



การตรวจหามัลติพีคและการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อรักษาค่าเฉลี่ย  
ความสว่างต่ำสุด

Multi-Peak Detection and Histogram Equalization for Minimum Mean  
Brightness Preserving

ดลรวี วุ่นแม่สอด

Dolrawe Wunmaesod

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2560



การตรวจหามัลติพีคและการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อรักษาค่าเฉลี่ย  
ความสว่างต่ำสุด

Multi-Peak Detection and Histogram Equalization for Minimum Mean  
Brightness Preserving

ดลรวี วุ่นแม่สอด  
Dolrawe Wunmaesod

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การตรวจหามัลติพีคและการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อรักษา ค่าเฉลี่ยความสว่างต่ำสุด
Thesis Title	Multi-Peak Detection and Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Preserving
ชื่อ นามสกุล	นายดลวี วุ่นแม่สอด
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ยิ้มมัน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ)

..... กรรมการและเลขานุการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์  
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิทอง)

วันที่ 25 กันยายน พ.ศ.2560

ชื่อวิทยานิพนธ์	การตรวจหามัลติพีคและการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อรักษาค่าเฉลี่ย ความสว่างต่ำสุด
ชื่อ สกุล	นายดลวี วุ่นแม่สอด
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2560

### บทคัดย่อ

การความคมชัดของภาพในปัจจุบันถือว่ามีความต้องการสูงมากขึ้น เนื่องจากระบบจอร์รับภาพ  
หลายๆประเภทได้มีการพัฒนาความคมชัดและความละเอียดสูงเพื่อรองรับสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่  
ทันสมัย แต่หากเรามีข้อมูลของภาพที่ไม่ครบถ้วน ระบบจอร์ภาพนั้นก็ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ มี  
หลากหลายวิธีในการจะปรับปรุงภาพดิจิทัลให้มีความคมชัด ยกตัวอย่างเช่น HE, BBHE, DSIHE  
หรือ MMBEBHE ได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้ภาพคมชัดขึ้นและสว่างขึ้น โดยการปรับปรุง Histogram  
ด้วยเทคนิคต่างๆมาทำการ ปรับเรียบ (Equalization) อย่างอิสระต่อกัน ในบทความวิจัยนี้จะนำเสนอ  
วิธีการที่เรียกว่า Digital Image Enhancement via Multi-Peak Histogram Equalization  
( DIEMPHE ) โดยวิธีการนี้จะแบ่ง histogram ออกเป็น  $n$  ส่วน ตามจุดเปลี่ยนโค้งสูงสุดและต่ำสุด  
ของ Histogram ต้นฉบับ และปรับเรียบ Histogram ในแต่ละส่วนอย่างอิสระต่อกัน ภาพผลลัพธ์ที่ได้  
จะทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดลดลงต่ำที่สุดและมีค่าความเข้มของภาพสูงขึ้น

**คำสำคัญ:** การปรับเท่าฮิสโตแกรม, ภาพดิจิทัล, ปรับเท่าฮิสโตแกรม, มัลติพีค , ค่าเฉลี่ยความ  
ผิดพลาดสัมบูรณ์

<b>Thesis title</b>	Multi-Peak Detection and Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Preserving Apply
<b>Author</b>	MR. Dolrawe Wunmaesod
<b>Degree</b>	Master of Electrical Engineering
<b>Major program</b>	Electrical Engineering, Faculty of Engineering
<b>Academic Year</b>	2017

## ABSTRACT

The sharpness of the image, the current demand is increasingly high. Since many types of screens has developed a definition and high definition media support for secondary NICs modern electronica. But if we have information that is incomplete. Monitor is not working efficiently. There are various ways to improve the clarity of digital images. For example HE, BBHE, DSIHE and MMBEBHE have been developed to improve the image sharper and brighter. By improving the techniques for Histogram Equalization independently of each other. In this paper will present the Digital Image Enhancement via Multi-Peak Histogram Equalization (DIEMPHE) by histogram equalization into n sections as the turning point arch top and bottom of the Histogram. By each section is independent. Image results are the average brightness error is lower and the higher the intensity of the image.

**Keywords:** Histogram Equalization, Weight Histogram Equalization Discrete wavelet transform, Absolute mean brightness error

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาวิทยานิพนธ์ รวมถึงการช่วยตรวจสอบการเขียนบทความวิชาการจนสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ยิ้มมัน และ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ ซึ่งให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์กับงานวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ชี้แนะแนวทาง งานงานวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชอลอม คุณแม่ลั่นทม วุ่นแม่สอด และสมาชิกในครอบครัว สำหรับความรักความห่วงใย ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนอย่างดีมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้การช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้โดยสมบูรณ์

ดลรวี วุ่นแม่สอด



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 การทบทวนงานวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.4 โครงสร้างภายในวิทยานิพนธ์	2
1.5 วิธีการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.1.1 การประมวลผลภาพ	5
2.1.2 การทำคอนโวลูชัน ( Convolution )	9
2.1.3 ความเหมือนจริง ( Fidelity )	12
2.1.4 ฮีตโตแกรมของภาพ	14
2.1.5 การปรับเท่าฮีตโตแกรม	14
2.1.6 หลักการปรับเท่าฮีตโตแกรม	16
2.1.7 เทคนิคการตรวจจับตำแหน่งพีคของฮีตโตแกรม	18
2.1.8 การตรวจวัดคุณภาพของภาพ	23
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
3.1 บทนำ	26

## สารบัญ (ต่อ)

3.2	ขั้นตอนและการดำเนินการวิจัย	26
3.3	ศึกษาการรับภาพเข้าโปรแกรม	28
3.4	ศึกษาวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรม	29
3.5	การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง, ต่ำ, สูงต่ำ	29
3.6	คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR	30
3.7	สรุปผลการทดลอง	30
บทที่ 4	ผลการวิจัย	31
4.1	บทนำ	31
4.2	รูปภาพที่นำมาทดสอบ	31
4.3	การตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม	32
4.4	ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ	33
4.5	ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง	34
4.6	ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิก ต่ำ	35
4.7	คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR เพื่อวัดประสิทธิภาพของภาพผลลัพธ์	37
4.8	สรุปผลการทดลอง	38
บทที่ 5	สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	39
5.1	บทนำ	39
5.2	สรุปผลและอภิปรายงานวิจัย	39
5.3	ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย	39
5.4	ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง		40
ภาคผนวก ก	โค้ดโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในงานวิจัย	42
ภาคผนวก ข	บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	67
ภาคผนวก ค	เนื้อหาบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	69
ประวัติการศึกษาและการทำงาน		74



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	เทคนิคการปรับเท่าฮีสโตแกรมในปัจจุบัน	4
2.2	ตารางเปรียบเทียบผลที่ได้ของแต่ละวิธี	25
4.1	เปรียบเทียบความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยระหว่าง AMBR กับ PSNR	37



## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ระบบเก็บภาพดิจิทัล	6
2.2 ภาพที่มีความสว่างต่ำกับฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง	8
2.3 ภาพที่มีความสว่างสูงกับฮีสโตแกรมที่สอดคล้อง	9
2.4 แบบจำลองสัญญาณของระบบเชิงเส้น	10
2.5 แสดงการคำนวณหาค่าคอนโวลูชัน	11
2.6 การแบ่งฮีสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นหลายส่วน	16
2.7 การสอดแทรกแท่งกราฟฮีสโตแกรมที่ขาดหายไป	18
2.8 การแบ่งฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกสูง	18
3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำ (Flow Chart)	27
3.2 ข้อมูลภาพสี	28
3.3 ข้อมูลภาพขาวดำ	28
3.4 ตำแหน่งการเกิดพิก	29
4.1 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่นำมาใช้ทดสอบและฮีสโตแกรม	32
4.2 ฮีสโตแกรมหลังจากผ่านการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพิก	33
4.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ	34
4.4 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง	35
4.5 การปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งต่ำ	36

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการในเรื่องความคมชัดของภาพเพื่อให้เห็นรายละเอียดของภาพมีความสำคัญ และมีความต้องการสูงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระบบจอร์รับภาพหลายๆประเภทได้มีการพัฒนาความคมชัดและความละเอียดสูงเพื่อรองรับสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย แต่หากเรามีข้อมูลของภาพที่ไม่ครบถ้วน ระบบจอร์ภาพนั้นก็ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้นนั้น เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นพิกเซลของภาพต้นฉบับ [6] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ภาพผลลัพธ์ดีขึ้น โดยมีหลากหลายวิธีในการจะปรับปรุงภาพดิจิทัลให้มีความคมชัด ยกตัวอย่างเช่น HE, BBHE, DSIHE หรือ MMBEBHE ได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้ภาพคมชัดขึ้นและสว่างขึ้น โดยการปรับปรุง Histogram ด้วยเทคนิคต่างๆมาทำการ ปรับเรียบ (Equalization) อย่างอิสระต่อกัน [2] จากปัญหาในเรื่องของภาพที่นำมาใช้งานคือความไม่ชัดเจนของภาพที่มีความแตกต่างของระดับสีเทาในภาพต่ำ หรือมีสัญญาณรบกวนในภาพสูงอาจจะทำให้การตีความหมายของภาพผิดเพี้ยนไป ดังนั้นการปรับปรุงภาพด้วยวิธีปรับปรุง Histogram จึงเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและถูกนำมาประยุกต์ในงานวิจัยฉบับนี้ เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่ถูกลงใจ ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญเรื่องการปรับปรุงภาพด้วยวิธีปรับปรุง Histogram [3] ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้ โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะนำวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกของฮิสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยพิจารณาการรักษาข้อมูลต่างๆภายในภาพ ซึ่งใช้การประเมินผลภาพด้วยพิจารณาค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์

### 1.2 การทบทวนงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทบทวนวิธีการเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างเหมาะสมเพื่อให้สำเร็จจุดมุ่งหมายหลักสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างเหมาะสม ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักสำหรับงานวิจัยคือใช้โปรแกรม MATLAB ในการเขียนซอฟต์แวร์ปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยเทคนิคการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบหลายส่วน โดยตำแหน่งที่ใช้ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมนั้นแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำสำหรับภาพผลลัพธ์ที่ได้จะถูกประเมินด้วย ค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ ( Absolute Mean Brightness Error : AMBE ) และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ( Peak Signal to Noise Ratio : PSNR )

1.3.1 พยายามลดค่า AMBE ให้ต่ำสุด

1.3.2 เพื่อปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบแบ่งส่วนอย่างอิสระ ตามกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

1.3.3 เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดมากขึ้นโดยวัดจากค่า PSNR

1.3.4 เพื่อให้ฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์กระจายตัวออกจากกัน

### 1.4 โครงสร้างภายในวิทยานิพนธ์

1.4.1 ภาพข้อมูลดิจิทัลที่มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดความสว่างให้ต่ำสุด

1.4.2 ได้ผลสรุปเปรียบเทียบผลจากวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม ตามกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ

1.4.3 การปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบแบ่งส่วนอย่างอิสระ

1.4.4 ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดมากขึ้นโดยวัด ค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด

1.4.5 ฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์กระจายตัวออกจากกัน

### 1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 ศึกษารูปแบบและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการปรับเท่าฮิสโตแกรมจาก วิธีการต่างๆเปรียบเทียบกับวิธีที่นำเสนอ

1.5.2 เขียนโปรแกรมจากงานวิจัยต่างๆเปรียบเทียบกับวิธีที่นำเสนอ

1.5.3 ปรับปรุงและทดสอบโปรแกรมจากวิธีที่นำเสนอ

1.5.4 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.6.1 ภาพข้อมูลดิจิทัลที่มีค่า AMBE ให้ต่ำสุด
- 1.6.2 ได้ทราบผลการเปรียบเทียบของตำแหน่งการปรับเท่าฮีสโตแกรมของทั้ง 3 วิธี
- 1.6.3 การปรับเท่าฮีสโตแกรมแบบแบ่งส่วนอย่างอิสระ
- 1.6.4 ภาพผลลัพธ์มีความความชัดมากขึ้นและจากการประเมินด้วยค่า PSNR
- 1.6.5 ฮีสโตแกรมของภาพผลลัพธ์กระจายตัวออกจากกัน



## บทที่ 2

### ทฤษฎี หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บทนำ

การพัฒนาความคมชัดและความละเอียดสูงของภาพให้สูงขึ้นเพื่อรองรับสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัยในปัจจุบัน มีความต้องการสูงเพื่อให้ตอบสนองต่อจอร์รับภาพที่หลากหลายรายละเอียดของภาพจึงมีความสำคัญอย่างมาก เทคนิคในการปรับความคมชัดของภาพนั้นมีหลายวิธี การปรับเท่าฮิสโตแกรมก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งซึ่งซึ่งเป็นวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมต้นฉบับ โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จะส่งผลให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ ดังนั้นเทคนิคในการเพิ่มความคมชัดจึงเป็นหัวข้อสำคัญที่น่าศึกษา อย่างไรก็ตามภาพผลลัพธ์ที่ได้ต้องยังรักษาค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพผลลัพธ์ให้ดีด้วยเช่นกัน ในปัจจุบันนี้เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับได้มีการพัฒนาซึ่งสามารถจำแนกเทคนิคต่างๆได้เป็น 4 เทคนิคดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เทคนิคการปรับเท่าฮิสโตแกรมในปัจจุบัน

