การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย

LOCAL AREA HISTOGRAM EQUALIZATION IN PARTITIONED REGION FOR IMAGE ENHANCEMENT

T040388

เกรียงศักดิ์ จิวัธยากูล
KREANGSAK JIWATTAYAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-238-6

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40388
วัน, เดือน, ปี 14 ก.ย. 2544
.b 11103911
.i.....

สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOCAL AREA HISTOGRAM EQUALIZATION IN PARTITIONED REGION FOR IMAGE ENHANCEMENT

KREANGSAK JIWATTAYAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF
SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2001

ISBN 974-648-238-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย
นักศึกษา	นายเกรียงศักดิ์ จิวัธยากูล
รหัสประจำตัว	37064406
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
พ.ศ.	2544
อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์

บทคัดย่อ

การปรับปรุงภาพ สามารถทำได้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพ อย่างไรก็ตามการปรับปรุงฮีสโตแกรมทั้งภาพ (global histogram modification) เช่น ฮีสโตแกรมอีควอไลส์นั้นยังให้การปรับปรุงความชัดเจนได้ไม่ดีพอสำหรับรายละเอียดบางส่วนในพื้นที่เล็ก ๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดความเข้มอิ่มตัว (intensity saturation) ในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (equi-homogeneous area) ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงขอเสนอวิธีการปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย โดยพื้นที่ย่อยนั้นได้มาจากวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม (split-and-merge) ซึ่งในแต่ละพื้นที่ย่อยนั้นจะได้รับการปรับปรุงความละเอียดพร้อมทั้งยังคงรักษาเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเอาไว้ ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการปรับปรุง แสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาความเข้มอิ่มตัวนี้ได้ และทำให้ความชัดเจนของภาพดีขึ้น วิธีการดังกล่าวเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม จะช่วยให้การจำแนกข้อมูลและการสำรวจทรัพยากรทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Local area histogram equalization in partitioned region for image Enhancement
Student	Mr. Kreangsak Jiwattayakul
Student ID.	37064406
Degree	Master of Science
Programme	Computer Science and Information Technology
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Fusak Cheevasuvit

ABSTRACT

Image enhancement can be easily achieved by modifying the histogram of image. However, the global histogram modification such as histogram equalization cannot produce adequate enhancement in perceptibility of detail in some small area. Since, it will cause an effect of intensity saturation for some equi-homogeneous areas. Therefore, the image enhancement via local area histogram equalization in partitioned region has been proposed. The partitioned regions are obtained by split-and-merge procedure. Each partitioned region will be enhanced and still preserved the homogeneous criterion. The results are shown that the effect of intensity saturation can be solved and the perceptibility can be improved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จ่ากท่านเป็นอย่างมากและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณอาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว และอาจารย์ สักรียา ชิตวงศ์ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ ขอขอบคุณกรรมการควบคุมการสอบทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่า สุดท้ายขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้ จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เกรียงศักดิ์ จิวัธยากูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.2 ขอบเขตการวิจัย 1

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย 2

บทที่ 2 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองมัธยฐาน 3

2.1 การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย 3

2.2 การกรองแบบมัธยฐาน 6

2.2.1 การกรองมัธยฐานแบบ 1 มิติ 7

2.2.2 การกรองมัธยฐานแบบ 2 มิติ 9

2.3 การกรองมัธยฐาน 3 ระดับ 10

2.3.1 การกรองระดับที่ 1 13

2.3.2 การกรองระดับที่ 2 13

2.3.3 การกรองระดับที่ 3 14

2.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง 15

2.5 สรุป 16

บทที่ 3 การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ 17

3.1 ฮีสโตแกรมของภาพ 17

3.2 การปรับเทาฮีสโตแกรม 20

3.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 สรุป 25

บทที่ 4 การแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม 26

4.1 หลักการ 26

4.1.1 การแบ่งแยก 26

4.1.2 การรวบรวม 27

4.1.3 การแบ่งแยกและรวบรวม 28

4.1.4 สูตรพื้นฐานการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน 30

4.1.5 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการทำเซ็กเมนเตชั่น 31

4.1.6 ทิศทางในการตรวจสอบ 33

4.1.6.1 ค่าในการ Slide 33

4.1.6.2 ทิศทางการ Slide ของกลุ่มภาพ 34

4.2 ขั้นตอนการแบ่งแยกเป็นพื้นที่ย่อย ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม 36

4.2.1 กำหนดค่า Threshold 36

4.2.2 กำหนดค่าเริ่มต้นในกับ Array ที่ระดับ Lo (Middle Level) 36

4.2.3 รวบรวมพื้นที่โดยกระบวนการรวบรวม (Merge) 37

4.2.4 การแบ่งแยกพื้นที่โดยกระบวนการแบ่งแยก (Split) 38

4.2.5 การ Grouping 39

4.2.6 กำหนด Label ให้พื้นที่ 40

4.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง 41

4.4 สรุป 43

บทที่ 5 การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ 44

5.1 หลักการ 44

5.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพสีจากการใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง 45

5.3.1 ภาพถ่ายดาวเทียม 45

5.3.2 ภาพสีเทา (gray scale) ใด ๆ 47

5.3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมผสมสี 3 แบนด์ 49

5.3.4 ภาพถ่ายทางการแพทย์ 52

5.3.5 ภาพสีที่ได้จากการแสกน 52

5.4 สรุป 54

บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 55

เอกสารอ้างอิง 57

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 58

ประวัติผู้เขียน 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ลักษณะการกระจายของค่าระดับสีเทาของภาพที่มีจำนวนระดับสีเทา 8 ระดับ..... 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เทมเพลต $W(i,j)$ ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย 4

2.2 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนเป็นจุดขาว 5

2.3 ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย ด้วยเทมเพลตในรูปที่ 2.1(ก) 6

2.4 ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย โดยใช้เทมเพลตรวมกับขีดเริ่มเปลี่ยน และกำหนดให้ ε = 30 6

2.5 ผลที่เกิดกับขอบจากการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองแบบมัธยฐาน และด้วยค่าเฉลี่ย เมื่อขนาดเทมเพลต M =3 8

2.6 รูปแบบของเทมเพลตที่ใช้ในการกรองมัธยฐาน 9

2.7 ภาพผลลัพธ์จากการประยุกต์การกรองแบบมัธยฐานให้กับภาพในรูปที่ 2.2 เมื่อใช้เทมเพลตจัตุรัสของรูป 2.6 ขนาด 3X3 10

2.8 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวตั้ง 11

2.9 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวนอน 11

2.10 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวทะแยงซ้าย 12

2.11 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวทะแยงขวา 12

2.12 การกรองระดับที่ 2 ของเทมเพลตแนวตั้งและแนวนอน 13

2.13 การกรองระดับที่ 2 ของเทมเพลตแนวทะแยงซ้ายขวา 14

2.14 การกรองระดับที่ 3 14

2.15 ภาพผลลัพธ์จากการกรองมัธยฐาน 3 ระดับเมื่อใช้เทมเพลตขนาดเท่ากับ 5 15

2.16 ภาพผลลัพธ์จากการกรองมัธยฐานปกติเมื่อใช้เทมเพลตสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 X 5 16

3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมกับฮีสโตแกรมที่สอดคล้องคล้อง 18

3.2 ฟังก์ชั่นความหนาแน่นความน่าจะเป็นและความน่าจะเป็นรวบรวมที่สอดคล้อง 18

3.3 ภาพที่มีลักษณะมืด เมื่อข้อมูลของระดับสีเทาของจุดภาพส่วนใหญ่ ปรากฏอยู่ทางด้านระดับความสว่างค่าต่ำ ๆ 19

3.4 ภาพที่มีลักษณะสว่าง เมื่อข้อมูลของระดับสีเทาของจุดภาพส่วนใหญ่ ปรากฏอยู่ทางด้านระดับความสว่างค่าสูงๆ 20

3.5 ภาพที่ดี เมื่อจุดภาพมีค่าระดับความสว่างเกือบทุกระดับ 20

3.6 การปรับเท่าฮีสโตแกรมของตารางที่ 3.1 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.7 การปรับเท่าฮีสโตแกรมภาพ 25

4.1 ภาพแสดงตัวอย่างการแบ่งแยก กับการรวบรวม 27

4.2 ภาพแสดงตัวอย่างการแบ่งแยกและรวบรวม 29

4.3 แสดงข้อมูลภาพในลักษณะของ QPT 32

4.4 ภาพแสดงข้อมูลภาพในระดับ LEAF โหนดซึ่งเป็นระดับต่ำสุดของ TREE 32

4.5 แสดงการ SLIDE กลุ่มภาพที่จะทำการตรวจสอบโดย SLIDE ที่ละ 2 33

4.6 แสดงการ SLIDE กลุ่มภาพที่จะทำการตรวจสอบโดย SLIDE ที่ละ 1 34

4.7 แสดงการ SLIDE จากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา 35

4.8 แสดงการ SLIDE จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง 35

4.9 ภาพแสดงค่าที่กำหนดในแต่ละ BLOCK 36

4.10 ภาพแสดงการกำหนด ARRAY และค่าใน ARRAY
ที่ระดับ LO = 2 ของข้อมูลภาพขนาด 64 จุดภาพ 37

4.11 ภาพแสดงการปรับเปลี่ยนค่าใน BLOCK เมื่อ BLOCK ย่อยถูกรวม 38

4.12 ภาพแสดงการปรับเปลี่ยนค่าใน BLOCK เมื่อ BLOCK ถูกแบ่งแยก 38

4.13 แสดงระดับที่ทำการรวบรวมและการแบ่งแยก โดย QPT 39

4.14 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์หลังจากการทำกระบวนการแบ่งแยก 39

4.15 แสดงตัวอย่างการ GROUPING 40

4.16 แสดงตัวอย่าง LOOK UP TABLE (LUT) 40

4.17 แสดงตัวอย่างการกำหนด LABEL 41

4.18 ภาพต้นแบบ 42

4.19 ภาพแสดงขอบเขตของการแบ่งพื้นที่ย่อย โดยกำหนดค่าเทร็สโฮลด์ = 30
และ MIDDLE LEVEL = 5 42

4.20 ภาพแสดงขอบเขตพื้นที่ย่อยในภาพต้นแบบ 43

5.1 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบ 46

5.2 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ 46

5.3 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม 47

5.4 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่
ด้วยค่าTHRESHOLD = 60 และ MIDDLE LEVEL = 6 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.5 ภาพต้นแบบ 48
5.6 ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ 48
5.7 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและรวบรวม 48
5.8 ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ 48
5.9 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 4 49
5.10 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 5 50
5.11 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 6 50
5.12 ภาพผลลัพธ์การให้สีกับภาพ TM ทั้ง 3 แบนด์ ที่ผ่านการทำฮีสโตแกรม อีควอไลส์ทั้งภาพ 51
5.13 ภาพผลลัพธ์การให้สีกับภาพ TM ทั้ง 3 แบนด์ ที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ 51
5.14 แสดงภาพถ่ายทางการแพทย์ทั้ง 2 แบนด์ 52
5.20 แสดงภาพการผสมสี 3 แบนด์ของภาพถ่ายทางการแพทย์ 53
5.21 แสดงภาพการผสมสีทั้ง 3 ของภาพที่ได้จากการแสกน 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การปรับปรุงภาพ [1] เป็นกรรมวิธีในการทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ในภาพให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งกรรมวิธีนี้สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพ การเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพจะทำให้ค่าความแตกต่างของความเข้ม (contrast) ของภาพเปลี่ยนไป จนกระทั่งได้ภาพที่ได้รับการปรับปรุง มีงานวิจัยมากมายที่ทำการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมโดยตรง (direct histogram specification) และฮีสโตแกรมอีควอไลส์ (histogram equalization) [2,3] สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการฮีสโตแกรมอีควอไลส์ โดยเหตุผลที่ว่าฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของความหนาแน่นในภาพต้นแบบนั้นจะถูกแปลง (transform) ไปเป็นฟังก์ชั่นที่มีความหนาแน่นโดยสม่ำเสมอ ซึ่งจำนวนจุดภาพในแต่ละความเข้มจะมีจำนวนเกือบเท่ากัน และมีการกระจายอยู่ภายในย่านที่กำหนด แต่กระนั้นในการปรับปรุงฮีสโตแกรมทั้งภาพจะเป็นเหตุให้เกิดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นความชัดเจนของรายละเอียดในพื้นที่เล็ก ๆ จะเสียไป ทำให้การแปลความหมายและการจำแนกข้อมูลภาพขาดความถูกต้อง

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงภาพด้วยวิธี "การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย" โดยแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อย (Segmentation) โดยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม (split-and-merge) [4,5] และนำแต่ละพื้นที่ย่อยที่ยังคงได้รับการรักษาเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเอาไว้ มาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ในพื้นที่ย่อย ๆ เหล่านั้น ซึ่งจะทำให้แก้ปัญหาที่เกิดจากความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันจากการปรับปรุงฮีสโตแกรมทั้งภาพได้ และทำให้ความชัดเจนในรายละเอียดของภาพดีขึ้น วิธีการดังกล่าวเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม จะช่วยให้การจำแนกข้อมูลและการสำรวจทรัพยากรทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้น

1.2 ขอบเขตการวิจัย

ในส่วนของการวิจัยได้เสนอเทคนิคการปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย เพื่อที่จะสามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพให้มีคุณภาพดี เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลความหมายภาพและการจำแนกข้อมูลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายละเอียดของการวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะแบ่งเป็น 6 บท โดยที่แต่ละบทมีหัวข้อและเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำ

บทที่ 2 จะกล่าวถึงการกำจัดสัญญาณรบกวน แบบตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับ [6] ซึ่งสามารถกำจัดลักษณะผิดปกติที่ปะปนอยู่ในข้อมูลภาพได้ และยังรักษาความเป็นขอบของวัตถุในภาพไว้ได้อีกด้วย

บทที่ 3 จะกล่าวถึงการปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ ซึ่งจะทำให้ได้ภาพที่ชัดเจนขึ้น โดยอาศัยการรวบรวมความน่าจะเป็นของระดับสีเทาเดิม เทียบเคียงเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ ทำการกระจายของช่วงระดับสีเทาใหม่ เพื่อให้จำนวนจุดภาพในแต่ละระดับเกือบเท่ากัน

บทที่ 4 กล่าวถึงการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม เพื่อนำภาพมาทำการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย โดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งจะทำให้ได้ขอบเขตของพื้นที่ย่อย ๆ ในภาพ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลอื่นต่อไป

บทที่ 5 กล่าวถึงการปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย ซึ่งอาศัยการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม เพื่อนำพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่มาทำการปรับปรุงโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

บทที่ 6 เป็นบทสรุปของผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่ใช้งานการวิจัย
   - 1.1 การประมวลผลภาพข้อมูล
   - 1.2 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัธยฐาน
   - 1.3 การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์
   - 1.4 การแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม
2. พัฒนาโปรแกรม
   - 2.1 พัฒนาโปรแกรมกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัธยฐาน และตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับ
   - 2.2 พัฒนาโปรแกรมปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ
   - 2.3 พัฒนาโปรแกรมแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม
   - 2.4 พัฒนาโปรแกรมปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองมัธยฐาน
(Noise Removing by Median Filter)

เนื่องจากภาพที่จัดเก็บมาได้อาจจะเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) ปะปนเข้ามาซ้อนทับบนความสว่างหรือค่าระดับสีเทาของจุดภาพ ซึ่งสัญญาณรบกวนดังกล่าวบางครั้งเกิดจากตัวจัดเก็บข้อมูลภาพ หรือเกิดขึ้นในระหว่างการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบการสื่อสาร ถ้านำภาพนั้นมาประมวลผลโดยมิได้กำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลผิดพลาดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิทยานิพนธ์นี้มีขั้นตอนการแบ่งแยกพื้นที่ย่อย (Segmentation) ซึ่งใช้ค่าความแตกต่างของจุดภาพในกลุ่มมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ว่ากลุ่มภาพนั้นควรจะรวม (Merge) เป็นพื้นที่เดียวกัน หรือถูกแยก(Split) เป็นคนละพื้นที่ ดังนั้นถ้าภาพมีสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามา อาจทำให้พื้นที่ที่ควรจะรวมเป็นพื้นที่เดียวกัน กลับถูกแบ่งแยกออกไป ก่อให้เกิดพื้นที่เล็กพื้นที่น้อยในภาพหลังการแยกส่วน อันจะก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการตัดสินใจการแบ่งแยกพื้นที่ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 4 ต่อไป

การกำจัดสัญญาณรบกวนนั้น ปกติมักใช้การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย เป็นการนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงของจุดภาพที่ต้องการประมวลผลมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อจะนำไปแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น แต่เทคนิคนี้มีข้อเสียคือ ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยจะทำให้ขอบภาพเสียความคมชัดไป การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองมัธยฐาน (Median Filter) เป็นวิธีการหนึ่งที่อาศัยการแทนค่าด้วยค่ามัธยฐาน ซึ่งมีข้อดีในการรักษาขอบต่าง ๆ ของภาพไว้ได้ เมื่อเทียบกับการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถรักษารูปทรงเรขาคณิตของภาพไว้ได้ ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเทคนิคการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับ (3 Levels Median Filter)[6] มาใช้ในการกำจัดสัญญาณรวบกวน ซึ่งสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดี และยังรักษาขอบภาพไว้ได้ อีกทั้งยังรักษารูปทรงเรขาคณิตในภาพไว้ได้อีกด้วย

2.1 การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย

การกำจัดสัญญาณรบกวนจากการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยนี้ จะเป็นการนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงของจุดภาพที่ต้องการประมวลผลมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อจะนำไปแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น จากการนำค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงมาใช้ในการปรับเรียบให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ บางครั้งอาจจะเรียกขบวนการนี้ว่า การเฉลี่ยค่าในละแวกข้างเคียง (Neighborhood averaging) จำนวนจุดภาพในละแวกข้างเคียงที่ใช้โดยมากมักจะเป็น เทมเพลตจัตุรัสขนาด 3x3 จุดภาพ หรือ 5x5 จุดภาพ ปกติแล้วนิยมใช้เทมเพลตขนาด 3x3 จุดภาพ เพื่อลดเวลาในการคำนวณ การปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยจะเป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ ซึ่งจะเป็นการเลื่อนเทมเพลตไปทีละจุดภาพจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง เพื่อคำนวณค่าระดับสีเทาใหม่ของจุดภาพตำแหน่งเดิม ในการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยนี้จะนำเทมเพลตที่ใช้ไปทาบบนภาพอินพุตหรือภาพต้นแบบ ซึ่งจุดกึ่งกลางของเทมเพลตจะถูกวางลงบนจุดภาพที่สนใจที่จะถูกทำการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทา สมการที่ใช้สำหรับเทมเพลตขนาด 3x3 จุดภาพคือ

$$S(x,y)=\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}W(i,j)I(x+2-i,y+2-j) \qquad (2.1)$$

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

ลักษณะเทมเพลตที่ใช้อาจจะแบ่งเป็นสองลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยในรูปที่ 2.1 (ก) เป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ให้ความสำคัญของจุดภาพข้างเคียงเท่ากันหมดทุกจุด ส่วนเทมเพลตในรูปที่ 2.1(ข) จะเป็นการให้ความสำคัญของจุดภาพที่อยู่ใกล้กับจุดกึ่งกลางมีความสำคัญสูงกว่าจุดภาพที่อยู่ห่างไกลออกไป สำหรับเลข 9 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลตรูปที่ 2.1(ก) และเลข 16 ที่เป็นตัวหารในเทมเพลตรูปที่ 2.1(ข) จะเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อรักษาคุณสมบัติเอกพันธ์ (Homogeneity) ของพื้นที่ในภาพ กล่าวคือถ้าจุดภาพที่ต้องการทำการประมวลผลมีค่าระดับสีเทาเท่ากับค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆในละแวกข้างเคียง การประมวลผลจะต้องไม่ไปปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพที่ลนใจนั้น

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

(ก) ความสำคัญเท่าเทียมกัน

$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{2}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{2}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$

(ข) ความสำคัญขึ้นอยู่กับระยะห่าง

รูปที่ 2.1 เทมเพลต $W(i,j)$ ที่ใช้ในการปรับเรียบภาพด้วยค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

