailand

^(**)Electro-Optics Lab, in Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
National Electronics and Computer Technology
Bangkok 10520, Thailand

ABSTRACT

A segmented image will always consists of small regions caused by the embed noise. So many researches about edge preserving smoothing have been proposed. These kinds of smoothing process try to search proper template that will gives the most homogeneity among a certain number of proposed templates. The gray value of considered pixel is obtained by the average of the gray level from the selected template. However, the thin regions having the width less than 3 pixels will be destroyed. To overcome this problem, this paper proposes some smoothing templates that can maintain the thin regions. By co-operating the new proposed templates with the recently proposed templates, we can obtain the better result of smoothing image. The graph theory is then applied to the smoothing image for obtaining an accurate boundary. The result shows that the thin regions can still be maintained.

INTRODUCTION

Segmentation algorithm is a tool for emphasis or isolating the individual objects within an image. Therefore, the segmentation algorithm can be applied to a widespread application such as region classification, motion estimation, automatic document reading, data compression [1] and machine understanding etc.

The resulting of segmented image always consists of many undesired small regions caused by the embed noise pixel. These noise pixels will have the gray value different from their neighbors. By applying the criterions of gray level thresholding or texture structure, the noise pixels will be isolated as the small regions. To eliminate the noise pixels, here we use the algorithm of region smoothing known as edge preserving smoothing [2,3]. The smoothing process will attempt to agglomerate the adjacent pixels together with respect to the homogeneity criterion. The segmentation algorithm will then be efficaciously applied to the smoothing image. Here the graph theory algorithm is used for segmenting the smoothed image.

The details of segmentation via graph theory on the edge preserving smoothing image will be described in the following paragraphs.

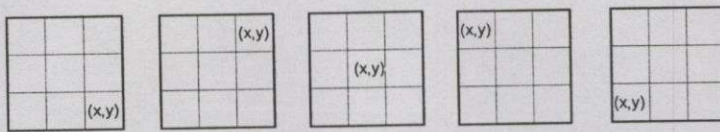
EDGE-PRESERVING SMOOTHING

Region smoothing or edge preserving smoothing has been presented by Tomita [2] and Nagao [3]. The smoothing process is tried to search the proper template which will give the most homogeneous region with involving considered pixel (x,y) . Tomita's templates and Nagao's templates are shown in Fig. 1(a) and (b) respectively. Each template must be consisted of the considered pixels (x,y) which will be smoothed by replacing the average gray value of all pixels in the selected template.

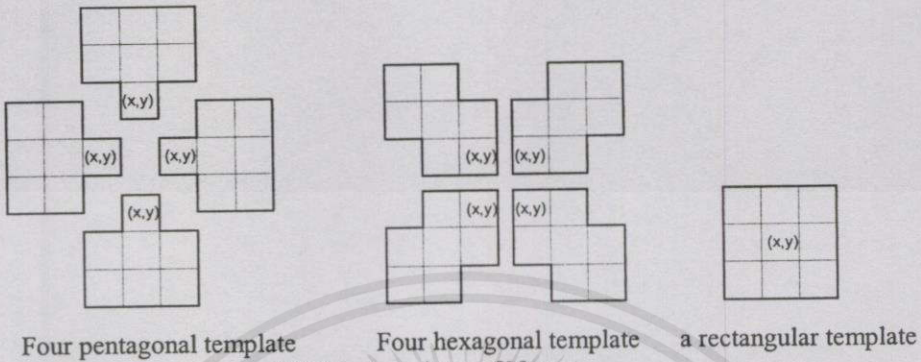
Nevertheless, the templates of Tomita and Nagao can not preserve some thin regions if their widths are less than 3 pixels. Therefore, to overcome their shortcoming we suggest the new template as shown in Fig. 2.

To preserve the thin regions the suggested templates of Fig. 2 together with the templates of Nagao will be employed in order to search a proper homogeneous template. The edge preserving smoothing process can be stated as the following step.

งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้



(a) Five rectangular templates of Tomita



(b) Nine templates of Nagao

Fig. 1 Recently proposed templates.

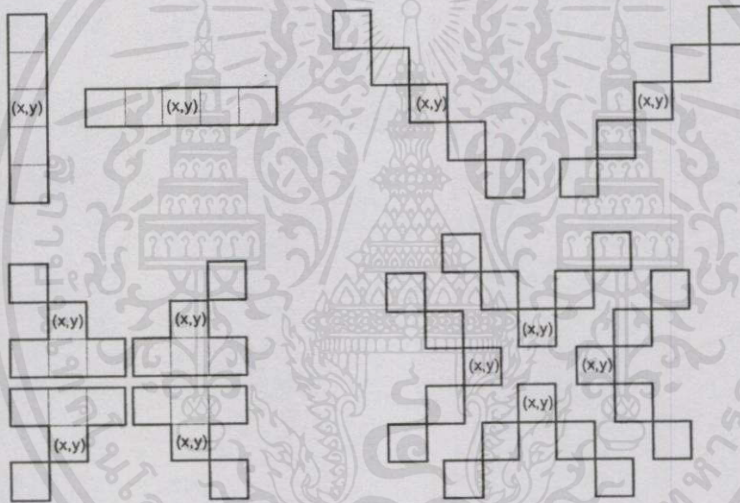


Fig. 2 New suggested templates.

