การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

IMAGE ENHANCEMENT USING MULTIPEAK MODIFIED HISTOGRAM

กาญจนา วงษ์ศรีทอง
KANCHANA WONGSRITONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-562-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

IMAGE ENHANCEMENT USING MULTIPEAK MODIFIED HISTOGRAM

กาญจนา วงษ์ศรีทอง

KANCHANA WONGSRITONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2542

ISBN 974-622-562-6

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33894
วัน, เดือน, ปี.....17 ก.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMAGE ENHANCEMENT USING MULTIPEAK MODIFIED HISTOGRAM

KANCHANA WONGSRITONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

ISBN 974-622-562-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค
IMAGE ENHANCEMENT USING MULTIPEAK MODIFIED HISTOGRAM

ชื่อนักศึกษา นางสาวกาญจนา วงษ์ศรีทอง

รหัสประจำตัว 40061020

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุรพันธ์	เอื้อไพบูลย์	
ผศ.ดร.ยุทธพงษ์	รังสรรค์เสรี	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวสุวิทย์	
รศ.พิพัฒน์	เลาหสงคราม	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 30 กรกฎาคม 2542 เวลา 12.00 - 13.00 น.

สถานที่สอบ ห้องสอบวิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตึก 12 ชั้น ชั้น 4 ห้อง (E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 **เดือน** สิงหาคม **พ.ศ.** 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค
นักศึกษา	นางสาวกาญจนา วงษ์ศรีทอง
รหัสประจำตัว	40061020
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุม	รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์

บทคัดย่อ

การปรับปรุงภาพเป็นวิธีการเพิ่มความสามารถในการแยกแยะข้อมูลภาพที่มองเห็น วิธีพื้นฐานในการปรับปรุงภาพคือการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของจุดภาพ ซึ่งการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมเป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการปรับความคมชัดของภาพ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพมีการยืดค่าระดับสีเทาของภาพมืดหรือดำสุดออกไปถึงค่าความสว่างขาวสุด ทำให้เกิดผลเสียในเรื่องความสว่างอิ่มตัว(Brightness Saturation)จากบริเวณภาพที่มีค่าระดับสีเทาสว่างมากหรือมืดมากติดต่อใกล้เคียงในบริเวณเดียวกัน จึงไม่สามารถพิจารณาเห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นได้ และไม่รักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้งานทางด้านอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ เช่น ทีวี ดังนั้นการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคจึงถูกเสนอขึ้นมา โดยแบ่งเป็นการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยหลักการทั้งสองวิธี คือการแบ่งแต่ละยอดโค้งของฮีสโตแกรม(Peaks of Histogram)แยกออกจากกันอย่างอิสระในการปรับปรุงภาพ ซึ่งเป็นการแก้ไขเรื่องความสว่างอิ่มตัว และยังรักษาระดับค่าเฉลี่ยความสว่าง(Mean Brightness)ของภาพต้นแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Image Enhancement Using Multipeak Modified Histogram
Student	Miss Kanchana Wongsritong
Student ID.	40061020
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	1999
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Fusak Cheevasuvit

ABSTRACT

Image enhancement, modifying the value of picture elements, is a classical method for improving the visual perception. Histogram modification is widely used for contrast enhancement due to its simple function and effectiveness. However, the global histogram modified which are spread out and always reach whitest brightness will cause an effect on brightness saturation in some almost homogeneous area. Then, it cannot considerate the details of image in saturation region, and the brightness mean of original cannot preserve. Thus, it is rarely utilized in consumer electronic products such as TV where preserving original input brightness may necessary. Therefore, the multipeak histogram modified have been proposed and divided to multipeak equalization and multipeak linear contrast stretching. Both methods, each detected peak of histogram is independently contrasted. So, not only the effect of brightness saturation can be defeated but also the brightness mean of original can be efficiently preserved. Consequently, the better perceptibility can be obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาทวิชา คำแนะนำและคำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ผู้เขียนรู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ ที่ได้ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบพระคุณท่านกรรมการสอบทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่ได้ให้กำลังใจ และแรงผลักดันตลอดมา ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆนักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กาญจนา วงษ์ศรีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 คำนำ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... ..2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

บทที่ 2 รูปแบบข้อมูลภาพ และการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรม.....4

2.1 คำนำ 4

2.2 การแสดงภาพดิจิตอล รูปแบบข้อมูล และฮีสโตแกรมของภาพ 4

2.2.1 การแสดงภาพดิจิตอล.....4

2.2.2 รูปแบบข้อมูลภาพ.....5

2.2.3 ฮีสโตแกรมของรูปภาพ.....12

2.3 ปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรม 18

2.3.1 การปรับปรุงภาพแบบการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น 21

2.3.2 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮีสโตแกรม 24

2.4 บทสรุป 30

บทที่ 3 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน 31

3.1 คำนำ 31

3.2 การหาความสว่างค่ากลางของภาพ 31

3.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน 32

3.4 บทสรุป ..... .42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 กรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม 43

4.1 คำนำ 43

4.2 กรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม 43

4.3 ลำดับขั้นตอนในการปรับปรุงฮีสโตแกรม 44

4.3.1 การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น 44

4.3.2 การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือ
ระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน 46

4.3.3 การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็น
ของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน 47

4.3.4 การหาตำแหน่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพีคฮีสโตแกรม
หรือจุดเบรคพอนย์ 48

4.4 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งพีคฮีสโตแกรม 50

4.5 บทสรุป 51

บทที่ 5 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค 52

5.1 คำนำ 52

5.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค 52

5.3 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค 60

5.4 บทสรุป 72

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา 73

6.1 สรุปผลการวิจัย 73

6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ 75

เอกสารอ้างอิง 76

ภาคผนวก 77

ภาคผนวก ก. โปรแกรมการประมวลผล 78

ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 102

ประวัติผู้เขียน 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆกัน.....8

2.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบท์(8บิท) ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ m ต่างๆกัน 8

3.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรม แบบแยกสองส่วน และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ.....41

5.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรม แบบมัลติพีค และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน.....60

5.2 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Ama128.img.....66

5.3 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Camera man.img.....67

5.4 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Barbara.img..... 68

5.5 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Jet.img..... 69

5.6 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Lena512.img.....71

5.7 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรม เชิงเส้นแบบมัลติพีค เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และ เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน.....71

6.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคต่างๆ.....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ภาพดิจิตอลแบบขาวดำหรือโมโนโครม.....5

2.2 รูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชั่นทางสปาเชียล 9

2.3 รูปภาพขนาด1,024 x 1,024 ที่แสดงด้วยจำนวนระดับสีเทาต่างๆ.....10

2.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่อสี่เหลี่ยมเล็กตรงกลางซึ่งมีค่าความเข้ม
เท่ากันแต่จะเห็นสี่เหลี่ยมเล็กดำขึ้นเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า 12

2.5 ฮีสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบดีสครีต (b) รูปแบบต่อเนื่อง 13

2.6 รูปภาพหนึ่งมิติอย่างง่าย (a) รูปภาพในลักษณะสามเหลี่ยม (b) ฮีสโตแกรมของภาพ(a) 14

2.7 ฮีสโตแกรมสำหรับเกาเซียนพัลส์.....15

2.8 การกระทำแบบเชิงเส้น.....16

2.9 แสดงฮีสโตแกรมแบบต่างๆ.....17

2.10 จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ขนาด 3x3 19

2.11 ฟังก์ชันการแปลงระดับสีเทาในการปรับปรุงภาพโดยการปรับความคมชัดของภาพ.....20

2.12 แสดงการยืดฮีสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้น 23

2.13 ผลลัพธ์จากเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น 24

2.14 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ รูปภาพ Minis.img ขนาด 256x256 28

2.15 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ รูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256 29

3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงรูปภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่า
ฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน 35

3.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Ama128.img ขนาด 128x128 37

3.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256.....38

3.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Lena.img ขนาด 512x512 39

3.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512.....40

4.1 การประมาณค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นให้กับระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล 46

4.2 แสดงการเลื่อนหน้าต่างการคำนวณไปตามระดับสีเทาต่างๆ.....47

4.3 แสดงค่าเครื่องหมายความแตกต่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับค่าสีเทาที่ใกล้เคียงกัน.....48

4.4 แสดงพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพหลังจากมีการปรับฮีสโตแกรมตามขั้นตอนต่างๆ 48

4.5 โฟลว์ชาร์ตแสดงกรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม 49

4.6 การแบ่งพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพAma128.img ขนาด 128x128.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.7 การแบ่งพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256.....50
5.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงความแตกต่างในภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่า
ฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค 55
5.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพAma128.img ขนาด 128x128 56
5.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256 57
5.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Barbara.img ขนาด 512x512 58
5.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512 59
5.6 แสดงการกระจายข้อมูลที่มีการตัดค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน.....63
5.7 แสดงการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นในแต่ละพีค.....64
5.8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงรูปภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค..... 65
5.9 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Ama128.img ขนาด 128x128..... 66
5.10 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256.....67
5.11 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Barbara.img ขนาด 512x512 69
5.12 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็ว และแนวโน้มของราคาเครื่องคอมพิวเตอร์จะลดลงเรื่อยๆจึงเอื้ออำนวยต่อการนำคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ประมวลผลภาพเป็นไปอย่างกว้างขวาง ข้อมูลภาพที่จะถูกนำมาประมวลผลนั้นถ้าเป็นภาพขาวดำ(Monochrome)จะเป็นข้อมูลสองมิติ ซึ่งจะเขียนเป็นฟังก์ชันของตำแหน่งทางสปาเชียล(Spatial Co-ordinate) โดยค่าของฟังก์ชันจะเป็นระดับความสว่างของจุดภาพ ณ.จุดนั้น ดังนั้นข้อมูลภาพขาวดำจึงอยู่ในรูปของข้อมูลเชิงตัวเลข ส่วนข้อมูลภาพสีก็อาจจะเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันสามมิติโดยเพิ่มมิติของสีเข้าไป สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเฉพาะข้อมูลภาพขาวดำ โดยปกติแล้วข้อมูลภาพขาวดำที่ได้รับมาอาจจะมีปัญหาเรื่องความแตกต่าง(Contrast)ภายในภาพต่ำ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆจะปรากฏอยู่ในช่วงแคบๆ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะรายละเอียดของข้อมูลในภาพได้ วิธีการพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาให้จุดภาพ หรือที่เรียกว่าการปรับปรุงฮีสโตแกรมของภาพ (Histogram Modification) วิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและใช้เวลาการประมวลผลน้อย จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบเดิมมีการกระทำตลอดย่านความสว่าง มีปัญหาการเกิดค่าความสว่างอิ่มตัวในบางส่วนของภาพ และไม่รักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบเอาไว้ได้ ต่อมามีการนำเสนอการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยอาศัยความสว่างค่ากลางของภาพในการแยกการปรับเท่าภาพในแต่ละส่วน ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพแต่ยังเกิดปัญหาค่าความสว่างอิ่มตัวอยู่

ในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้รูปร่างของฮีสโตแกรมมาแยกปรับปรุงข้อมูลภาพในแต่ละพีคฮีสโตแกรมอย่างอิสระ โดยการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพ โดยทำให้ความแตกต่างของข้อมูลภาพสูงมากขึ้น ทั้งยังสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพเดิมไว้ได้ และแก้ปัญหาค่าความสว่างอิ่มตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีคสามารถแก้ปัญหาการเกิดค่าความสว่างอิ่มตัวได้ดีกว่าวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงภาพโดยปรับความคมชัดของภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยจะเป็นการศึกษาถึงวิธีการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบดั้งเดิม เปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงใหม่ที่นำเสนอขึ้น

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในส่วนของการวิจัยได้เสนอการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค แบ่งเป็น 2 แบบ คือ การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค เพื่อที่จะสามารถปรับปรุงภาพให้มีคุณภาพดีขึ้น ทำให้ความแตกต่างภายในภาพเพิ่มสูงขึ้น

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะแบ่งย่อยออกเป็น 6 บท โดยแต่ละบทมีหัวข้อและเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงบทนำและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย และขอบเขตเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่2 รูปแบบข้อมูลภาพ และการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรม

กล่าวถึงการแสดงภาพดิจิตอล รูปแบบของข้อมูลภาพดิจิตอล ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับฮีสโตแกรม การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบดั้งเดิม คือ การปรับปรุงภาพแบบการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น และการปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮีสโตแกรม ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับความคมชัดของภาพ

บทที่ 3 การปรับปรุงภาพแบบด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

กล่าวถึงการหาความสว่างค่ากลางของภาพ ซึ่งเป็นค่าสำคัญในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน และแสดงหลักการในการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

บทที่ 4 กรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม

กล่าวถึงกรรมวิธีการหาการหาจุดแยกพีคฮีสโตแกรม โดยมีกรรมวิธีในการปรับฮีสโตแกรมให้เรียบขึ้นก่อนการหาค่าระดับสีเทาที่เป็นจุดแบ่งพีค ซึ่งเป็นค่าสำคัญในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การปรับปรุงภาพแบบด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

กล่าวถึงการใช้จุดแยกพีคฮีสโตแกรมที่หาได้ดังกรรมวิธีในบทที่4 มาใช้ในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ซึ่งแบ่งเป็นเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

กล่าวถึงผลสรุปจากการเปรียบเทียบ เทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบดั้งเดิม เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน และเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค พร้อมทั้งวิจารณ์ถึงข้อดีข้อเสียพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการวิจัยที่สามารถพัฒนาต่อไปได้

และในส่วนสุดท้ายซึ่งเป็นภาคผนวก จะเป็นรายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ในแต่ละบท เพื่อความสะดวกของผู้ที่ค้นคว้าวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
รูปแบบข้อมูลภาพ และการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรม

2.1 คำนำ

เนื้อหาภายในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงลักษณะของข้อมูลภาพดิจิตอล ขนาดของภาพ รูปแบบข้อมูลภาพ รายละเอียดของภาพ(Resolution) จำนวนระดับสีเทาของภาพ ฮีสโตแกรมของภาพ และวิธีการปรับปรุงฮีสโตแกรมของภาพเพื่อเพิ่มความแตกต่าง(Contrast)ภายในภาพ สำหรับวิธีการปรับปรุงฮีสโตแกรมของภาพที่จะกล่าวถึงนั้นจะมี 2 วิธีที่ใช้กันอยู่อย่างกว้างขวาง คือวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรม(Histogram Equalization) ซึ่งจะพยายามกระจายจำนวนจุดภาพให้กับบางค่าของระดับสีเทาในปริมาณใกล้เคียงกัน วิธีการนี้จะได้ภาพที่มีความแตกต่างสูงมาก แต่จะเกิดปัญหาการอิ่มตัวของค่าระดับสีเทาของจุดภาพในบริเวณที่เกือบเป็นเอกพันธ์(Equi-homogenous) โดยจะทำให้บริเวณดังกล่าวกลายเป็นเอกพันธ์ไปเลย ส่วนอีกวิธีจะเป็นการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น(Linear Contrast Stretching) วิธีการนี้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องความอิ่มตัวของค่าระดับสีเทาของจุดภาพ

2.2 การแสดงภาพดิจิตอล รูปแบบข้อมูล และฮีสโตแกรมของภาพ

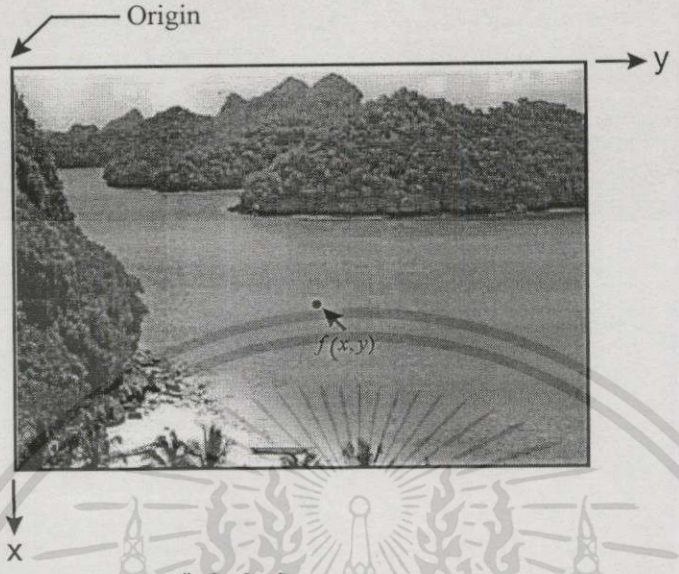
2.2.1 การแสดงภาพดิจิตอล(digital image representation)

ภาพขาวดำที่เป็นข้อมูลดิจิตอลนี้ มักจะถูกแทนด้วยฟังก์ชันสองมิติที่เขียนอยู่ในรูป $f(x, y)$ โดย (x, y) จะเป็นตำแหน่งหรือโคออดิเนทท่างสปาเชียล ส่วนค่าของฟังก์ชันจะเป็นระดับของความสว่างณ.จุดภาพดังกล่าว ซึ่งบางครั้งจะเรียกว่าค่าระดับสีเทา(Brightness or Gray level) ในแต่ละภาพจะมีจำนวนระดับสีเทากี่ระดับก็จะขึ้นกับจำนวนบิทที่นำมาเข้ารหัสว่ามีกี่บิท(Bit) ในบางครั้งถ้ากำหนดให้ค่าของฟังก์ชันหรือค่าระดับสีเทาอยู่ในแกน Z ก็จะสามารถพล็อต(Plot)ข้อมูลภาพดิจิตอลเป็นรูปสามมิติได้ แต่การมองภาพเป็นการมองในแนวตั้งฉาก ดังนั้นค่าความสูงของระดับสีเทาในแกน Z จึงถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นความขาวดำของจุดภาพในรูปสองมิติแทนดังแสดงในรูปที่2.1 ถ้าหากจุดภาพที่อยู่ชิดติดกันมีความแตกต่างของระดับสีเทาสูงก็จะเกิดเป็นขอบของวัตถุในภาพขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆนี้เองจะทำให้ผู้มองสามารถแยกแยะรายละเอียดของภาพหรือสามารถจำแนก(Classify)วัตถุต่างๆในภาพได้

เนื่องจากตำแหน่งโคออดิเนท (x, y) จะเป็นเลขจำนวนเต็มหน่วย(Integer) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งโคออดิเนทจึงเป็นจุดภาพที่เรียกกันว่าพิกเซล(Pixel หรือ Picture Element) โดยขนาดของภาพขึ้นอยู่กับค่า x และ y ที่จะแบ่งไป ตัวอย่างเช่นดังรูปที่2.1 ซึ่งเป็นภาพขนาด 512x512 จุดภาพ และค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพจะถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิท จะได้ความแตกต่างของความสว่างหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสีเทาเป็น 256 ระดับ และจุดมุมบนขวาของภาพจะเป็นจุดออริจิน(Origin) ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของภาพคือ (0,0)



รูปที่ 2.1 ภาพดิจิตอลแบบขาวดำหรือโมโนโครม

2.2.2 รูปแบบข้อมูลภาพ

ฟังก์ชันของข้อมูลภาพจะหมายถึงฟังก์ชันค่าความสว่างของแสงในสองมิติ ซึ่งอธิบายโดยค่า $f(x,y)$ เมื่อค่าหรือแอมพลิจูดของ f ที่โคออดิเนท (x,y) จะเป็นค่าความเข้มหรือค่าความสว่างของภาพที่ตำแหน่งนั้น โดย $f(x,y)$ เป็นรูปแบบของพลังงานที่ต้องไม่เป็นศูนย์ถึงอินฟินิตี้ ดังสมการ

$$0 < f(x,y) < \infty \qquad (2.1)$$

ภาพที่ปรากฏแก่สายตามนุษย์จะเกิดมาจากการสะท้อนของแสงจากวัตถุ โดยธรรมชาติของฟังก์ชัน $f(x,y)$ จะเป็นลักษณะที่ประกอบด้วยสององค์ประกอบคือ (1)จำนวนแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบบนฉากจนเกิดเป็นรูปภาพขึ้น (2)ปริมาณแสงที่สะท้อนโดยวัตถุในฉาก ซึ่งสามารถอธิบายโดยองค์ประกอบการให้แสงสว่าง(Illumination Component) และการสะท้อนแสง (Reflectance Component) แทนด้วย $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ตามลำดับ ซึ่งฟังก์ชัน $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ร่วมกันสร้างค่า $f(x,y)$ ดังสมการ

$$f(x,y) = i(x,y)\, r(x,y) \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$0 < i(x,y) < \infty \qquad (2.3)$$

และ

$$0 < r(x,y) < 1 \qquad (2.4)$$

สมการ(2.4) แสดงได้ว่าค่าการสะท้อนแสงจะอยู่ในย่าน 0 คือเกิดการดูดกลืนแสงหมด (Total Absorption) ถึงค่า 1 คือเกิดการสะท้อนแสงหมด(Total reflectance) ธรรมชาติของ $i(x,y)$ จะถูกพิจารณาโดยแหล่งกำเนิดแสง และ $r(x,y)$ จะถูกพิจารณาโดยลักษณะของวัตถุที่จะสะท้อน

ค่าความสว่างของภาพโมโนโครม f ที่โคออดิเนท (x,y) ก็คือระดับสีเทา (l) ของภาพที่จุดนั้น จากสมการ(2.2) ถึง (2.4) จะให้ค่า l จะอยู่ในย่านดังสมการ

$$L_{min} \leq l \leq L_{max} \qquad (2.5)$$

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

จากความเหมาะสมกับกรรมวิธีทางคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันรูปภาพ $f(x,y)$ จะต้องมีการดิจิไตน์ทั้งทางสปาเชียล และทางแอมพลิจูด การดิจิไตน์ทางโคออดิเนททางสปาเชียล (x,y) เรียกว่าการแซมปิ้งภาพ(Image sampling) และการดิจิไตน์ทางแอมพลิจูดเรียกว่าการควอนไตน์ระดับสีเทา (Gray-level Quantization)

สมมุติว่าฟังก์ชันรูปภาพที่ต่อเนื่องกันถูกแบ่งเป็นแซมเปิ้ลที่จัดเรียงโดยมีช่องห่างระหว่างกันเป็นระยะเท่าๆกัน ในรูปแบบอาเรย์ NxM ดังแสดงในสมการ(2.6) เมื่อสมาชิกแต่ละตัวในอาเรย์เป็นปริมาณดีสครีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

จากทางด้านขวามือของสมการ(2.6) จะแสดงในรูปแบบทั่วๆไปของภาพดิจิตอล แต่ละสมาชิกของอาเรย์จะหมายถึงจุดภาพของภาพ

ในการอธิบายในเรื่องการแซมปิ้ง และการควอนไตน์เซชั่นนั้น ให้ Z เป็นเซตของจำนวนเต็ม และ R เป็นเซตของจำนวนจริง กรรมวิธีในการแซมปิ้งอาจมองระนาบ xy เป็นตาราง โดยโคออดิเนทตรงกลางของตารางจะเป็นหน่วยย่อยในคาร์ทีเซียน $Z \times Z$ (หรือเขียนเป็น Z^2) ซึ่งจะเป็นเซตของหน่วย(a, b) เมื่อ a และ b เป็นจำนวนเต็มจาก Z ดังนั้น $f(x,y)$ เป็นรูปภาพดิจิตอล ถ้า (x, y) เป็นจำนวนเต็มจาก $Z \times Z$ และ f เป็นฟังก์ชันของค่าระดับสีเทา(ค่าจำนวนจริง, R) ที่โคออดิเนทตำแหน่ง(x, y) ถ้าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็มจึงมีการแทนค่า R ด้วยค่า Z และภาพดิจิตอลเป็นฟังก์ชันสองมิติ(2-D) ซึ่งมีค่าโคออดิเนท และค่าระดับสีเทาเป็นจำนวนเต็ม

กรรมวิธีทางดิจิตอลจะมีการพิจารณาค่า N, M เป็นจำนวนจุดภาพในลักษณะดีสครีต และ G เป็นระดับสีเทา โดยทั่วไปกรรมวิธีทางดิจิตอล รูปภาพจะมีค่าต่างๆเท่ากับจำนวนเต็มยกกำลังสอง กล่าวคือ

$$N = 2^n, \quad M = 2^k \quad (2.7)$$

และ

$$G = 2^m \quad (2.8)$$

เมื่อ G เป็นจำนวนระดับสีเทาที่เป็นค่าดีสครีตที่มีค่าห่างเป็นระยะเท่าๆกันระหว่างค่า 0 ถึง L เป็นสเกลสีเทา จากการใช้สมการ(2.7) และ(2.8) มาใช้พิจารณาจำนวนบิทที่ใช้ในการเก็บรูปภาพจากการดิจิไตน์

$$b = N \times M \times m \quad (2.9)$$

โดยปกติภาพมักจะถูกกำหนดให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสกล่าวคือ $M = N$ ทำให้

$$b = N^2 m \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างเช่น รูปภาพขนาด 128x128 ที่มีค่าระดับสีเทา 64 ระดับ การเก็บภาพดิจิตอลนี้ต้องการหน่วยความจำในการเก็บ 98,304 บิท จากตารางที่2.1 เป็นการแสดงค่า b จากสมการ(2.10) ที่มีค่า N และ ต่างๆกัน และจากตารางที่2.2 แสดงหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บรูปภาพเป็นไบท์ข้อมูล ซึ่งหนึ่งไบท์จะมีข้อมูลขนาด 8 บิท

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดหน่วยความจำที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ ต่างๆกัน

N \ m								
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1,024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดหน่วยความจำเป็นไบท์(8บิท) ที่ใช้เก็บรูปภาพที่มีขนาด N และ ต่างๆกัน

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

ค่ารีโซลูชั่น(Resolution) คือระดับของการมองเห็นรายละเอียดภาพได้ จะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ N และ อย่างมาก ถ้าค่าพารามิเตอร์ทั้งสองนี้มีค่าเพิ่มขึ้น อาเรย์ที่ได้จากการดิจิไตน์จะมีความใกล้เคียงกับภาพต้นแบบมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บภาพที่ต้องเพิ่มขึ้น และความเร็วในการจัดเก็บข้อมูลก็ต้องสูงตาม(A/D ที่ใช้และRAMต้องทำงานที่ความเร็วสูง)

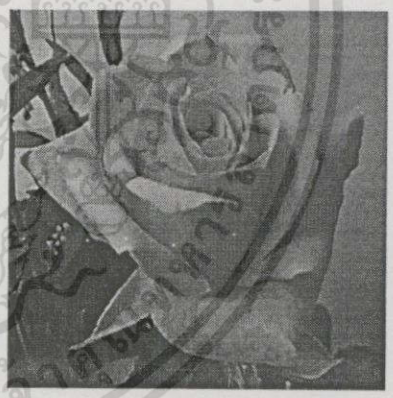
รูปภาพที่มีขนาดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก ดังนั้นการพิจารณาคุณภาพของรูปภาพจะพิจารณาค่า N และ m ซึ่งรูปภาพที่ดีไม่สามารถระบุลงไปได้อย่างชัดเจนได้ เพราะว่าคุณภาพของรูปภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับรูปภาพเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับความต้องการของการนำไปประยุกต์ใช้งานด้วย คุณภาพของภาพดิจิตอลจะถูกทำลายลงเมื่อค่ารีโซลูชั่นทางสปาเชียลและค่าระดับสีเทาของการควอนไตน์เซชั่นลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่2.2(a) แสดงรูปดอกกุหลาบ ที่มีสีเทา 256 ระดับ ขนาด 1,024 x 1,024 และรูปที่ 2.2(b) - 2.2(f) แสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชั่นจาก $N = 1024$ เป็น $N = 512, 256, 128, 64$ และ 32 ตามลำดับ ซึ่งทุกรูปจะมีค่าระดับสีเทามากที่สุด คือ 256 โดยใช้พื้นที่ในการแสดงภาพแต่ละภาพด้วยขนาดเท่ากัน(1,024x1,024)จุดภาพ จุดภาพของภาพที่มีค่ารีโซลูชั่นต่ำจะมีการวางซ้ำกันในการแสดงภาพ เปรียบเทียบภาพในรูปที่2.2(a) กับรูปภาพขนาด 512 x 512 ในรูปที่2.2(b) ถ้าเปรียบเทียบสองรูปนี้แล้ว จะมองเห็นความหยาบของภาพเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และความคมชัดของภาพขนาด 512 x 512 จะลดลงเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้วรายละเอียดของภาพในส่วนนี้จะหายไปเมื่อผ่านกรรมวิธีการพิมพ์ และยากต่อการมองเห็นในภาพที่พิมพ์ จากการลดรีโซลูชั่นให้ต่ำลงเป็นภาพขนาด 128 x 128 จะเริ่มมีรอยยักที่ขอบภาพให้เห็น และความหยาบมากขึ้น ซึ่งจะเห็นรอยยักชัดเจนมากขึ้นเมื่อขนาดของข้อมูลภาพลดลง โดยเฉพาะถ้าขนาดภาพเหลือเพียง 32 x 32 จุดภาพจะมองไม่ออกว่าเป็นรูปภาพอะไร

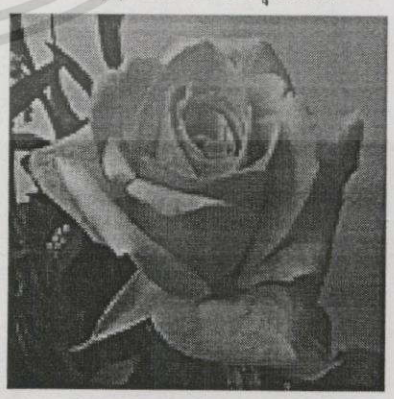
ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงผลจากการลดจำนวนบิทที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทาของภาพ ในรูปที่2.3(a) แสดงภาพขนาด 1,024 x 1,024 ใช้ข้อมูล 8 บิทในการพิจารณา รูปที่2.3(b) - 2.3(f) แสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการลดจำนวนบิทที่ใช้ในการแสดงค่าระดับสีเทา จากค่า $m = 7$ ถึงค่า $m = 1$ โดยค่ารีโซลูชั่นทางสปาเชียลคงที่ คือค่า1,024 x 1,024 โดยภาพที่มีค่าระดับสีเทา 256, 128 และ 64

(a) 1024 x 1024 จุดภาพ



(b) 512 x 512 จุดภาพ

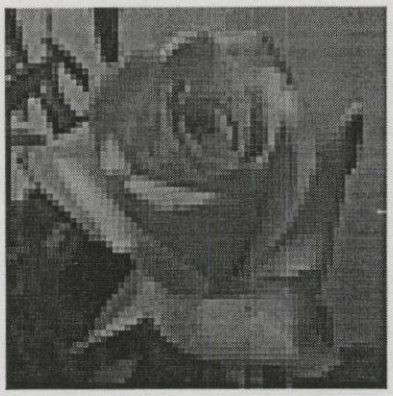
(c) 256 x 256 จุดภาพ



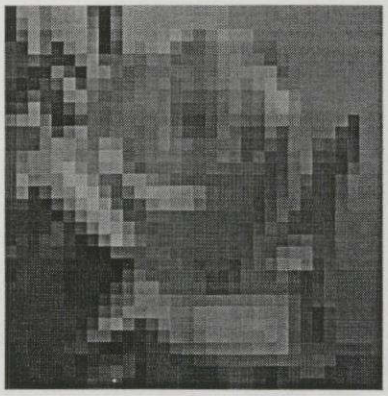
(d) 128 x 128 จุดภาพ

รูปที่ 2.2 รูปภาพผลลัพธ์จากการลดค่ารีโซลูชั่นทางสปาเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(e) 64 x 64 จุดภาพ



(f) 32 x 32 จุดภาพ

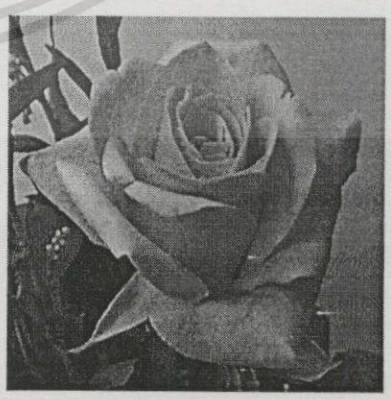
รูปที่ 2.2 (ต่อ)

ระดับ ยังสามารถให้ลักษณะเฉพาะของรูปภาพตามการมองเห็นได้ ส่วนภาพที่มีค่าระดับสีเทา 16 ระดับ หรือน้อยกว่า จะไม่เพียงพอต่อการแสดงภาพดิจิตอลในบริเวณที่มีระดับสีใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดการแสดงการเกิดสีเทียมในบริเวณสีที่ใกล้เคียงกัน(False Contouring) ดังแสดงดังรูปที่ 2.3(g) - 2.3(h) อย่างชัดเจน จากกรรมวิธีแสดงผลเกี่ยวกับคุณภาพของภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงค่า N และ m อย่างอิสระต่อกัน

(a) 256 ระดับ

(b) 128 ระดับ

(c) 64 ระดับ



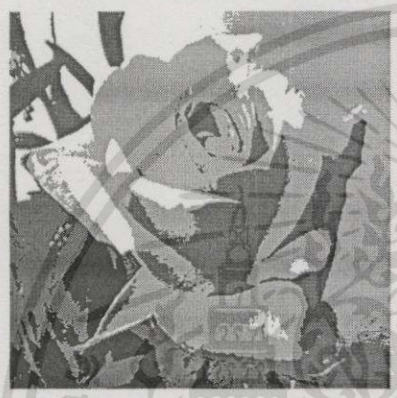
(d) 32 ระดับ

รูปที่ 2.3 รูปภาพขนาด1,024 x 1,024 ที่แสดงด้วยจำนวนระดับสีเทาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(e) 16 ระดับ

(f) 8 ระดับ



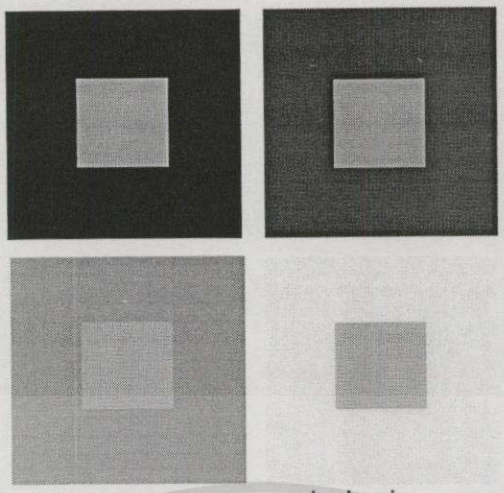
(g) 4 ระดับ

(h) 2 ระดับ

รูปที่ 2.3 (ต่อ)