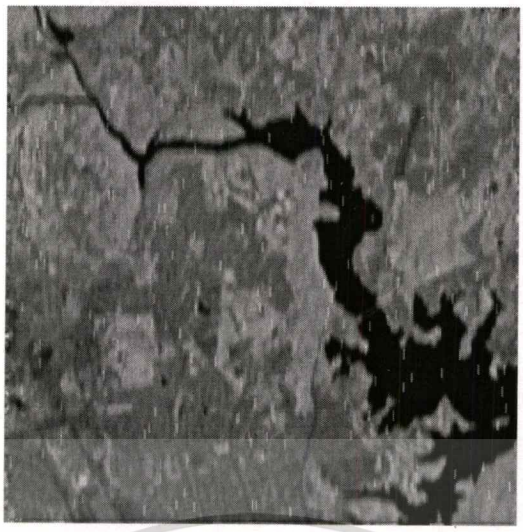
ภาพตัวอย่างในรูปที่ 2.2 เป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนสีขาวปรากฏอยู่ หลังการใช้เทมเพลตรูปที่ 2.1 (ก) ในการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ยจะให้ผลดังรูปที่ 2.3 ซึ่งพบว่าสัญญาณรบกวนสีขาวจะถูกกำจัดหายไป แต่ขณะเดียวกันขอบต่าง ๆ ในภาพจะถูกทำลายไปด้วยขอบต่างๆ เหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่มีความถี่สูง ในการป้องกันหรือลดการสูญเสียรายละเอียดที่ความถี่สูงนั้นสามารถทำได้ โดยการประยุกต์ใช้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) กับสมการที่ (2.1) กล่าวคือ

$$N(x,y)=\begin{cases} S(x,y) & ;\left|I(x,y)-S(x,y)\right|>\varepsilon \\ I(x,y) & ;\ \textbf{อื่นๆ} \end{cases} \qquad (2.2)$$

ขบวนการของสมการที่ (2.2) นี้จะแทนค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพผลลัพธ์ $N(x,y)$ ด้วยค่า $S(x,y)$ ถ้าหากค่าระดับสีเทาภาพเดิม $I(x,y)$ กับค่าระดับสีเทาจากการปรับค่าด้วยการเฉลี่ย $S(x,y)$ นั้นให้ผลต่างสัมบูรณ์มากกว่าค่า Threshold (ε) แต่ถ้าผลต่างไม่มากกว่าจะแทนค่าด้วยค่าระดับสีเทาของภาพเดิมคือ $I(x,y)$ จากการใช้สมการที่ (2.2) กับภาพในรูปที่ 2.2 จะได้ภาพผลลัพธ์ในรูปที่ 2.4 ซึ่งพบว่าความคมชัดในภาพที่ได้จะดีกว่าภาพผลลัพธ์ในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.2 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนเป็นจุดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย ด้วยเทมเพลตในรูปที่ 2.1(ก)

รูปที่ 2.4 ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย โดยใช้เทมเพลตรวมกับค่าขีดเริ่มเปลี่ยน โดยให้ $\varepsilon = 30$

2.2 การกรองแบบมัธยฐาน

การกรองแบบมัธยฐานนี้เป็นเทคนิคในการปรับภาพให้เรียบแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน วิธีการกรองแบบมัธยฐานจะอาศัยเทมเพลตที่กำหนดไว้ไปครอบบนจุดภาพ จากนั้นก็นำเอาค่าระดับสีเทาของแต่ละจุดภาพในพื้นที่ที่ถูกครอบด้วยเทมเพลตมาจัดเรียงค่าจากค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุด ทำการเลือกค่ามัธยฐานหรือค่ากลางของกลุ่มค่าระดับสีเทาดังกล่าว เพื่อนำมาแทนลงบนตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่กึ่งกลางของ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทมเพลตที่ครอบอยู่ จากการเลื่อนเทมเพลตไปตลอดทั้งภาพก็จะได้ภาพผลลัพธ์ใหม่ที่เกิดจากการปรับภาพให้เรียบด้วยการกรองแบบมัธยฐาน

2.2.1 **การกรองมัธยฐานแบบ 1 มิติ** (One-Dimensional Median Filter)

ถ้าหากว่าสัญญาณอินพุตคือ $x_{i-p},...,x_i,...,x_{i+p}$ เมื่อ $m = 2p + 1$ ซึ่งเป็นขนาดของเทมเพลตที่มักจะกำหนดให้เป็นเลขจำนวนคี่ ในการหาค่ามัธยฐาน y_i จากกลุ่มข้อมูลอินพุต เขียนเป็น สมการ ได้เป็น

$$y_i = \mathbf{Median}\left(x_{i-p},....,x_i,...,x_{i+p}\right) \qquad ;i \in Z \qquad (2.3)$$

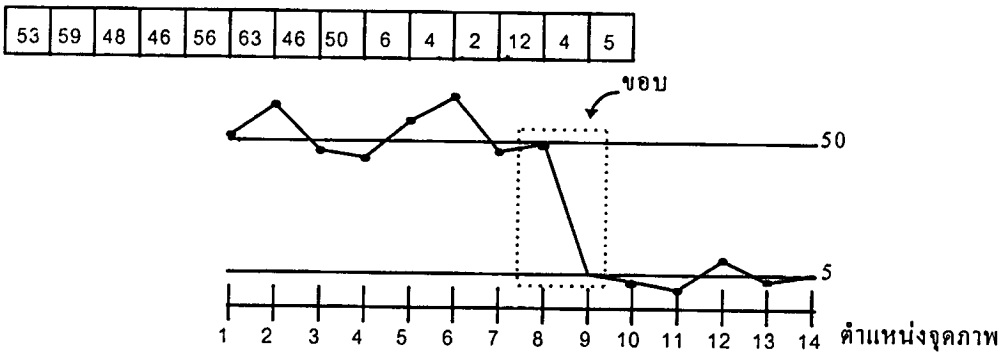
เมื่อ Z เป็นเซ็ท(Set) ของข้อมูล

ในขณะที่การกำจัดสัญญาณรบกวนจากการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย ของกลุ่มข้อมูลดังกล่าวเขียนเป็นสมการเปรียบเทียบได้ดังนี้

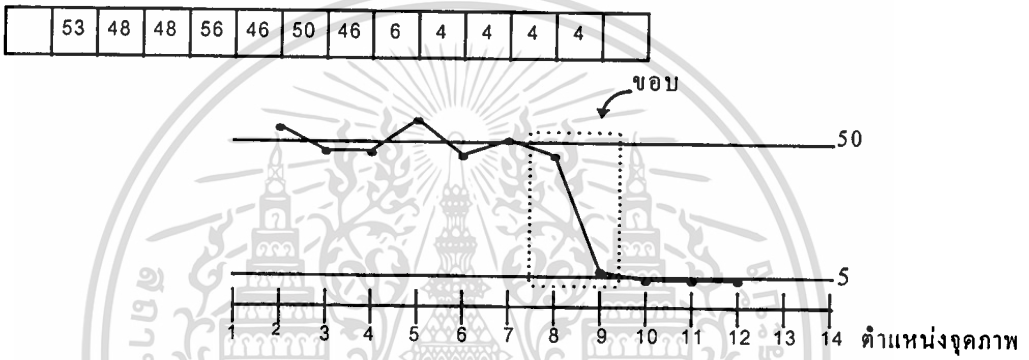
$$y_i = \frac{\left(x_{i-p} + \ldots + x_i + \ldots + x_{i+p}\right)}{m} ;i \in Z \qquad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.3) จะเห็นได้ชัดว่าการปรับภาพเรียบด้วยการกรองแบบมัธยฐานจะสามารถรักษาขอบ(Edge) ต่างๆ ในภาพให้คงอยู่ต่อไป ในขณะที่สมการที่ (2.4) เป็นการปรับภาพเรียบด้วยค่าเฉลี่ยซึ่งจะทำลายขอบต่าง ๆ ในภาพ จะเห็นได้ชัดจากตัวอย่างในรูปที่ 2.5 โดยกำหนดให้ขนาดของเทมเพลตทางแนวนอน $m = 3$ การประมวลผลครั้งนี้ข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จะตัดข้อมูลปลายสุดทั้งสองด้าน ที่เป็นเช่นนี้เพราะต้องการให้เทมเพลตสามารถครอบได้สมบูรณ์ทุกจุดที่ใช้ในการคำนวณนั้นเอง ถ้าหากไม่ตัดข้อมูลปลายทั้งสองก็ทำได้โดยยังคงใช้ค่าเดิมแทนลงไปในตำแหน่งปลายทั้งสอง

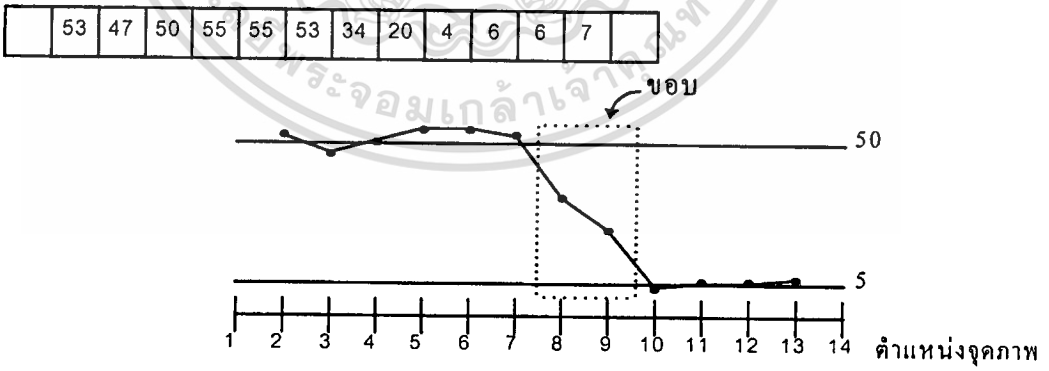
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ข้อมูลที่ต้องการปรับเรียบ



(ข) ข้อมูลหลังการปรับเรียบด้วยการกรองแบบมัธยฐาน



(ค) ข้อมูลหลังการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย

รูปที่ 2.5 ผลที่เกิดกับขอบจากการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองแบบมัธยฐาน และด้วยค่าเฉลี่ย เมื่อขนาดเทมเพลต m =3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 พบว่าการกรองแบบมัธยฐานยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่การปรับเรียบจะไปทำลายขอบดังกล่าว ข้อดีที่สำคัญของการกรองแบบมัธยฐานพอสรุปได้เป็นสองประการคือ ประการแรกการกรองแบบมัธยฐานจะยังคงรักษาขอบต่าง ๆ ในภาพผลลัพธ์เอาไว้ได้เป็นอย่างดี ส่วนอีกประการคือ การกรองแบบมัธยฐานจะให้ประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ (Impulse noise) หรือสัญญาณรบกวนขาวดำ (Salt and pepper noise)

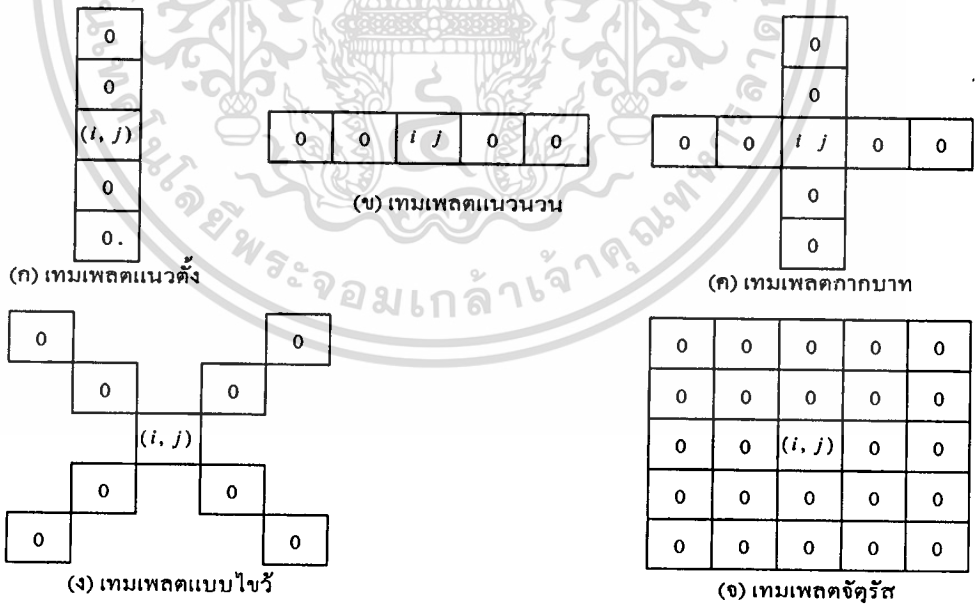
2.2.2 การกรองมัธยฐานแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Median Filters)

สำหรับข้อมูลภาพเชิงตัวเลขมีลักษณะเป็นข้อมูลสองมิติ(Two-dimensional) เซ็ทของข้อมูล $\{x(i,j)\}$ มักจะอยู่ในพื้นที่สองมิติ Z^2 ตามที่เทมเพลตกำหนดไว้

ในการกรองมัธยฐานสองมิติที่มีเทมเพลตพื้นที่ A ที่จะนำไปครอบบนภาพดิจิตอลข้อมูล ผลลัพธ์จากการจัดเรียงใหม่เพื่อให้ได้ค่ามัธยฐานที่จะแทนกลับลงไปในตำแหน่ง (i,j) ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของเทมเพลต สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$y(i,j) = Median\left[x(i+r, j+s) : (r,s) \in A\right] \quad ,(i,j) \in Z^2 \tag{2.5}$$

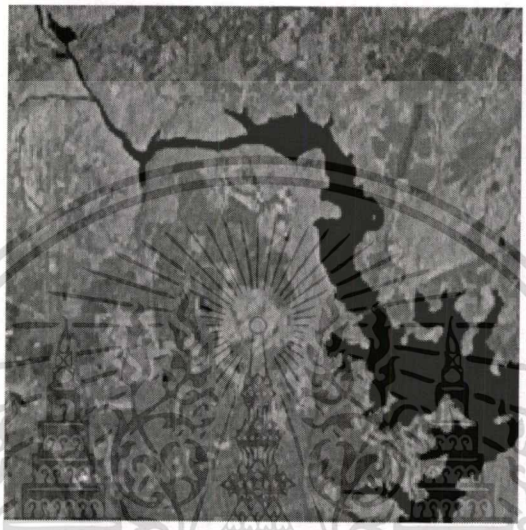
ลักษณะของเทมเพลตสองมิติที่นำมาใช้ในการกรองมัธยฐาน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพดิจิตอลดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.6 รูปแบบของเทมเพลตที่ใช้ในการกรองมัธยฐาน โดย $i\ j$ หมายถึงตำแหน่งกึ่งกลางของเทมเพลตที่จะมีการแทนด้วยค่ามัธยฐานของกลุ่มข้อมูล เมื่อ 0 หมายถึงค่าระดับสีเทาอะไรก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกรองมัธยฐานเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพของรูปที่ 2.2 จะได้ภาพผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.7 ถ้าหากเทียบกับรูปที่ 2.3 แล้ว จะพบว่าขอบที่ได้ในรูปที่ 2.7 จะมีความคมชัดกว่า ซึ่งเป็นการยืนยันได้อย่างดีว่าการกรองแบบมัธยฐานจะยังคงรักษาขอบต่าง ๆ ภายในภาพได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.7 ภาพผลลัพธ์จากการประยุกต์การกรองแบบมัธยฐานให้กับภาพในรูปที่ 2.2 เมื่อใช้เทมเพลตจัตุรัสของรูป 2.6 ขนาด 3x3

2.3 การกรองมัธยฐาน 3 ระดับ (3 Levels Median Filter)

เป็นการกรองมัธยฐานที่คำนึงถึงการรักษาความเป็นเส้นขอบของภาพไว้ โดยพิจารณาถึงลักษณะต่าง ๆ ของรูปเส้นตรงและนำมากรองมัธยฐานเป็นระดับชั้น เพื่อการกำจัดสัญญาณรบกวนและให้คงรูปเส้นขอบของภาพไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ

2.3.1 การกรองระดับที่ 1

เป็นการหาค่ามัธยฐานของแต่ละแนวเทมเพลต ซึ่งมี 4 แนวด้วยกันดังหัวข้อย่อยต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 **หาค่ามัธยฐานแนวตั้ง** แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง

0	0	x	0	0
0	0	x	0	0
0	0	x	0	0
0	0	x	0	0
0	0	x	0	0

รูปที่ 2.8 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวตั้ง จะให้สัญญลักษณ์แทนด้วย Z_1

โดยสมการที่ใช้หาค่ามัธยฐานของกลุ่มข้อมูล ที่อยู่ภายในเทมเพลตแนวตั้ง เขียนได้ดังสมการที่ 2.6

$$Z = Median\ x\,i\ j-p\ \ x\,i\ j-p+\ \ x\,i\ j-\ \ x\,i\ j\ \ x\,i\ j+\ \ x\,i\ j+p-\ \ x\,i\ j+p \tag{2.6}$$

2.3.1.2 **หาค่ามัธยฐานแนวนอน** แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
x	x	x	x	x
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

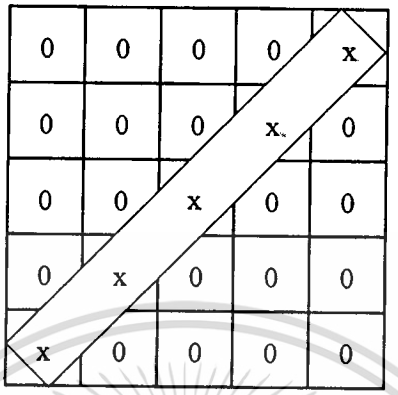
รูปที่ 2.9 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวนอน จะให้สัญญลักษณ์แทนด้วย Z_2

โดยสมการที่ใช้หาค่ามัธยฐานของกลุ่มข้อมูล ที่อยู่ภายในเทมเพลตแนวนอน เขียนได้ดังสมการที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z = Median\ x\,i-p\ j\ \ x\,i-p+\ \ j\ \ \ x\,i-\ \ j$$
$$x\,i\ j\ \ x\,i+\ \ j\ \ \ x\,i+p-\ \ j\ \ x\,i+p\ j \qquad (2.7)$$

2.3.1.3 **หาค่ามัธยฐานแนวทะแยงซ้าย** แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง

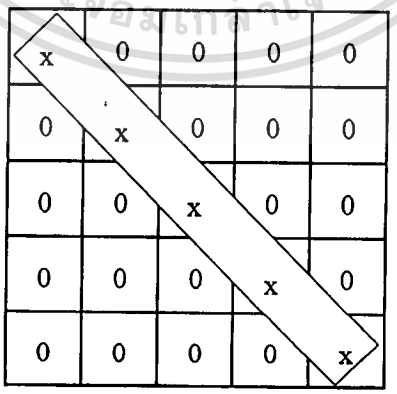


รูปที่ 2.10 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวทะแยงซ้าย จะให้สัญญลักษณ์แทนด้วย Z_3

โดยสมการที่ใช้หาค่ามัธยฐานของกลุ่มข้อมูล ที่อยู่ภายในเทมเพลตแนวทะแยงซ้าย เขียนได้ดังสมการที่ 2.8

$$Z = Median\ x\,i+p\ j-p\ \ x\,i+p-\ \ j-p+\ \ \ x\,i+\ \ j-$$
$$x\,i\ j\ \ x\,i-\ \ j+\ \ \ x\,i-p+\ \ j+p-\ \ x\,i-p\ j+p \qquad (2.8)$$

2.3.1.4 **หาค่ามัธยฐานแนวทะแยงขวา** แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.11 การกรองระดับที่ 1 ของเทมเพลตแนวทะแยงขวา จะให้สัญญลักษณ์แทนด้วย Z_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสมการที่ใช้หาค่ามัธยฐานของกลุ่มข้อมูล ที่อยู่ภายในแนวเพลตแนวทะแยงขวา เขียนได้ดังสมการที่ 2.9

$$Z = Median\ x\,i-p\ j-p\ \ x\,i-p+\ \ j-p+\ \ \ x\,i-\ \ j-$$
$$x\,i\ j\ \ x\,i+\ \ j+\ \ \ x\,i+p-\ \ j+p-\ \ x\,i+p\ j+p \qquad (2.9)$$

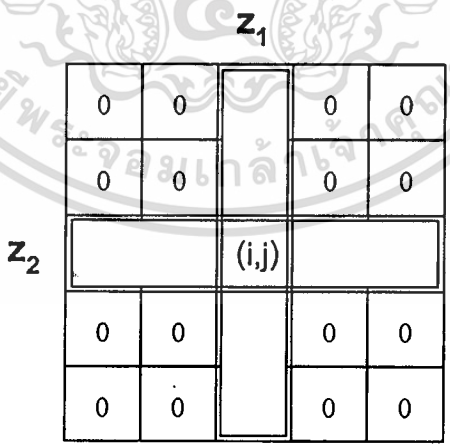
จากการใช้แนวเทมเพลตใดแนวหนึ่ง จากรูปที่ 2.8 ถึง รูปที่ 2.11 จะเรียกว่าการกรองระดับที่ 1 ค่ามัธยฐานที่ได้จะถูกนำมาแทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i,j)

