



เทคนิคการปรับปรุงคอนทราสต์ของข้อมูลภาพดิจิทัลด้วยวิธีการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นหลายส่วน
Digital Image Contrast Improvement Techniques by Multi-Peak Histogram Divided

ณัฐพงศ์ พันธนะ
พศัคดี ชิวสุวิทย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



เทคนิคการปรับปรุงคอนทราสต์ของข้อมูลภาพดิจิทัลด้วยวิธีการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นหลายส่วน
Digital Image Contrast Improvement Techniques by Multi-Peak Histogram Divided

ณัฐพงศ์ พันธุ์
พุศกิติ์ ชิวสุวิทย์



งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงการวิจัย	เทคนิคการปรับปรุงคอนทราสต์ของข้อมูลภาพดิจิทัลด้วยวิธีการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นหลายส่วน
ชื่อนักวิจัย	ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ พศักรดี ชิวสุวิทย์
ประเภทการวิจัย	การวิจัยเชิงประยุกต์
สาขาวิชา และคณะ	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีงบประมาณ	2560

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแข่งขันในเรื่องของความละเอียดและความคมชัดของภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลเป็นไปอย่างกว้างขวาง ยิ่งภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงจะสามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้มากขึ้น ซึ่งทำให้ขนาดของภาพถ่ายที่ได้นั้นมีขนาดความจุของข้อมูลที่สูงมากขึ้นด้วย จนเป็นสาเหตุให้ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนอุปกรณ์สื่ออิเล็กทรอนิกส์ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ตัวเก่าล้าสมัยไปในที่สุด ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาและประยุกต์วิธีการปรับปรุงภาพถ่ายดิจิทัลให้มีความคมชัดสูงขึ้น แต่ได้พยายามรักษาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของภาพผลลัพธ์ต่ำสุดด้วยการปรับปรุงฮิสโตแกรมแบบหลากหลายเว้าโค้ง โดยจะแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็น n ส่วนตามจุดเว้าหางของฮิสโตแกรมต้นฉบับ จะได้ส่วนของฮิสโตแกรมเท่ากับ $n+1$ ส่วน และปรับเรียงฮิสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่า Tenengrade หรือ ความคมชัดของภาพจะสูงขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ แต่ยังคงรักษาความสว่างผิดพลาด (AMBE) ไว้ได้

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ, จุดเปลี่ยนโค้งสูงสุดและต่ำสุด, ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์

Research Title Digital Image Contrast Improvement Techniques by Multi-Peak Histogram
Divided

Investigators Nattapong Phanthuna
Fusak Cheevasuwit

Category Applied Research

Faculty Faculty of Electrical Engineering

Year 2017

Abstract

Currently competition in terms of resolution and contrast of photos from digital cameras are widely mentioned. The higher resolution the photos contain; the more details the picture has. This fact enables the more details of pictures which also hold much more capacity of data. This also causes the electronic devices to be updated all the time to cope with those problems. Therefore, the conventional devices are obsolete. This research has been developed and applied to improve digital photos with high contrast. The researcher has solved the problems by keeping the average error of the lowest results and improving heat histogram of various curves. The heat will break the histogram of the original image into n part by the concave side of the heat histogram. The part of this histogram is equal to $n+1$ and then smooth each other heap histogram independently. The result showed that the Tennengrade or contrast of the image is higher than the original one. However, it can retain brightness errors (AMBE) as well.

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

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 การทบทวนวรรณกรรม	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	3
1.8 ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.3 การเอนแฮนซ์เมนต์	7
2.3.1 การประมวลผลแบบจุดภาพ (Pixel point processing)	8
2.3.2 การประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ (Pixel group processing)	8
2.3.3 ตารางเปิดดู (Look-up table)	9
2.3.4 การเอนแฮนซ์เมนต์ภาพทางโดเมนสเปเชียล	11

2.1.1	ฮีสโตแกรมของภาพ	11
2.1.2	การปรับเท่าฮีสโตแกรม	13
2.1.3	หลักการปรับเท่าฮีสโตแกรม	15
2.1.4	เทคนิคการตรวจจับหาตำแหน่งพีคของฮีสโตแกรม	17
2.1.5	การตรวจวัดคุณภาพของภาพ	23
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1	ขั้นตอนและการดำเนินการวิจัย	26
3.2	ศึกษาการรับภาพเข้าโปรแกรม	27
3.3	ศึกษาวิธีปรับเท่าฮีสโตแกรม	28
3.4	การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคทั้ง 3 วิธี	29
3.5	คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR	29
3.*	สรุปผลการทดลอง	30
บทที่ 4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	31
4.1	รูปภาพที่นำมาทดสอบ	31
4.2	การตรวจจับหาตำแหน่งพีคของฮีสโตแกรม	33
4.3	ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ	34
4.4	ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง	35
4.5	ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีค ต่ำ	36
4.6	คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR เพื่อวัดประสิทธิภาพของภาพผลลัพธ์	37
4.+	สรุปผลการทดลอง	38
บทที่ 5	สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	39
5.1	สรุปผลและอภิปรายงานวิจัย	39
5.2	ข้อเสนอแนะ	40
	เอกสารอ้างอิง	35

ภาคผนวก ก ได้ดโปรแกรม Matlab ที่ใช้ในงานวิจัย 38

ภาคผนวก ข บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

97

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

104



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมในปัจจุบัน	5
4.1 เปรียบเทียบผลที่ได้ของแต่ละวิธีโดย AMBE และ PSNR	24

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 การแบ่งฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นหลายส่วน	7
2.2 การสอดแทรกแท่งกราฟฮีสโตแกรมที่ขาดหายไป	7
2.3 การแบ่งฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกัดสูง	8
3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำงาน (Flow Chart)	9
3.2 ข้อมูลภาพสี	10
3.3 ข้อมูลภาพขาวดำ	13
3.4 ตำแหน่งการเกิดพีก	
4.1 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่นำมาใช้ทดสอบและฮีสโตแกรม	28
4.2 ฮีสโตแกรมหลังจากผ่านการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพีก	29
4.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ	32
4.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง	33
4.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งต่ำ	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปรับเรียบฮิสโตแกรมเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความแตกต่าง(Contrast) ให้กับภาพ การประมวลผลภาพดิจิทัล(Digital Image Processing) ถูกใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ถูกใช้ในงานทางด้านภาพถ่ายทางอากาศ หนึ่งในขั้นตอนนั้นคือการวิเคราะห์และแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งคุณภาพของภาพจะบอกในรูปของค่าความแตกต่างหรือคอนทราสต์(Contrast) ซึ่งภาพต้นฉบับที่ถูกปรับเรียบนั้นจะได้คุณภาพที่ดีที่สุดด้วยวิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรม คอนทราสต์ภาพที่ยืดเยื้อจะส่งผลให้การแปลความหมายของภาพมีประสิทธิภาพที่สูงสุด ในวิธีการนี้เป็นที่นิยมและให้ประสิทธิภาพดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ การปรับเรียบฮิสโตแกรมพยายามจะกระจายข้อมูลให้กว้างตลอดตามระดับสีเทาอย่างมีนัยสำคัญ การปรับเรียบฮิสโตแกรมแบบทั้งภาพ (global histogram equalization) เป็นวิธีที่ง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายตามหลักของการกระจายค่าความน่าจะเป็นของระดับสีเทา (Probability distribution) แต่ก็มีข้อเสียคือไม่สามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างเอาไว้ได้ จากข้อเสียดังกล่าวได้มีวิธีการมากมายออกมาเพื่อแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น เช่น Russ, J. C. 1994, Conzalez, R. C. and WinTZ, P. 1987, Sid-Ahmed, M. A. 1995, Wongsritong, K., Kittayaruasiriwat, K., Cheevasuvit, F., Dejhan, K., and Somboonkaew, A., 1998, Kim, Y-T. 1997, and Chen, S.-D, Ramli, A. R. 2003 ซึ่งอาศัยเทคนิคและวิธีการปรับเรียบฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นกลุ่มย่อยๆ(local histogram equalization) ในแต่ละวิธีจะยังคงไม่ดีพอเนื่องจากการแบ่งกลุ่มย่อยยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร ซึ่งกุญแจสำคัญของการแบ่งฮิสโตแกรมให้เหมาะสมคือการให้ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดให้เท่ากับหรือเกือบเท่ากับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับให้มากที่สุด

ในงานวิจัยนี้จะใช้การแบ่งฮิสโตแกรมจากจุดโค้งยอด และเว้า (Peak Point) ที่ปรากฏอยู่ในฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ วิธีการมัลติ พีก ฮิสโตแกรม (Multi Peak Histogram) จะทำการค้นหาจำนวนของจุดยอดสูงสุดและต่ำสุดของฮิสโตแกรมก่อน และใช้เป็นตำแหน่งของแทรกซโสลต์แล้วปรับเรียบเพื่อพยายามรักษาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของภาพให้ต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดลองจะแสดงคุณภาพของภาพต้นฉบับเปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์และมีกรรมวิธีตรวจวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ต่อไป

1.2 การทบทวนงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างเหมาะสม ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักสำหรับงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

- 1.2.1 พยายามลดค่าเฉลี่ยความผิดพลาดความสว่างให้ต่ำสุด (Minimum AMBE)
- 1.2.2 เพื่อใช้คณิตศาสตร์การแปลงเว็บบิตปรับปรุงสัญญาณให้ดีขึ้น
- 1.2.3 เพื่อปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบแบ่งส่วนอย่างอิสระ
- 1.2.4 เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดมากขึ้นโดยวัดจากเทนเนนเกรด
- 1.2.5 เพื่อให้ฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์กระจายตัวออกจากกัน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อให้ได้รูปแบบและฟังก์ชันการปรับปรุงข้อมูลภาพดิจิทัลรูปแบบใหม่ ทำให้มีรายละเอียดและคุณภาพของภาพให้มีความชัดเจนมากขึ้น

1.3.2 เพื่อให้ภาพผลลัพธ์สามารถเก็บรักษา ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดของภาพไว้ให้ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ในขณะที่ได้ความแตกต่างของภาพสูงที่สุด

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการปรับปรุงข้อมูลภาพดิจิทัล ด้วยการปรับเรียบฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) โดยการใช้เทคนิครูปแบบทางคณิตศาสตร์ปรับปรุงฮิสโตแกรมที่มีการกระจายตัวที่ไม่เหมาะสมให้กระจายตัวออกได้ดีขึ้น โดยแบ่งข้อมูลภาพต้นฉบับออกเป็น n กลุ่มตามตำแหน่งจุดเปลี่ยนโค้งและเว้า โดยที่ $n = 2, 3, 4, 5, 6, \dots$ ซึ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับแต่ละภาพจะแตกต่างกัน ดังนั้นจำนวนกลุ่มที่ถูกแบ่งจะไม่เท่ากันตามรูปร่างของฮิสโตแกรม ภายหลังจากที่แบ่งกลุ่มของฮิสโตแกรมแล้วจะทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมในแต่ละกลุ่มอย่างอิสระจากกัน วิธีการดังกล่าวจะทำให้ปัญหาการกระจุกตัวของฮิสโตแกรมลดน้อยลงซึ่งเป็นผลให้ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดของภาพต้นฉบับลดลงด้วย ในขณะที่คอนทราสต์สูงขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้จะประมวลผลบนโปรแกรม MatLab และวัดคุณภาพของภาพจากค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสหสัมพันธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

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

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

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

- 1.6.1 นำไปเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ IEEE Proceeding of Consumer Electronics หรือ SPIE The international Society for optics and Photonics หรือ Journal of IEEE
- 1.6.2 ภายใน 1 ปี หลังโครงการแล้วเสร็จ

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

- 1.7.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้จากข้อมูลภาพต้นแบบในห้องปฏิบัติการทางด้าน Signal Processing ของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียใต้ (University of Southern California)
- 1.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรม MATLAB ในคำนวณอัลกอริทึม Equalization
- 1.7.3 สถานที่ทำการทดลอง : สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เมื่อพิจารณาภาพถ่ายที่ใช้ในทางทหาร ความคมชัดเพื่อจำแนกรายละเอียดของภาพจึงมีความสำคัญอย่างมาก เทคนิคในการปรับความคมชัดของภาพนั้นมีหลายวิธี การปรับเท่าฮิสโตแกรมก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งซึ่งเป็นวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมต้นฉบับ โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผลให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ ดังนั้นเทคนิคในการเพิ่มความคมชัดจึงเป็นหัวข้อสำคัญที่นำศึกษา อย่างไรก็ตามภาพผลลัพธ์ที่ได้ต้องยังรักษาค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์ให้ดีด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันนี้เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับได้มีการพัฒนา ซึ่งสามารถจำแนกเทคนิคต่างๆได้เป็น 4 เทคนิคดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เทคนิคการปรับเท่าฮิสโตแกรมในปัจจุบัน

เทคนิคการปรับเท่าฮิสโตแกรม	อธิบาย
HE	การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยกระจายความสว่างภาพประมาณให้เท่าเทียมกัน
BBHE	การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน โดยอิสระกัน
WBHE	การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนักเป็นกำหนดตำแหน่งการแบ่ง
MMHE	การปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็นหลายๆส่วนอิสระกัน

จากตารางที่ 1 เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่สนใจวิธีในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเท่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้

จากตารางที่ 1 เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่สนใจวิธีในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเท่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลของฮิสโตแกรม โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 3 กรณี ได้แก่ การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง-ต่ำ แล้วจึงทำการประเมินผลภาพ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยพิจารณาการรักษาข้อมูลต่างๆ ภายในภาพ ซึ่งใช้การประเมินผลภาพด้วยพิจารณาค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์

ความคมชัดของภาพมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการมองเห็นเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จงานที่เท่าเทียมกันของงานฮิสโตแกรมHistogram (HE)ซึ่งเป็นวิธีการในการทำงานแล้ว เป็นวิธีการที่ได้พยายามที่จะบังคับให้มีการกระจายตัวของกราฟการป้อนข้อมูลที่จะกระจายอย่างไรก็ตามกระบวนการของกราฟแสดงลักษณะทำให้เห็นข้อบกพร่องสองอย่าง ประการแรกวิธีHE จะเปลี่ยนค่าความเข้มของพิกเซลป้อนเข้าสู่ความเข้มขั้นใหม่โดยไม่เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลใกล้เคียงที่อยู่ติดกันประการที่สองความสว่างเฉลี่ยของภาพออกมาจะขยับตัวออกห่างจากการป้อนข้อมูลหมายถึงปัญหา การขยับเฉลี่ยไม่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่ผู้บริโภคนบางส่วนที่ได้กล่าวถึงใน [1]ข้อบกพร่องประการแรกได้รับการแก้ไขในหลาย ๆ งานวิจัยดังกล่าว เช่น ในข้อ [1, 2, 3, 4, 5] และการวิจัยอีกหลายอย่างเช่น ในข้อ [6,7] ได้รับการเสนอให้มีการแก้ข้อบกพร่องที่สองนั้นหมายความว่าแต่ละงานวิจัยเป็นเพียงการแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่ระบุไว้ในแต่ละเรื่องดังนั้นในเรื่องนี้ข้อบกพร่องทั้งสองอย่าง จะได้รับการแก้ไขไปพร้อมๆกันโดยใช้FCM สำหรับแบ่งภาพเป็นจำนวนอนุภูมิภาคเพื่อสนับสนุนข้อบกพร่อง ในประการแรกจากนั้นกราฟของแต่ละอนุภูมิภาคจะได้รับการแบ่งพาร์ติชันโดยเกณฑ์ที่กำหนดโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามที่กำหนดไว้หลังจากนั้นวิธีการที่จะนำไปใช้กับแต่ละแบ่งย่อยhistogram แบบอิสระเหนือกว่า ข้อบกพร่องในประการที่สองขั้นตอนวิธีการที่นำเสนอจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dinesh Sonker (2013) ได้รายงานการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรมด้วย 3 วิธี ได้แก่ CLAHE, DSIHE และ DHE สำหรับภาพ Gray Scale ที่มีความคมชัดต่ำทำการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยพื้นฐานของการเปรียบเทียบได้พิจารณาจากค่า Peak signal ratio (PSNR)

,Mean square error (MSE) ,Normalized absolute error (NAE) ,Normalized Correlation, และความสัมพันธ์เรื่องข้อผิดพลาดของสี และอัตราส่วนระหว่างคอมโพสิตสัญญาณสูงสุดต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพโดยพบว่า วิธี DSIHE มีค่า AMBE ต่ำที่สุด โดยที่มีค่าคมชัดมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบผลที่ได้ของแต่ละวิธี

Parameter Technique	AMBE	Contrast	PSNR
CLAHE	10.576	21.681	0.0266
DSIHE	3.908	31.876	0.0244
DHE	10.476	9.154	0.1021

Chahat Chaudhary (2013) ได้รายงานการศึกษาอัลกอริทึม การปรับเท่าสีสโตแกรม ชนิดต่างๆ แล้วใช้พารามิเตอร์ PSNR, tenengrad, และค่า contrast เป็นตัวแสดงผลเปรียบเทียบผลของแต่ละเทคนิค โดยทำการทดสอบกับภาพ จำนวน 3 ภาพ โดยวัตถุประสงค์ของการรายงานนี้คือ การใช้เทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพอย่างรวดเร็วในการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยเชื่อว่าผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการออกแบบ ปรับปรุงภาพถ่ายที่มีความบิดเบือนของภาพสูง ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ของภาพที่ดียิ่งขึ้น

2.3 การเอนแฮนซ์เมนต์

ขบวนการเอนแฮนซ์เมนต์ภาพจะรวบรวมเอาเทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ หรือเป็นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกว่าภาพเดิม เพื่อให้มนุษย์หรือเครื่องจักรกลสามารถวิเคราะห์ภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6] ตัวอย่างเช่น ในกรณีของภาพถ่ายดาวเทียมที่ให้ภาพข้อมูลที่มีความคมชัดต่ำ ทั้งนี้อาจเกิดจากปัญหาของการแตกกระจายของคลื่นแสง (Light scattering) [1] ที่จะไปเพิ่มความสว่างในภาพทำให้คอนทราสต์ (Contrast) ของภาพที่ได้รับต่ำลง การเอนแฮนซ์เมนต์ภาพจะช่วยทำให้ผู้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถทำการแปลความหมาย (Interpret) ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การเอนแฮนซ์เมนต์นั้นจะประกอบไปด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเพิ่มคอนทราสต์ให้ภาพ การเพิ่มความคมชัด

(Sharpening) ให้ขอบต่าง ๆ ของพื้นที่ในภาพ การปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise elimination) เป็นต้น รายละเอียดแต่ละหัวข้อจะได้กล่าวต่อไปในบทนี้

ก่อนจะก้าวเข้าสู่รายละเอียดของเทคนิคการเอนแฮนซ์เมนต์ จะขอกล่าว้ำอีกครั้งว่า ข้อมูลภาพดิจิทัลจะมีลักษณะเป็นแถวลำดับ (Array) แต่ละจุดภาพจะอยู่ในรูปสี่เหลี่ยม เล็ก ๆ ในทางกายภาพแต่ละจุดภาพที่ถูกจัดวางอยู่ในภาพจะมีตำแหน่งบอกพิกัดทางสเปเชียล (Spatial coordinate) ในรูปคาร์ตเซียน (Cartesian) เป็น (x, y) เมื่อ x เป็นลำดับตำแหน่งในแนวนอน และ y เป็นลำดับตำแหน่งในแนวตั้ง ปกติแล้วตำแหน่งจุดภาพ $(0,0)$ จะอยู่ด้านบนซ้ายมือสุดของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นภาพ และการเรียงลำดับของเส้นภาพจะเรียงจากบนลงล่าง

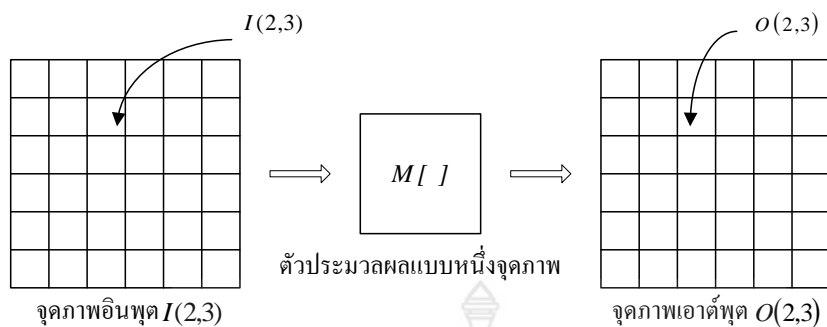
ในการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัลจะทำได้ในสองลักษณะ โดยลักษณะแรกเป็นการประมวลผลแบบจุดภาพ (Pixel point processing) ส่วนลักษณะที่สองเป็นการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ (Pixel group processing) ดังรายละเอียดที่จะกล่าวในย่อหน้าถัดไป