การมองเห็นค่าความสว่างของภาพหรือค่าความแตกต่างของภาพ(Contrast)ที่มีการเปลี่ยนความคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่ออยู่ที่บริเวณต่างกัน ซึ่งค่าความสว่างที่มองเห็นไม่ได้ขึ้นกับค่าความเข้มแสงของบริเวณภาพส่วนนั้นเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่2.4 พื้นที่สี่เหลี่ยมตรงกลางที่มีค่าความเข้มเท่ากัน แต่ถูกล้อมรอบด้วยสี่เหลี่ยมที่ใหญ่กว่าซึ่งมีค่าความเข้มต่างกัน ดังนั้นภาพที่มองเห็นบริเวณสี่เหลี่ยมตรงกลางจะเห็นมืดกว่าเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



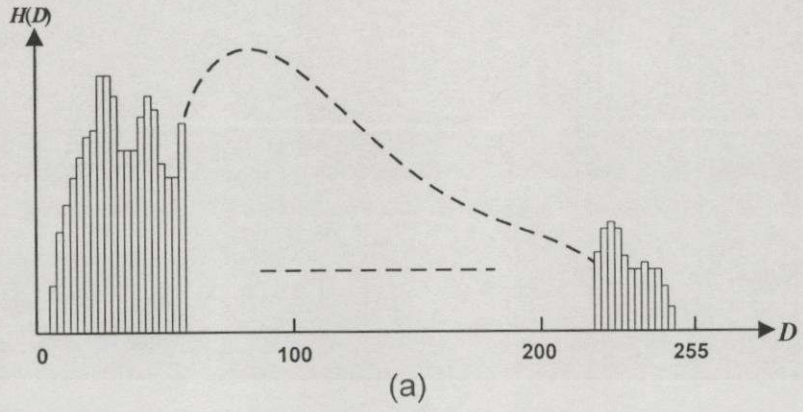
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าคมชัดอย่างเฉียบพลันเมื่อสี่เหลี่ยมเล็กตรงกลางซึ่งมีค่าความ เข้มเท่ากัน แต่จะเห็นสี่เหลี่ยมเล็กดำขึ้นเมื่อบริเวณสี่เหลี่ยมรอบนอกมีความสว่างกว่า

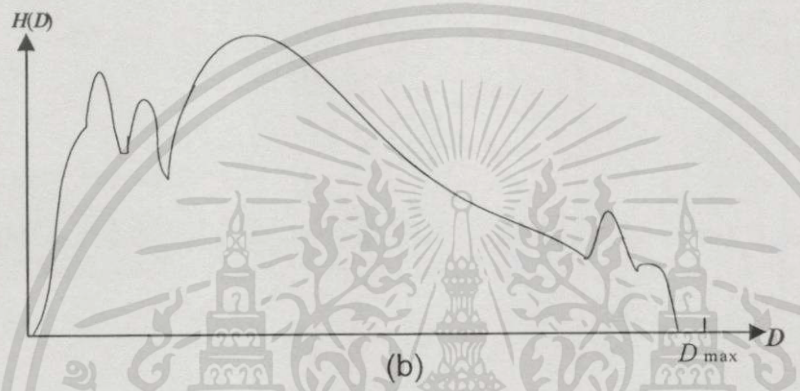
2.2.3 ฮีสโตแกรมของรูปภาพ

จากภาพขาวดำที่ถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิทต่อจุดภาพ ดังนั้นแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่าระดับสีเทาตั้งแต่ 0 ถึง 255 จากการเก็บข้อมูลจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาที่ปรากฏในภาพนั้น จะได้กราฟแท่งความถี่ของค่าระดับสีเทาทั้ง 256 ระดับ ซึ่งกราฟแท่งนี้จะถูกเรียกว่าฮีสโตแกรมของภาพ ความสูงของกราฟแท่งในบางครั้งจะแสดงเป็นจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทา ถ้าแต่ละแท่งของกราฟในฮีสโตแกรมคือ $H(D_i)$ โดย D_i เป็นค่าระดับสีเทาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ($0 \le D_i \le 255$) ตัวอย่างของกราฟแท่งหรือฮีสโตแกรมแสดงได้ดังรูปที่2.5(a) โดยการพล็อตอาจจะทำในรูปของกราฟต่อเนื่องก็ได้อย่างเช่นในรูปที่2.5(b) ถ้าหาก $H(D_i)$ เป็นจำนวนจุดภาพที่ระดับสีเทา D_i ดังนั้นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพดังกล่าวคือ N ซึ่งจะได้จาก

$$N = \sum_{i=0}^{255} H(D_i) \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.5 ฮีสโตแกรมของรูปภาพ (a) รูปแบบดีสครีต (b) รูปแบบต่อเนื่อง

ในกรณีของภาพสี วิธีหนึ่งที่อาจจะนำมาใช้คือฮีสโตแกรมสามมิติ $H(D_{R_i}, D_{B_i}, D_{G_i})$ โดยที่ D_{R_i} จะเป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีแดง D_{B_i} เป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีน้ำเงิน และ D_{G_i} จะเป็นจำนวนจุดภาพระดับ i ของสีเขียว หรืออาจจะเขียนเป็นฮีสโตแกรมหนึ่งมิติจำนวนสามชุดโดยแยกเป็นแต่ละสีอย่างอิสระ ซึ่งเขียนอยู่ในรูป $H(D_{R_i})$, $H(D_{B_i})$ และ $H(D_{G_i})$ ฟังก์ชันของฮีสโตแกรมหนึ่งมิติสามชุดนี้จะมีข้อมูลน้อยกว่าฮีสโตแกรมสามมิติ แต่การนำไปใช้งานจะทำได้ง่ายกว่า ดังนั้นในหนังสือเล่มนี้จะพูดถึงเฉพาะฮีสโตแกรมหนึ่งมิติเท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากภาพโมโนโครมหรือภาพขาวดำ เมื่อค่าระดับสีเทาที่กำหนดไว้ณ.ระดับที่ D ที่ปรากฏอยู่ภาพในเคริฟวงปิด(Closed Curve) ถ้า $A(D)$ เป็นพื้นที่ที่ปิดล้อมค่า D จะได้ว่า

$$H(D) = \lim_{\Delta D \to 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{\Delta D} = \frac{-\mathrm{d}A}{\mathrm{d}D} \qquad (2.12)$$

โดย D เป็นค่าคงที่ที่ถูกปิดล้อมด้วยจุดภาพต่างๆที่มีค่าระดับสีเทามากกว่าหรือเท่ากับ D ดังนั้น

$$A(D) = \int_D^{\infty} H(D')dD' \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้า $A_I = \int^{\infty} H(D')\mathrm{d}D'$ เป็นพื้นที่ของทั้งภาพ มีบ่อยครั้งที่ใช้ฮีสโตแกรมเป็นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น(Probability Density) ดังนั้นการนอมอลไลน์พื้นที่ของภาพให้เป็นหนึ่ง ดังนั้นความหนาแน่นความน่าจะเป็นของจุดภาพในระดับสีเทา D คือ

$$P(D) = H(D) / A_I \tag{2.14}$$

ตัวอย่างของฮีสโตแกรมหนึ่งมิติ และสองมิติมีดังนี้

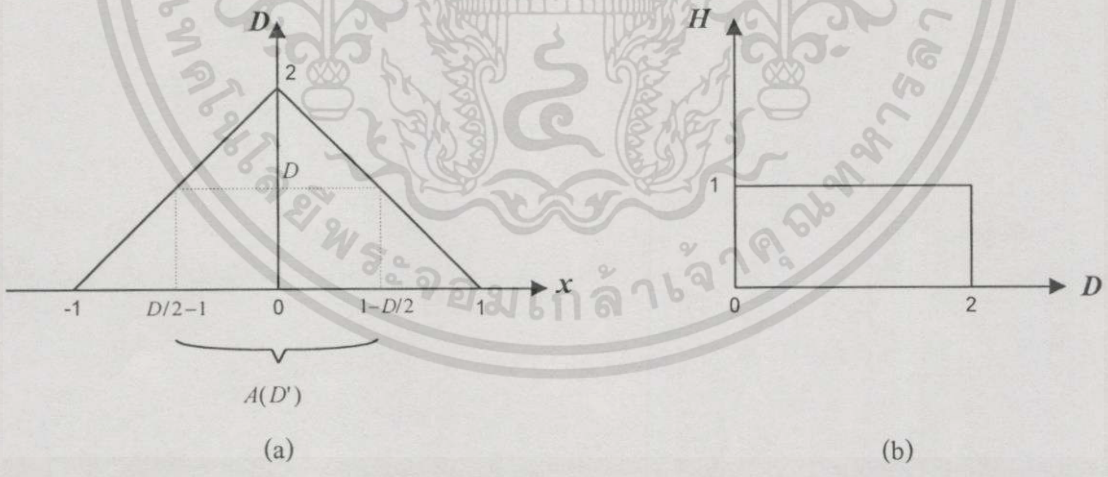
กรณีพัลส์หนึ่งมิติ

$$D(x) = \begin{cases} 2-2x & 0 \le x \le 1 \\ 2+2x & -1 \le x \le 0 \end{cases} \tag{2.15}$$

ดังนั้นที่ค่าระดับสีเทามากกว่าหรือเท่ากับระดับสีเทา D จะให้พื้นที่เป็น 2- D โดยที่

$$H(D) = \frac{-\mathrm{d}A}{\mathrm{d}D} = 1 \tag{2.16}$$

จากผลที่ได้แสดงเป็นฮีสโตแกรมในรูปที่ 2.6(b)



(a) (b)

รูปที่ 2.6 รูปภาพหนึ่งมิติอย่างง่าย (a) รูปภาพในลักษณะสามเหลี่ยม (b) ฮีสโตแกรมของภาพ(a)

กรณีพัลส์แบบเกาเซียน(Gaussian)สองมิติ เมื่อ $D(r,\theta) = \exp(-r^2)$ โดย $0 \le r \le \alpha$ และ $0 \le \theta \le 2\pi$ ระดับค่าคงที่ D จะเป็นวงกลมที่มีรัศมี $r(D) = \sqrt{-\ln D}$ พื้นที่ภายในวงล้อมปิดของวงกลม คือ

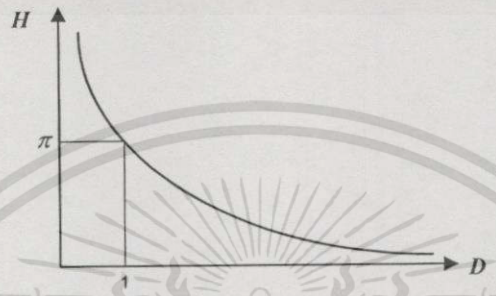
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A(D) = \pi(r(D))^2 s = -\pi \ln D \qquad (2.16)$$

ดังนั้น

$$H(D) = \pi / D \qquad (2.17)$$

ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ฮีสโตแกรมสำหรับเกาเซียนพัลส์

วิธีการคำเนินการอย่างง่ายที่สุดในการกระทำบนฮีสโตแกรมคือการใช้การแปลงแบบจุด (Point Transformation) ถ้าหากภาพสองภาพคือ $A(x,y)$ และ $B(x,y)$ โดยภาพ B ได้รับจากการแปลงแบบจุดที่กระทำบนภาพ A โดยการแปลงดังกล่าวเขียนอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f ดังนั้น

$$B(x,y) = f(A(x,y)) \qquad (2.18)$$

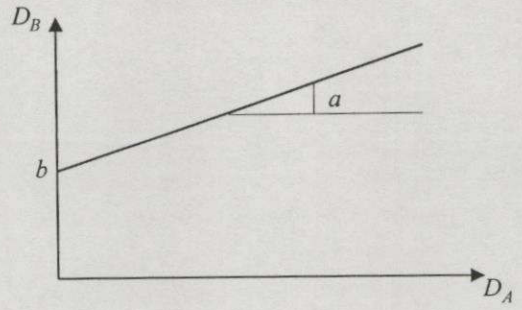
แต่ละจุดภาพจะถูกแปลงอย่างอิสระไม่เกี่ยวพันกับจุดภาพอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้า f มีค่าเท่าๆกันบนทุกจุดภาพของภาพ A ที่มีค่าระดับสีเทาเหมือนกัน ดังนั้นจากสมการ(2.18) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$D_B = f(D_A) \qquad (2.19)$$

เมื่อ D_A เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพใดๆในภาพ A และ D_B เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่สอดคล้องในภาพ B ตัวอย่าง ถ้า f เป็นเชิงเส้น จะได้ว่า

$$D_B = f(D_A) = aD_A + b \qquad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การกระทำแบบเชิงเส้น

ฟังก์ชันเชิงเส้นของการแปลงแบบจุดจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่2.8 ในการแปรค่า a และ b นั้น ถ้าหากว่า $a>1$ จะได้ค่าความแตกต่างภายในภาพหลังการแปลงจะสูงขึ้น แต่ถ้า $a<0$ จะได้ภาพในลักษณะกลับกัน กล่าวคือจากบริเวณสีขาวจะกลับเปลี่ยนสีดำ และบริเวณสีดำจะกลับเป็นสีขาว ส่วนค่า b นั้นจะเป็นการปรับเปลี่ยนค่าความสว่างของภาพ(Brightness)ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง[2]

ในระบบการประมวลภาพข้อมูลรหัสตัวเลข จากรูปภาพดิจิตอลที่ระดับสีเทาย่าน $[0, L-1]$ เป็นฟังก์ชันดีสครีต จะมีค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาเป็น

$$P_r(r_k) = n_k / n \quad \text{เมื่อ} \quad 0 \le r_k \le 1$$
$$\text{และ} \quad k = 0, 1, 2, \ldots\ldots, L-1 \qquad (2.21)$$

L คือจำนวนระดับสีเทาของภาพ

$P_r(r_k)$ คือความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพที่ระดับสีเทา r_k

n_k คือจำนวนจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาลำดับที่ k

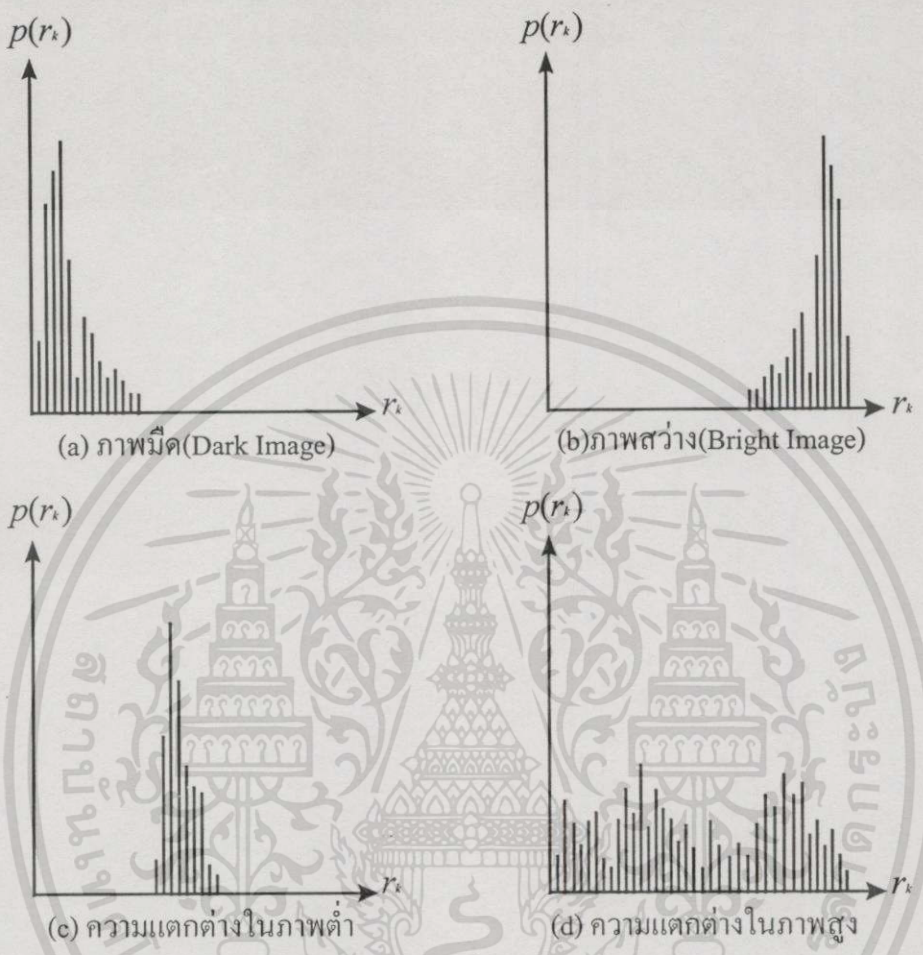
และ n คือจำนวนจุดภาพทั้งหมด

กราฟที่ได้จากการพล็อตของ $P_r(r_k)$ กับ r_k ซึ่งเป็นฮีสโตแกรมนั่นเอง ความสัมพันธ์ที่ได้จาก $p(r_k)$ ที่เกิดในทุกค่าของระดับสีเทา r_k โดยความน่าจะเป็นของการเกิดจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเป็นแกนแนวตั้ง และค่าระดับสีเทาเป็นแกนนอน จากตัวอย่างดังแสดงในรูปที่2.9 แสดงฮีสโตแกรมของรูปภาพทั้งสี่แบบ โดยรูปที่2.9(a) แสดงฮีสโตแกรมของภาพที่มีลักษณะค่อนข้างมืด เพราะจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าระดับสีเทาต่ำ รูปที่2.9(b) แสดงฮีสโตแกรมที่เกิดในด้านระดับสีเทาค่อนข้างสว่าง ซึ่งมีลักษณะตรงข้ามกับรูป2.9(a) รูปที่2.9(c) แสดงรูปร่างฮีสโตแกรมที่ให้ความละเอียดของภาพต่ำ เนื่องจากการเกิดฮีสโตแกรมมีการรวมกันอยู่ในย่านแคบๆจะแสดงถึงภาพมีความคมชัดต่ำ (Low Contrast) ระดับสีเทาของรูปภาพจะอยู่ในย่านตรงกลาง รูปที่2.9(d)แสดงรูปร่างฮีสโตแกรมที่มีการกระจายทั่วย่านระดับสีเทา โดยปราศจากแท่งฮีสโตแกรมที่มีความสูงกระจุกอยู่ในย่านระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สีดำหรือสีขาว ซึ่งภาพที่มีลักษณะฮีสโตแกรมแบบนี้มักเป็นภาพที่มีคุณสมบัติที่ดี ช่วยทำให้เกิดความแตกต่างของรายละเอียดภาพสูง แสดงถึงภาพมีความคมชัดสูง(High Contrast)



รูปที่ 2.9 แสดงฮีสโตแกรมแบบต่างๆ

รูปร่างของฮีสโตแกรมจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงภาพโดยการปรับความคมชัด ต่อไปจะเป็นวิธีในการนำฮีสโตแกรมมาใช้ในการปรับปรุงภาพ

ภาพโดยมากมักจะมีความคมชัดต่ำ กล่าวคือภาพมีระดับสีเทาของจุดภาพใกล้เคียงกันตลอดทั้งภาพ โดยเฉพาะภาพถ่ายดาวเทียม ถ้ามองจากฮีสโตแกรมของภาพจะพบว่าการกระจายของระดับสีเทาของจุดภาพจะรวมกันอยู่เป็นกระจุกแคบๆทำให้ภาพที่ได้จะมองไม่เห็นรายละเอียดของภาพ ในการปรับความคมชัดของภาพ ทำได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงลักษณะการกระจายระดับสีเทาของจุดภาพ หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมของภาพนั่นเอง ซึ่งในการปรับความคมชัดของภาพนี้จะทำให้มองเห็นสิ่งที่อยู่ในภาพเดิมที่ฮีสโตแกรมกระจุกตัวในภาพเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33894

2.3 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคทางฮีสโตแกรม(Histogram Modification)

วิธีการปรับปรุงภาพประกอบด้วยเทคนิคที่มีการปรับปรุงภาพที่มองเห็น หรือการเปลี่ยนแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์โดยมนุษย์ หรือเครื่องจักรที่จะทำให้ผลที่ได้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานเฉพาะมากกว่าการใช้ภาพต้นแบบ ในการปรับปรุงภาพจะพยายามปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยการพิจารณาคุณสมบัติของภาพในอุดมคติ แต่จริงๆแล้วการปรับปรุงภาพจะมีการทำลายบางส่วนของข้อมูลภาพเดิม ดังนั้นการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น(Enhancement)จะทำหลังจากการประมวลผลอื่นๆเสร็จสิ้นไปหมดแล้ว

วิธีการปรับปรุงภาพจะทำให้เห็นความแตกต่างของรูปภาพส่วนมืดในบริเวณภาพที่สว่างหรือส่วนสว่างในบริเวณที่มืด การปรับปรุงอัตราส่วนความแตกต่างของภาพจะมีความสำคัญต่อการกำหนดความสามารถในการให้รายละเอียดของภาพ(ความสามารถแยกแยะวัตถุที่อยู่ห่างกัน) ดังนั้นการปรับปรุงเรื่องความแตกต่างของภาพจึงเป็นจุดประสงค์หลักสำหรับการปรับปรุงภาพ

การพิจารณาการปรับปรุงภาพแบ่งได้เป็นสองประเภท คือวิธีทางสปาเชียลโดเมน(Spatial Domain) และวิธีทางโดเมนความถี่(Frequency Domain) สปาเชียลโดเมนหมายถึงระนาบของรูปภาพที่รวบรวมจุดภาพเอาไว้นั้นเอง โดยจะมีการปรับปรุงในส่วนของจุดภาพโดยตรง ส่วนทางโดเมนความถี่จะต้องมีการปรับปรุงผ่านทางการแปลงฟูริเยร์ของรูปภาพ

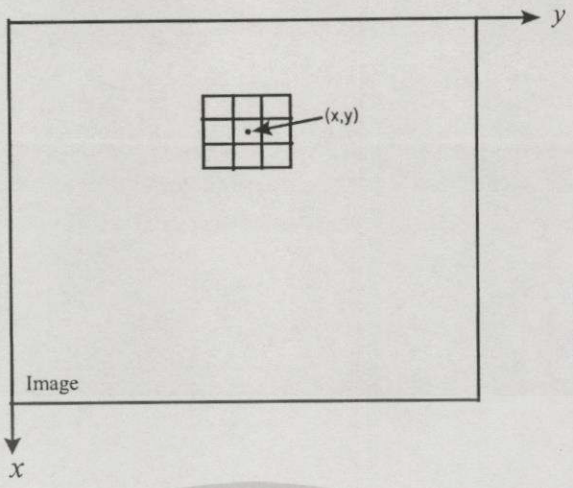
เทคนิคการปรับปรุงภาพสามารถกระทำด้วยวิธีแบบจุดภาพ(Point Processing) ซึ่งมีการปรับปรุงที่ระดับสีเทาของจุดภาพอิสระจากจุดภาพในบริเวณใกล้เคียง หรือแบบวิธีหน้าต่างจุดภาพ(Mask Processing) หน้าต่างที่ครอบคลุมจุดภาพจะแบ่งรูปภาพเป็นรูปภาพย่อย(Subimages) ซึ่งการปรับปรุงจุดภาพจะกระทำภายในพื้นที่ที่ครอบคลุม

ฟังก์ชันของวิธีการแปลงภาพในสปาเชียลโดเมนแสดงได้ดังสมการ

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \qquad (2.21)$$

เมื่อ $f(x,y)$ เป็นภาพอินพุท $g(x,y)$ เป็นภาพที่ผ่านกรรมวิธีทางรูปภาพแล้ว และ T เป็นการกระทำที่กระทำกับ f ซึ่งมีการกระทำกับบริเวณข้างเคียงของจุดภาพตำแหน่ง (x,y) T เป็นการกระทำบนกลุ่มจุดภาพของรูปภาพอินพุท ในภาพย่อย(Subimage)จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x,y) มักจะใช้เป็นกรอบหน้าต่าง โดยจุดภาพตำแหน่ง (x,y) เป็นตำแหน่งที่อยู่ตรงกลางดังแสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ขนาด 3x3

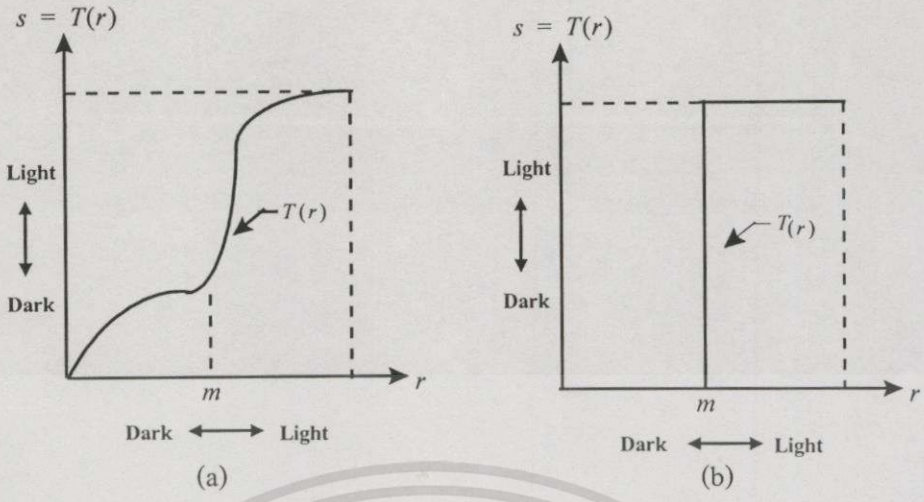
ตำแหน่งตรงกลางของภาพย่อยจะมีการเลื่อนจากจุดภาพหนึ่งไปยังจุดภาพที่ใกล้เคียงกัน โดยเริ่มต้นจากบนซ้ายของรูปภาพ และมีการกระทำกับจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ให้เป็นฟังก์ชัน g รูปแบบของกรอบหน้าต่างภาพที่ล้อมรอบ อาจจะเป็นวงกลม สี่เหลี่ยมจตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปแบบของฟังก์ชัน T อย่างง่าย คือเมื่อจุดภาพที่ล้อมรอบเป็น 1x1 ซึ่งในกรณีนี้ g จะขึ้นอยู่กับค่าของ f ที่ตำแหน่ง (x, y) เท่านั้น และ T จะกลายเป็นฟังก์ชันการแปลงค่าระดับสีเทา(Gray-level Transformation or mapping Function) ดังสมการ

$$S = T(r) \qquad (2.22)$$

เมื่อ r และ s เป็นค่าระดับสีเทาของฟังก์ชัน $f(x, y)$ และ $g(x, y)$ ที่ตำแหน่ง (x, y) ตามลำดับ สำหรับตัวอย่าง ถ้า $T(r)$ มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่2.11(a) ผลจากการแปลงด้วยกรรมวิธีทางรูปภาพนี้จะมีความคมชัดสูงกว่าภาพต้นแบบโดยในภาพต้นแบบระดับสีเทาที่ต่ำกว่า m จะกลายเป็นส่วนที่มืด และระดับสีเทาที่สูงกว่า m จะกลายเป็นส่วนที่สว่าง ซึ่งวิธีนี้คือการยืดความคมชัด(Contrast Stretching)ของภาพ ค่า r ที่ต่ำกว่า m จะถูกบีบลงโดยฟังก์ชันการแปลงให้ได้ย่าน s แคบกลายเป็นระดับสีดำ และค่า r ที่สูงกว่า m จะเป็นในทางตรงข้าม ดังแสดงในรูปที่2.11(b) ผลของ $T(r)$ จะได้เป็นรูปภาพสองระดับสีหรือภาพไบนารี กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงโดยมีการกำหนดการแปลงระดับสีเทา แล้วการปรับปรุงภาพที่จุดใดๆในรูปภาพ จะขึ้นอยู่กับค่าระดับสีเทาที่จุดนั้น ซึ่งเรียกว่าวิธีแบบจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.11 ฟังก์ชันการแปลงระดับสีเทาในการปรับปรุงภาพโดยการปรับความคมชัดของภาพ

จุดภาพที่ล้อมรอบมีมากขึ้น การหาค่า g ที่ตำแหน่ง (x, y) โดยหามาจากค่า f จากจุดภาพที่ล้อมรอบตำแหน่ง (x, y) ด้วย ซึ่งเรียกเป็นหน้าต่างจุดภาพ(Mask, Templates, Windows, or Filters) โดยทั่วไปแล้วหน้าต่างจะเป็นอาเรย์สองมิติขนาด3x3 ดังแสดงในรูปที่2.10 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ในหน้าต่างจุดภาพจะพิจารณาตามกรรมวิธีในการทำงาน เช่นการปรับความคมของภาพ(Image Sharpening) เทคนิคในการปรับปรุงภาพ มักหมายถึงกรรมวิธีแบบหน้าต่างหรือการกรอง(Mask Processing or Filtering)

จากการปรับปรุงภาพโดยกรรมวิธีแบบจุด จะมีการพิจารณาความเข้มของจุด r และ s ซึ่งเป็นค่าก่อนและหลังกรรมวิธี ตามลำดับ แบ่งเป็นวิธีต่างๆเช่น การแปลงค่าความเข้มของจุดภาพอย่างง่าย(Some Simple Intensity Transformation) กรรมวิธีทางฮีสโตแกรม(Histogram Processing) กรรมวิธีการลบภาพ(Image Subtraction)

กรรมวิธีทางฮีสโตแกรมเป็นวิธีที่นิยมใช้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุดภาพที่มีระดับสีเทาเหมือนกัน ซึ่งทำได้ง่าย สะดวก สามารถแบ่งเป็นการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น(Linear contrast stretching) และการปรับเท่าฮีสโตแกรม(Histogram Equalization) ซึ่งเป็นการปรับปรุงทางด้านความสว่างของภาพ เป็นหลักการของเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพด้วยกันทั้งคู่ แต่มีความแตกต่างกันตรงที่การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นจะกระจายค่าระดับสีเทาต่างๆให้ระยะห่างของแต่ละระดับสีเทาห่างเท่าๆกัน(ค่า Floating Point)ตลอดทั้งฮีสโตแกรม ในขณะที่การปรับเท่าฮีสโตแกรมนั้นจะทำการกระจายค่าระดับสีเทาอย่างไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มี ถ้าช่วงไหนของข้อมูลมีความหนาแน่นมากจะทำการกระจายออกอย่างกว้าง แต่ถ้าช่วงไหนข้อมูลมีความหนาแน่นต่ำจะกระจายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งหมายความว่าการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นทำการกระจายอย่างสม่ำเสมอตามค่าระดับสีเทา ในขณะที่การปรับเท่าฮีสโตแกรมนั้นจะทำการกระจายอย่างสม่ำเสมอตามปริมาณของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานนั้นบางกรณีต้องการที่จะใช้ในการปรับเลือกค่าระดับสีเทาเฉพาะบริเวณแคบๆที่สนใจมาทำการกระจายฮีสโตแกรม แต่ในบางกรณีต้องการกระจายอย่างอัตโนมัติตลอดทั้งฮีสโตแกรม ดังนั้นการเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ

2.3.1 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น(Linear Contrast Stretching)

กรณีที่ข้อมูลภาพที่มีฮีสโตแกรมอยู่รวมกันในช่วงแคบๆนั้น แสดงว่าข้อมูลของภาพมีลักษณะการกระจายและความแตกต่างกันของข้อมูลในภาพต่ำ เมื่อเป็นเช่นนี้ภาพจะเป็นภาพที่มีคุณภาพต่ำ ความแตกต่างของข้อมูลในภาพน้อย ในทางตรงข้ามถ้าฮีสโตแกรมของภาพนั้นมีการกระจายฮีสโตแกรมที่กว้างจะแสดงถึงภาพที่มีคุณภาพ ซึ่งความแตกต่างของข้อมูลในภาพมาก สำหรับวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงภาพให้มีการกระจายฮีสโตแกรมที่กว้างขึ้น เพื่อทำให้ความแตกต่างของข้อมูลในภาพสูง ทำให้สามารถตีความหมายของภาพได้ดียิ่งขึ้นนั้น วิธีการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้ด้วยการนำคุณสมบัติของสมการเชิงเส้นมาใช้ในการขยายย่านฮีสโตแกรม โดยอาศัยคุณสมบัติของสมการเชิงเส้น

จากสมการเชิงเส้น

$$y = ax + b \tag{2.23}$$

ตามคุณสมบัติของสมการเชิงเส้นถ้าความชัน a มีค่ามากกว่าหนึ่งแล้ว จะทำให้ได้เอาท์พุทที่ได้มีอัตราการขยายในย่านที่กว้างขึ้นจากย่านของอินพุท และถ้า a มีค่าน้อยกว่าหนึ่งจะได้เอาท์พุทที่มีย่านแคบลงจากเดิม ดังนั้นเมื่อต้องการยืดฮีสโตแกรมให้มีการขยายย่านออกไปก็ทำได้ด้วยการกำหนดค่าของ a ให้มีค่ามากกว่าหนึ่งเสมอ

การยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นเป็นการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบเชิงเส้นโดยทำการกระจายฮีสโตแกรมใหม่ ให้ช่วงระดับสีเทาบริเวณที่ต้องการกระจายออกไปยังบริเวณที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ ความสม่ำเสมอคือ มีช่วงห่างของระดับสีเทาเท่ากันตลอดช่วงฮีสโตแกรม ถ้าสมมุติว่าฮีสโตแกรมของภาพเดิมมีค่าความคมชัดต่ำ โดยระดับสีเทาของจุดภาพมีลักษณะรวมกันอยู่เป็นกระจุกอยู่ระหว่างค่าระดับสีเทา $x_{\min}$ ถึง $x_{\max}$ ในการปรับปรุงฮีสโตแกรมเราจะกระจายกลุ่มจุดภาพให้กว้างไปอยู่ที่ $y_{\min}$ ถึง $y_{\max}$ สูตรคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแปลงค่าระดับสีเทาของภาพเดิมที่จุดใดๆ คือ y_1 จะถูกแปลงเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ y_2 ดังสมการต่อไปนี้

$$g(x,y) = \left\{ \frac{(f(x,y) - x_{\min})(y_{\max} - y_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} \right\} + y_{\min} \tag{2.24}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $g(x,y)$ คือค่าระดับสีเทาของเอาท์พุท