2.3.2 **การกรองระดับที่ 2**

เป็นการกรองมัธยฐาน โดยเอาค่ามัธยฐานที่ได้จาก 2 เทมเพลต คือเทมเพลตแนวตั้งและแนวนอน กับข้อมูลจุดกึ่งกลางของเทมเพลตมาพิจารณา ดังรูป 2.12 (เทมเพลตกากบาท) ซึ่งจะทำให้สามารถรักษาความเป็นเส้นตรงในแนวตั้ง และแนวนอนไว้ได้ เขียนได้ดังสมการที่ 2.10 ทั้งยังรักษาความเป็นเส้นตรงในแนวทะแยงทั้งสองได้ โดยเอาค่ามัธยฐานที่ได้จากเทมเพลตแนวทะแยงซ้ายและขวากับข้อมูลจุดกึ่งกลางของเทมเพลตมาพิจารณาดังรูปที่ 2.13 (เทมเพลตไขว้) เขียนได้ดังสมาการที่ 2.11

2.3.2.1 **มัธยฐานของเทมเพลตแนวตั้งและแนวนอน**

แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง และเขียนได้ดังสมการที่ 2.10



รูปที่ 2.12 การกรองระดับที่ 2 ของเทมเพลตแนวตั้งและแนวนอน จะใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย W_{m^+}

$$W_{m^+}\ i\ j = Median\ Z\ \ Z\ \ x\ i\ j \qquad 2.10$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์
(Image Enhancement using Histogram Equalization)

การปรับปรุงคุณภาพของภาพ เป็นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกว่าภาพเดิม เพื่อให้มนุษย์หรือเครื่องจักรกลสามารถวิเคราะห์ภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นในกรณีของภาพถ่ายดาวเทียมที่ให้ภาพข้อมูลดิบมีความคมชัดต่ำ ทั้งนี้อาจเกิดจากปัญหาของการแตกกระจายของคลื่นแสง (Light Scattering) ที่จะไปเพิ่มความสว่างในภาพทำให้คอนแทรสต์ (Contrast) ของภาพที่ได้รับต่ำลง การปรับปรุงคุณภาพของภาพจะช่วยทำให้ผู้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถทำการแปลความหมาย (Interpret) ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ [2,3] ซึ่งเป็นการปรับปรุงภาพโดยอาศัยวิธีการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น กล่าวคือเป็นการกระจายข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ โดยจะทำการกระจายฮีสโตแกรมเดิมของภาพเสียใหม่ ให้มีความหนาแน่นของข้อมูลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วง โดยการรวบรวมค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาในภาพเดิม เทียบเคียงเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ ด้วยฟังก์ชั่นในการแปลง ซึ่งภาพผลลัพธ์หลังการแปลงจะให้ความชัดเจนเพิ่มสูงขึ้น

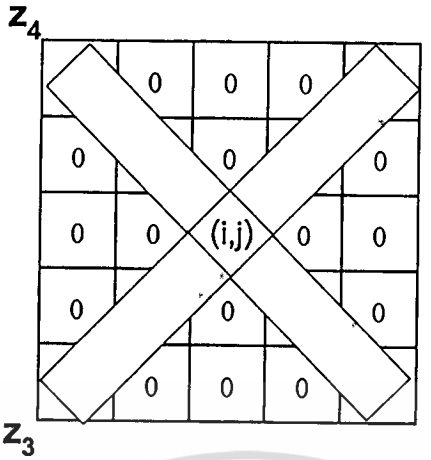
3.1 ฮีสโตแกรมของภาพ (Image histogram)

ภาพแอนะลอกหลังการชักตัวอย่างให้เป็นภาพดิจิตอล แต่ละจุดภาพจะถูกเข้ารหัสตามค่าความสว่างของจุดภาพ โดยปกติแล้วแต่ละจุดภาพจะถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิต ทำให้มีระดับความสว่างจากดำไปขาวจำนวน 256 ระดับ ความสว่างของจุดภาพค่าต่างๆ จะกระจายไปทั่วภาพดิจิตอล ในการตรวจนับจำนวนจุดภาพที่มีระดับความสว่างเท่ากันว่ามีกี่จุดภาพในแต่ละภาพ จะเป็นความถี่(Frequency) ของระดับความสว่างนั้น ความถี่ของระดับความสว่างทั้ง 256 ระดับ จะถูกนำมาเขียนเป็นกราฟแท่งซึ่งเรียกกันว่า ฮีสโตแกรม(Histogram) ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมรูปที่ 3.1(ก) จะให้ฮีสโตแกรมที่สอดคล้องดังแสดงในรูปที่ 3.1(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 **มัธยฐานของเทมเพลตแนวทะแยงทั้งสอง**

แทนค่าได้ดังรูปข้างล่าง และเขียนได้ดังสมการที่ 2.11

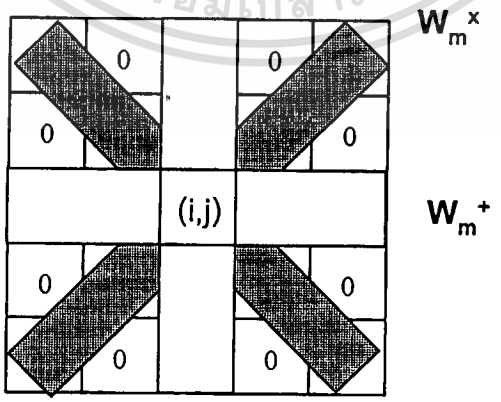


รูปที่ 2.13 การกรองระดับที่ 2 ของเทมเพลตแนวทะแยงซ้ายขวา จะใช้สัญญลักษณ์แทนด้วย W_{m^x}

$$W_{m^x}\ i\ j\ = Median\ Z\quad Z\quad x\ i\ j \qquad 2.11$$

2.3.3 **การกรองระดับที่ 3**

เป็นการนำมัธยฐานที่ได้จากการกรองระดับที่ 2 ของเทมเพลตกากบาท และเทมเพลตไขว้ มาหาค่ามัธยฐานอีกครั้งกับข้อมูลจุดกึ่งกลางของเทมเพลต เพื่อครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของรูปเส้นตรง ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะทำให้สามารถรักษาความเป็นเส้นตรงในภาพไว้ได้ เขียนได้ดังสมการที่ 2.12



รูปที่ 2.14 การกรองระดับที่ 3

$$y(i\ j) = Median\ W_{m^+}\ i\ j\ \ W_{m^x}\ i\ j\ \ x\ i\ j \qquad 2.12$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับได้กระทำกับทุก ๆ จุดภาพ จะทำให้จุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนถูกกำจัดออกไป ทั้งนี้ความเป็นรูปทรงเรขาคณิตของข้อมูลภาพจะยังสามารถรักษาเอาไว้ได้

2.4 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้ภาพรูปที่ 2.2 เป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนมาทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับ โดยกำหนดขนาดของเทมเพลตเท่ากับ 5 จะได้ภาพผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์รูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 จะพบว่าภาพที่ได้จะมีความคมชัดกว่ามาก และยังคงรักษาขอบภายในภาพได้เป็นอย่างดี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับภาพรูปที่ 2.16 ซึ่งเป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองมัธยฐานปกติโดยกำหนดขนาดเทมเพลตรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับ 5 เหมือนกัน จะเห็นว่าภาพรูปที่ 2.15 จะให้ความคมชัดและรักษาขอบภาพได้ดีกว่า

รูปที่ 2.15 ภาพผลลัพธ์จากการกรองมัธยฐาน 3 ระดับเมื่อใช้เทมเพลตขนาดเท่ากับ 5

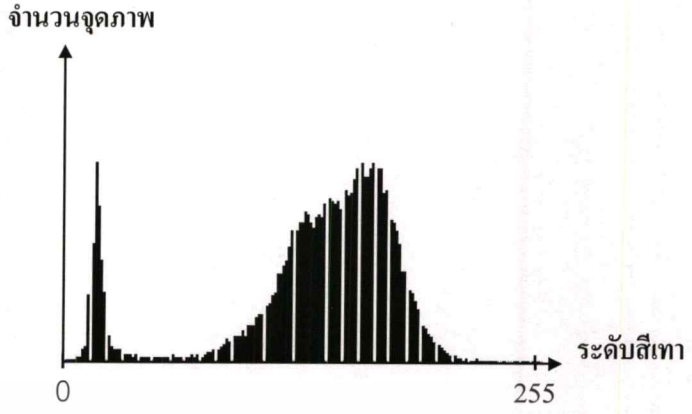
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 ภาพผลลัพธ์จากการกรองมัธยฐานปกติเมื่อใช้เทมเพลตสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5 x 5

2.4 สรุป

การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองมัธยฐาน จะได้ผลลัพธ์ดีกว่าการปรับเรียบด้วยค่าเฉลี่ย คือยังรักษาขอบต่างๆ ภายในภาพได้เป็นอย่างดี แต่การเลือกรูปแบบเทมเพลตมาเป็นตัวกรองเป็นสิ่งสำคัญ เพราะการเลือกเทมเพลตรูปแบบหนึ่ง จะไม่สามารถรักษาภาพเส้นตรงของอีกรูปแบบหนึ่งได้ ทำให้ภาพที่ได้ลดความชัดเจนลงไป การกรองมัธยฐาน 3 ระดับจึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับนำไปใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยที่ยังคงรักษารูปทรงเรขาของภาพไว้ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

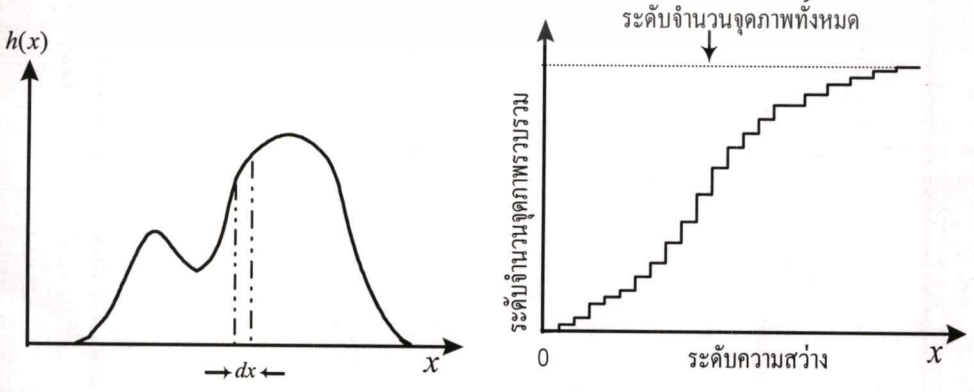


(ก) ภาพถ่ายดาวเทียม (ข) ฮีสโตแกรมของภาพ (ก)

รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมกับฮีสโตแกรมที่สอดคล้องคล้อง

ฮีสโตแกรมของภาพจะให้ข้อมูลความสว่างของจุดภาพเท่านั้น โดยจะไม่มีข้อมูลสปาเชียล (Spatial information) หรือตำแหน่งของจุดภาพ ดังนั้นภาพสองภาพที่มีรายละเอียดแตกต่างกันอาจจะให้ฮีสโตแกรมที่เหมือนกันก็ได้ ประเด็นสำคัญของฮีสโตแกรมคือสามารถมองเป็นการกระจายความน่าจะเป็นแบบดีสครีต(Discrete probability distribution) ถ้าหากนำจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพไปหารจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับความสว่าง ดังนั้นความสูงของแต่ละแท่งของกราฟ จะเป็นตัวบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดค่าความสว่างระดับดังกล่าวของจุดภาพในบริเวณใดๆ ก็ได้ในภาพ ถ้าหาก $h(x)$ เป็นฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของระดับความสว่างและมี dx เป็นค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น โดยปกติแล้ว $dx = 1$ หรือบางครั้งอาจจะเขียนได้ว่า $dx = (L-1)/L$ ถ้าหาก L เป็นจำนวนระดับความสว่างทั้งหมด

ในทางสถิติแล้ว $h(x)$ จะเป็นฟังก์ชั่นความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability density function) หรือฮีสโตแกรม ซึ่งจะให้ $\int_0^x h(x)dx$ เป็นฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability function) หรือฮีสโตแกรมรวบรวม ดังแสดงในรูปที่ 3.2



(ก) ฮีสโตแกรม (ข) ฮีสโตแกรมรวบรวม

รูปที่ 3.2 ฟังก์ชั่นความหนาแน่นความน่าจะเป็นและความน่าจะเป็นรวบรวมที่สอดคล้อง

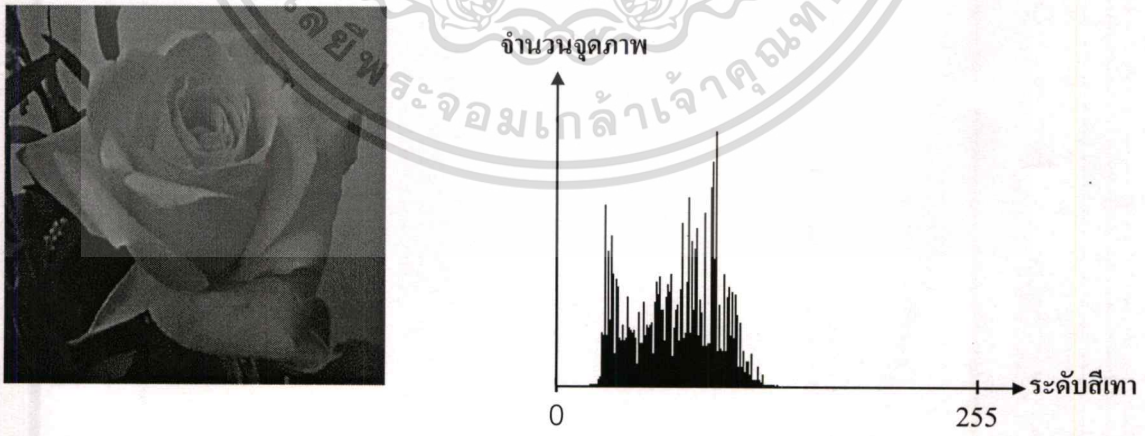
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮีสโตแกรมของภาพจะมีส่วนช่วยบอกคุณลักษณะของภาพนั้นๆ อย่างเช่น ถ้าหากฮีสโตแกรมของภาพรวมตัวกระจุกกันทางด้านซ้าย กล่าวคือจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าระดับความสว่างต่ำภาพที่ได้จะมืดดังแสดงในรูปที่ 3.3 ในทางตรงกันข้ามถ้าหากฮีสโตแกรมของภาพรวมตัวกระจุกกันทางด้านขวา ซึ่งจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าระดับความสว่างสูงภาพที่ได้จะสว่างจ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยปกติแล้วภาพที่ดีควรจะมีการกระจายของระดับสีเทาทุกๆ ระดับตลอดย่านของระดับความสว่างที่เข้ารหัสไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งภาพดังกล่าวจะให้คอนแทรสต์ในภาพสูง

สำหรับค่าคอนแทรสต์ของภาพอาจคำนวณได้จากอัตราส่วนในสมการข้างล่าง

$$\textit{ค่าคอนแทรสต์ในภาพ} = \frac{\textit{ค่าระดับความสว่างสูงสุดในภาพ} - \textit{ค่าระดับความสว่างต่ำสุดในภาพ}}{\textit{จำนวนระดับความสว่างทั้งหมดจากการเข้ารหัส}} \qquad (3.1)$$

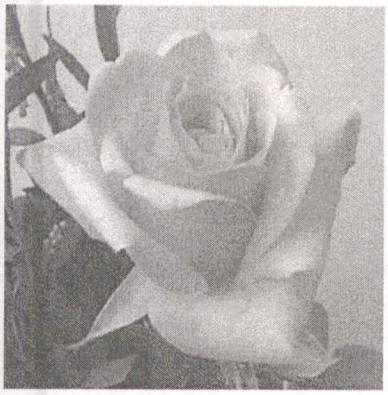
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพมีผลทำให้จุดภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความสว่าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจากจุดภาพหนึ่งจุดภาพใด โดยไม่เกี่ยวข้องกับค่าระดับความสว่างของจุดภาพข้างเคียง ดังนั้นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมจะเป็นการประมวลผลภาพแบบจุด สำหรับภาพผลลัพธ์หลังการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมอาจจะช่วยทำให้มองเห็นรายละเอียดในภาพชัดเจนขึ้นหรืออาจจะแย่ลงก็ได้ ดังนั้นในการประมวลผลภาพวิธีการเบื้องต้นทั่วๆ ไปที่รู้จักกันคือ การเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพนั้นเอง วิธีการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมต่างๆ จะได้กล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

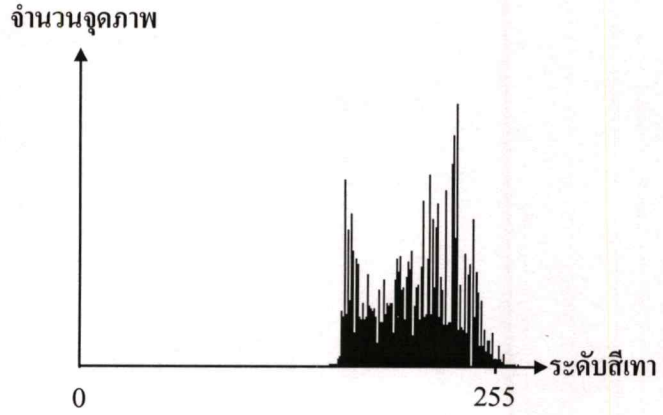


(ก) ภาพดิจิตอล (ข) ฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 3.3 ภาพที่มีลักษณะมืด เมื่อข้อมูลของระดับสีเทาของจุดภาพส่วนใหญ่ปรากฏอยู่ทางด้านระดับความสว่างค่าต่ำ ๆ

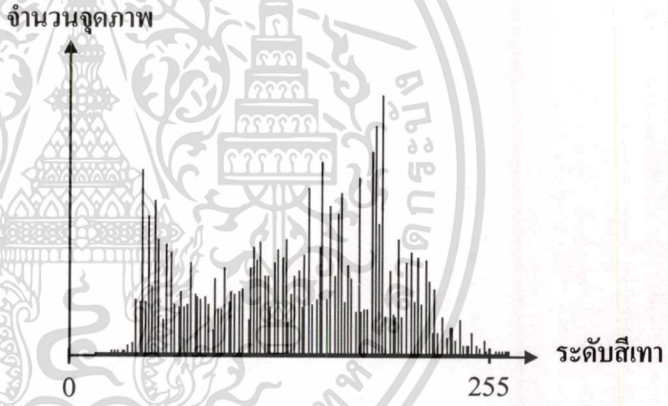
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(ก) ภาพดิจิตอล (ข) ฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 3.4 ภาพที่มีลักษณะสว่าง เมื่อข้อมูลของระดับสีเทาของจุดภาพส่วนใหญ่ ปรากฏอยู่ทางด้านระดับความสว่างค่าสูงๆ



(ก) ภาพดิจิตอล (ข) ฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 3.5 ภาพที่ดี เมื่อจุดภาพมีค่าระดับความสว่างเกือบทุกระดับ

3.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรม (Histogram equalization) [2]

ในการแปลงฮีสโตแกรมถ้าหากว่าค่าระดับสีเทาเดิมก่อนการแปลงคือ x ซึ่งจะถูกทำให้เป็นบรรทัดฐาน(Normalize) อยู่ในช่วง $[0,1]$ โดยฟังก์ชั่นในการแปลงคือ $T(\ )$ หลังการแปลงจะได้ค่าระดับสีเทาใหม่เป็น y ซึ่งเขียนได้ดังสมการที่ (3.2)

$$y = T(x) \tag{3.2}$$

เงื่อนไขของฟังก์ชั่นในการแปลงมีอยู่ 2 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) $T(x)$ เป็นผลการแปลงที่ให้ค่าเดียว (Single-valued) และมีการเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียว (Monotonically increasing) ภายในช่วง $0 \le x \le 1$

ข) $0 \le T(x) \le 1$ สำหรับ $0 \le x \le 1$

ส่วนการแปลงย้อนกลับ(Inverse transform) จากตัวแปร y เป็นตัวแปร x จะได้

$$x = T^{-1}(y) \qquad \text{เมื่อ} \quad 0 \le y \le 1 \tag{3.3}$$

ซึ่งตัวแปลงผกผันก็จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้ง 2 ประการ ดังกล่าวเช่นกัน