2.3.1 การประมวลผลแบบจุดภาพ (Pixel point processing)

เป็นวิธีการประมวลผลที่ง่ายที่สุด จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพแบบจุดต่อจุดเป็นหลักการมูลฐาน ค่าระดับสีเทาของแต่ละจุดภาพที่เปลี่ยนไปโดยมากได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือทางตรรก [2] สมการที่ใช้ในการประมวลผลแบบจุดภาพเขียนได้เป็น

$$O(x, y) = M[I(x, y)] \quad (2.1)$$

เมื่อ $I(x, y)$ เป็นภาพอินพุต $O(x, y)$ เป็นภาพเอาต์พุต และ $M[]$ เป็นฟังก์ชันในการแทน (Mapping) ข้อมูล โดยจุดภาพที่พิกัดหนึ่งจะถูกปรับปรุงเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาด้วยฟังก์ชันที่กำหนดไว้ ค่าระดับสีเทาใหม่ของจุดภาพดังกล่าวจะถูกนำมาแทนค่าลงในตำแหน่งพิกัดเดิมของภาพผลลัพธ์เอาต์พุต หลักการของการประมวลผลแบบจุดภาพดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการประมวลผลแบบจุดภาพ

2.3.2 การประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ (Pixel group processing)

จากการประมวลผลแบบจุดภาพนั้นมักจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของ จุดภาพ ใดๆก็ตาม วิธีการที่ว่านี้จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมในภาพ เนื่องจากเป็นขบวนการแทนค่าแบบจุดภาพต่อจุดภาพของจุดภาพอินพุตกับจุดภาพเอาต์พุต ซึ่งขบวนการดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงจุดภาพละแวกข้างเคียง (Neighbor) กับจุดภาพอินพุต ในขณะที่การประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพจะนำเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพละแวกข้างเคียงมาร่วมพิจารณาและคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อนำมาแทนค่าลงไปจุดภาพกึ่งกลางของกลุ่มที่กำลังสนใจอยู่ ลักษณะนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมในภาพ

ถ้าหากบริเวณใดของภาพดิจิทัลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพ หรือความสว่างที่ทันใด เช่น จากมืดเป็นสว่างหรือจากสว่างเป็นมืด บริเวณดังกล่าวจะให้ความถี่สูง ส่วนบริเวณใดที่ค่าระดับสีเทามีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือให้ค่าความสว่างเกือบเท่ากันตลอดบริเวณนั้นจะให้ความถี่ต่ำ โดยปกติแล้วบริเวณที่เป็นขอบวัตถุ (Edges) ในภาพจะเป็นบริเวณที่มีความถี่สูง ดังนั้นถ้าหากการนำค่าความสว่างของจุดภาพที่สนใจกับจุดภาพในละแวกข้างเคียงมาทำการประมวลผล ซึ่งส่งผลให้ค่าจุดภาพที่สนใจเปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของจุดภาพในละแวกนั้น ในการประมวลผลโดยใช้กลุ่มจุดภาพบางครั้งอาจทำให้ขอบวัตถุคมชัดขึ้น หรือในทางตรงกันข้าม ความคมชัดอาจถูกทำลายไป ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าเกิดการกรองทางสถาปัตยกรรม (Spatial filtering)

การประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพ จะใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weighted) ให้กับจุดภาพต่าง ๆ ในละแวกข้างเคียง กลุ่มของจุดภาพที่จะถ่วงน้ำหนักนี้เรียกว่า เทมเพลต (Template) หรือเคอร์เนลส์ (Kernels) จะมีขนาด 3×3 หรือ 5×5 โดยปกติแล้วมักจะใช้เทมเพลตขนาด 3×3 ทั้งนี้เพราะถ้าใช้เทมเพลตขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการประมวลผลนาน ในการประมวลผลนั้นจะนำเทมเพลตที่

เลือกไว้มาทาบบนภาพดิจิทัล โดยให้จุดกึ่งกลางของเทมเพลตทับกับจุดภาพที่สนใจ ซึ่งจุดภาพดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาไปตามการถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ของจุดภาพในเทมเพลต จากการเลื่อนเทมเพลตไปที่ละจุดภาพจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ลักษณะการทำงานดังกล่าวจะเรียกว่าการทำคอนโวลูชันในทางสเปเชียล (Spatial convolution)

ถ้าหากเทมเพลตขนาด 3×3 ที่เลือกใช้มีค่าถ่วงน้ำหนักทั้ง 9 จุด หรือสัมประสิทธิ์ทั้ง 9 ของการทำคอนโวลูชันดังแสดงในรูปที่ 4.2 ในการประมวลผลเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่ง (x, y) ใด ๆ ซึ่งอยู่กึ่งกลางของเทมเพลตของการประมวลผลแต่ละครั้ง การทำคอนโวลูชันภาพอินพุต $I(x, y)$ กับเทมเพลตของรูปที่ 4.2 จะได้ภาพเอาต์พุตที่จุด (x, y) เป็น $O(x, y)$ โดย

$$O(x, y) = W(1,1)I(x-1, y-1) + W(1,2)I(x-1, y) + W(1,3)I(x-1, y+1) \\ + W(2,1)I(x, y-1) + W(2,2)I(x, y) + W(2,3)I(x, y+1) \\ + W(3,1)I(x+1, y-1) + W(3,2)I(x+1, y) + W(3,3)I(x+1, y+1) \quad (2.2)$$

หรือเขียนเป็นสูตร

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

W(1,1)	W(1,2)	W(1,3)
W(2,1)	W(2,2)	W(2,3)
W(3,1)	W(3,2)	W(3,3)

รูปที่ 4.2 เทมเพลตขนาด 3×3

ในการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพที่ใช้เทมเพลตขนาด 3×3 นั้น ปกติแล้วเส้นภาพเส้นแรกบนสุดและเส้นภาพล่างสุดกับเส้นภาพแนวตั้งแฉกแรกกับแฉกสุดท้ายจะไม่มีผลการประมวลผล ทั้งนี้เพราะเทมเพลตจะล้นขอบภาพทำให้ประมวลผลไม่ได้ ดังนั้นเพื่อให้ภาพเอาต์พุตขนาดเท่าเดิมจะมีการเติมค่าของจุดภาพให้ขอบทั้งสี่ด้านของภาพเอาต์พุต ในการเติมค่าให้จุดภาพดังกล่าว จะต้องมีการเติมค่าเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่สมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการใช้เทมเพลตนั้น ๆ เช่น ถ้าเทมเพลตที่ใช้เป็นการหาค่าเกรเดียนต์ (Gradient) บริเวณขอบทั้งสี่ด้านของภาพที่ไม่มี

ประมวลผลจะถูกแทนด้วยค่าศูนย์ เพราะถือว่าบริเวณขอบภาพมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาต่ำ แต่ถ้าเป็นการกรองทางสเปเชียลก็ให้ใส่จุดภาพบริเวณขอบทั้งสี่ด้านของภาพผลลัพธ์ด้วยค่าจุดภาพเดิมของภาพอินพุต อย่างไรก็ตามค่าของจุดภาพที่จะเติมให้ขอบภาพเอาต์พุตก็ไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าเป็นอย่างไรแน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความพอใจของผู้ประมวลผลภาพ

2.3.3 ตารางเปิดดู (Look-up table)

ในการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการประมวลผลแบบจุดภาพตามหัวข้อที่ 2.1.1 นั้น ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาหรือความสว่างของจุดภาพตลอดทั้งภาพจะพบว่าเมื่อภาพมีขนาดใหญ่ อย่างเช่น ภาพขนาด 512x512 จุดภาพที่มีการเข้ารหัสไว้ 8 บิตต่อจุดภาพ ซึ่งจุดภาพเหล่านั้นมีค่าระดับสีเทาหรือความสว่างได้ 256 ระดับ เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของภาพทุก ๆ จุดในภาพ อย่างเช่น กรณีของการแปลงภาพแบบโพสิทีฟ (Positive) เป็นภาพแบบเนกาทีฟ (Negative) ถ้าหากต้องทำการคำนวณที่ละจุดภาพจะต้องคำนวณถึง 512x512 ครั้ง ทำให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก ในการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้ตารางเปิดดู หรือที่บางครั้งเรียกว่า หน่วยความจำตามหน้าที่ (Function memory)

ปกติแล้วตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล จะทำการซัดตัวอย่างแล้วทำการ ควอนไทซ์หรือเข้ารหัสให้แต่ละจุดภาพขนาด 8 บิต แต่แต่ละจุดภาพจะมีค่าระดับสีเทาหรือความสว่างได้ 256 ระดับ สำหรับภาพขาวดำที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ก็จะเข้ารหัสไว้ 8 บิตต่อจุดภาพ ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาจากการประมวลผลภาพก็จะยังคงให้ระดับ สีเทาของภาพอยู่ภายใน 256 ระดับดังกล่าว ทั้งนี้เพราะหน่วยความจำและโครงสร้างต่าง ๆ ทางฮาร์ดแวร์ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 ได้ออกแบบไว้ให้กับจุดภาพที่มีระดับสีเทาขนาด 8 บิตจากเงื่อนไขของค่าระดับสีเทาของจุดภาพในภาพอินพุตและเอาต์พุตมีค่าได้ 256 ระดับ จึงทำให้ตารางเปิดดูใช้หน่วยความจำในการแปลงค่าระดับสีเทาเพียง 8 บิต หรือ 256 ตำแหน่ง ที่อยู่เท่านั้น แต่ละตำแหน่งที่อยู่ของตารางเปิดดูจะถูกบรรจุค่าที่คำนวณเอาไว้ตามสูตรทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแปลงค่าระดับสีเทาของภาพของแต่ละจุดประสงค์ ซึ่งจะมีการคำนวณเพียง 256 ครั้งเท่านั้นสำหรับ 256 ตำแหน่งที่อยู่ของตารางเปิดดู จึงช่วยให้ประหยัดเวลาในการคำนวณเพื่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพอินพุตได้เป็นอย่างดี

ในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพในภาพอินพุตให้เป็นค่าระดับสีเทาใหม่ในภาพเอาต์พุตโดยอาศัยการเปิดตารางค่าใหม่นั้น ค่าในตารางจะถูกคำนวณตามสูตรคณิตศาสตร์ที่จะ

ให้ผลตามความประสงค์ โดยจะทำการคำนวณด้วยการแปรค่าระดับสีเทาจาก 0 ถึง 255 ซึ่งจะได้ค่าระดับสีเทาใหม่จำนวน 256 ค่า ค่าระดับสีเทาเดิมจาก 0 ถึง 255 จะเป็นตำแหน่งที่อยู่ i ของตาราง $T(i)$ เมื่อ i แปรจาก 0 ถึง 255 และค่าผลลัพธ์หลังการเปลี่ยนแปลงจะเป็นค่าที่บรรจุไว้ในตาราง ตัวอย่างเช่น ถ้าหากสูตรในการคำนวณทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการแปลงค่าดังสมการที่ (4.4)

$$\text{ค่าระดับสีเทาใหม่} = 255 - \text{ค่าระดับสีเทาเดิม} \quad (2.4)$$

เมื่อค่าระดับสีเทาเดิมเท่ากับ 73 จะได้ค่าระดับสีเทาใหม่เป็น

$$\text{ค่าระดับสีเทาใหม่} = 255 - 73 = 182$$

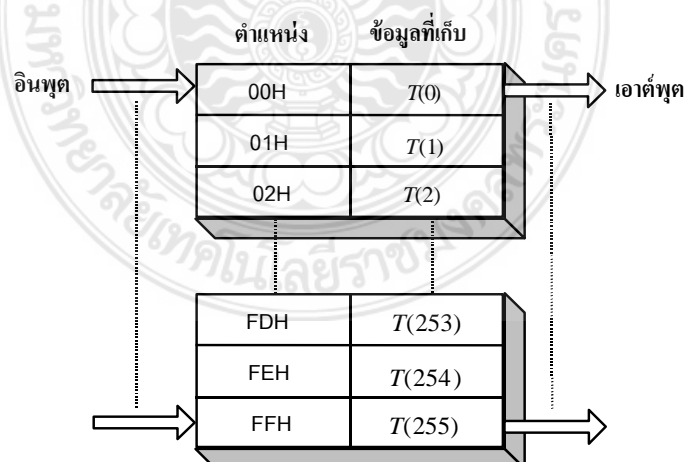
ดังนั้นตำแหน่งที่อยู่ 73 ของตารางเปิดดู จะบรรจุค่า 182 เอาไว้หรือเขียนได้เป็นฟังก์ชันว่า

$$T(73) = 182 \quad (2.5)$$

ซึ่งตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บของฟังก์ชัน T ในสมการที่ (4.5) จะเป็นค่าระดับสีเทาเดิมที่แปรจาก 0 ถึง 255 นั้นเอง ดังนั้นถ้าหากค่าระดับสีเทาใด ๆ ของภาพอินพุตเป็น $I(x, y)$ จะให้ค่าระดับสีเทาของเอาต์พุต $O(x, y)$ หลังการเปิดตาราง กล่าวคือ

$$O(x, y) = T(I(x, y)) \quad (2.6)$$

วิธีของตารางเปิดดูนั้น จะเป็นการนำค่าระดับสีเทาของจุดภาพอินพุตไปชี้ที่ตำแหน่งที่อยู่ของตาราง แล้วนำค่าในตารางไปใช้แทนค่าระดับสีเทาของจุดภาพในภาพเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเก็บค่าของระดับสีเทาใหม่ในตารางเปิดดู

ในทางฮาร์ดแวร์ ตารางเปิดดูมักจะถูกต่อหลังตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล [3,4] กล่าวคือ สัญญาณหลังการซิกตัวอย่างจะถูกนำมาเปิดตารางดูค่าใหม่ก่อนจะเก็บลงในหน่วยความจำบนแผงชุดจัดเก็บข้อมูลภาพ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเป็นการประมวลผลภาพแบบเวลาจริง (Real time) จะอย่างไรก็ตามตารางเปิดดูก็สามารถสร้างได้ในลักษณะของซอฟต์แวร์ซึ่งจะไม่ใช้การประมวลผลเวลาจริง

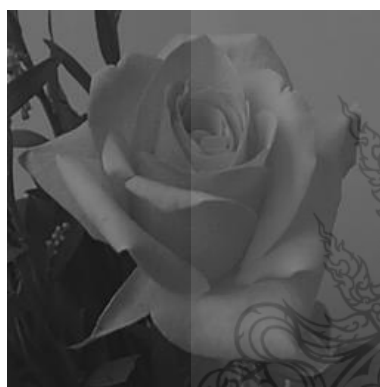
2.3.4 การเอนแฮนซ์เมนต์ภาพทางโดเมนสเปเชียล (Enhancement in spatial domain)

ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยการเอนแฮนซ์เมนต์ภาพทางโดเมนสเปเชียล ปกติแล้วจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างหรือระดับสีเทาของแต่ละจุดภาพ ซึ่งอาจทำได้ด้วยการประมวลผลแบบหนึ่งจุดภาพหรือแบบกลุ่มจุดภาพก็ได้ ถ้าหากเป็นการประมวลผลแบบหนึ่งจุดภาพจะทำให้การประมวลผลทำได้เร็ว ซึ่งจะยิ่งเร็วขึ้นได้อีกถ้าหาก มีการนำตารางเปิดดูมาใช้งาน ส่วนการประมวลผลแบบกลุ่มจุดภาพจะกินเวลามากกว่าวิธีการประมวลผลแบบหนึ่งจุดภาพ เพราะต้องนำค่าระดับสีเทาของกลุ่มจุดภาพข้างเคียงมาใช้ในการคำนวณด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของภาพ ดังจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อถัดไป

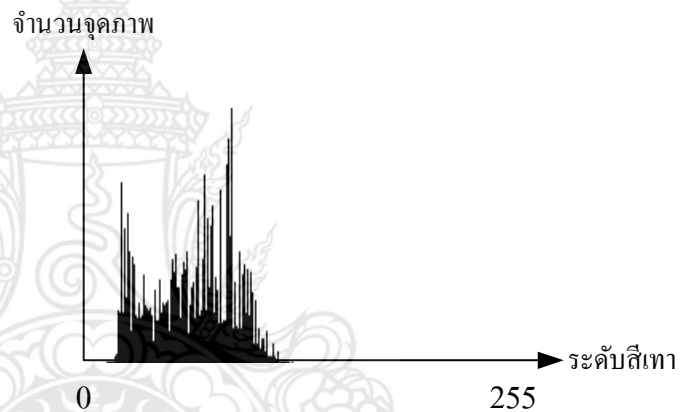
2.## ฮิสโตแกรมของภาพ

ภาพดิจิทัลที่ได้จากระบบเก็บภาพจะอยู่ในรูปเชิงตัวเลข แต่ละจุดภาพจะมีค่าระดับสีเทากำกับอยู่ ปกติแล้วค่าระดับสีเทาของจุดภาพจะถูกเข้ารหัสด้วยตัว A/D ขนาด 8 บิต จึงทำให้ความแตกต่างของระดับสีเทามีได้ 256 ระดับ ค่าระดับสีเทานี้เป็นการแสดงค่าความสว่างของจุดภาพ โดยทั่วไปถ้าจุดภาพมีความสว่างมากจะให้ค่าระดับสีเทาสูง แต่ถ้ามีความสว่างน้อยก็ให้ค่าระดับสีเทาดำ ภาพ ๆ หนึ่งจะถูกจัดเก็บอยู่ในลักษณะของสี่เหลี่ยมที่ประกอบด้วยแถวอน (Row) และแถวตั้ง (Column) ขนาดของจำนวนแถวอนและแถวตั้งขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของระบบจัดเก็บภาพ ในระบบสากลมักนิยมเขียนขนาดของภาพอยู่ในรูปของ $2^m \times 2^n$ จุดภาพ เมื่อ m และ n เป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer) ใด ๆ ซึ่งจะหมายถึงภาพมีขนาด 2^m แถวอน แต่ละแถวอนมีจำนวนจุดภาพอยู่ 2^n จุดภาพ จากภาพขนาด $2^m \times 2^n$ จุดภาพนี้ จะมีค่าระดับสีเทาที่แตกต่างกันอยู่จำนวน 256 ระดับ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าหากทำการตรวจนับจำนวนจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาและนำมาแสดงเป็นกราฟแท่งซึ่งเป็นความถี่ของแต่ละระดับสีเทาที่ปรากฏในภาพ กราฟที่ได้นี้เรียกว่าฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพ สำหรับฮิสโตแกรมของภาพสองภาพที่มี

รูปร่างกราฟคล้าย ๆ กันไม่ได้หมายความว่าภาพทั้งสองจะเหมือนกัน ทั้งนี้เพราะฮิสโตแกรมของภาพไม่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของจุดภาพ กล่าวคือ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเหมือนกันจากกราฟ ฮิสโตแกรมทั้งสองไม่ได้ปรากฏอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ภาพทั้งสองจึงไม่เหมือนกัน ดังนั้นกราฟฮิสโตแกรมของภาพจะไม่ให้ข้อมูลของลายภาพ (Image texture) แต่จะช่วยบอกแนวโน้มว่าภาพจะสว่างหรือมืด ซึ่งสังเกตได้จากฮิสโตแกรมว่ากลุ่มจุดภาพส่วนใหญ่อยู่ด้านไหนของฮิสโตแกรม ถ้ากลุ่มจุดภาพมีค่าต่ำจะได้ภาพค่อนข้างมืดดังตัวอย่างเช่นรูปที่ 1.2(ก) จะให้ฮิสโตแกรมที่สอดคล้องในรูปที่ 1.2(ข) ในกรณีตรงข้ามถ้ากลุ่มจุดภาพส่วนใหญ่ปรากฏทางด้านค่าสูงจะได้ภาพที่สว่างดังรูปที่ 1.3(ก) ซึ่งให้ฮิสโตแกรมที่สอดคล้องในรูปที่ 1.3(ข) พอจะสรุปได้ว่าโดยปกติแล้วถ้าค่าระดับสีเทาเปลี่ยนไปย่อมส่งผลให้ฮิสโตแกรมเปลี่ยน วิธีการแปลงข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมจะเป็นวิธีการประมวลผลเชิงจุด