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

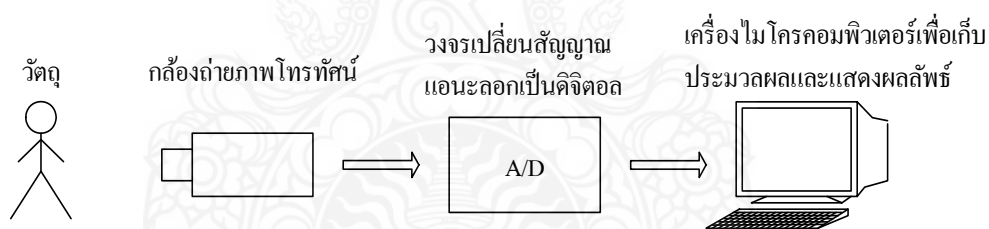
จากตารางที่ 2.1 เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่สนใจวิธีในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเท่านั้น ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกของฮิสโตแกรม โดยแบ่งกรณีศึกษาเป็น 3 กรณี ได้แก่ การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ แล้วจึงทำการประเมินผลภาพงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยพิจารณาการรักษาข้อมูลต่างๆภายในภาพ ซึ่งใช้การประเมินผลภาพด้วยพิจารณาค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์

ความคมชัดของภาพมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการมองเห็นเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จงานที่เท่าเทียมกันของงานฮิสโตแกรม Histogram (HE) ซึ่งเป็นวิธีการในการทำงานแล้ว เป็นวิธีการที่ได้พยายามที่จะบังคับให้มีการกระจายตัวของกราฟการป้อนข้อมูลที่จะกระจาย [3] อย่างไรก็ตามกระบวนการของกราฟแสดงลักษณะทำให้เห็นข้อบกพร่องสองอย่าง ประการแรก วิธี HE จะเปลี่ยนค่าความเข้มของพิกเซลป้อนเข้าสู่ความเข้มขั้นใหม่โดยไม่เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลใกล้เคียงที่อยู่ติดกัน ประการที่สอง ความสว่างเฉลี่ยของภาพออกมาจะขยับตัวออกห่างจากการป้อนข้อมูลหมายถึงปัญหา การขยับเฉลี่ยไม่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่ผู้บริโภคร่างส่วนที่ได้กล่าวถึงใน [1] ข้อบกพร่องประการแรกได้รับการแก้ไขในหลาย ๆ งานวิจัยดังกล่าว และการวิจัยอีกหลายอย่างเช่นในข้อ [6] ได้รับการเสนอให้มีการแก้ข้อบกพร่องที่สองนั้นหมายความว่าแต่ละงานวิจัยเป็นเพียงการแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่ระบุไว้ในแต่ละเรื่องดังนั้นในเรื่องนี้ข้อบกพร่องทั้งสองอย่าง จะได้รับการแก้ไขไปพร้อมๆกันโดยใช้ FCM สำหรับแบ่งภาพเป็นจำนวนอนุภูมิภาคเพื่อสนับสนุนข้อบกพร่องในประการแรกจากนั้นกราฟของแต่ละอนุภูมิภาคจะได้รับการแบ่งพาร์ติชันโดยเกณฑ์ที่กำหนดโดยฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามที่กำหนดไว้หลังจากนั้นวิธีการที่จะนำไปใช้กับแต่ละแบ่งย่อย histogram แบบอิสระเหนือกว่า ข้อบกพร่องในประการที่สองขั้นตอนวิธีการที่น่าเสนอจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.1.1 การประมวลผลภาพ

ข้อมูลภาพได้จากแสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนผ่านเลนส์เข้าสู่ตัวบันทึกภาพ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของฟิล์ม (Film) หรือตัวตรวจจับ (Sensor) ดังนั้นกระบวนการถ่ายภาพจึงเป็นวิธีการแปลงข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical) ของวัตถุสามมิติ (Three-dimensional) มาเป็นข้อมูลภาพ (Image) ของวัตถุสองมิติ (Two-dimensional) สำหรับกรณีการบันทึกภาพของวัตถุด้วยกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ (Television camera) นั้น จะทำการบันทึกภาพอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแบบแอนะล็อก (Analog) ในขั้นตอนนี้ตัวตรวจจับจะทำการวัดค่าความเข้มของจุดเล็ก ๆ ทีละจุดไปเรื่อย ๆ ตามแนวเส้นทางที่กำหนดไว้ ซึ่งปกติจะไล่จากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง ค่าที่ตัวตรวจจับวัดได้นี้เป็นค่าความเข้มแสงของจุดภาพนั้น ในการพิจารณาภาพหนึ่งภาพใดที่ได้จากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์จะเป็นภาพนิ่ง (Still picture) จากการนำภาพนิ่งที่เวลาต่าง ๆ มาจัดเรียงกันเป็นจำนวนมากแล้วให้แสดงผลในช่วงเวลาสั้น ๆ ภาพที่ได้จะมีลักษณะ เคลื่อนไหว (Moving picture) สำหรับในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงเฉพาะภาพนิ่งเท่านั้น

สัญญาณภาพในแต่ละเส้นสแกน (Scan) ที่ได้จากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแรงดันไฟฟ้าแบบแอนะล็อกจะสอดคล้องกับความสว่างบนวัตถุที่ถ่ายได้ กล่าวคือ บริเวณที่สว่างจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูง ส่วนบริเวณที่มืดจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำ แต่เนื่องจากสัญญาณภาพที่ได้จะต้องนำไปประมวลผลด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro computer) เพื่อจุดประสงค์หนึ่งจุดประสงค์ใด ดังนั้นแต่ละเส้นสแกนจะถูกชักตัวอย่าง (Sampling) การชักตัวอย่างจะต้องเป็นไปตามอัตราไนควิสต์ (Nyquist rate) สำหรับบล็อก ไดอะแกรม (Block diagram) ของระบบเก็บข้อมูลภาพดิจิทัล (Digital image acquisition system) แสดงได้ดังภาพที่ 2.1 ในการชักตัวอย่างของแต่ละเส้นสแกนจะเป็นการบอกถึงรายละเอียด (Resolution) ของข้อมูลภาพเชิงตัวเลข ทั้งนี้จะต้องขึ้นกับขีดความสามารถทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (A/D Converter) ว่าสามารถทำงานได้ที่ความถี่ของการชักตัวอย่าง (Sampling frequency) เท่าไร รวมทั้งช่วงเวลาเข้าถึง (Access time) ของแรม (RAM) ที่ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวก่อนจะถ่ายโอน (Transfer) ข้อมูลดิจิทัลเข้าสู่หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บข้อมูลไว้อย่างถาวรหรือเพื่อการประมวลผลภาพ โดยปกติแล้วตัวแปลง A/D มักนิยมใช้ขนาด 8 บิต เพื่อให้สอดคล้องกับระบบทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2.1 ระบบเก็บภาพดิจิทัล

จากการเก็บข้อมูลภาพดิจิทัลในแต่ละเส้นสแกน ถ้าหากภาพ ๆ หนึ่งมีจำนวนหลายเส้นสแกน ดังนั้นข้อมูลภาพดิจิทัลที่ได้สามารถเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันสองมิติของความเข้มของแสง  $f(x, y)$  โดยค่าของฟังก์ชันจะแสดงถึงค่าความเข้มของแสงที่พิกัดสเปเชียล (Spatial) เป็น  $(x, y)$  ถ้าหากใช้ A/D ขนาด 8 บิต จะพบว่าค่าความเข้มของแสงจะแบ่งออกได้ 28 หรือ 256 ระดับของสีเทา เมื่อค่าระดับสีเทาเป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงต่ำจะให้จุดภาพเป็นสีดำ ในทางตรงกันข้ามถ้าหากค่าระดับสีเทาเป็น 255 แสดงว่าจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงสูงจะให้จุดภาพเป็นสีขาว ส่วนค่าอื่น ๆ ที่อยู่ระหว่างค่าทั้งสองคือ 0 ถึง 255 ก็จะมีระดับสีที่ไล่จากดำไปหาขาวนั่นเอง



ภาพดิจิทัลเมื่อนำมาประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรูปฟังก์ชัน  $f(x, y)$  สามารถเขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ (Matrix) สองมิติ โดยแต่ละมิติจะแทนพิกัดสเปเชียลและค่าสัมประสิทธิ์ของเมตริกซ์จะเป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพนั้น อย่างเช่น ภาพขนาด  $M \times N$  เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ได้เป็น

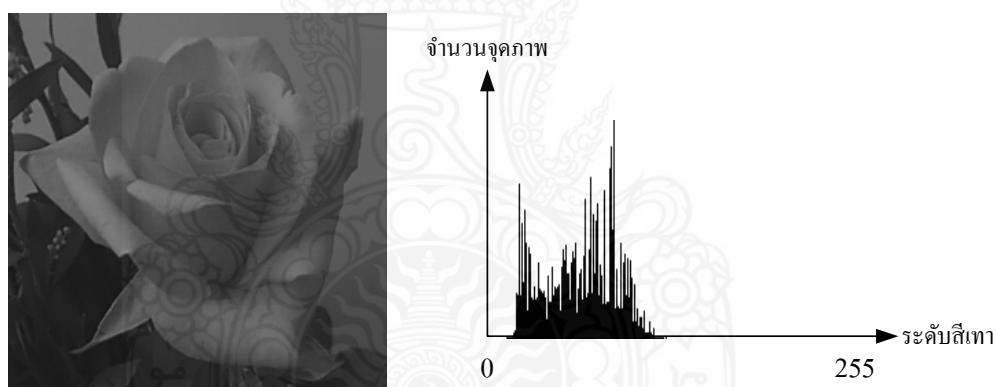
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \cdots & f(M,N) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

และสามารถเขียนอยู่ในรูปเวกเตอร์ (Vector) ได้โดยการดึงข้อมูลภาพทีละแถวในแนวนอน (Row) หรือทีละแถวในแนวตั้ง (Column) การเขียนข้อมูลในรูปเวกเตอร์จะได้ รูปแบบที่กะทัดรัดกว่า และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการประมวลสัญญาณดิจิทัล หนึ่งมิติที่มีอยู่

ในการนำข้อมูลภาพดิจิทัลไปใช้งานด้านต่าง ๆ จะต้องทำการประมวลผล ซึ่งสามารถแบ่งการประมวลผลออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้สองกลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นการประมวลผลเชิงจุด (Point operation) จะเป็นวิธีการประมวลผลอย่างง่าย โดยจะทำการแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพต้นฉบับ (Original image) ให้เป็นค่าระดับสีเทาใหม่ในภาพผลลัพธ์ (Transformed image) หลังการแปลง เทคนิคที่จัดว่าเป็นการประมวลผลเชิงจุดคือ การปรับปรุงฮิสโตแกรม (Histogram modification) เป็นต้น กลุ่มที่สองเป็นการประมวลผลเชิงกลุ่มข้างเคียง (Neighborhood) เป็นวิธีการนำค่าระดับสีเทาของจุดภาพข้างเคียงที่อยู่รอบๆ มาประมวลผลด้วย ซึ่งเทคนิคที่จัดว่าเป็นการประมวลผลเชิงกลุ่มข้างเคียงคือ การกรองสัญญาณภาพ (Filtering) เป็นต้น

ภาพดิจิทัลที่ได้จากระบบเก็บภาพจะอยู่ในรูปเชิงตัวเลข แต่ละจุดภาพจะมีค่าระดับสีเทากำกับอยู่ ปกติแล้วค่าระดับสีเทาของจุดภาพจะถูกเข้ารหัสด้วยตัว A/D ขนาด 8 บิต จึงทำให้ความแตกต่างของระดับสีเทาได้ 256 ระดับ ค่าระดับสีเทานี้เป็นการแสดงค่าความสว่างของจุดภาพ โดยทั่วไปถ้าจุดภาพมีความสว่างมากจะให้ค่าระดับสีเทาสูง แต่ถ้ามีความสว่างน้อยก็ให้ค่าระดับสีเทาต่ำ 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 ถ้าหากทำการตรวจนับจำนวนจุดภาพ

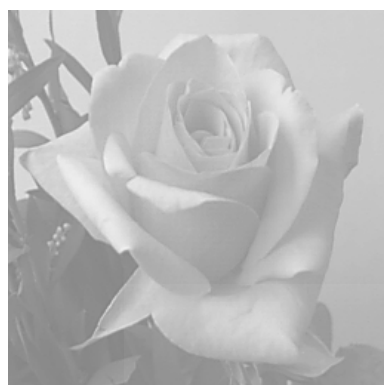
ของแต่ละระดับสีเทาและนำมาแสดงเป็นกราฟแท่งซึ่งเป็นความถี่ของแต่ละระดับสีเทาที่ปรากฏในภาพ กราฟที่ได้นี้เรียกว่าฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพ สำหรับฮิสโตแกรมของภาพสองภาพที่มีรูปร่างกราฟคล้าย ๆ กันไม่ได้หมายความว่าภาพทั้งสองจะเหมือนกัน ทั้งนี้เพราะฮิสโตแกรมของภาพไม่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของจุดภาพ กล่าวคือ จุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาเหมือนกันจากกราฟ ฮิสโตแกรมทั้งสองไม่ได้ปรากฏอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ภาพทั้งสองจึงไม่เหมือนกัน ดังนั้นกราฟฮิสโตแกรมของภาพจะไม่ให้ข้อมูลของลายภาพ (Image texture) แต่จะช่วยบอกแนวโน้มว่าภาพจะสว่างหรือมืด ซึ่งสังเกตได้จากฮิสโตแกรมว่ากลุ่มจุดภาพส่วนใหญ่อยู่ทางด้านไหนของฮิสโตแกรม ถ้ากลุ่มจุดภาพมีค่าต่ำจะได้ภาพค่อนข้างมืดดังตัวอย่างเช่นภาพที่ 2.2(ก) จะให้ฮิสโตแกรมที่สอดคล้องในภาพที่ 2.2(ข) ในกรณีตรงข้ามถ้ากลุ่มจุดภาพส่วนใหญ่ปรากฏทางด้านค่าสูงจะได้ภาพที่สว่างดังภาพที่ 2.3(ก) ซึ่งให้ฮิสโตแกรมที่สอดคล้องในภาพที่ 2.3(ข) พอจะสรุปได้ว่าโดยปกติแล้วถ้าค่าระดับสีเทาเปลี่ยนไปย่อมส่งผลให้ฮิสโตแกรมเปลี่ยน วิธีการแปลงข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงฮิสโตแกรมจะเป็นวิธีการประมวลผลเชิงจุด