ถ้าให้ $p_x(x)$ และ $p_y(y)$ เป็นฟังก์ชั่นความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability density function) ของค่าระดับสีเทาต้นแบบกับค่าระดับสีเทาหลังการแปลง ให้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.4)

$$p_y(y) = \left[p_x(x) \frac{dx}{dy} \right]_{x=T^{-1}(y)} \tag{3.4}$$

ส่วนฟังก์ชั่นที่ใช้ในการปรับเท่าฮีสโตแกรมคือ

$$y = T(x) = \int_0^x p_x(w)dw \quad ; 0 \le x \le 1 \tag{3.5}$$

เมื่อตัวแปร w เป็นตัวแปรหุ่น(Dummy variable) เทอมทางด้านขวามือของสมการที่ (3.5) ซึ่งเป็นเทอมการอินทิเกรต(Integrate) นั้นเป็นฟังก์ชั่นกระจายแบบสะสม (Cumulative Distribution Function) ของตัวแปร x จากการทำอนุพันธ์สมการที่ (3.5) เทียบกับตัวแปร x จะได้

$$\frac{dy}{dx} = p_x(x) \tag{3.6}$$

ทำการแทนสมการที่ (3.5) ในสมการที่ (3.4) พบว่า

$$\begin{aligned} p_y(y) &= \left[p_x(x) \frac{1}{p_x(x)} \right]_{x=T^{-1}(y)} \\ &= [1]_{x=T^{-1}(y)} \end{aligned}$$

$$p_y(y) = 1 \qquad \text{เมื่อ} \qquad 0 \le y \le 1 \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งพบว่าฟังก์ชั่นความหนาแน่นความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทา y ที่ได้หลังการแปลงจะมีลักษณะเป็นความหนาแน่นสม่ำเสมอ (Uniform) ภายในช่วงค่าของตัวแปร y

ในการประมวลผลภาพดิจิตอลนั้น ฟังก์ชั่นต่างๆ จะต้องทำให้อยู่ในรูปดีสครีต อย่างเช่น ความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาที่ระดับ k จากภาพต้นแบบเขียนได้เป็น

$$p_x(x_k)=\frac{N_k}{N} \tag{3.8}$$

เมื่อ $0 \le x_k \le 1$ และ $k=0,1,...,L-1$ โดย L เป็นจำนวนระดับสีเทาทั้งหมด N_k เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพที่มีค่าระดับสีเทาเป็น k ในขณะที่ N เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพนั้น เมื่อนำค่า $p_x(x_k)$ ไปทำการพล็อตร่วมกับ x_k จะได้กราฟ(Graph) ซึ่งเรียกกันว่าฮีสโตแกรมนั้นเอง ในการปรับเท่าฮีสโตแกรมของสมการที่ (3.5) เขียนอยู่ในลักษณะดีสครีตได้เป็น

$$y_k = T(x_k)=\sum_{i=0}^{k}\frac{Ni}{N}$$

$$=\sum_{i=0}^{k}p_x(x_i) \tag{3.9}$$

เมื่อ $0 \le x_k \le 1$ และ $k=0,1,2,...,L-1$

ตัวอย่างข้อมูลจุดภาพขนาด 64 x 64 จุดภาพ มีการกระจายของค่าระดับสีเทาดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการกระจายของค่าระดับสีเทาของภาพที่มีจำนวนระดับสีเทา 8 ระดับ

x_k	n_k	$p_x(x_k)=\frac{N_k}{N}$	$y_k=\sum_{i=0}^{k}p_x(x_i)$
$x_0=0$	92	0.0225	$0.0225 \approx 0$
$x_1=\frac{1}{7}=0.1429$	870	0.2124	$0.2349 \approx 2/7$
$x_2=\frac{2}{7}=0.2857$	1103	0.2693	$0.5042 \approx 4/7$
$x_3=\frac{3}{7}=0.4286$	603	0.1472	$0.6514 \approx 5/7$
$x_4=\frac{4}{7}=0.5714$	760	0.1855	$0.8369 \approx 6/7$
$x_5=\frac{5}{7}=0.7143$	408	0.0996	$0.9365 \approx 1$
$x_6=\frac{6}{7}=0.8571$	116	0.0283	$0.9648 \approx 1$
$x_7=1$	144	0.0352	$1.0000 \approx 1$

" $\approx$ " หมายถึงการประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหาค่า y_k จากสมการที่ (3.9) จะได้

$$y_0 = \sum_{i=0}^{0} p_x(x_i) = p_x(x_0)$$

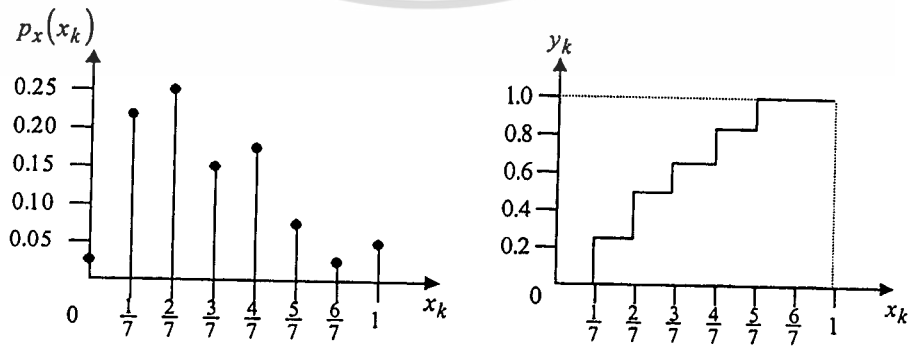
$$= 0.0225$$

$$y_1 = \sum_{i=0}^{1} p_x(x_i) = p_x(x_0) + p_x(x_1)$$

$$= 0.0225 + 0.2124 = 0.2349$$

สำหรับค่าอื่นดูได้จากตารางที่ 3.1 คอลัมน์(Column) ที่สี่ เนื่องจากจำนวนของระดับสีเทาก่อนทำการแปลงและหลังทำการแปลงจะมีจำนวนเท่ากัน และค่าความห่างของระดับสีเทาเท่า ๆ กัน ในกรณีนี้คือห่างกัน 1/7 ดังนั้นค่าระดับสีเทา y_k ที่ได้จะต้องถูกปรับค่าเข้าหาค่าระดับสีเทามาตรฐานที่ใกล้เคียงที่สุด ซึ่งในกรณีนี้ค่าระดับสีเทามาตรฐานคือ 0, 1/7, 2/7,...,6/7 และ 1 ดังนั้นจากการแปลงฮีสโตแกรมด้วยวิธีการปรับเท่าจะได้ค่าระดับสีเทาใหม่ที่ใกล้เคียงกับระดับมาตรฐานดังแสดงในเทอมขวามือของคอลัมน์ที่สี่ของตารางที่ 3.1

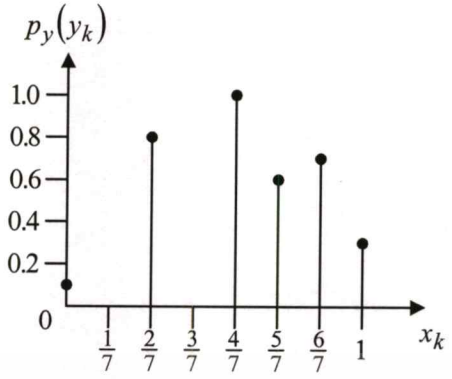
จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมพบว่า จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา 0 จะยังคงอยู่ที่ 0 ในฮีสโตแกรมใหม่ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเดิมเป็น 1/7 จะถูกแมป (Map) ไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 2/7 ของฮีสโตแกรมใหม่ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเดิมเป็น 2/7, 3/7 และ 4/7 จะถูกแมปไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 4/7, 5/7 และ 6/7 ในฮีสโตแกรมใหม่ ส่วนค่าระดับสีเทาเดิมที่เป็น 5/7, 6/7 และ 1 จะถูกแมปรวมไปอยู่ที่ค่าระดับสีเทา 1 ในฮีสโตแกรมใหม่ ดังนั้นจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา 1 ในฮีสโตแกรมใหม่จะมีจำนวน 408+116+144 = 668 จุดภาพ หรือจะมีค่าความน่าจะเป็นรวมกันเท่ากับ 0.1631 สำหรับฮีสโตแกรมต้นแบบและฮีสโตแกรมใหม่ที่ได้หลังการปรับเท่าฮีสโตแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.6



(ก) ฮีสโตแกรมต้นแบบ (ข) ฟังก์ชั่นการปรับเท่า

รูปที่ 3.6 การปรับเท่าฮีสโตแกรมของตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

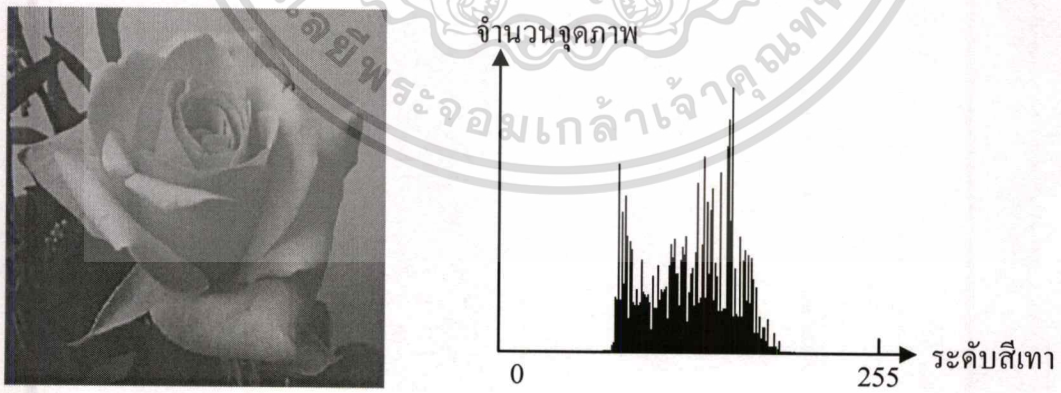


(ค) ฮีสโตแกรมหลังการปรับเท่า

รูปที่ 3.6 (ต่อ)

3.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง

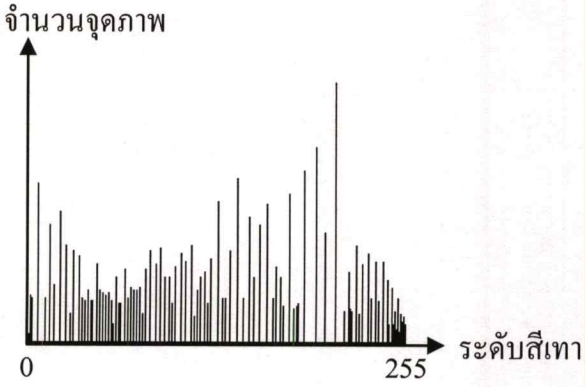
จากการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ กับภาพต้นแบบรูปที่ 3.7(ก) จะได้ภาพรูปที่ 3.7 (ข) ซึ่งจะพบว่ารายละเอียดของภาพจะเด่นชัดขึ้น ส่วนฮีสโตแกรมของภาพได้มีการปรับให้กระจายกว้างขึ้นด้วย



(ก) ภาพต้นแบบและฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 3.7 การปรับเท่าฮีสโตแกรมภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ภาพหลังการปรับเท่าฮีสโตแกรมและฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 3.7 (ต่อ)

3.4 สรุป

การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพนี้ จะทำให้ภาพมีความชัดเจนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะความแตกต่างของภาพ (Contrast) จะมีค่าสูงขึ้นจากการยืดฮีสโตแกรม โดยอาศัยความน่าจะเป็นของความหนาแน่นในภาพต้นแบบ แปลงไปเป็นฟังก์ชั่นที่มีความหนาแน่นโดยสม่ำเสมอ ซึ่งจำนวนจุดภาพในแต่ละความเข้มจะมีจำนวนเกือบเท่ากัน และมีการกระจายอยู่ภายในย่านที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีแบ่งแยกและรวบรวม
(Image Segmentation by Split and Merge)

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพเพื่อการตีความนั้น การจำแนกวัตถุในภาพ (Image Classify) มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะการตีความอาจผิดพลาดได้ ถ้าการจำแนกวัตถุในภาพคลาดเคลื่อน การจำแนกภาพด้วยสายตาคน อาจทำได้กับภาพที่มีความแตกต่างของสีวัตถุในภาพสูง แต่ถ้าภาพที่มีความละเอียดมากและความแตกต่างของสีภาพต่ำมาก เช่นภาพถ่ายดาวเทียม จะทำให้ไม่สามารถจำแนกวัตถุในภาพได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการประมวลผลภาพเพื่อการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย (Segmentation) จะทำให้การจำแนกวัตถุในภาพชัดเจนขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำพื้นที่ย่อยที่ได้จากการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยไปปรับปรุงต่อ เพื่อให้ได้ภาพที่สายตาคนสามารถจำแนกภาพได้ชัดเจนดียิ่งขึ้น สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยก (Split) และรวบรวม (Merge) [4,5]

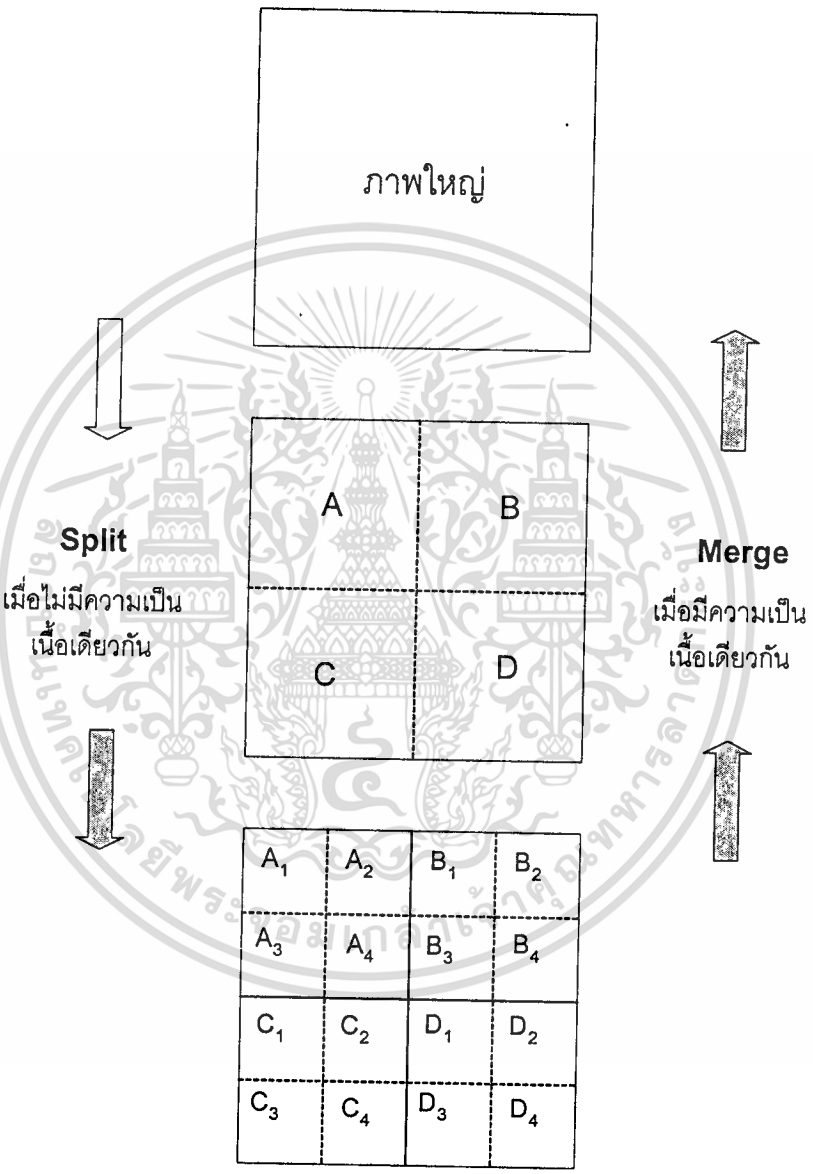
การแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและการรวบรวม เป็นการนำภาพมาทำการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม โดยอาศัยเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง เงื่อนไขที่ว่านี้จะกำหนดค่าเทร์สโฮลด์เป็นตัวตัดสินทางตรรกะ ถ้าความแตกต่างของค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดของกลุ่มภาพอยู่ในระดับค่าเทร์สโฮลด์ที่กำหนดจะถือว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกัน กระบวนการที่ใช้จะมี 2 กระบวนการคือ กระบวนการรวบรวมและกระบวนการแบ่งแยก

4.1 หลักการ

4.1.1 **การแบ่งแยก** (Split) หรือบางครั้งเรียกว่า Top Down คือ จะทำการแบ่งแยกภาพเป็น 4 ภาพย่อยจากภาพใหญ่ ถ้าระดับค่าสีเทาไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดจะไม่ทำการแบ่งแยกภาพ หลังจากแบ่งเป็น 4 ส่วนย่อยแล้ว ภาพแต่ละส่วนจะมีการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของแต่ละส่วนว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้าหากไม่เป็นก็จะทำการแบ่งย่อย ๆ ลงไปอีก จะทำอย่างนี้เรื่อย ๆจนกระทั่งไม่สามารถแบ่งแยกภาพได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 **การรวบรวม** (Merge) หรือบางครั้งเรียกว่า Bottom Up คือ จะทำการรวบรวมจุดภาพ 4 จุดที่อยู่ใกล้เคียงกันเป็น Block ที่ใหญ่ขึ้น ถ้าทั้ง 4 จุดภาพเป็นไปตามเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันจะไม่ทำการรวมจุดภาพนั้น ๆ การรวบรวมจะกระทำกันอย่างซ้ำ ๆ โดยขนาดของกลุ่มจุดที่นำมารวมจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น $2^n \times 2^n$ เมื่อ $n = 1,2,...$ ไปเรื่อยๆ



รูปที่ 4.1 ภาพแสดงตัวอย่างการแบ่งแยก กับการรวบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การแบ่งแยกและรวบรวม

ในการการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย โดยเลือกใช้กระบวนการแบ่งแยกหรือกระบวนการรวบรวมวิธีใดวิธีหนึ่ง อาจทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลมาก เพราะถ้ากรณีที่ภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากๆ การการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยกระบวนการรวบรวมจะใช้เวลามากกว่าการทำด้วยกระบวนการแบ่งแยก เพราะกระบวนการแบ่งแยกจะตรวจสอบจากพื้นที่ใหญ่และแตกเป็นพื้นที่ย่อย เมื่อพื้นที่ใหญ่ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ถ้าพื้นที่ใหญ่มีความเป็นเนื้อเดียวกันจะไม่ทำการแยกเป็นพื้นที่ย่อย พื้นที่ที่ไม่สามารถแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยได้จะไม่นำมาตรวจสอบอีก ทำให้ลดเวลาในการคำนวณลง ดังนั้นถ้าภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันมาก ๆ พื้นที่ที่ไม่สามารถจะแบ่งแยกได้จะมีมาก ทำให้เวลาในการประมวลผลน้อยลง ส่วนกรณีภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อย การเลือกกระบวนการรวบรวมจะใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ากระบวนการแบ่งแยก เพราะกระบวนการรวบรวมจะตรวจสอบกลุ่มพื้นที่ย่อย ถ้ากลุ่มพื้นที่ย่อยนั้นไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน กลุ่มพื้นที่ย่อยนั้นจะไม่ถูกรวบรวมและจะไม่นำมาตรวจสอบอีก ดังนั้นถ้าภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อย กลุ่มพื้นที่ย่อยที่ไม่สามารถรวมกันได้จะมีมาก ทำให้เวลาในการประมวลผลน้อยลงไปด้วย