- (1) Calculate the average gray level from all pixels in each template

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

where N is the number of templates, S_k is the subset of pixels presented in each template. The value of $f(i,j)$ is the gray level of the pixel (i,j) and m is a number of pixels in each template.

- (2) Calculate the variance of each template with respect to the considered pixel

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

- (3) Search the template with minimum variance.
- (4) Assign the average gray level of the selected template to the considered pixel (x,y) .

(5) Apply step (1) to (4) to all pixels of the image.

(6) Repeat the process from step (1) to (5) iteratively until the gray level of all pixels in the image do not change.

The smoothing image by edge preserving smoothing is denoted as the Fig. 3. The resulting image indicates clearly that the proposed templates cooperating with the Nagao's templates can be better preserving the thin regions.



(a) Original image

(b) Smoothing image

Fig. 3 Resulting image from edge preserving smoothing process.

SEGMENTATION VIA GRAPH THEORY

Many segmentation algorithms have been researched such as the method of split-and-merge from [4,5]. The split-and-merge algorithm needs the pixel gray value and pixel position for forming homogeneous regions. The process will attempt to group the adjacent pixels together by which their gray levels are not too different. However the shape of segmented regions is depended on the scanning direction. To defeat the mentioned defect, graph theory developed by [6,7,8], will be applied to segment the smoothed image. The procedure of image segmentation based on graph theory can be presented as the following step.

(1) Construct a graph by mapping each pixel of the image onto a vertex of the graph where the vertex weights correspond to pixel intensities. Each vertex links to its neighbor by 4 perpendicular directions as shown in Fig. 4.

(2) Calculate each link weight by the absolute different of gray value from two adjacent pixels in perpendicular direction. This link weight will be used for measuring the similarity of the adjacent vertices.

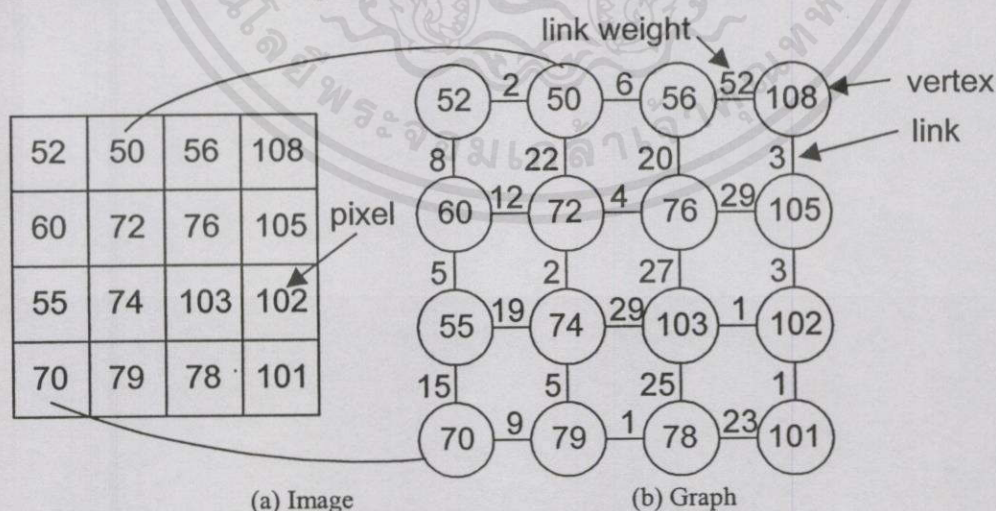


Fig. 4 Mapping an image onto a graph.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น การนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

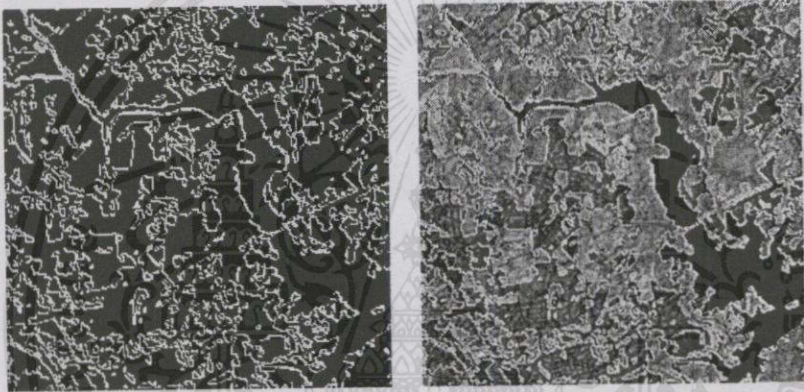
- (3) Remove the links of the graph in succession from the least link weight to the maximum link weight. When a link is removed, the adjacent vertices connected by this link will be merged together. The weight of these vertices will be replaced by their average value. The link weights around these vertices will be updated.
- (4) Cut the last M links of the graph to obtain $M+1$ segmented regions.