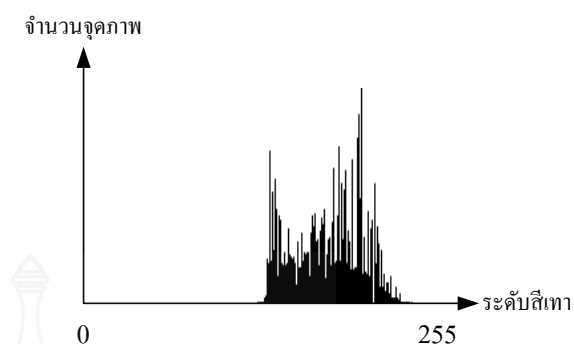
(ก) ภาพที่มีความสว่างต่ำ

(ข) ฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

ภาพที่ 2.2 ภาพที่มีความสว่างต่ำกับฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง



(ก) ภาพที่มีความสว่างสูง



(ข) ฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

ภาพที่ 2.3 ภาพที่มีความสว่างสูงกับฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

### 2.1.2 การทำคอนโวลูชัน (Convolution) สองมิติ

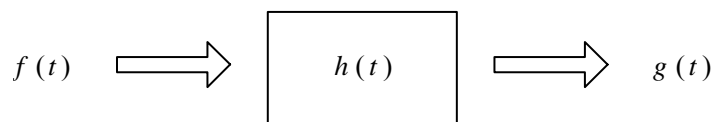
วิธีการทำคอนโวลูชันโดยปกติแล้วจะเป็นวิธีการประมวลผลเชิงกลุ่ม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise removal) การทำเอนแฮนซ์เมนต์ (Enhancement) การตรวจจับเส้นขอบ (Edge detection) ต่าง ๆ ในภาพ เป็นต้น ก่อนที่จะกล่าวถึงการทำคอนโวลูชันเชิงตัวเลขนั้น จะขออธิบายถึงการทำคอนโวลูชันของสัญญาณ ต่อเนื่องในแกนเวลา ก่อน จากปัญหาการวิเคราะห์ระบบถ้าหากมีสัญญาณอนาล็อก  $f(t)$  เป็นสัญญาณอินพุตเข้าสู่ระบบ  $h(t)$  ดังภาพที่ 2.4 จะให้สัญญาณเอาต์พุต (Output) เป็น  $g(t)$  วิธีการพื้นฐานนั้นสัญญาณเอาต์พุตในโดเมน (Domain) เวลา ได้จากการใช้อินทิกรัลแบบซ้อนทับ (Superposition integral) [5] กล่าวคือ

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)h(t - \tau)d\tau \quad (2.2)$$

หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้เป็น

$$g(t) = f(t) * h(t) \quad (2.3)$$

เมื่อ “ \* ” เป็นการทำคอนโวลูชัน



ภาพที่ 2.4 แบบจำลองสัญญาณของระบบเชิงเส้น

ในการทำงานเดียวกันเมื่อนำไปประยุกต์กับสัญญาณสองมิติ โดยให้สัญญาณอินพุต เป็น  $r(\lambda, \eta)$  ถูกป้อนเข้าสู่ระบบ  $h(\lambda, \eta)$  จะให้สัญญาณเอาต์พุตคือ  $g(\lambda, \eta)$

$$g(\lambda, \eta) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega, \Omega) h(\lambda - \omega, \eta - \Omega) d\omega d\Omega \quad (2.4)$$

ในทางปฏิบัติเมื่อข้อมูลภาพมีลักษณะเป็นดิจิทัล และให้  $i$  กับ  $j$  เป็นค่าเต็มหน่วย (Discrete) ของ  $\omega$  กับ  $\Omega$  ในทำงานเดียวกัน  $x$  กับ  $y$  เป็นค่าเต็มหน่วยของ  $\lambda$  กับ  $\eta$  สมการที่ (2.4) เขียนใหม่ได้เป็น

$$g(x, y) = \sum_i \sum_j f(i, j) h(x - i, y - j) \quad (2.5)$$

สมการที่ (2.5) เป็นการทำคอนโวลูชันแบบดิจิทัล โดยจะให้ผลรวมครอบคลุมพื้นที่ของ ตัวแปร  $i$  และ  $j$  ในที่นี้  $f(x, y)$  เป็นภาพต้นฉบับ ขณะที่  $h(x, y)$  เป็นฟังก์ชันระบบ (System function) ซึ่งบางครั้งจะเรียกว่า เทมเพลต (Template) โดยทั่วไปแล้วขนาดของ เทมเพลตจะเล็กกว่าขนาดของภาพต้นฉบับ และมักมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $3 \times 3$  หรือ  $5 \times 5$  จุดภาพ เป็นต้น

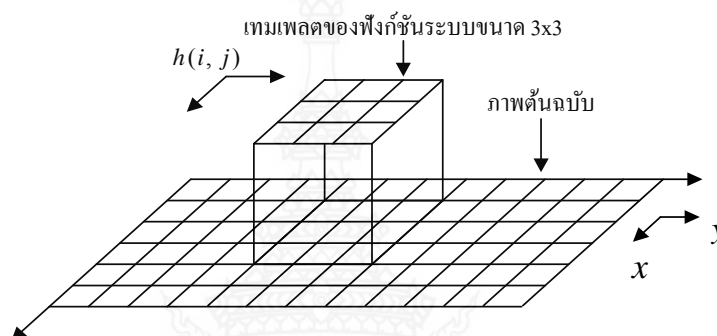
จากคุณสมบัติคอมมิวเตทีฟ (Commutative) ของการคำนวณหาค่าคอนโวลูชัน [6] สมการที่ (2.5) เขียนใหม่ได้เป็น

$$g(x, y) = \sum_i \sum_j f(x - i, y - j) h(i, j) \quad (2.6)$$

ดังนั้นถ้าเทมเพลต มีขนาด  $5 \times 5$  จุดศูนย์กลางของเทมเพลตอยู่ที่ สมการที่ (2.6) จะเขียนเป็น

$$g(x, y) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 f(x - i, y - j) h(i, j) \quad (2.7)$$

การคำนวณค่าคอนโวลูชันของภาพผลลัพธ์  $g$  ที่พิกัด  $(x, y)$  เกิดจากการนำเทมเพลตวางทับบนภาพต้นฉบับ โดยให้จุดศูนย์กลางของเทมเพลต  $h(0,0)$  ซ้อนทับกับจุดภาพในภาพต้นฉบับที่พิกัด  $(x, y)$  จากนั้นทำการคูณค่าเทมเพลตกับจุดภาพในภาพต้นฉบับแบบจุดต่อจุด ก่อนที่จะนำมารวมกันเป็นค่าผลลัพธ์ของการทำคอนโวลูชัน  $g(x, y)$  แต่เนื่องจากการประมวลผลต้องทำตลอดทั้งภาพ ดังนั้นจุดพิกัด  $(x, y)$  จะต้องแปรไปตามแนวนอน และแนวตั้งของภาพต้นฉบับ ลักษณะการทำคอนโวลูชันสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงการคำนวณหาค่าคอนโวลูชัน

ตัวอย่างของเทมเพลตที่ใช้ในการทำแอนแน็สมেন্টภาพขนาด  $3 \times 3$  คือ

$$h(i, j) = \begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{17}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

เทมเพลตในสมการที่ (2.8) จะถูกนำไปคำนวณหาภาพผลลัพธ์  $g(x, y)$  ที่มีการเน้นข้อมูลขอบภาพจากการใช้สมการที่ (2.6) ในการประมวลผลข้อมูลภาพเชิงตัวเลขยังมีการนำเทมเพลตลักษณะอื่น ๆ และขนาดต่าง ๆ มาใช้งาน โดยอาศัยการทำคอนโวลูชันจากสมการที่ (2.6) เป็นหลักดังจะได้กล่าวในบทอื่น ๆ ต่อไป

### 2.1.3 ความเหมือนจริง (Fidelity)

ในการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัลนั้น จะส่งผลทำให้ข้อมูลภาพผลลัพธ์หลังการประมวลผลเปลี่ยนไปจากข้อมูลภาพต้นฉบับ โดยเฉพาะในกรณีของการอัดข้อมูลภาพ (Image data compression) เพื่อลดปริมาณข้อมูลสำหรับส่งผ่านไปในสื่อกลางที่มีความกว้างแถบจำกัด (Band limited) ค่าความแตกต่างของข้อมูลที่เกิดขึ้นนี้คือ ค่าผิดพลาด (Error) ค่าผิดพลาดนี้จะวัดกันแบบจุดภาพต่อจุดภาพ อย่างเช่นจุดภาพที่พิกัด  $(x, y)$  ของภาพต้นฉบับมีค่าเป็น  $f(x, y)$  และหลังการประมวลผลจะให้ค่าเป็น  $g(x, y)$  ซึ่งค่าผิดพลาดที่พิกัดดังกล่าวคือ

$$e(x, y) = f(x, y) - g(x, y) \quad (2.9)$$

เนื่องจากข้อมูลภาพจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม โดยจะประกอบด้วยจุดภาพต่าง ๆ ในแกนแนวนอนและแกนแนวตั้ง การหาค่าผิดพลาดรวมต้องนำเอาค่าผิดพลาดของแต่ละจุดภาพมารวมกัน ปัญหาที่เกิดขึ้นคือค่าผิดพลาดของจุดภาพต่าง ๆ จะมีทั้งค่าบวกและค่าลบปะปนกันอยู่ ซึ่งจะเกิดการหักล้างกันเองของค่าผิดพลาด ดังนั้นในการแก้ปัญหาดังกล่าวค่าผิดพลาดที่ได้จะคำนวณอยู่ในรูปกำลังสอง ที่รู้จักกันในนามค่ารากของกำลังสองเฉลี่ย (Root-mean-square Error) ถ้าหากภาพหนึ่งภาพใดมีขนาด  $M \times N$  จุดภาพ การคำนวณหาค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยคือ

$$e_{rms} = \left[ \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} e^2(x, y) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.10)$$

หรือ

$$e_{rms} = \left[ \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{f(x, y) - g(x, y)\}^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

ค่า  $e_{rms}$  นี้จะเป็นตัววัดความเหมือนจริงของข้อมูลภาพต้นฉบับกับข้อมูลภาพหลังการประมวลผล

ในบางครั้งการวัดความเหมือนจริงอาจทำได้อีกรูปแบบโดยการวัดจากอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio : SNR) เมื่อถือว่าข้อมูลภาพหลังการประมวลผล  $n(x, y)$  นั้นเกิดจากข้อมูลภาพต้นฉบับที่ถูกรวมเข้ากับสัญญาณรบกวน กล่าวคือ

$$n(x, y) = f(x, y) + e(x, y) \quad (2.12)$$

ดังนั้นค่ากำลังสองเฉลี่ยของ SNR คำนวณได้จาก

$$SNR_{rms} = \frac{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f^2(x, y)}{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} e^2(x, y)} \quad (2.13)$$

หรือ

$$SNR_{rms} = \frac{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f^2(x, y)}{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \{n(x, y) - f(x, y)\}^2} \quad (2.14)$$

อย่างไรก็ตาม การอาศัยค่ารากของกำลังสองเฉลี่ยกับค่ากำลังสองเฉลี่ยของ SNR ที่กล่าวมานี้ ไม่สามารถจะนำมาเป็นเกณฑ์เพียงอย่างเดียวในการตัดสินใจว่าภาพมีคุณภาพดีหรือไม่ โดยทั่วไป จะต้องนำสายตาของมนุษย์มาช่วยพิจารณาประกอบด้วย ที่เป็นเช่นนี้เพราะระบบการมองเห็นของมนุษย์จะมีลักษณะพิเศษ กล่าวคือ ระบบการมองเห็นของตาจะไวต่อความเข้มของแสงในรูป ลอการิทึม (Logarithm) ดังนั้นค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในบริเวณที่มีมืดของภาพจะเห็นได้ชัดเจนกว่าค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในบริเวณที่สว่าง อีกทั้งระบบการมองเห็นจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของจุดภาพซึ่งเป็นบริเวณที่มีความถี่สูง ดังนั้นถ้าหากภาพสองภาพที่มีค่าความผิดพลาดเท่า ๆ กัน แต่ภาพแรกเกิดค่าความผิดพลาดในบริเวณความถี่ต่ำ แต่อีกภาพเกิดค่าความผิดพลาดในบริเวณความถี่สูง จะพบว่ามนุษย์จะสังเกตเห็นความผิดพลาดได้อย่างชัดเจนในภาพที่สอง ซึ่งจะทำให้มีการสรุปว่าภาพแรกมีคุณภาพดีกว่าภาพที่สองนั่นเอง

edition, Maxwell Macmillan International Editions, 1992.