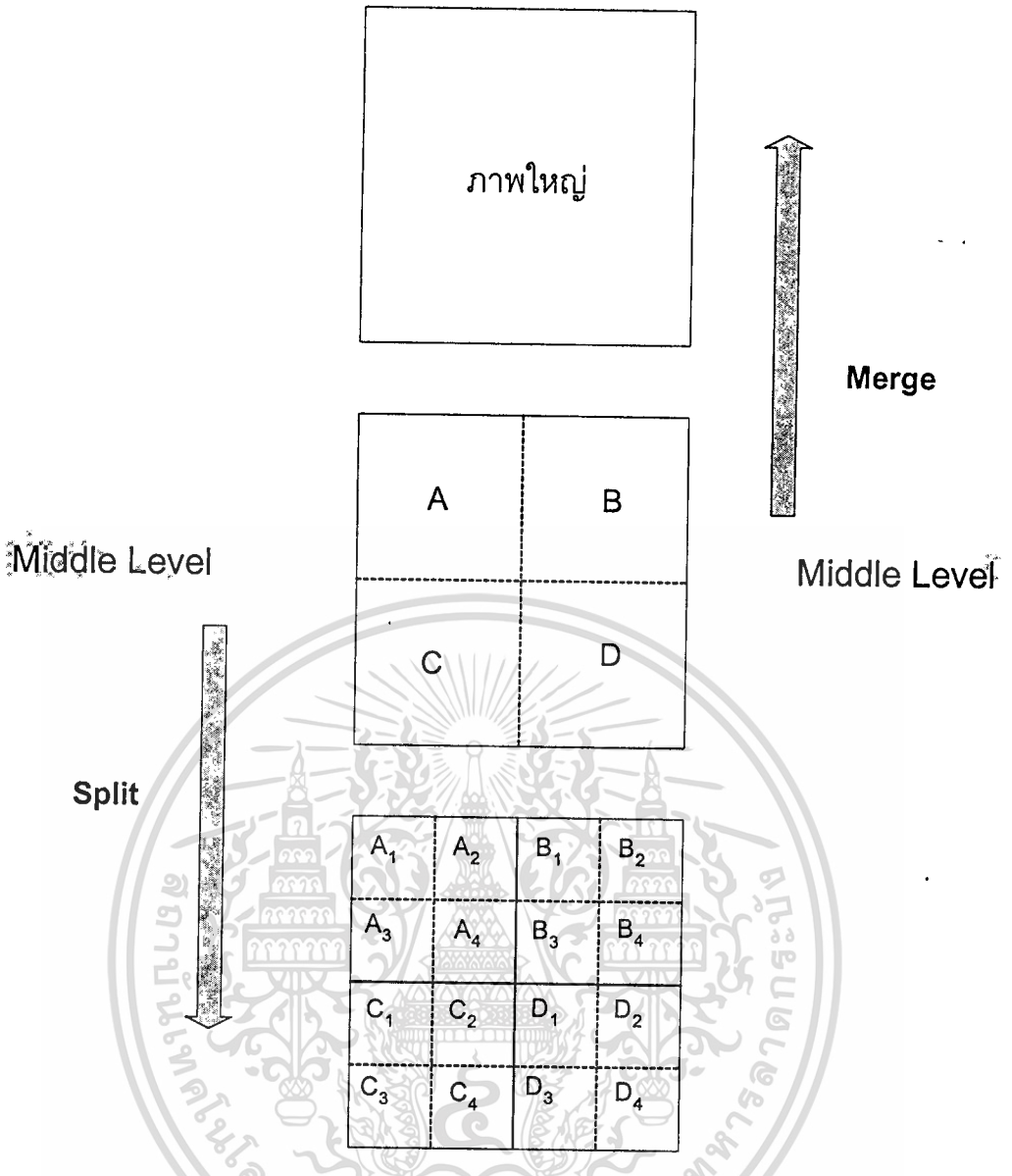
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย โดยกระบวนการแบ่งแยก หรือการรวบรวมอย่างใดอย่างหนึ่ง จะได้ผลดีกับลักษณะข้อมูลภาพแบบหนึ่ง แต่จะไม่ได้ผลดีกับข้อมูลภาพอีกแบบหนึ่ง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและลดเวลาในการประมวลผล จึงได้นำกระบวนการแบ่งแยกและกระบวนรวบรวม ทั้ง 2 กระบวนการมาใช้ในการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยร่วมกัน จึงกลายเป็น "วิธีการแบ่งแยกและรวบรวม"

ในการใช้วิธีการแบ่งแยกและรวบรวม จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าระดับกลาง (Middle Level) เพื่อกำหนดระดับที่จะเริ่มทำกระบวนการรวบรวมและกระบวนการแบ่งแยก ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งในการกำหนดค่า Middle Level นี้จะต้องทราบลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันของภาพอย่างคร่าว ๆ ก่อน จึงจะทำให้สามารถกำหนด Level ได้อย่างเหมาะสม โดย

ถ้าภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากๆ ให้กำหนด Middle Level ไว้ที่ค่าต่ำ ๆ

ถ้าภาพขาดความเป็นเนื้อเดียวกันมากๆ ให้กำหนด Middle Level ไว้ที่ค่าสูง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงตัวอย่างการแบ่งแยกและรวบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 สูตรพื้นฐานการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

กำหนดให้ X เป็นพื้นที่ทั้งหมดของภาพต้นแบบและ $f(i,j)$ เป็นค่าความเข้ม (intensity) ของจุดภาพ ให้ S_i เป็นสับเซ็ทของการเชื่อมต่อ (connected subset) ของ X และ $d(S_i)$ เป็นค่าการวัดความแตกต่างหรือความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneity) ของสับเซ็ท S_i โดยมี $P(S_i)$ เป็นตัวตัดสินทางตรรกที่แสดงความเป็นเนื้อเดียวกัน (logical homogeneity predi-cate) โดยที่

$$P(S_i) = \text{จริง ถ้าเพียงแต่ } d(S_i) < \varepsilon \qquad (4.1)$$

โดยมีค่า ε เป็นเทร์สโฮลด์ของความเป็นเนื้อเดียว (homogeneity threshold) เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทา (grey scale) ให้กับบริเวณภาพ (region) ในขณะที่การวัดความแตกต่างสามารถหาได้จาก

$$d(S_i) = \underset{S_i}{Max}\, f(k,l) - \underset{S_i}{Min}\, f(k,l) \qquad (4.2)$$

บริเวณพื้นที่ทั้งหมดของภาพต้นแบบ X ได้ถูกแบ่งแยกออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ จำนวน m บริเวณที่เป็นสับเซ็ท S_i คือ $S_1, S_2, \ldots, S_m$ ที่ทำให้

(a) $X = \bigcup_{i=1}^{m} S_i$

(b) $S_i \bigcap S_j = \phi$ สำหรับค่า i และ j ทั้งหมดโดยที่ $i \neq j$; เมื่อ ϕ หมายถึงเซ็ทว่าง

(c) $P(S_i) =$ จริง สำหรับ $i = 1,2,\ldots,m$

(d) $P(S_i \bigcup S_j) =$ เท็จ สำหรับค่า i และ j ทั้งหมดโดยที่ $i \neq j$

เมื่อ $\bigcup$ คือ ยูเนียน

$\bigcap$ คือ อินเตอร์เซกชั่น

เงื่อนไข (a) เป็นการแสดงให้เห็นว่าการทำเซ็กเมนเตชั่นภาพนั้นเสร็จสมบูรณ์ คือ จุดภาพแต่ละจุดจะต้องอยู่ในบริเวณภาพ เงื่อนไข (b) เป็นการแสดงว่าจะไม่มีสองบริเวณใด ๆ ที่ซ้อนทับกัน (overlap) เงื่อนไข (c) แสดงให้เห็นว่าในแต่ละบริเวณจะให้ความแตกต่างอยู่ภายในเงื่อนไข ε ที่กำหนด กล่าวคือ กลุ่มจุดภาพต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณหนึ่ง ๆ จะต้องสอดคล้องกับตัวตัดสิน $P(S_i)$ เงื่อนไขสุดท้าย (d) แสดงถึงบริเวณ S_i และ S_j มีความแตกต่างกันเนื่องจากตัวตัดสิน $P(S_i)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อ นำมาใช้กับกระบวนแบ่งแยกและรวบรวมได้ดังนี้

- กระบวนการรวบรวม จะพยายามรวบรวมสับเซ็ท S_i กับสับเซ็ทข้างเคียงเข้ากันเป็นก้อนเดียว จนกระทั่งพบความแตกต่างเกิดขึ้นเนื่องจากตรงกับเงื่อนไข (d) คือ $P(S_i \bigcup S_j) =$ เท็จ ที่แสดงว่าไม่สามารถรวบรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันได้อีก จึงจะหยุดการรวบรวมสำหรับกลุ่มนั้น

- กระบวนการแบ่งแยก จะทำการแบ่งแยกในพื้นที่ย่อยที่เหลือทั้งหมดจากกระบวนการรวบรวมที่ผ่านมา โดยถ้าหากตรวจสอบแล้วพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไข (c) คือ $P(S_i) =$ จริง นั้นแสดงว่าสับเซ็ทนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกัน จะไม่ทำกระบวนการใด ๆ แต่ถ้าหากพบว่าเป็นเท็จก็จะทำการแบ่งแยกสับเซ็ทออกเป็นสับเซ็ทย่อยลงไป

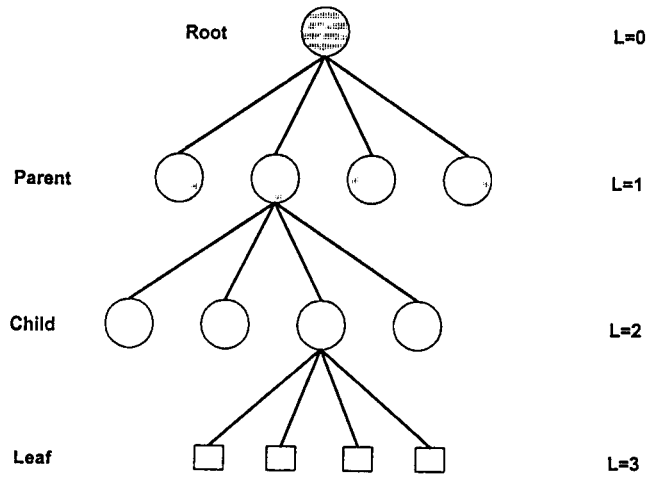
4.1.5 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการทำเซ็กเมนเตชั่น

ในการประมวลผลข้อมูลภาพขั้นตอนกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม จะมองข้อมูลภาพเสมือนโครงสร้างข้อมูลแบบทรี (Tree) โดยมีลักษณะดังนี้

1. ข้อมูลภาพจะถูกจัดอยู่ในรูปของ QPT (Quartic Picture Tree) ซึ่งมี Degree เท่ากับ 4 โดยที่ให้

Root	: ภาพเต็มรูป (Whole Picture)
Parent	: กลุ่มภาพที่แบ่งจาก Root หรือ Parent ที่อยู่ก่อนหน้าซึ่งจะมีกลุ่มภาพย่อย ๆ ลงไปอีกที่เรียกว่า " Child "
Child	: กลุ่มภาพที่แบ่งย่อยมาจาก Parent
Leaf	: จุดภาพเดี่ยว (Single Pixel)
Level (L)	: ระดับ Node ของโครงสร้าง Tree ของข้อมูลภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลภาพในลักษณะของ QPT

2. ขนาดของภาพที่จะทำการ Split และ Merge จะมีขนาด Np x Np เมื่อ Np = 2^{Ln} โดยที่ Ln คือ จำนวน Level ของภาพในโครงสร้าง Tree (Picture Tree)

จากรูปที่ 4.3 แสดงลักษณะข้อมูลภาพที่จัดอยู่ในรูปของ QPT โดยมี 3 Level แสดงว่าภาพมีจำนวนจุดภาพทั้งหมดเท่ากับ $2^3 \times 2^3$ คือ 64 จุดภาพนั่นเอง โดยแสดงตำแหน่งของกลุ่มจุดภาพได้ดังรูปที่ 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงข้อมูลภาพในระดับ Leaf โหนดซึ่งเป็นระดับต่ำสุดของ Tree

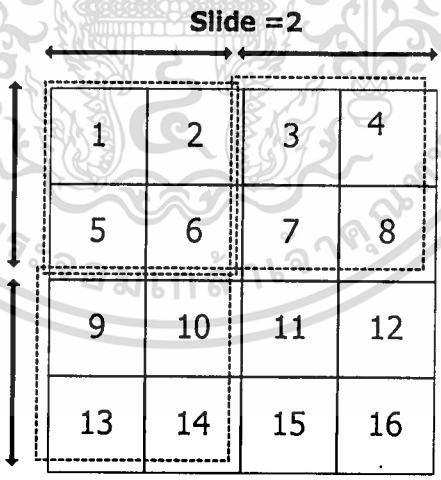
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ทิศทางในการตรวจสอบ

การแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวมนั้น จะอาศัยการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกัน การเลือกพื้นที่ที่มาตรวจสอบจึงมีผลกับผลลัพธ์ของการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วย ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงการตรวจสอบพื้นที่ที่จะรวบรวม[5] โดยถือการสแกนหรือการเคลื่อนกรอบของพื้นที่ที่ทำการตรวจสอบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสามารถแยกการพิจารณาได้ 2 ข้อคือ

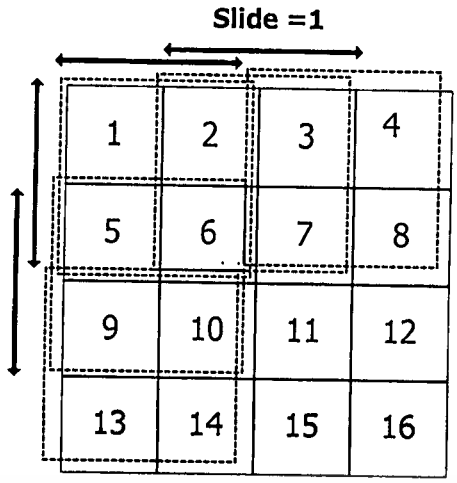
4.1.6.1. ค่าในการ Slide

ในการตรวจสอบเราจะนำกลุ่มจุดภาพที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกันมาทำการตรวจสอบ ซึ่งจากที่เราใช้ QPT เราจะทำการตรวจสอบกลุ่มจุดภาพ 4 กลุ่ม (2x2) ค่าในการ Slide จะเป็นตัวบอกให้ทราบว่า กลุ่มข้อมูลภาพกลุ่มใดจะถูกตรวจสอบต่อไป ถ้าค่าในการ Slide = 2 จะเห็นว่าผลการตรวจสอบเป็นจริงหรือเท็จก็ตามกลุ่มภาพที่จะตรวจสอบถัดไปจะไม่มีส่วนที่เหลื่อมล้ำกับกลุ่มข้อมูลเดิมเลย (เช่น จากรูปที่ 4.5 จุดภาพที่ 2,3,6,7) ซึ่งทำให้ข้อมูลภาพที่อยู่ใกล้กันและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ไม่ได้อยู่กลุ่มเดียวกันในการตรวจสอบ ไม่สามารถจะรวมเป็นพื้นที่เดียวกันได้ จึงควรกำหนดให้ค่า Slide = 1 คือจะทำให้มีการตรวจสอบกลุ่มข้อมูลที่มีความเหลื่อมล้ำและ Merge กันได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 แสดงการ Slide กลุ่มภาพที่จะทำการตรวจสอบโดย Slide ที่ละ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการ Slide กลุ่มภาพที่จะทำการตรวจสอบโดย Slide ที่ละ 1

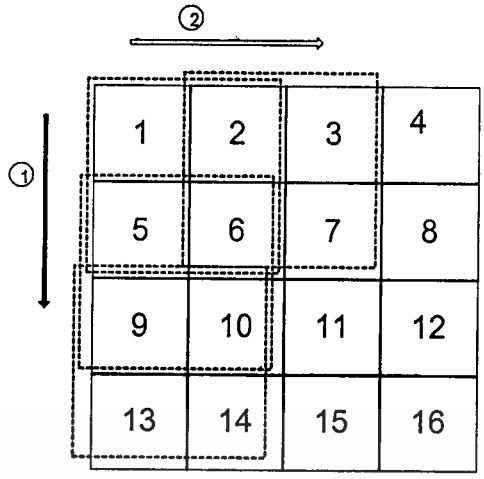
4.1.6.2 **ทิศทางของกลุ่มภาพ Slide จะมี 2 แบบ คือ**

จากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา (Slide Row ก่อน) ดังแสดงในรูปที่ 4.7

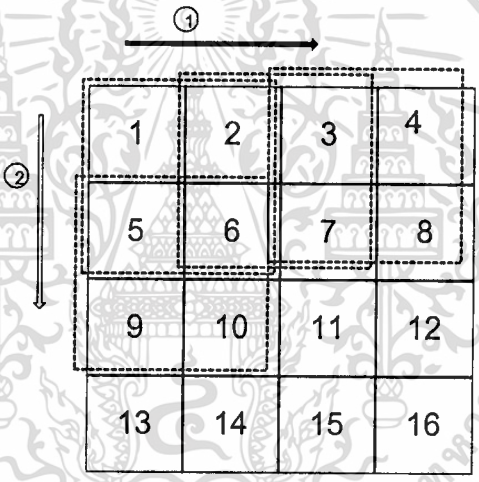
จากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง (Slide Column ก่อน) ดังแสดงในรูปที่ 4.8

การจะเลือกใช้แบบใดจะให้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของค่าระดับสีเทาของภาพบางภาพ จะให้ผลดีสำหรับแบบหนึ่ง จึงได้รวมเอาเทคนิคทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วประมวลผลไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นวิธีการในการปรับปรุงกระบวนการรวบรวมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยขั้นตอนของกระบวนการรวบรวม จะทำการตรวจสอบก่อนว่าทิศทางใดจะให้พื้นที่หลังการรวบรวมแล้วมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูงสุด ก็จะเลือกเอาวิธีนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงการ Slide จากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา



รูปที่ 4.8 แสดงการ Slide จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม

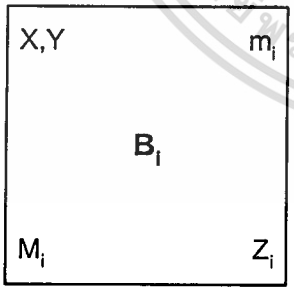
1. กำหนดค่า Threshold
2. กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ Array ที่ระดับ Lo (Middle Level)
3. รวบรวมพื้นที่โดยกระบวนการรวบรวม (Merge)
4. การแบ่งแยกพื้นที่โดยกระบวนการแบ่งแยก (Split)
5. การ Grouping
6. กำหนด Label ให้กับพื้นที่จากการ Grouping

4.2.1 กำหนดค่า Threshold

ค่า Threshold จะเป็นตัวเลขที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เพื่อความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่ย่อย

4.2.2 กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ Array ที่ระดับ Lo (Middle Level)

การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ Array ที่ระดับ Lo ซึ่งเป็นระดับที่กำหนดค่า Middle Level ตามที่ได้กล่าวแล้ว ซึ่งการกำหนดค่าเริ่มต้นนี้จะทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพ (Block) ณ Middle Level ให้หมายเลข Block และทำการหาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละ Block ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.10 โดยรูปแบบของแต่ละ Block อธิบายได้จากรูปที่ 4.9



B_i คือหมายเลข Block
x,y คือตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของ Block
Z_i คือขนาดด้านสี่เหลี่ยมจตุรัสของ Block
M_i คือค่าระดับสีเทาที่สูงที่สุดใน Block
m_i คือ ค่าระดับสีเทาที่ต่ำสุดใน Block

รูปที่ 4.9 ภาพแสดงค่าที่กำหนดในแต่ละ Block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

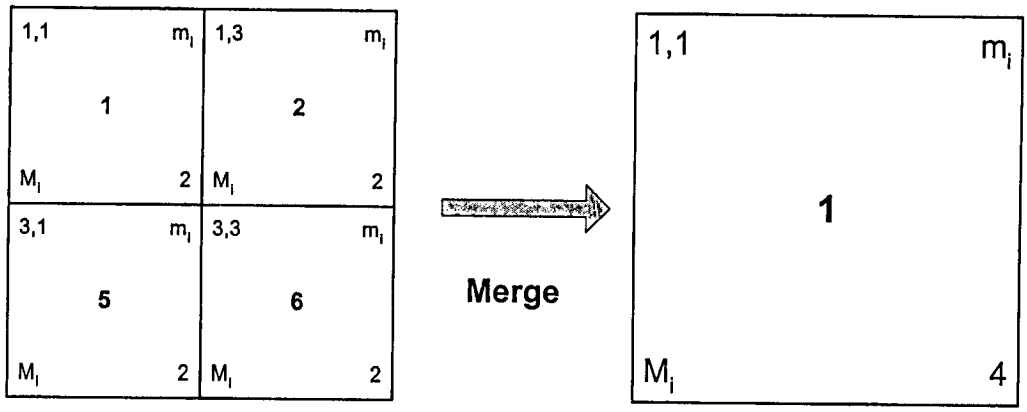
1,1 m_i **1** M_i 2	1,3 m_i **2** M_i 2	1,5 m_i **3** M_i 2	1,7 m_i **4** M_i 2
3,1 m_i **5** M_i 2	3,3 m_i **6** M_i 2	3,5 m_i **7** M_i 2	3,7 m_i **8** M_i 2
5,1 m_i **9** M_i 2	5,3 m_i **10** M_i 2	5,5 m_i **11** M_i 2	5,7 m_i **12** M_i 2
7,1 m_i **13** M_i 2	7,3 m_i **14** M_i 2	7,5 m_i **15** M_i 2	7,7 m_i **16** M_i 2