$f(x,y)$ คือค่าระดับสีเทาของอินพุท

$x_{\min}$ คือค่าระดับสีเทาต่ำสุดของฮีสโตแกรมเดิม

$x_{\max}$ คือค่าระดับสีเทาสูงสุดของฮีสโตแกรมเดิม

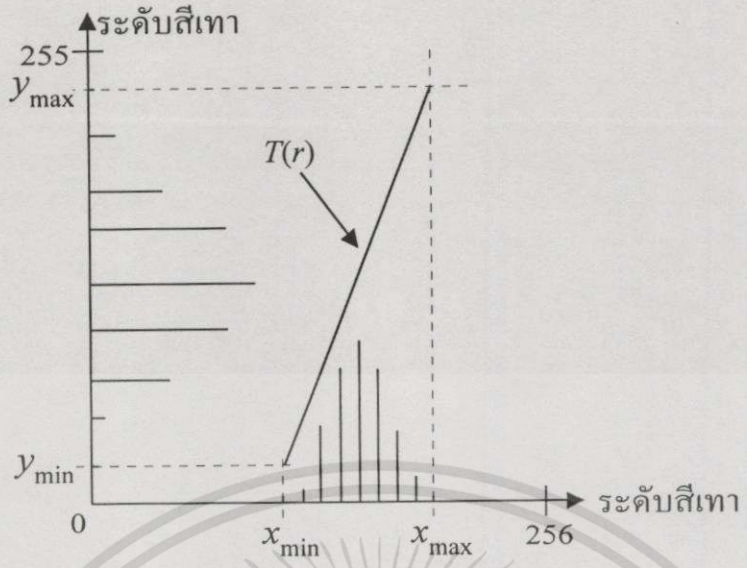
$y_{\min}$ คือค่าระดับสีเทาต่ำสุดของฮีสโตแกรมใหม่

$y_{\max}$ คือค่าระดับสีเทาสูงสุดของฮีสโตแกรมใหม่

โดย $x_{\min}$ และ $x_{\max}$ คือบริเวณในฮีสโตแกรม x หรือฮีสโตแกรมเดิมที่จะทำการกระจายโดย $x_{\min}$ คือค่าระดับสีเทาต่ำสุด และ $x_{\max}$ คือค่าระดับสีเทาสูงสุด ซึ่งสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสม แต่เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบและไม่ผิดเพี้ยนควรกำหนดค่าให้ครอบคลุมข้อมูลเดิมทั้งหมด ส่วนค่า $y_{\min}$ และ $y_{\max}$ คือบริเวณในฮีสโตแกรม y หรือฮีสโตแกรมใหม่หลังการแปลงที่จะรับการกระจายมา โดย $y_{\min}$ คือค่าระดับสีเทาต่ำสุด และ $y_{\max}$ คือค่าระดับสีเทาสูงสุด ปกติแล้วในการกระจายของฮีสโตแกรมที่ดีควรกำหนดค่าของ $y_{\min}$ ให้มีค่าน้อยกว่า $x_{\min}$ และ $y_{\max}$ ให้มีค่ามากกว่า $x_{\max}$ คือย่านฮีสโตแกรม y กว้างกว่าฮีสโตแกรม x คือมีการกำหนดข้อมูลใหม่ให้ครอบคลุมข้อมูลเดิม นั่นคืออัตราส่วนของ $\frac{y_{\max}-y_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}$ จะมีค่ามากกว่าหนึ่ง ซึ่งค่านี้ก็คือค่าความชันของสมการนั่นเอง ถ้าย่านระดับสีเทาของฮีสโตแกรมเดิมที่ต้องการจะยืด $x_{\min}$ และ $x_{\max}$ มีค่าใกล้เคียงกับย่านระดับสีเทาใหม่ที่ต้องการจะยืดออก $y_{\min}$ และ $y_{\max}$ นั่นคือค่า $\frac{y_{\max}-y_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}$ มีค่าใกล้เคียง 1 ภาพผลลัพธ์จะมีการปรับความคมชัดน้อยทำให้มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นแบบเดิม

ลักษณะการยืดของฮีสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้นแสดงได้ดังรูปที่2.12 จากฮีสโตแกรมของภาพเอาท์พุทที่ผ่านการแปลงแล้วนั้นจะเห็นว่าความห่างของแท่งฮีสโตแกรมมีความห่างมากขึ้นโดยช่องห่างของแท่งฮีสโตแกรมใหม่จะมีความห่างเท่าๆกันในกรณีที่เป็นค่า floating จากวิธีการนี้มีการกำหนดค่าของความชันด้วย $x_{\min}, x_{\max}$ และ $y_{\min}, y_{\max}$ นั้นทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของย่านระดับสีเทาในด้านอินพุทและเอาท์พุทตามต้องการ จากตัวอย่างดังรูปที่2.13(a) แสดงถึงภาพที่ได้จากการผ่านกระบวนการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น ด้วยการกำหนดค่าของ $x_{\min}, x_{\max}$ และ $y_{\min}, y_{\max}$ ด้วยค่า 0 , 90 และ 0 , 255 ตามลำดับ เหตุผลที่กำหนดค่า $x_{\min}, x_{\max}$ เช่นนี้เพราะว่าภาพต้นแบบมีการกระจายของฮีสโตแกรมอยู่ในช่วง 0 ถึง 90 ของระดับสีเทา และเพื่อให้มีการกระจายของฮีสโตแกรมในย่านที่สูงสุดจึงกำหนดค่าของ $y_{\min}, y_{\max}$ ที่ครอบคลุมย่านสูงสุดของระดับสีเทาที่สามารถจะเป็นไปได้คือ 0 ถึง 255

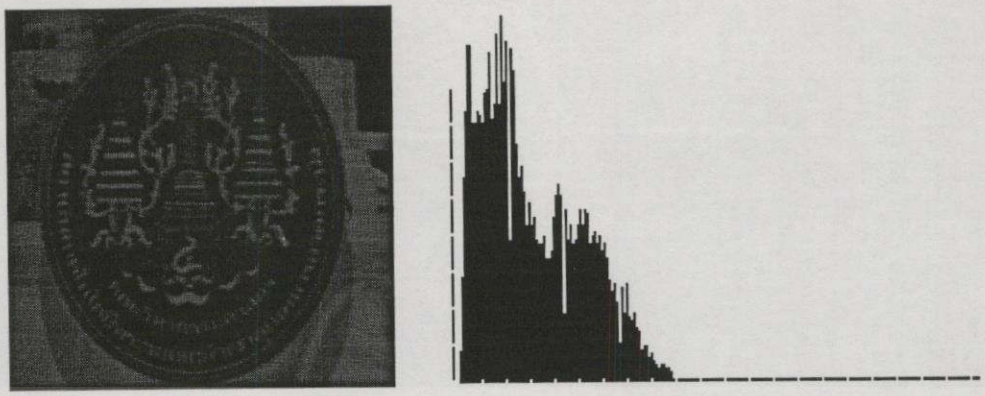
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



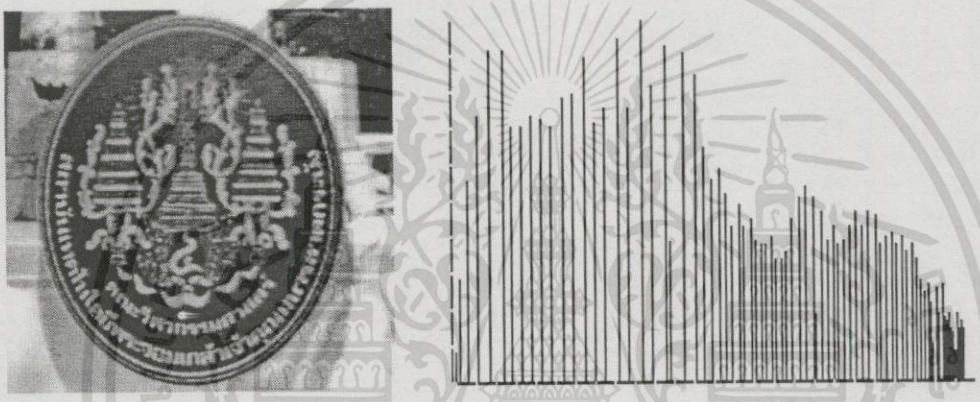
รูปที่ 2.12 แสดงการยืดฮีสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้น

และ รูปที่2.13(b) แสดงฮีสโตแกรมที่ได้หลังผ่านการประมวลผลแล้ว จากฮีสโตแกรมของภาพที่ได้จะเห็นได้ว่าย่านใหม่มีการกระจายของฮีสโตแกรมเป็นไปตามความประสงค์ที่กำหนดค่าไว้ และความห่างของแท่งฮีสโตแกรมมีความห่างที่ใกล้เคียงกันอย่างสม่ำเสมอ จากคุณลักษณะการกระจายแบบเชิงเส้นนี้เองทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความต่อเนื่องของระดับสีเทา และไม่สว่างจ้าหรือมืดมากเกินไป เนื่องจากข้อมูลไม่หนาแน่นบริเวณที่เป็นระดับสีขาวหรือสีดำ แต่ความแตกต่างของข้อมูลในภาพจะด้อยกว่าแบบการปรับเท่าฮีสโตแกรม[3-6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)



(c) (d)

รูปที่ 2.13 ผลลัพธ์จากเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น
(a) ภาพต้นแบบ (b) ฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบ
(c) ภาพที่ผ่านการยืดฮีสโตแกรม (d) ฮีสโตแกรมหลังการแปลง

2.3.2 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮีสโตแกรม(Histogram Equalization)

การแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้น(Non-Linear)นั้นบางครั้งเรียกว่า การกระจายข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ(Uniform Distribution Stretch) ซึ่งทำการกระจายฮีสโตแกรมต้นแบบเสียใหม่โดยจะพยายามทำให้ความหนาแน่นของข้อมูลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงระดับสีเทาทั้งหมด การกระจายค่าตัวเลขของข้อมูลใหม่นี้ทำให้อัตราความแตกต่างของภาพสูงขึ้น เทคนิคนี้บางครั้งเรียกว่า การปรับเท่าฮีสโตแกรม ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับความคมชัดของภาพ โดยสามารถนำเอาเทคนิคดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่างๆ ได้ เช่นการประมวลผลภาพทางด้านการแพทย์และภาพถ่ายดาวเทียม แต่ถึงแม้ว่าเทคนิคดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงในการปรับความคมชัดของภาพก็ตาม หากนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เช่นทีวี จะทำให้ความสว่างของภาพเปลี่ยนไป และส่งผลให้คุณภาพของภาพที่ปรากฏลดลง[10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้เนื่องจากค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพหลังการปรับปรุงจะมีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของภาพ

ขั้นตอนในการปรับเท่าฮีสโตแกรมมีดังนี้

สมมุติว่าตัวแปร r คือระดับสีเทาหรือค่าตัวเลขของข้อมูลภาพโดยถูกนอร์มอลไลน์ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หรือเขียนเป็น $[\,0\,,1\,]$ โดย $r = 0$ คือค่าระดับสีดำ และ $r = 1$ คือค่าระดับสีขาว การพิจารณามองเป็นค่าดีสครีตที่ค่าจุดภาพอยู่ระหว่าง $[\,0\,,L-1\,]$ ซึ่งมักจะเป็นค่าระดับสีเทา 0 ถึง 255 สำหรับภาพโมโนโครม 8 บิทต่อจุดภาพ จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมต้องการแปลงการกระจายของค่าระดับสีเทาของฮีสโตแกรมต้นแบบให้มีการกระจายความหนาแน่นของข้อมูลแบบสม่ำเสมอนั้น ก็หมายความว่าต้องมีฟังก์ชันในการแปลง และให้ $T(r)$ เป็นฟังก์ชันในการแปลงข้อมูลค่าระดับสีเทา r ทำให้ได้ข้อมูลใหม่ที่มีค่าเป็นระดับสีเทา s นั่นคือ

$$s = T(r) \tag{2.25}$$

คุณสมบัติของ $T(r)$ คือจะเป็นฟังก์ชันค่าเดียวที่มีการเพิ่มในทิศทางเดียว โดยค่า $T(r)$ จะอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เช่นกัน ค่า r เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพในภาพต้นแบบ

ในการแปลงกลับจาก s ไปหา r ก็ทำได้โดย

$$r = T^{-1}(s) \qquad 0 \le s \le 1 \tag{2.26}$$

และ $T^{-1}(s)$ ก็มีคุณสมบัติเหมือน $T(r)$

เนื่องจากค่าระดับสีเทาของภาพเป็นปริมาณแบบเรนดอม(Random quantities) ที่อยู่ในช่วง [0, 1] ถ้าสมมุติว่าค่าระดับสีเทามีลักษณะแบบต่อเนื่อง ให้ $P_r(r)$ และ $P_s(s)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพ(Probability Density Function)ของข้อมูลเดิมและข้อมูลใหม่ที่ถูกแปลงไป จากทฤษฎีของความน่าจะเป็น ถ้าหากรู้ค่าของ $P_r(r)$ และ $T(s)$ จะได้

$$P_s(s) = \left[P_r(r)\left(\frac{dr}{ds}\right) \right] \Bigg|_{r = T^{-1}(s)} \tag{2.27}$$

เมื่อพิจารณาถึงฟังก์ชันในการแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s = T(r) = \int_0^r P_r(w)dw \qquad 0 \le r \le 1 \qquad (2.28)$$

ดังนั้น อนุพันธ์ของ s ที่เทียบกับ r จะได้

$$\frac{ds}{dr} = P_r(r) \qquad (2.29)$$

เมื่อแทนค่าสมการ(2.29) ลงในสมการ (2.27)

$$P_s(s) = \left[P_r(r)(1/P_r(r))\right]_{r=T^{-1}(s)}$$

$$= [1]_{r=T^{-1}(s)} \qquad (2.30)$$

$$= 1 \qquad 0 \le s \le 1$$

พบว่าเมื่อผ่านการแปลงแล้วตัวแปร s จะให้การกระจายแบบสม่ำเสมอ

ในระบบการประมวลภาพข้อมูลรหัสตัวเลข ความน่าจะเป็นของระดับสีเทาเป็นของระดับสีเทาจะเป็น $P_r(r_k) = n_k / n$ เมื่อ r_k คือค่าระดับสีเทาลำดับที่ k n_k คือจำนวนจุดภาพของค่าระดับสีเทาลำดับที่ k n คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดในภาพ $P(r_k)$ คือความน่าจะเป็นของการเกิดจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทา r_k (Probability Density Function) และ $k = 0, 1, 2, \ldots, (L-1)$ ซึ่งกราฟที่ได้จากการพล็อตของ $P_r(r_k)$ กับ r_k ก็คือ r_k ฮีสโตแกรมนั่นเอง สมการที่2.25 จะได้เป็น

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} n_j / n$$

$$= \sum_{j=0}^{k} P_r(r_j) \qquad \text{เมื่อ} \quad 0 \le r_k \le 1$$

$$\text{และ} \quad k = 0, 1, \ldots\ldots, L-1 \qquad (2.31)$$

และการแปลงกลับได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r_k = T^{-1}(s_k) \qquad \text{เมื่อ} \quad 0 \le s_k \le 1 \qquad (2.32)$$

จากค่าระดับสีเทาใหม่ที่ได้จากฟังก์ชันในการแปลง s_k จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เช่นเดียวกับ r_k ดังนั้นข้อมูลใหม่ที่ได้หลังการแปลงจะมีค่าระดับสีเทาอยู่ระหว่าง $[0, L-1]$ หรือค่า 0 ถึง 255 เช่นเดียวกันกับภาพต้นแบบ และการพยายามทำให้ความหนาแน่นของข้อมูลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงระดับสีเทาทั้งหมด ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพหลังการปรับปรุงจะมีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของภาพ ดังแสดงได้ดังนี้

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรแรนดอมแบบต่อเนื่อง โดยให้ $L = \infty$ ดังนั้น การปรับเท่าฮีสโตแกรม, Y ก็เป็นตัวแปรแบบแรนดอมด้วยเช่นกัน เป็นที่ทราบกันดีว่าผลของการปรับเท่าฮีสโตแกรมจะได้ค่าระดับสีเทาที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ

$$p(x) = \frac{1}{\left(X_{L-1} - X_0\right)} \qquad (2.33)$$

สำหรับ $X_0 \le x \le X_{L-1}$ [10] ดังนั้นค่าความสว่างเฉลี่ยของภาพเอาท์พุทที่ได้จากการปรับเท่าฮีสโตแกรม คือค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา

$$E(Y) = \int_{X_0}^{X_{L-1}} x p(x)\,dx$$

$$= \int_{X_0}^{X_{L-1}} \frac{x}{X_{L-1} - X_0}\,dx$$

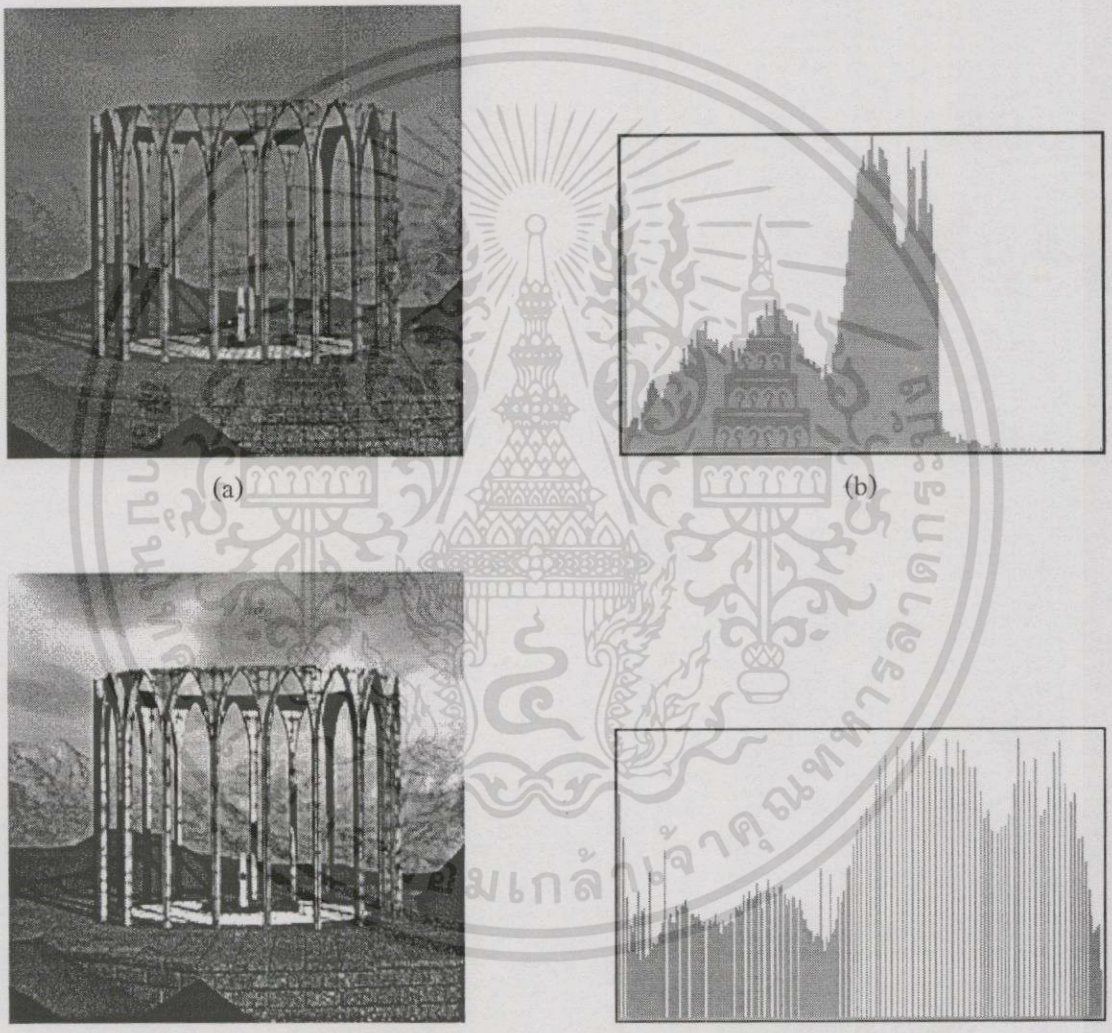
$$= \frac{X_0 + X_{L-1}}{2} \qquad (2.34)$$

เมื่อ $E(.)$ แสดงค่าคาดหวังทางสถิติ(Expected Value) โดยปกติแล้วค่าเอาท์พุทของภาพที่ผ่านวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรม ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพที่ได้จะใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาเสมอ ไม่ว่าภาพอินพุทจะมืดหรือสว่างก็ตาม

และเนื่องจากมีการกระจายข้อมูลตามค่าความหนาแน่นไปยังค่าระดับสีดำสุดถึงค่าระดับสีขาวที่สุด จึงมีโอกาสที่จะเกิดข้อมูลที่มีค่าระดับสีดำและระดับสีขาวใกล้เคียงกันจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องค่าความสว่างอิ่มตัวในบริเวณภาพที่ระดับสีเทามืดหรือสว่างใกล้เคียงกัน ทำให้มองไม่เห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การปรับเท่าฮีสโตแกรมนำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Minis.img ขนาด 256x256 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่2.14 โดยรูปที่2.14(a)เป็นรูปภาพต้นแบบ 2.14(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 106 รูปที่2.14(c)เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Minis.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 127 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา(คือค่า 128) และรูปที่ 2.14(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโต-แกรมแบบทั้งภาพ

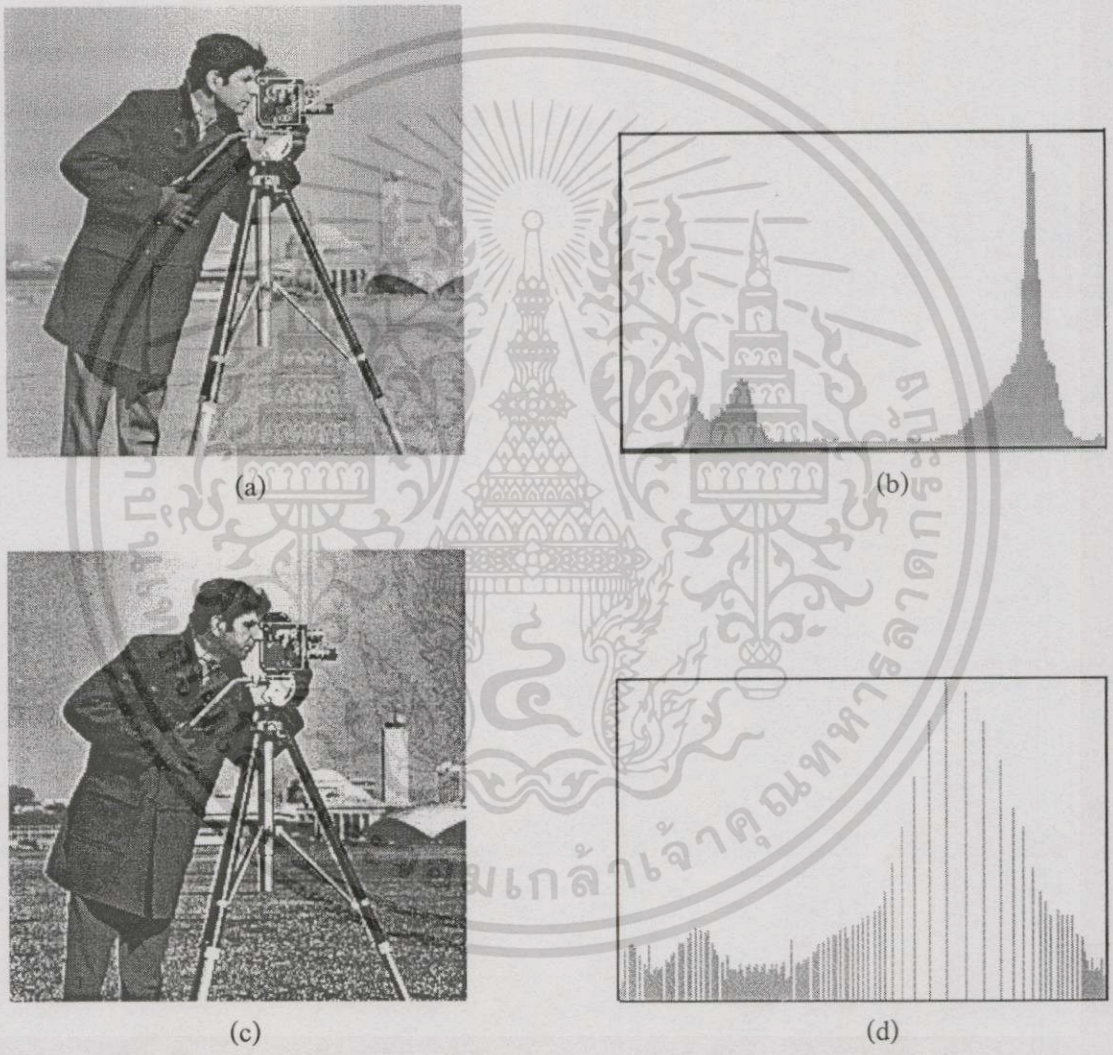


รูปที่ 2.14 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ รูปภาพ Minis.img ขนาด 256x256

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพรูปMinis.img จะปรับความคมชัดขึ้น โดยจะมีความสว่างมากขึ้น เนื่องจากมีการยืดฮีสโตแกรมต้นแบบย่าน 0 ถึง 193 เป็นระดับสีเทาค่าใหม่คือระหว่างระดับสีเทา 0 ถึง 255 มีการยืดฮีสโตแกรมไปทางด้านระดับสีขาวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับเท่าฮีสโตแกรมนำมาปรับปรุงภาพโมโนโครมCamera man.img ขนาด 256x256 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่2.15 โดยรูปที่2.15(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ 2.15(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 166 2.15(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Camera man.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ โดยมีระดับความสว่างค่าเฉลี่ยเป็น 128 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา(คือค่า 128) และรูปที่ 2.15(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ



รูปที่ 2.15 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ รูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ รูปCamera man.img จะปรับความคมชัดขึ้น โดยทางด้านระดับสีดำจะมีความเข้มขึ้นเนื่องจากมีการยืดฮีสโตแกรมต้นแบบย่าน 27 ถึง 255 เป็นระดับสีเทาค่าใหม่คือระหว่างระดับสีเทา 0 ถึง 255 มีการยืดฮีสโตแกรมไปทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสีดำมากขึ้น เกิดค่าความสว่างอิ่มตัวทางด้านสีดำขึ้น ทำให้มองไม่เห็นรายละเอียดในบริเวณที่ภาพที่มืด เช่น บริเวณเสื้อโค๊ช ขากางเกง

2.4 บทสรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่ควรจะทราบเกี่ยวกับ การแสดงภาพดิจิตอลรูปแบบข้อมูลภาพ ความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพในรูปฮีสโตแกรม และการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคทางฮีสโตแกรม ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถแบ่งเป็นเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น ซึ่งมีการกระจายข้อมูลฮีสโตแกรมให้ค่าระดับสีเทาใหม่มีระยะห่างสม่ำเสมอ โดยถ้าย่านระดับสีเทาที่จะยืดออกมีค่าใกล้เคียงกับย่านระดับสีเทาเดิม จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการปรับปรุงภาพน้อย และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรม ซึ่งมีการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบไม่เชิงเส้นโดยกระจายข้อมูลฮีสโตแกรมต้นแบบเสียใหม่ให้ความหนาแน่นของข้อมูลหรือปริมาณจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงระดับสีเทาทั้งหมด ดังนั้นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์จะมีค่าเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา และการชดเชยแบบปรับเท่าจะก่อให้เกิดปัญหาความสว่างอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การปรับปรุงภาพด้วย
เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

3.1 คำนำ

จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับความคมชัดของภาพ ในงานด้านต่างๆ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การนำมาประยุกต์ใช้กับการประมวลผลภาพทางด้านการแพทย์ และภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น แต่วิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมนี้ มีข้อเสียคือ ค่าความสว่างของภาพจะเปลี่ยนไปโดยค่าเฉลี่ยของความสว่างทั้งภาพจะวิ่งเข้าหาค่าระดับสีเทา 128 ถ้าเข้ารหัสไว้ 8 บิท(หรือวิ่งเข้าหาค่าระดับสีเทา 64 ถ้าเข้ารหัสไว้ 7 บิท เป็นต้น) ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่นิยมนำมาใช้กับอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่นทีวี เนื่องจากการรักษาค่าความสว่างดั้งเดิมของภาพ มีความจำเป็นมากกว่าที่จะปรับปรุงแก้ไขในส่วนอื่น แล้วส่งผลให้ค่าความสว่างของภาพเปลี่ยนไปซึ่งในบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีของ[10]ที่จะมาช่วยปรับปรุงข้อเสียที่เกิดจากเทคนิคดังกล่าว โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นสองส่วนโดยแยกตามค่าเฉลี่ยความสว่าง(mean)ของภาพ ดังนั้นในการปรับค่าความสว่างของภาพก็จะถูกกำหนดขอบเขตให้อยู่ภายในแต่ละส่วนเท่านั้น โดยมีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพเป็นตัวแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วน ซึ่งจะมีการแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ในการรักษาค่าความสว่างของภาพให้คงเดิม พร้อมทั้งนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลของเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบดั้งเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงค่าความสว่างของภาพด้วยวิธีนี้มีความเป็นธรรมชาติมากกว่า และสามารถนำมาไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางอย่างได้ดีขึ้น

วิธีการดังกล่าว คือการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน (Bi-histogram Eqalization :BBHE)[10] ซึ่งจุดประสงค์หลักคือ การแก้ไขข้อเสียในการปรับเท่าฮีสโตแกรม(Histogram Equalization) โดยจะรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้หลังการปรับปรุงภาพให้มีความคมชัดของภาพมากขึ้น

3.2 การหาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ

จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน ขั้นตอนแรกจะต้องทำการแบ่งภาพต้นแบบออกเป็นสองส่วนโดยใช้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพเป็นจุดแบ่ง ซึ่งส่วนแรกเป็นข้อมูลภาพต้นแบบที่มีค่าระดับสีเทาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ ในส่วนที่สองจะเป็นข้อมูลภาพต้นแบบที่มีค่าระดับสีเทาสูงกว่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ หลังจากนั้นจะทำการแปลงอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างของภาพในแต่ละส่วนโดยเป็นอิสระต่อกัน คือในส่วนแรกจะทำการแปลงตั้งแต่ช่วงของค่าระดับสีเทาต่ำสุดจนถึงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ ในส่วนที่สองจะทำการแปลงตั้งแต่ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ จนถึงค่าระดับสีเทาสูงสุด ดังนั้นผลของการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพในแต่ละส่วนจะถูกกำหนดให้อยู่ภายในขอบเขต ซึ่งจุดนี้เองจะส่งผลต่อการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ

การหาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโมโนโครมที่มีระดับสีเทา L ระดับ ทำได้ดังสมการ

$$X_m = \frac{\sum_{j=0}^{k} \left(p(r_j) * r_j \right)}{\sum_{j=0}^{k} p(r_j)} \; ; \; 0 \le k \le L-1 \qquad (3.1)$$

โดย X_m เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพโมโนโครม ซึ่งจะอยู่ในช่วง 0 ถึง $L-1$

$p(r_j)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นของการเกิดจุดภาพที่ระดับสีเทา r_j

ภาพที่มีค่าเฉลี่ยความสว่างต่ำจะมองเห็นได้ค่อนข้างมืดกว่าภาพที่มีค่าเฉลี่ยความสว่างที่สูงกว่า ดังนั้นภาพที่มีค่าเฉลี่ยความสว่างต่ำๆจะเป็นภาพที่มืด แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่ในภาพมีค่าระดับสีเทาต่ำ ซึ่งข้อมูลระดับสีเทาต่ำจะเป็นจุดภาพที่ค่อนไปทางสีดำ และภาพที่มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงๆจะเป็นภาพที่สว่าง แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่ในภาพมีค่าระดับสีเทาสูง ซึ่งข้อมูลระดับสีเทาสูงจะเป็นจุดภาพที่ค่อนไปทางสีขาว

3.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน(Bi-histogram Equalization)

กำหนดให้ X_m คือค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ X และ $X_m \in \{X_0, X_1, \ldots, X_{L-1}\}$ จากค่าเฉลี่ยความสว่างที่ได้นำมาแบ่งรูปภาพต้นแบบออกเป็นสองส่วนย่อย(2 subimage) คือ X_L และ X_U ดังนั้นจะได้ว่า

$$X = X_L \cup X_U \qquad (3.2)$$

เมื่อ

$$X_L = \{X(i,j) \mid X(i,j) \le \overline{X} \; , \forall X(i,j) \in X\} \qquad (3.3)$$

และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_U = \{X(i,j) \mid X(i,j) > \bar{X}\ , \forall X(i,j) \in X\} \qquad (3.4)$$

สำหรับรูปภาพย่อย X_L จะประกอบด้วย $\{X_0, X_1, \ldots, X_m\}$
และรูปภาพย่อย X_U จะประกอบด้วย $\{X_{m+1}, X_{m+2}, \ldots, X_{L-1}\}$
ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดจุดภาพของรูปภาพย่อย X_L และ X_U แทนได้ด้วย

$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L}, \quad k = 0, 1, \ldots, m \qquad (3.5)$$

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U}, \quad k = m+1, m+2, \ldots, L-1 \qquad (3.6)$$

n_L^k และ n_U^k คือจำนวนจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ X_k ใน $\{X\}_L$ และ $\{X\}_U$ ส่วน n_L และ n_U คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดใน $\{X\}_L$ และ $\{X\}_U$ โดย $n_L = \sum_{k=o}^{m} n_L^k$, $n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k$, และ $n = n_L + n_U$ ได้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (CDF) ของ $\{X\}_L$ และ $\{X\}_U$ ดังนี้คือ

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^{m} p_L(X_j) \qquad (3.7)$$

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^{k} p_U(X_j) \qquad (3.8)$$