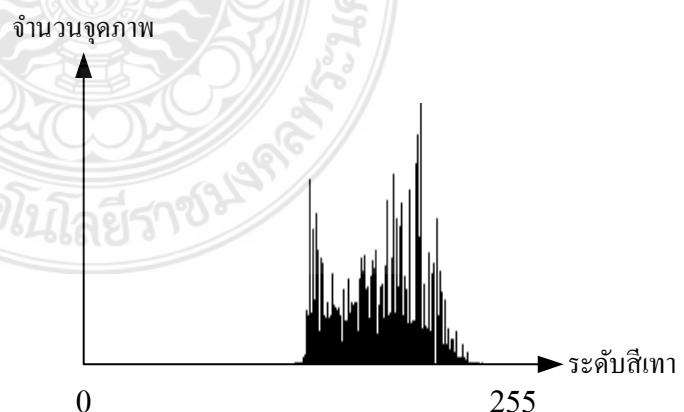
(ก) ภาพที่มีความสว่างต่ำ



(ข) ฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง



(ก) ภาพที่มีความสว่างสูง



(ข) ฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

รูปที่ 1.3 ภาพที่มีความสว่างสูงกับฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

2.1.2 การปรับเท่าฮิสโตแกรม

ตัวอย่างเทคนิคการปรับเท่าฮิสโตแกรม

Histogram Equalization: HE เป็นกระบวนการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัลที่นิยมมากสำหรับการปรับความคมชัดของภาพ กระบวนการดังกล่าวนี้ส่งผลให้ค่าระดับสีเทากระจายตัวโดยขึ้นกับฟังก์ชันของความหนาแน่นสะสมของจุดภาพต้นฉบับในแต่ละค่าระดับสีเทาดังนั้น

การปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบหลายส่วน (Mult-Histogram Equalization: MHE)

กำหนดให้ X_m เป็นค่าเฉลี่ยกลางของภาพต้นฉบับ x โดยที่ $X_m \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ และ X_m เป็นค่าที่ใช้แบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นภาพย่อยที่ X_L และ X_U ดังในสมการที่ (2.1) (2.2) และ (2.3)

$$X = X_{m1} \cup X_{m2} \cup X_{m3} \dots \cup X_{mm}$$

(2.1)

โดยที่

$$X_{m1} = \{x(i, j) | x(i, j) \leq X_m, \forall x(i, j) \in X\}$$

(2.2)

และ

$$X_{m2} = \{x(i, j) | x(i, j) > X_m, \forall x(i, j) \in X\}$$

(2.3)

เมื่อภาพย่อยที่ X_L ประกอบไปด้วย $\{X_0, X_1, \dots, X_m\}$ และภาพย่อยที่ X_U ประกอบไปด้วย $\{X_{m+1}, X_{m+2}, \dots, X_{L-1}\}$ จากนั้น คำนวณค่าความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function: PDF) จากภาพย่อยที่ X_L และ X_U ดังในสมการที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L}$$

(2.4)

เมื่อ $k = 0, 1, \dots, m$ และ

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U}$$

(2.5)

เมื่อ $k = m+1, m+2, \dots, L-1$ โดยที่ n_L^k และ n_U^k เป็นจำนวนจุดภาพในระค่าสีเทาที่ x_k ของภาพย่อยที่ X_L และ X_U และ n_L และ n_U เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่ X_L และ X_U ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขดังกล่าวจากสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ จะได้ว่า $n_L = \sum_{k=0}^m n_L^k, n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k$ และ $n = n_L + n_U$ จากนั้น สามารถเขียนสมการเพื่อคำนวณค่าความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF) จากสมการที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^m p_L(X_j) \quad (2.6)$$

และ

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^{L-1} p_U(X_j) \quad (2.7)$$

เมื่อ $X_k = x$ ดังนั้น จะได้ว่า $c_L(X_m) = 1$ และ $c_U(X_{L-1}) = 1$ ด้วยเช่นกัน ในทำนองเดียวกันกับวิธีการของ HE[1] สามารถเขียนฟังก์ชันส่งผ่านเพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาเดิมเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ได้จากสมการที่ 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ

$$f_{m1}(x) = X_0 + (X_{m1} - X_0) \cdot c_{m1}(x) \quad (2.8)$$

และ

$$f_{m2}(x) = X_{m1} + (X_{m2} - X_{m1}) \cdot c_{m2}(x) \quad (2.9)$$

และ

$$f_{m3}(x) = X_{m2} + (X_{m3} - X_{m2}) \cdot c_{m3}(x) \quad (2.10)$$

และ

$$f_{m4}(x) = X_{m3} + (X_{L-1} - X_{m3}) \cdot c_{m4}(x) \quad (2.11)$$

จากสมการที่ 2.8 และ 2.9 การปรับเท่าสีสโตแกรมจะถูกการปรับเท่าอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ดังอธิบายได้จากสมการที่ 2.10 และ 2.11

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

$$(2.12)$$

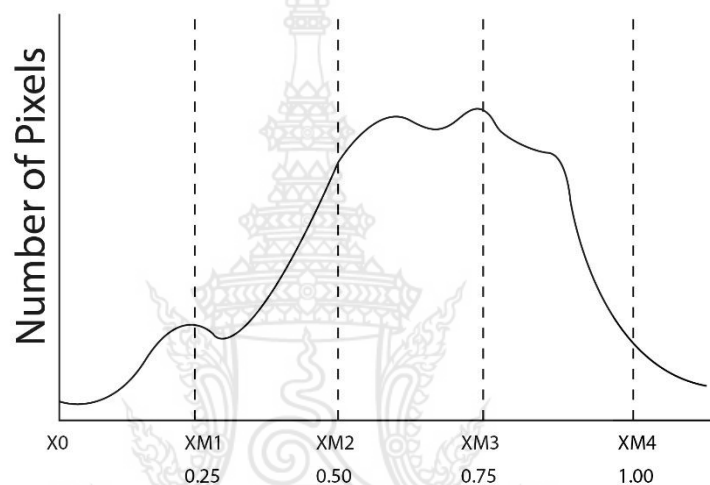
$$\mathbf{Y} = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (2.13)$$

เมื่อ

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (2.14)$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (2.15)$$

จากสมการที่ 2.12 และสมการที่ 2.13 ถ้า $0 \leq c_L(x), c_U(x) \leq 1$ แล้ว จะพบว่า การปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพย่อย X จะถูกปรับเท่าเกินช่วงของ $X_{m_1}(x_{m_1} + 1), X_{m_2}(x_{m_2} + 1)$ ถึง $X_{m_3}(x_{m_3} + 1)$ ถึง $X_{m_4}(x_{m_4} + 1)$ จะถูกปรับเท่าเกินช่วงของ X_{m+1} ถึง X_{L-1} ด้วย ดังนั้นความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยสมการดังกล่าว ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของภาพผลลัพธ์ของ \mathbf{x}_L ในช่วง x_0 ถึง x_m มีค่าสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ค่าเฉลี่ยของภาพผลลัพธ์ของ \mathbf{x}_U ในช่วง x_{m+1} ถึง x_{L-1} มีค่าต่ำลงเช่นกัน



ภาพที่ 2.1

การแบ่งฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นหลายส่วน

2.1.3 หลักการปรับเท่าฮิสโตแกรม

กำหนดให้ค่า $X = \{X(i, j)\}$ แสดงว่า ค่าที่กำหนดประกอบด้วย L ระดับสีเทาแยกเป็นค่า $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ ที่ $X(i, j)$ แสดงให้เห็นถึงความเข้มของภาพในสถานที่เชิงพื้นที่ (i, j) และค่า $X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$. ให้ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นค่า $p(x_k)$ ถูกกำหนดให้เป็นสูตรดังนี้

$$p(X_k) = \frac{n_k}{N} \quad (2.16)$$

สำหรับค่า $k = 0, 1, \dots, L - 1$, เมื่อค่า k แสดงจำนวนครั้งที่ระดับค่า X_k ปรากฏว่า ได้ค่าข้อมูลนำเข้าสู่ค่า X และค่า N เป็นจำนวนรวมตัวอย่าง ผลลัพธ์ข้อมูลนำเข้า แสดงค่า $p(X_k)$ เป็นค่าเชื่อมโยงกับฮิสโตแกรม ในการนำผลลัพธ์จากภาพที่ได้เสนอเป็นจำนวนพิกเซลล์ เป็นค่าเฉพาะความหนาแน่น แสดงเป็นค่า X_k .

ในความเป็นจริง, พล็อต ของค่า k เมื่อเทียบกับค่า X_k คือ ค่าฮิสโตแกรมของ X . ขึ้นอยู่กับพื้นฐานค่าความน่าจะเป็นฟังก์ชันค่าความหนาแน่น ซึ่ง สามารถคำนวณเป็นสูตรดังนี้

$$c(x) = \sum_{j=0}^k p(X_j) \quad (2.17)$$

ที่ค่า $X_k = x$, สำหรับค่า $k = 0, 1, \dots, L - 1$. ซึ่งแสดงค่า $c(X_{L-1}) = 1$ ตามคำจำกัดความ หลักการปรับเท่ากับฮิสโตแกรมคือ แผนทีผลลัพธ์จากภาพที่แสดงออกมาทั้งหมดเข้าสู่ บริเวณไดนามิก ค่า, (X_0, X_{L-1}) , โดยใช้ค่าความหนาแน่นที่สะสมเพิ่มขึ้น เปลี่ยนฟังก์ชัน ทำให้เราได้กำหนดค่าฟังก์ชันเปลี่ยนแปลงค่า $f(x)$ โดยขึ้นอยู่กับฟังก์ชัน ความหนาแน่นสะสม ดังสูตรต่อไปนี้

$$f(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(x) \quad (2.18)$$

ดังนั้น ผลลัพธ์จากหลักการเท่ากันของฮิสโตแกรม,

$Y = \{y(i, j)\}$, สามารถแสดงผลดังนี้

$$Y = f(X) \quad (2.19)$$

$$= \{f(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X\} \quad (2.20)$$

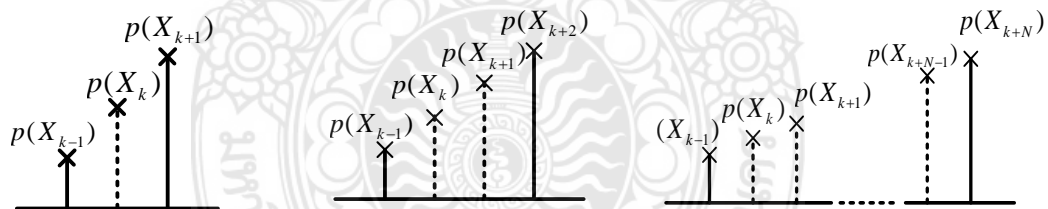
แนวคิดและวิธีการของ Minimum Mean Brightness Error Bi-Histogram Equalization (MMBEBHE) ([7] ได้เสนอวิธีเพื่อแก้ปัญหาความแตกต่างของระดับสีเทาที่ไม่ชัดเจนที่ปรากฏอยู่ในภาพ โดยจะแบ่งฮิสโตแกรมของภาพออกเป็นสองกลุ่มจากค่าของขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold: X_T) ในกลุ่มที่หนึ่งจะแบ่งช่วงจากค่าระดับสีเทาดำสุดจนถึงค่า X_T และในส่วนที่สองจะเริ่มจาก X_T จนถึงระดับสีเทาสูงสุด และทำการปรับเรียงทั้งสองกลุ่มอย่างเป็นอิสระเพื่อที่จะรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับให้มากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้มีแนวโน้มที่ให้ผลดี แต่ยังคงมีจุดอ่อนเนื่องจาก

การเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะทำการยกจำนวนจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งของขีดเริ่มเปลี่ยนไปใช้ทุกจุดภาพจึงยังคงปรากฏแนวทางที่จะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น

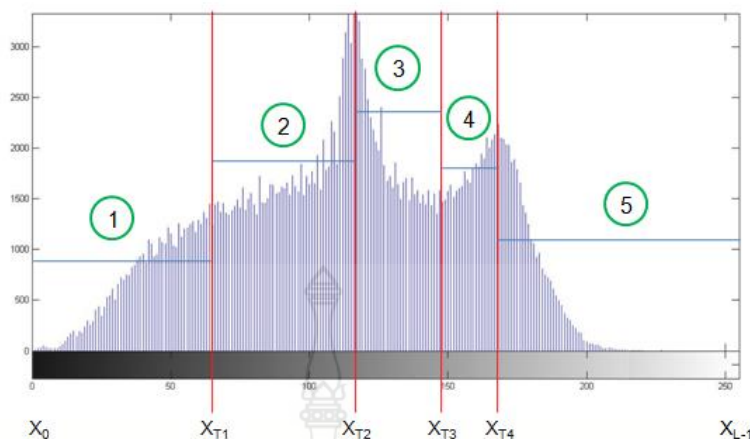
2.1.4 เทคนิคการตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม

การแบ่งพิกฮิสโตแกรมไม่สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละค่าระดับสีเทาจะมีการแกว่งขึ้นลงไปมาอย่างไม่แน่นอนและค่าความน่าจะเป็นของบางระดับค่าระดับสีเทาอาจไม่มีค่าข้อมูลเลยดังนั้นต้องปรับปรุงฮิสโตแกรมก่อนเพื่อให้เห็นรูปร่างฮิสโตแกรมโดยมีลำดับขั้นตอนในการปรับปรุงฮิสโตแกรม

1. การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation Probability Density)
2. การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน
3. การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน
4. การหาตำแหน่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพิกฮิสโตแกรมหรือเทรชโฮลด์ (Threshold)



ภาพที่ 2.2 การสอดแทรกแท่งกราฟฮิสโตแกรมที่ขาดหายไป



ภาพที่ 2.3 การแบ่งฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งพีกสูง

จากนั้นกลุ่มฮิสโตแกรมย่อยจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมแยกกันอย่างอิสระดังนั้นถ้าภาพต้นฉบับเดิม X จะถูกแบ่งออกเป็นภาพย่อยจะแต่ละพีกมีจำนวนจุดภาพเป็น ค่าความน่าจะเป็นหรือ PDF ของระดับสีเทาในแต่ละพีก

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแบ่งกลุ่มโดยอาศัยทั้งจำนวนจุดภาพและระดับสีเทาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่มของภาพก่อนทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมให้แต่ละกลุ่มอย่างอิสระต่อกัน สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยลดค่า AMBE ลงได้อีก ซึ่งวิธีการที่นำเสนอมีขั้นตอนและหลักการดังนี้

1. คำนวณหาค่าระดับของซีดีเริ่มเปลี่ยนจากความหนาแน่นสะสม
2. แยกฮิสโตแกรมต้นฉบับออกเป็นส่วนๆตามกลุ่มที่กำหนดไว้ซึ่งได้มาจากคำนวณระดับของซีดีเริ่มเปลี่ยน
3. ปรับเรียบฮิสโตแกรมเป็นส่วนๆ ตามที่ได้แยกออกไปแล้วตามข้อ อย่างอิสระ ตามตำแหน่งการเกิดจุดพีก ทั้ง 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีกสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีกต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีกสูง-ต่ำ
4. คำนวณหาค่า AMBE ในแต่ละกลุ่ม

การคำนวณค่าเฉลี่ยของของความสว่างของภาพ X คือ \bar{X} จะสามารถนิยามจาก

$$\bar{X}_{Original} = \frac{\sum_{i=0}^{255} f_i g_i}{\sum_{i=0}^{255} f_i} \quad (2.21)$$

เมื่อ g_i เป็นความถี่ของระดับสีเทา

f_i เป็นระดับสีเทา

แต่เนื่องจากเราแบ่งฮิสโตแกรมเดิมออกเป็น 4 กลุ่ม นั่นคือต้องคำนวณหาระดับขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม คือ X_{T1} , X_{T2} , และ X_{T3} จะได้ค่า \bar{X}_1 , \bar{X}_2 , \bar{X}_3 และ \bar{X}_4 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม

ถ้าให้ N_T เป็นจำนวนจุดภาพรวมทั้งหมดของรูป หลังจากแบ่งภาพออกเป็น 4 กลุ่มแล้ว จำนวนจุดภาพในแต่ละกลุ่มจะมีค่าเท่ากับ N_1 , N_2 , N_3 และ N_4 ดังนั้น จุดภาพรวม (Total pixel) หาได้จาก

$$N_T = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (2.22)$$

เนื่องจาก

$$\bar{X}_T = \frac{\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \bar{X}_3 N_3 + \bar{X}_4 N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \quad (2.23)$$

หรือ

$$\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \bar{X}_3 N_3 + \bar{X}_4 N_4 = N_T \bar{X}_T \quad (2.24)$$

ต้องการให้ $N_T \bar{X}_T = N_T \bar{X}^{original}$ เมื่อ $\bar{X}^{original}$ เป็นค่าเฉลี่ยเดิมจากภาพต้นฉบับ แต่เนื่องจาก

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i}{N_1} \quad \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i}{N_2} \quad \bar{X}_3 = \frac{\sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i}{N_3} \quad \bar{X}_4 = \frac{\sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i}{N_4} \quad (2.25)$$

จะได้ว่า

$$\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i = N_T \bar{X}^{original}$$

(2.26)

กรณีแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อให้ง่ายในการวิเคราะห์จึงบังคับเงื่อนไขว่า

$$\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.27)$$

และเมื่อได้สมการ (2.27) จึงทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมในกลุ่มแรก แต่เนื่องจาก โอกาสที่จะให้แต่ละกลุ่มเป็นไปตามสมการ ทำได้ยาก ตัวอย่างเช่น ในกลุ่มแรกถ้าเลือก X_{T1} คือ g_5 หรือ g_6 จะได้สมการนี้

$$\text{แต่} \quad \sum_{i=0}^5 f_i g_i < \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad \sum_{i=0}^6 f_i g_i > \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.28)$$

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่ำ จึงต้องปรับย้ายจุดภาพจากระดับสีเทาบางจุดใน g_6 ให้กลายเป็นจุดภาพระดับสีเทา g_5 เพื่อให้ได้ตามสมการที่ (2.28) จำนวนจุดภาพที่ต้องปรับย้ายมาจาก g_6 มาเป็น g_5 คือ Y_1 หาได้จากสมการที่ (2.29) และ (2.30)

$$f_0 g_0 + f_1 g_1 + f_2 g_2 + f_3 g_3 + f_4 g_4 + (f_5 + y_1) g_5 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.29)$$

จะได้

$$y_1 = \frac{\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} - (f_0 g_0 + f_1 g_1 + f_2 g_2 + f_3 g_3 + f_4 g_4 + f_5 g_5)}{g_5} \quad (2.30)$$

โดยต้องเลือก y_1 เป็นจำนวนเต็ม (Integer) เช่น $y_1=6.8$ เราจะเลือก $y_1=6$

ดังนั้น

$$f_0 g_0 + f_1 g_1 + f_2 g_2 + f_3 g_3 + f_4 g_4 + (f_5 + y_1) g_5 + E_1 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.31)$$

ถึงแม้จะมีการย้ายกลุ่มจุดภาพแล้ว จะยังคงเกิดค่าความคลาดเคลื่อนอีกเล็กน้อยยกเว้นคือ E_1

ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$E_1 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} - (f_0 g_0 + f_1 g_1 + \dots + f_4 g_4 + (f_5 + y_1) g_5) \quad (2.32)$$

เมื่อได้ค่า E_1 แล้วจะมีการนำค่า E_1 ไปชดเชยในกลุ่มที่ 2 โดยที่ถ้าให้ X_{T2} เป็น g_{20} ก็จะได้ว่า

$$(f_6 - y_1) g_6 + f_7 g_7 + \dots + f_{19} g_{19} + (f_{20} + y_2) g_{20} = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_1 \quad (2.33)$$

แต่ถ้านำผลรวมทางด้านซ้ายมารวมกับ $f_{21} g_{21}$ ด้วยจะมีค่ามากกว่า เช่นเดียวกันจะมีการปรับจุดภาพบางจุดในระดับสีเทา g_{21} มารวมกันใน g_{20} ในกรณีให้ y_2 เป็นจำนวนจุดภาพใน g_{21} ที่จะย้ายไปรวมกับ g_{20} โดยที่

$$y_2 = \frac{\left(\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_1\right) - (f_6 g_6 + \dots + f_{19} g_{19} + (f_{20} g_{20}))}{g_{20}} \quad (2.34)$$

เนื่องจาก y_2 ต้องเป็นจำนวนเต็มนั่นเอง จึงเกิดความคลาดเคลื่อนจากกลุ่มที่ 2 คือ E_2 คำนวณได้จาก

$$E_2 = \left(\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_1\right) - (f_6 g_6 + \dots + f_{19} g_{19} + (f_{20} + y_2) g_{20}) \quad (2.35)$$