### 2.1.4 ฮิสโตแกรมของภาพ

ฮิสโตแกรมของภาพซึ่งเป็นกราฟแท่งที่แสดงถึงจุดจำนวนภาพแต่ละระดับของความเข้มสีในแต่ละระดับ ซึ่งอยู่ในช่วงปิด  $[0, 255]$  โดยแกนนอนแสดงถึงระดับสีเทา (Gray Level) และแกนตั้งแสดงถึงจำนวนจุดภาพ การกระจายตัวของฮิสโตแกรมจะทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของภาพคร่าวๆได้ว่าเป็นภาพที่มีลักษณะเป็นภาพที่มีมืด หรือภาพสว่าง โดยอาศัยหลักการพิจารณาความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพ ถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านซ้ายมาก ภาพที่ออกมาจะมีความมืดและถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางขวามาก ภาพที่ออกมาจะมีความสว่างมาก ดังนั้น ฮิสโตแกรมจึงนับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการปรับปรุงภาพอย่างหนึ่ง

### 2.1.5 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 2.15, 2.16 และ 2.17

$$X = X_{m1} \cup X_{m2} \cup X_{m3} \dots \cup X_{mm} \quad (2.15)$$

โดยที่

$$X_{m1} = \{X(i, j) | X(i, j) \leq X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad \text{และ} \quad (2.16)$$

$$X_{m2} = \{X(i, j) | X(i, j) > X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad (2.17)$$

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 2.18 และ 2.19 ตามลำดับ



$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L} \quad \text{เมื่อ } k = 0, 1, \dots, m \quad \text{และ} \quad (2.18)$$

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U} \quad (2.19)$$

เมื่อ  $k = m+1, m+2, \dots, L-1$  โดยที่  $n_L^k$  และ  $n_U^k$  เป็นจำนวนจุดภาพในระค่าสีเทาที่  $X_k$  ของภาพย่อยที่  $\mathbf{X}_L$  และ  $\mathbf{X}_U$  และ  $n_L$  และ  $n_U$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่  $\mathbf{X}_L$  และ  $\mathbf{X}_U$  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 2.20 และ 2.21 ตามลำดับ

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^m p_L(X_j) \quad \text{และ} \quad (2.20)$$

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^{L-1} p_U(X_j) \quad (2.21)$$

เมื่อ  $X_k = x$  ดังนั้น จะได้ว่า  $c_L(X_m) = 1$  และ  $c_U(X_{L-1}) = 1$  ด้วยเช่นกัน ในทำนองเดียวกันกับวิธีการของ HE[1] สามารถเขียนฟังก์ชันส่งผ่านเพื่อใช้สำหรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาเดิมเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ได้จากสมการที่ 2.22 และ 2.23 ตามลำดับ

$$f_{m1}(x) = X_0 + (X_{m1} - X_0) \cdot c_{m1}(x) \quad \text{และ} \quad (2.22)$$

$$f_{m2}(x) = X_{m1} + (X_{m2} - X_{m1}) \cdot c_{m2}(x) \quad \text{และ} \quad (2.23)$$

$$f_{m3}(x) = X_{m2} + (X_{m3} - X_{m2}) \cdot c_{m3}(x) \quad \text{และ} \quad (2.24)$$

$$f_{m4}(x) = X_{m3} + (X_{L-1} - X_{m3}) \cdot c_{m4}(x) \quad (2.25)$$

จากสมการที่ 2.22 และ 2.23 การปรับเท่าสีโตแกรมจะถูกการปรับเท่าอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ดังอธิบายได้จากสมการที่ 2.24 และ 2.25

$$\mathbf{Y} = \{Y(i, j)\} \quad (2.26)$$

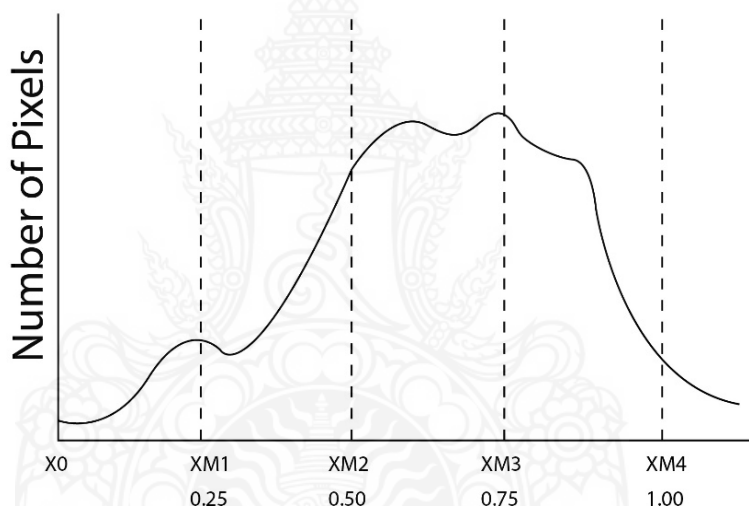
$$\mathbf{Y} = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (2.27)$$

เมื่อ

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (2.28)$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (2.29)$$

จากสมการที่ 2.26 และสมการที่ 2.27 ถ้า  $0 \leq c_L(x), c_U(x) \leq 1$  แล้ว จะพบว่าการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพย่อย  $X$  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 ดังนั้นความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยสมการดังกล่าวส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของภาพผลลัพธ์ของ  $X_L$  ในช่วง  $X_0$  ถึง  $X_m$  มีค่าสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ค่าเฉลี่ยของภาพผลลัพธ์ของ  $X_U$  ในช่วง  $X_{m+1}$  ถึง  $X_{L-1}$  มีค่าต่ำลงเช่นกัน



ภาพที่ 2.6 รูปภาพการแบ่งฮิสโตแกรมภาพต้นฉบับออกเป็นหลายส่วน

### 2.1.6 หลักการปรับเท่าฮิสโตแกรม

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

$$p(X_k) = \frac{n_k}{N} \quad (2.30)$$

สำหรับค่า  $k = 0, 1, \dots, L - 1$ , เมื่อค่า  $n^k$  แสดงจำนวนครั้งที่ระดับค่า  $X_k$  ปรากฏว่าได้ค่าข้อมูล นำเข้าสู่ค่า  $X$  และค่า  $N$  เป็นจำนวนรวมตัวอย่าง ผลลัพธ์ข้อมูลนำเข้า แสดงค่า  $p(X_k)$  เป็นค่า เชื่อมโยงกับฮิสโตแกรม ในการนำผลลัพธ์จากภาพที่ได้เสนอเป็นจำนวนพิกเซล เป็นค่าเฉพาะความหนาแน่น แสดงเป็นค่า  $x_k$  ในความเป็นจริง, พล็อต ของค่า  $n^k$  เมื่อเทียบกับค่า  $X_k$  คือ ค่าฮิสโตแกรมของ  $X$  ขึ้นอยู่กับพื้นฐานค่าความน่าจะเป็นฟังก์ชันค่าความหนาแน่น ซึ่ง สามารถคำนวณเป็นสูตรดังนี้

$$c(x) = \sum_{j=0}^k p(X_j) \quad (2.31)$$

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

$$f(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(x) \quad (2.32)$$

ดังนั้น ผลลัพธ์จากหลักการเท่ากันของฮิสโตแกรม  $y = \{y(i, j)\}$  สามารถแสดงผลดังนี้

$$y = f(x) \quad (2.33)$$

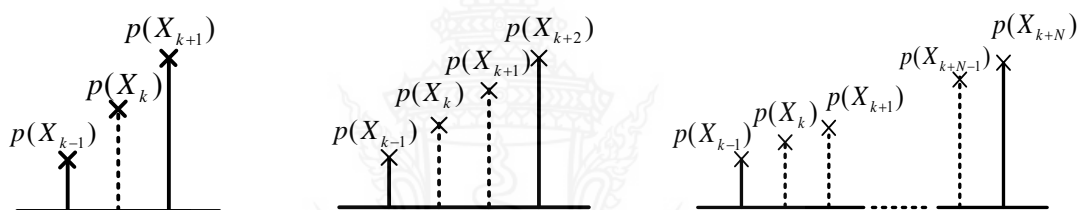
$$y = \{f(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X\} \quad (2.34)$$

แนวคิดและวิธีการของ MBEBH ได้เสนอวิธีเพื่อแก้ปัญหาความแตกต่างของระดับสีเทาที่ไม่ชัดเจนที่ปรากฏอยู่ในภาพ โดยจะแบ่งฮิสโตแกรมของภาพออกเป็นสองกลุ่มจากค่าของขีดเริ่มเปลี่ยนโค้ง (Threshold :  $X_T$ ) ในกลุ่มที่หนึ่งจะแบ่งช่วงจากค่าระดับสีเทาค่ำสุดจนถึงค่า  $X_T$  และในส่วนที่สอง จะเริ่มจาก  $X_T$  จนถึงระดับสีเทาสูงสุด และทำการปรับเรียงทั้งสองกลุ่มอย่างเป็นอิสระเพื่อที่จะรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับให้มากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้มีแนวโน้มที่ให้ผลดี แต่ยังคงมีจุดอ่อนเนื่องจากการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะทำการยกจำนวนจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งของขีดเริ่มเปลี่ยนไปใช้ทุกจุดภาพจึงยังคงปรากฏแนวทางที่จะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น

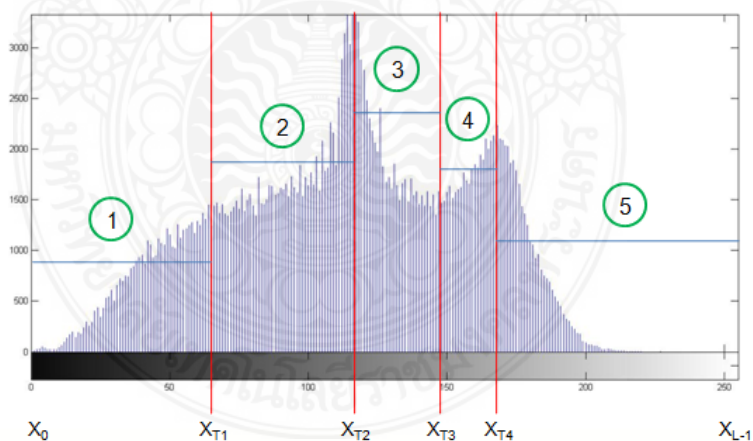
### 2.1.7 เทคนิคการตรวจจับตำแหน่งพิกของฮีสโตแกรม

การแบ่งพิกฮีสโตแกรมไม่สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละค่าระดับสีเทาจะมีการแกว่งขึ้นลงไปมาอย่างไม่แน่นอนและค่าความน่าจะเป็นของบางระดับค่าระดับสีเทาอาจไม่มีค่าข้อมูลเลยดังนั้นต้องปรับปรุงฮีสโตแกรมก่อนเพื่อให้เห็นรูปร่างฮีสโตแกรมโดยมีลำดับขั้นตอนในการปรับปรุงฮีสโตแกรม

1. การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น
2. การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน
3. การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน
4. การหาตำแหน่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพิกฮีสโตแกรมหรือเทอร์ชโฮล (Threshold)



ภาพที่ 2.7 การสอดแทรกแท่งกราฟฮีสโตแกรมที่ขาดหายไป



ภาพที่ 2.8 การแบ่งฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกสูง

จากนั้นกลุ่มฮิสโตแกรมย่อยจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมแยกกันอย่างอิสระดังนั้นถ้าภาพต้นฉบับเดิม  $X$  จะถูกแบ่งออกเป็นภาพย่อยจะแต่ละพิกเซลจำนวนจุดภาพเป็น ค่า PDF ของระดับสีเทาในแต่ละพิกเซล

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแบ่งกลุ่มโดยอาศัยทั้งจำนวนจุดภาพและระดับสีเทาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่มของภาพก่อนทำการปรับเรียบฮิสโตแกรมให้แต่ละกลุ่มอย่างอิสระต่อกันสำหรับผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยลดค่า AMBE ลงได้อีก ซึ่งวิธีการที่นำเสนอมีขั้นตอนและหลักการดังนี้

1. คำนวณหาค่าระดับของขีดเริ่มเปลี่ยนจากความหนาแน่นสะสม
2. แยกฮิสโตแกรมต้นฉบับออกเป็นส่วนๆตามกลุ่มที่กำหนดไว้ซึ่งได้มาจากจำนวนระดับของขีดเริ่มเปลี่ยน
3. ปรับเรียบฮิสโตแกรมเป็นส่วนๆตามที่ได้แยกออกไปแล้วตามข้ออย่างอิสระ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกเซลสูง-ต่ำ
4. คำนวณหาค่า AMBE ในแต่ละกลุ่ม

การคำนวณค่าเฉลี่ยของของความสว่างของภาพ  $X$  คือ  $\bar{X}$  จะสามารถนิยามจาก

$$\bar{X}_{Original} = \frac{\sum_{i=0}^{255} f_i g_i}{\sum_{i=0}^{255} f_i} \quad (2.35)$$

เมื่อ  $g_i$  เป็นความถี่ของระดับสีเทา

$f_i$  เป็นระดับสีเทา

แต่เนื่องจากเราแบ่งฮิสโตแกรมเดิมออกเป็น 4 กลุ่ม นั้นคือต้องคำนวณหาระดับขีดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสม 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 กลุ่มแล้วจำนวนจุดภาพในแต่ละกลุ่มจะมีค่าเท่ากับ  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  และ  $N_4$  ดังนั้น จุดภาพรวม(Total pixel) หาได้จาก

$$N_T = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (2.36)$$

เนื่องจาก

$$\bar{X}_T = \frac{\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \bar{X}_3 N_3 + \bar{X}_4 N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \quad (2.37)$$