IMPLEMENTATION EXAMPLE

By applying the segmentation based on graph theory to the smoothing image of Fig. 3(b), the resulting of segmented image can be illustrated as Fig. 5(a). When the segmented image is superimposed onto the original image of Fig. 3(a), we can obtain the segmented image as presented in Fig. 5(b).

CONCLUSION

A method of segmentation via graph theory on the edge preserving smoothing image has been mentioned. The proposed method consists of two main objectives. The first is noise removal while preserving edge, and the second is segmenting image with an accurate region boundary. The resulting of segmented image will be shown clearly that the thin regions still preserve.



(a) Segmented region (b) Superimposed segmented region onto the original image

Fig. 5 Resulting of segmented image for $M = 999$.

REFERENCE

- [1] M.J. Biggar, O.J. Morris and A.G. Canstantnides. (1988). Segmented-image coding: performance comparison with the discrete cosine transform. IEE Proceeding, vol. 135, Pt.F. No.2, pp. 121-131.
- [2] F.Tomita and S.Tsuji. (1977). Extraction of multiple regions by smoothing in selected neighbourhood. IEEE Trans. System, Man and Cybernetics SMC-7, pp. 107-109.
- [3] M.Nagao and T. Matsuyama. (1979). Edge preserving smoothing. Computer Graphics and Image Processing, vol. 9, pp. 374-407.
- [4] S.L. Horowitz and T. Pavlidis. (1977). Picture segmentation by a directed split-and-merge procedure. Proc. 2nd Int. Joint Conf. on Pattern recognition, Aug. 13-15, pp. 424-433
- [5] F.Cheevasuvit, H. Maitre and D. Vidal-Madjar. (1986). A robust method for picture segmentation based on a split-and-merge procedure. Computer Vision, Graphics and Image processing Processing, vol. 34, pp. 268-281.
- [6] J.B Jun Kruskal. (1956). On the shortest spanning subtree of a graph and the travelling salesman problem. Proc. Am. Math. Soc., vol. 7, pp. 48-50.
- [7] D. Cheriton and R.E. Tarjan. (1967). Finding minimum spanning trees. SIAM J. Comput., vol. 5, pp. 724-742.
- [8] O.J. Morris, M. De J. Lee and A.G. Gustantinides. (1986). Graph theory for image analysis : an approach based on the shortest spanning tree. Proc. IEE., vol. 33, pt. F, no. 2, pp. 146-152.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{{0,0,0,0,0}}//6-2 //18 merror("hnaga iname.img oname.img xsize ysize
{{0,0,0,1,1}, NUMTP<29> LOOP");
{{0,0,1,1,1},
{{0,0,0,1,1}, sprintf(name,"%s",argv[1]);
{{0,0,0,0,0}}, sprintf(oname,"%s",argv[2]);
xs=atol(argv[3]);
{{0,0,0,0,0}}//6-3 //19 ys=atol(argv[4]);
{{0,0,0,0,0}, TP=atoi(argv[5]);
{{0,0,1,0,0}, LP=atoi(argv[6]);
{{0,1,1,1,0},
{{0,1,1,1,0}},
{{0,0,0,0,0}}//6-4 //20 fprintf(stdout,"\ninname=%s",name);
fprintf(stdout,"\noutname=%s",oname);
{{1,1,0,0,0}, fprintf(stdout,"\nxsize=%ld",xs);
{{1,1,1,0,0}, fprintf(stdout,"\nysize=%ld",ys);
{{1,1,0,0,0}, fprintf(stdout,"\nnumber of template=%d",TP);
{{0,0,0,0,0}}, fprintf(stdout,"\nnumber of loop =%d\n",LP);
imgsize=xs*ys;
{{0,0,0,0,0}}//7-1 //21 if((img = (uc*)calloc((size_t)imgsize,sizeof(char))) ==
NULL)
{{0,1,1,1,0}, merror("alloc [uc *img] error");
{{0,1,1,1,0}, if((out = (uc*)calloc((size_t)imgsize,sizeof(char))) ==
{{0,1,1,1,0}, NULL)
{{0,0,0,0,0}}, merror("alloc [uc *out] error");
{{1,1,1,0,0}}//7-2 //22 if((fh = fopen(name,"rb")) == NULL)
{{1,1,1,0,0}, merror("open file error");
{{1,1,1,0,0}, for(y=0;y<ys;y++)
{{0,0,0,0,0}, fread(img+(size_t)(y*xs),sizeof(char),(size_t)xs,fh);
{{0,0,0,0,0}}, fclose(fh);
{{0,0,1,1,1}}//7-3 //23 for(k=0;k<TP;k++)
{{0,0,1,1,1}, tpcount[k]=0;
{{0,0,0,0,0},
{{0,0,0,0,0}}, for(loop=0;loop<LP;loop++)
{{0,0,0,0,0}}, {
{{0,0,0,0,0}}//7-4 //24 for(y=(int)(DimOfTemp/2);y<ys-(int)
{{0,0,0,0,0}, (DimOfTemp/2);y++)
{{0,0,1,1,1}, for(x=(int)(DimOfTemp/2);x<xs-(int)
{{0,0,1,1,1}, (DimOfTemp/2);x++)
{{0,0,1,1,1}}, {
float minvari=9999999.0;
{{0,0,0,0,0}}//7-5 //25 tpnum=0;
{{0,0,0,0,0}, meani=0;
{{1,1,1,0,0}, //*****
{{1,1,1,0,0}, // Calculate mean and variance
{{1,1,1,0,0}}, //*****
{{1,1,1,0,0}}, for(k=0;k<TP;k++)
}; {
int temp,cmask;
void merror(char *txt) sumx=0.0; sumxx=0.0;
{ cmask=0;
printf("\n%s\n",txt); // calculate mean value
exit(1); for(j=0;j<DimOfTemp;j++)
} for(i=0;i<DimOfTemp;i++)
void main(int argc,char *argv[]) {
if(a[k][j][i]==1)
{
int x,y,i,j,k; temp=a[k][j][i]*(img+(y+j-
FILE *fh; (int)(DimOfTemp/2))*size_t)xs+x+i-(int)
float vari,mean; (DimOfTemp/2));
int tpcount[21],tpnum,meani; sumx=sumx+(float)temp;
float sumx,sumxx; cmask=cmask+1;
int loop; }
}
if(argc<7) mean=sumx/(float)cmask;

```