เมื่อได้ E_2 แล้ว ก็นำไปหาค่า E_3 เช่นเดียวกับสมการที่ (2.31) และ (2.34) การปรับย้ายจุดจะทำให้จนถึงกลุ่มรองสุดท้ายโดยกลุ่มสุดท้ายจะไม่สามารถปรับย้ายจุดภาพได้อีกเพราะได้จุดภาพรวมครบทั้งภาพแล้ว

$$E_3 = \left(\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_2\right) - ((f_{21} - y_2) g_{21} + \dots + (f_{T3} + y_3) g_{T3}) \quad (2.36)$$

และ

$$E_4 = \left(\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_3\right) - ((f_{T3+1} - y_3) g_{T3+1} + \dots + f_{255} g_{255})$$

(2.37)

ดังนั้น E_4 จะเป็น Total Error กล่าวคือ

$$E_4 = \left(\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_2 \right) - \left\{ \overbrace{((f_{21} - y_2)g_{21} + \dots + (f_{T3} + y_3)g_{T3})}^{E_3} \right\} - \left\{ ((f_{T3+1} - y_3)g_{T3+1} + \dots + f_{255}g_{255}) \right\} \quad (2.38)$$

และเมื่อแทน E_2 ลงในสมการที่ (2.38) จะได้ว่า

$$E_4 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} - ((f_0 g_0 + \dots + (f_{T1} + y_1)g_{T1}) + ((f_{T1+1} - y_1)g_{T1+1} + f_{T1+2}g_{T1+2} + \dots + (f_{T2} + y_2)g_{T2} + (f_{T2+1} - y_2)g_{T2+1} + \dots + (f_{T3} + y_3)g_{T3}) + (f_{T+3} - y_3)g_{T+3} + \dots + f_{L-1}g_{L-1})) \quad (2.39)$$

E_4 จะเท่ากับศูนย์ ถ้า y_1, y_2, y_3 มีค่าเป็นศูนย์

นั่นหมายความว่าถ้า y_1, y_2 หรือ y_3 เป็นเลขจำนวนเต็ม(Integer)พอดี จะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนเฉพาะกับ E_4 ตัวสุดท้ายเท่านั้น หรือถ้า y ตัวใดตัวหนึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มพอดีค่าความคลาดเคลื่อนที่ผ่านมาจะเป็นศูนย์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเพียงกลุ่มสุดท้ายเท่านั้น นั่นคือถ้ายังแบ่งจำนวนกลุ่มมากโอกาสที่ $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{M-1}$ จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มมากขึ้น

M คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งตามตัวอย่างที่ยกมาเป็น 4 กลุ่ม

ถ้ายังแบ่งกลุ่มมากขึ้นโอกาสของ y_{Ti} จะเป็น Integer จะมีมากขึ้น E_{Ti-1} จึงเป็นศูนย์คือจะเอาค่าความคลาดเคลื่อนของ E_i และ $E_{i+1}, \dots, E_{i+M-1}$ มาคิดเท่านั้น

จากกรณีที่ยกมาคือถ้า E_3 เป็นศูนย์ y_3 จะเป็น integer นั่นคือ 3 กลุ่มแรกจะให้ค่าเท่ากับ $\frac{3}{4} N_T \bar{X}_{original}$ เหลือเฉพาะกลุ่มที่ 4 เท่านั้นที่ต้องมาพิจารณา (ค่าความผิดพลาด) (Error)

2.1.5 การตรวจวัดคุณภาพของภาพ

2.1.5.1 Absolute Mean Brightness Error : AMBE เป็นการตรวจสอบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพทั้งหมด สามารถหาได้ดังสมการ

$$x = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm}}{N \times M} \quad (3.3)$$

ถ้ากำหนดให้ $E(X)$ และ $E(Y)$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ ได้กำหนดตัววัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่างหรือ AMBE (Absolute Mean Brightness Error)

$$AMBE = |E(X) - E(Y)|$$

2.1.5.2 Peak Signal to Noise Ratio : PSNR เป็นการหาค่าความผิดพลาดในเชิงตัวเลขของการประมวลผลภาพนิยมใช้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ซึ่งถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความผิดพลาดจากภาพต้นฉบับน้อย สามารถหาได้ดังสมการ

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [W(i,j) - O(i,j)]^2 \quad (3.4)$$

โดย MSE คือ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย
 M คือ จำนวนพิกเซลตามความกว้างภาพ
 N คือ จำนวนพิกเซลตามความยาวภาพ
 $W(i,j)$ คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพผลลัพธ์ จากข้อ 3.5
 $O(i,j)$ คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพต้นฉบับ

เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดเชิงตัวเลขที่ดีขึ้นและชัดเจนยิ่งขึ้น เราเลือกใช้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR: Peak Signal to Noise Ratio) ในการวัดสัญญาณรบกวนของภาพผลลัพธ์ จากข้อ 3.5 ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมเป็นนอยุ่แพร่หลาย ค่า PSNR สามารถหาได้จากสมการ

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{Peak^2}{MSE} \text{ (dB)} \quad (3.5)$$

โดย PSNR คือ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด

MSE คือ ค่าความผิดพลาดกำลัง สองเฉลี่ย

Peak คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลซึ่งในที่นี้ คือ 255 เพราะค่าในแต่ละพิกเซลของภาพคือ 255

ดังนั้น วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะขอเสนอการปรับปรุงภาพด้วยวิธีมัลติ-พีคฮิสโตแกรม (Multi-Peak Histogram) ที่มีวัตถุประสงค์ปรับปรุงภาพผลลัพธ์ให้มีค่าเฉลี่ยความสว่างใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับให้ได้มากที่สุด



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาของความไม่ชัดเจนในรายละเอียดของภาพ ด้วยการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าสีสโตแกรมอย่างเหมาะสม ด้วยการปรับเท่าสีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคของสีสโตแกรม ซึ่งตำแหน่งในการแบ่งกำหนด เป็น 3 กรณี ได้แก่ แบ่ง ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ แล้วทำการประเมินภาพ โดยยังคงรักษาข้อมูลต่าง ๆ ภายในภาพผลลัพธ์ได้อย่างครบถ้วน

3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1. หาข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้วทำการศึกษาโดยทำการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ จากฐานข้อมูลจากห้องสมุดในมหาวิทยาลัยของรัฐและฐานข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นหาข้อมูลการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยผ่านทางเว็บไซต์ โดยงานวิจัยที่ต้องทำการศึกษาค้นหาข้อมูล ได้แก่ รูปแบบและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการปรับเท่าสีสโตแกรมจากวิธีการต่าง

3.1.2. ศึกษาวิธีปรับเท่าสีสโตแกรม

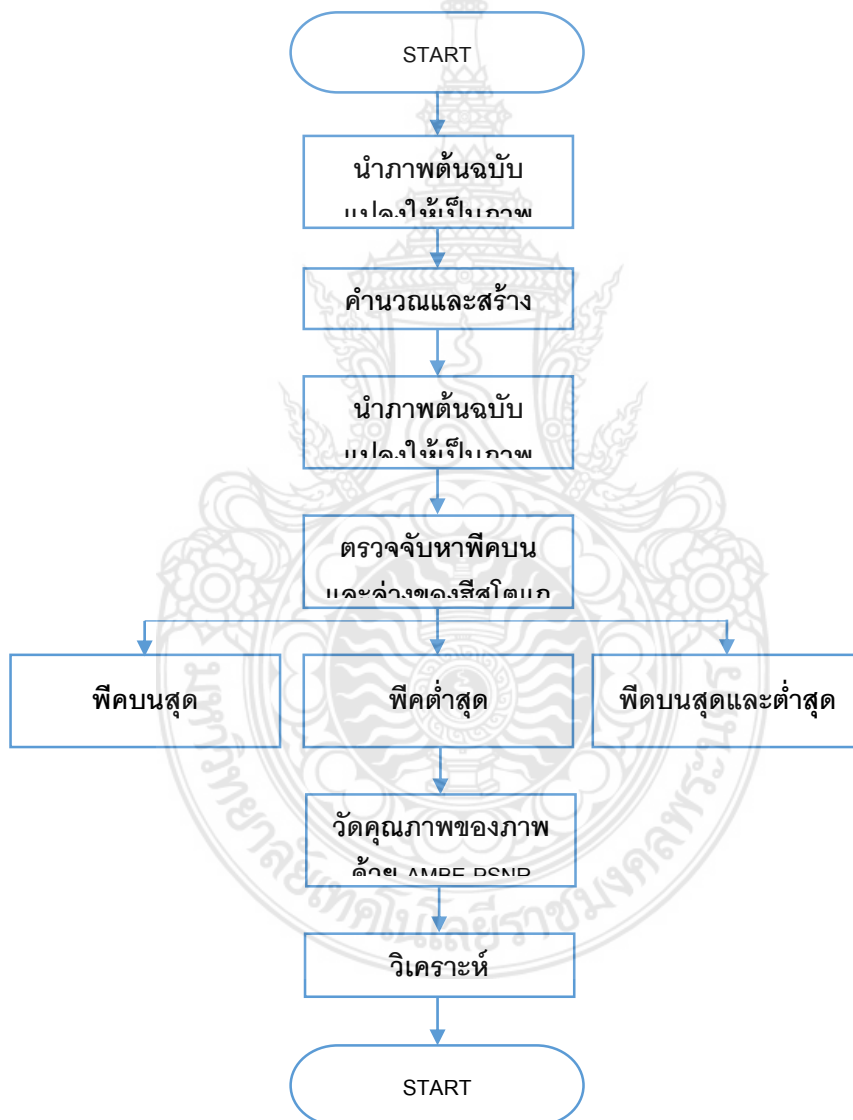
3.1.3. ศึกษาการวิเคราะห์ภาพผลลัพธ์ ด้วยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดความสว่างให้ต่ำสุด(Minimum AMBE)

3.1.4. เขียนโปรแกรม Matlab โดยมี Flow chart ดังภาพ โดยมีลำดับกระบวนการดังนี้

1. รับค่าภาพอินพุท เข้ามา ซึ่งในโปรแกรมนี้จะใช้ภาพ Aerial, Baboon , Barbara, Boat, Couple, F16, Fingerprint, Hill, House, Lena, Man, Peppers, Splash, Tank, Cameraman, Clock, Girl, Jelly_Beans และ Airplane2

2. หาสีสโตแกรมของภาพ

- 3.การตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮีสโตแกรม
- 4.ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ตำแหน่งการเกิดพิก 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง ,ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกต่ำ ,ปรับเท่าฮีสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ
- 5.นำภาพผลลัพธ์ที่ได้ ไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด(PSNR)
- 7.วิเคราะห์ผลที่ได้ค่า Parameter ที่ได้
- 8.สรุปผลที่ได้ทั้งหมด



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำ (Flow Chart)

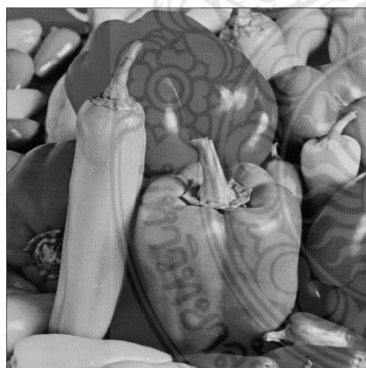
3.2 ศึกษาการรับภาพเข้าโปรแกรม

ทำการอ่านภาพด้วยโปรแกรม โดยเมื่อภาพถูกอ่านโปรแกรมจะเก็บข้อมูลเป็น Array ซึ่งจะถูกแทนด้วยตัวเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วงปิด [0 ,255] มีขนาด 8 บิต สำหรับภาพขาวดำจะมีขนาดข้อมูลภาพแค่ 1 ชุด มีขนาด 2 มิติ เท่านั้น และสำหรับภาพสีจะมีขนาดข้อมูลภาพ 3 ชุด เรียงซ้อนกันมีขนาดข้อมูล 3 มิติ



177	178	172	179	172	196	186
188	165	184	161	175	173	170
176	171	173	175	169	181	169
166	171	168	184	169	188	172
172	154	179	164	173	169	165
167	158	173	169	165	171	164
162	171	169	184	161	183	173
176	165	185	171	170	174	175
167	183	170	174	167	172	170
171	176	177	172	179	173	177
172	167	176	164	181	168	172
170	167	169	161	173	164	168
163	173	162	164	163	167	168
152	171	158	167	160	169	170
152	165	165	168	171	170	171

ภาพที่ 3.2 ข้อมูลภาพสีชนิดภาพสี ขนาด 256x320x3Bytes245760 Class uint8 (8 บิต)



58	62	65	66	56	53	56
101	97	97	96	97	94	88
102	98	92	92	93	95	88
91	102	93	96	94	89	91
97	105	100	93	100	90	95
97	100	89	94	91	96	93
92	90	97	87	98	93	96
93	97	88	94	95	96	86
86	93	100	90	98	92	95
92	99	88	95	96	101	91
95	91	99	85	92	94	87
86	96	94	91	96	93	90
90	91	93	84	92	81	84
84	90	93	83	89	87	90
94	91	88	89	84	82	82

ภาพที่ 3.3 ข้อมูลภาพขาวดำ

ชนิดภาพขาวดำ ขนาด 256x256 Bytes 65536 Class uint8(8 บิต)

ถ้ากำหนดให้ภาพมีขนาดของรูปภาพมีขนาด 256×256 โดยมีจุดภาพแสดงด้วยเมตริกซ์ของภาพ โดยแต่ละจุดจะกำหนดให้เป็นค่าความเข้ม (Intensity) ของจุดภาพ ณ ตำแหน่งนั้นๆ จะมีค่าอยู่ในช่วงปิด $[0, 255]$ โดยแทนค่าระดับ 0 เป็นสีดำและแทนค่าระดับ 255 เป็นสีขาว

3.3 ศึกษาวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรม

3.3.1 ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเข้มของจุดภาพ ซึ่งแทนด้วยตัวแปร k

$$p(k) = n_k / N \quad (3.1)$$

โดยที่ n_k เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่มีค่าระดับสีเทาเป็น k และ N เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อย

3.3.2 คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังสมการ

$$\sum_{i=0}^k p(k)$$

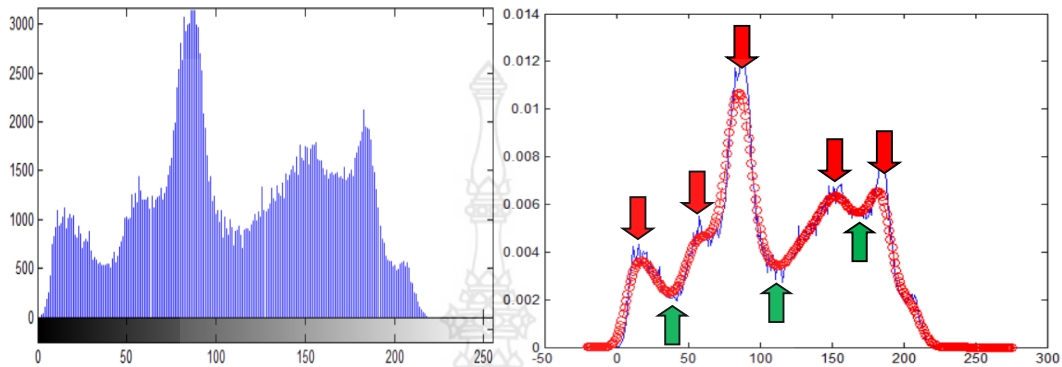
(3.2)

3.3.3 คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังนี้

$$F(X) = X_0 + (X_{L-1} - X_0) c(k)$$

โดย X_0 เป็นค่าระดับสีเทาดำสุด ในพื้นที่ย่อย และ X_{L-1} เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อย

3.4 ทำการปรับเท่าสีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง ,ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูงต่ำ



ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งการเกิดพีค

3.) คำนวณหาค่า AMBE ,PSNR

ผลภาพที่ได้จากข้อ 3.5 ให้นำมาหาค่า AMBE และ PSNR โดยสามารถหาได้ ดังนี้

3.6.1 Absolute Mean Brightness Error : AMBE เป็นการตรวจสอบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพทั้งหมด สามารถหาได้ดังสมการ

$$x = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm}}{N \times M} \quad (3.3)$$

ถ้ากำหนดให้ $E(X)$ และ $E(Y)$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ ได้กำหนดตัววัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่างหรือ AMBE (Absolute Mean Brightness Error)

$$AMBE = |E(X) - E(Y)|$$

3.6.2 Peak Signal to Noise Ratio : PSNR เป็นการหาค่าความผิดพลาดในเชิงตัวเลขของการประมวลผลภาพนิยมใช้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error:MSE) ซึ่งถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความผิดพลาดเพียงจากภาพต้นฉบับน้อย สามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M A \sum_{j=1}^N [W(i,j) - O(i,j)]^2 \quad (3.4)$$

โดย MSE คือ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย
 M คือ จำนวนพิกเซลตามความกว้างภาพ
 N คือ จำนวนพิกเซลตามความยาวภาพ
 W(i,j) คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพผลลัพธ์ จากข้อ 3.5
 O(i,j) คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพต้น ฉบับ

เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดเชิงตัวเลขที่ดีขึ้นและชัดเจนยิ่งขึ้น เราเลือกใช้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR: Peak Signal to Noise Ratio) ในการวัดสัญญาณรบกวนของภาพผลลัพธ์ จากข้อ 3.5 ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมเป็นอย่างมาก ค่า PSNR สามารถหาได้จากสมการ

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{Peak^2}{MSE} \quad (dB) \quad (3.5)$$

โดย PSNR คือ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด
 MSE คือ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย
 Peak คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลซึ่งในที่นี้คือ 255 เพราะค่าในแต่ละพิกเซลของภาพคือ 255

3.* สรุปผลการทดลอง

ทำการพิจารณาผลที่ได้ โดยพิจารณาจากค่า AMBE ,PSNR โดยเปรียบเทียบค่าของภาพก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพของภาพ

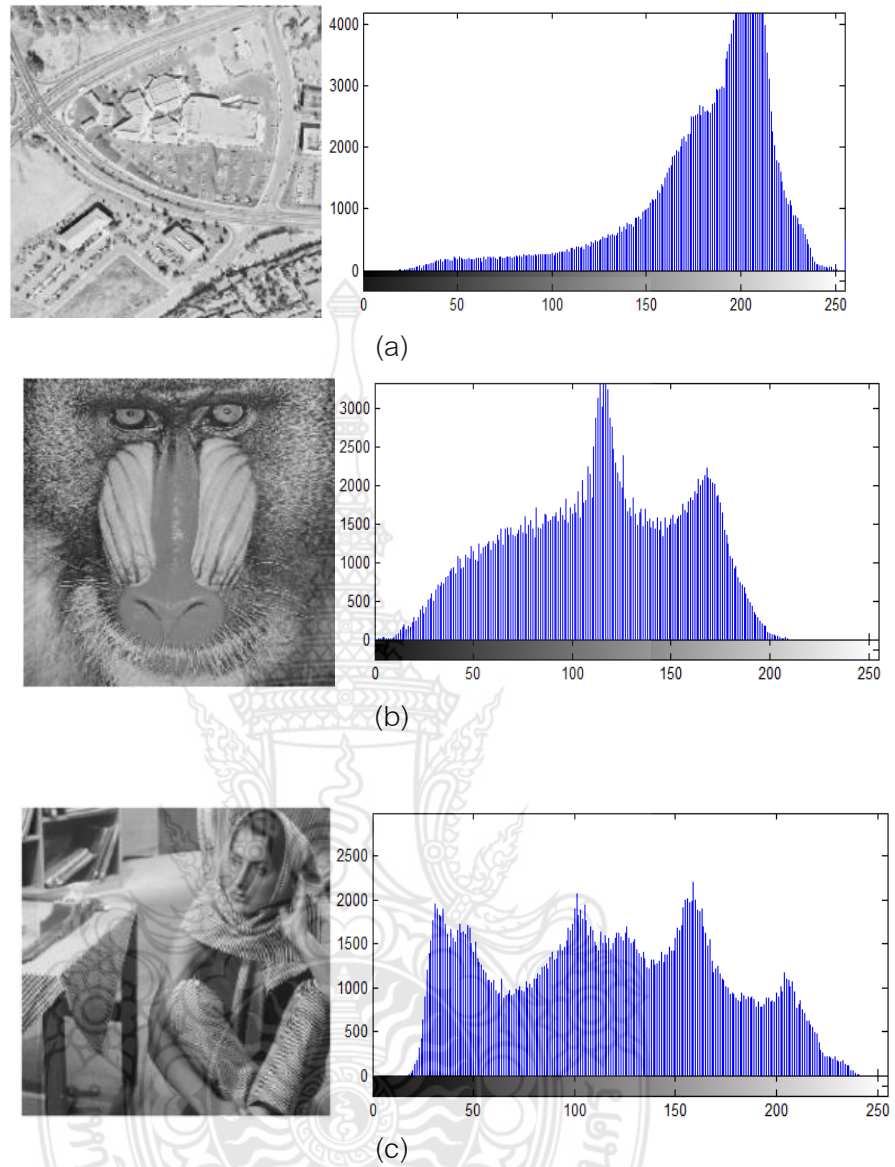
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีกของฮีสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีกสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีกต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีกสูง-ต่ำ เมื่อได้ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการข้างต้น นำไปหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) ซึ่งเป็นกระบวนการวัดค่าผิดพลาดระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความสว่างที่สูญหายไประหว่างการปรับเท่าฮีสโตแกรมภาพ และนำภาพผลลัพธ์ไปหา ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) เพื่อเปรียบเทียบความผิดเพี้ยนจากภาพต้นฉบับ