หรือ

$$\bar{X}_1 N_1 + \bar{X}_2 N_2 + \bar{X}_3 N_3 + \bar{X}_4 N_4 = N_T \bar{X}_T \quad (2.38)$$

ต้องการให้  $N_T \bar{X}_T = N_T \bar{X}_{original}$  เมื่อ  $\bar{X}_{original}$  เป็นค่าเฉลี่ยเดิม  
จากภาพต้นฉบับ แต่เนื่องจาก

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i}{N_1} \quad \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i}{N_2} \quad \bar{X}_3 = \frac{\sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i}{N_3} \quad \bar{X}_4 = \frac{\sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i}{N_4} \quad (2.39)$$

จะได้

$$\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i + \sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i = N_T \bar{X}_{original} \quad (2.40)$$

กรณีแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อให้่ายในการวิเคราะห์จึงบังคับเงื่อนไขว่า

$$\sum_{i=0}^{X_{T1}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T1}+1}^{X_{T2}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T2}+1}^{X_{T3}} f_i g_i = \sum_{i=X_{T3}+1}^{255} f_i g_i = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.41)$$

และเมื่อได้สมการ 2.41 จึงทำการปรับเรียงฮิสโตแกรมในกลุ่มแรก แต่เนื่องจาก โอกาสที่จะให้แต่ละกลุ่มเป็นไปตามสมการ ทำได้ยาก ตัวอย่างเช่น ในกลุ่มแรกถ้าเลือก  $X_{T1}$  คือ  $g_5$  หรือ  $g_6$  จะได้สมการนี้

$$\text{แต่} \quad \sum_{i=0}^5 f_i g_i < \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad \sum_{i=0}^6 f_i g_i > \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.42)$$

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่ำ จึงต้องปรับย้ายจุดภาพจากระดับสีเทาบางจุดใน  $g_6$  ให้กลายเป็นจุดภาพระดับสีเทา  $g_5$  เพื่อให้ได้ตามสมการที่ 2.42 จำนวนจุดภาพที่ต้องปรับย้ายมาจาก  $g_6$  มาเป็น  $g_5$  คือ  $Y_1$  หาได้จากสมการที่ 2.43 และ 2.44

$$f_0g_0 + f_1g_1 + f_2g_2 + f_3g_3 + f_4g_4 + (f_5 + y_1)g_5 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.43)$$

จะได้

$$y_1 = \frac{\frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} - (f_0g_0 + f_1g_1 + f_2g_2 + f_3g_3 + f_4g_4 + f_5g_5)}{g_5} \quad (2.44)$$

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

ดังนั้น

$$f_0g_0 + f_1g_1 + f_2g_2 + f_3g_3 + f_4g_4 + (f_5 + y_1)g_5 + E_1 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} \quad (2.45)$$

ถึงแม้จะมีการย้ายกลุ่มจุดภาพแล้ว จะยังคงเกิดค่าความคลาดเคลื่อนอีกเล็กน้อยยกเว้นคือ  $E_1$  ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$E_1 = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} - (f_0g_0 + f_1g_1 + \dots + f_4g_4 + (f_5 + y_1)g_5) \quad (2.46)$$

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

ก็จะได้ว่า

$$(f_6 - y_1)g_6 + f_7g_7 + \dots + f_{19}g_{19} + (f_{20} + y_2)g_{20} = \frac{1}{4} N_T \bar{X}_{original} + E_1 \quad (2.47)$$

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

$$y_2 = \frac{\left(\frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} + E_1\right) - (f_6 g_6 + \dots + f_{19} g_{19} + (f_{20} g_{20}))}{g_{20}} \quad (2.48)$$

เนื่องจาก  $y_2$  ต้องเป็นจำนวนเต็มนั่นเอง จึงเกิดความคลาดเคลื่อนจากกลุ่มที่ 2 คือ  $E_2$  คำนวณได้จาก

$$E_2 = \left(\frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} + E_1\right) - (f_6 g_6 + \dots + f_{19} g_{19} + (f_{20} + y_2)g_{20}) \quad (2.49)$$

เมื่อได้  $E_2$  แล้ว ก็นำไปหาค่า  $E_3$  เช่นเดียวกับสมการที่ 2.45 และ 2.48 การปรับย้ายจุดจะทำไปจนถึงกลุ่มรองสุดท้ายโดยกลุ่มสุดท้ายจะไม่สามารถปรับย้ายจุดภาพได้อีกเพราะได้จุดภาพรวมครบทั้งภาพแล้ว

$$E_3 = \left(\frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} + E_2\right) - ((f_{21} - y_2)g_{21} + \dots + (f_{T_3} + y_3)g_{T_3}) \quad (2.50)$$

และ

$$E_4 = \left(\frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} + E_3\right) - ((f_{T_{3+1}} - y_3)g_{T_{3+1}} + \dots + f_{255} g_{255}) \quad (2.51)$$

ดังนั้น  $E_4$  จะเป็น Total Error กล่าวคือ

$$E_4 = \left(\frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} + E_2\right) - \overbrace{\left\{((f_{21} - y_2)g_{21} + \dots + (f_{T_3} + y_3)g_{T_3})\right\}}^{E_3} - \left\{((f_{T_{3+1}} - y_3)g_{T_{3+1}} + \dots + f_{255} g_{255})\right\} \quad (2.52)$$

และเมื่อแทน  $E_2$  ลงในสมการที่ 2.52 จะได้ว่า

$$E_4 = \frac{1}{4}N_T \bar{X}_{original} - ((f_0 g_0 + \dots + (f_{T_1} + y_1)g_{T_1}) + ((f_{T_{1+1}} - y_1)g_{T_{1+1}} + f_{T_{1+2}}g_{T_{1+2}} + \dots + (f_{T_2} + y_2)g_{T_2} + (f_{T_{2+1}} - y_2)g_{T_{2+1}} + \dots + (f_{T_3} + y_3)g_{T_3}) + (f_{T_{3+1}} - y_3)g_{T_{3+1}} + \dots + f_{L-1}g_{L-1})) \quad (2.53)$$



$E_4$  จะเท่ากับศูนย์ ถ้า  $y_1, y_2, y_3$  มีค่าเป็นศูนย์

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

$M$  คือ จำนวนกลุ่มที่แบ่งตามตัวอย่างที่ยกมาเป็น 4 กลุ่ม

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

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

## 2.1.8 การตรวจวัดคุณภาพของภาพ

2.1.8.1 AMBE เป็นการตรวจสอบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพทั้งหมด สามารถหาได้ดังสมการ

$$x = \frac{\sum_n^N = 1 \sum_N^M = 1^x nm}{NxM} \quad (3.4)$$

ถ้ากำหนดให้  $E(X)$  และ  $E(Y)$  เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ได้กำหนดตัววัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่างหรือ AMBE

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

2.1.8.2 PSNR เป็นการหาค่าความผิดพลาดในเชิงตัวเลขของการประมวลผลภาพนิยมใช้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความผิดเพี้ยนจากภาพต้นฉบับน้อยสามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M A \sum_{j=1}^N [W(i, j) - O(i, j)]^2 \quad (3.5)$$

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 เราเลือกใช้ PSNR ในการวัดคุณภาพรวมของภาพผลลัพธ์ จากข้อ 3.5 ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมอย่างแพร่หลาย ค่า PSNR สามารถหาได้จากสมการ

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{Peak^2}{MSE} (dB) \quad (3.6)$$

โดย PSNR คือ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด  
 MSE คือ ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย  
 Peak คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลซึ่งในที่นี้ คือ 255 เพราะค่าในแต่ละพิกเซลของภาพคือ 255  
 ดังนั้น วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะขอเสนอการปรับปรุงภาพด้วยวิธีมัลติ-พีคฮิสโตแกรม (Multi-Peak Histogram) ที่มีวัตถุประสงค์ปรับปรุงภาพผลลัพธ์ให้มีค่าเฉลี่ยความสว่างใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับให้ได้มากที่สุด

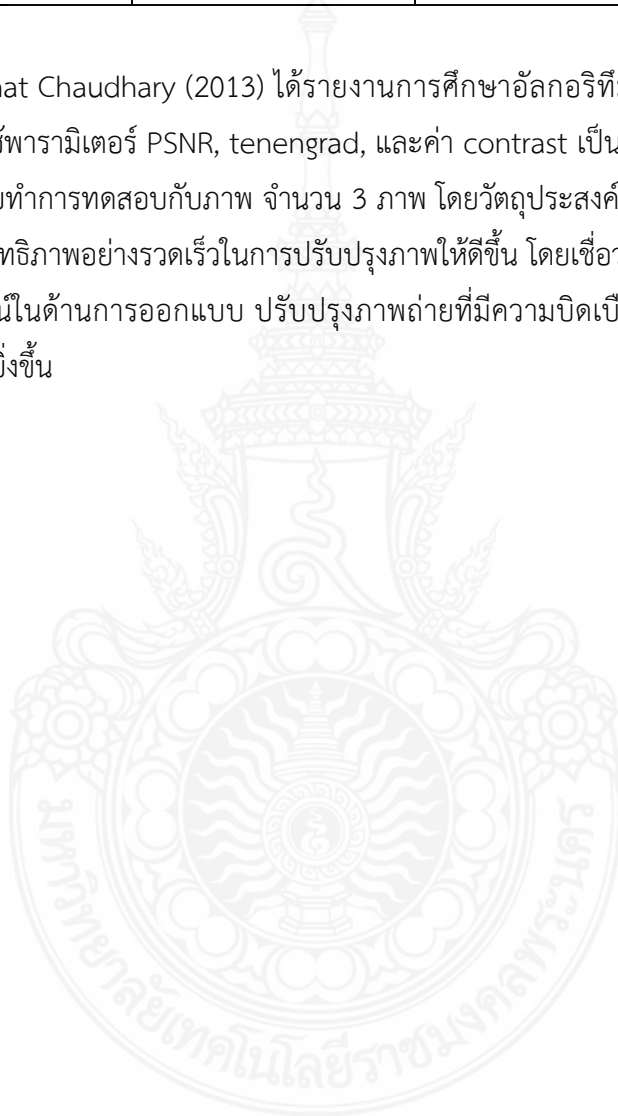
## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dinesh Sonker (2013) ได้รายงานการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรมด้วย 3 วิธี ได้แก่ CLAHE, DSIHE และ DHE สำหรับภาพ Gray Scale ที่มีความคมชัดต่ำทำการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยพื้นฐานของการเปรียบเทียบได้พิจารณาจากค่า PSNR, MSE, Normalized absolute error (NAE), Normalized Correlation และความสัมพันธ์เรื่องข้อผิดพลาดของสี และอัตราส่วนระหว่างคอมโพสิตสัญญาณสูงสุดต่อสัญญาณรบกวน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า จากการศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่า วิธี DSIHE มีค่า AMBE ต่ำที่สุด โดยมีค่าคมชัดมากที่สุด

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) ได้รายงานการศึกษาลกอริทึม การปรับเท่าสีสโตแกรม ชนิดต่างๆ แล้วใช้พารามิเตอร์ PSNR, tenengrad, และค่า contrast เป็นตัวแสดงผลเปรียบเทียบผลแต่ละเทคนิค โดยทำการทดสอบกับภาพ จำนวน 3 ภาพ โดยวัตถุประสงค์ของการรายงานนี้คือการใช้เทคนิคเพิ่มประสิทธิภาพอย่างรวดเร็วในการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น โดยเชื่อว่าผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการออกแบบ ปรับปรุงภาพถ่ายที่มีความบิดเบือนของภาพสูง ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ของภาพที่ดียิ่งขึ้น



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาคงความไม่ชัดเจนในรายละเอียดของภาพ ด้วยการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ โดยการปรับความคมชัดและปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างเหมาะสม ด้วยการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคของฮิสโตแกรม ซึ่งตำแหน่งในการแบ่งกำหนดเป็น 3 กรณีนี ได้แก่ แบ่ง ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ แล้วทำการประเมินภาพ โดยยังคงรักษาข้อมูลต่าง ๆ ภายในภาพผลลัพธ์ได้อย่างครบถ้วน

#### 3.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1.1. หาข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้วทำการศึกษาโดยทำการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ จากฐานข้อมูลจากห้องสมุดในมหาวิทยาลัยของรัฐและฐานข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นหาข้อมูลการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยผ่านทางเว็บไซต์ โดยงานวิจัยที่ต้องทำการศึกษาหาข้อมูล ได้แก่ รูปแบบและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการปรับเท่าฮิสโตแกรมจากวิธีการต่าง

3.1.2. ศึกษาวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรม

3.1.3. ศึกษาการวิเคราะห์ภาพผลลัพธ์ ด้วยค่าเฉลี่ยความผิดพลาดความสว่างให้ต่ำสุด (Minimum AMBE)

3.1.4. เขียนโปรแกรม MATLAB โดยมี Flow chart ดังภาพ โดยมีลำดับกระบวนการ ดังนี้

(1) รับค่าภาพอินพุต เข้ามา ซึ่งในโปรแกรมนี้จะใช้ภาพ Aerial, Baboon , Barbara, Boat, Couple, F16, Fingerprint, Hill, House, Lena, Man, Peppers, Splash, Tank, Cameraman, Clock, Girl, Jelly\_Beans และ Airplane2