รูปที่ 4.10 ภาพแสดงการกำหนด Array และค่าใน Array ที่ระดับ Lo = 2 ของข้อมูลภาพขนาด 64 จุดภาพ

4.2.3 **รวบรวมพื้นที่โดยกระบวนการรวบรวม** (Merge)

กระบวนการรวบรวม จะทำการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของพื้นที่ย่อย เพื่อทำการรวบรวมพื้นที่ตั้งแต่ระดับ Middle Level ขึ้นไปจนถึงระดับที่เป็นภาพรวม (Level 0) หรือ ไม่สามารถทำการรวบรวมต่อไปได้อีก โดย $0 < L \leq Lo$ เมื่อ L คือระดับ ณ การรวบรวม ซึ่งให้ L เริ่มต้นที่ Lo โดย L จะลดค่าลงที่ละ 1 ขณะที่ทำการตรวจสอบ 4 Block ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน ถ้ามีความเป็นเนื้อเดียวกัน (ค่าความต่างของระดับสีเทาสูงสุดของทั้ง 4 Block กับค่าระดับสีเทาต่ำสุดของทั้ง 4 Block น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold ที่กำหนด) จะทำการเปลี่ยนหมายเลข Block ให้เป็นหมายเลขเดียวกัน และทำการหาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละ Block ใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 4.11

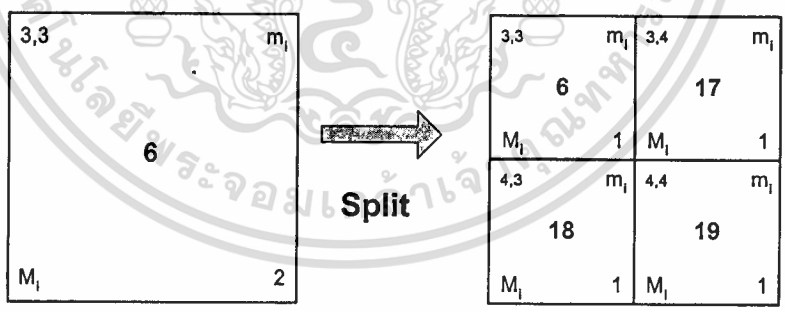
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงการปรับเปลี่ยนค่าใน Block เมื่อ Block ย่อยถูกรวม

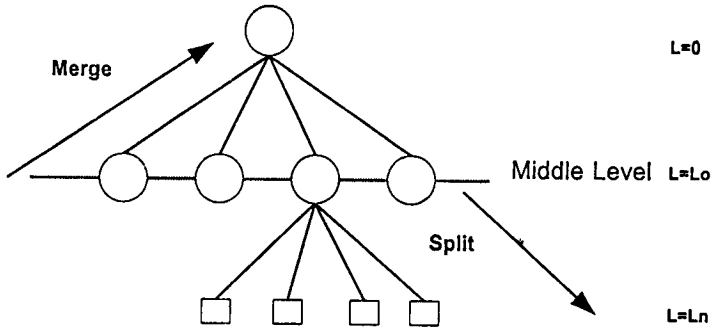
4.2.4 **การแบ่งแยกพื้นที่โดยกระบวนการแบ่งแยก** (Split)

กระบวนการแบ่งแยก จะทำการ Split ตั้งแต่ระดับ Middle Level ลงไปจนถึงระดับที่เป็นแต่ละจุดภาพ (Level Ln) หรือ ไม่สามารถ Split ต่อไปได้อีก โดย $Lo \le L < Ln$ ซึ่ง L จะเริ่มที่ Lo เหมือนกับการรวบรวม แต่จะเพิ่มค่า L ที่ละ 1 ขณะที่ทำการตรวจสอบในแต่ละ Block ถ้าข้อมูลไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันจะให้หมายเลขกับกลุ่มข้อมูลที่ถูกแยกจากกันโดยให้หมายเลขใหม่จากหมายเลข Block ที่มีอยู่ และทำการหาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละ Block ใหม่ ดังรูปที่ 4.12 ภาพที่ 4.13 เป็นการแสดงระดับ Lo ที่เป็นตัวแบ่งการรวบรวม และการแบ่งแยก



รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการปรับเปลี่ยนค่าใน Block เมื่อ Block ถูกแบ่งแยก

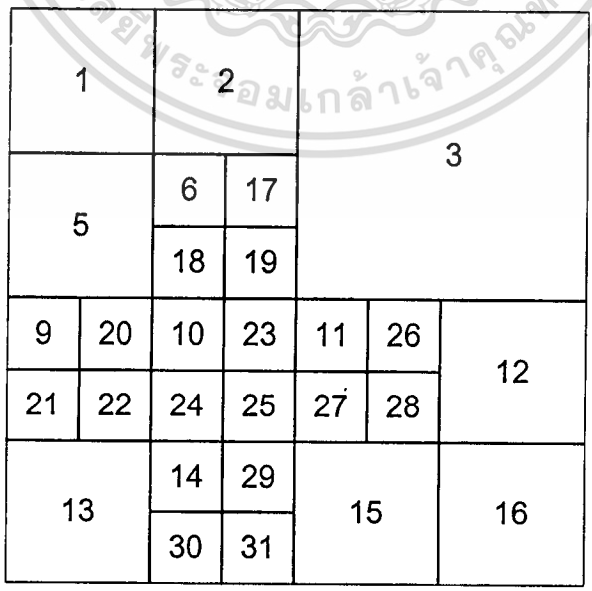
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงระดับที่ทำการรวบรวมและการแบ่งแยก โดย QPT

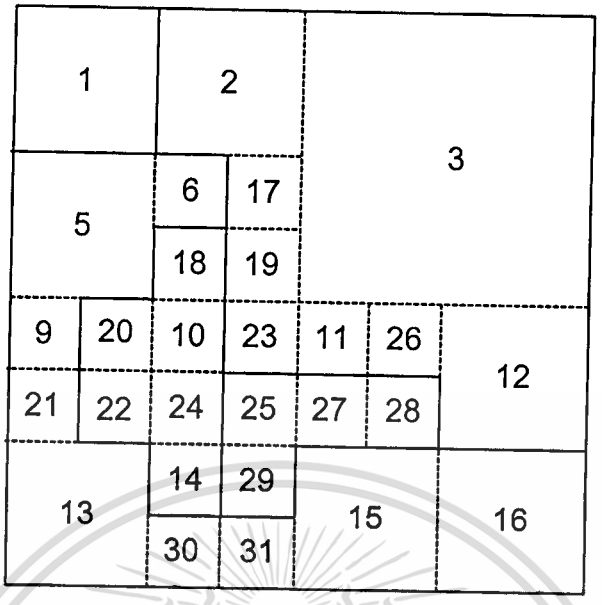
4.2.5 การ Grouping

การ Grouping จะเป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้หลังกระบวนการแบ่งแยกดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.14 มาทำการตรวจสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของ Block ที่อยู่ใกล้เคียงกันอีกครั้ง เพื่อจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.15 โดยสมมุติว่า Block ที่ 2, 3, 17, 19, 23, 11, 26 และ 12 ซึ่งเป็น Block ที่อยู่ใกล้เคียงกัน มีความเป็นเนื้อเดียวกันและถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นการทำ Grouping แล้วนำผลที่ได้มาทำ Look Up Table (LUT) เพื่อเป็นตารางในการแม็ป (Map) กลุ่มข้อมูลที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บจะเป็นหมายเลข Block หลังจากการทำกระบวนการรวบรวมและแบ่ง กับหมายเลข Block ที่ถูก Group ให้อยู่กลุ่มเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์หลังจากการทำกระบวนการแบ่งแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างการ Grouping

j	2	3	17	19	23	11	26	12
K	2	2	2	2	2	2	2	2

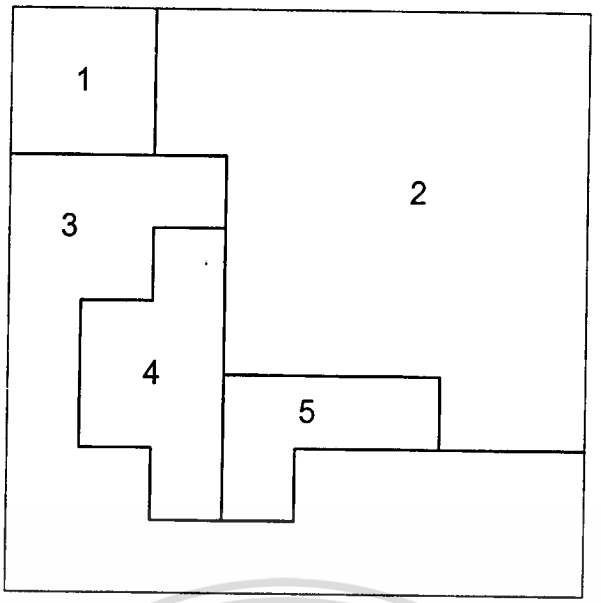
รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่าง Look Up Table (LUT)

j คือ หมายเลข Block หลังจาก Merge และ Split

k คือ หมายเลข Block ที่ Group อยู่กลุ่มเดียวกัน

การกำหนด Label เป็นการให้หมายเลขพื้นที่ย่อย (Region Number) กับข้อมูลภาพที่อยู่ใน Group เดียวกัน เพื่อไว้แบ่งขอบเขตของแต่ละพื้นที่ย่อย (Region) โดยอาศัยข้อมูลจาก Look Up Table ดังแสดงในรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างการกำหนด Label

Region 1 = { 1 }

Region 2 = { 2,3,17,19,23,11,26,12 }

Region 3 = { 5,6,9,21,13,30,31,15,16 }

Region 4 = { 18,20,10,22,24,14 }

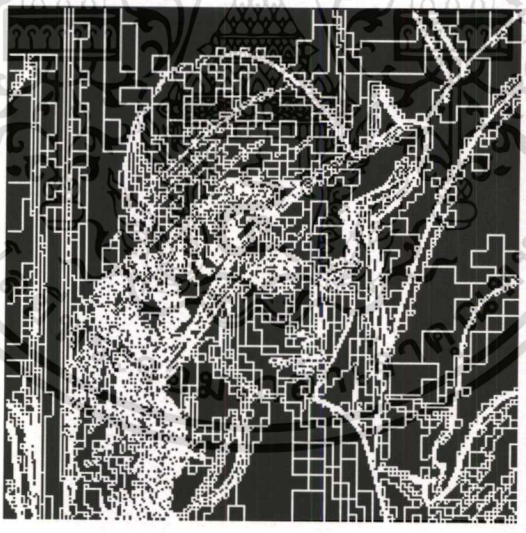
Region 5 = { 25,27,28,29 }

4.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง

การทดลองได้นำภาพต้นแบบ รูปที่ 4.18 ผ่านกระบวนการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม โดยกำหนดค่าเทร์สโฮลด์ = 30 และค่า Middle Level = 5 จะได้ภาพแสดงขอบเขตของพื้นที่ย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.19 และภาพรูปที่ 4.20 เป็นการซ้อนภาพขอบเขตของพื้นที่ย่อยทับภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 ภาพต้นแบบ



รูปที่ 4.19 ภาพแสดงขอบเขตของการแบ่งพื้นที่ย่อย โดยกำหนดค่าเทร็สโฮสด์ = 30 และ Middle Level = 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 ภาพแสดงขอบเขตพื้นที่ย่อยในภาพต้นแบบ

4.4 สรุป

การแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการแบ่งแยกและการรวบรวม เป็นการนำภาพมาทำการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม โดยอาศัยเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเกณฑ์ในการแบ่งแยก เงื่อนไขที่ว่านี้จะกำหนดค่าเทร์สโฮลด์เป็นตัวตัดสินทางตรรกะ ถ้าความแตกต่างของค่าระดับสีเทาสูงสุด และต่ำสุดของกลุ่มภาพอยู่ในระดับค่าเทร์สโฮลด์ที่กำหนด จะถือว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกัน กระบวนการที่ใช้จะมี 2 กระบวนการคือ กระบวนการรวบรวมและกระบวนการแบ่งแยก

- **กระบวนการรวบรวม** จะพยายามรวบรวมกลุ่มของจุดภาพที่อยู่ข้างเคียงเข้าด้วยกัน โดยพิจารณาทีละกลุ่มจุดภาพที่มีขนาด $2^n \times 2^n$ ว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ ถ้ามีความเป็นเนื้อเดียวกันจะทำการกำหนดเป็นกลุ่มเดียวกัน จนกระทั่งไม่สามารถรวบรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันได้
- **กระบวนการแบ่งแยก** จะทำการแบ่งแยกในพื้นที่ย่อยที่เหลือทั้งหมดจากกระบวนการรวบรวมที่ผ่านมา โดยพิจารณากลุ่มจุดภาพว่า มีความเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ ถ้าไม่จะทำการแบ่งแยกกลุ่มจุดภาพนั้น เป็นกลุ่มย่อย ๆ ลงไปเรื่อย ๆ

หลังจากผ่านกระบวนการทั้ง 2 แล้วจะได้รูปแบบของภาพที่แบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อย ๆ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลอื่นต่อไป

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่

(Image Enhancement using Local Area Histogram Equalization)

จากบทที่ 3 การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ เป็นการแปลงฮีสโตแกรมของภาพ โดยอาศัยข้อมูลจากภาพทั้งภาพ พบว่าการปรับปรุงยังให้ความชัดเจนไม่ดีพอสำหรับรายละเอียดบางส่วนในพื้นที่เล็ก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน

ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงขอเสนอวิธีการปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ โดยทำการแปลงฮีสโตแกรมของภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย ซึ่งพื้นที่ย่อยเหล่านั้นจะได้จากการทำเซ็กเมนเตชั่นด้วยวิธีแบ่งแยกและรวบรวม ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 วิธีการนี้จะทำให้สามารถแก้ปัญหาความเข้มอิ่มตัวได้ และทำให้ความชัดเจนของภาพดีขึ้นด้วย

5.1 หลักการ

ขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

1. ทำการแบ่งแยกพื้นที่ย่อย ๆ ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม
2. นำพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่ มาทำการปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์

โดยในขั้นตอนการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในแต่ละพื้นที่ มีสิ่งที่ต้องพิจารณาคือจำนวนระดับสีเทาที่จะนำมาคำนวณเป็นฟังก์ชั่นการปรับเท่า ในการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพนั้น จำนวนระดับสีเทาที่นำมาคำนวณจะอยู่ที่ 0 ถึง L-1 โดย L เป็นจำนวนระดับสีเทาทั้งหมด นั้นหมายความว่าถ้าขนาดของจุดภาพเป็น 8 บิต ค่าระดับสีเทาที่มีได้คือ 0 – 255 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ความสว่างสูงสุดและต่ำสุด สมการในการปรับเท่าจะเป็นดังสมการที่ 3.9 เมื่อนำฟังก์ชั่นการปรับเท่ามาใช้กับฮีสโตแกรมทั้งภาพ จะทำให้ฮีสโตแกรมกระจายกว้างขึ้น และช่วยเพิ่มความเข้มและสว่างให้กับภาพได้

แต่การปรับปรุงภาพจากพื้นที่ย่อย ที่ถูกแบ่งโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งค่าระดับสีเทาของจุดภาพภายในกลุ่มจะมีความใกล้เคียงกันมาก ฮีสโตแกรมที่ได้ในแต่ละพื้นที่ย่อยจะแคบมาก ถ้านำมากระจายโดยค่า 0 –255 แล้ว จะทำให้ภาพเกิดความเข้มอิ่มตัวจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการลดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ที่เกิดจากการปรับปรุงภาพทั้งภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ ดังนั้นในการปรับปรุงภาพจากพื้นที่ย่อย ได้กำหนดให้ค่าระดับสีเทาที่สูงสุด และต่ำสุดในพื้นที่ย่อยนั้นเป็นช่วงในการคำนวณฟังก์ชั่นการปรับเทา ดังเขียนสมการได้เป็น

$$y_k = T(x_k) = \sum_{i=\min}^{k} \frac{Ni}{N}$$

$$= \sum_{i=\min}^{k} p_x(x_i) \qquad (5.1)$$

เมื่อ $0 \le x_k \le 1$ และ $k = \min,...,\max$

โดยที่ min เป็นค่าสีเทาต่ำสุดในพื้นที่ย่อย และ max เป็นค่าสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อย

5.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพสีจากการใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

ภาพถ่ายดาวเทียมจะมีความยาวคลื่นในการตรวจจับได้หลายย่านความยาวคลื่น ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะให้การสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความยาวคลื่นแตกต่างกัน ดังนั้นในการจำแนกวัตถุจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาพจากหลาย ความยาวคลื่นมาประกอบกัน (ความยาวคลื่นบางครั้งเรียกว่าแบนด์) เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ภาพ เราจึงนำข้อมูลภาพจาก 3 ความยาวคลื่น หรือ 3 แบนด์มาประกอบเป็นภาพสี โดยกำหนดให้แต่ละแบนด์มีสีแตกต่างกันไป อย่างเช่น สีแดง เขียว น้ำเงิน ซึ่งถ้าอยากให้ความแตกต่างของข้อมูลในภาพสีสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพในแต่ละแบนด์ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมโดยตรง และการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมอีควอไลส์ ทั้งภาพของข้อมูลภาพแบนด์เดียว คือจะเกิดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันของระดับสีในภาพที่ได้จากภาพ 3 แบนด์ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ โดยจะทำการแยกประมวลผลในแต่ละแบนด์อย่างอิสระจากกัน หลังจากนั้นจึงกำหนดสีให้แต่ละแบนด์ที่ทำการฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

5.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง

จากการทดลองได้นำภาพรูปแบบต่าง ๆ มาปรับปรุงภาพ เพื่อให้เห็นถึงการนำไปประยุกต์ใช้งาน

5.3.1 ภาพถ่ายดาวเทียม

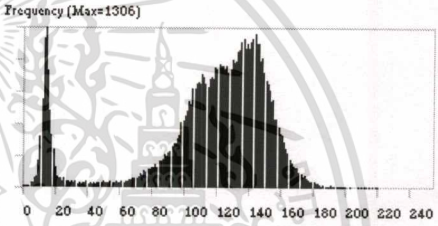
จากภาพต้นแบบรูปที่ 5.1 เป็นภาพถ่ายดาวเทียม TM แบนด์ 4 เมื่อนำมาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพจะได้ภาพดังรูปที่ 5.2 และเมื่อทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่จะได้ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 โดยประมวลผลจากพื้นที่ย่อยแสดงได้ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งผ่านกระบวนการแบ่งแยกและรวบรวม ด้วยค่า Threshold = 60 และ Middle Level = 6

จากรูปที่ 5.2 ในส่วนที่ตีกรอบสี่เหลี่ยมไว้เกิดความเข้มอิ่มตัว ทำให้รายละเอียดของภาพหายไป เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 5.4 ในบริเวณเดียวกัน จะเห็นว่าบริเวณดังกล่าวรูปที่ 5.4 ให้รายละเอียดและมีความชัดเจนที่ดีขึ้น

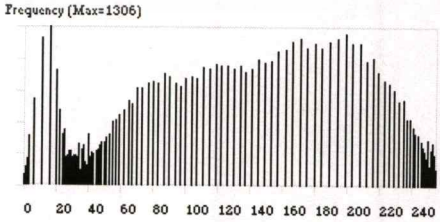
(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) ฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบ

รูปที่ 5.1 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบ

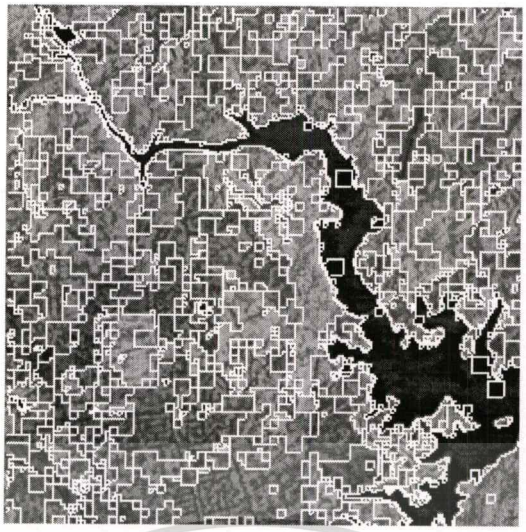
(ก) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมทั้งภาพ