4.1 รูปภาพที่นำมาทดสอบ

รูปภาพที่นำมาใช้ทดสอบเป็นภาพมาตรฐานที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานประมวลผลภาพ โดยชื่อภาพคือ ภาพที่ใช้ศึกษาได้แก่ Aerial, Baboon, Barbara, Boat, Couple, F16, Fingerprint, Hill, House, Lena, Man, Peppers, Splash, Tank, Cameraman, Clock, Girl, Jelly_Beans และ Airplane2 ซึ่งมีภาพต้นฉบับเป็นภาพ Gray Scale โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Matlab ในการประมวลผลภาพ

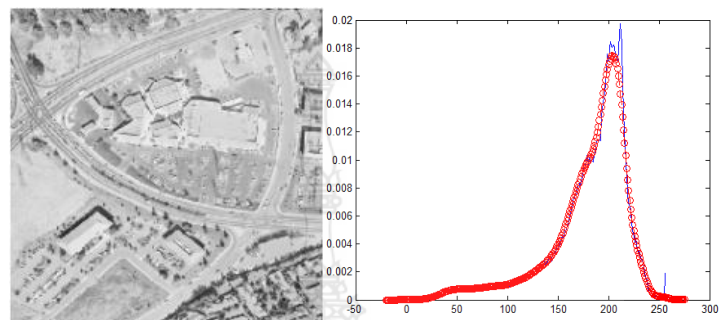


ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่นำมาใช้ทดสอบและฮิสโตแกรม

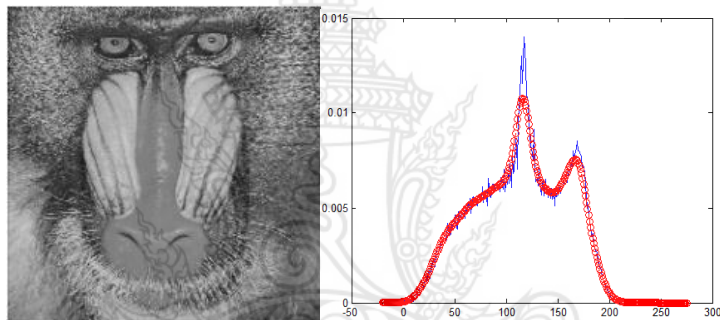
(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

4.2 การตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮีสโตแกรม

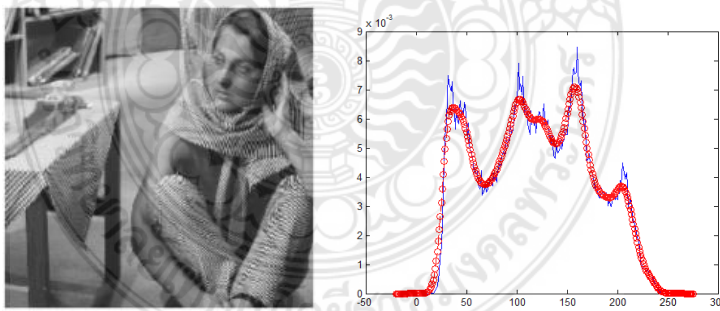
การพิจารณาตำแหน่งการเกิดจุดพีก ฮีสโตแกรมได้ผ่านการทำ Filter เพื่อให้เห็นตำแหน่งการเกิดจุดพีกแท้จริง



(a)



(b)



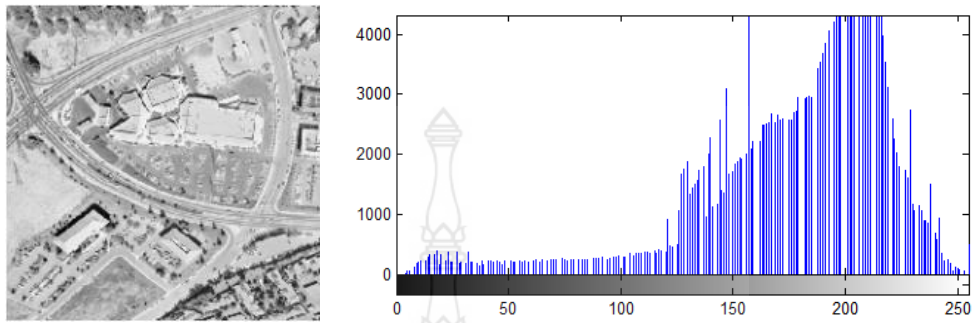
(c)

ภาพที่ 4.2 ฮีสโตแกรมหลังจากผ่านการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพีก

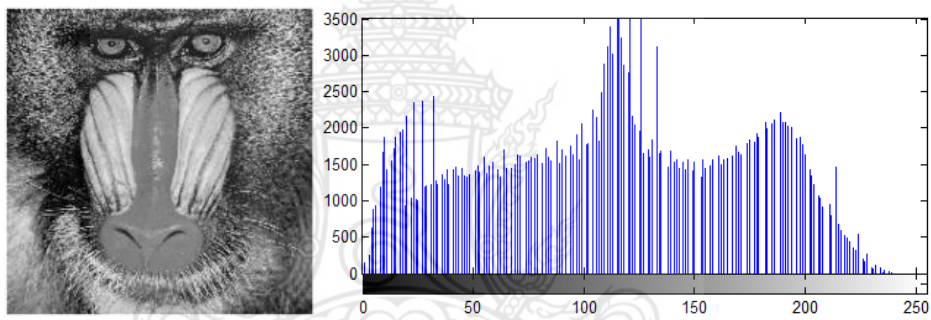
(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

4.3 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ

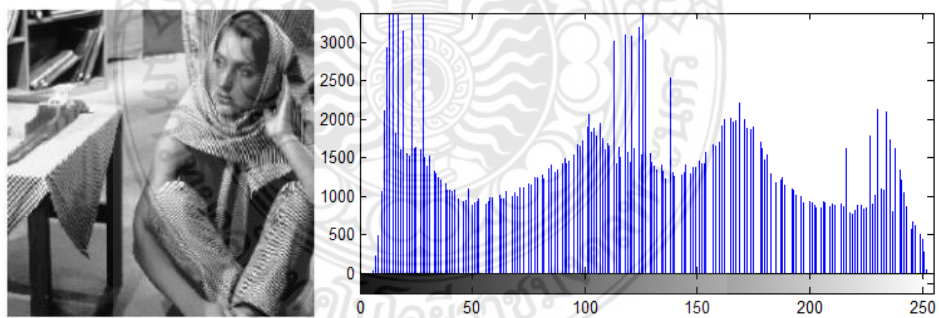
โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ แล้วพิจารณาผลลัพธ์



(a)



(b)



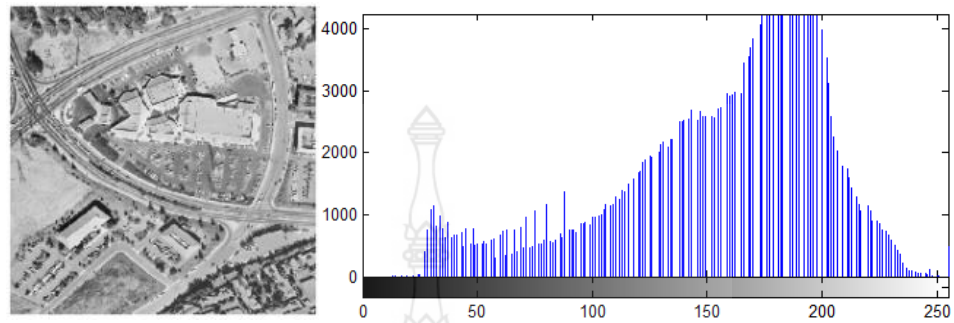
(c)

ภาพที่ 4.3 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ

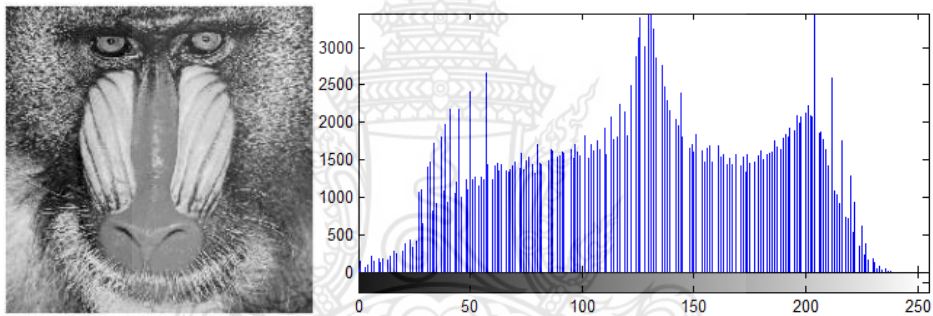
(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

4.4 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง

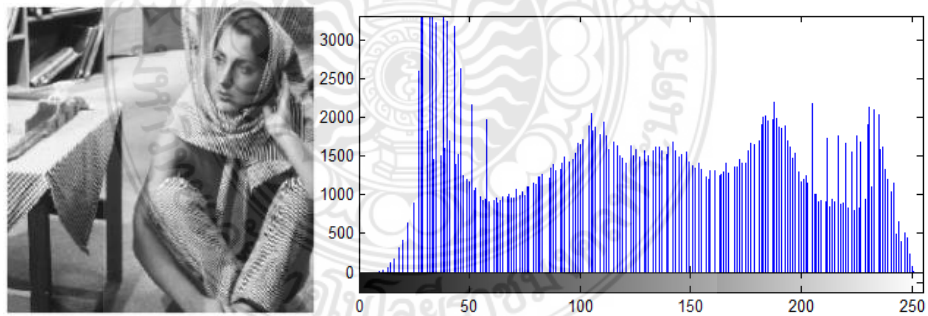
โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง แล้วพิจารณาผลลัพธ์



(a)



(b)



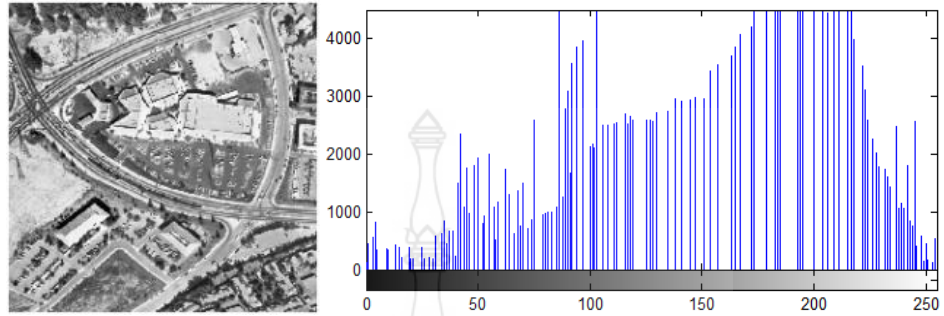
(c)

ภาพที่ 4.4 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง

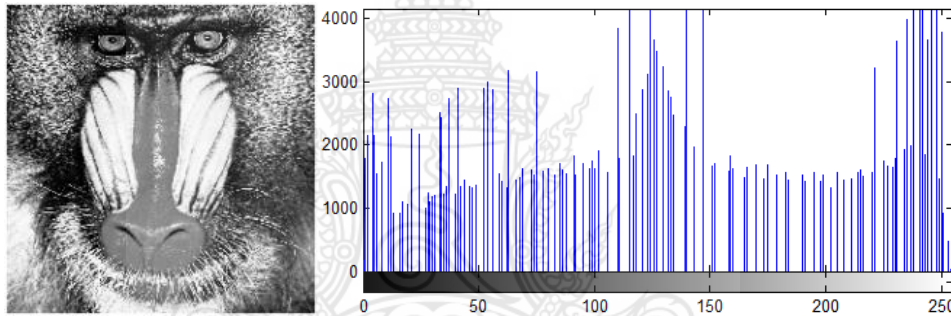
(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

4.5 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพืดำ

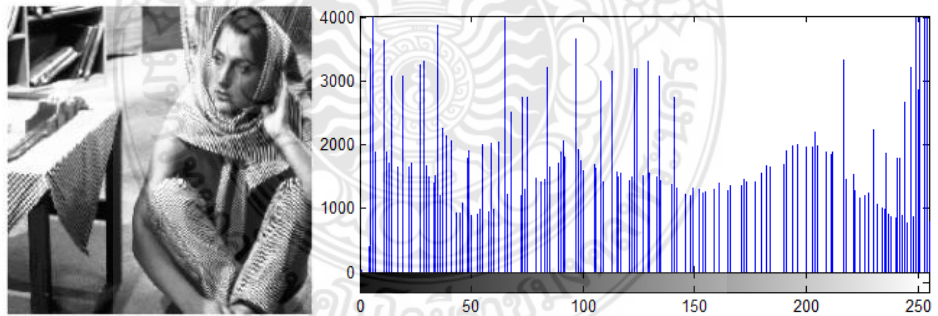
โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพืดำ แล้วพิจารณาผลลัพธ์



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4.5 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งต่ำ

(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

4.6 คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR

ภาพ	AMBE			PSNR		
	พิกัดสูง-ต่ำ	พิกัดสูง	พิกัดต่ำ	พิกัดสูง-ต่ำ	พิกัดสูง	พิกัดต่ำ
Aerial	4.484	12.222	20.508	77.391	66.627	63.189
Baboon	4.5	8.32	17.367	74.823	70.916	64.132
Barbara	1.062	4.965	9.340	73.053	70.926	66.657
Boat	0.832	1.21	5.321	72.851	70.371	67.098
Couple	0.935	1.328	10.448	70.457	68.762	65.085
F16	4.583	6.520	13.168	78.020	67.324	64.756
Fingerprint	0.322	0.582	3.658	74.373	73.707	67.137
Hill	2.569	5.936	6.251	72.031	69.739	64.557
House	0.5	2.643	9.132	74.765	71.954	66.59
Lena	0.813	3.086	15.693	71.603	69.491	64.408
Man	2.813	3.7	13.405	72.723	70.806	65.297
Peppers	0.02	1.231	8.902	73.887	69.308	66.243
Splash	3.605	9.6	12.593	74.431	68.980	65.738
Tank	0.823	1.4	7.162	71.796	74.775	64.8901
House	0.7469	1.238	4.090	71.768	72.013	66.423
Cameraman	1.364	1.509	11.925	72.963	73.773	68.740
Clock	1.732	3.466	14.756	71.325	64.936	61.141
Girl	0.739	1.289	20.999	71.685	75.303	65.429
JellyBeans	0.593	5.464	14.168	80.322	68.376	66.438
Airplane2	0.017	1.438	12.679	69.773	64.513	61.855

ตารางที่ 4.1 ความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนรบกวนสูงสุด (PSNR)

4.+สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่ง การเกิดพิกัดได้แก่ พิกัดสูง-ต่ำ , พิกัดต่ำและพิกัดสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง ซึ่งหลังจากที่ได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบผลจาก 3 ตำแหน่งในการปรับเท่าฮีสโตแกรม พบว่า ณ ตำแหน่งพิกัดสูง-ต่ำ ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการศึกษางานวิจัย พบว่าหลังจากผ่านขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพภาพ พบว่า ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง รายละเอียดเนื้อหาของภาพมีค่าผิดเพี้ยนน้อย แสดงให้เห็นว่าภาพผลลัพธ์ ให้ผลที่ดีมีความคมชัดมากกว่าภาพต้นฉบับ และเมื่อเปรียบเทียบ วิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลได้แก่ พิกเซลสูง-ต่ำ, พิกเซลต่ำและพิกเซลสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้ภาพมีความคมชัดสังเกตผลด้วยตาเปล่าพบว่าภาพมีความคมชัดขึ้น โดยยังสามารถรักษารายละเอียดของภาพไว้ได้ดีอีกด้วย

5.2 สรุปผลการวิจัย

วิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีที่เสนอในงานวิจัย ปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลของฮีสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง-ต่ำ โดยเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบจากทั้ง 3 วิธี โดยเปรียบเทียบผลจากค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) และอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบผลจาก 3 ตำแหน่งในการปรับเท่าฮีสโตแกรม พบว่า ณ ตำแหน่งพิกเซลสูง-ต่ำ ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

การแสดงผลเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย ต้องมีการเปรียบเทียบวิธีอื่นด้วยเช่นกัน ทำให้ต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลการประเมินคุณภาพของภาพที่แท้จริง

5.4 ข้อเสนอแนะ

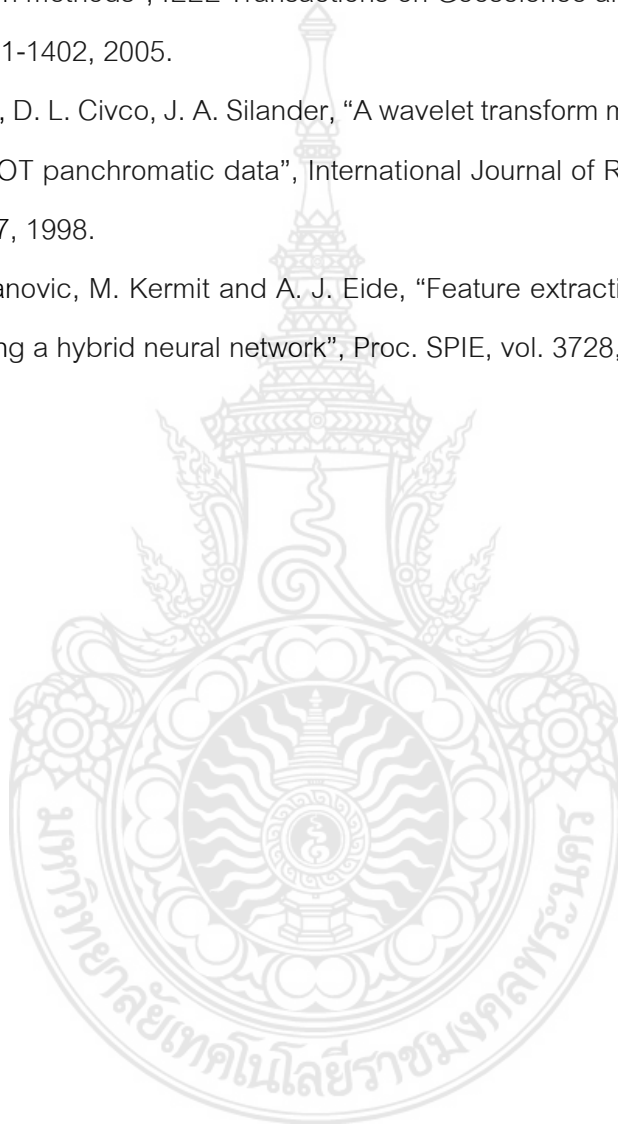
เนื่องจากตำแหน่งการปรับเท่าสีสโตแกรมมีผลกับการปรับเท่าคุณภาพภาพ ซึ่งขึ้นกับการเลือก ซึ่งอาจจะมีความเป็นไปได้ที่อาจพบช่วงความเหมาะสมอื่น ซึ่งจุดที่ต้องระวังภาพผลลัพธ์ที่ได้ต้องพิจารณาถึงเรื่องการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ เป็นต้น



เอกสารอ้างอิง

- [1] F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Chitwong. "Seam Removeval from Colour mosacking of MOS-1 MESSR Image" Proceeding of the 13th Asin Conference on Remote Sensing, Ulaanbaatar, Mongolia, pp. Q-5-6 – Q-5-6,7-11 Oct, 1989.
- [2] P. T. Wolter, C. A. Johnston, G. J. Niemi, "Mapping submergent aquatic vegetation in the US Great Lakes using Quickbird satellite data", International Journal of Remote Sensing, vol. 26, pp. 5255-5274, 2005. [11] Z. Tan, F. M. Bao, A. G. Li, B. Yang, Y. G. Gong, Digital Image Fusion. Xi'an Jiao Tong University Press, Xi'an, 2004.
- [3] N. Hinsamoth, F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha, A. Somboonkeaw. "Mosaicing of Multi-Resolution Satellite Image." The 1998 IEEE Asian-Pacific Conference on Circuits and System, Chaingmai, Thailand, pp. FT22.1-1 –FT22.1-4, November 24-27, 1998.
- [4] L. Alparone, S. Baronti, A. Garzelli, F. Nencini, "Landsat ETM+ and SAR image fusion based on generalized intensity modulation", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 42, pp. 2832-2839, 2004.
- [5] A. Jain, P. Moulin, M. I. Miller, K. Ramchandran, "Information-theoretic bounds on target recognition performance based on degraded image data", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, pp. 1153-1166, 2002.
- [6] R.C. Gonzales, Richard E. Woods. "Digital Image Processing." Second Edition, Addison Wesley Publishing Inc, 1992.
- [7] R. Lewis. "Practical digital image processing." Ellis Horwood Limited, England, 1990.
- [8] William K. Pratt. "Digtal Image Processing." A Wiley-Interscience Publish, 1978.
- [9] S.C. Chapra, Raymond P. Canale. "Numerical Methods for Engineeis." 3rd Edition, McGraw-Hill Internation Editions, 1998.
- [10] M. M. Rahman, E. Csaplovics, "Examination of image fusion using synthetic variable ratio (SVR) technique", International Journal of Remote Sensing, vol. 28, pp. 34133424, 2007.