(2) หาฮิสโตแกรมของภาพ

(3) การตรวจจับหาตำแหน่งพีคของฮิสโตแกรม

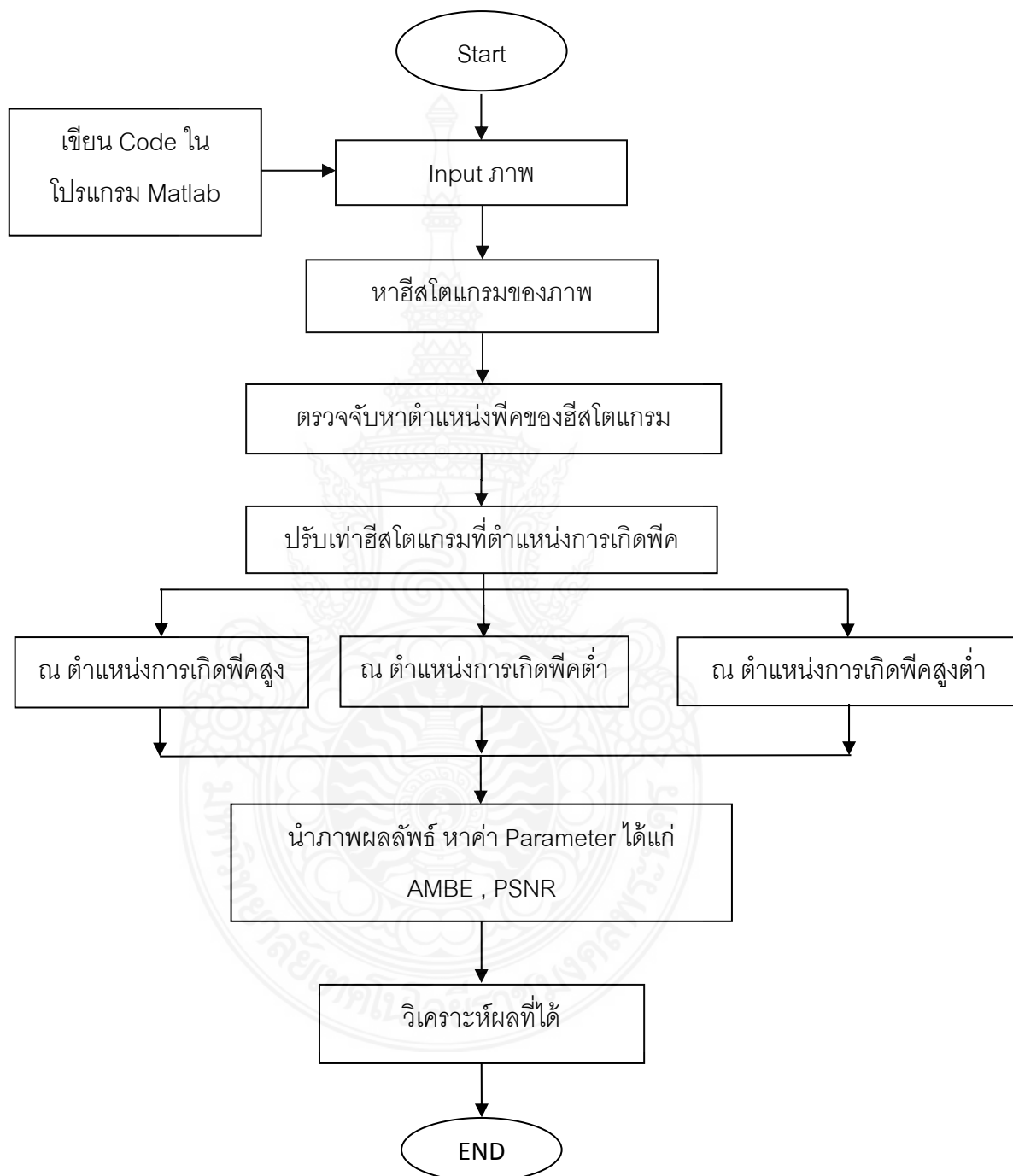
(4) ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ตำแหน่งการเกิดพีค 3 กรณีนี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง ,ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ ,ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ

(5) นำภาพผลลัพธ์ที่ได้ ไปคำนวณหาค่า AMBE และ PSNR

(6) วิเคราะห์ผลที่ได้ค่า Parameter ที่ได้

(7) สรุปผลที่ได้ทั้งหมด

(8) การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการทำ (Flow Chart)

### 3.3 ศึกษาการรับภาพเข้าโปรแกรม

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

ชนิดภาพสี ขนาด 256x320x3 Bytes 245760 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  $256 \times 256$  โดยมีจุดภาพแสดงด้วยเมตริกซ์ของภาพ โดยแต่ละจุดจะกำหนดให้เป็นค่าความเข้ม (Intensity) ของจุดภาพ ณ ตำแหน่งนั้นๆ จะมีค่าอยู่ในช่วงปิด  $[0, 255]$  โดยแทนค่าระดับ 0 เป็นสีดำและแทนค่าระดับ 255 เป็นสีขาว

### 3.4 ศึกษาวิธีปรับเท่าฮิสโตแกรม

3.3.1 ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเข้มของจุดภาพ ซึ่งแทนด้วยตัวแปร  $k$

$$p(k) = \frac{n_k}{N} \quad (3.1)$$

โดยที่  $n_k$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อยที่มีค่าระดับสีเทาเป็น  $k$  และ  $N$  เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพย่อย

3.3.2 คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังสมการ

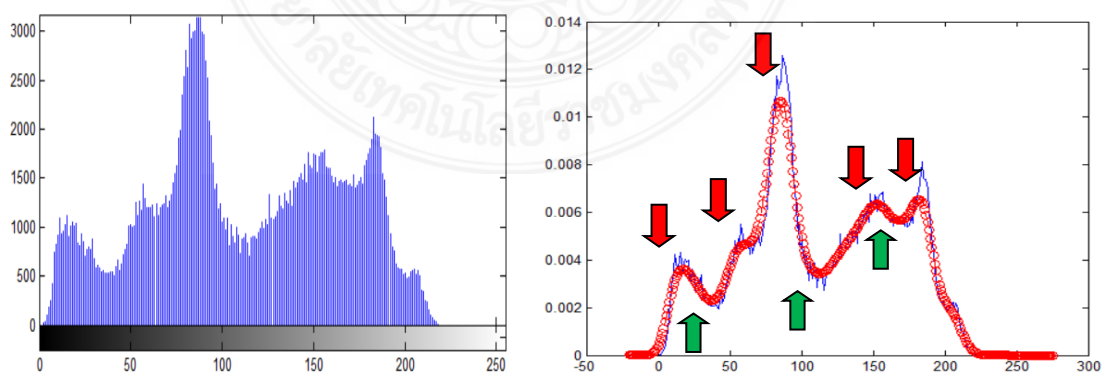
$$\sum_{i=0}^k p(k) \quad (3.2)$$

3.3.3 คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังนี้

$$F(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(k) \quad (3.3)$$

โดย  $X_0$  เป็นค่าระดับสีเทาท่ำสุด ในพื้นที่ย่อย และ  $X_{L-1}$  เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อย

3.5 ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูงต่ำ



ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งการเกิดพีค

### 3.6 คำนวณหาค่า AMBE ,PSNR

ผลภาพที่ได้จากข้อ 3.5 ให้นำมาหาค่า AMBE และ PSNR โดยสามารถทำได้ ดังนี้

3.6.1 AMBE สามารถหาได้ดังสมการ

$$X = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M x_{nm}}{N \times M} \quad (3.4)$$

3.6.2 PSNR เป็นการหาค่าความผิดพลาดในเชิงตัวเลขของการประมวลผลภาพนิยมใช้ค่า MSE สามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M A \sum_{j=1}^N [W(i, j) - O(i, j)]^2 \quad (3.5)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{Peak^2}{MSE} (dB) \quad (3.6)$$

### 3.7 สรุปผลการทดลอง

ทำการพิจารณาผลที่ได้ โดยพิจารณาจากค่า AMBE ,PSNR โดยเปรียบเทียบค่าของภาพก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพของภาพ



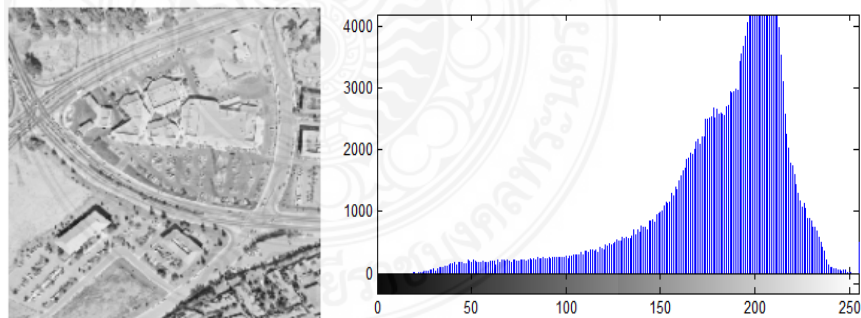
## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 บทนำ

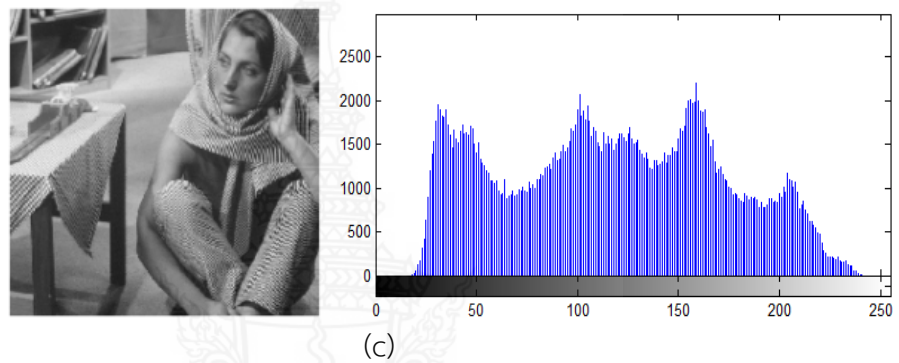
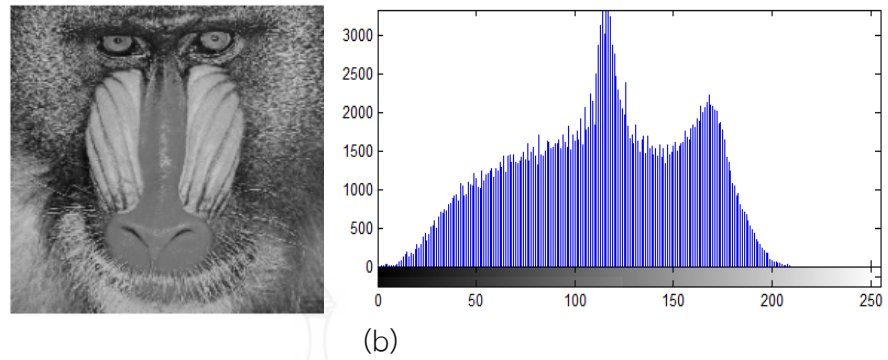
บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคของฮิสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ เมื่อได้ภาพผลลัพธ์จากกระบวนการข้างต้นนำไปหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ ซึ่งเป็นกระบวนการวัดค่าผิดพลาดระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความสว่างที่สูญหายไประหว่างการปรับเท่าฮิสโตแกรมภาพและนำภาพผลลัพธ์ไปหาค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด เพื่อเปรียบเทียบความผิดเพี้ยนจากภาพต้นฉบับ

### 4.2 รูปภาพที่นำมาทดสอบ

รูปภาพที่นำมาใช้ทดสอบเป็นภาพมาตรฐานที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานประเภทประมวลผลภาพ 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



(a)

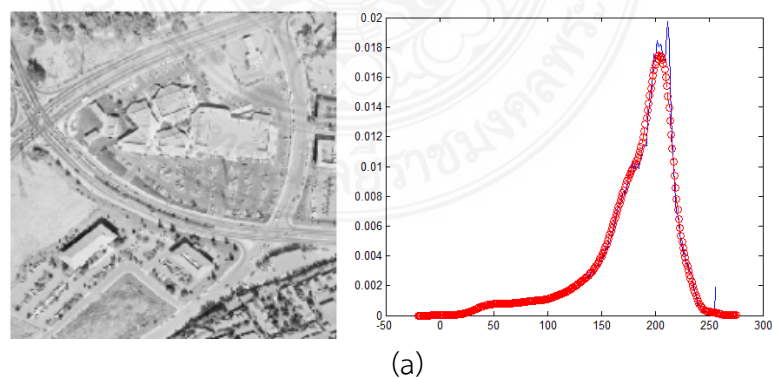


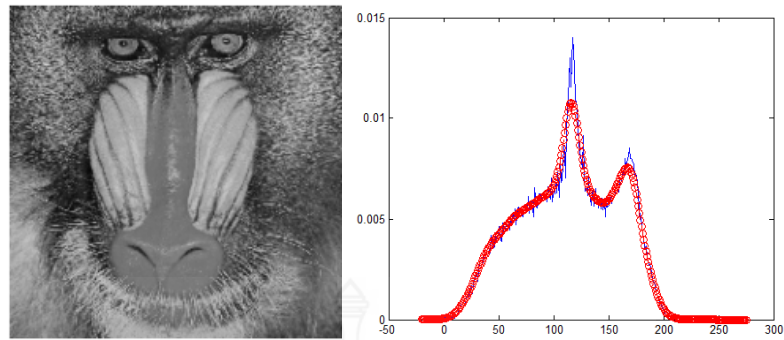
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพต้นฉบับที่นำมาใช้ทดสอบและฮิสโตแกรม