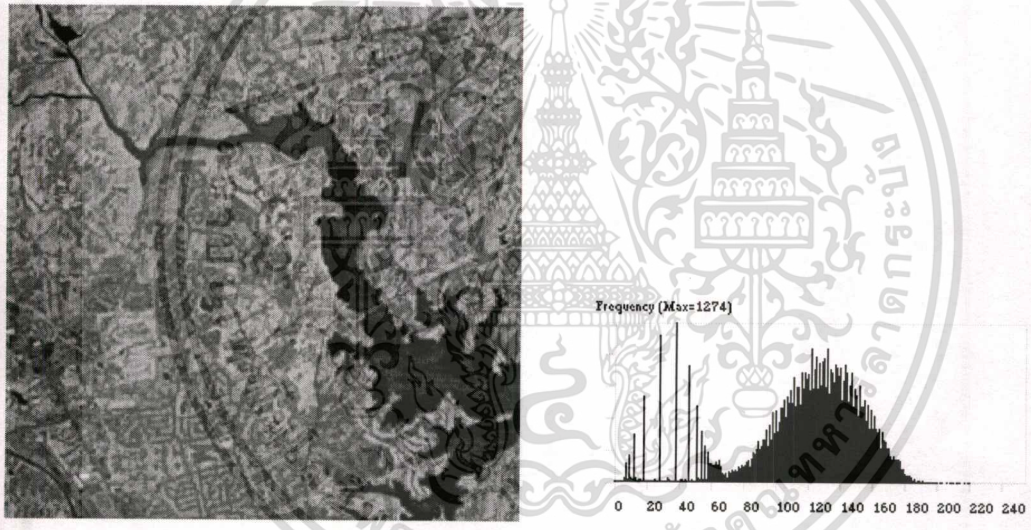
(ข) ฮีสโตแกรมของภาพ

รูปที่ 5.2 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม



(ก) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมเฉพาะที่ (ข) ฮีสโตแกรมของภาพ

รูปที่ 5.4 ภาพและฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ ด้วย Threshold = 60 และ Middle Level = 6

5.3.2 ภาพสีเทา (gray scale) ใด ๆ

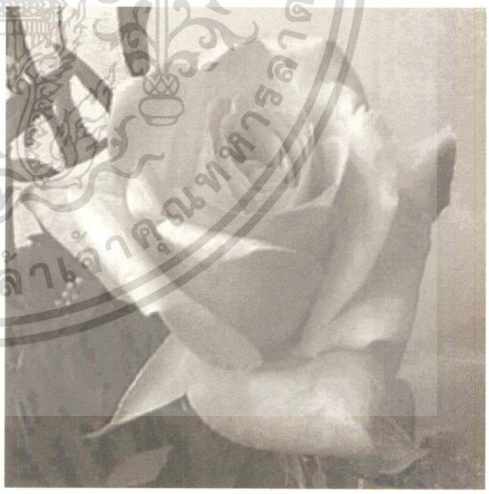
จากภาพต้นแบบรูปที่ 5.5 เมื่อนำมาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพจะได้ภาพรูปที่ 5.6 และเมื่อทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่จะได้ภาพรูปที่ 5.8 โดยประมวลผลจากพื้นที่ย่อยแสดงได้ดังรูปที่ 5.7 ซึ่งผ่านกระบวนการแบ่งแยกและรวบรวม ด้วยค่า Threshold = 20 และ Middle Level = 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 ภาพต้นแบบ

รูปที่ 5.6 ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ

รูปที่ 5.7 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม



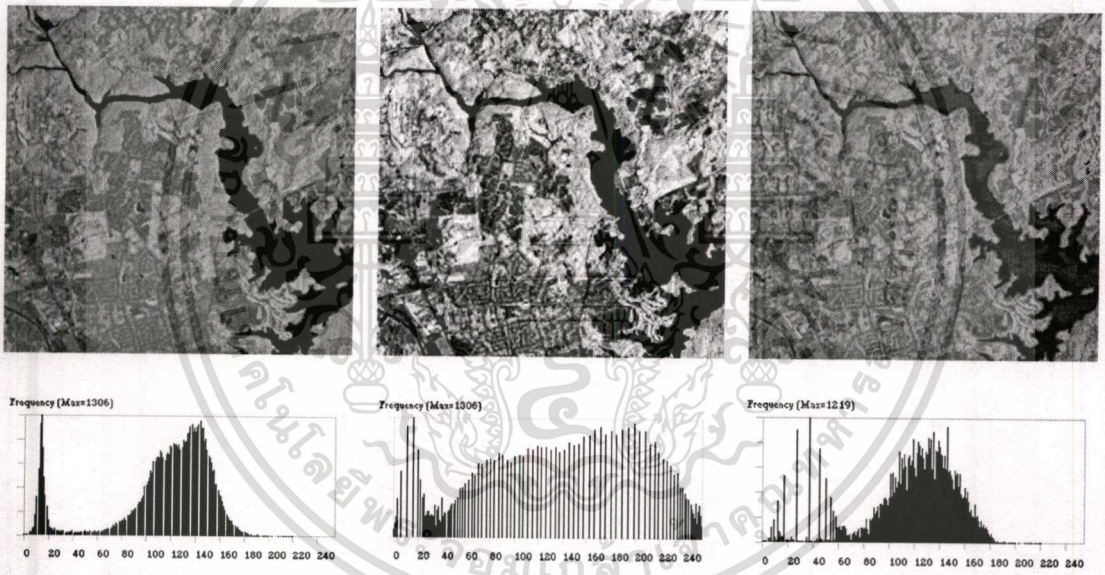
รูปที่ 5.8 ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมผสมสี 3 แบนด์

จากการทดลองได้ใช้ถ่ายดาวเทียม TM แบนด์ ที่ 4, 5 และ 6 โดยกำหนดสี แดง, เขียว , น้ำเงิน ให้ตามลำดับ และกำหนดค่า Threshold เท่ากับ 60 และค่า Middle Level เท่ากับ 6 สำหรับการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อย ภาพรูปที่ 5.9, 5.10 และ 5.11 เป็นภาพ TM แบนด์ที่ 4,5 และ 6 ตามลำดับ โดยแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพและเฉพาะที่ พร้อมทั้งฮีสโตแกรม เมื่อนำภาพหลังผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ ทั้ง 3 แบนด์มาผสมสีจะได้ภาพสีดังรูปที่ 5.12 และรูปที่ 5.13 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการผสมสีทั้ง 3 แบนด์ที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่มาแล้ว

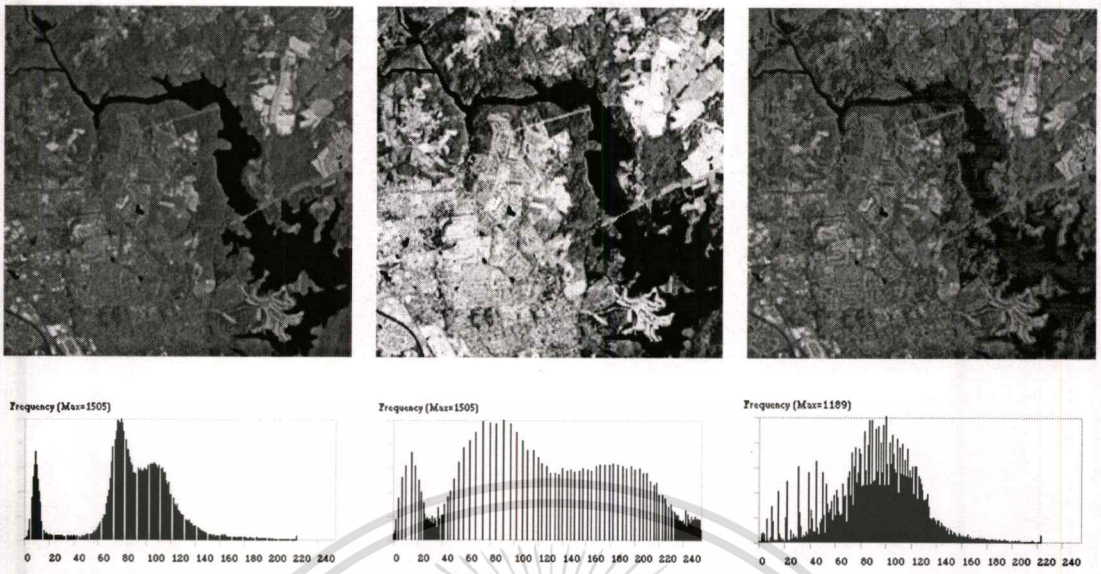
จากการผสมสีภาพถ่ายดาวเทียมจะให้ความแตกต่างและการจำแนกรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้น แต่ถ้าเกิดความเข้มอิ่มตัวดังภาพในกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 5.12 จะทำให้รายละเอียดของภาพหายไป เมื่อเทียบกับภาพในกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 5.13



(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

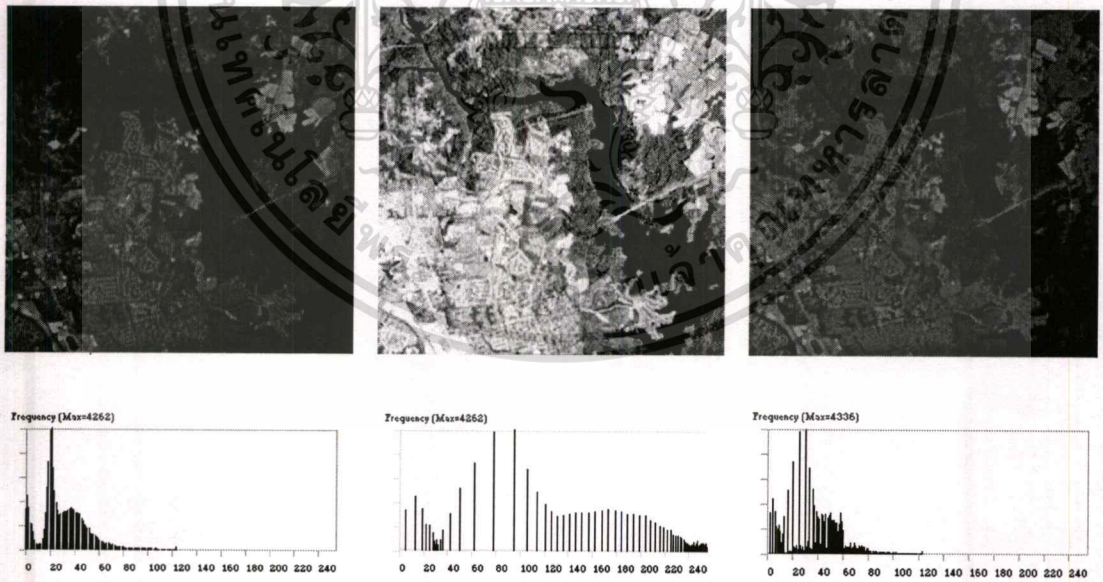
รูปที่ 5.9 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

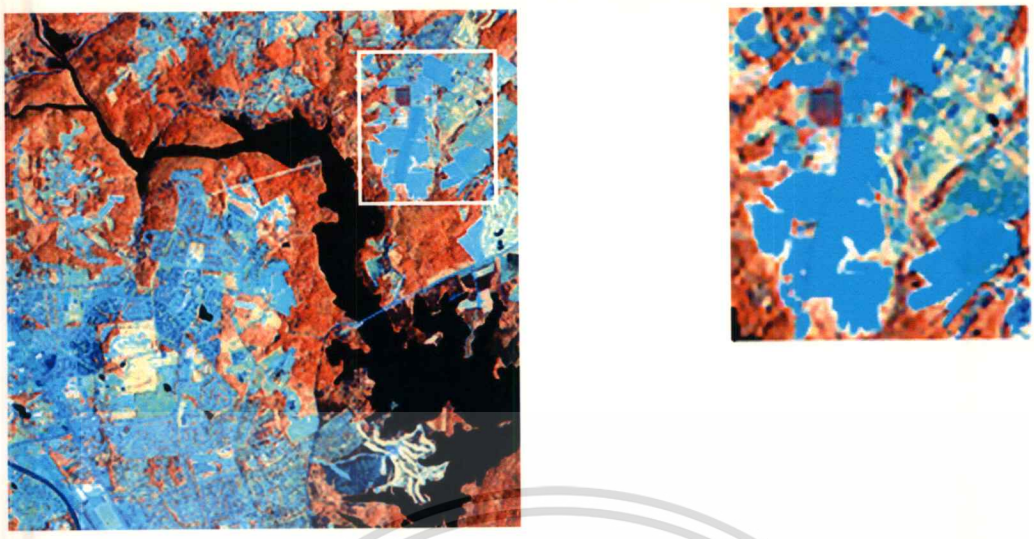
รูปที่ 5.10 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 5



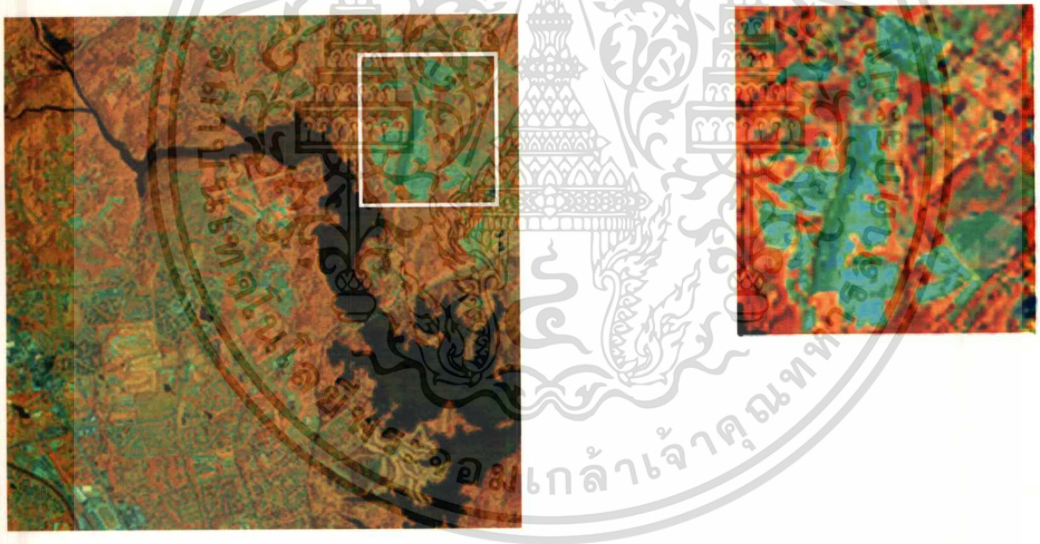
(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

รูปที่ 5.11 แสดงภาพและฮีสโตแกรมของภาพ TM แบนด์ที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 ภาพผลลัพธ์การผสมสีภาพ TM ทั้ง 3 แบนด์ ที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ

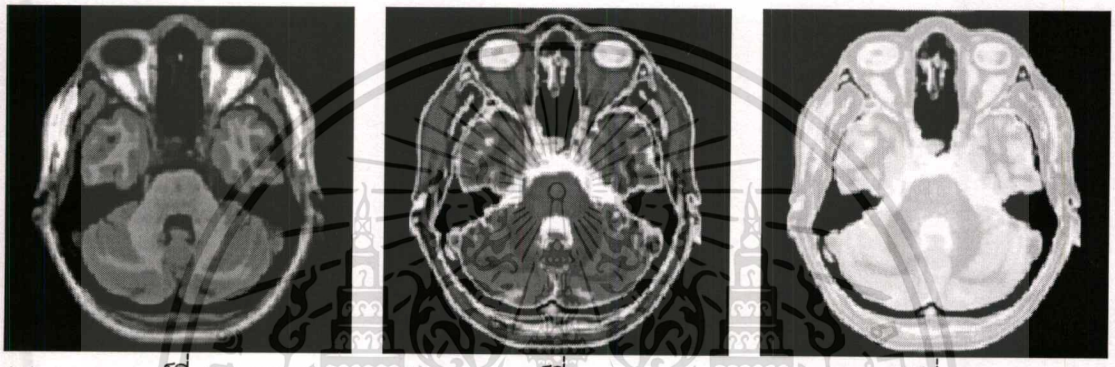


รูปที่ 5.13 ภาพผลลัพธ์การผสมสีภาพ TM ทั้ง 3 แบนด์ ที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 ภาพถ่ายทางการแพทย์

จากภาพถ่ายทางการแพทย์ทั้ง 3 แบนด์ดังรูปที่ 5.14 เมื่อนำมาผสมสีโดยให้สีแดง, เขียว และน้ำเงิน ในแต่ละแบนด์แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5.15(ก) นำภาพแต่ละแบนด์มาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ และมาผสมสีจะได้ภาพดังรูปที่ 5.16(ข) และเมื่อนำภาพแต่ละแบนด์มาผสมสี โดยภาพแต่ละแบนด์ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ ซึ่งกำหนดค่า Threshold เท่ากับ 40 และค่า Middle Level เท่ากับ 6 ในการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 5.16(ค)



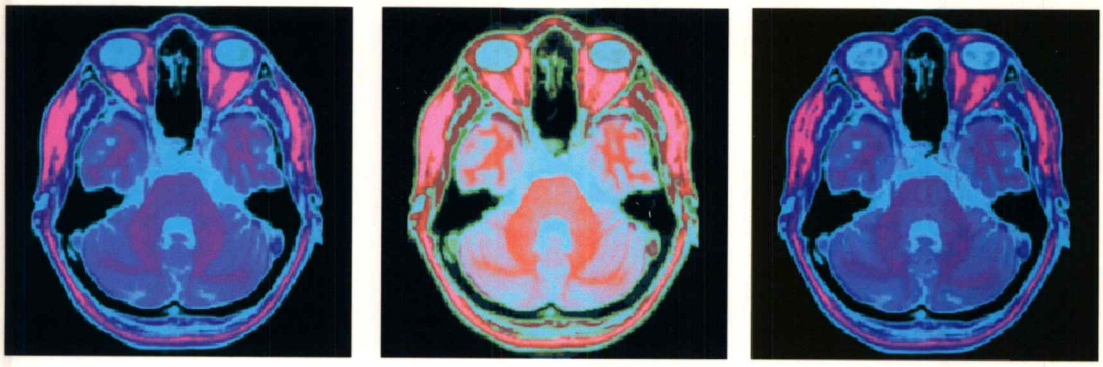
(ก) ภาพแบนด์ที่ 1 (ข) ภาพแบนด์ที่ 2 (ค) ภาพแบนด์ที่ 3

รูปที่ 5.14 แสดงภาพถ่ายทางการแพทย์ทั้ง 3 แบนด์

5.3.5 ภาพสีที่ได้จากการสแกน

นำภาพสี (RGB) ที่ได้จากการสแกนรูปที่ 5.16(ก) มาแยกภาพ (Split Channels) เป็น 3 ภาพ คือภาพที่มีระดับสีแดง, เขียว และน้ำเงิน มาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพและเฉพาะที่แต่ละภาพ โดยกำหนดค่า Threshold เท่ากับ 44 และค่า Middle Level เท่ากับ 7 สำหรับการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อย เมื่อทำการผสมสีกลับ (Merge Channels) จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5.16(ข) และรูปที่ 5.16(ค) สำหรับภาพที่ผ่านการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ และเฉพาะที่ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

รูปที่ 5.15 แสดงภาพการผสมสี 3 แบนด์ของภาพถ่ายทางการแพทย์

(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่

รูปที่ 5.16 แสดงภาพการผสมสีทั้ง 3 ของภาพที่ได้จากการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุป

การปรับปรุงภาพโดยการใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ จะปรากฏผลกระทบจากความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่บางส่วนที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นความชัดเจนของรายละเอียดในพื้นที่เล็ก ๆ เหล่านี้จะเสียไป อีกทั้งการนำภาพมาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพแต่ละแบนด์และมาผสมสี ภาพที่ได้จะมีสีผิดเพี้ยนไปจากภาพสีต้นแบบ ในขณะที่การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ในพื้นที่ย่อยนั้น พบว่าสามารถแก้ปัญหาการเกิดความเข้มอิ่มตัวได้ และภาพที่ได้จากการผสมสีจะมีสีใกล้เคียงกับภาพสีต้นแบบ จุดประสงค์ของวิธีการปรับปรุงภาพโดยวิธีนี้เป็นการเพิ่มความชัดเจน และรายละเอียดภายในบริเวณที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันนั่นเอง ดังนั้นภาพผลลัพธ์สามารถนำไปใช้แปลความหมายหรือการจำแนกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการแบ่งแยกภาพเป็นพื้นที่ย่อยก่อนนำมาทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่นั้น ขนาดของพื้นที่ย่อยจะมีผลกับผลลัพธ์ที่ได้ โดยขนาดของพื้นที่ย่อยจะขึ้นอยู่กับค่า Threshold ที่กำหนด ซึ่งสามารถปรับค่าของ Threshold ได้ตามความเหมาะสมของภาพ ค่าThreshold สามารถกำหนดให้เป็นอัตโนมัติได้ โดยอาจทำการพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division) ของค่าระดับสีเทาในภาพ ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แสดงว่าภาพมีความเป็นเนื้อเดียวกันมาก ค่า Threshold ควรกำหนดให้มีค่าต่ำ ๆ แต่ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง แสดงว่ามีความแตกต่างในภาพสูง ค่า Threshold ควรกำหนดให้มีค่าสูง ๆ