```

// calculate variance value
cmask=0;
for(j=0;j<DimOfTemp;j++)
  for(i=0;i<DimOfTemp;i++)
  {
    int temp;
    if(a[k][j][i]==1)
    {
      temp=(*(img+(y+j-
(int)(DimOfTemp/2))*(size_t)xs+x+i-(int)
(DimOfTemp/2)))-(int)mean;
      sumxx=sumxx+
(temp*temp);
      cmask=cmask+1;
    }
  }
sumx=sumxx/(float)cmask;
vari=sqrt(sumx);
if(vari<minvari)
{
  minvari=vari;
  tpnum=k;
  meani=(int)mean;
  if(meani>255)
    meani=255;
  else if(meani<0) meani=0;
}
tpcount[tpnum]++;
*(out+y*(size_t)xs+x)=meani;
}
for(y=(int)(DimOfTemp/2);y<ys-(int)
(DimOfTemp/2);y++)
  for(x=(int)(DimOfTemp/2);x<xs-(int)
(DimOfTemp/2);x++)
  {
    int temp;
    temp=*(out+y*(size_t)xs+x);
    *(img+y*(size_t)xs+x)=temp;
  }
}

if((fh = fopen(oname,"wb")) == NULL)
  merror("open file error");
for(y=0;y<ys;y++)
  fwrite(out+(size_t)(y*xs),sizeof(char),(size_t)xs,fh);
fclose(fh);
for(k=0;k<TP;k++)
  fprintf(stdout,"tpcount[%d]=%d\n",k,tpcount[k]);

free(img);
free(out);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาวาอากาศตรีศิริวิษ ผสมกุลสสิต เกิดเมื่อวันที่ ๑๐ มีนาคม ๒๕๑๒ ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมต้นและมัธยมปลายจากโรงเรียนเทพศิรินทร์ โรงเรียนเตรียมทหาร รุ่นที่๒๕ ปริญญาตรีจากโรงเรียนนายเรืออากาศ รุ่นที่๑๖ เมื่อ ปี พ.ศ.๒๕๓๖ โรงเรียนนายทหาร ข้าราชการ รุ่นที่๒๕ โรงเรียนนายทหารภาษา รุ่นที่๕ และโรงเรียนนายทหารชั้นผู้บังคับฝูง รุ่นที่๕๖

ปัจจุบัน ทำงานในตำแหน่ง น.ตท.ประจำ มบ.๔ ฝยก.ฝูง.๔๐๒ บน.๔ พล.บ.๓ บยอ. อำเภอดาเกี จังหวัดนครสวรรค์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้