- [11] J. Ruf, E. L. Haenninen, M. Boehmig, I. Koch, T. Denecke, M. Plotkin, J. Langrehr, B. Wiedenmann, R. Felix, H. Amthauer, "Impact of FDG-PET/MRI image fusion on the detection of pancreatic cancer", *Pancreatology*, vol. 6, pp. 512-519, 2006.
- [12] Z. J. Wang, D. Ziou, C. Armenakis, D. Li, Q. Q. Li, "A comparative analysis of image fusion methods", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 43, pp. 1391-1402, 2005.
- [13] J. Zhou, D. L. Civco, J. A. Silander, "A wavelet transform method to merge landsat TM and SPOT panchromatic data", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, pp. 743-757, 1998.
- [14] V. Becanovic, M. Kermit and A. J. Eide, "Feature extraction from photographic images using a hybrid neural network", *Proc. SPIE*, vol. 3728, pp. 351-361, 1999.



ภาคผนวก

โค้ดโปรแกรม

1. Main.m

clc,close all ,clear all

Select=listdlg('PromptString','Picture

select?','SelectionMode','single','ListString',{'Aerial','Baboon','barbara','boat','couple','F16',...

'fingerprint','hill','house','Lena','man','peppers','Splash','Tank','house','Cameraman256','Clock','gril

G','Jelly_Beans','Airplane2'}));

switch Select

case 1

ing='Aerial.tiff';

case 2

ing='Baboon.tiff';

case 3

ing = 'barbara.png';

case 4

ing='boat.png';

case 5

ing='couple.png';

case 6

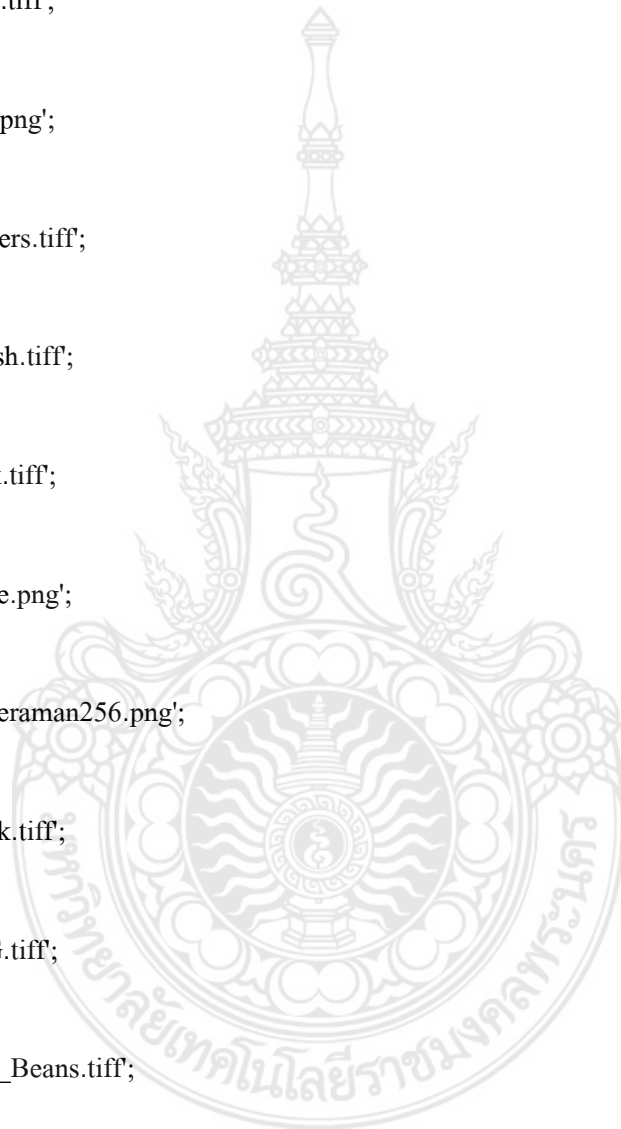
ing = 'F16.tiff';

case 7

ing = 'fingerprint.png';

case 8

```
    ing = 'hill.png';  
case 9  
    ing = 'house.tiff';  
case 10  
    ing = 'Lena.tiff';  
case 11  
    ing = 'man.png';  
case 12  
    ing = 'peppers.tiff';  
case 13  
    ing = 'Splash.tiff';  
case 14  
    ing = 'Tank.tiff';  
case 15  
    ing = 'house.png';  
case 16  
    ing = 'Cameraman256.png';  
case 17  
    ing = 'Clock.tiff';  
case 18  
    ing = 'grilG.tiff';  
case 19  
    ing = 'Jelly_Beans.tiff';  
case 20  
    ing = 'Airplane2.tiff';  
end  
  
img=imread(ing);
```



```

sel = menu('Select type of peak detect','min','max','min and max');
switch sel
    case 1
        detectmin(sel)

    case 2
        detectmax(sel)

    case 3
        detectminmax(sel)
end

```

2. detectmin.m

```

function detectmin(sel)
ima=evalin('base','img');
im55=ima;
figure;
subplot(3,1,1);
imshow(ima);
subplot(3,1,2);
h=imhist(ima);
imhist(ima);

%% smooth gaussian before histrogram eqlize

I = ima;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);

```

```

figure,plot(p)
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);
hold on, plot(val(1)-20:val(end)+20,p1,'r--','Marker','o')
N = randn(256)*sigma;
hold off
%%
I = ima;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
figure(55),plot(p)
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
figure(999)
plot(val,p1)
hold on
title('new histogram after applying gaussian filtering')
%% Find peak (27/5/2558)
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
%% Find peak
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
hold on
plot(val(imax),ymax,'r*',val(imin),ymin,'g*')
hold off

```



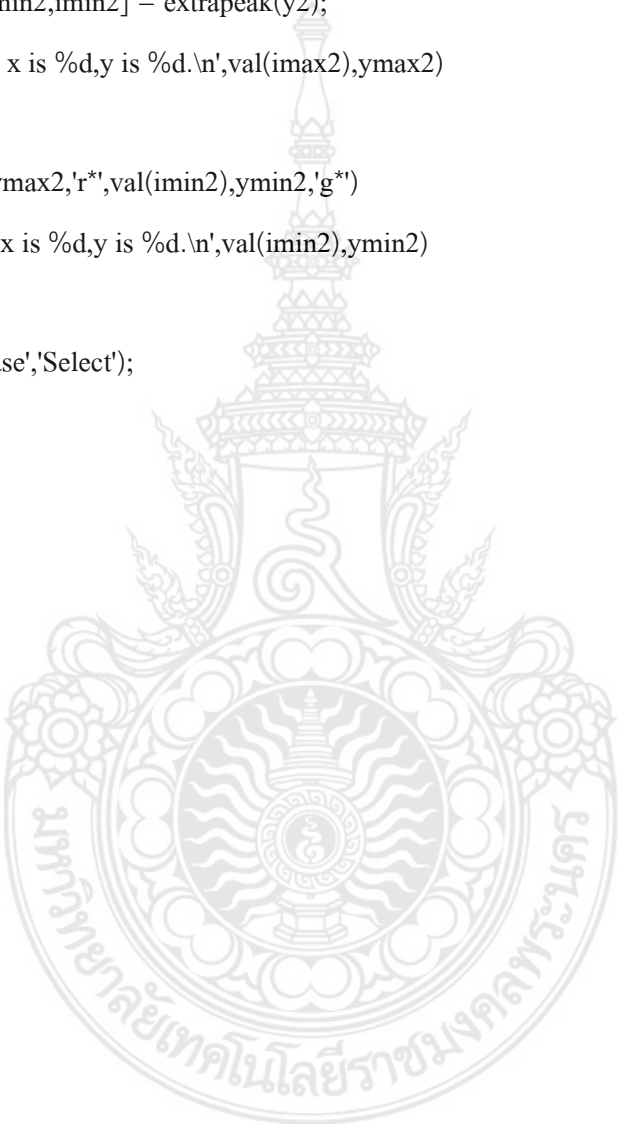
```
%% smooth again and then find peak
y2 = smooth(p1,20);
figure(66)
plot(val,y2)
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
fprintf('peak max x is %d,y is %d.\n',val(imax2),ymax2)
hold on
plot(val(imax2),ymax2,'r*',val(imin2),ymin2,'g*')
fprintf('peak low x is %d,y is %d.\n',val(imin2),ymin2)
hold off
Select=evalin('base','Select');
switch Select
case 1
countall=5;
group=4;

case 2
countall=7;
group=6;

case 3
countall=9;
group=8;

case 4
countall=7;
group=6;

case 5
countall=9;
```



group=8;

case 6

countall=7;

group=6;

case 7

countall=7;

group=4;

case 8

countall=7;

group=6;

case 9

countall=9;

group=8;

case 10

countall=11;

group=10;

case 11

countall=9;

group=8;

case 12

countall=9;

group=8;

case 13

countall=11;

group=10;

case 14

countall=5;



```
group=4;
case 15
countall=9;
group=8;
case 16
countall=5;
group=4;
case 17
countall=7;
group=6;
case 18
countall=6;
group=5;
case 19
countall=7;
group=6;
case 20
countall=5;
group=4;
end
%%
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
```

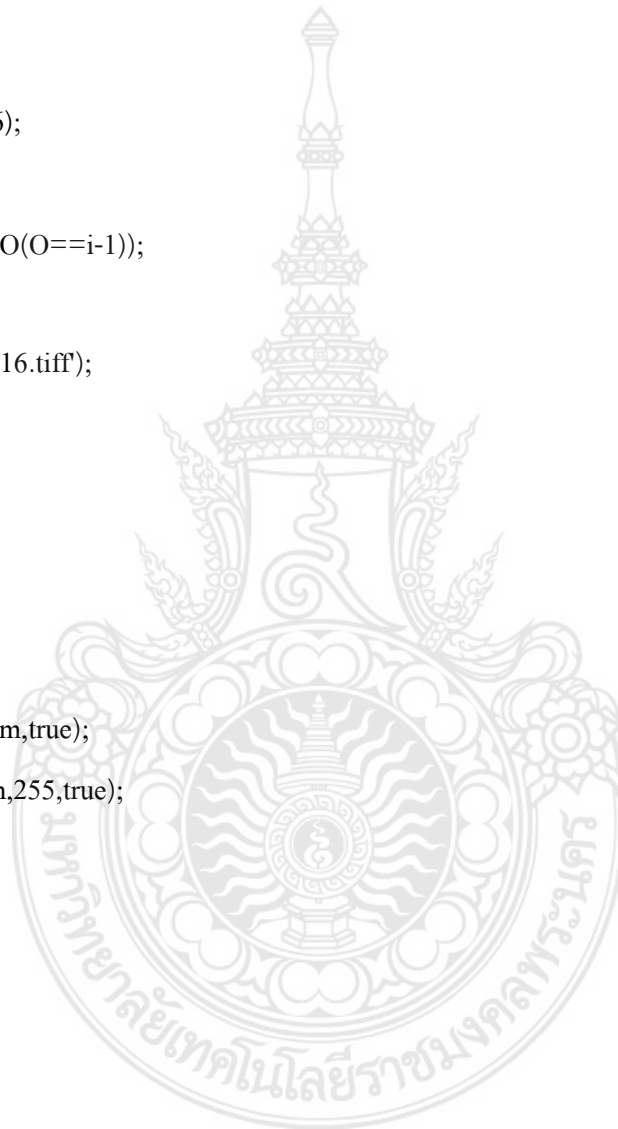


```

cdff(i)=hst(i)+cdff(i-j);
end
cdff1=cdff;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
[row col]=size(zz);
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end
figure,subplot(1,2,1),imshow(HIm), title('Equilized Image')
subplot(1,2,2),imhist(HIm) ,title('Equilized image histogram')
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);

```

```
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');  
  
for i=1:1:nrows  
for j=1:1:ncols  
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;  
end  
end  
AO=zeros(1,256);  
for i=1:1:256  
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));  
end  
%O = imread('F16.tiff');  
O=ima;  
gamma=1;  
m=27;  
m=int32(m);  
h = imgpdf(I);  
lh = subhist(h,0,m,true);  
uh = subhist(h,m,255,true);  
lc = CDF(lh);  
uc = CDF(uh);  
halfLow = 0;  
for i=0:m  
if lc(i+1) > 0.5  
halfLow=i;  
break;  
end  
end
```



```

halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255

```

```

map(i+1) = double((255-m))*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) ;
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:, :)+1);
I=ima;
[p, val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20, 0, sigma);
p1 = conv(p, f);
N = randn(256)*sigma;
I=ima;
[p, val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0, sigma);
p1 = conv(p, f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax, imax, ymin, imin] = extrapeak(p1);
y2 = smooth(p1, 20);
[ymax2, imax2, ymin2, imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);

```

```

for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf1=cdf;
H1m=uint8(zeros(size(z,1),size(z,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
H1m(i,j) = h((z(i,j)+1));
end
end
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows

```




```

for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
gamma=1;
m=82;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;

```



```

break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );
end
E = I;
E(:,:) = map(I(:,:)+1);

```

```

im=E;
h=imhist(im);
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);
N = randn(256)*sigma;
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
y2 = smooth(p1,20);
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-j);

```

```

end
cdf1=cdf;
H1m=uint8(zeros(size(z1,1),size(z1,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
H1m(i,j) = h((z1(i,j)+1));
end
end
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;

```



```

end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
I11 =ima;
imshow(im55)
N=numel(I11);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I11(I11==i-1));
end
gamma=1;
m=123;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end

```



```

end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
    map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
    map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
    map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);

```

```

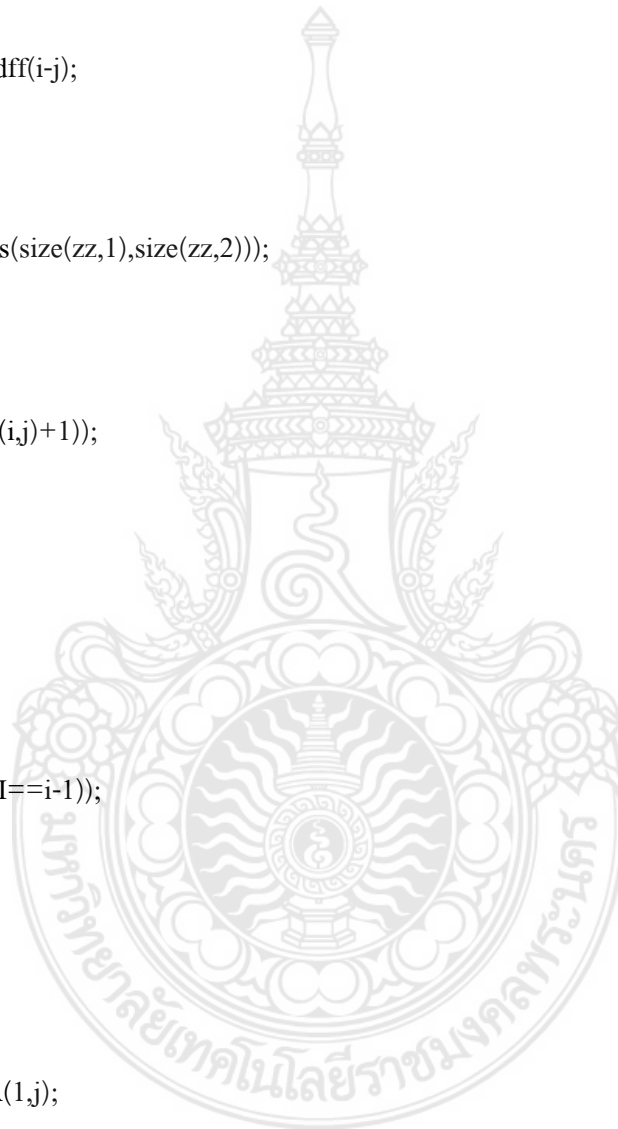
for i=m+1:255
    map(i+1) = double((255-m))*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) ;
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:,:)+1);
mean_out=mean(E);
im=E;
h=imhist(im);
I=E;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);
N = randn(256)*sigma;
I=E;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
hold on
y2 = smooth(p1,20);
out = histeq( y2, 256);

```

```

zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;

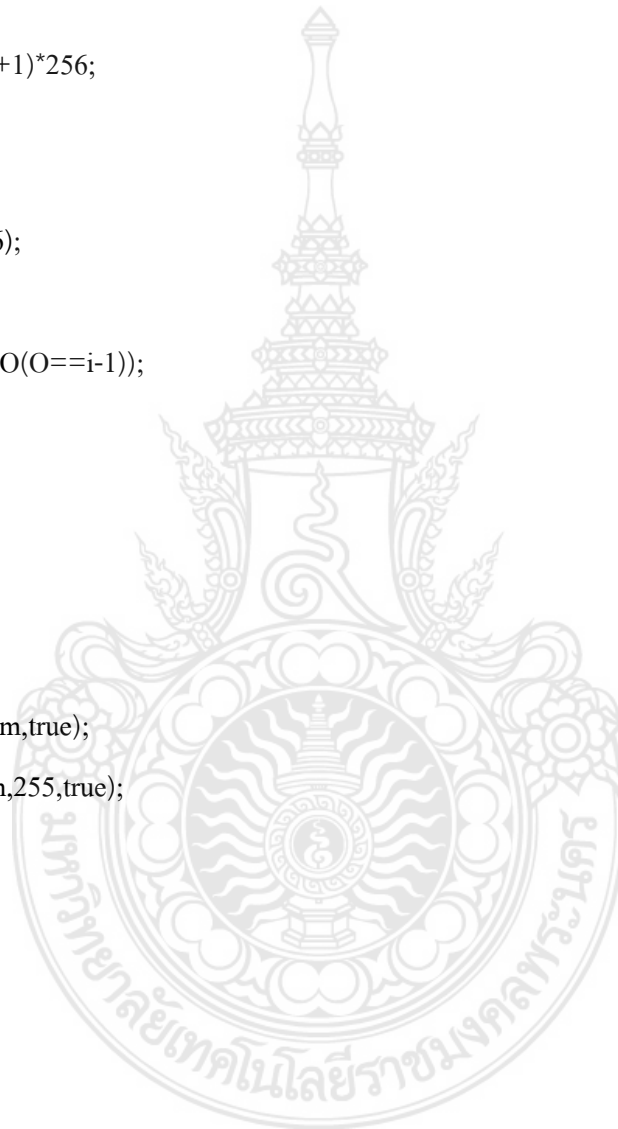
```




```

end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
gamma=1;
m=35;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
end

```



```

halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255

```

```

map(i+1) = double((255-m))*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) ;
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:,:)+1);
h=imhist(im);
I=E;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);
N = randn(256)*sigma;
I=E;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
y2 = smooth(p1,20);
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;