(a) รูปภาพ Aeria ต้นฉบับ (b) รูปภาพ Baboon ต้นฉบับ (c) รูปภาพ Barbara ต้นฉบับ

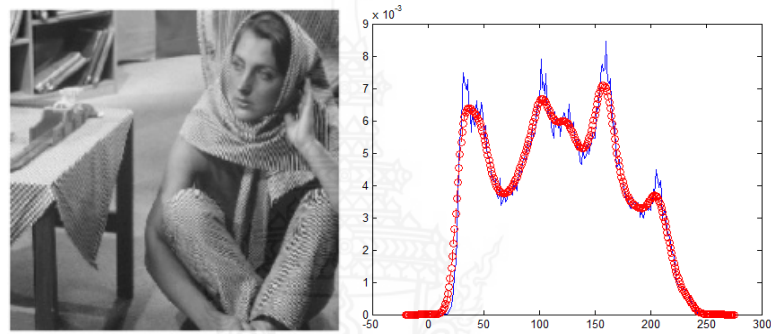
#### 4.3 การตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม

การพิจารณาตำแหน่งการเกิดจุดพิก ฮิสโตแกรมได้ผ่านการทำ Filter เพื่อให้เห็นตำแหน่งการเกิดจุดพิกแท้จริง





(b)



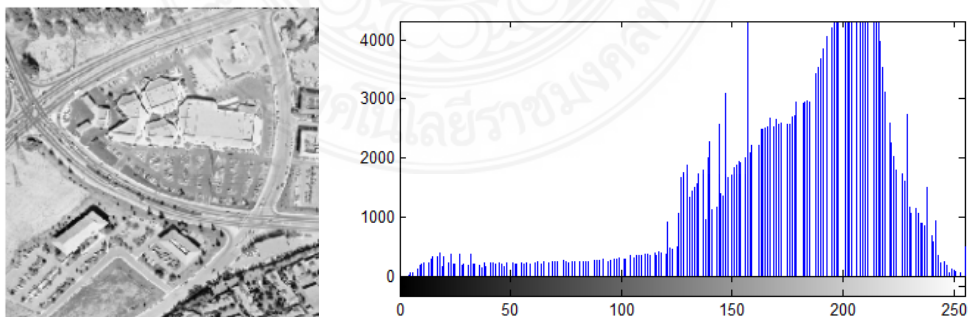
(c)

ภาพที่ 4.2 ฮิสโตแกรมหลังจากผ่านการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพิก

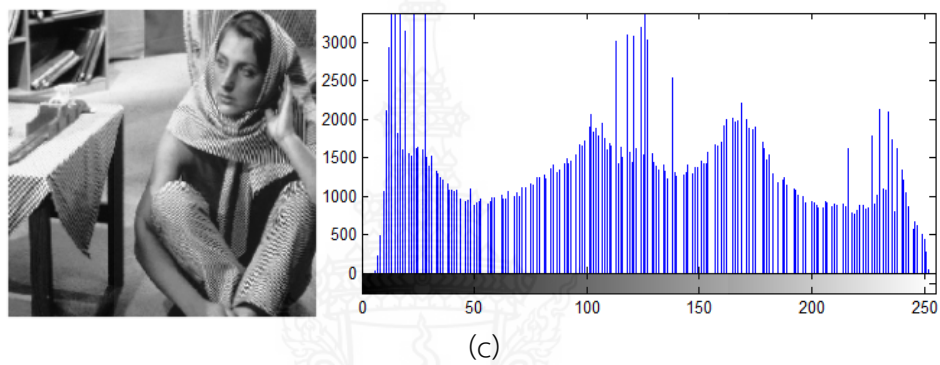
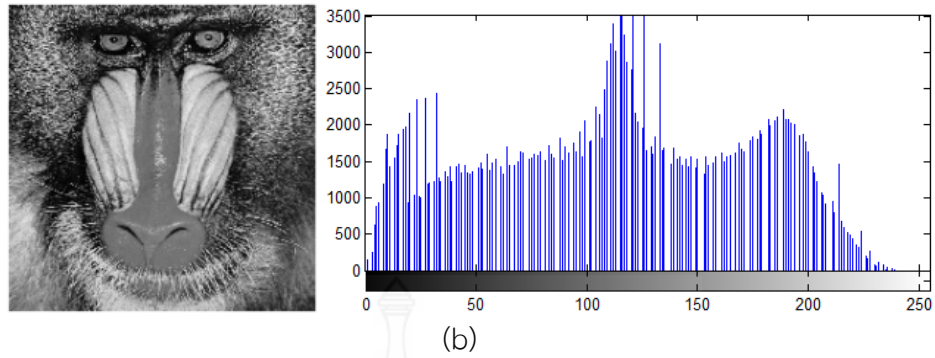
(a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

#### 4.4 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ แล้วพิจารณาผลลัพธ์



(a)

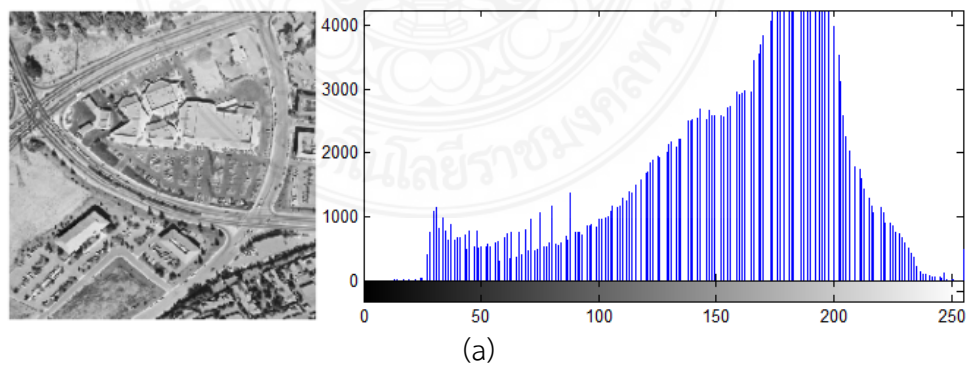


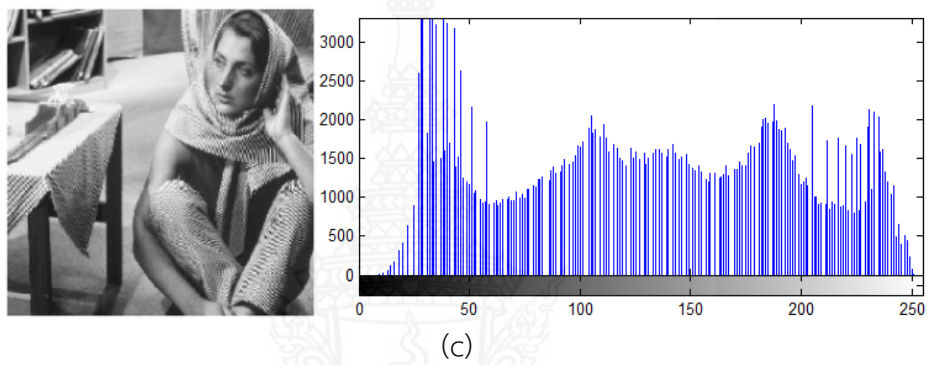
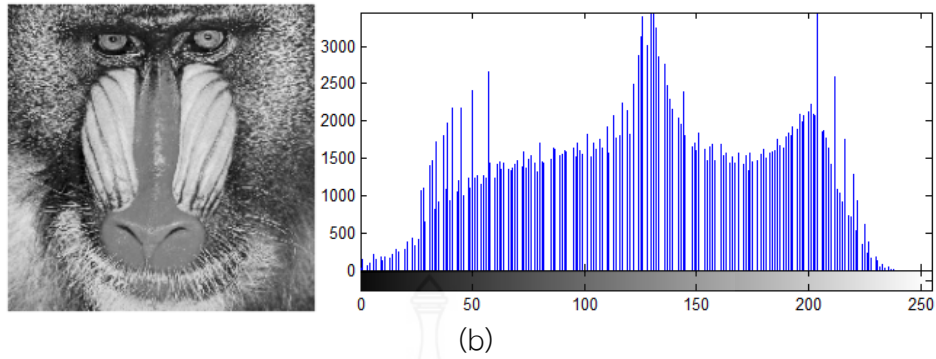
ภาพที่ 4.3 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ

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

#### 4.5 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง แล้วพิจารณาผลลัพธ์

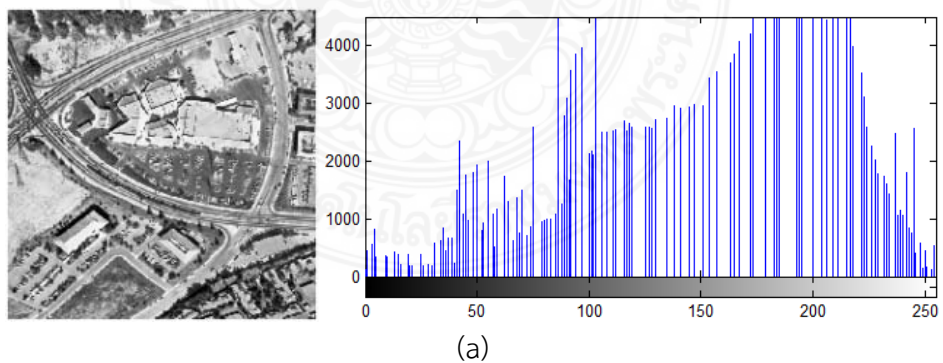


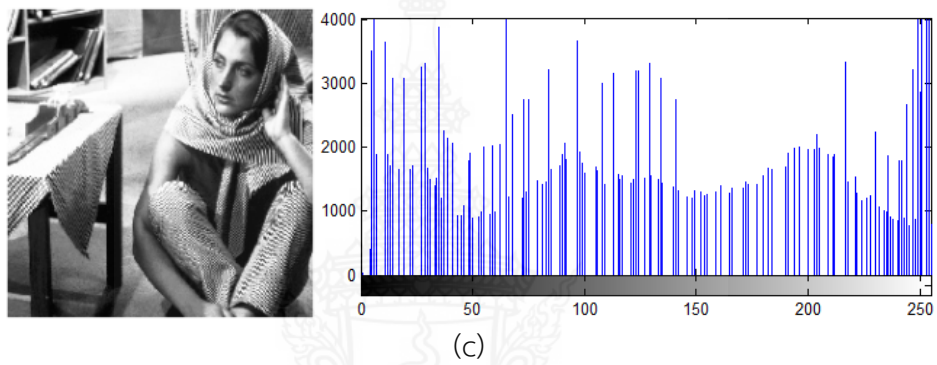
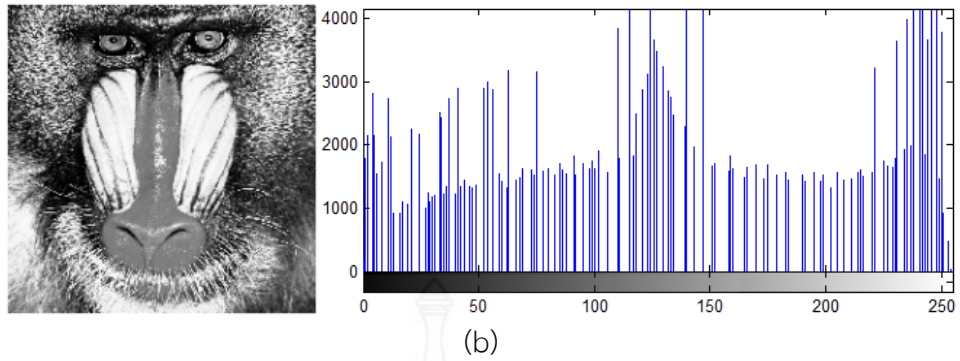


ภาพที่ 4.4 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง  
 (a) รูปภาพ Aerial (b) รูปภาพ Baboon (c) รูปภาพ Barbara

#### 4.6 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ แล้วพิจารณาผลลัพธ์





ภาพที่ 4.5 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งต่ำ

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

#### 4.7 คำนวณหาค่า AMBE และ PSNR

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า 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
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

#### 4.8 สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่ง การเกิดพีก ได้แก่ พีกสูง-ต่ำ, พีกต่ำ และพีกสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง ซึ่งหลังจากที่ได้คำนวณหาค่า AMBE และค่า PSNR ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบผลจาก 3 ตำแหน่ง ในการปรับเท่าฮีสโตแกรม พบว่า ณ ตำแหน่งพีกสูง-ต่ำ ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด





## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทนำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการศึกษาของงานวิจัย พบว่าหลังจากผ่านขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพภาพพบว่า ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่ามีคุณภาพมีความคมชัดสูง รายละเอียดเนื้อหาของภาพมีค่าผิดเพี้ยนน้อย แสดงให้เห็นว่าภาพผลลัพธ์ ให้ผลที่ดีมีความคมชัดมากกว่าภาพต้นฉบับ และเมื่อเปรียบเทียบ วิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่ง การเกิดพิกได้แก่ พิกสูง-ต่ำ , พิกต่ำและพิกสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้ภาพมีความคมชัดสังเกตผลด้วยตาเปล่าพบว่าภาพมีความคมชัดขึ้น โดยยังสามารถรักษารายละเอียดของภาพไว้ได้ดีอีกด้วย

#### 5.2 สรุปผลการวิจัย

วิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีที่เสนอในงานวิจัย ปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพิกของฮิสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพิกต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ โดยเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบจากทั้ง 3 วิธี โดยเปรียบเทียบผลจากค่า AMBE และ PSNR ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบผลจาก 3 ตำแหน่งในการปรับเท่าฮิสโตแกรม พบว่า ณ ตำแหน่งพิกสูง-ต่ำ ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