เมื่อ $X_k = x$, $c_L(X_m) = 1$ และ $c_U(X_{L-1}) = 1$ ตามนิยาม

จากวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมใช้ค่าความหนาแน่นสะสมเป็นฟังก์ชันการแปลงค่าระดับสีเทา โดยแยกในแต่ละส่วน จะได้ว่า

$$f_L(x) = X_0 + (X_m - X_0)c_L(x) \qquad (3.9)$$

และ

$$f_U(x) = X_{m+1} + (X_{L-1} - X_{m+1})c_U(x) \qquad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากฟังก์ชันการแปลงและการทำการปรับเท่าแยกสองส่วนในแต่ละรูปภาพย่อย ได้ภาพผลลัพธ์ของเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน ในรูปของ Y ดังนี้

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

$$= f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \qquad (3.11)$$

เมื่อ

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i,j)) | \forall X(i,j) \in X_L\} \qquad (3.12)$$

และ

$$f_U(X_L) = \{f_U(X(i,j)) | \forall X(i,j) \in X_U\} \qquad (3.13)$$

$0 \le c_L(x), c_U \le 1$

$f_L(X_L)$ เป็นฟังก์ชันในการปรับเท่าฮีสโตแกรมของรูปภาพย่อยในส่วนของ X_L ของช่วง (X_0, X_m)

$f_U(X_U)$ เป็นฟังก์ชันในการปรับเท่าฮีสโตแกรมของรูปภาพย่อยในส่วนของ X_U ของช่วง (X_{m+1}, X_{L-1})

ในรูปที่3.1 แสดงโฟลว์ชาร์ตการปรับปรุงรูปภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

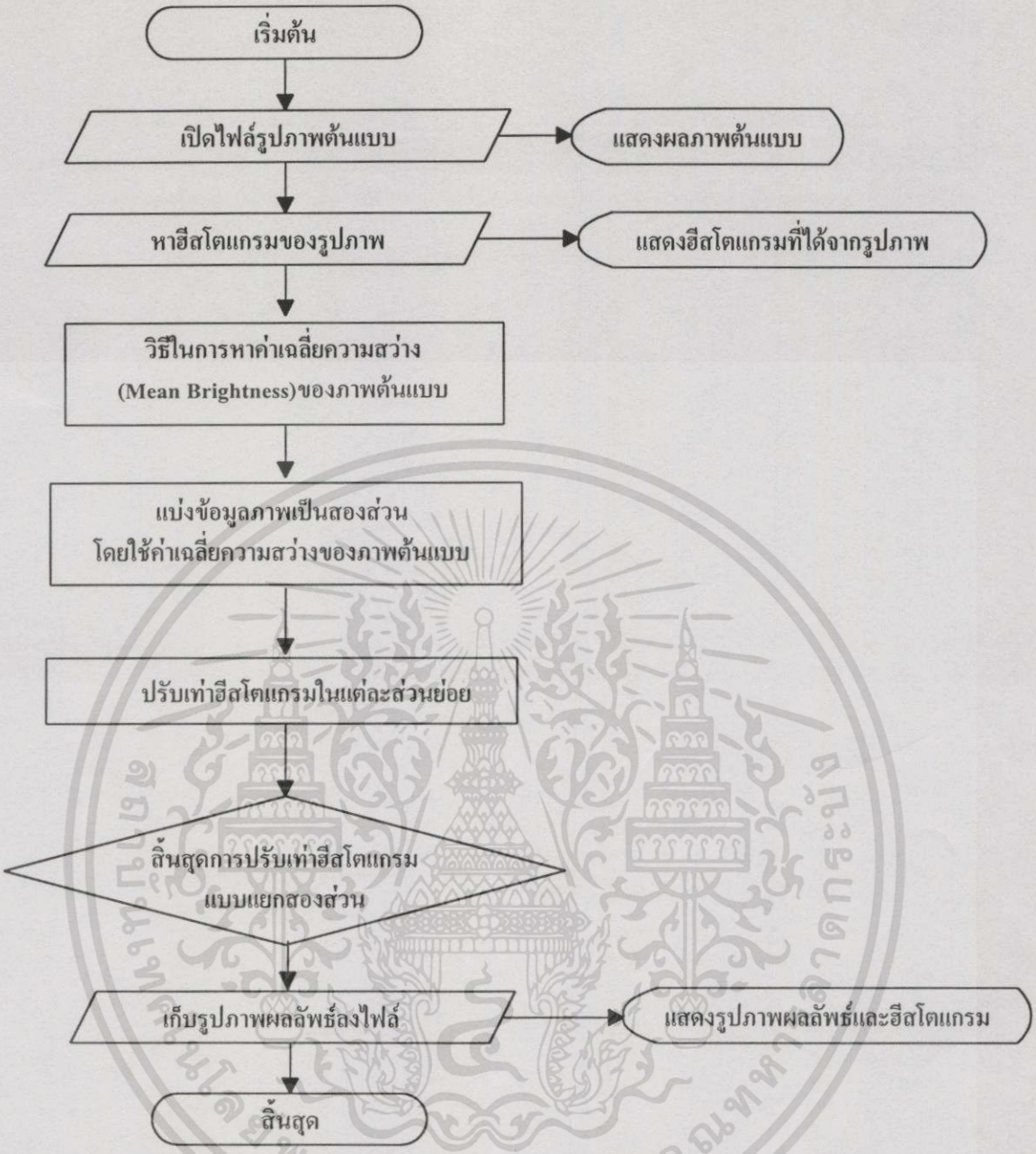
การวิเคราะห์ค่าความสว่างของภาพผลลัพธ์หลังการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรแรนดอม โดยให้ $L = \infty$ ดังนั้น การปรับเท่าฮีสโตแกรมนั้น, Y ก็เป็นตัวแปรแบบแรนดอมด้วยเช่นกัน เป็นที่ทราบกันดีว่าผลของการปรับเท่าฮีสโตแกรมจะได้ค่าระดับสีเทาที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ (uniform density)

$$p(x) = 1/(X_{L-1} - X_0) \qquad (3.14)$$

สำหรับ $X_0 \le x \le X_{L-1}$ ดังนั้นค่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพเอาท์พุทที่ได้จากการปรับเท่าฮีสโตแกรม คือค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงรูปภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรม แบบแยกสองส่วน

$$E(Y) = \int_{X_0}^{X_{L-1}} xp(x)dx \tag{3.15}$$

$$= \int_{X_0}^{X_{L-1}} \frac{x}{X_{L-1} - X_0} dx \tag{3.16}$$

$$= \frac{X_0 + X_{L-1}}{2} \tag{3.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $E(.)$ แสดงค่าคาดหวังทางสถิติ โดยปกติแล้วค่าเอาท์พุทของภาพที่ผ่านวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรม ค่าเฉลี่ยความสว่างที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาเสมอ ไม่ว่าภาพอินพุทจะมืดหรือสว่างก็ตาม

เมื่อพิจารณาวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยให้ X เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง และมีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ คือ X_m, สามารถแสดงการหาค่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ จากการปรับเท่าฮีสโตแกรม ในแต่ละส่วนย่อยของรูปภาพ ได้ดังนี้

$$E(Y) = E(Y|X \le X_m)\,P_r(X \le X_m) + E(Y|X > X_m)\,P_r(X > X_m)$$

$$= \frac{1}{2}\left\{E(Y|X \le X_m) + E(Y|X > X_m)\right\} \qquad (3.18)$$

เมื่อกำหนดให้ $P_r(X \le X_m) = P_r(X > X_m) = \frac{1}{2}$ โดยมองว่า X มีการกระจายแบบสมมาตรรอบค่า X_m จากสมการที่ (3.16) เราสามารถแทนได้ด้วย

$$E(Y|X \le X_m) = (X_0 + X_m)/2 \qquad (3.19)$$

และ

$$E(Y|X > X_m) = (X_m + X_{L-1})/2 \qquad (3.20)$$

เมื่อนำสมการที่ (3.18) และ (3.19) ไปแทนในสมการที่ (3.17) จะได้ว่า

$$E(Y) = \frac{1}{2}(X_m + X_G) \qquad (3.21)$$

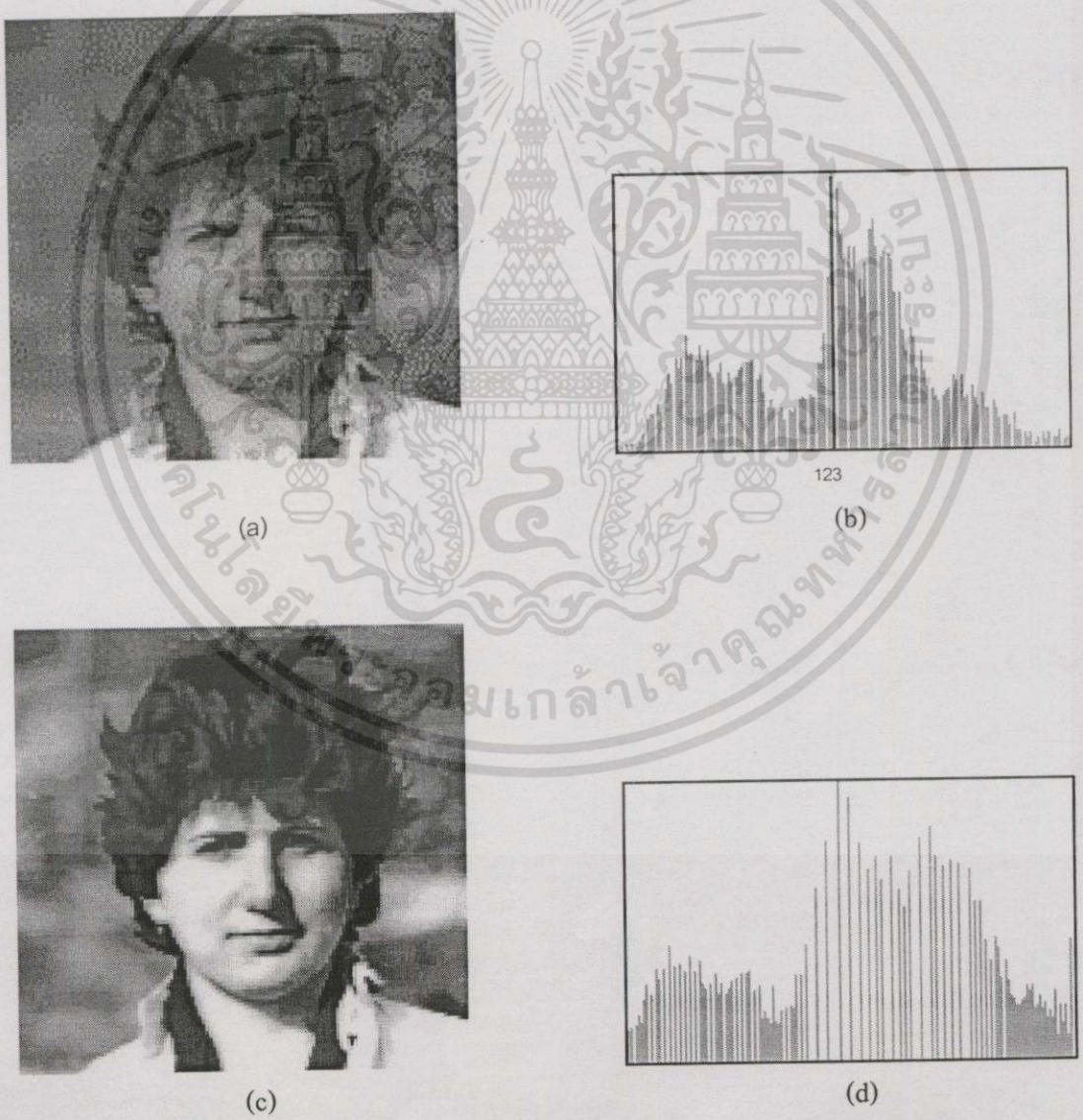
เมื่อ

$$X_G = \frac{(X_0 + X_{L-1})}{2} \qquad (3.22)$$

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน คือค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบ ซึ่งเป็นการรักษาค่าความสว่างของภาพโดยอิงกับค่าเฉลี่ยความสว่าง (X_m) ของภาพต้นแบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Ama128.img ขนาด 128x128 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่3.2 โดยรูปที่3.2(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่3.2(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 123 รูปที่3.2(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Ama128.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 135 ซึ่งการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ(มีค่าเป็น 128) สามารถรักษาค่าความสว่างได้ดีกว่า เนื่องจากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพพยายามเกลี่ยฮีสโตแกรมให้สม่ำเสมอกัน นั่นคือค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพจะใกล้เคียงกับระดับ 128 และรูปที่3.2(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน



รูปที่ 3.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Ama128.img ขนาด 128x128

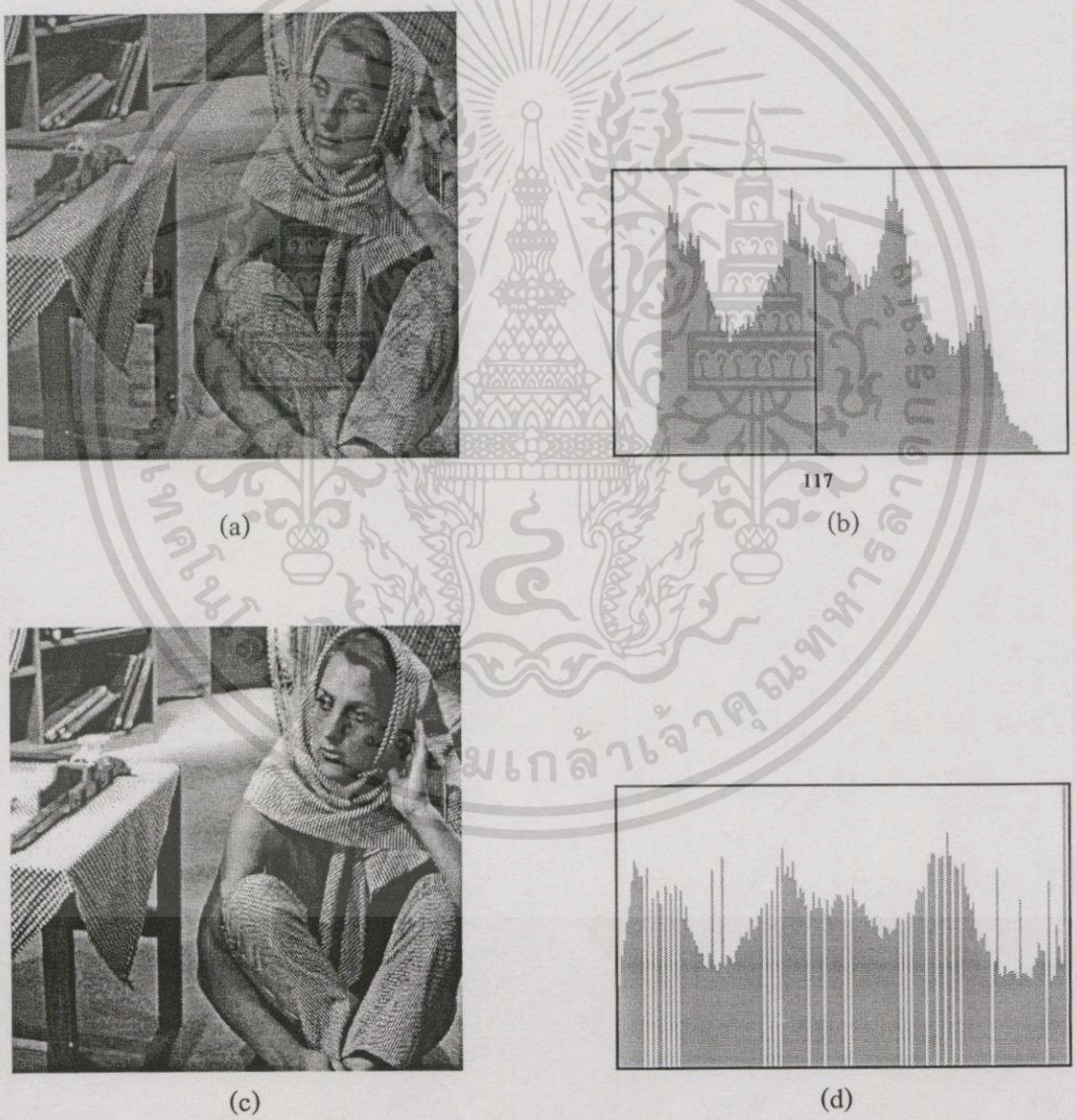
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเป็นเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Camera man.img ขนาด 256x256 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่3.3 โดยรูปที่ 3.3(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่3.3(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 166 รูปที่3.3(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Camera man.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 170 ซึ่งสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพได้ดีกว่าการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ(มีค่าเป็น 128) และรูปที่ 3.3(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโต-แกรมแบบแยกสองส่วน

รูปที่ 3.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

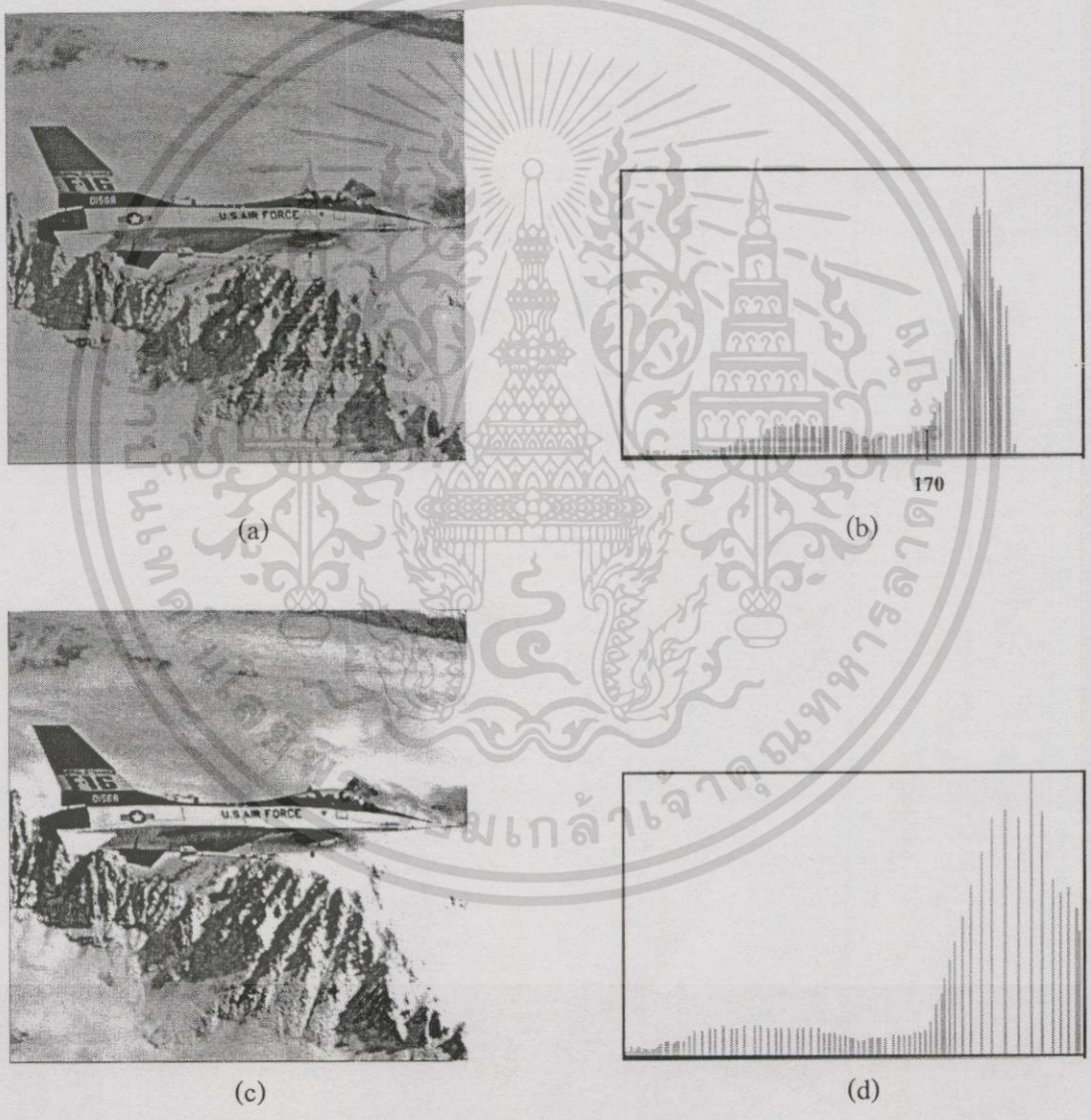
จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Barbara.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 ระดับ(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่3.4 โดยรูปที่3.4(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่3.4(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 117 รูปที่3.4(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Barbara.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 123 ซึ่งสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพได้ดีกว่าการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ(มีค่าเป็น 127)และรูปที่3.4(d)แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน



รูปที่ 3.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Lena.img ขนาด 512x512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Jet.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่3.5 โดยรูปที่3.5(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่3.5(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสว่างที่ระดับสีเทา 170 รูปที่3.5(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Jet.img ด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 177 ซึ่งสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพได้ดีกว่าการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ(มีค่าเป็น 130) และรูปที่3.5(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน



รูปที่ 3.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนรูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Lena512.img ขนาด 512x512 ภาพGirl.img ขนาด 256x256 ภาพMinis.img ขนาด 256x256 และภาพTmr.img ขนาด 256x256 จะได้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ

ชื่อภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง		
	ภาพต้นแบบ	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ
Ama.img	123	135	128
Cman.img	166	170	128
Barbara.img	117	123	127
Jet.img	170	177	130
Lena.img	124	132	127
Girl.img	83	114	128
Minis.img	106	127	127
Tmr.img	108	138	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บทสรุป

การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน(Bi-histogram equalization) ซึ่งเป็นวิธีการที่เพิ่มเติมจากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบเดิม คือการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ โดยทำการแยกฮีสโตแกรมของภาพเดิมออกเป็นสองส่วนตามค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบ ซึ่งสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบได้จากการปรับค่าความคมชัดของภาพในแต่ละส่วนแยกจากกันอย่างอิสระ จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่ามีการกระจายข้อมูลตามค่าความหนาแน่นแบบสมมาตรรอบๆค่าเฉลี่ยความสว่าง ดังนั้นเทคนิคนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทีวี (TV), วีทีอาร์ (VTR)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนนี้ จะสังเกตเห็นว่าสามารถปรับความคมชัดให้เห็นรายละเอียดของภาพได้ดียิ่งขึ้น และค่าความสว่างของภาพผลลัพธ์ยังคงรักษาค่าความสว่างเดิมของภาพเอาไว้ได้อย่างใกล้เคียงกว่าเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพซึ่งมีการปรับฮีสโตแกรมให้แต่ละระดับสีเทามีความหนาแน่นของข้อมูลเท่าๆกัน นั่นคือค่าความสว่างของภาพหลังจากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพจะมีค่าใกล้เคียงกับระดับ 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
กรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม

4.1 คำนำ

จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multipeak Histogram) เป็นหลักการใหม่ที่นำเสนอขึ้น โดยอาศัยหลักการของพีคฮีสโตแกรมเป็นตัวแยกกลุ่มข้อมูลภาพ ซึ่งจะแบ่งแต่ละยอดโค้งของฮีสโตแกรมมาทำการปรับปรุงข้อมูลภาพในแต่ละส่วนของฮีสโตแกรมโดยแยกจากกันอย่างอิสระ ดังนั้นในการปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาของภาพก็จะถูกกำหนดขอบเขตให้อยู่ภายในแต่ละพีคฮีสโตแกรมเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการปรับปรุงแก้ไขเรื่องค่าระดับสีเทาอิ่มตัว และยังรักษาระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพใกล้เคียงกับภาพต้นแบบมากที่สุด ดังนั้นหลักการสำคัญในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคคือกรรมวิธีในการหาพีคฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบให้ได้ก่อนซึ่งจะนำเสนอในบทนี้ จากนั้นจึงนำไปใช้ในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคในบทต่อไป

4.2 กรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม

จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับปรุงฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค จะต้องทำการแบ่งฮีสโตแกรมของรูปภาพออกเป็นพีค ก่อนที่จะทำการปรับเท่าหรือยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นในแต่ละพีคฮีสโตแกรมแยกจากกันอย่างอิสระ ซึ่งฮีสโตแกรมของรูปภาพจะแสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดข้อมูลในแต่ละระดับค่าระดับสีเทา บางระดับค่าระดับสีเทาอาจไม่มีข้อมูลอยู่เลย แต่ถ้ามองภาพโดยรวมฮีสโตแกรมของภาพจะประกอบด้วยพีคหรือยอดโค้งฮีสโตแกรม(Peaks or Nodes) ซึ่งแต่ละพีคจะแสดงข้อมูลวัตถุที่ต่างกัน ในการแบ่งพีคฮีสโตแกรมนั้นไม่สามารถกระทำได้โดยง่าย เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละค่าระดับสีเทาจะมีการแกว่งขึ้นลงไปมาอย่างไม่แน่นอน และค่าความน่าจะเป็นของบางระดับค่าระดับสีเทาอาจไม่มีค่าข้อมูลเลย จึงต้องมีการปรับปรุงฮีสโตแกรมก่อนเพื่อทำให้เห็นรูปร่างฮีสโตแกรมโดยประมาณ ดังนั้นก่อนที่จะหาพีคฮีสโตแกรมจะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของฮีสโตแกรม แต่เมื่อแบ่งพีคฮีสโตแกรมแล้วจะนำข้อมูลฮีสโตแกรมดั้งเดิมของภาพต้นแบบกลับมาใช้ในการปรับปรุงฮีสโตแกรมในแต่ละพีคแยกจากกันอย่างอิสระ ผลของการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพในแต่ละส่วนจะถูกกำหนดให้อยู่ภายในขอบเขตของพีคฮีสโตแกรมซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลระดับสีเทาเดียวกัน ซึ่งส่งผลต่อการรักษาค่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ลำดับขั้นตอนในการปรับปรุงฮีสโตแกรม

4.3.1 การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น(Linear Interpolation Probability Density)

สำหรับการเพิ่มเติมค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลปรากฏในภาพ โดยค่าความน่าจะเป็นใหม่ได้จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีข้อมูลอยู่แบบเชิงเส้น

ถ้าค่าระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล มี 1 ระดับ

$$p(r_k) = \frac{1}{2}\left[p(r_{k-1}) + p(r_{k+1})\right] \quad (4.1)$$

เมื่อ r_k เป็นค่าระดับสีเทาที่ขาดหายไป

$p(r_k)$ คือค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่ได้จากการสอดแทรกค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีข้อมูลอยู่ เนื่องจากค่าระดับสีเทา r_k จะไม่ปรากฏในภาพเลย

$p(r_{k-1}), p(r_{k+1})$ คือค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีจุดภาพปรากฏอยู่

ถ้าค่าระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลติดกัน 2 ระดับ

$$p(r_k) = p(r_{k-1}) + \frac{1}{3}\left[p(r_{k+2}) - p(r_{k-1})\right] \quad (4.2)$$

และ

$$p(r_{k+1}) = p(r_{k-1}) + \frac{2}{3}\left[p(r_{k+2}) - p(r_{k-1})\right] \quad (4.3)$$

เมื่อ $p(r_k), p(r_{k+1})$ คือค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่ได้จากการสอดแทรกค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีข้อมูลอยู่

$p(r_k), p(r_{k+1})$ คือค่าความน่าจะเป็นของสองค่าระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล ซึ่งอยู่ติดกัน

$p(r_{k-1}), p(r_{k+2})$ คือค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลติดกัน N ระดับ

$$p(r_k) = p(r_{k-1}) + \frac{1}{N+1}\left[p(r_{k+N}) - p(r_{k-1})\right]$$

$$p(r_{k+1}) = p(r_{k-1}) + \frac{2}{N+1}\left[p(r_{k+N}) - p(r_{k-1})\right]$$

$$\vdots$$

$$p(r_{k+N-1}) = p(r_{k-1}) + \frac{N}{N+1}\left[p(r_{k+N}) - p(r_{k-1})\right] \quad (4.4)$$

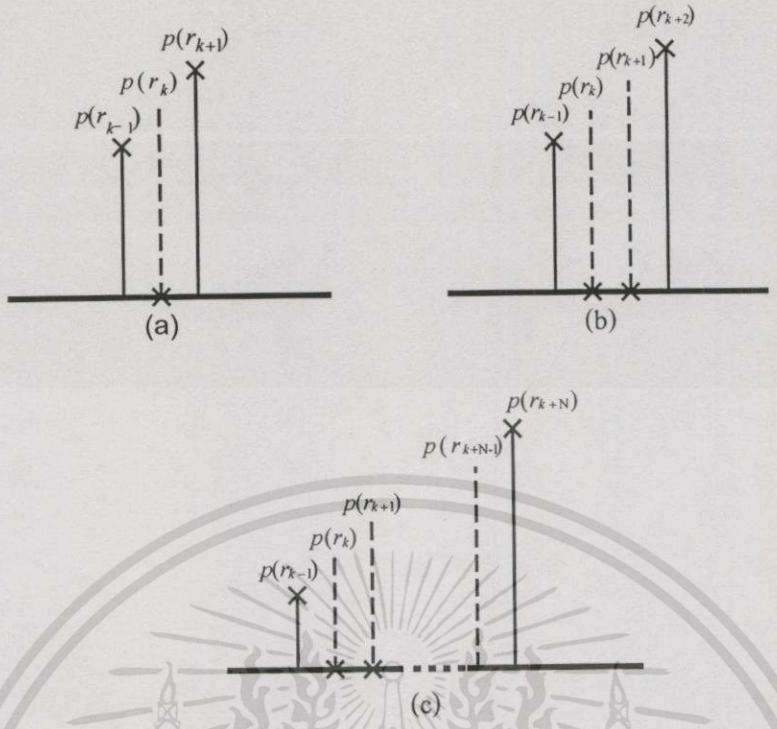
เมื่อ $p(r_k), p(r_{k+1}), \ldots, p(r_{k+N-1})$ คือค่าความน่าจะเป็นใหม่ที่ได้จากการสอดแทรกค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่ มีข้อมูลอยู่

$p(r_k), p(r_{k+1}), \ldots, p(r_{k+N-1})$ คือค่าความน่าจะเป็นของสองค่าระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลและอยู่ติดกัน

$p(r_{k-1}), p(r_{k+N})$ คือค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาข้างเคียงที่มีข้อมูล

โดยมากฮีสโตแกรมของรูปภาพมักจะพบค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลอยู่หนึ่งระดับ หรือ สองระดับติดต่อกัน แต่อาจจะมีค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล N ระดับ ก็ได้ดังแสดงในรูปที่4.1 ซึ่งในรูปที่4.1(a) แสดงค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล 1 ระดับ รูปที่4.1(b) แสดงค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล 2 ระดับติดกัน และในรูป4.1(c) แสดงค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล N ระดับติดต่อกัน จากการประมาณค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นให้กับระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูลอยู่ หลังจากการเติมค่าความน่าจะเป็นแล้วทำให้ฮีสโตแกรมของรูปภาพทุกระดับสีเทามีข้อมูล แต่ค่าความน่าจะเป็นในแต่ละระดับสีเทาจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างไม่แน่นอน จึงต้องมีการปรับฮีสโตแกรมเพื่อมองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพีคฮีสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การประมาณค่าความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นให้กับระดับสีเทาที่ไม่มีข้อมูล

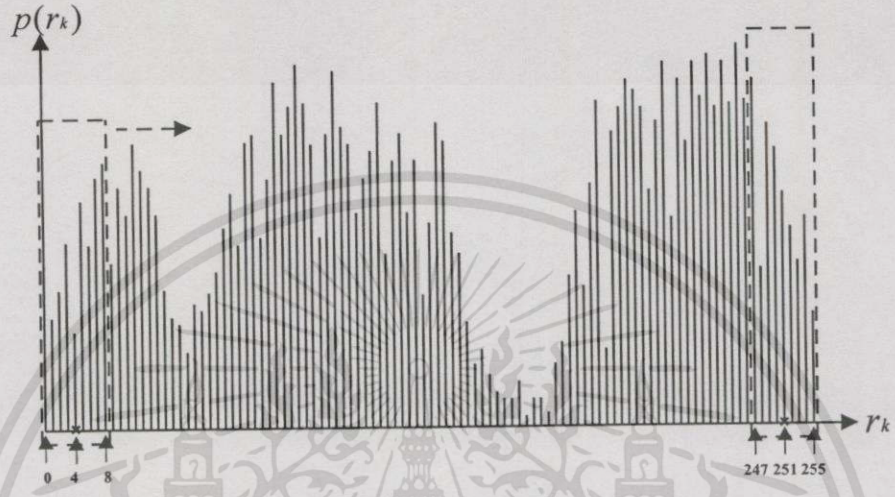
4.3.2 การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน(The Neighborhood Probability Density Average)

เพื่อปรับฮีสโตแกรมของรูปภาพให้เรียบ จะมีการปรับเปลี่ยนค่าฮีสโตแกรมของระดับสีที่ติดกันให้มีค่าความน่าจะเป็นใกล้เคียงกัน โดยค่าความน่าจะเป็นใหม่จะเกิดจากการเฉลี่ยค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกันเก้าระดับ ในการทดลองพบว่าการใช้ 9 ระดับสีเทาจะทำให้ฮีสโตแกรมเรียบพอสมควร ถ้าคำนวณค่าความน่าจะเป็นใหม่จากจำนวนระดับสีเทาที่น้อยกว่า 9 ระดับสีเทา ฮีสโตแกรมที่ได้จะยังไม่ค่อยเรียบ แต่ถ้าคำนวณค่าความน่าจะเป็นใหม่จากจำนวนระดับสีเทาที่มากกว่า 9 ระดับจะทำให้เกิดการทำลายพีคฮีสโตแกรมที่มีขนาดเล็กๆได้ ค่าความน่าจะเป็นใหม่หลังการคำนวณเพื่อปรับเรียบจะนำมาแทนค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่อยู่ตำแหน่งตรงกลาง คือตำแหน่งที่ห้าในแต่ละหน้าต่างการคำนวณ(Mask) จากนั้นทำการเลื่อนหน้าต่างไปยังฮีสโตแกรมระดับสีเทาตำแหน่งต่อไปแสดงในรูปที่4.2 และสามารถเขียนการคำนวณได้ดังสมการ

$$p_n(r_k) = \begin{cases} \frac{1}{9}\sum_{i=1}^{9} p\left(r_{k-5+i}\right) & \text{for } 4 \le k \le L-5 \\ \\ p\left(r_k\right) & \text{for } k<4 \text{ and } k>L-5 \end{cases} \qquad (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความน่าจะเป็นใหม่นี้เป็นของระดับสีเทาลำดับที่ k ถูกนิยามเป็น $p_n(r_k)$ ซึ่งรูปภาพโมโนโครมที่มีระดับสีเทา 256 สี โดยค่าความน่าจะเป็นใหม่ของระดับสีเทาค่า 0 ถึง 3 และระดับสีเทาค่า 252 ถึง 255 จะเป็นค่าความน่าจะเป็นเดิมเนื่องจากไม่สามารถนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยได้