```

```

cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(z,1),size(z,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((z(i,j)+1));
end
end
imshow(im)
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
imhist(I)
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
end

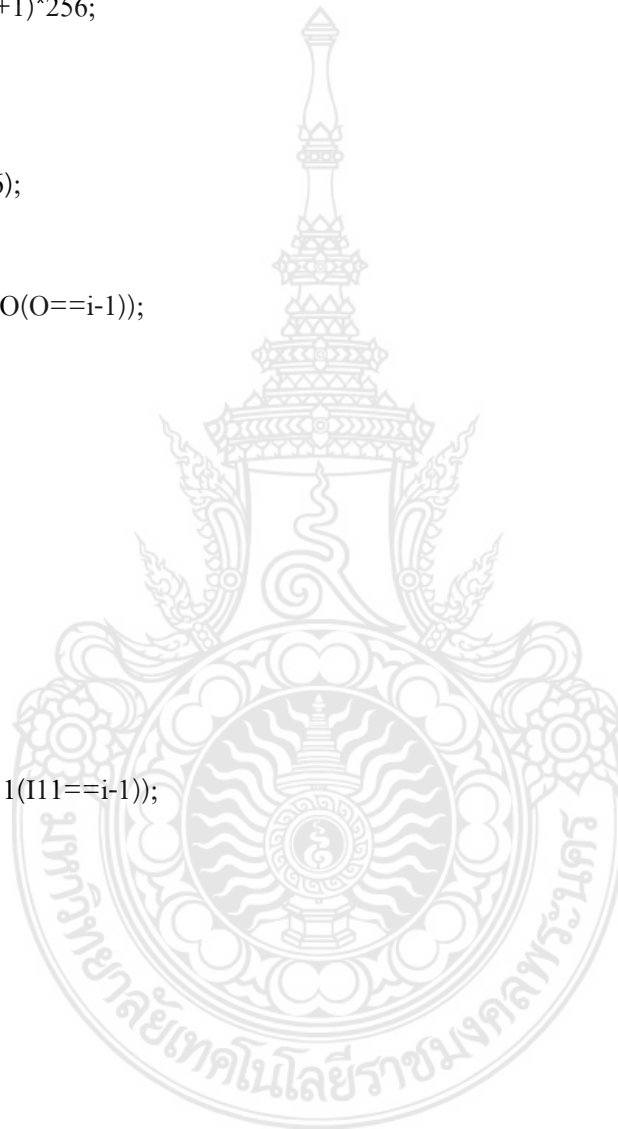
```



```

[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
I11 = ima;
subplot(2,2,1);
imshow(im55)
N=numel(I11);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I11(I11==i-1));
end
subplot(2,2,2);
imhist(I11)
O=E;
gamma=1;
m=126;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);

```



```

uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);

```

```

max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) ;
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:, :)+1);
subplot(2,2,3)
test=O;
His=test;
imhist(test);
subplot(2,2,4)
imshow(test);
mean_out=mean2(test);
in1 = ima;
IM=in1;IM2=uint8(His);
result_in = mean(double(IM(IM>0)));
result_sub_ = mean(double(IM2));
AMBE2=abs(result_in-result_sub_);
His22=uint8(His(His>0));

```

```

result_sub2=mean(double((His22)));
dat1=abs(result_in-result_sub2);
dat2=abs(result_in-result_sub2);
value=zeros(1,256);
for i = 256:-1:1
x=i;
dat2=abs(mean((double(IM(IM>0)))))- mean(double(His(His<x))));
value(x)=dat2;
end

vu1(Select,value)

[ss d]=nanmin(value);
AMBE=abs(ss);
im1=in1;im2=test;
N = size(im1);
x=im2double(im1);
y=im2double(im2);
acc = 0;
for k1=1:N(1)
for k2=1:N(2)
acc = acc+ ( x(k1,k2) - y(k1,k2) )^2;
end
end
mse = acc/(N(1)*N(2));
PSNR = 10*log10((255^2)/mse);

```



```

h=warndlg( sprintf('AMBE = %g , PSNR = %g ,No.of Peak = %g , Group of equalize =
%g',AMBE,PSNR,countall,group),'Min peak detection');
evalin('base','clear all')

```

3)detectmax.m

```

function detectmax(sel)
ima=evalin('base','img');
im55=ima;
figure;
subplot(3,1,1);
imshow(ima);
subplot(3,1,2);
h=imhist(ima);
imhist(ima);
%% smooth gaussian before histogram equalize
I = ima;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
figure,plot(p)
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma); % <== f(x) gaussian distribution
p1 = conv(p,f); % <== p'(x) new histogram after applying gaussian filtering
hold on, plot(val(1)-20:val(end)+20,p1,'r--','Marker','o')
N = randn(256)*sigma; % <== white gaussian noise following p.d.f f(x)
hold off
%%
I = ima;

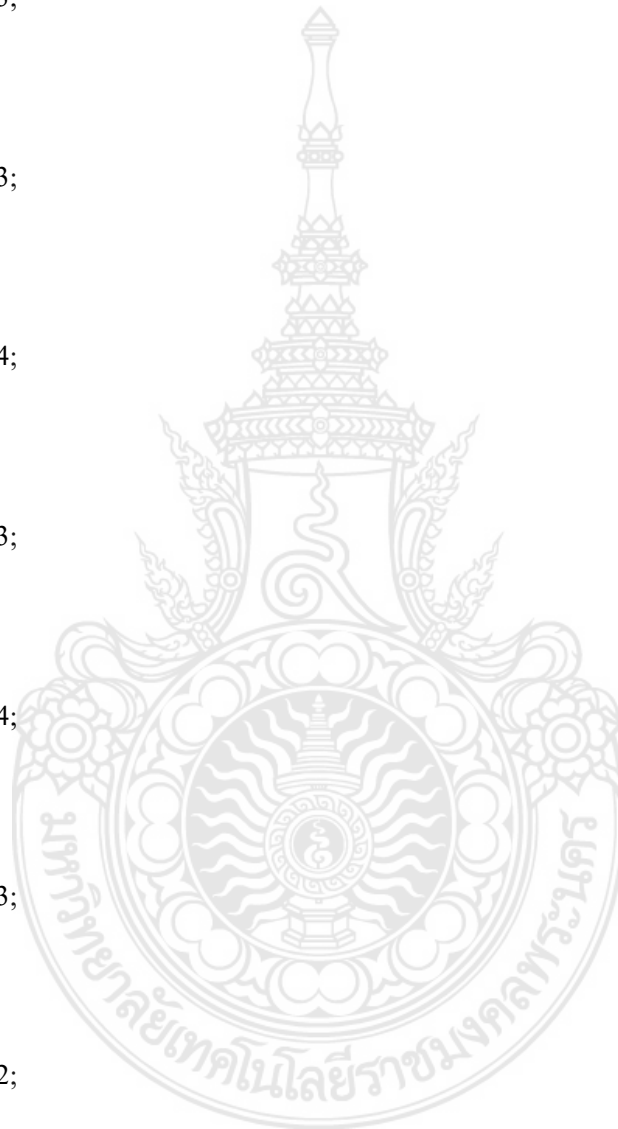
```

```

[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
figure(55),plot(p)
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
figure(999)
plot(val,p1)
hold on
title('new histogram after applying gaussian filtering')
%% Find peak
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
%% Find peak
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
hold on
plot(val(imax),ymax,'r*',val(imin),ymin,'g*')
hold off
%% smooth again and then find peak
y2 = smooth(p1,20);
figure(66)
plot(val,y2)
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
fprintf('peak max x is %d,y is %d.\n',val(imax2),ymax2)
hold on
plot(val(imax2),ymax2,'r*',val(imin2),ymin2,'g*')
fprintf('peak low x is %d,y is %d.\n',val(imin2),ymin2)

```

```
hold off
Select=evalin('base','Select');
switch Select
case 1
countpeakmax=3;
group=3;
case 2
countpeakmax=3;
group=4;
case 3
countpeakmax=4;
group=5;
case 4
countpeakmax=3;
group=4;
case 5
countpeakmax=4;
group=5;
case 6
countpeakmax=3;
group=4;
case 7
countpeakmax=2;
group=3;
case 8
countpeakmax=3;
group=4;
```



case 9

countpeakmax=4;

group=5;

case 10

countpeakmax=5;

group=6;

case 11

countpeakmax=4;

group=5;

case 12

countpeakmax=4;

group=5;

case 13

countpeakmax=5;

group=6;

case 14

countpeakmax=2;

group=3;

case 15

countpeakmax=4;

group=5;

case 16

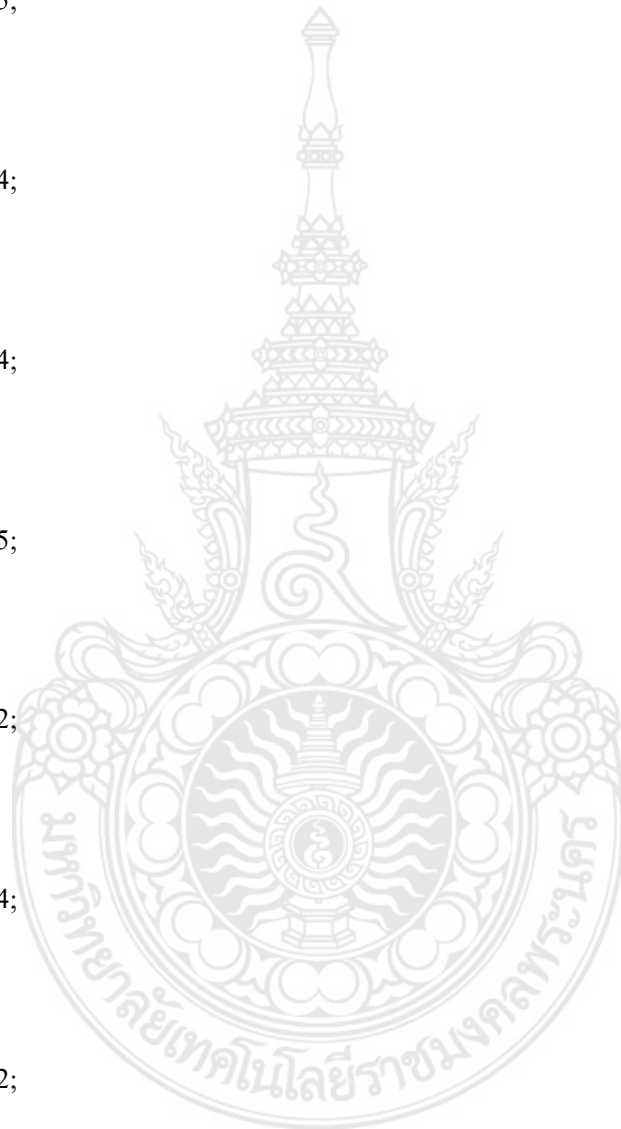
countpeakmax=2;

group=3;

case 17

countpeakmax=3;

group=4;



```

case 18
countpeakmax=3;
group=3;
case 19
countpeakmax=3;
group=4;
case 20
countpeakmax=2;
group=3;
end
%%
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf1=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
[row col]=size(zz);
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end
end

```

```

figure,subplot(1,2,1),imshow(HIm), title('Equlized Image')
subplot(1,2,2),imhist(HIm) ,title('Equlized image histogram')

N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end

```

```

O = ima;
gamma=1;
m=27;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;

```



```

xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
    map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
    map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
    map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:,:)+1);
His=E;
im = His;
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);

```



```

p1 = conv(p,f);
N = randn(256)*sigma;
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
y2 = smooth(p1,20);
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf1=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end

```

```
end
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
O=His;
```

```

gamma=1;
m=82;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));

```



```

sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:,:)+1);
im=His;
h=imhist(im);
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);

```

```

N = randn(256)*sigma;
I=im;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
y2 = smooth(p1,20);
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-j);
end
cdf1=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end
end

```

```
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
subplot(2,2,2);
imhist(I)
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
```

```
I11 = ima;
subplot(2,2,1);
imshow(im55)
N=numel(I11);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I11(I11==i-1));
end
subplot(2,2,2);
imhist(I11)
O=His;
gamma=1;
m=194;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
```



```

for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );

```



```
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:, :)+1);
mean_out=mean(E);
subplot(2,2,3)
imhist(His);
subplot(2,2,4)
imshow(His);
imshow(His)
mean_out=mean2(His);
in1 = ima;
IM=in1;IM2=uint8(His);
result_in = mean(double(IM(IM>0)));
result_sub_ = mean(double(IM2));
AMBE2=abs(result_in-result_sub_);
His22=uint8(His(His>0));
result_sub2=mean(double(His22));
dat1=abs(result_in-result_sub2);
dat2=abs(result_in-result_sub2);
value=zeros(1,256);
switch Select
case 2
dat2=0.9;
case 4
dat2=0.9;
case 5
dat2=0.9;
```

```

case 7
dat2=0.9;
case 12
dat2=0.9;
case 20
dat2=0.9;
end
while dat2>1
for i = 256:-1:1
x=i;
dat2=abs(mean((double(IM(IM>0)))))- mean(double(His(His<x))));
value(x)=abs(dat2);
end
end
vu(Select,value) ;

[ss d]=nanmin(value);
AMBE=abs(ss);
im1=in1;im2=His;
N = size(im1);
x=im2double(im1);
y=im2double(im2);
acc = 0;
for k1=1:N(1)
for k2=1:N(2)
acc = acc+ ( x(k1,k2) - y(k1,k2) )^2;
end

```

```

end
mse = acc/(N(1)*N(2));
PSNR = 10*log10((255^2)/mse);
h=warndlg( sprintf('AMBE = %g , PSNR = %g ,No.of all Peak = %g , Group of equalize =
%g',AMBE,PSNR,countpeakmax,group),'Max peak detection ');
evalin('base','clear all')

```

4)detectminmax.m

```

function detectminmax(sel)
ima=evalin('base','img');
figure;
subplot(3,1,1);
imshow(ima);
subplot(3,1,2);
h=imhist(ima);
imhist(ima);
%% smooth guassian before histogram eqlize
% I = imread('F16.tiff');
I=ima;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I); % <== p(x) original histogram
figure,plot(p)
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma); % <== f(x) gaussian distribution
p1 = conv(p,f); % <== p'(x) new histogram after applying gaussian filtering
hold on, plot(val(1)-20:val(end)+20,p1,'r--','Marker','o')
% alternative interpretation

```

```

N = randn(256)*sigma; % <== white gaussian noise following p.d.f f(x)

hold off

%%

%I = imread('F16.tiff');

I=ima;

[p,val] = imhist(I);

p = p./numel(I); % <== p(x) original histogram

figure(55),plot(p)

sigma = 5;

f = normpdf(0,sigma); %(29/5/2558)

p1 = conv(p,f); % <== p'(x) new histogram after applying gaussian filtering

figure(999)

plot(val,p1)

hold on

title('new histogram after applying gaussian filtering')

%% Find peak

[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);

ss=val;

%% Find peak

[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);

hold on

plot(val(imax),ymax,'r*',val(imin),ymin,'g*')

hold off

%% smooth again and then find peak


y2 = smooth(p1,20);

figure(66)

plot(val,y2)

```

```
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);  
fprintf('peak max x is %d,y is %d.\n',val(imax2),ymax2)  
  
hold on  
plot(val(imax2),ymax2,'r*',val(imin2),ymin2,'g*')  
fprintf('peak low x is %d,y is %d.\n',val(imin2),ymin2)  
  
hold off  
Select=evalin('base','Select');  
  
switch Select  
case 1  
countpeakmin=2;  
group=2;  
case 2  
countpeakmin=4;  
group=3;  
case 3  
countpeakmin=5;  
group=4;  
case 4  
countpeakmin=4;  
group=3;  
case 5  
countpeakmin=5;  
group=4;  
case 6  
countpeakmin=4;  
group=3;  
case 7
```



countpeakmin=3;

group=2;

case 8

countpeakmin=4;

group=3;

case 9

countpeakmin=5;

group=4;

case 10

countpeakmin=6;

group=5;

case 11

countpeakmin=5;

group=4;

case 12

countpeakmin=5;

group=4;

case 13

countpeakmin=6;

group=5;

case 14

countpeakmin=3;

group=2;

case 15

countpeakmin=5;

group=4;

case 16



```
countpeakmin=3;
group=2;
case 17
countpeakmin=4;
group=3;
case 18
countpeakmin=3;
group=3;
case 19
countpeakmin=4;
group=3;
case 20
countpeakmin=3;
group=2;
end
%% Equalize
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-1);
end
cdf1=cdf;
HIm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
[row col]=size(zz);
```



```

for i=1:row;
for j=1:col;
HIm(i,j) = h((zz(i,j)+1));
end
end
figure,subplot(1,2,1),imshow(HIm), title('Equlized Image')
subplot(1,2,2),imhist(HIm) ,title('Equlized image histogram')
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;
end

```



```

end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
O=ima;
gamma=1;
m=35;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;
for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end

```



```

end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end
for i=m+1:255
    map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );
end
E = I;
E(:,:) = map(I(:,:)+1);
His=E;
im=His;

```

```

h=imhist(im);
I= His;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(-20:20,0,sigma);
p1 = conv(p,f);
N = randn(256)*sigma;
I=His;
[p,val] = imhist(I);
p = p./numel(I);
sigma = 5;
f = normpdf(0,sigma);
p1 = conv(p,f);
[maxtab, mintab] = peakdetermine(p1, 0.5);
ss=val;
[ymax,imax,ymin,imin] = extrapeak(p1);
hold on
y2 = smooth(p1,20);
[ymax2,imax2,ymin2,imin2] = extrapeak(y2);
out = histeq( y2, 256);
zz=out;
hst=imhist(zz);
j=1;
cdf(1,1)=hst(1,1);
for i=2:256
cdf(i)=hst(i)+cdf(i-j);

```

```

end
cdf1=cdf;
H1m=uint8(zeros(size(z1,1),size(z1,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
H1m(i,j) = h((z1(i,j)+1));
end
end
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
B=zeros(1,256);
for i=1:1:256
for j=1:1:i
B(1,i)=B(1,i)+A(1,j);
end
end
for i=1:1:256
B(1,i)=B(1,i)/N;
end
[nrows,ncols]=size(I);
O=zeros(nrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:nrows
for j=1:1:ncols
O(i,j)=B(1,I(i,j)+1)*256;

```



```

end
end
AO=zeros(1,256);
for i=1:1:256
AO(1,i)=numel(O(O==i-1));
end
im=ima;
subplot(2,2,1);
imshow(im)
I=im;
N=numel(I);
A=zeros(1,256);
for i=1:1:256
A(1,i)=numel(I(I==i-1));
end
subplot(2,2,2);
imhist(I)
O=His;
gamma=1;
m=126;
m=int32(m);
h = imgpdf(I);
lh = subhist(h,0,m,true);
uh = subhist(h,m,255,true);
lc = CDF(lh);
uc = CDF(uh);
halfLow = 0;

```



```

for i=0:m
if lc(i+1) > 0.5
halfLow=i;
break;
end
end
halfUp = 0;
for i=m:255
if uc(i+1) > 0.5
halfUp=i;
break;
end
end
tonesLow = 0:1:m;
xLow= double(5.0*(tonesLow-halfLow))/double(m);
sLow = 1./(1+exp(-gamma*xLow));
tonesUp = m:1:255;
xUp= double(5*(tonesUp-halfUp))/double((255-m));
sUp = 1./(1+exp(-gamma*xUp));
for i=0:m
map(i+1) = int32(m*sLow(i+1));
end
min=map(1);
max=map(m+1);
for i=0:m
map(i+1) = int32((double(m)/double( max-min) )*(map(i+1)-min));
end

```

```

for i=m+1:255
map(i+1) = int32(m + (255-m)*sUp(i-m));
end
min = map(m+2);
max = map(256);
for i=m+1:255
map(i+1) = double((255-m)*double((map(i+1)- min))/double((max-min)) + double(m) );
end
E = I;
E(:, :) = map(I(:, :)+1);
His=E;
subplot(2,2,3)
imhist(His);
subplot(2,2,4)
imshow(His);
mean_out=mean2(His);
in1 = ima;
IM=in1;IM2=uint8(His);
result_in = mean(double(IM(IM>0)));
result_sub_ = mean(double(IM2));
AMBE2=abs(result_in-result_sub_);
His22=uint8(His(His>0));
result_sub2=mean(double((His22)));
dat1=abs(result_in-result_sub2);
dat2=abs(result_in-result_sub2);
value=zeros(1,256);
switch Select

```

```

case 2
dat2=0.9;

case 4
dat2=0.9;

case 7
dat2=0.9;

case 20
dat2=0.9;

end

while dat2>1
for i = 256:-1:1
x=i;
dat2=abs(mean((double(IM(IM>0)))))- mean(double(His(His<x))));
value(x)=dat2;
end
end

vu3(Select,value)
[x d]=nanmin(value);
AMBE=abs(x);
im1=in1;im2=His;
N = size(im1);
x=im2double(im1);
y=im2double(im2);
acc = 0;
for k1=1:N(1)
for k2=1:N(2)