ค่า Threshold ที่สูงมากจะได้พื้นที่ย่อยขนาดใหญ่ ถ้าใหญ่มาก ๆ ผลลัพธ์การทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ จะได้ผลใกล้เคียงกับการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ แต่ถ้าค่า Threshold มีค่าต่ำมากจะได้พื้นที่ย่อยขนาดเล็กและจำนวนมาก และถ้าขนาดของพื้นที่ย่อยไม่ถึง 100 จุดภาพจะไม่นำพื้นที่มาประมวลผล ดังนั้นผลที่ได้จะใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลงานวิจัยนี้ เป็นการเสนอวิธีการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพใหม่ โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็นของระดับค่าสีเทาในภาพเดิมเทียบเคียงเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ โดยผ่านฟังก์ชั่นในการแปลง เพื่อให้ค่าระดับสีเทามีการกระจายที่เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์เป็นการกระทำกับข้อมูลภาพทั้งภาพ จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ขาดความชัดเจนไปสำหรับรายละเอียดบางส่วนที่เป็นพื้นที่เล็ก ๆ ที่มีความเข้มอิ่มตัว จึงได้เสนอวิธีการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยวิธีการที่นำเสนอนี้จะทำการแบ่งพื้นที่ย่อย ๆ ด้วยการแบ่งแยกและรวบรวม เพื่อให้ได้พื้นที่ย่อย ๆ ที่มีความเป็นเนื้อเดียวใกล้เคียงกัน มาทำการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทีละพื้นที่ย่อย ๆ โดยกำหนดไว้ว่าแต่ละพื้นที่ย่อยควรมีข้อมูลมากพอ โดยประมาณตั้งแต่ 100 จุดภาพขึ้นไป ส่วนพื้นที่ย่อยที่มีขนาดเล็กจะไม่มีการปรับปรุงฮีสโตแกรมของพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้พื้นที่มีรายละเอียดและความเป็นเนื้อเดียวใกล้เคียงกัน จะไม่เกิดความเข้มอิ่มตัว

ข้อเสนอแนะ

การแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยๆ (Segmentation) ด้วยวิธีการแบ่งแยกและรวบรวม (Split-Merge) เป็นวิธีการประมวลผลที่ถึงแม้จะให้ผลลัพธ์ในการแบ่งแยกพื้นที่ที่ดี และใช้เวลาในการประมวลผลน้อย แต่ผลลัพธ์ที่ได้มักจะมีขอบเขตการแบ่งที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเสมอ เนื่องจากจะพิจารณาพื้นที่ที่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ถึงแม้จะใช้วิธีการ Grouping เพื่อรวบรวมพื้นที่ใกล้เคียงอีกครั้งแล้วก็ตาม อีกทั้งการกำหนดค่า Middle Level และทิศทางในการสแกนจะให้ค่าผลลัพธ์การแบ่งพื้นที่ที่แตกต่างกัน

การแบ่งแยกพื้นที่ย่อยๆ ด้วยซ็อตเตสทสแพนนิ่งทรี เป็นทางหนึ่งที่อาจจะนำมาใช้แทนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการแบ่งแยกและรวบรวม โดยอาศัยทฤษฎีกราฟ ลิงค์จุดแต่ละจุดด้วยการเรียงลำดับจากลิงค์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดไปหามากที่สุด และแยกกลุ่มลิงค์ด้วยค่าเทร์สโฮลด์หรือการกำหนดจำนวนกลุ่มลิงค์ ซึ่งกลุ่มลิงค์ก็คือพื้นที่ย่อย ๆ นั้นเอง และด้วยคุณสมบัติที่อาศัยทฤษฎีกราฟ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีส่วนเว้าโค้งตามการลิงค์ ทำให้พื้นที่ที่แบ่งไม่ขึ้นกับทิศทางการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่สำหรับภาพที่มีแบนด์นั้น ถ้านำพื้นที่ย่อย (Segment) ที่ได้จากการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อย ๆ ของทั้ง 3 แบนด์มาซ้อนกันเพื่อหาพื้นที่ย่อยที่ทับกัน (Overlap) เพื่อหาขอบเขตหรือวัตถุในภาพที่สนใจและนำมาทำการปรับปรุงภาพด้วยฮีสโตแกรมอีควอไลส์เฉพาะพื้นที่นั้น โดยไม่ทำการปรับปรุงภาพที่เป็นพื้นหลัง (Background) จะทำให้ได้ภาพพื้นที่หรือวัตถุในภาพที่สนใจชัดเจนขึ้นจากพื้นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] N.L. Faust, "Image Enhancement", vol. 20 Supplement 5 ofEncyclopedia of Computer science and technology, edited by A. Kent and J.G. Willians, New York, Marcel Rekker, Inc. 1989.

[2] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley publishing company, 1992.

[3] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Printice-Hall International Editions, 1989.

[4] S.L. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture segmentaion by a directed split-and-merge procedure", Proc. 2nd Ind. Joint conf. on Pattern Recognition, Aug. 13-15,1974, pp.424-428.

[5] Y. Pramotepipop and F. Cheevasuvit, "Modification of split-and-merge algorithm for image segmentation", Proc. 9th Asian Conf. on Remote Sensing, Nov. 23-39, 1988, pp.26.1-26.6.

[6] G.R. Arce and M.P. Mcloughlin, "Theoretical Analysis of the Max/Median Filter", IEEE, Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. ASSP-35, No.1, Jan. 1987.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว, รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ และ เกรียงศักดิ์ จิวัธยากูล, "การปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย", การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 268 - 271.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตรแกรมอีควอไลส์ในพื้นที่ย่อย

Local area histogram equalization in partitioned region for image enhancement

อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว* รศ. ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์** และ เกรียงศักดิ์ จิวัชยานุกูล***

*อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มีนบุรี กรุงเทพฯ
**อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ
***นักศึกษาปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ. การปรับปรุงภาพสามารถทำได้โดยใช้การเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงฮีสโตรแกรมทั้งภาพ (global histogram modification) เช่น ฮีสโตรแกรมอีควอไลส์นั้นยังไม่ให้การปรับปรุงความชัดเจนที่ดีพอสำหรับรายละเอียดบางส่วนในพื้นที่เล็ก ๆ ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดความเข้มอิ่มตัว (intensity saturation) ในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (equi-homogeneous area) ดังนั้นในบทความนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตรแกรมอีควอไลส์เฉพาะที่ (local histogram equalization) โดยพื้นที่ย่อยนั้นได้มาจากวิธีการแบ่งแยกและการรวบรวม (split-and-merge) ซึ่งในแต่ละพื้นที่ย่อยนั้นจะได้รับการปรับปรุงความละเอียดพร้อมทั้งยังคงรักษาเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเอาไว้ ผลลัพธ์ที่ได้รับการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาความเข้มอิ่มตัวนี้ได้ และทำให้ความชัดเจนของภาพดีขึ้น วิธีการดังกล่าวเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม จะช่วยให้การจำแนกข้อมูลและการสำรวจทรัพยากรทำได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

Abstract. Image enhancement can be easily achieved by modifying the histogram of image. However, the global histogram modification such as histogram equalization cannot produce adequate enhancement in perceptibility of detail in some small area. Since, it will cause an effect of intensity saturation for some equi-homogeneous areas. Therefore, the image enhancement via local area histogram equalization in partitioned region has been proposed. The partitioned regions are obtained by the split-and-merge procedure. Each partitioned region will be enhanced and still preserved the homogeneous criterion. The results are shown that the effect of intensity saturation can be solved and the perceptibility can be improved.

1) บทนำ

การปรับปรุงภาพ [1] เป็นกรรมวิธีในการทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ในภาพให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งกรรมวิธีนี้สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงฮีสโตรแกรมของภาพ การเปลี่ยนแปลงฮีสโตรแกรมของภาพนี้จะทำให้ค่าความแตกต่างของความเข้ม (contrast) ของภาพให้เปลี่ยนไป จนกระทั่งได้ภาพที่ได้รับการปรับปรุง มีงานวิจัยมากมายที่ทำการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงฮีสโตรแกรมโดยตรง (direct histogram specification) และฮีสโตรแกรมอีควอไลส์ (histogram equalization) [2,3] สำหรับในบทความนี้ได้ใช้วิธีการฮีสโตรแกรมอีควอไลส์โดยเหตุผลที่ว่าฟังก์ชันความน่าจะเป็นของความหนาแน่นในภาพต้นแบบ (original probability density function) นั้นจะถูกแปลง (transform) ไปเป็นฟังก์ชันที่มีความหนาแน่นโดยสม่ำเสมอ (uniform densi-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ty function) ซึ่งจำนวนจุดภาพในแต่ละความเข้มจะมีจำนวนเกือบเท่ากันและมีการกระจายอยู่ภายในย่านที่กำหนด แต่กระนั้นในการปรับปรุงฮีสโตแกรมทั้งภาพจะเป็นเหตุให้เกิดความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่ที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นความชัดเจนของรายละเอียดในพื้นที่เล็ก ๆ จะเสียไป เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ภาพจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยโดยวิธีการแบ่งแยกและการรวบรวม (split-and-merge) [4,5] โดยในแต่ละพื้นที่ย่อยนั้นจะได้รับการรักษาเงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเอาไว้ หลังจากนั้นจะใช้การทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ในพื้นที่ย่อย ๆ เหล่านั้น

2) การแบ่งแยกและการรวบรวม (split-and-merge)

กระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม [4,5] ของ Horowitz และ Pavlidis ได้นำมาประยุกต์เพื่อแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยหลาย ๆ ส่วนโดยใช้เงื่อนไขของความเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง

กำหนดให้ X เป็นพื้นที่ทั้งหมดของภาพต้นแบบและ $f(i,j)$ เป็นค่าความเข้ม (intensity) ของจุดภาพ ให้ S_i เป็นสับเซ็ทของการเชื่อมต่อ (connected subset) ของ X และ $d(S_i)$ เป็นค่าการวัดความแตกต่างหรือความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneity) ของสับเซ็ท S_i โดยมี $P(S_i)$ เป็นตัวตัดสินทางตรรกที่แสดงความเป็นเนื้อเดียวกัน (logical homogeneity predicate) โดยที่

$$P(S_i) = \text{จริง ถ้าเพียงแต่ } d(S_i) < \varepsilon$$

โดยมีค่า ε เป็นเทรสโฮลด์ของความเป็นเนื้อเดียว (homogeneity threshold) เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทา (grey scale) ให้กับบริเวณภาพ (region) ในขณะที่การวัดความแตกต่างสามารถหาได้จาก

$$d(S_i) = \underset{S_i}{Max}\, f(k,l) - \underset{S_i}{Min}\, f(k,l)$$

บริเวณพื้นที่ทั้งหมดของภาพต้นแบบ X ได้ถูกแบ่งแยกออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ จำนวน m บริเวณที่เป็นสับเซ็ท S_i คือ $S_1, S_2, \ldots, S_m$ ที่ทำให้

(a) $X = \bigcup_{i=1}^{m} S_i$

(b) $S_i \bigcap S_j = \phi$ สำหรับค่า i และ j ทั้งหมดโดยที่ $i \neq j$; เมื่อ ϕ หมายถึงเซ็ทว่าง

(c) $P(S_i) =$ จริง สำหรับ $i = 1, 2, \ldots, m$

(d) $P(S_i \bigcup S_j) =$ เท็จ สำหรับค่า i และ j ทั้งหมดโดยที่ $i \neq j$

เมื่อ $\bigcup$ คือ ยูเนียน

$\bigcap$ คือ อินเตอร์เซกชั่น

เงื่อนไข (a) เป็นการแสดงให้เห็นว่าการทำเซ็กเมนเตชั่นภาพนั้นเสร็จสมบูรณ์ คือจุดภาพแต่ละจุดจะต้องอยู่ในบริเวณภาพ เงื่อนไข (b) เป็นการแสดงว่าจะไม่มีสองบริเวณใด ๆ ที่ซ้อนทับกัน (overlap) เงื่อนไข (c) แสดงให้เห็นว่าในแต่ละบริเวณจะให้ความแตกต่างอยู่ภายในเงื่อนไข ε ที่กำหนด กล่าวคือ กลุ่มจุดภาพต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณหนึ่ง ๆ จะต้องสอดคล้องกับตัวตัดสิน $P(S_i)$ เงื่อนไขสุดท้าย (d) แสดงถึงบริเวณ S_i และ S_j มีความแตกต่างกันเนื่องจากตัวตัดสิน $P(S_i)$

โดยนำเงื่อนไขทั้ง 4 มาใช้กับ 2 กระบวนการดังนี้

- กระบวนการรวบรวม จะพยายามรวบรวมสับเซ็ท S_i กับสับเซ็ทข้างเคียงเข้ากันเป็นก้อนเดียว จนกระทั่งพบความแตกต่างเกิดขึ้นเนื่องจากตรงกับเงื่อนไข (d) คือ $P(S_i \bigcup S_r) =$ เท็จ ที่แสดงว่าไม่สามารถรวบรวมเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันได้อีก จึงจะหยุดการรวบรวมสำหรับกลุ่มนั้น
- กระบวนการแบ่งแยก จะทำการแบ่งแยกในพื้นที่ย่อยที่เหลือทั้งหมดจากกระบวนการรวบรวมที่ผ่านมา โดยถ้าหากตรวจสอบแล้วพบว่าเป็นไปตามเงื่อนไข (c) คือ $P(S_i) =$ จริง นั่นแสดงว่าสับเซ็ทนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกัน จะไม่ทำกระบวนการใด ๆ แต่ถ้าหากพบว่าเป็นเท็จก็จะทำการแบ่งแยกสับเซ็ทออกเป็นสับเซ็ทย่อยลงไป

3) ฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ (local area histogram equalization)

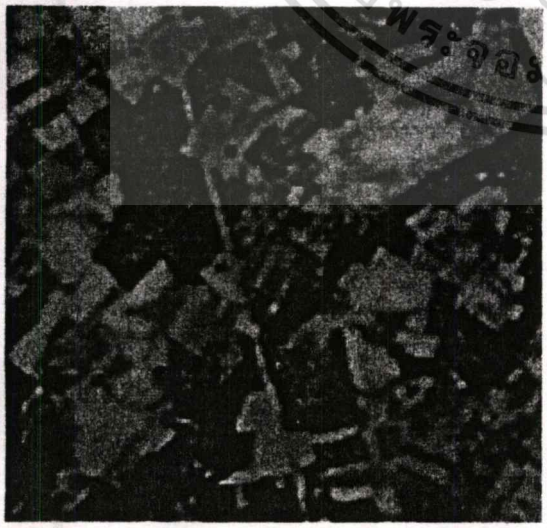
วิธีการแบ่งแยกและการรวบรวมนั้นได้แบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยหลาย ๆ ส่วน โดยในแต่ละพื้นที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันจากลักษณะความคล้ายกันของเนื้อภาพ วิธีการฮีสโตแกรมอีควอไลส์จะนำมาประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่ย่อยทุก ๆ พื้นที่ ดังนั้นภาพผลลัพธ์จึงเกิดจากการปรับปรุงภาพโดยฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

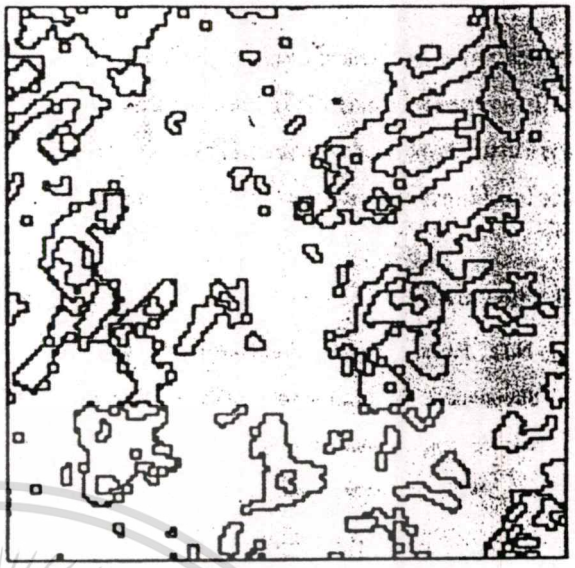
4) ผลลัพธ์จากการทดลอง

ภาพถ่ายดาวเทียม TM แบนด์ที่ 5 ได้นำมาใช้ในการทดลอง ภาพต้นแบบแสดงดังรูปที่ 1 ผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (global histogram equalization) แสดงได้ดังรูปที่ 2 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม (split-and-merge) ที่มีค่าเทร์สโฮลด์ของความเป็นเนื้อเดียว (homogeneity threshold) ε เท่ากับ 30 แสดงได้ดังรูปที่ 3 และผลลัพธ์ที่ได้จากฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ (local area histogram equalization) ที่นำพื้นที่ย่อยจากรูปที่ 3 มาใช้นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียม TM แบนด์ที่ 5



รูปที่ 2 ผลลัพธ์จากการทำฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (global histogram equalization)



รูปที่ 3 ภาพพื้นที่ย่อยที่ได้จากกระบวนการแบ่งแยกและการรวบรวม (split-and-merge) ที่ใช้ค่า ε=30

รูปที่ 4. ผลลัพธ์จากฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ (local area histogram equalization)

5) สรุปผล

การปรับปรุงภาพโดยการใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์ทั้งภาพ (global histogram equalization) ที่แสดงดังรูปที่ 2 จะปรากฏผลกระทบจากความเข้มอิ่มตัวในพื้นที่บางส่วนที่เกือบจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นความชัดเจนของรายละเอียดในพื้นที่เล็ก ๆ เหล่านี้จะเสียไป ในขณะที่การปรับปรุงภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมอีควอไลส์แบบเฉพาะที่ในพื้นที่ย่อย (local area histogram equalization) ดังแสดงในรูปที่ 4 นั้นพบว่าสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหาการเกิดความเข้มอิ่มตัวได้ จุดประสงค์ของวิธีการปรับปรุงภาพโดยวิธีนี้เป็นการเพิ่มความชัดเจนและรายละเอียดภายในบริเวณที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันนั่นเอง ดังนั้นภาพผลลัพธ์สามารถนำไปใช้แปลความหมายหรือการจำแนกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเป็นอย่างมาก

6) เอกสารอ้างอิง

[1] N.L. Faust, "Image Enhancement", vol. 20 Supplement 5 of Encyclopedia of Computer science and technology, edited by A. Kent and J.G. Willians, New York, Marcel Rekker, Inc. 1989.

[2] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley publishing company, 1992.

[3] A.K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Printice-Hall International Editions, 1989.

[4] S.L. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture segmentation by a directed split-and-merge procedure", Proc. 2nd Ind. Joint conf. on Pattern Recognition, Aug. 13-15,1974, pp.424-428.

[5] Y. Pramotepipop and F. Cheevasuvit, "Modification of split-and-merge algorithm for image segmentation", Proc. 9th Asian Conf. on Remote Sensing, Nov. 23-29, 2988, pp.26.1-26.6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเกรียงศักดิ์ จิวัธยากูล เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน 2510 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม เมื่อปีการศึกษา 2532 และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จากสถาบันราชมงคลวิทยาเขตพณิชยการพระนคร เมื่อปีการศึกษา 2530

ปี 2533 เข้าทำงานในตำแหน่งวิทยากรระดับ 3 สังกัดแผนกพัฒนาโปรแกรม กองพัฒนาระบบงาน ฝ่ายระบบและระเบียบงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปัจจุบันดำรงตำแหน่งนักคอมพิวเตอร์ระดับ 6 สังกัดแผนกวิชาการคอมพิวเตอร์ กองพัฒนาระบบงาน ฝ่ายระบบและระเบียบงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้