รูปที่ 4.2 แสดงการเลื่อนหน้าต่างการคำนวณไปตามระดับสีเทาต่างๆ

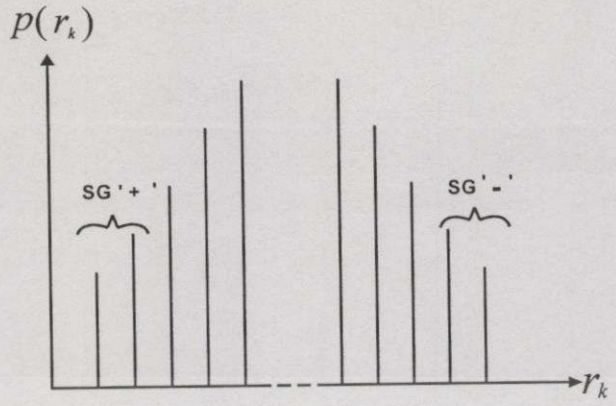
4.3.3 การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน

จากฮีสโตแกรมที่มีการปรับปรุงโดยการหาค่าเฉลี่ยค่าความน่าจะเป็นจากระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน นำมาหาความแตกต่างของค่าความน่าจะเป็น โดยให้ค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง และลบด้วยค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่มีค่าน้อยกว่าหนึ่งระดับที่อยู่ใกล้เคียงกันจากระดับสีเทา 0 ถึง $L-1$ เพื่อนำเครื่องหมายผลต่างที่ได้ไปพิจารณาในการหาจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมสองพีคออกจากกัน หรือที่เรียกว่าจุดเบรคพอนย์(Break Point) จากการคำนวณสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SG(k) = p(r_k) - p(r_{k-1}) \qquad \text{for } 0 < k \le L-1 \qquad (4.6)$$

นั่นคือถ้าค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทา k มีค่ามากกว่าค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทา $k-1$ จะได้เครื่องหมายความแตกต่าง $SG(k)$ เป็นค่าบวก แต่ถ้าค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทา k มีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทา $k-1$ จะได้เครื่องหมายความแตกต่าง $SG(k)$ เป็นค่าลบที่แสดงได้ดังรูปที่4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงค่าเครื่องหมายความแตกต่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับค่าสีเทาที่ใกล้เคียงกัน

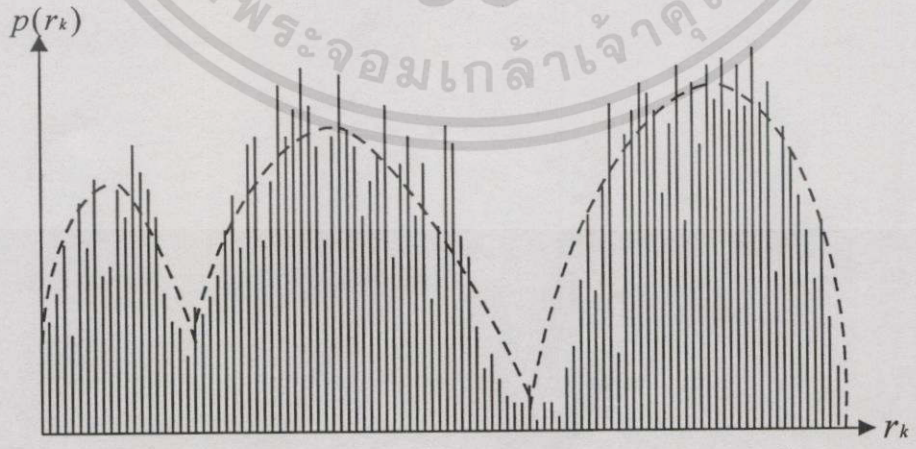
4.3.4 การหาตำแหน่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพีคฮีสโตแกรมหรือจุดเบรคพอนย์(Break-Point)

เครื่องหมายความแตกต่างค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากหัวข้อ 4.3.3 จากค่า $SG(0)$ ถึง $SG(254)$ ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามโค้งพีคฮีสโตแกรม ถ้าเครื่องหมายมีค่าเป็นบวกต่อเนื่องกันแสดงว่าเป็นโค้งขาขึ้นของพีคฮีสโตแกรม แต่ถ้าเครื่องหมายมีค่าเป็นลบต่อเนื่องกันแสดงว่าเป็นโค้งขาลงของพีคฮีสโตแกรม จากการหาค่าเครื่องหมายความแตกต่างความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงแบบกระเพื่อมขึ้นลงไปมา จึงต้องมีการปรับเครื่องหมายเพื่อให้เกิดเครื่องหมายที่ต่อเนื่อง ดังนี้เช่น

\+ - + เปลี่ยนเป็น + + +

\- + - เปลี่ยนเป็น - - -

หลังจากการปรับฮีสโตแกรมตามขั้นตอนต่างๆแล้ว สามารถมองฮีสโตแกรมของรูปภาพได้ดังรูปที่ 4.4

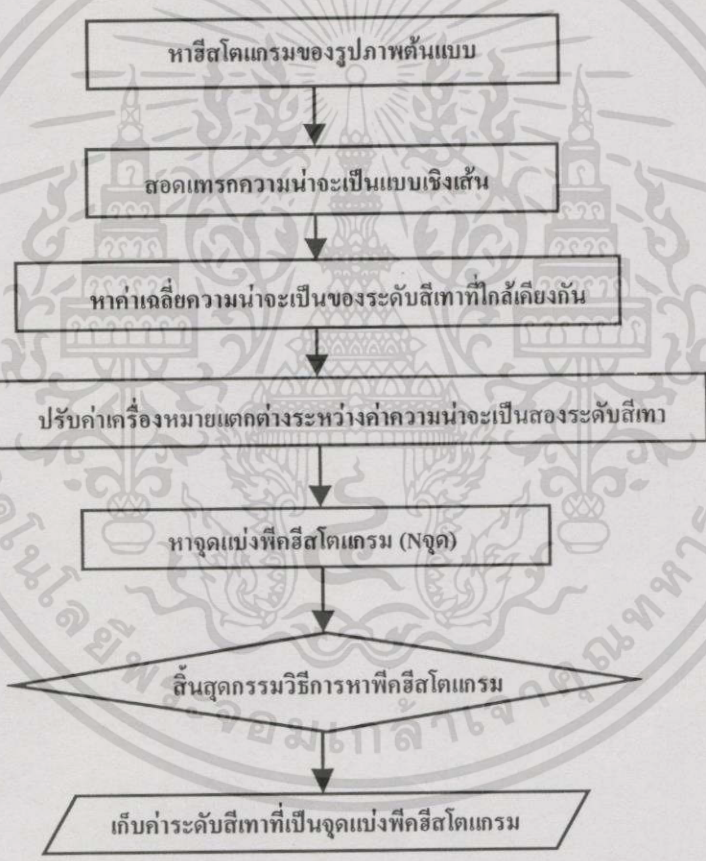


รูปที่ 4.4 แสดงพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพหลังจากมีการปรับฮีสโตแกรมตามขั้นตอนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการหาจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมโดยการพิจารณาส่วนโค้งขาขึ้นของพีคฮีสโตแกรม (มีการเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายความแตกต่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาจากค่าลบ 4 ค่า และตามด้วยค่าบวก 8 ค่า) ถ้าฮีสโตแกรมของรูปภาพพบจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรม N จุด นั่นคือมีการแบ่งฮีสโตแกรมเป็น $N+1$ พีคหรือสามารถแบ่งภาพนั้นออกเป็น $N+1$ กลุ่ม จากรูปที่4.5 ฮีสโตแกรมของรูปภาพมีจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรม 2 จุด สามารถแบ่ง 3 พีค ต้องมีการเก็บค่าระดับสีเทาที่เป็นจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมจะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ในบทต่อไป โดยฮีสโตแกรมที่ผ่านการปรับค่าความน่าจะเป็นจากกรรมวิธีการหาจุดแบ่งพีคจะไม่นำมาพิจารณาในการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค เนื่องจากเป็นข้อมูลภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเดิม

ขั้นตอนในการหาจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมพอสรุปเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ตแสดงกรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

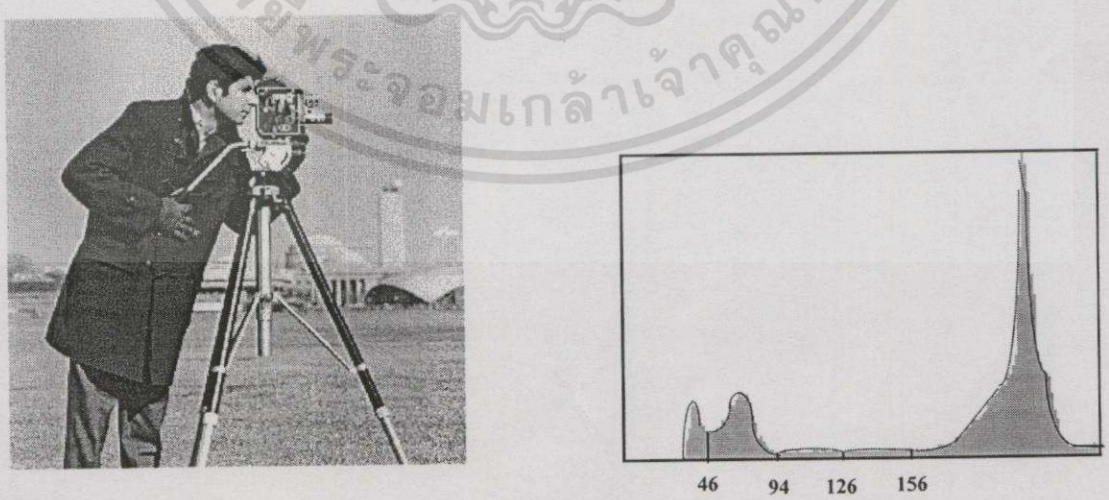
4.4 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งพีคของฮีสโตแกรม

จากกรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรมของภาพ Ama128.img ขนาด 128x128 สามารถหาจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมได้ 4 จุด คือที่ระดับสีเทา 63 94 136 และ 181 ดังนั้นจึงแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทา 0-62 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 63-93 94-135 136-180 และ181-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่4.6(b)

(a) (b)

รูปที่ 4.6 การแบ่งพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพAma128.img ขนาด 128x128

สำหรับภาพของ Camera man.img ขนาด 256x256 สามารถหาจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรมได้ 4 จุด คือที่ระดับสีเทา 46 94 126 และ 156 ดังนั้นจึงแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทา 0-45 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 46-93 94-125 126-155 และ156-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่4.7(b)



(a) (b)

รูปที่ 4.7 การแบ่งพีคฮีสโตแกรมของรูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 บทสรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอวิธีการหาพีคฮีสโตแกรม ซึ่งแต่ละพีคฮีสโตแกรมที่ได้จะถูกนำไปแยกทำการปรับปรุงอย่างอิสระเพื่อจะให้ได้ภาพที่มีความคมชัดหรือมีความแตกต่าง(Contrast)ในภาพสูงขึ้น โดยการปรับปรุงข้อมูลภาพในแต่ละพีคฮีสโตแกรมนั้นจะได้กล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การปรับปรุงภาพด้วย
เทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

5.1 คำนำ

การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพนั้น เกิดผลเสียในเรื่องความสว่างอิ่มตัวในบริเวณพื้นที่สว่างหรือมืดมาก และไม่รักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบ ทำให้ภาพผลลัพธ์ไม่เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งาน จึงมีการนำเสนอการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนซึ่งรักษาความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้[10] แต่ยังเกิดปัญหาเรื่องความสว่างอิ่มตัว ดังนั้นจึงมีการนำเสนอเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multipeak Histogram) ซึ่งแบ่งเป็นเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multipeak Histogram Equalization) และเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค(Multipeak Linear Contrast Strechting) โดยจะปรับปรุงภาพจากการใช้กลุ่มข้อมูลในแต่ละพีคฮีสโตแกรม ซึ่งทำให้รักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบ และแก้ไขปัญหาค่าความสว่างอิ่มตัว การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคเป็นการปรับปรุงภาพแบบไม่เป็นเชิงเส้นตามค่าความหนาแน่นของข้อมูลภาพในแต่ละพีคฮีสโตแกรม การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค จะใช้ข้อมูลจากการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานในแต่ละพีคฮีสโตแกรมมายืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น

5.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multi-peak Histogram Equalization)

ฮีสโตแกรมของรูปภาพจะมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละระดับสีเทากระเพื่อมขึ้นลงไปมาไม่แน่นอน และค่าความน่าจะเป็นของบางระดับสีเทาอาจไม่มีค่าเลย ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงฮีสโตแกรมก่อนตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในบทที่4 ฮีสโตแกรมของรูปภาพใดๆเป็น N+1พีค จะถูกนำมาใช้ในการปรับความคมชัดของภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยจะการแยกปรับเท่า(Equalize)ฮีสโตแกรมในแต่ละช่วงพีคฮีสโตแกรมตามกลุ่มข้อมูลภายในพีคนั้น แต่ละพีคฮีสโตแกรมจะเป็นการแยกข้อมูลภาพเป็นกลุ่มตามค่าระดับสีเทา

เมื่อพิจารณาให้ $x = \{B(i,j)\}$ เป็นองค์ประกอบรูปภาพของระดับสีเทา L ระดับคือ $\{r_0, r_1, r_2, \ldots, r_{L-1}\}$ โดย $\{B(i,j)\}$ คือค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ตำแหน่งโคออดิเนท (i,j) และ $\{B(i,j)\} \in \{r_0, r_1, \ldots, r_{L-1}$ เนื่องจากฮีสโตแกรมของรูปภาพถูกแบ่งเป็น N+1 พีค ดังนั้นรูปภาพ **X** จะประกอบด้วยข้อมูลในรูปภาพย่อย(Subimage) N+1 กลุ่มคือ $\mathrm{X}_1, \mathrm{X}_2, \ldots, \mathrm{X}_{N+1}$ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X = X_1 \cup X_2 \ldots \cup X_{N+1} \tag{5.1}$$

โดย $\cup$: คือการ Union

ฮีสโตแกรม N+1พีค ซึ่งถูกแบ่งโดยจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรม N จุดที่ระดับค่าระดับสีเทา $r_{m1}, r_{m2}, \ldots, r_{mN}$ เมื่อแต่ละรูปภาพย่อยมีองค์ประกอบดังสมการ

$$\begin{aligned} X_1 &= \{B(i,j);\ r_0 \le B(i,j) < r_{m1},\ \forall B(i,j) \in X\} \\ X_2 &= \{B(i,j);\ r_{m1} \le B(i,j) < r_{m2},\ \forall B(i,j) \in X\} \\ &\vdots \\ X_{N+1} &= \{B(i,j);\ r_{mN} \le B(i,j) \le r_{L-1},\ \forall B(i,j) \in X\} \end{aligned} \tag{5.2}$$

นั่นคือ รูปภาพย่อย X_1 จะประกอบด้วยระดับค่าระดับสีเทา $\{r_0, r_1, \ldots, r_{m1-1}\}$

รูปภาพย่อย X_2 จะประกอบด้วยระดับค่าระดับสีเทา $\{r_{m1}, r_{m1+1}, \ldots, r_{m2-1}\}$

$\vdots$

รูปภาพย่อย X_{N+1} จะประกอบด้วยระดับค่าระดับสีเทา $\{r_{mN}, r_{mN+1}, \ldots, r_{L-1}\}$

ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดจุดภาพในแต่ละพีคฮีสโตแกรม แสดงได้ดังสมการที่(5.3) โดยใช้ค่าข้อมูลเดิมของภาพต้นแบบดั้งเดิมมาพิจารณา (ไม่ใช่ค่าข้อมูลจากฮีสโตแกรมหลังจากการปรับปรุง เนื่องจากการปรับปรุงข้อมูลฮีสโตแกรมนำมาพิจารณาในการแบ่งพีคเท่านั้น)

$$p_1(r_k) = \frac{n_1^k}{n_1},\ \text{for } k = 0,1,\ldots, m1-1$$

$$\begin{aligned} p_2(r_k) &= \frac{n_2^k}{n_2},\ \text{for } k = m1, m1+1, \ldots, m2-1 \\ &\vdots \\ p_{N+1}(r_k) &= \frac{n_{N+1}^k}{n_{N+1}},\ \text{for } k = mN, mN+1, \ldots, L-1 \end{aligned} \tag{5.3}$$

เมื่อ n_i^k คือจำนวนจุดภาพของภาพต้นแบบในลำดับระดับสีเทาที่ k ในพีคฮีสโตแกรมที่ i และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n_i แสดงจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพีคฮีสโตแกรมที่ i เมื่อ $i = 1,2,\ldots, N+1$

โดยที่ $$n = n_1 + n_2 + \ldots + n_{N+1} \qquad (5.4)$$

เมื่อ n คือจำนวนจุดภาพทั้งหมดในรูปภาพ ค่าฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม(CDF: Cumulative Density Function) ของแต่ละพีคข้อมูลแสดงได้ดังนี้

$$C_1(k) = \sum_{j=0}^{k} p_1(r_j) \qquad ; \ 0 \le k < m1$$

$$C_2(k) = \sum_{j=m1}^{k} p_2(r_j) \qquad ; \ m1 \le k < m2 \qquad (5.5)$$

$$\vdots$$

$$C_{N+1}(k) = \sum_{j=mN}^{L-1} p_{N+1}(r_j) \qquad ; \ mN \le k \le L-1$$

เมื่อ $k = r_k$ และตามนิยามค่าฟังก์ชันความหนาแน่น $C_1(r_{m1-1}) = 1$

$$C_2(r_{m2-1}) = 1 \qquad (5.6)$$

$$\vdots$$

$$C_{N+1}(r_{L-1}) = 1$$

หลังจากการปรับความคมชัดของภาพจากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยฮีสโตแกรมของพีคแรกจะถูกยืดออกในย่านระดับค่าระดับสีเทา r_0 ถึง r_{m1-1} สำหรับพีคที่ i ฮีสโตแกรมจะถูกยืดออกในย่านระดับค่าระดับสีเทา $r_{m(i-1)}$ to r_{mi-1} เมื่อ $i = 2,3,\ldots,N$ และโค้งกลุ่มข้อมูลกลุ่มสุดท้ายจะถูกยืดออกในย่านระดับค่าระดับสีเทา r_{mN} ถึง r_{L-1}.

จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยใช้ค่าความหนาแน่นสะสม CDF ในฟังก์ชันการแปลงค่าระดับสีเทาค่าใหม่

$$f_1(k) = r_0 + (r_{m1-1} - r_0)\, C_1(k)$$

$$f_2(k) = r_{m1} + (r_{m2-1} - r_{m1})\, C_2(k)$$

$$\vdots$$

$$f_{N+1}(k) = r_{mN} + (r_{L-1} - r_{mN})\, C_{N+1}(k) \qquad (5.7)$$

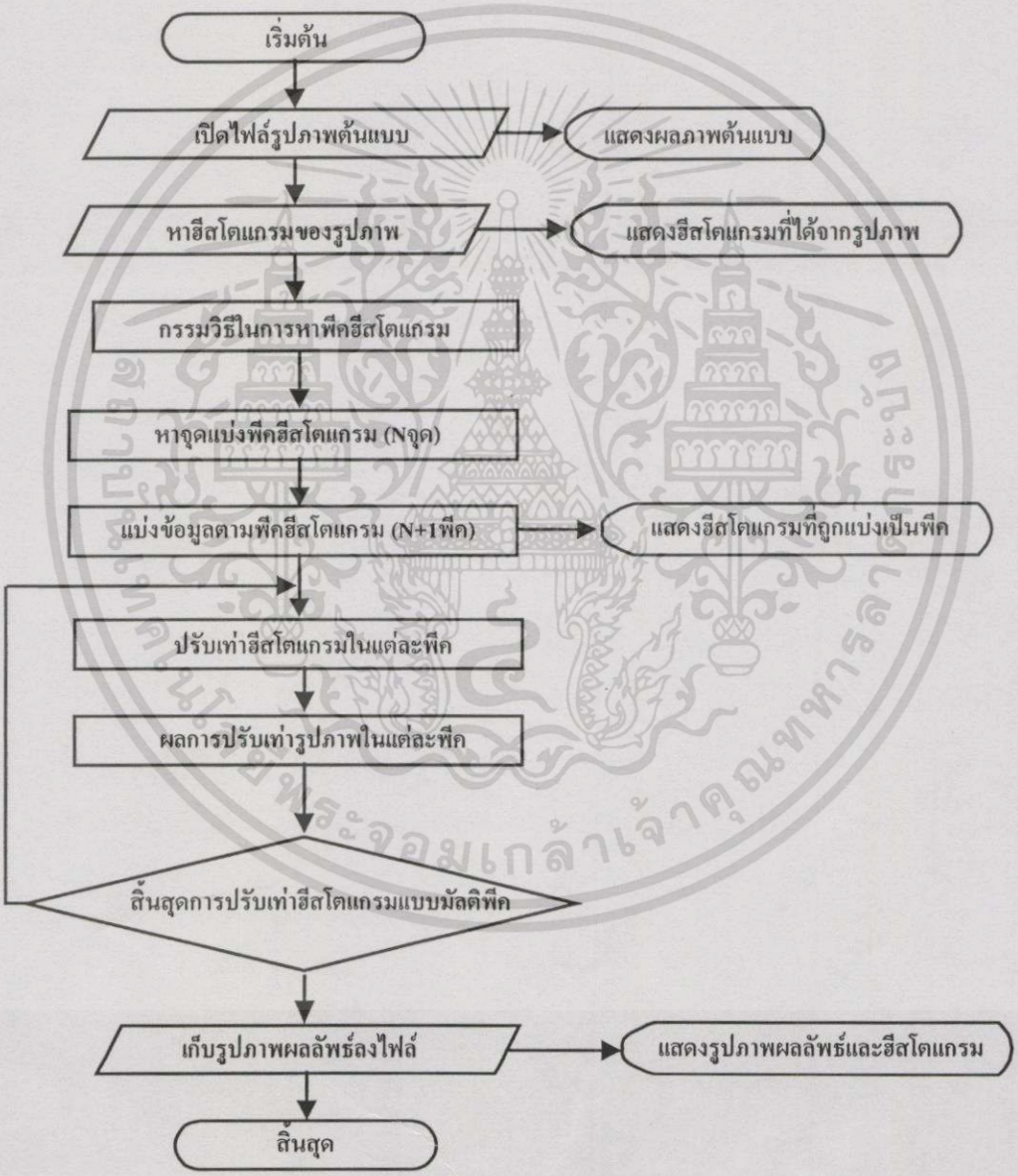
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากฟังก์ชันการปรับเท่าฮีสโตแกรมในแต่ละพีคฮีสโตแกรมจะได้ผลลัพธ์ดังนี้ คือ

$$Y = Y(i, j)$$

$$= f_1(r_{m1}) \cup f_2(r_{m2}) \cup \ldots \cup f_{N+1}(r_{mN}) \qquad (5.8)$$

โดย $Y(i, j)$ คือภาพผลลัพธ์รวมจากการปรับเท่าฮีสโตแกรมในแต่ละพีคที่ตำแหน่ง (i, j) เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคสามารถเขียนสรุปเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงความแตกต่างในภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างต่างๆของเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคกรณีของภาพ Ama128.img ขนาด 128x128 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ดังรูปที่5.2 โดยรูปที่5.2(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.2(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ และสามารถแบ่งได้ 5 พีคโดยแบ่งที่ระดับสีเทา 0-62 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 63-93 94-135 136-180 และ181-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ รูปที่5.2(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 123 ซึ่งสามารถรักษาค่าระดับสีเทาของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 123)ไว้ได้ และรูปที่5.2(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้

รูปที่ 5.2 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพAma128.img ขนาด 128x128

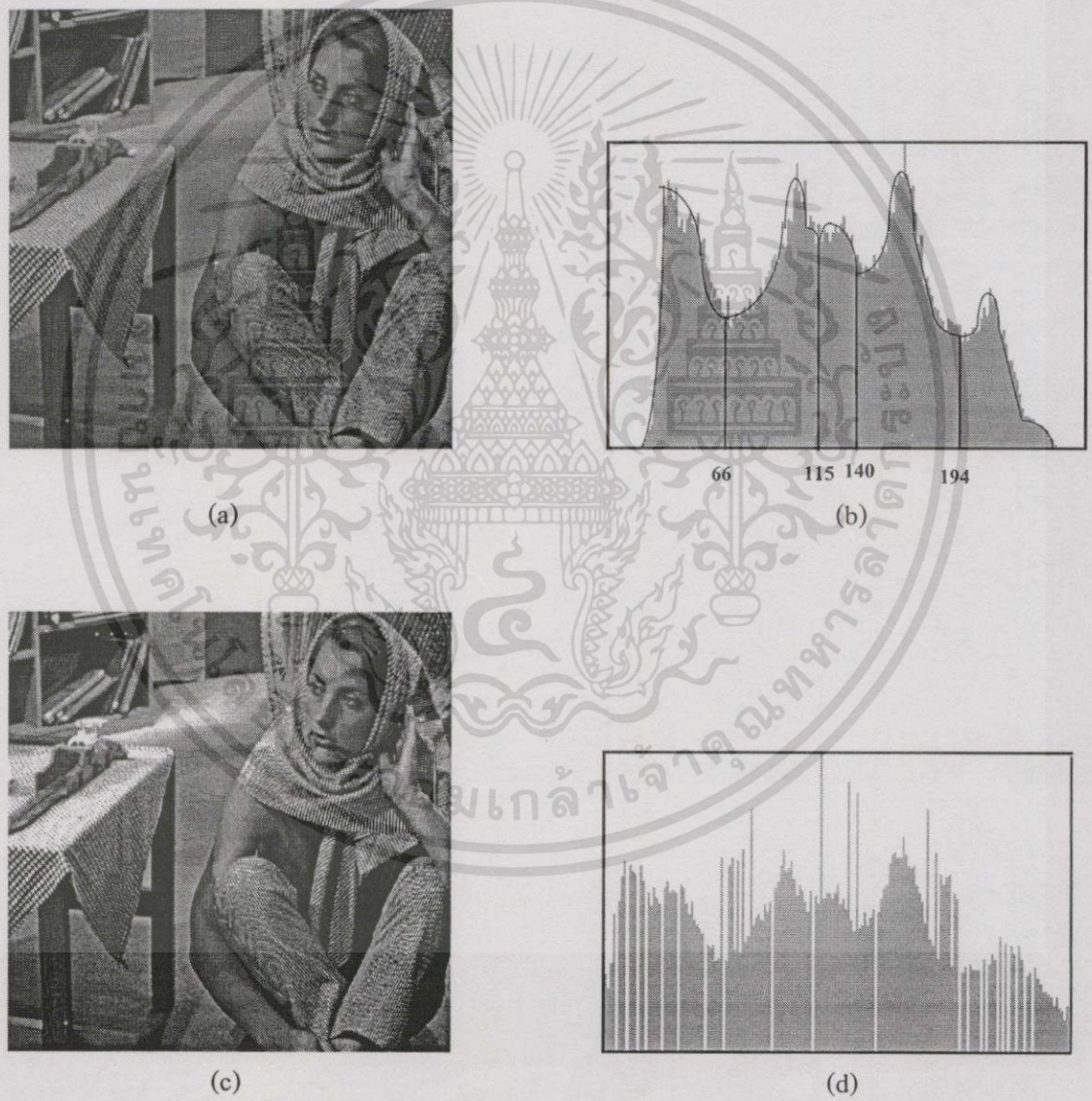
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีของภาพโมโนโครม Camera man.img ขนาด 256x256 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) แสดงในรูปที่5.3 โดยรูปที่5.3(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.3(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ และสามารถแบ่งได้ 5 พีคโดยแบ่งที่ระดับสีเทา 0-45 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 46-93 94-125 126-155 และ156-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ รูปที่5.3(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 164 ขณะที่ระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบเป็น 166 และรูปที่5.3(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้

รูปที่ 5.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

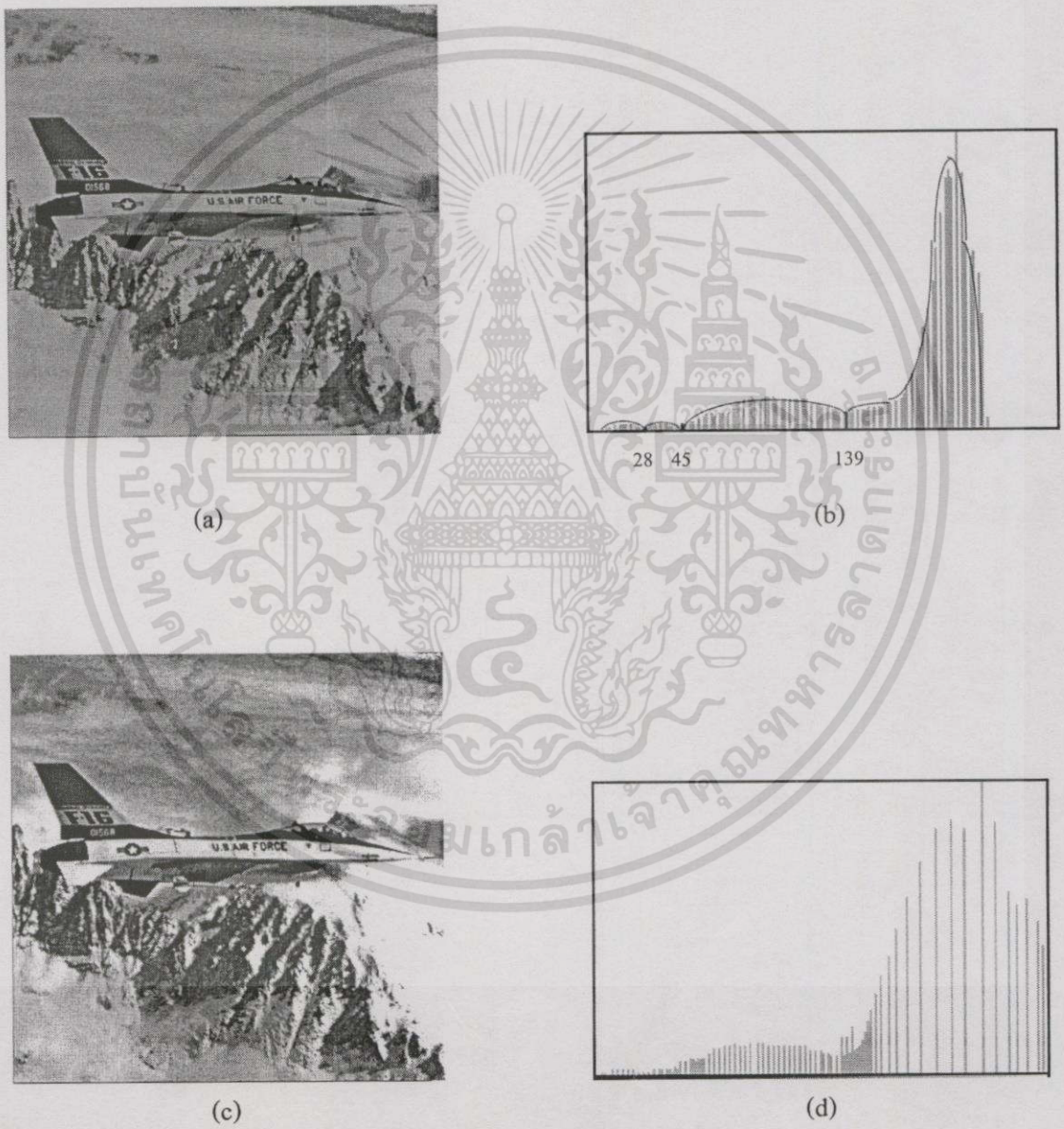
จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Barbara.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ที่แสดงในรูปที่5.4 โดยรูปที่5.4(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.4(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบและสามารถแบ่งได้ 5 พีคโดยแบ่งที่ระดับสีเทา 0-65 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 66-114 115-139 140-193 และ194-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ รูปที่5.4(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 116 ขณะที่ระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบเป็น 117 และรูปที่5.4(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้



รูปที่ 5.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Barbara.img ขนาด 512x512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาพโมโนโครม Jet.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) แสดงดังรูปที่5.5 โดยรูปที่5.5(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.5(b)เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ และสามารถแบ่งได้ 4 พีคโดยแบ่งที่ระดับสีเทา 0-27 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 28-44 45-138 และ139-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ รูปที่5.5(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 173 ขณะที่ระดับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบเป็น 170 และรูปที่5.5(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้



รูปที่5.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีครูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Lena512.img ขนาด 512x512 แบ่งได้ 5 พีค ภาพ Girl.img ขนาด 256x256 แบ่งได้ 3 พีค ภาพ Minis.img ขนาด 256x256 แบ่งได้ 5 พีค และภาพ Tmr.img ขนาด 256x256 แบ่งได้ 5 พีคจะได้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน

รูปภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง		
	ภาพต้นแบบ	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค[11]	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน[10]
Ama.img	123	123	135
Cman.img	166	164	170
Barbara.img	117	116	123
Jet.img	170	173	177
Lena.img	124	123	132
Girl.img	83	98	114
Minis.img	106	110	127
Tmr.img	108	113	138

5.3 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค(Multi-peak Linear Contrast Stretching)

จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค โดยปรับปรุงภาพจากการใช้กลุ่มข้อมูลในแต่ละพีคฮีสโตแกรม ซึ่งทำให้รักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบและแก้ไขปัญหาค่าความสว่างอิ่มตัวแล้วยังมีการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคแบบมัลติพีคอีกวิธีหนึ่ง คือ การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยจะทำการยืดฮีสโตแกรมใช้ข้อมูลจากการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน ในแต่ละพีคฮีสโตแกรม ซึ่งการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นในแต่ละพีคนั้นจะแก้ปัญหาการเกิดค่าความสว่างอิ่มตัวได้ดียิ่งขึ้นกว่าเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค เนื่องจากการปรับเท่าฮีสโตแกรมเป็นการปรับปรุงแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ใกล้เคียงกันเมื่อผ่านกรรมวิธีการเกลี่ยค่าฮีสโตแกรมให้เท่ากันตลอดแล้วค่าความสว่างต่ำจะถูกจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกลุ่มเดียวกัน และค่าความสว่างสูงจะถูกจัดเป็นกลุ่มเดียวกันจนทำให้เกิดการมองไม่เห็นรายละเอียดของภาพบริเวณที่มีระดับสีเทามืด หรือสว่างใกล้เคียงกัน

ในการปรับปรุงภาพโดยการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีคจะทำการกระจายค่าระดับสีเทาในแต่ละพีคให้เป็นแบบยูนิฟอร์ม ซึ่งฮีสโตแกรมของภาพจะประกอบด้วยฮีสโตแกรมหลายพีค โดยแต่ละพีคฮีสโตแกรมจะแสดงถึงวัตถุที่แตกต่างกัน การปรับปรุงฮีสโตแกรมแต่ละพีคจะแยกกันทำอย่างอิสระ ผลลัพธ์ที่ได้จะดีกว่าการปรับปรุงแบบทั้งภาพ และมีการนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแต่ละพีคมาคำนวณย่านกลุ่มข้อมูลใหม่ที่จะใช้สำหรับการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้น ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะให้ประสิทธิภาพสูงในการแบ่งแยกภาพ หรือการจัดกลุ่มภาพ ดังนั้นบทความนี้จึงมีการนำวิธีการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยแต่ละพีคฮีสโตแกรมสามารถหาได้จากการเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายผลต่างระหว่างค่าฮีสโตแกรมของสองระดับค่าค่าระดับสีเทาที่ใกล้กัน ดังกรรมวิธีการหาพีคฮีสโตแกรมตามหัวข้อที่ 4.2 ซึ่งสามารถแบ่งฮีสโตแกรมออกเป็นย่านระดับสีเทาต่างๆได้ดังนี้ $\{r_0, r_1, \ldots, r_{m1-1}\}$, $\{r_{m1}, r_{m1+1}, \ldots, r_{m2-1}\}, \ldots, \{r_{mN}, r_{mN+1}, \ldots, r_{L-1}\}$ จำนวน $N+1$ ย่านไดนามิค โดยมีจุดแบ่งพีคฮีสโตแกรม N จุด คือระดับสีเทา $r_{m1}, r_{m2}, \ldots, r_{mN}$

โดยในแต่ละย่านไดนามิคที่ได้นำมายืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นในแต่ละย่าน ดังสมการ

$$y_{k,i} = \frac{(x_{k,i} - x_{\min,i})}{(x_{\max,i} - x_{\min,i})}(y_{\max,i} - y_{\min,i}) + y_{\min,i} \qquad (5.9)$$

โดย $x_{k,i}$ คือค่าระดับสีเทาที่ k อยู่ในพีคฮีสโตแกรมที่ i

$y_{k,i}$ คือค่าระดับสีเทาใหม่ที่ได้จากการแปลงค่าระดับสีเทา $x_{k,i}$ ในสมการ (5.9)

$x_{\min,i}$ คือค่าระดับสีเทาเดิมต่ำสุดในย่านฮีสโตแกรมที่ i

$x_{\max,i}$ คือค่าระดับสีเทาเดิมสูงสุดในย่านฮีสโตแกรมที่ i

$y_{\min,i}$ คือค่าระดับสีเทาใหม่ต่ำสุดที่ต้องการยืดย่านฮีสโตแกรมที่ i ออก

$y_{\max,i}$ คือค่าระดับสีเทาใหม่สูงสุดที่ต้องการยืดย่านฮีสโตแกรมที่ i ออก

เมื่อ $x_{\min,i}$ และ $x_{\max,i}$ ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} x_{\min,i} &= \bar{x}_i - 2\sigma_i \\ x_{\max,i} &= \bar{x}_i + 2\sigma_i \end{aligned} \qquad (5.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{x}_i$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของพีคฮีสโตแกรมที่ i $(1, 2, 3, \ldots, N+1)$ คำนวณได้ดังนี้

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum_{j=0}^{k}\left(p_1(r_j) * r_j\right)}{\sum_{j=0}^{k} p_1(r_j)} \qquad ;0 \le k < m1$$

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum_{j=m1}^{k}\left(p_2(r_j) * r_j\right)}{\sum_{j=m1}^{k} p_2(r_j)} \qquad ;m1 \le k < m2 \tag{5.11}$$

$$\vdots$$

$$\bar{x}_{N+1} = \frac{\sum_{j=mN}^{L-1}\left(p_{N+1}(r_j) * r_j\right)}{\sum_{j=mN}^{L-1} p_{N+1}(r_j)} \qquad ;mN \le k \le L-1$$

และ σ_i เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพีคฮีสโตแกรมที่ i คำนวณได้ดังนี้

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{k}\left(p_1(r_j) * (r_j - \bar{x}_1)^2\right)}{\sum_{j=0}^{k} p_1(r_j)}} \qquad ;0 \le k < m1$$

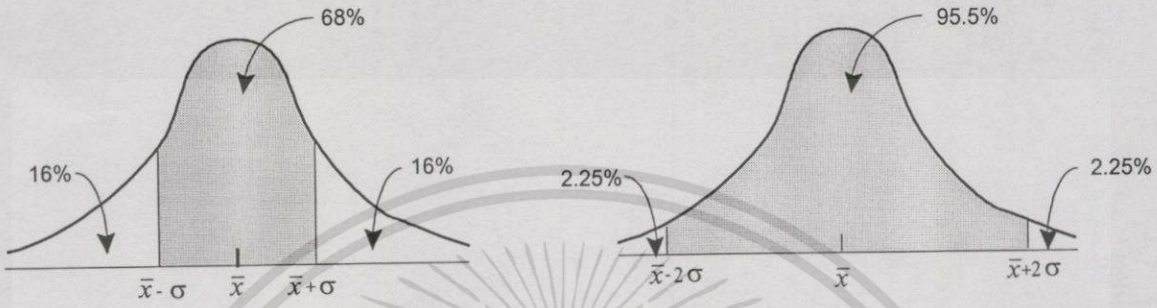
$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_{j=m1}^{k}\left(p_2(r_j) * (r_j - \bar{x}_2)^2\right)}{\sum_{j=m1}^{k} p_2(r_j)}} \qquad ;m1 \le k < m2 \tag{5.12}$$

$$\vdots$$

$$\sigma_{N+1} = \sqrt{\frac{\sum_{j=mN}^{L-1}\left(p_{N+1}(r_j) * (r_j - \bar{x}_{N+1})^2\right)}{\sum_{j=mN}^{L-1} p_{N+1}(r_j)}} \qquad ;mN \le k \le L-1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากระดับสีเทา $x_{\min,i}$ และ $x_{\max,i}$ จากสมการที่(5.10)พบว่าในพีคฮีสโตแกรมที่ i จะมีปริมาณข้อมูลอยู่ 95.5 %ของข้อมูลทั้งหมดของพีค ซึ่งได้จากการตัดข้อมูลด้านปลายที่นอกเหนือจากย่าน 2 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของข้อมูลในแต่ละพีค(σ_i)ออกไป เป็นการตัดข้อมูลบางส่วนออกไม่มากหรือน้อยเกินไป ดังแสดงในรูปที่5.6(b)



รูปที่ 5.6 แสดงการกระจายข้อมูลที่มีการตัดค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน

สำหรับปริมาณของข้อมูลภายใต้เคริฟ จากการกำหนดขอบเขตพอสรุปได้ดังนี้

ก) ข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทาระหว่าง $\bar{x}-\sigma$ และ $\bar{x}+\sigma$ มีปริมาณประมาณ 2/3 ของข้อมูลทั้งหมดในพีคฮีสโตแกรม

ข) ข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทาระหว่าง $\bar{x}-2\sigma$ และ $\bar{x}+2\sigma$ มีปริมาณประมาณ 95%ของข้อมูลทั้งหมดในพีคฮีสโตแกรม

ค) ข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทาระหว่าง $\bar{x}-3\sigma$ และ $\bar{x}+3\sigma$ มีปริมาณประมาณ 99.75%ของข้อมูลทั้งหมดในพีคฮีสโตแกรม

สำหรับภาพโมโนโครม 256 สีที่ฮีสโตแกรมของภาพแบ่งได้เป็น $N+1$ พีค โดยค่า $y_{\min,1}$ ถูกตั้งเป็นค่าระดับสีเทา 0 และ $y_{\max,N+1}$ จะถูกตั้งค่าระดับสีเทา 255 โดยฮีสโตแกรมของระดับสีเทาที่จะยืดออกจากย่าน $x_{\min,i}$ ถึง $x_{\max,i}$ ไปสู่ย่านระดับสีเทา $y_{\min,i}$ ถึง $y_{\max,i}$ นั่นคือจากย่าน

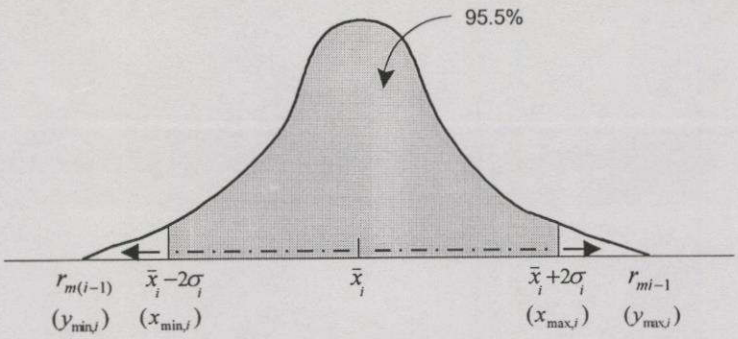
$\bar{x}_1-2\sigma_1$ ถึง $\bar{x}_1+2\sigma_1$ ไปสู่ย่านระดับสีเทา r_0 ถึง r_{m1-1}

$\bar{x}_2-2\sigma_2$ ถึง $\bar{x}_2+2\sigma_2$ ไปสู่ย่านระดับสีเทา r_{m1} ถึง r_{m2-1}

$\vdots$

$\bar{x}_{N+1}-2\sigma_{N+1}$ ถึง $\bar{x}_{N+1}+2\sigma_{N+1}$ ไปสู่ย่านระดับสีเทา r_{mN} ถึง r_{L-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงการยืดฮีสโตแกรมแบบเชิงเส้นในแต่ละพีค

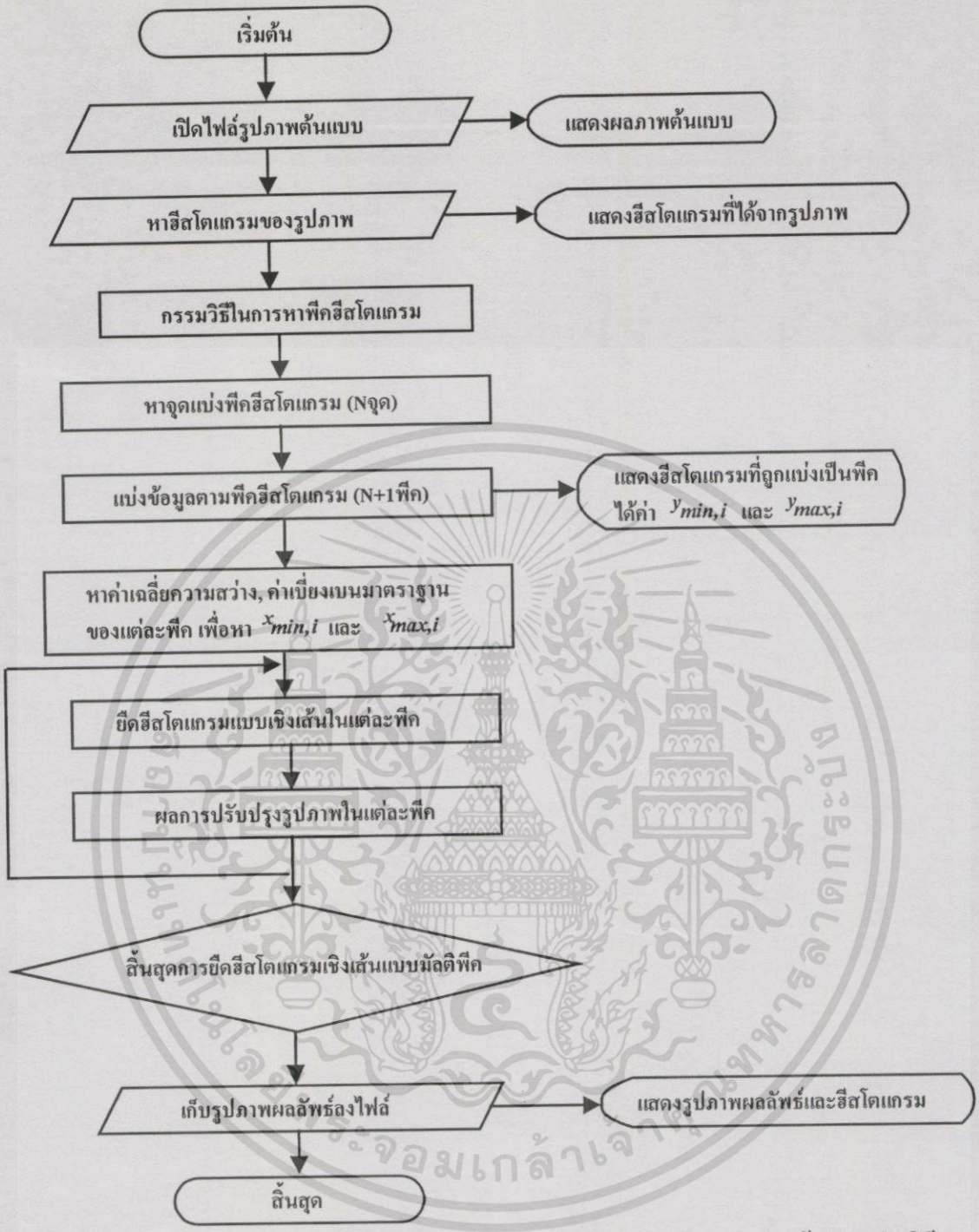
รูปภาพที่ระดับสีเทาอยู่ในช่วง $y_{\min,i}$ ถึง $x_{\min,i}$ และช่วง $y_{\max,i}$ ถึง $x_{\max,i}$ ในแต่ละพีค เป็นข้อมูลที่ในพีคที่นอกเหนือจากค่าระดับสีเทาย่าน $\bar{x}-2\sigma$ และ $\bar{x}+2\sigma$ ซึ่งไม่มีการนำมาทำการยืดแบบเชิงเส้น โดยจะแปลงข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทาจาก $y_{\min,i}$ ถึง $x_{\min,i}$ ในรูปที่ 5.7 เป็นค่าระดับสีเทาเป็น $y_{\min,i}$ และแปลงข้อมูลที่มีค่าระดับสีเทาช่วง $y_{\max,i}$ ถึง $x_{\max,i}$ ในรูปที่ 5.7 เป็นค่าระดับสีเทาเป็น $y_{\max,i}$ ส่วนค่าระดับสีเทาในช่วง $x_{\min,i}$ ถึง $x_{\max,i}$ จะถูกแปลงด้วยสมการ(5.9)

หลังจากการปรับความคมชัดของภาพจากเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยใช้ฟังก์ชันการแปลงของแต่ละพีค ซึ่งจะได้ค่าระดับสีเทาค่าใหม่ และจากฟังก์ชันการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นในแต่ละพีคจะได้ผลลัพธ์ดังนี้ คือ

$$Y = Y(i,j)$$
$$= f_1(r_0) \cup f_2(r_{m1}) \cup \ldots \cup f_{N+1}(r_{mN}) \qquad (5.12)$$

เทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีคสามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ตได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงรูปภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค

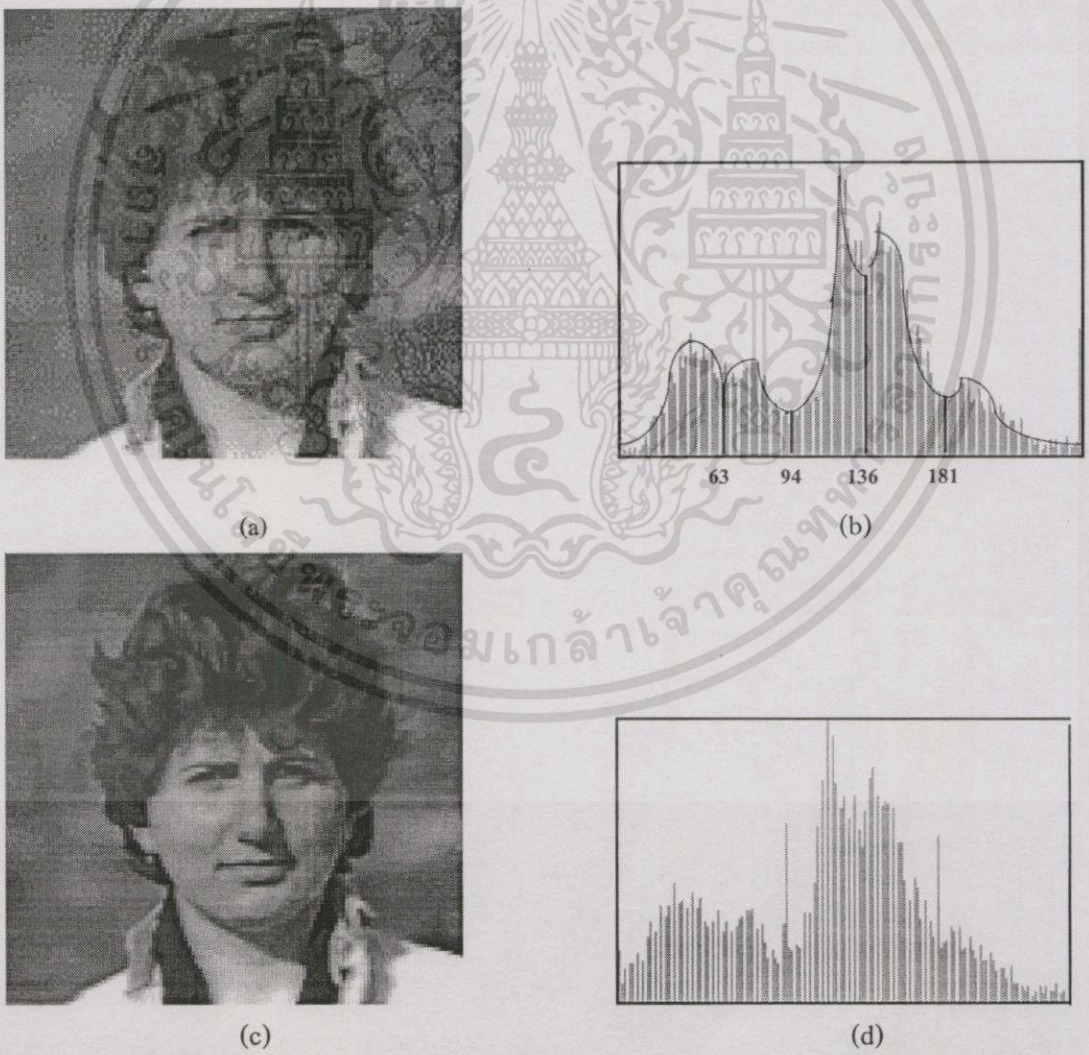
จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Ama128.img ขนาด 128x128 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ได้ดังรูปที่5.9 โดยรูปที่5.9(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.9(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบ และสามารถแบ่งได้ 5 พีคโดยแบ่งที่ระดับสีเทา 0-62 เป็นพีคฮีสโตแกรมแรก ตามด้วย 63-93 94-135 136-180 และ181-255 เป็นพีคสุดท้ายตามลำดับ และคำนวณหาค่าต่างๆ ในแต่ละพีคได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Ama128.img

พีคฮีสโตแกรม	y_{min}	y_{max}	$\bar{x}$	σ	x_{min}	x_{max}
1	0	62	40.175	13.541	13	62
2	63	93	76.212	7.996	63	91
3	94	135	120.790	9.887	101	135
4	136	180	153.180	11.677	136	176
5	181	255	210.153	22.376	181	254

รูปที่5.9(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Ama128.img ด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 121 ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 123)ได้อย่างใกล้เคียง และรูปที่5.9(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้



รูปที่ 5.9 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Ama128.img ขนาด 128x128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

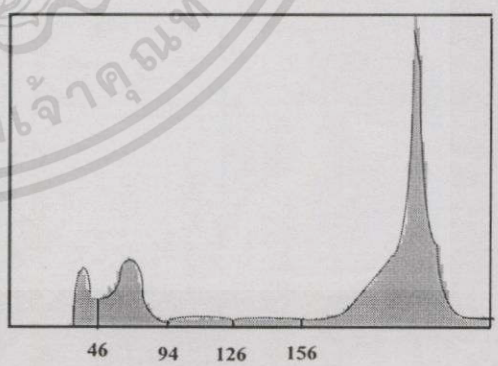
การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค สำหรับภาพ Camera man.img ขนาด 256x256 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) แสดงได้ดังรูปที่5.10 โดยรูปที่5.10(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่ 5.10(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบและสามารถแบ่งได้ 5 พีค ซึ่งข้อมูลจากพีคต่างๆแสดงได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Camera man.img

พีคฮีสโตแกรม	$y_{\min}$	$y_{\max}$	$\bar{x}$	σ	$x_{\min}$	$x_{\max}$
1	0	45	38.374	3.628	31	45
2	46	93	62.653	10.020	46	82
3	94	125	109.172	8.956	94	125
4	126	155	141.205	8.539	126	155
5	156	255	210.423	15.986	179	241

รูปที่5.10(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Camera man.img ด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 163 ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 166)ได้อย่างใกล้เคียง และรูปที่5.10(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้

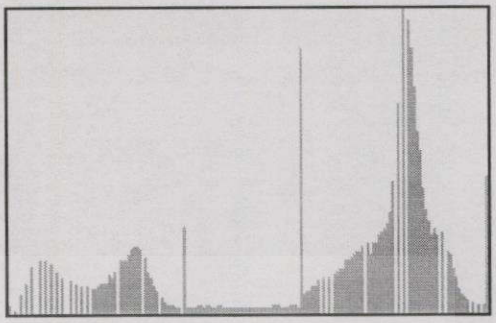
(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(c)



(d)

รูปที่ 5.10 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Camera man.img ขนาด 256x256

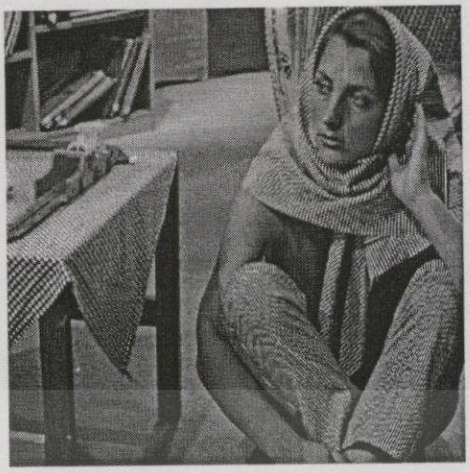
การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค ของภาพ Barbara.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) แสดงได้ดังรูปที่5.11 โดยรูปที่5.11(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.11(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบและสามารถแบ่งได้ 5 พีค โดยรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละพีคแสดงไว้ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Barbara.img

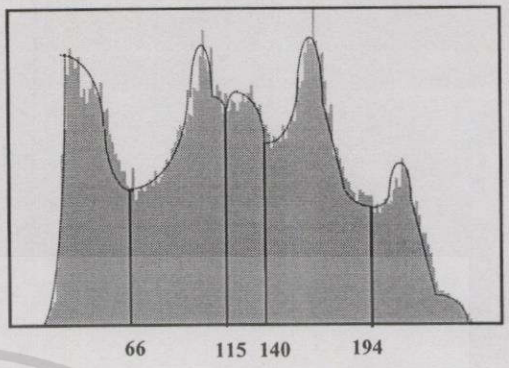
พีคฮีสโตแกรม	$y_{\min}$	$y_{\max}$	$\bar{x}$	σ	$x_{\min}$	$x_{\max}$
1	0	65	43.218	11.235	21	65
2	66	114	92.912	13.552	66	114
3	115	139	126.543	7.070	115	139
4	140	193	163.217	14.234	140	191
5	194	255	208.934	10.267	194	228

รูปที่5.11(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Barbara.img ด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 116 ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 117)ได้อย่างใกล้เคียง และรูปที่5.11(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

(c)

(d)

รูปที่5.11 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Barbara.img ขนาด 512x512

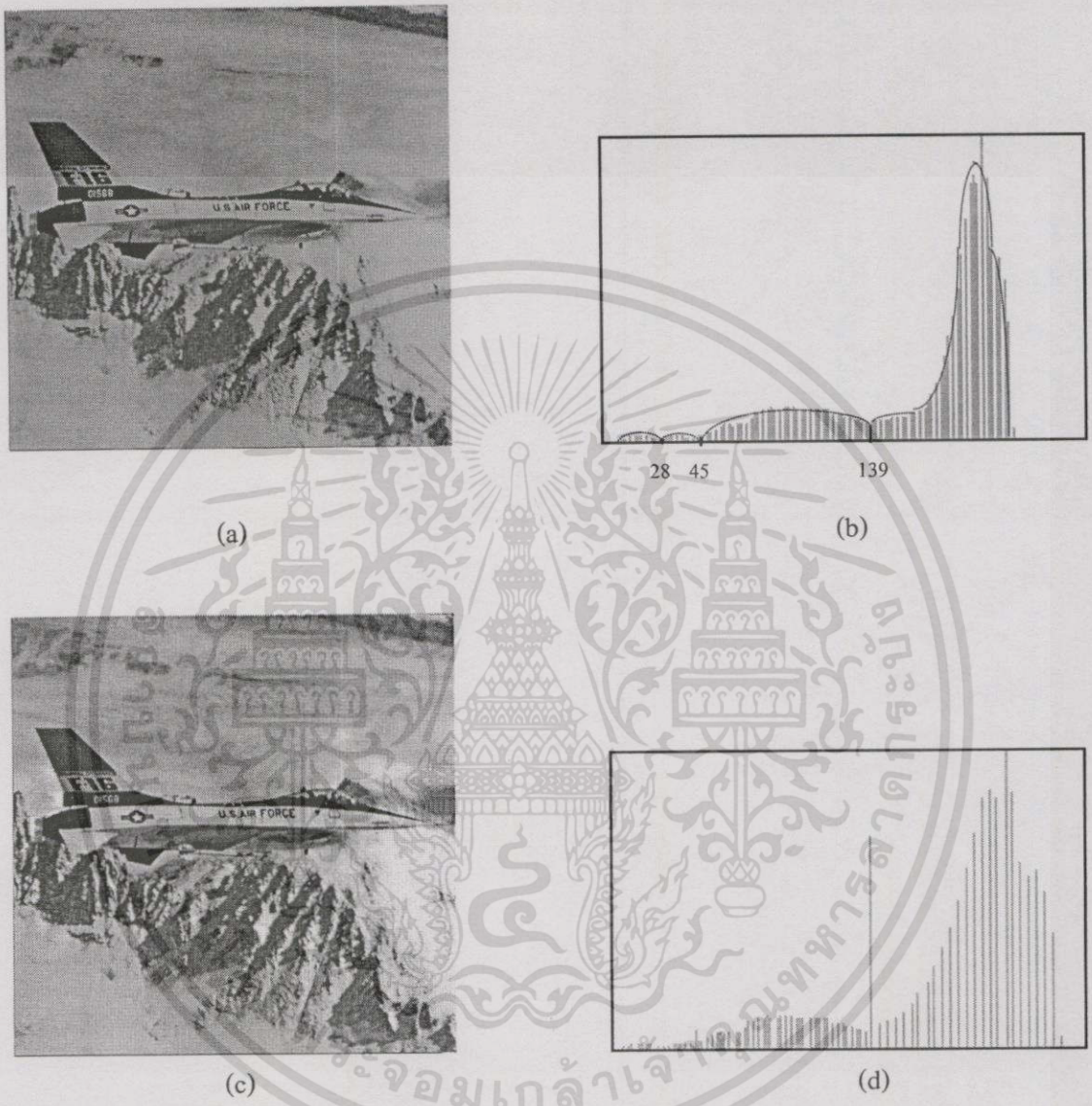
การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค นำมาปรับปรุงภาพโมโนโครม Jet.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) แสดงได้ดังรูปที่5.12 โดยรูปที่5.12(a) เป็นรูปภาพต้นแบบ รูปที่5.12(b) เป็นฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบและสามารถแบ่งได้ 4 พีคโดยรายละเอียดของพีคต่างๆดังแสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Jet.img

พีคฮีสโตแกรม	y_{min}	y_{max}	$\bar{x}$	σ	x_{min}	x_{max}
1	0	27	17.326	6.333	5	27
2	28	44	36.051	4.434	28	44
3	45	138	98.244	22.398	54	138
4	139	255	193.863	15.972	162	224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่5.12(c) เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับปรุงภาพ Jet.img ด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค โดยมีระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 174 ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 170)ได้อย่างใกล้เคียง และรูปที่5.12(d) แสดงฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ได้



รูปที่ 5.12 การยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีครูปภาพ Jet.img ขนาด 512x512

รูปภาพโมโนโครม Lena512.img ขนาด 512x512 มีระดับสีเทา 256 สี(8 บิทต่อจุดภาพ) ฮีสโตแกรมของรูปภาพต้นแบบสามารถแบ่งได้ 5 พีค โดยรายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 ข้อมูลที่ได้จากพีคต่างๆของภาพ Lena512.img

พีคฮีสโตแกรม	y_{min}	y_{max}	$\bar{x}$	σ	x_{min}	x_{max}
1	0	68	50.765	8.532	33	67
2	69	112	93.658	11.971	70	112
3	113	134	124.603	6.099	113	134
4	135	185	155.605	13.088	135	181
5	186	255	202.892	9.745	186	221

โดยระดับค่าค่าเฉลี่ยความสว่างหลังจากการปรับปรุงภาพ Lena512.img ด้วยเทคนิคการยืดฮีสโต-แกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีคมีค่าเป็น 123 ซึ่งสามารถรักษาค่าความสว่างของภาพต้นแบบ(มีค่าเป็น 124)ไว้ได้อย่างใกล้เคียง

จากการนำเทคนิคแบบมัลติพีคทั้งสองวิธีที่นำเสนอไปประมวลผลภาพต่างๆ จะได้ผลสรุปที่แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการประมวลผลดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และเทคนิคการปรับเท่าฮีส-โตแกรมแบบแยกสองส่วน

รูปภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง			
	ภาพต้นแบบ	เทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน
Ama.img	123	121 (1.6%)	123 (0.0%)	135 (9.7%)
Cman.img	166	163 (1.8%)	164 (1.2%)	170 (2.4%)
Barbara.img	117	116 (0.8%)	116 (0.8%)	123 (5.1%)
Jet.img	170	174 (2.3%)	173 (1.7%)	177 (4.1%)
Lena.img	124	123 (0.8%)	123 (0.8%)	132 (6.4%)
Girl.img	83	92 (10.8%)	98 (18.0%)	114 (37.3%)
Minis.img	106	108 (1.8%)	110 (3.7%)	127 (19.8%)
Tmr.img	108	114 (5.5%)	113 (4.6%)	138 (27.7%)

*( ) เป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เทียบจากภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอและพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ในการปรับความคมชัดของภาพ โดยให้ชื่อว่า การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multipeak Histogram) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาเพิ่มเติมขึ้นโดยจะอาศัยข้อมูลในแต่ละพีคเท่านั้นมาปรับปรุงเฉพาะส่วนของภาพที่มีค่าระดับสีเทาอยู่ในฮีสโตแกรมพีคนั้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความคมชัดมากขึ้น ซึ่งสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ยังสามารถแก้ไขปัญหาการเกิดค่าระดับสีเทาอิ่มตัว การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบ่งเป็นเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคและเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค ทั้งสองเทคนิคสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก โดยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีคมีการเปลี่ยนแปลงกระจายข้อมูลตามค่าระดับสีเทาอย่างสม่ำเสมอในแต่ละพีคฮีสโตแกรม ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาการเกิดค่าความสว่างอิ่มตัวได้ดียิ่งกว่าการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ทำให้มองเห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณที่เกิดค่าระดับสีเทาสว่างหรือมืดที่ใกล้เคียงกันได้มากขึ้น ดังตัวอย่างเช่น บริเวณขากางเกงในภาพ Camera man.img บริเวณผ้าปูโต๊ะในภาพ Barbara.img