```

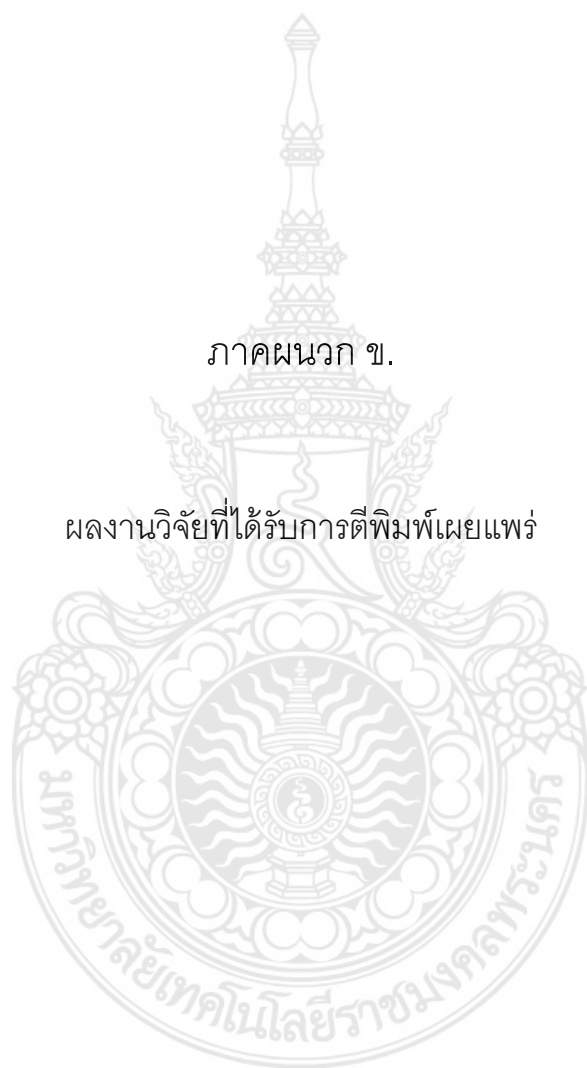


```
acc = acc+ ( x(k1,k2) - y(k1,k2) )^2;
end
end
mse = acc/(N(1)*N(2));
PSNR = 10*log10((255^2)/mse);
h=warndlg( sprintf('AMBE = %g , PSNR = %g ,No.of all Peak = %g , Group of equalize =
%g',AMBE,PSNR,countpeakmin,group),'Both min and max peak detection');
evalin('base','clear all')
```



ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่








การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

ECTI CARD 2016

การประชุมเชิงเทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด เพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน

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

จัดโดย
สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

เทคนิคการปรับปรุงภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลด้วยวิธีการปรับรู้งสีโดแกรมแบบหลากหลายไว้โค้ง

Digital Image Improvement by Shape Histogram Equalization Technique

ดร.วิวัฒน์สอด¹ ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ²

^{1,2}สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประจักษ์วงษ์รังสรรค์ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์: 02-836-3000 ต่อ 4150, 4151

E-mail: ¹dolrawe.w@gmail.com, ²nattapong.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแข่งขันในเรื่องของความละเอียดและความคมชัดของภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลเป็นไปอย่างกว้างขวาง ซึ่งภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงจะสามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้มากขึ้น ซึ่งทำให้ขนาดของภาพถ่ายที่ได้นั้นมีขนาดความสูงของข้อมูลที่สูงมากขึ้นด้วย จนเป็นสาเหตุให้ต้องปรับรูปหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ถืออิเล็กทรอนิกส์ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ตัวเก่าถ้าสมมติไปในที่สุด ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาและประยุกต์วิธีการปรับปรุงภาพถ่ายดิจิทัลที่มีความคมชัดสูงขึ้น แต่ได้พยายามรักษาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของภาพผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยการปรับรู้งสีโดแกรมแบบหลากหลายไว้โค้ง โดยจะแบ่งสีโดแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็น n ส่วนตามจุดเว้าของของสีโดแกรมต้นฉบับ จะได้ส่วนของสีโดแกรมเท่ากับ $n+1$ ส่วน และปรับรู้งสีโดแกรมอย่างอิสระจากกัน ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่า Tonnegrade หรือ ความคมชัดของภาพจะสูงขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ แต่ยังคงรักษาความสว่างผิดพลาด (AMBE) ไว้ได้

คำสำคัญ: การปรับทำสีโดแกรม, ภาพดิจิทัล, ไว้โค้ง, ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์

Abstract

Currently competition in terms of resolution and contrast of photos from digital cameras are widely mentioned. The higher resolution the photos contain, the more details the picture has. This fact enables the more details of pictures which also hold much more capacity of data. This also causes the electronic devices to be updated all the time to cope with those problems. Therefore, the conventional devices are obsolete. This research has been developed and applied to improve digital photos with high contrast. The researcher has solved the problems by keeping the average error of the lowest results and improving heat histogram of various curves. The heat will break the histogram of the original image into n part by the concave side of the

heat histogram. The part of this histogram is equal to $n+1$ and then smooth each other heap histogram independently. The result showed that the Tonnegrade or contrast of the image is higher than the original one. However, it can retain brightness errors (AMBE) as well.

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

1. บทนำ

ปัญหาในเรื่องของภาพที่นำมาใช้งานคือความไม่ชัดเจนของภาพที่มีความแตกต่างของระดับสีเทาในภาพดำ หรือมีสัญญาณรบกวนในภาพสูงอาจจะทำให้การตีความหมายของภาพผิดเพี้ยนไป ดังนั้นการปรับปรุงภาพด้วยวิธีการปรับรู้ง Histogram เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและถูกนำมาประยุกต์ในงานวิจัยฉบับนี้ เทคนิคในการปรับทำสีโดแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากกว่าภาพต้นฉบับได้ โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะนำวิธีการปรับทำสีโดแกรม n ตำแหน่งการเกิดพิกของสีโดแกรม โดยแบ่งเป็น n กรณี ได้แก่ n ตำแหน่งการเกิดพิกสูง, n ตำแหน่งการเกิดพิกต่ำ และ n ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยพิจารณาการรักษาข้อมูลต่างๆภายในภาพ ซึ่งใช้การประเมินผลภาพด้วยพิจารณาความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์

2. ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการปรับทำสีโดแกรม [1]

กำหนดให้ค่า $X = \{X(i, j)\}$ แสดงว่า ค่าที่กำหนดประกอบด้วย L ระดับสีเทาแยกเป็นค่า $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ ที่ $X(i, j)$ แสดงให้เห็นถึงความเข้มของภาพในสถานที่เชิงพื้นที่ (i, j)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

และค่า $X(i, j) \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ ให้ฟังก์ชันความหนาแน่นของ
ความน่าจะเป็นค่า $p(X_k)$ ถูกกำหนดให้เป็นสูตรดังนี้

$$p(X_k) = \frac{n_k}{N} \tag{1}$$

สำหรับค่า $k = 0, 1, \dots, L - 1$, เมื่อค่า n_k แสดงจำนวนครั้งที่
ระดับค่า X_k ปรากฏว่า ได้ค่าข้อมูลนำเข้าสู่ค่า X และค่า N เป็นจำนวน
รวมตัวอย่าง ผลลัพธ์ข้อมูลนำเข้า แสดงค่า $p(X_k)$ เป็นค่าเชื่อมโยงกับฮิส
โตแกรม ในการนำผลลัพธ์จากภาพที่ได้เสนอเป็นจำนวนพิกเซล เป็นค่า
เฉพาะความหนาแน่น แสดงเป็นค่า X_k สามารถเขียนสมการเพื่อคำนวณ
ค่าความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF) จาก
สมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

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

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

การปรับแก้ฮิสโตแกรมจะถูกการปรับแก้อย่างอิสระซึ่งกันและกัน ดัง
อธิบายได้จากสมการที่ 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ

$$Y = \{Y(i, j)\} \tag{4}$$

$$Y = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \tag{5}$$

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) | X(i, j) \in X_L\} \tag{6}$$

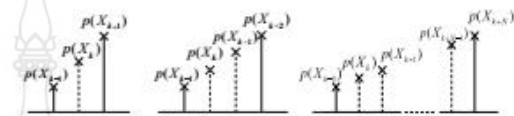
$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) | X(i, j) \in X_U\} \tag{7}$$

2.2 ขั้นตอนการตรวจนับหาตำแหน่งพิกเซลของฮิสโตแกรม

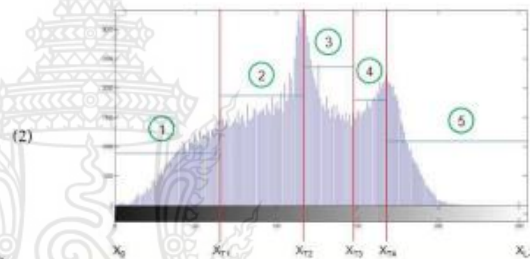
การแบ่งพิกเซลฮิสโตแกรม ไม่สามารถกระทำได้โดยง่าย
เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละระดับสีเทาจะมี
การแกว่งขึ้นลงไปมาอย่างไม่แน่นอนและค่าความน่าจะเป็นของบาง
ระดับสีเทาระดับสีเทาอาจไม่มีค่าข้อมูลเลยดังนั้นต้องปรับปรุงฮิสโตแกรม
ก่อนเพื่อทำให้เห็นรูปร่างฮิสโตแกรมโดยมีลำดับขั้นตอนในการปรับปรุง
ฮิสโตแกรม

1. การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation Probability Density)

2. การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน
3. การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน
4. การหาค่าแบ่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพิกเซลฮิสโตแกรมหรือเทรชโฮลด์ (Threshold)



รูปที่ 1 การสอดแทรกฟังก์ชันกราฟฮิสโตแกรมที่ขาดหายไป



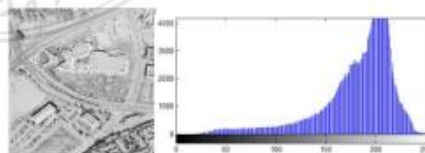
รูปที่ 2 การแบ่งฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกเซลสูง

จากนั้นกลุ่มฮิสโตแกรมย่อยจะถูกทำการปรับแก้ฮิสโตแกรม
แยกกันโดยอิสระดังนั้นถ้าภาพต้นฉบับเดิม X จะถูกแบ่งออกเป็นภาพ
ย่อยจะแต่ละพิกเซลจำนวนจุดภาพเป็น ค่าความน่าจะเป็นหรือ PDFของ
ระดับสีเทาในแต่ละพิก

3. กระบวนการปรับแก้ฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกเซลต่าง

3.1 ภาพต้นฉบับที่ใช้ศึกษา

ภาพที่ใช้ศึกษาได้แก่ Aerial, Baboon, Barbara, Boat, Couple, F16, Fingerprint, Hill, House, Lena, Man, Peppers, Splash, Tank, Cameraman, Clock, Girl, Jelly Beans และ Airplane2



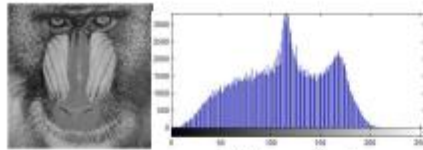
3. ภาพ Aerial.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ

8th ECTI-CARD 2016 “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน”

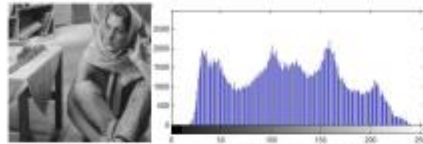
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

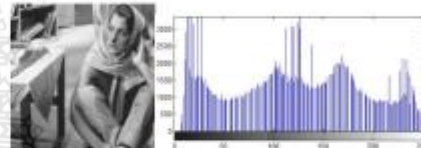
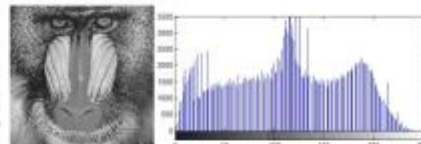
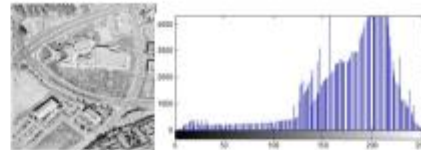


b.ภาพ Baboon.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ



c.ภาพ Barbara.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ

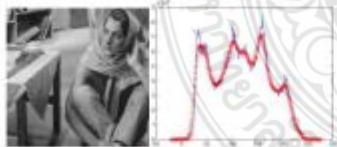
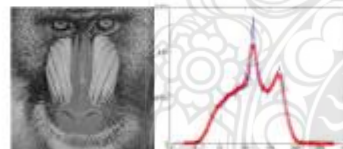
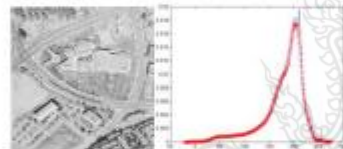
รูปที่ 3 ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง



รูปที่ 5 การปรับทำฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ

3.2 การตรวจค้นหาตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม

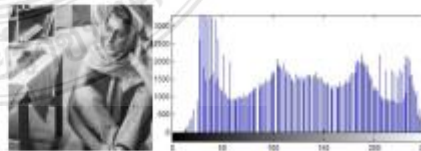
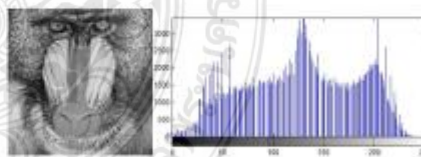
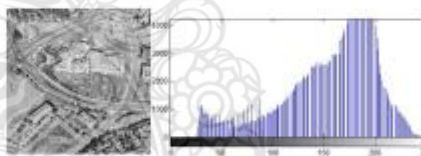
การพิจารณาตำแหน่งการเกิดจุดที่ฮิสโตแกรมได้ผ่านการทำ Filter เพื่อให้เห็นตำแหน่งการเกิดจุดที่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 4 ฮิสโตแกรมหลังจากดำเนินการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพิก

4.2 ปรับทำฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง

โดยดำเนินการปรับทำฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูงได้ จะให้ภาพผลลัพธ์ดังภาพที่ 4



รูปที่ 6 การปรับทำฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง

4.1 ปรับทำฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ

โดยดำเนินการปรับทำฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ ได้ภาพผลลัพธ์ ดังรูปที่ 3

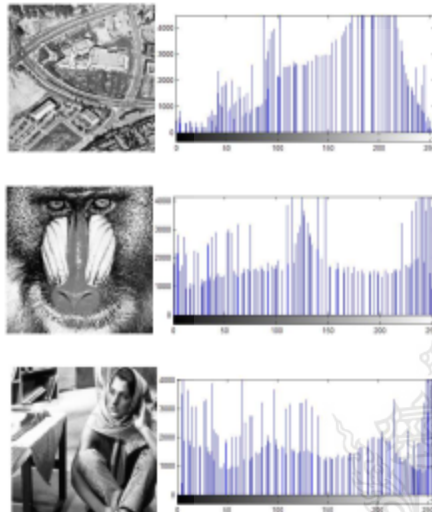
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

4.3 ปรับแก้ฮิสโตแกรมที่ η ตำแหน่งการเกิดพิกเซลต่ำ

โดยตำแหน่งการปรับแก้ฮิสโตแกรม η ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูงจะได้ภาพผลลัพธ์ดังภาพที่ 4



รูปที่ 7 การปรับแก้ฮิสโตแกรมที่ η ตำแหน่งต่ำ

ตารางที่ 2 ความสว่างคิดผลขาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) และอัตราส่วนข้อผิดพลาดต่อสัญญาณรวมความสูงที่สุด (PSNR)

ภาพ	AMBE			PSNR		
	พิกเซลต่ำ	พิกเซลสูง	พิกเซลต่ำ	พิกเซลต่ำ	พิกเซลสูง	พิกเซลต่ำ
Aerial	4.484	12.222	20.508	77.391	66.627	63.189
Baboon	4.5	8.32	17.367	74.823	70.916	64.132
Barbara	1.062	4.965	9.340	73.053	70.926	66.657
Boat	0.832	1.21	5.321	72.851	70.371	67.098
Couple	0.935	1.328	10.448	70.457	68.762	65.085
F16	4.583	6.520	13.168	78.020	67.324	64.756
Fingerprint	0.322	0.582	3.658	74.373	73.707	67.137
Hill	2.569	5.936	6.251	72.031	69.739	64.557
House	0.5	2.643	9.132	74.765	71.954	66.59
Lena	0.813	3.086	15.693	71.603	69.491	64.408
Man	2.813	3.7	13.405	72.723	70.806	65.297

8th ECTI-CARD 2016 “การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8”

Peppers	0.02	1.231	8.902	73.887	69.308	66.243
Splash	3.605	9.6	12.593	74.431	68.980	65.738
Tank	0.823	1.4	7.162	71.796	74.775	64.8901
House	0.7469	1.238	4.090	71.768	72.013	66.423
Cameraman	1.364	1.509	11.925	72.963	73.773	68.740
Clock	1.732	3.466	14.756	71.325	64.936	61.141
Girl	0.739	1.289	20.999	71.685	75.303	65.429
Jelly Beans	0.593	5.464	14.168	80.322	68.376	66.438
Airplane2	0.017	1.438	12.679	69.773	64.513	61.855

5. ผลและการวิเคราะห์ผล

ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับแก้ฮิสโตแกรมที่ η ตำแหน่ง การเกิดพิกเซลได้แก่ พิกเซลต่ำ, พิกเซลสูงและพิกเซลสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง ซึ่งหลังจากที่ได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) และค่าอัตราส่วนข้อผิดพลาดต่อสัญญาณรวมความสูงที่สุด (PSNR) ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์พบว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบกับผลจาก 3 ตำแหน่งในการปรับแก้ฮิสโตแกรมพบว่า η ตำแหน่งพิกเซลสูงต่ำ ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

4. ถัดกิจกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

- [1] K.Wongsriroong, K. Kitijarasilwat, F. Cheevasavit, K.Dejhan and A. Somboonkaew, “Contrast enhancement using multipeak histogram equalization with brightness preserving ,” IEEE Asia-Pacific Conf. on Circuit and Systems, Nov. 1998, pp. 455-458.
- [2] S.D. Chen and A. Ramli, “Minimum mean brightness Error bi-histogram equalization in contrast enhancement,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 49, no. 4, pp. 1310-1318, Nov. 2003.
- [3] N. Sengco and H.K. Choi, “Brightness preserving weight clustering histogram equalization ,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 54, no. 4, pp. 1752-1758, Aug. 2008.

ประวัติคณะผู้วิจัย



ผู้วิจัยคนที่ 1

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

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. Improvement of Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Error	2550	CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'07) จัดขึ้น ณ Gold Coast, Queensland ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
2. Image Enhancement with Minimum Mean Brightness Error Via Automatic Histogram Dividing	2550	The journals Publication of WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING Issue 2, Volume 3, February 2007	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. Analysis and control of Shunt-Compensator for mitigating Unbalanced Voltages	2550	The journals publication of AUPEC'07 Australasian Universities Power Engineering Conference , เมือง PERTH ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
4. Development Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency Boiler And Data Wireless Transfer	2008	The Proceedings of the 8 th WESAS International Conference on ELECTRONICS, HARDWARE, WIRELESS and OPTICAL COMMUNICATIONS (EHAC'09), Cambridge, United Kingdom	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
5. Flood Disaster Warning System	2009	The Proceeding of 1 st Conference on Application Research and Development Bangkok, Thailand	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
6. A Sudden Flood Alert System Based on a Mesh Network	2010	CIRCUIT, SYSTEM, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'10), Harvard University, Cambridge, USA	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
7. A Solid-State Device for Fault Protection in Low Voltage Wind Turbine System	2010	The 2nd RMUTP International Conference: Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
8. Model and Experiment for Study and analysis of Photovoltaic Lightning Effects	2010	The 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON2010) and IEEE/PES (Power & Energy Society). ณ Hangzhou China วันที่ 24- 28 ตุลาคม 2553	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
9. การวิเคราะห์และออกแบบชุดชุดเซยแรงดัน ปรับปรุงการเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม	2010	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
10. ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร	2011	บทความวิชาการ วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้แต่ง
11. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขมิ้นเพื่อวิสาหกิจชุมชนหมู่บ้านแก้งประลอมอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี	2011	คณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	คณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	ผู้ร่วมวิจัย

ผู้วิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) รองศาสตราจารย์ ดร.ฟุคักดี ชิวสุวิทย์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assoc.Prof.Dr Fusak Cheevasuvit
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100901190971
3. ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail: fusak2@hotmail.com , kcfusak@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
D.Ing (Automatique et Traitement du Signal) Ecole nationale Superieure des Telecommunication Paris, France
วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing: DSP)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.4 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
 - 7.5 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.6 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
 - “Simplified method of high-resolution sharpening in fused image based on HIS transform,” Proceedings of 2010 3rd International Conference on Machine Vision, pp.180-182, Hong Kong , December 28-30, 2010.
 - “Mean Brightness Preserving in Sub-Region Sharpening via Histogram Equalization,” Proceedings of 2010 3rd International Conference on Machine Vision, pp.330-333, Hong Kong , December 28-30, 2010.
 - “Simultaneous Mean Brightness Preserving and Contrast Improvement via Multi-Peak Histogram Equalization,” IEEJ Transaction on Electronics, Information and Systems, pp.2009-2013, Vol.131, No.11, 2011.