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและแนวทางพัฒนา

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิธีในการปรับปรุงภาพเป็นเทคนิคในการเปลี่ยนภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์โดยมนุษย์ หรือเครื่องจักรที่จะทำให้ผลที่ได้ สามารถนำไปใช้งานเฉพาะได้ดีกว่าการใช้ภาพต้นแบบ การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับความคมชัดของภาพ เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ ซึ่งทำได้ง่าย สะดวก วิธีพื้นฐานนี้สามารถแบ่งเป็นการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น(Linear contrast stretching) โดยจะกระจายค่าระดับสีเทาต่างๆออกอย่างเป็นเชิงเส้นตลอดทั้งฮีสโตแกรม ซึ่งถ้าช่วงฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบมีค่าใกล้เคียงช่วงฮีสโตแกรมที่จะทำการยืดออกแล้ว จะเห็นความแตกต่างของภาพหลังการปรับปรุงน้อย และการปรับเท่าฮีสโตแกรม(Histogram Equalization) โดยจะทำการกระจายจำนวนจุดภาพในระดับสีเทาต่างๆให้มีปริมาณจุดภาพเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงระดับสีเทาทั้งหมด ซึ่งเป็นการแปลงค่าระดับสีเทาอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งทำให้ภาพหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพมีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพเปลี่ยนแปลงไปเข้าหาค่ากลางของระดับสีเทาทั้งหมด กล่าวคือถ้าเป็นภาพโมโนโครม 256 สี 8 บิทต่อจุดภาพ ค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา จะเป็น 128 นั่นเอง ส่งผลให้คุณภาพของภาพหลังการปรับปรุงลดลง ดังนั้นถ้าหากไม่สนใจในส่วนของค่าความสว่างเฉลี่ยของอินพุทที่เข้ามาก่อนการแปลง อาจจะทำให้เกิดข้อบกพร่องในงานบางอย่างที่นำไปประยุกต์ใช้ได้ และเนื่องจากมีการกระจายข้อมูลตามค่าความหนาแน่นไปยังค่าระดับสีดำสุดถึงค่าระดับสีขาวที่สุด จึงมีโอกาสที่จะเกิดข้อมูลที่มีค่าระดับสีดำหรือระดับสีขาวใกล้เคียงกัน จำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องค่าความสว่างอิ่มตัวในบริเวณภาพที่ระดับสีเทามืดหรือสว่างใกล้เคียงกัน ทำให้มองไม่เห็นรายละเอียดของภาพในบริเวณนั้น

ต่อมามีการนำเสนอ และพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ในการปรับความคมชัดของภาพ โดยให้ชื่อว่าการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน(Brightness preserving bi-histogram equalization : BBHE) ซึ่งเป็นวิธีการที่เพิ่มเติมเข้าในส่วนของการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบเดิม โดยทำการแยกภาพต้นแบบออกเป็นสองส่วนตามค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ แล้วปรับเท่าฮีสโตแกรมแยกจากกันอย่างอิสระในแต่ละส่วนทำให้ภาพผลลัพธ์หลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน สามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้ แต่จากการกระจายข้อมูลในย่านระดับสีเทาที่กว้าง จึงเกิดปัญหาค่าความสว่างอิ่มตัวในบริเวณภาพที่มีค่าระดับดำหรือระดับสีขาวที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงมีการพัฒนาอัลกอริทึมขึ้นมาใหม่ คือการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ซึ่งอาศัยรูปร่างของฮีสโตแกรมต้นแบบโดยรวมมาแบ่งกลุ่มข้อมูลตามค่าระดับสีเทาในแต่ละพีคฮีสโตแกรม หลักการที่สำคัญคือแยกข้อมูลฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบออกเป็นพีคฮีสโตแกรมให้ได้ ซึ่งการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคที่พัฒนาขึ้นนั้น แบ่งเป็นสองวิธี คือการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ซึ่งจะแยกการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยกระจายข้อมูล ตามค่าความหนาแน่น อย่างสม่ำเสมอในแต่ละพีค และเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค ซึ่งจะกระจายค่าระดับสีเทาอย่างสม่ำเสมอในแต่ละพีคฮีสโตแกรม โดยเทคนิคการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคนี้ ภาพผลลัพธ์หลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ทั้งสองเทคนิคนี้สามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบไว้ได้ใกล้เคียงที่สุด และสามารถแก้ปัญหาการเกิดค่าความสว่างอิ่มตัวในบริเวณภาพที่ค่าระดับสีเทามืด หรือสว่างใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีการใช้กลุ่มข้อมูลที่มีการแบ่งตามค่าระดับสีเทาในแต่ละพีค ทำให้มองเห็นรายละเอียดในภาพบริเวณที่เกิดค่าความสว่างอิ่มตัวหลังจากการปรับความคมชัดด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ หรือเทคนิคฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนซึ่งเห็นได้จากภาพผลลัพธ์ที่แสดงในบทที่5

ตารางที่ 6.1 ค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคต่างๆ

รูปภาพ	ค่าเฉลี่ยความสว่าง					
	ภาพต้นแบบ	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค	เทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ	เทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้น
Ama.img	123	123	121	135	128	123
Girl.img	83	98	92	114	128	104
Jet.img	170	173	174	177	130	170
Lena.img	124	123	123	132	127	122
Minis.img	106	110	108	127	127	139
Cman.img	166	164	163	170	128	156
Barbara.img	117	116	116	123	127	114
Fruit.img	75	106	85	85	127	75
Tmr.img	108	113	114	138	128	155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคต่างๆ จะเห็นได้ว่าเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค และเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค ภาพผลลัพธ์จะมีค่าเฉลี่ยความสว่างใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบมากที่สุด แต่บางภาพจะเห็นได้ว่าเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบทั้งภาพจะมีค่าเฉลี่ยความสว่างหลังการปรับปรุงเท่ากับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นแบบ แต่จะไม่มีผลต่อการปรับปรุงภาพเนื่องจากฮีสโตแกรมของภาพต้นแบบมีการกระจายจากค่าระดับสีดำสุดจนถึงระดับสีขาวสุดแล้ว จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการยืดฮีสโตแกรมออก ส่วนเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วนสามารถรักษาค่าเฉลี่ยของความสว่างได้บ้าง และเทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบทั้งภาพ ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพหลังจากปรับปรุงด้วยเทคนิคนี้จะใกล้เคียง หรือเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา(ระดับ 128) ดังนั้นการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคมัลติพีคสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทีวี (TV), วีทีอาร์ (VTR) และด้านต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค ถ้ากระทำการปรับปรุงกับภาพที่มีพีคฮีสโตแกรมหนึ่งหรือสองพีค ผลลัพธ์จะใกล้เคียงกับเทคนิคการยืดฮีสโตแกรม เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรม หรือการปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแยกสองส่วน เนื่องจากไม่มีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแยกออกจากกันในการปรับปรุงภาพ จึงไม่ค่อยเห็นประโยชน์จากเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคมากนักสำหรับการปรับปรุงภาพแบบนี้ และภาพที่มีฮีสโตแกรมสม่ำเสมอกันในแต่ละระดับสีเทาซึ่งไม่สามารถแบ่งพีคฮีสโตแกรมได้ ภาพส่วนใหญ่จะสามารถแบ่งเป็นพีคฮีสโตแกรมได้หลายพีค เนื่องจากประกอบด้วยข้อมูลกลุ่มต่างๆกัน จึงสามารถนำเทคนิคฮีสโตแกรมแบบมัลติพีคไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นกรรมวิธีในการแยกพีคฮีสโตแกรมควรจะมีการพัฒนาต่อไปให้เหมาะสมยิ่งขึ้น อย่างเช่นอาจจะใช้วิธีการของ Curve Fitting โดยการหาฟังก์ชันที่เหมาะสม เพื่อใช้แทนค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาต่างๆ ซึ่งฟังก์ชันดังกล่าวจะให้ความต่อเนื่องของกราฟ ซึ่งจะง่ายต่อการแบ่งแยกพีคที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Rafael C.Gonzalez and Richard E. Woods. 1992. **Digital Image Processing.** USA: Addison-Wesley Publishing company, Inc.

[2] Stephen P.Banks. 1990. **Signal Processing Image Processing and Pattern Recognition.** UK: Prentice Hall International Ltd.

[3] รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์. **"โครงการวิจัยระบบซอฟท์แวร์ในการประมวลผลภาพสำหรับการสำรวจข้อมูลในระยะไกล".** ภาคเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] William K. Pratt. 1978. **Digital Image Processing**. USA: John Wiley & Sons, Inc.

[5] Gregory A. Baxes. 1994. **Digital Image Processing**. USA: John Wiley & Sons, Inc

[6] Randy Crane. 1997. **A Simplified Approach to Image Processing**. USA: Hewlett-Packard Company.

[7] Erwin Kreyszig. 1993. **Advanced Engineering Mathematics**. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.

[8] บัณฑิต สมุนวัฒนเดช. **"แผงวงจรเก็บข้อมูลภาพที่ประกอบด้วยฟังก์ชันหน่วยความจำ,"** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.

[9] ธันวา ศรีประโมง. **"การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม,"** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. 2539

[10] Yeong-Taeg Kim. **"Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization,"** IEEE Trans. On Consumer Electronics, Vol.43, No.1, Feb. 1997. pp.1-8

[11] K.Wongsritong, K.Kittayaruasiriwat, F.Cheevasuvit, K.Dejhan and A.Somboonkaew. **"Contrast Enhancement Using Multipeak Histogram Equalization with Brightness Preserving,"** IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and System, Chiangmai, Thailand, November, 1998. pp.455-458

[12] P.Komonvipaht, K.Wongsritong, F.Cheevasuvit, K.Dejhan, S.Chitwong and S.Mitatha. **"Multi-modal Histogram Linear Contrast Stretching for Image Enhancement,"** Asian Conference on Remote Sensing, Manila Philippines, November, 1998. pp.R-17-1 R-17-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมการประมวลผล

ภาพที่นำมาประมวลผลในโปรแกรมต่างๆ คือภาพโมโนโครม 256 สี 8 บิทต่อจุดภาพ ขนาด 128x128 จุดภาพ 256x256 จุดภาพ และ 512x512 จุดภาพ เป็นไฟล์นามสกุล IMG

โปรแกรมที่นำเสนอมีดังนี้

- โปรแกรมการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคฮีสโตแกรมแบบแยกส่วน(Bi-histogram Equalization)
- โปรแกรมการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการชดเชยฮีสโตแกรมแบบมัลติพีค(Multipeak Histogram Equalization)
- โปรแกรมการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮีสโตแกรมเชิงเส้นแบบมัลติพีค(Multi-peak Linear Contrast Stretching)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************/
/* Program Name : Bi-histogram equalization    */
/* Author : Kanchana Wongsritong               */
/*****************************************/

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <alloc.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <bios.h>
#include <dos.h>
#define uc unsigned char
#define MaxLevel 256
int Open_and_Read_File(void);
int maxy,maxx,Region=2,Range[5],Mean1,Mean11,
    Mean12,Mean2;
long int filesize(FILE *);
long int lread(FILE *, uc huge *, long);
void Equation(void);
float Find_Mean(int min,int max, long int N,long int buf[]);
void Find_Pr(void);
void Find_Sk(void);
void Closest_Level_Sk(void);
void Mapping(void);
void Show_Image(void);
void Show_Histogram(uc huge *,uc huge *);
void opengraph(void);
void inputfilename(char *,char *,int,int,int);
uc huge *In_Data, huge *In, huge *Out_Data,
        huge *Out;
long int File_Size,Freq[5];
double long PR[MaxLevel], SK[MaxLevel];
long int In_His[MaxLevel], Out_His[MaxLevel];
int Close_Sk[MaxLevel];
int xcen,ycen,t_width,t_height;
char Out_Name[40];

void main()
{  switch (Open_and_Read_File())
   {
case 0 :
 {      Equation();
        Show_Image();
        Show_Histogram(In_Data,Out_Data);
        farfree(In_Data);
        farfree(Out_Data);
        closegraph();
 } break;
case 1 :
 {      printf("\nFile not found !!! ");
        getch();
 } break;
case 2 :
 {      printf("\nNot enough memory !!! ");
        getch();
 } break;
case 3 :
 {      printf("\nRead file error !!! ");
        getch();
 } break;
default : printf("\nUnknown error");
   }
}

/*********************************/
/*  open and read image file   */
/*********************************/
int Open_and_Read_File()
{  char In_Name[80];
   FILE *File_In;
   int Error_Code=0,x,i,choise;

clrscr();
printf("\n\n** Please choose the image file from Menu ** ");
printf("\n\n      case 0  :  ama128.img");
printf("\n      case 1  :  girl.img");
printf("\n      case 2  :  jet.img");
printf("\n      case 3  :  hill.img");
printf("\n      case 4  :  lena.img");
printf("\n      case 5  :  minis.img");
printf("\n      case 6  :  cman.img");
printf("\n      case 7  :  barba.img");
printf("\n      case 8  :  fruit.img");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
printf("\n              case 9  :  tmr.img");
printf("\n              case 10  :  satr.img");
printf("\n\n\n\n    Enter name of image input file : ");
scanf("%d",&choise);
switch(choise)
{
 case 0 :{ sprintf(In_Name,"ama128.img");
           sprintf(Out_Name,"ama_b.img");
           break;}
 case 1 :{ sprintf(In_Name,"girl.img");
           sprintf(Out_Name,"girl_b.img");
           break; }
 case 2 :{ sprintf(In_Name,"jet.img");
           sprintf(Out_Name,"jet_b.img");
           break; }
 case 3 :{ sprintf(In_Name,"hill.img");
           sprintf(Out_Name,"hill_b.img");
           break; }
 case 4 :{ sprintf(In_Name,"lena.img");
           sprintf(Out_Name,"lena_b.img");
           break; }
 case 5 :{ sprintf(In_Name,"minis.img");
           sprintf(Out_Name,"minis_b.img");
           break; }
 case 6 :{ sprintf(In_Name,"cman.img");
           sprintf(Out_Name,"cman_b.img");
           break; }
 case 7 :{ sprintf(In_Name,"barba.img");
           sprintf(Out_Name,"barba_b.img");
           break; }
 case 8 :{ sprintf(In_Name,"fruit.img");
           sprintf(Out_Name,"fruit_b.img");
           break;}
 case 9 :{ sprintf(In_Name,"tmr.img");
           sprintf(Out_Name,"tmr_b.img");
           break; }
 case 10 :{ sprintf(In_Name,"satr.img");
           sprintf(Out_Name,"satr_b.img");
           break;}
 default : printf("\n this case isn't image in menu");
}
 Range[0] = 0;
 Range[2] = 256;
 if((File_In=fopen(In_Name,"rb"))==NULL) Error_Code = 1;
 else
 {
    File_Size=filesize(File_In);
    if(((In_Data =(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL) ||
      ((Out_Data=(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL))
Error_Code = 2;
    else
    {       In  = In_Data+4;
            Out = Out_Data+4;
            if((lread(File_In,In,File_Size))==NULL){
             Error_Code = 3;      }
            else fclose(File_In);
    }
 }
 return Error_Code;
}

long filesize(FILE *stream)
{  long curpos,length;
   curpos = ftell(stream);
   fseek(stream,0L,SEEK_END);
   length = ftell(stream);
   fseek(stream,curpos,SEEK_SET);
   return(length); }

long lread(FILE *fh, uc huge *data, long imgsize)
{  long buf=imgsize;
   while (imgsize > 32768L)
   {
    if(fread((void*)data,1,(size_t)32768L,fh)!=32768L) return 0;
    imgsize -= 32768L;
    data += 32768L;
   }
   if (fread((void*)data,1,imgsize, fh) != imgsize) return 0;
   return buf;
}

/*********************************/
/*  Bi-Histogram Equalization   */
/*********************************/
void Equation()
{  Find_Pr();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Find_Sk();
  Closest_Level_Sk();
  Mapping(); }

/*******************************************/
/*  Find Histogram and Probability Density Function  */
/*******************************************/
void Find_Pr()
{  long int i,r,SUM1;

   SUM1 = 0;
   for(r=0;r<Region;r++) Freq[r] = 0L;
   for(i=0;i<File_Size;i++)
     In_His[In[i]]++;
   for(i=Range[0];i<Range[2];i++)
     SUM1 = SUM1+In_His[i];
  Range[1]=Find_Mean(Range[0],Range[2],SUM1,In_His);
   Mean1 =  Range[1];
   for(i=0;i<File_Size;i++)
   { for(r=0;r<Region;r++)
      if((In[i]>(Range[r]))&&((Range[r+1]-1)>=In[i]))
        Freq[r]++; }
   for(r=0;r<Region;r++)
     for(i=Range[r];i<Range[r+1];i++) PR[i]=(double long)
        In_His[i]/Freq[r];
}

/*******************************************/
/*    Find Mean brightness of image        */
/*******************************************/
float Find_Mean(int min,int max, long int N,long int buf[])
{  long int sum;
    float mean=0;
    int i;

   for(i=min,sum=0L;i<max;i++)
     sum += (long int)(buf[i]*i);
   mean = (float)(sum/N);
   return mean;
}

/*************************************/
/*  Find Cumulative Density Function : CDF  */
/*************************************/
void Find_Sk()
{  int i,r;

  for(r=0;r<Region;r++)
  {    SK[Range[r]]=PR[Range[r]];
       for(i=(Range[r]+1);i<Range[r+1];i++)
            SK[i]=SK[i-1]+PR[i];  }
}

/*******************************************/
/*  Change SK to the nearest brightness value */
/*******************************************/
void Closest_Level_Sk()
{  int i,r,offset;

  for (r=0;r<Region;r++)
    for (i=Range[r];i<Range[r+1];i++)
    {       offset = Range[r];
            Close_Sk[i] = (int) (offset+((Range[r+1]-
                        Range[r]-1)*SK[i]));
            if(Close_Sk[i]>(int)((offset+Range[r+1]-Range[r]-1)-1))
              Close_Sk[i]=(int)((offset+Range[r+1]-Range[r]-1)-1);
    }
}

/*******************************************/
/*  Map brightness input to output brightness */
/*******************************************/
void Mapping()
{  long int i;
   for(i=0;i<File_Size;i++) Out[i] = (uc) Close_Sk[In[i]];
}

/*******************************************/
/*  Show Original Image and Result Image  */
/*******************************************/
void Show_Image()
{  long int xpos,ypos,xsize,ysize;
   long int x,y;
   char buffer[80];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
long int imgsize;
static char
str[40];
FILE *File_Out;

opengraph();
for(x=0;x<MaxLevel;x++) setrgbpalette(x,x>>2,x>>
2,x>>2);
imgsize=File_Size;
xsize=ysize=sqrt(imgsize);
if(((long)xsize*ysize)!=imgsize)
{   setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
    setcolor(0);
    bar(0,maxy-30,maxx,maxy);
    setcolor(255);
    outtextxy(20,maxy-30,"Please input image size");
    inputfilename("Xsize --> ",str,20,maxy-20,0);
    xsize=atoi(str);
    inputfilename("Ysize --> ",str,20,maxy-10,0);
    ysize=atoi(str);  }
In_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
In_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
In_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
In_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
xpos=1,ypos=1;
putimage(xpos, ypos, In_Data, COPY_PUT);
getch();
if (xsize<512) xpos+=(xsize+10);
Out_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
Out_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
Out_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
Out_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
putimage(xpos, ypos, Out_Data, COPY_PUT);
getch();
closegraph();
File_Out=fopen(Out_Name,"wb");  //safe output image
if(File_Out==NULL) printf("\nWrite Error"),exit(1);
for(y=0;y<ysize;y++)
{   uc buff[1000];
    for(x=0;x<xsize;x++)
        buff[x]=*(Out_Data+y*xsize+x+4);
    fwrite(buff,sizeof(char),(size_t)xsize,File_Out);  }
fclose(File_Out);
}
int huge detect256(void)
{  int mode;
   long int img_size,hor_size,ver_size;

   clrscr();
   printf("\n\n\n    ***************************");
   printf("\n Program : Image Display with SVGA card V 1.0  ");
   printf("\n Support  : 8bit or 256color  IMG              ");
   printf("\n Writen by: kanchana Wongsritong (BC++3.1) ");
   printf("\n Laboratory  of : Ass. Prof. Dr. Fusak Cheevasuvit     ");
   printf("\n King Mongkut's Institue of Technology Ladkrabang  ");
   printf("\n        Bangkok Thailand          ");
   printf("\n **********************************\n");
   printf("                 mode display image              \n");
   printf("          0 ->  320 * 200 (pixels x lines) \n");
   printf("          1 ->  640 * 350 (pixels x lines) \n");
   printf("          2 ->  640 * 480 (pixels x lines) \n");
   printf("          3 ->  800 * 600 (pixels x lines) \n");
   printf("          4 -> 1024 * 768 (pixels x lines) \n");

   img_size = sqrt(File_Size);
   hor_size=img_size*2; //for two picture
                        ver_size=img_size;
   if((ver_size < 200) && (hor_size < 320)) mode = 0;
   else if((ver_size < 350) && (hor_size < 640)) mode = 1;
   else if((ver_size < 480) && (hor_size < 640)) mode = 2;
   else if((ver_size < 600) && (hor_size < 800)) mode = 3;
   else mode =4;
   printf("\n\n          *** mode display use -----> %d",mode);
   getch();
   return mode;
}

int huge defaultmode(void)
{  return 2;
}

void opengraph(void)
{  int gd,gm;

   installuserdriver("svga256",detect256);
   gd = DETECT;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 initgraph(&gd,&gm," ");
 xcen=(maxx=getmaxx())>>1;
 ycen=(maxy=getmaxy())>>1;
}

void inputfilename(char textout[],char valueout[],int x,int
y,int onoffdefault)
{  static char str[20],textbuff[20];
   setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
  setcolor(255);
  if(onoffdefault==1)
  sprintf(textbuff,"%s[%s] = ",textout,valueout);
  else
  sprintf(textbuff,"%s",textout);
  t_width=textwidth(textbuff);
  t_height=textheight(textbuff);
  outtextxy(x,y,textbuff);
  strcpy(str,""); //n=0;  ch='0';
  if(strlen(str)!=0) sprintf(valueout,"%s",str);
}

/*******************************************/
/*  Show Original Histogram and Result Histogram  */
/*******************************************/
void Show_Histogram(uc huge *r_dat1,uc huge *r_dat2)
{  long int His1[MaxLevel],His2[MaxLevel];
   long int xsize,ysize,x,y,i,SUM2=0,Buff1=0,Buff2=0;
   long int H_max1=0,H_max2=0;
   int gd,gm;
   long bin;
   char str[10];

   for(x=0;x<MaxLevel;x++)
   {    His1[x] = 0;
        His2[x] = 0;  }
   xsize=ysize=sqrt(File_Size);
   for(y=0;y<ysize;y++)
     for(x=0;x<xsize;x++)
     {       His1[*(r_dat1+(y*xsize)+x)]++;
             His2[*(r_dat2+(y*xsize)+x)]++;    }
   for(i=0;i<Range[2];i++)
     SUM2 = SUM2+His2[i];
   Mean2 = Find_Mean(Range[0],Range[2],SUM2,His2);
for(i=Range[0];i<Mean1;i++)
  Buff1 = Buff1+His2[i];
Mean11 = Find_Mean(Range[0],Mean1,Buff1,His2);
for(i=Mean1;i<Range[2];i++)
    Buff2 = Buff2+His2[i];
Mean12 = Find_Mean(Mean1,Range[2],Buff2,His2);
for(x=0;x<MaxLevel;x++)
{    if(His1[x]>H_max1) H_max1 = His1[x];
     if(His2[x]>H_max2) H_max2 = His2[x];
}
installuserdriver("svga256",defaultmode);
gd = DETECT;
initgraph(&gd,&gm," ");
line(5,5,5,205);
line(5,205,261,205);
line(300,5,300,205);
line(300,205,556,205);
setrgbpalette(BLUE,0,0,63);
setrgbpalette(GREEN,0,63,0);
setrgbpalette(RED,63,0,0);
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
setcolor(BLUE);
outtextxy(5,220,"0");
outtextxy(133,220,"128");
outtextxy(261,220,"255");
outtextxy(300,220,"0");
outtextxy(428,220,"128");
outtextxy(556,220,"255");
setcolor(GREEN);
line(5,210,5,205);
line(133,210,133,205);
line(261,210,261,205);
line(300,210,300,205);
line(428,210,428,205);
line(556,210,556,205);
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
setcolor(RED);
for(x=0;x<MaxLevel;x++)
{    bin = (His1[x]*199L)/H_max1;
     if(bin!=0) line(5+x,204,5+x,204-bin);
     bin = (His2[x]*199L)/H_max2;
     if(bin!=0) line(300+x,204,300+x,204-bin);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setcolor(255);
sprintf(str,"Mean's image is  %d",Mean1);
outtextxy(125,260,str);
sprintf(str,"Mean1 is %d ,Mean2 is
      %d)",Mean11,Mean12);
outtextxy(425,260,str);
sprintf(str,"Mean's Equalization image is  %d",Mean2);
outtextxy(425,290,str);
outtextxy(125,233,"HISTOGRAM OF IMAGE");
outtextxy(425,233,"HISTOGRAM EQUALIZE
         BBHQ");
getch();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************************************/
/*  Program Name : Multipeak-histogram equalization  */
/*   Author : Kanchana Wongsritong                    */
/*********************************************/

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <alloc.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <bios.h>
#include <dos.h>
#define uc unsigned char
#define MaxLevel 256
struct Region_Struct
{
  int Min;
  int Max;
  float Mean;
  float Std_Deviation;
  long int Number;
  int Max_Limit;
  int Low_Limit;
};
int a=4,n=8;
long int Open_and_Read_File(void);
int maxy,maxx;
long int filesize(FILE *);
long int lread(FILE *, uc huge *, long);
void Equation(void);
void Find_Pr(void);
void Find_Sk(void);
void FindPeak(uc huge *);
void Closest_Level_Sk(void);
void Mapping(void);
void Show_Image(void);
void Show_Histogram1(void);
void Show_Histogram2(uc huge *);
void opengraph(void);
void inputfilename(char *,char *,int,int,int);
float Find_Mean(int min,int max,long int N,long int buf[]);
uc huge *In_Data, huge *In, huge *Out_Data, huge *Out;
long int File_Size,Freq[16];
double long PR[MaxLevel], SK[MaxLevel];
double Mean1,Mean2,Mean3;
long int In_His[MaxLevel],Out_His[MaxLevel],His[MaxLevel];
double  His_It[MaxLevel],His_A[MaxLevel],
        His_E[MaxLevel],His_v[10];
long int H_max=0,R_max=0;
int Close_Sk[MaxLevel];
int t_width,t_height,Val[10],Point,Num=0;
char Out_Name[40];

void main()
{
 switch (Open_and_Read_File())
 {   case 0 :
     {   Equation();
         Show_Image();
         Show_Histogram2(Out_Data);
         farfree(In_Data);
         farfree(Out_Data);
     } break;
    case 1 :
     {   printf("\nFile not found !!! ");
         getch();
    } break;
    case 2 :
    {   printf("\nNot enough memory !!! ");
         getch();
     } break;
     case 3 :
     {   printf("\nRead file error !!! ");
         getch();
     } break;
     default : printf("\nUnknown error");
  }
}

/*********************************/
/*  open and read image file   */
/*********************************/
long int Open_and_Read_File()
{  char In_Name[80];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FILE *File_In;
int Error_Code=0,x,choise;

clrscr();
printf("\n\n** Please choose the image file from Menu **
");
printf("\n\n          case 0   :  ama128.img");
printf("\n           case 1   :  girl.img");
printf("\n           case 2   :  jet.img");
printf("\n           case 3   :  hill.img");
printf("\n           case 4   :  lena.img");
printf("\n           case 5   :  minis.img");
printf("\n           case 6   :  cman.img");
printf("\n           case 7   :  barba.img");
printf("\n           case 8   :  fruit.img");
printf("\n           case 9   :  tmr.img");
printf("\n           case 10  :  satr.img");
printf("\n\n\n        Enter name of image input file : ");
scanf("%d",&choise);
switch(choise)
{
 case 0 :{ sprintf(In_Name,"ama128.img");
           sprintf(Out_Name,"ama_p.img");
           break;}
 case 1 :{ sprintf(In_Name,"girl.img");
           sprintf(Out_Name,"girl_p.img");
           break; }
 case 2 :{ sprintf(In_Name,"jet.img");
           sprintf(Out_Name,"jet_p.img");
           break; }
 case 3 :{ sprintf(In_Name,"hill.img");
           sprintf(Out_Name,"hill_p.img");
           break; }
 case 4 :{ sprintf(In_Name,"lena.img");
           sprintf(Out_Name,"lena_p.img");
           break; }
 case 5 :{ sprintf(In_Name,"minis.img");
           sprintf(Out_Name,"minis_p.img");
           break; }
 case 6 :{ sprintf(In_Name,"cman.img");
           sprintf(Out_Name,"cman_p.img");
           break; }
 case 7 :{ sprintf(In_Name,"barba.img");
           sprintf(Out_Name,"barba_p.img");
           break; }
 case 8 :{ sprintf(In_Name,"fruit.img");
           sprintf(Out_Name,"fruit_p.img");
           break;}
 case 9 :{ sprintf(In_Name,"tmr.img");
           sprintf(Out_Name,"tmr_p.img");
           break; }
 case 10 :{ sprintf(In_Name,"satr.img");
           sprintf(Out_Name,"satr_p.img");
           break;}
 default : printf("\n this case isn't image in menu");
}
if((File_In=fopen(In_Name,"rb"))==NULL) Error_Code = 1;
else
{   File_Size=filesize(File_In);
 if((In_Data =(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL) ||
 ((Out_Data=(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL))
  Error_Code = 2;
  else
  {     In  = In_Data+4;
        Out = Out_Data+4;
        if((lread(File_In,In,File_Size))==NULL) Error_Code = 3;
        else fclose(File_In);
  }
}
return Error_Code;
}

long int filesize(FILE *stream)
{  long curpos,length;

 curpos = ftell(stream);
 fseek(stream,0L,SEEK_END);
 length = ftell(stream);
 fseek(stream,curpos,SEEK_SET);
 return(length);
}

long lread(FILE *fh, uc huge *data, long imgsize)
{  long buf=imgsize;

 while (imgsize > 32768L)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{   if(fread((void*)data,1,(size_t)32768L,fh)!=32768L)
return 0;
   imgsize -= 32768L;
   data += 32768L;
 }
 if (fread((void*)data,1,imgsize, fh) != imgsize) return 0;
 return buf;
}

/*************************************/
/* Multipeak Histogram Equalization   */
/*************************************/
void Equation()
{  int x;

  FindPeak(In);
  Val[0] = 0;
  Val[Point+1] = 256;
  Find_Pr();
  Find_Sk();
  Closest_Level_Sk();
  Mapping();
}

/*********************************/
/*    Find Peaks Histogram      */
/*********************************/
void FindPeak(uc huge *r_dat1)
{  int count;
   int i,x,y;
   char str[20];
   long int xsize,ysize;
   double Avg(int x);
   double buf[16];

  for(i=0;i<MaxLevel;i++){
          His[i] = 0;
          His_E[i] = 0;        //0-255
  }
  xsize=ysize=sqrt(File_Size);
  for(y=0;y<ysize;y++)
    for(x=0;x<xsize;x++)
          His[*(r_dat1+(y*xsize)+x)]++; //find density in each
level
  for(x=0;x<MaxLevel;x++)
          if(His[x]>H_max) H_max = His[x];
  for(i=0;i<MaxLevel;i++)
    His_It[i] = His[i];
/* Interpolate histogram that havn't data */
  for(i=1;i<(MaxLevel-1);i++)
    if((His_It[i]==0)&&(His_It[i+1]==0))
          His_It[i]=(His_It[i-1]+((His_It[i+2]-His_It[i-1])/3));
  for(i=0;i<MaxLevel;i++)
  {   if(His_It[i] == 0) His_It[i]=(His_It[i-1]+His_It[i+1])/2;
  }
  for(i=a;i<(MaxLevel-a);i++)  //average 9
    His_A[i] = Avg(i);
 for(i=(n+a);i<=(MaxLevel-(n+a)-1);i++)
 {
  if(His[i]+His[i-1]+His[i-2]+His[i-3]+His[i-4]+His[i-5]+His[i-
 6]==0)
    printf("");
  else{
    count=0;
    for(x=(-n+1);x<=n;x++)
    {     buf[x+n-1] = (His_A[i+x]-His_A[i+x-1]);
          if(buf[x+n-1]==0)  buf[x+n-1] = buf[x+n-2]; //make don't
          have '0'
    }
   for(x=(-n+1);x<(n-2);x++)
    {     if(((buf[n+x+1]*buf[n+x-1])>0)) buf[n+x] = buf[n+x-1];
    }
    if((((buf[n]*buf[n-1])<0)&&(buf[n]>0)))   //max
    {    for(x=1;x<=(n-(n-3));x++)
          if(((buf[n-x]*buf[n-x-1])>0)&&((buf[n+x]*
            buf[n+x-1])>0)) count++;
          for(x=(n-(n-4));x<n;x++)
          if(((buf[n+x]*buf[n+x-1])>0)) count++;
   if(count==(n-1)){
    Num++;
    Val[Num] = i;
    His_v[Num] = His_A[i];
   }
  }
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Point = Num;
}
  Show_Histogram1();
  setcolor(WHITE);
  for(x=1;x<=Num;x++)
  {  sprintf(str,"Mininum Point[%d]  At Level
     %5d",x,Val[x]);
   outtextxy(250,(300+20*x),str);
  }
  getch();
  closegraph();
}

/*****************************************/
/*  Average nine gray level histogram  */
/*****************************************/
double Avg(int x)
{  int y;
   double  tmp=0;

  for(y=(x-a);y<=(x+a);y++)
    tmp = tmp+His_It[y];
  tmp = tmp/((2*a)+1);
  return tmp;
}

/*****************************************/
/*  Find Histogram and Probability Density Function  */
/*****************************************/
void Find_Pr()
{  long int i,r;
  for(r=0;r<=Point;r++) Freq[r] = 0L;
  for(i=0;i<File_Size;i++)
  {    for(r=0;r<=Point;r++)
          if((In[i]>(Val[r]-1))&&((Val[r+1]-1)>=In[i]))
Freq[r]++;//find density in peak
  }
  for(r=0;r<=Point;r++)
    for(i=Val[r];i<Val[r+1];i++) PR[i]=(double long)His
[i]/Freq[r];
}

/*****************************************/
/*  Find Cumulative Density Function : CDF  */
/*****************************************/
void Find_Sk()
{  int i,r;

  for(r=0;r<=Point;r++)
  {    SK[Val[r]]=PR[Val[r]];
       for(i=(Val[r]+1);i<Val[r+1];i++)  SK[i]=SK[i-1]+PR[i];
  }
}

/*****************************************/
/*  Change SK to the nearest brightness value  */
/*****************************************/
void Closest_Level_Sk()
{  int i,r,offset;

  for (r=0;r<=Point;r++)
    for (i=Val[r];i<Val[r+1];i++)
    {       offset = Val[r];
            Close_Sk[i] = (int) (offset+((Val[r+1]-Val[r]-1)*SK[i]));
            if(Close_Sk[i]>(int)((offset+(Val[r+1]-Val[r]-1))-1))
              Close_Sk[i]=(int)((offset+(Val[r+1]-Val[r]-1))-1);
    }
}

/*****************************************/
/*  Map brightness input to output brightness  */
/*****************************************/
void Mapping()
{  long int i;

  for(i=0;i<File_Size;i++) Out[i] = (uc) Close_Sk[In[i]];
}

/*****************************************/
/*  Show Original Image and Result Image  */
/*****************************************/
void Show_Image()
{  long int xpos,ypos,xsize,ysize;
   long int x,y;
   long int imgsize;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 static char
 str[40];
 FILE *File_Out;
opengraph();
 for(x=0;x<MaxLevel;x++) setrgbpalette(x,x>>2,x>>
2,x>>2);
 imgsize=File_Size;
 xsize=ysize=sqrt(imgsize);
 if(((long)xsize*ysize)!=imgsize)
 {   setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
     setcolor(0);
     bar(0,maxy-30,maxx,maxy);
     setcolor(255);
     outtextxy(20,maxy-30,"Please input image size");
     inputfilename("Xsize --> ",str,20,maxy-20,0);
     xsize=atoi(str);
     inputfilename("Ysize --> ",str,20,maxy-10,0);
    ysize=atoi(str);
 }
 In_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
 In_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
 In_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
 In_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
 xpos=1,ypos=1;
 putimage(xpos, ypos, In_Data, COPY_PUT);
 getch();
 if (xsize<512) xpos+=(xsize+10);
 Out_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
 Out_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
 Out_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
 Out_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
 putimage(xpos, ypos, Out_Data, COPY_PUT);
 getch();
 closegraph();
 File_Out=fopen(Out_Name,"wb");  //safe output image
 if(File_Out==NULL) printf("\nWrite Error"),exit(1);
 for(y=0;y<ysize;y++)
  {   uc buff[1000];
      for(x=0;x<xsize;x++)
          buff[x]=*(Out_Data+y*xsize+x+4);
  fwrite(buff,sizeof(char),(size_t)xsize,File_Out);
  }
 fclose(File_Out);
}

int huge detect256(void)
{  int mode;
  long int img_size,hor_size,ver_size;

    clrscr();
  printf("\n\n\n****************************************");
  printf("\n Program: Image Display with SVGA card V 1.0   ");
  printf("\nSupport      : 8bit or 256color IMG              ");
  printf("\nWriten by    : kanchana Wongsritong (BC++3.1)     ");
  printf("\n Laboratory of    : Ass. Prof. Dr. Fusak Cheevasuvit
");
  printf("\nKing Mongkut's Institue of Technology Ladkrabang   ");
  printf("\n                Bangkok Thailand                   ");
  printf("\n*************************************\n");
  printf("              mode display image              \n");
  printf("           0 ->  320 * 200 (pixels x lines) \n");
  printf("           1 ->  640 * 350 (pixels x lines) \n");
  printf("           2 ->  640 * 480 (pixels x lines) \n");
  printf("           3 ->  800 * 600 (pixels x lines) \n");
  printf("           4 -> 1024 * 768 (pixels x lines) \n");

  img_size = sqrt(File_Size);
  hor_size=img_size*2; //for two picture
  ver_size=img_size;
  if((ver_size < 200) && (hor_size < 320)) mode = 0;
  else if((ver_size < 350) && (hor_size < 640)) mode = 1;
  else if((ver_size < 470) && (hor_size < 640)) mode = 2;
  else if((ver_size < 600) && (hor_size < 800)) mode = 3;
  else mode =4;
  printf("\n\n        *** mode display use -----> %d",mode);
  getch();
  return mode;
}

int huge defaultmode(void)
{  return 2;
}

void opengraph(void)
{  int gd,gm;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  installuserdriver("svga256",detect256);
  gd = DETECT;
  initgraph(&gd,&gm," ");
}
void inputfilename(char textout[],char valueout[],int x,
                   int y,int onoffdefault)
{  static char str[20],textbuff[20];

  setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
  setcolor(255);

  if(onoffdefault==1)
  sprintf(textbuff,"%s[%s] = ",textout,valueout);
  else
  sprintf(textbuff,"%s",textout);
  t_width=textwidth(textbuff);
  t_height=textheight(textbuff);
  outtextxy(x,y,textbuff);
  if(strlen(str)!=0) sprintf(valueout,"%s",str);
}

/*****************************************/
/*  Show Original Histogram and Peaks   */
/*****************************************/
void Show_Histogram1()
{  long int x,y,xsize,ysize;
   char str[10];
   int gd,gm;
   long bin;

   installuserdriver("svga256",defaultmode);
   gd = DETECT;
   initgraph(&gd,&gm," ");
   line(5,5,5,205);
   line(5,205,261,205);
   line(300,5,300,205);
   line(300,205,556,205);
   setrgbpalette(BLUE,0,0,63);
   setrgbpalette(GREEN,0,63,0);
   setrgbpalette(RED,63,0,0);
   settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
   setcolor(BLUE);
   outtextxy(5,220,"0");
   outtextxy(133,220,"128");
   outtextxy(261,220,"255");
   outtextxy(300,220,"0");
   outtextxy(428,220,"128");
   outtextxy(556,220,"255");
   for(x=1;x<=Num;x++){
     sprintf(str,"%d",Val[x]);
     outtextxy((300+Val[x]),220,str);
   }

   settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
   setcolor(255);
   outtextxy(125,233,"HISTOGRAM OF IMAGE");
   outtextxy(425,233,"AJUSTED HISTOGRAM");
   setcolor(GREEN);
   line(5,210,5,205);
   line(133,210,133,205);
   line(261,210,261,205);
   line(300,210,300,205);
   line(428,210,428,205);
   line(556,210,556,205);
   for(x=1;x<=Num;x++)
     line((300+Val[x]),210,(300+Val[x]),(205-(His_v
   [x]*199/H_max)));
   settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
   setcolor(RED);
   for(x=0;x<MaxLevel;x++)
   {   bin = (His[x]*199L)/H_max;
       if(bin!=0) line(5+x,204,5+x,204-bin);
       bin = (His_A[x]*199L)/H_max;
     if(bin!=0) putpixel(300+x,204-bin,GREEN);
     }
}

/*****************************************************/
/*  Show Original Histogram and Result Histogram     */
/*****************************************************/
void Show_Histogram2(uc huge *r_dat2)
{  long int x,y,xsize,ysize;
   char str[10];
   int gd,gm;
   long bin;
   long int SUM1=0,SUM2=0,SUM3=0,Mini=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
xsize=ysize=sqrt(File_Size);
for(y=0;y<ysize;y++)
 for(x=0;x<xsize;x++)
        His_E[*(r_dat2+(y*xsize)+x)]++;
 for(x=0;x<MaxLevel;x++)
 {    if(His_E[x]>R_max) R_max = His_E[x];
 }
 installuserdriver("svga256",defaultmode);
 gd = DETECT;
 initgraph(&gd,&gm," ");
 line(5,5,5,205);
 line(5,205,261,205);
 line(300,5,300,205);
 line(300,205,556,205);
 line(5,260,5,455);
 line(5,455,261,455);
 setrgbpalette(BLUE,0,0,63);
 setrgbpalette(GREEN,0,63,0);
 setrgbpalette(RED,63,0,0);
 settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
 setcolor(BLUE);
 outtextxy(5,220,"0");
 outtextxy(133,220,"128");
 outtextxy(261,220,"255");
 outtextxy(5,470,"0");
 outtextxy(133,470,"128");
 outtextxy(261,470,"255");
 outtextxy(261,470,"255");
 settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
 setcolor(255);
 outtextxy(125,233,"HISTOGRAM OF IMAGE");
 outtextxy(425,233,"AJUSTED HISTOGRAM");
 outtextxy(405,430,"EQULIZATION  HISTOGRAM OF
IMAGE");
 setcolor(BLUE);
 outtextxy(300,220,"0");
 for(x=1;x<=Point;x++)
 {    sprintf(str,"%d",Val[x]);
      outtextxy((300+Val[x]),220,str);
 }
 outtextxy(428,220,"128");
 outtextxy(556,220,"255");
 setcolor(GREEN);
 line(5,210,5,205);
 line(133,210,133,205);
 line(261,210,261,205);
 line(5,460,5,455);
 line(133,460,133,455);
 line(261,460,261,455);
 for(x=1;x<=Point;x++)
   line((300+Val[x]),210,(300+Val[x]),(205-   (His_A[Val
      [x]]*199/H_max)));
 line(300,210,300,205);
 line(428,210,428,205);
 line(556,210,556,205);
 settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
 setcolor(RED);
 for(x=0;x<MaxLevel;x++)
 {    bin = (His[x]*199L)/H_max;
      if(bin!=0) line(5+x,204,5+x,204-bin);
      bin = (His_A[x]*199L)/H_max;
      if(bin!=0) putpixel(300+x,204-bin,GREEN);
      bin = (His_E[x]*199L)/R_max;
      if(bin!=0) line(5+x,454,5+x,454-bin);
 }
 for(x=0;x<MaxLevel;x++)
 {    SUM1 = SUM1+His[x];
  SUM2 = SUM2+His_A[x];
  SUM3 = SUM3+His_E[x];
 }
 Mean1 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM1,His);
 {//start module
 long int Buff[256];
 int i;
 for(i=0;i<256;i++)
   Buff[i] = His_A[i];
 Mean2 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM2,Buff);
 }//end module
 {//start module
 long int Buff[256];
 int i;
 for(i=0;i<256;i++)
   Buff[i] = His_E[i];
 Mean3 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM3,Buff);
 }//end module
 setcolor(255);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean1);
 outtextxy(125,245,str);
 sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean2);
 outtextxy(425,245,str);
 sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean3);
 outtextxy(405,450,str);
 getch();
 closegraph();
}
/*********************************/
/*  Find mean brightness in range */
/*********************************/
float Find_Mean(int min,int max, long int N,long int Buf[])
{  double sum=0;
  float mean=0;
  int i;

 for(i=min;i<=max;i++) sum += ((double)Buf[i]*(double)i);
  mean = ((float)sum/N);
  return mean;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************************************/
/* Program Name : Multipeak-linear contrast stretching */
/* Author : Kanchana Wongsritong                */
/*********************************************/

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <alloc.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <bios.h>
#include <dos.h>
#define uc unsigned char
#define MaxLevel 256
#define Max_Region 10
#define LCS_Method 1
#define Equalize_Method 2
struct Region_Struct
{  int Min;
   int Max;
   float Mean;
   float Std_Deviation;
   long int Number;
   int Max_Limit;
   int Low_Limit;
};
long int Open_and_Read_File(void);
long int filesize(FILE *);
long int lread(FILE *, uc huge *, long);
void Equation(void);
void FindPeak(uc huge *);
void Equalize(int,int,int,int);
void Show_Image(void);
void Show_Histogram1(void);
void Show_Histogram2(uc huge *);
void opengraph(void);
void inputfilename(char *,char *,int,int,int);
void Clear_Buffer(void);
void Print_Region(void);
void Find_Stat(void);
float Find_Mean(int min,int max,long int N,long int buf[]);
int Lut[MaxLevel];
void Clear_Buffer(void);
float Find_Standard_Deviation(uc,uc,long int,float);
void Enhancement(void);
void LCS(int,int,int,int);
void Output_Mapping(void);
void Find_Pr(int,int);
void Find_Sk(int,int);
void Closest_Level_Sk(int,int,int,int);
int a=4,n=8;
struct Region_Struct Region[Max_Region];
int t_width,t_height,Val[10],Point,Num=0;
int maxy,maxx;
uc huge *In_Data, huge *In, huge *Out_Data, huge *Out;
long int File_Size,Freq[16];
long int In_His[MaxLevel],Out_His[MaxLevel],His[MaxLevel];
long int Dummy_His[MaxLevel];
double Mean1,Mean2,Mean3;
double  His_I[MaxLevel],His_A[MaxLevel],
        His_O[MaxLevel],His_v[10];
long int H_max=0,R_max=0;
int Ratio,Method;
float SK[MaxLevel],PR[MaxLevel];
char Out_Name[40];

void main()
{  switch (Open_and_Read_File())
   {
    case 0 :
     {      Equation();
            Show_Image();
            Show_Histogram2(Out_Data);
            farfree(In_Data);
            farfree(Out_Data);
     } break;
    case 1 :
     {      printf("\nFile not found !!! ");
            getch();
     } break;
    case 2 :
     {      printf("\nNot enough memory !!! ");
            getch();
     } break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  case 3 :
   {      printf("\nRead file error !!! ");
          getch();
   } break;
   default : printf("\nUnknown error");
 }
}

/*********************************/
/*  open and read image file   */
/*********************************/
long int Open_and_Read_File()
{
  char In_Name[40];
  FILE *File_In;
  int Error_Code=0,x,choise;

  clrscr();
  printf("\n\n Please choose the image file from Menu  ");
  printf("\n\n              case 0   :  ama128.img");
  printf("\n              case 1   :  girl.img");
  printf("\n              case 2   :  jet.img");
  printf("\n              case 3   :  hill.img");
  printf("\n              case 4   :  lena.img");
  printf("\n              case 5   :  minis.img");
  printf("\n              case 6   :  cman.img");
  printf("\n              case 7   :  barba.img");
  printf("\n              case 8   :  fruit.img");
  printf("\n              case 9   :  tmr.img");
  printf("\n              case 10  :  satr.img");

  printf("\n\n\n Enter name of image input file : ");
  scanf("%d",&choise);
  switch(choise)
  {
   case 0 :{ sprintf(In_Name,"ama128.img");
             sprintf(Out_Name,"ama_pl.img");
             break;}
   case 1 :{ sprintf(In_Name,"girl.img");
             sprintf(Out_Name,"girl_pl.img");
             break; }
   case 2 :{ sprintf(In_Name,"jet.img");
             sprintf(Out_Name,"jet_pl.img");
             break; }
   case 3 :{ sprintf(In_Name,"hill.img");
             sprintf(Out_Name,"hill_pl.img");
             break; }
   case 4 :{ sprintf(In_Name,"lena.img");
             sprintf(Out_Name,"lena_pl.img");
             break; }
   case 5 :{ sprintf(In_Name,"minis.img");
             sprintf(Out_Name,"minis_pl.img");
             break; }
   case 6 :{ sprintf(In_Name,"cman.img");
             sprintf(Out_Name,"cman_pl.img");
             break; }
   case 7 :{ sprintf(In_Name,"barba.img");
             sprintf(Out_Name,"barba_pl.img");
             break; }
   case 8 :{ sprintf(In_Name,"fruit.img");
             sprintf(Out_Name,"fruit_pl.img");
             break;}
   case 9 :{ sprintf(In_Name,"tmr.img");
             sprintf(Out_Name,"tmr_pl.img");
             break; }
   case 10 :{ sprintf(In_Name,"satr.img");
              sprintf(Out_Name,"satr_pl.img");
              break;}
   default : printf("\n this case isn't image in menu");
  }
  printf("   Enter Ratio : ");
  scanf("%d",&Ratio);
  printf("   Select Enhancement Method (1:LCS, 2:Equlize) :");
  scanf("%d",&Method);
  if((File_In=fopen(In_Name,"rb"))==NULL) Error_Code = 1;
  else
  {    File_Size=filesize(File_In);
    if(((In_Data =(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL) ||
      ((Out_Data=(uc huge*)farcalloc(File_Size+4L,1))==NULL))
      Error_Code = 2;
    else
    {      In  = In_Data+4;
           Out = Out_Data+4;
          if((lread(File_In,In,File_Size))==NULL) Error_Code = 3;
           else fclose(File_In);
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 }
 return Error_Code;
}

long int filesize(FILE *stream)
{  long curpos,length;

 curpos = ftell(stream);
 fseek(stream,0L,SEEK_END);
 length = ftell(stream);
 fseek(stream,curpos,SEEK_SET);
 return(length);
}

long lread(FILE *fh, uc huge *data, long imgsize)
{  long buf=imgsize;

 while (imgsize > 32768L)
 {
  if(fread((void*)data,1,(size_t)32768L,fh)!=32768L)
return 0;
  imgsize -= 32768L;
  data += 32768L;
 }
 if (fread((void*)data,1,imgsize, fh) != imgsize) return 0;
 return buf;
}

/*****************************************/
/* Multipeak Linear Contrast Stretching */
/*****************************************/
void Equation()
{  int x;

  FindPeak(In);
  Val[0] = 0;
  Val[Point+1] = 256;
  Clear_Buffer();
  Find_Stat();
  Print_Region();
  Enhancement();
  Output_Mapping();
 }

/*********************************/
/*   Find Peaks Histogram    */
/*********************************/
void FindPeak(uc huge *r_dat1)
{  int count;
  int i,x,y;
  char str[20];
  long int xsize,ysize;
  double Avg(int x);
  double buf[16];

 for(i=0;i<MaxLevel;i++){
       His[i] = 0;
       His_O[i] = 0;       //0-255
 }
 xsize=ysize=sqrt(File_Size);
 for(y=0;y<ysize;y++)
  for(x=0;x<xsize;x++)
       His[*(r_dat1+(y*xsize)+x)]++; //find density in each
level
 for(x=0;x<MaxLevel;x++)
       if(His[x]>H_max) H_max = His[x];

 for(i=0;i<MaxLevel;i++)
  His_It[i] = His[i];
 for(i=1;i<(MaxLevel-1);i++)
  if((His_It[i]==0)&&(His_It[i+1]==0))
       His_It[i]=(His_It[i-1]+((His_It[i+2]-His_It[i-1])/3));
 for(i=0;i<MaxLevel;i++)
 {
  if(His_It[i] == 0) His_It[i]=(His_It[i-1]+His_It[i+1])/2;
 }
 for(i=a;i<(MaxLevel-a);i++)  //average 9
    His_A[i] = Avg(i);
for(i=(n+a);i<=(MaxLevel-(n+a)-1);i++)
{
  if(His[i]+His[i-1]+His[i-2]+His[i-3]+His[i-4]+His[i-5]+His[i-
6]==0)
    printf("");
else{    count=0;
    for(x=(-n+1);x<=n;x++)
    {       buf[x+n-1] = (His_A[i+x]-His_A[i+x-1]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if(buf[x+n-1]==0)  buf[x+n-1] = buf[x+n-2];
//make don't have '0'
    }
   for(x=(-n+1);x<(n-2);x++)
   {  if(((buf[n+x+1]*buf[n+x-1])>0)) buf[n+x] =    buf
      [n+x-1];
}
   if((((buf[n]*buf[n-1])<(0))&&(buf[n]>0)))
   //max use < -0.12
   {     for(x=1;x<=(n-(n-3));x++)
            if(((buf[n-x]*buf[n-x-1])>0)&&
             ((buf[n+x]*buf[n+x-1])>0)) count++;
   for(x=(n-(n-4));x<n;x++)
   if(((buf[n+x]*buf[n+x-1])>0)) count++;
   if(count==(n-1)){
    Num++;
    Val[Num] = i;
    His_v[Num] = His_A[i];
    }
  }
 }
    Point = Num;
}
   Show_Histogram1();
   Clear_Buffer();
   setcolor(WHITE);
   for(x=1;x<=Num;x++)
   {
    sprintf(str,"Mininum Point[%d]   At Level
            %5d",x,Val[x]);
    outtextxy(250,(300+20*x),str);
   }
   getch();
   closegraph();
}

/*****************************************/
/*   Average nine gray level histogram  */
/*****************************************/
double Avg(int x) //median 3
 {  int y;
    double  tmp=0;
 for(y=(x-a);y<=(x+a);y++)
   tmp = tmp+His_It[y];
 tmp = tmp/((2*a)+1);
 return tmp;
}

void Clear_Buffer(void)
{  int i;

 for(i=0;i<Max_Region;i++)
 {    Region[i].Min = 0;
  Region[i].Max = 0;
   Region[i].Mean = 0.0;
   Region[i].Std_Deviation = 0.0;
   Region[i].Max_Limit = 0;
   Region[i].Low_Limit = 0;
 }
}

void Find_Stat(void)
{  int i,j;

   Region[1].Min = Val[0];
   Region[1].Max = Val[1]-1;
   for(i=1;i<=Point;i++)
   {    Region[i+1].Min = Val[i];
    Region[i+1].Max = Val[i+1]-1;
   }
   for(i=1;i<=(Point+1);i++)
   {
    for(j=Region[i].Min,Region[i].Number=0L;j<=Region
[i].Max;j++)
            Region[i].Number += His[j];
   Region[i].Mean = Find_Mean(Region[i].Min,Region[i].Max,
                Region[i].Number,His);
   Region[i].Std_Deviation = Find_Standard_Deviation
                    (Region[i].Min,Region[i].Max,
                     Region[i].Number,Region[i].Mean);
   Region[i].Max_Limit = Region[i].Mean+
                    (int)(Ratio*Region[i].Std_Deviation);
   if(Region[i].Max_Limit > Region[i].Max)
            Region[i].Max_Limit = Region[i].Max;
   Region[i].Low_Limit = Region[i].Mean - (int)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(Ratio*Region[i].Std_Deviation);
    if(Region[i].Low_Limit < Region[i].Min)
                Region[i].Low_Limit = Region[i].Min;
  }
}

void Print_Region(void)
{  int i;

  printf("\n\nInput Range \n");
  for(i=0;i<=(Point+1);i++) printf("%d ",Val[i]);
  printf("\nRegion  Min  Max    Mean    Std    Low
       Max\n");
  for(i=1;i<=(Point+1);i++)
  printf(" %-8d%-7d%-10d%-8.3f  %-8.3f %-10d%-
        10d\n", i,Region[i].Min,Region[i].Max,
        Region[i].Mean,Region[i].Std_Deviation,
       Region[i].Low_Limit,Region[i].Max_Limit);
  getch();
}

/***********************************/
/* Find mean brightness in range      */
/***********************************/
float Find_Mean(int min,int max, long int N,long int But[])
{  double sum=0;
  float mean=0;
  int i;

  for(i=min;i<=max;i++) sum + =   ((double)
                        But[i]*(double)i);

  mean = ((float)sum/N);
  return mean;
}

/***********************************/
/* Find standard deviation in range */
/***********************************/
float Find_Standard_Deviation(uc min, uc max, long int N,
                        float mean)
{  float Std,Var;
  double Sum;
  int i;

  for(i=min,Sum=0.0;i<=max;i++)
      Sum += (float)His[i]*pow((float)I - mean,2);
  Var = Sum/N;
  Std = sqrt(Var);
  return Std;
}

/*************************************************/
/* Enhancement by linear contrast stretching in ranges(peaks) */
/*************************************************/
void Enhancement(void)
{  int Xmin,Xmax,Ymax,Ymin;
  int i,j;

  if(Method==Equalize_Method)
  {    for(i=0;i<MaxLevel;i++) Dummy_His[i] = His[i];
  }
  for(i=1;i<=(Point+1);i++)
  {    Xmin = Region[i].Low_Limit;
   Xmax = Region[i].Max_Limit;
   Ymin = Region[i].Min;
   Ymax = Region[i].Max;
   if(Method==LCS_Method) LCS(Xmin,Xmax,Ymin,Ymax);
   else Equalize(Xmin,Xmax,Ymin,Ymax);
  }
}

void LCS(int Xmin, int Xmax, int Ymin, int Ymax)
{  int i;

  for(i=Ymin;i<=Ymax;i++)
  {
   Lut[i] = ((i-Xmin)*(float)(Ymax-Ymin)/(Xmax-Xmin))+Ymin;
   if(Lut[i] > Ymax) Lut[i] = Ymax;
   if(Lut[i] < Ymin) Lut[i] = Ymin;
  }
}

void Equalize(int Xmin,int Xmax,int Ymin,int Ymax)
{  int i;

  if(Xmin>Ymin)
  {    for(i=Xmin-1;i>=Ymin;i--)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
        Dummy_His[i] = 0;
        Lut[i] = Ymin;
 }
 Ymin += 1;
}
if(Xmax<Ymax)
{   for(i=Xmax+1;i<=Ymax;i++)
 {
        Dummy_His[i] = 0;
        Lut[i] = Ymax;
  }
  Ymax -= 1;
 }
 Find_Pr(Ymin,Ymax);
 Find_Sk(Ymin,Ymax);
 Closest_Level_Sk(Xmin,Xmax,Ymin,Ymax);
}

void Find_Pr(int Ymin,int Ymax)
{  long int i;
 long int N;

 for(i=Ymin,N=0;i<=Ymax;i++) N += Dummy_His[i];
 for(i=Ymin;i<=Ymax;i++) PR[i]=(double long)
Dummy_His[i]/N;
}

void Find_Sk(int Ymin,int Ymax)
{  int i;

 SK[Ymin]=PR[Ymin];
 for(i=Ymin+1;i<=Ymax;i++) SK[i]=SK[i-1]+PR[i];
}

void Closest_Level_Sk(int Xmin,int Xmax,int Ymin,
                      int Ymax)
{ int i;

 for (i=Xmin;i<=Xmax;i++)
 {
   Lut[i] = (int)((Ymax-Ymin)*SK[i])+Ymin;
   if(Lut[i]>Ymax) Lut[i] = Ymax;
 }
}

/*********************************************/
/* Map input brightness to output brightness */
/*********************************************/
void Output_Mapping(void)
{
 long int i;
 for(i=0;i<File_Size;i++) Out[i] = Lut[In[i]];
}

/*********************************************/
/*  Show Original Image and Result Image   */
/*********************************************/
void Show_Image()
{  long int xpos,ypos,xsize,ysize;
 int x,y;
 long int imgsize;
 static char          str[40];
 FILE *File_Out;

 opengraph();
 for(x=0;x<MaxLevel;x++) setrgbpalette(x,x>>2,x>>2,x>>2);
 imgsize=File_Size;
 xsize=ysize=sqrt(imgsize);
 if(((long)xsize*ysize)!=imgsize)
 {
  setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
  setcolor(0);
  bar(0,maxy-30,maxx,maxy);
  setcolor(255);
  outtextxy(20,maxy-30,"Please input image size");
  inputfilename("Xsize --> ",str,20,maxy-20,0);
  xsize=atoi(str);
  inputfilename("Ysize --> ",str,20,maxy-10,0);
  ysize=atoi(str);
 }
 In_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
 In_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
 In_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
 In_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
 xpos=1,ypos=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
putimage(xpos, ypos, In_Data, COPY_PUT);
getch();
if (xsize<512) xpos+=(xsize+10);
Out_Data[0]=(xsize-1)&0x00ff;
Out_Data[1]=((xsize-1)&0xff00)>>8;
Out_Data[2]=(ysize-1)&0x00ff;
Out_Data[3]=((ysize-1)&0xff00)>>8;
putimage(xpos, ypos, Out_Data, COPY_PUT);
getch();
closegraph();
File_Out=fopen(Out_Name,"wb");  //safe output image
if(File_Out==NULL) printf("\nWrite Error"),
exit(1);
for(y=0;y<ysize;y++)
 {
  uc buff[1000];
  for(x=0;x<xsize;x++)
          buff[x]=*(Out_Data+y*xsize+x+4);
  fwrite(buff,sizeof(char),(size_t)xsize,File_Out);
  }
 fclose(File_Out);
}

int huge detect256(void)
{  int mode;
  long int img_size,hor_size,ver_size;
return mode=4;
}

int huge defaultmode(void)
{  return 4;
}

void opengraph(void)
{  int gd,gm;

  installuserdriver("svga256",detect256);
  gd = DETECT;
  initgraph(&gd,&gm," ");
}

void inputfilename(char textout[],char valueout[],int x,
                   int y,int onoffdefault)
{  static char str[20],textbuff[20];

 setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
 setcolor(255);
 if(onoffdefault==1)
 sprintf(textbuff,"%s[%s] = ",textout,valueout);
 else
 sprintf(textbuff,"%s",textout);
 t_width=textwidth(textbuff);
 t_height=textheight(textbuff);
 outtextxy(x,y,textbuff);
 if(strlen(str)!=0) sprintf(valueout,"%s",str);
}

/*****************************************/
/*  Show Original Histogram and Peaks   */
/*****************************************/
void Show_Histogram1()
{  long int x,y,xsize,ysize;
  char str[10];
  int gd,gm;
  long bin;

  installuserdriver("svga256",defaultmode);
  gd = DETECT;
  initgraph(&gd,&gm," ");
  line(5,5,5,205);
  line(5,205,261,205);
  line(300,5,300,205);
  line(300,205,556,205);
  setrgbpalette(BLUE,0,0,63);
  setrgbpalette(GREEN,0,63,0);
  setrgbpalette(RED,63,0,0);
  settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
  setcolor(BLUE);
  outtextxy(5,220,"0");
  outtextxy(133,220,"128");
  outtextxy(261,220,"255");
  outtextxy(300,220,"0");
  outtextxy(428,220,"128");
  outtextxy(556,220,"255");
  for(x=1;x<=Num;x++){
    sprintf(str,"%d",Val[x]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  outtextxy((300+Val[x]),220,str);
}
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
setcolor(255);
outtextxy(125,233,"HISTOGRAM OF IMAGE");
outtextxy(425,233,"AJUSTED HISTOGRAM");
setcolor(GREEN);
line(5,210,5,205);
line(133,210,133,205);
line(261,210,261,205);
line(300,210,300,205);
line(428,210,428,205);
line(556,210,556,205);
for(x=1;x<=Num;x++)
  line((300+Val[x]),210,(300+Val[x]),(205-  (His_v
      [x]*199/H_max)));
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
setcolor(RED);
for(x=0;x<MaxLevel;x++)
{
  bin = (His[x]*199L)/H_max;
  if(bin!=0) line(5+x,204,5+x,204-bin);
  bin = (His_A[x]*199L)/H_max;
  if(bin!=0) putpixel(300+x,204-bin,GREEN);
}
}

/*****************************************/
/*  Show Original Histogram and Result Histogram  */
/*****************************************/
void Show_Histogram2(uc huge *r_dat2)
{  long int x,y,xsize,ysize;
  char str[10];
  int gd,gm;
  long bin;
  long int SUM1=0,SUM2=0,SUM3=0,Mini=0;

  xsize=ysize=sqrt(File_Size);
  for(y=0;y<ysize;y++)
   for(x=0;x<xsize;x++)
          His_O[*(r_dat2+(y*xsize)+x)]++;
  for(x=0;x<MaxLevel;x++)
  {
   if(His_O[x]>R_max) R_max = His_O[x];
  }
  installuserdriver("svga256",defaultmode);
  gd = DETECT;
  initgraph(&gd,&gm," ");
  line(5,5,5,205);
  line(5,205,261,205);
  line(300,5,300,205);
  line(300,205,556,205);
  line(5,260,5,455);
  line(5,455,261,455);
  setrgbpalette(BLUE,0,0,63);
  setrgbpalette(GREEN,0,63,0);
  setrgbpalette(RED,63,0,0);
  settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
  setcolor(BLUE);
  outtextxy(5,220,"0");
  outtextxy(133,220,"128");
  outtextxy(261,220,"255");
  outtextxy(5,470,"0");
  outtextxy(133,470,"128");
  outtextxy(261,470,"255");
  outtextxy(261,470,"255");
  settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
  setcolor(255);
  outtextxy(125,233,"HISTOGRAM OF IMAGE");
  outtextxy(425,233,"AJUSTED HISTOGRAM");
  outtextxy(405,435,"EQULIZATION  HISTOGRAM OF
IMAGE");
  setcolor(BLUE);
  outtextxy(300,220,"0");
  for(x=1;x<=Point;x++)
  {
    sprintf(str,"%d",Val[x]);
    outtextxy((300+Val[x]),220,str);
  }
  outtextxy(428,220,"128");
  outtextxy(556,220,"255");
  setcolor(GREEN);
  line(5,210,5,205);
  line(133,210,133,205);
  line(261,210,261,205);
  line(5,460,5,455);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
line(133,460,133,455);
line(261,460,261,455);
for(x=1;x<=Point;x++)
line((300+Val[x]),210,(300+Val[x]),(205-      (His_A
    [Val[x]]*199/H_max)));
line(300,210,300,205);
line(428,210,428,205);
line(556,210,556,205);
settextjustify(CENTER_TEXT, CENTER_TEXT);
setcolor(RED);
for(x=0;x<MaxLevel;x++)
{
  bin = (His[x]*199L)/H_max;
  if(bin!=0) line(5+x,204,5+x,204-bin);
  bin = (His_A[x]*199L)/H_max;
 if(bin!=0) putpixel(300+x,204-bin,GREEN);
bin = (His_O[x]*199L)/R_max;
        if(bin!=0) line(5+x,454,5+x,454-bin);
}
for(x=0;x<MaxLevel;x++)
{    SUM1 = SUM1+His[x];
  SUM2 = SUM2+His_A[x];
  SUM3 = SUM3+His_O[x];
}
Mean1 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM1,His);
{//start module
long int Buff[256];
int i;
for(i=0;i<256;i++)
  Buff[i] = His_A[i];
Mean2 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM2,Buff);
}//end module
{//start module
long int Buff[256];
int i;
for(i=0;i<256;i++)
  Buff[i] = His_O[i];
Mean3 = Find_Mean(Mini,(MaxLevel-1),SUM3,Buff);
}//end module
setcolor(255);
sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean1);
outtextxy(125,245,str);
sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean2);
outtextxy(425,245,str);
sprintf(str,"Mean is  %d",(int)Mean3);
outtextxy(405,450,str);
getch();
closegraph();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

[1]] K.Wongsritong, K.Kittayaruasiriwat, F.Cheevasuvit, K.Dejhan and A.Somboonkaew. **"Contrast Enhancement Using Multipeak Histogram Equalization with Brightness Preserving,"** IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and System, Chiangmai, Thailand, November, 1998. pp.455-458

[2] P.Komonvipaht, K.Wongsritong, F.Cheevasuvit, K.Dejhan, S.Chitwong and S.Mitatha. **"Multi-modal Histogram Linear Contrast Stretching for Image Enhancement,"** Asian Conference on Remote Sensing, Manila Philippines, November, 1998. pp.R-17-1 R-17-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกาญจนา วงษ์ศรีทอง เกิดเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2517 ที่จังหวัดนครสวรรค์ ได้รับสิทธิ์พิเศษโครงการช้างเผือก ในการศึกษาต่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนสำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ปีการศึกษา 2539

หลังจากนั้นได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2540 พร้อมกับเข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรระบบเครือข่าย บริษัทกรุงไทยคอมพิวเตอร์ เซอร์วิสเซส จำกัด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้