#### 5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

การแสดงผลเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย ต้องมีการเปรียบเทียบวิธีอื่นด้วยเช่นกัน ทำให้ต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลการประเมินคุณภาพของภาพที่แท้จริง

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีผลกับการปรับเท่าคุณภาพภาพ ซึ่งขึ้นกับการเลือก ซึ่งอาจจะมีความเป็นไปได้ที่อาจพบช่วงความเหมาะสมอื่น ซึ่งจุดที่ต้องระวังภาพผลลัพธ์ที่ได้ต้องพิจารณาถึงเรื่องการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

1. ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล, “การปรับความคมชัดของภาพ ด้วยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมแบบถ่วงน้ำหนักแยกส่วน,”การประชุมวิชาการ, เครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ครั้งที่ 5
2. H.D.Cheng (2004) “A simple and effective histogram equalization approach to image enhancement”. In Journal of ELSEVIER, Digital Signal Processing 14 (2004) Page158–170
3. Dinesh Sonker . (2013) “Comparison of Histogram Equalization Techniques for Image Enhancement of Grayscale images of Dawn and Dusk ”. In International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) ,Vol. 3, Issue. 4, Jul - Aug. 2013 pages 2476-2480
4. Chahat Chaudhary. (2013) “REVIEW OF IMAGE ENHANCEMENT TECHNIQUES USING HISTOGRAM EQUALIZATION”, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM) , Volume 2, Issue 5, May 2013, ISSN 2319 - 4847
6. Charles Lam. (2011) “Image Enhancement using Thresholding Techniques and Histogram Equalization, University of California, Irvine

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

โค้ดโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ทำงานวิจัย

## ภาคผนวก ก

## โค้ดโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ทำงานวิจัย

```

1. Main.m
clc,close all ,clear all
Select=listdlg('PromptString','Picture
select?','SelectionMode','single','ListS
tring',{'Aerial','Baboon','barbara','bo
at','couple','F16',...

'fingerprint','hill','house','Lena','man'
,'peppers','Splash','Tank','house','Ca
meraman256','Clock','grilG','Jelly_Be
ans','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
histogram equlize
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),y
min2,'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;
cdff(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('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
[mrows,ncols]=size(I);
O=zeros(mrows,ncols,'uint8');
for i=1:1:mrows
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;
Hlm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
Hlm(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=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;
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
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;
cdff(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)));
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
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(:,i) = map(I(:,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-j);
end

```

```

cdff1=cdff';
Hlm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
Hlm(i,j) = h((zz(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
[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=0;
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;im22=test;
N = size(im1);
x=im2double(im1);
y=im2double(im22);
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 equelize
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
[mxatab, 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),y
min2,'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;
cdff(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
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
cdf=cdf';
Hlm=uint8(zeros(size(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
Hlm(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
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;
cdff(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)));
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

```

```

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,grou
p),'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 gaussian before
histogram equize
% 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),y
min2,'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('Equalized Image')
subplot(1,2,2),imhist(HIm)
,title('Equalized 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
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 = hsteq(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(zz,1),size(zz,2)));
for i=1:row;
for j=1:col;
H1m(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
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;

```

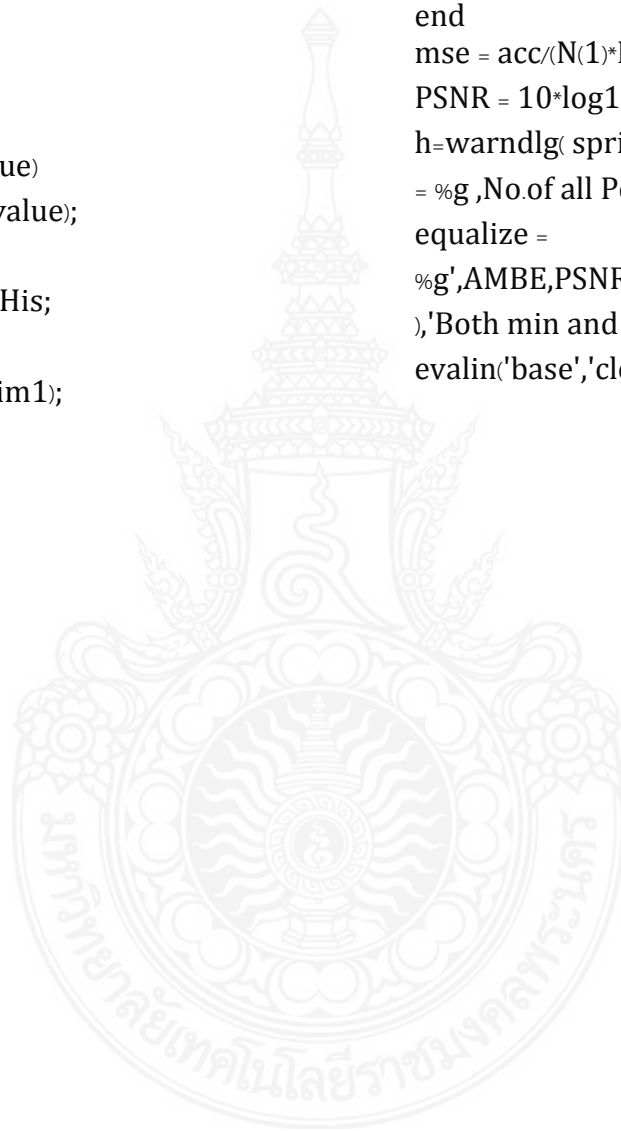
```

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

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

## บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

1. ดลรวี วุ่นแม่สอด, ณัฐพงศ์ พันธนะ. “เทคนิคการปรับปรุงภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลด้วยวิธีการปรับปรุงฮิสโตแกรมแบบหลากหลายเว้าโค้ง” การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 หรือ ECTI-CARD 2016: 239-242.





## การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖)

๑๐ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความ ECTI-CARD ๒๐๑๖

เรียน Dolrawe Wunmaesod, Nattapong Phanthuna

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เพื่อเข้าร่วมงานประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) ระหว่างวันที่ ๒๗-๒๙ กรกฎาคม ๒๕๕๙ ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์พลาซ่า อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในหัวเรื่อง

“เทคนิคการปรับปรุงภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลด้วยวิธีการปรับปรุงฮีสโตแกรมแบบหลากหลายเว้าโค้ง”

ในการนี้ คณะกรรมการดำเนินงาน การจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) มีความยินดีที่จะเรียนให้ท่านทราบว่า บทความเรื่องดังกล่าวได้ “ผ่านการพิจารณา” โดยผู้ทรงคุณวุฒิให้นำเสนอแบบปากเปล่า (Oral Presentation) ในการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๘ (ECTI-CARD ๒๐๑๖) แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย)

นายกสมาคม ECTI

ภาคผนวก ค  
เนื้อหาบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์





## เทคนิคการปรับปรุงภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลด้วยวิธีการปรับปรุงฮิสโตแกรมแบบหลากหลายเว้าโค้ง

### Digital Image Improvement by Shape Histogram Equalization Technique

ดลรวี วุ่นแม่สอด<sup>1</sup> ณ์ัฐพงศ์ พันธุ์<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์: 02-836-3000 ต่อ 4150, 4151

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

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันการแข่งขันในเรื่องของความละเอียดและความคมชัดของภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลเป็นไปอย่างกว้างขวาง ยิ่งภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูงจะสามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้มากขึ้น ซึ่งทำให้ขนาดของภาพถ่ายที่ได้นั้นมีขนาดความจุของข้อมูลที่สูงมากขึ้นด้วย จนเป็นสาเหตุให้ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนอุปกรณ์สื่ออิเล็กทรอนิกส์ให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ตัวเก่าล้าสมัยไปในที่สุด ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาและประยุกต์วิธีการปรับปรุงภาพถ่ายดิจิทัลให้มีความคมชัดสูงขึ้น แต่ได้พยายามรักษาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของภาพผลลัพธ์ต่ำสุดด้วยการปรับปรุงฮิสโตแกรมแบบหลากหลายเว้าโค้ง โดยจะแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็น  $n$  ส่วนตามจุดเว้าของฮิสโตแกรมต้นฉบับ จะได้ส่วนของฮิสโตแกรมเท่ากับ  $n+1$  ส่วน และปรับเรียบฮิสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าค่า Tennengrade หรือ ความคมชัดของภาพจะสูงขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ แต่ยังคงรักษาความสว่างผิดพลาด (AMBE) ไว้ได้

คำสำคัญ: การปรับเท่าฮิสโตแกรม, ภาพดิจิทัล, เว้าโค้ง, 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 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

#### 1. บทนำ

ปัญหาในเรื่องของภาพที่นำมาใช้งานคือความไม่ชัดเจนของภาพที่มีความแตกต่างของระดับสีเทาในภาพต่ำ หรือมีสัญญาณรบกวนในภาพสูงอาจจะทำให้การตีความหมายของภาพผิดเพี้ยนไป ดังนั้นการปรับปรุงภาพด้วยวิธีปรับปรุง Histogram เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และถูกนำมาประยุกต์ในงานวิจัยฉบับนี้ เทคนิคในการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับเป็นเทคนิคที่ถูกสนใจ ซึ่งสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพมากขึ้นกว่าภาพต้นฉบับได้ โดยในงานวิจัยฉบับนี้จะนำวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งการเกิดพีคของฮิสโตแกรม โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง, ณ ตำแหน่งการเกิดพีคต่ำ และ ณ ตำแหน่งการเกิดพีคสูง-ต่ำ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคมชัดของภาพโดยพิจารณาการรักษาข้อมูลต่างๆภายในภาพ ซึ่งใช้การประเมินผลภาพด้วยพิจารณาค่าความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์

#### 2. ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1 หลักการปรับเท่าฮิสโตแกรม [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

8<sup>th</sup> ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

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

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

สำหรับค่า  $k = 0, 1, \dots, L - 1$ , เมื่อค่า  $n_k$  แสดงจำนวนครั้งที่ระดับค่า  $X_k$  ปรากฏว่า ได้ค่าข้อมูลนำเข้าสู่ค่า  $X$  และค่า  $N$  เป็นจำนวนรวมตัวอย่าง ผลลัพธ์ข้อมูลนำเข้า แสดงค่า  $p(X_k)$  เป็นค่าเชื่อมโยงกับฮิสโตแกรม ในการนำผลลัพธ์จากภาพที่ได้เสนอเป็นจำนวนพิกเซลส์ เป็นค่าเฉพาะความหนาแน่น แสดงเป็นค่า  $X_k$ . สามารถเขียนสมการเพื่อคำนวณค่าความหนาแน่นสะสม (Cumulative Density Function: CDF) จากสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^m p_L(X_j) \quad (2)$$

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

การปรับเท่าฮิสโตแกรมจะถูกการปรับเท่าอย่างอิสระซึ่งกันและกัน ดังอธิบายได้จากสมการที่ 4, 5, 6 และ 7 ตามลำดับ

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

$$Y = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (5)$$

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (6)$$

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) \mid \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (7)$$

### 2.2 ขั้นตอนการตรวจจับตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม

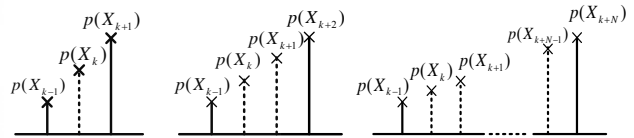
การแบ่งพิกฮิสโตแกรมไม่สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในการเกิดจุดภาพของแต่ละค่าระดับสีเทาจะมีการแกว่งขึ้นลงไปมาอย่างไม่แน่นอนและค่าความน่าจะเป็นของบางระดับค่าระดับสีเทาอาจไม่มีค่าข้อมูลเลยดังนั้นต้องปรับปรุงฮิสโตแกรมก่อนเพื่อให้เห็นรูปร่างฮิสโตแกรมโดยมีลำดับขั้นตอนในการปรับปรุงฮิสโตแกรม

1. การสอดแทรกความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation Probability Density)

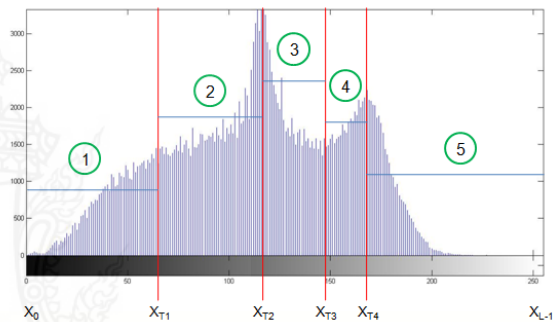
2. การหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็นของค่าความสว่างหรือระดับสีเทาที่ใกล้เคียงกัน

3. การเปลี่ยนเครื่องหมายความแตกต่างระหว่างค่าความน่าจะเป็นของสองระดับสีเทาที่อยู่ใกล้เคียงกัน

4. การหาค่าแบ่งค่าระดับสีเทาที่แบ่งพิกฮิสโตแกรมหรือเทรชโฮลด์ (Threshold)



รูปที่ 1 การสอดแทรกแก่งกราฟฮิสโตแกรมที่ขาดหายไป



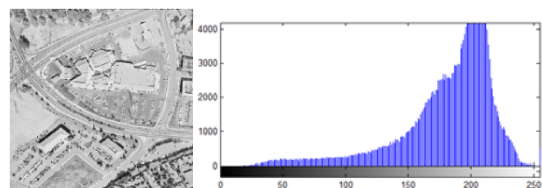
รูปที่ 2 การแบ่งฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกสูง

จากนั้นกลุ่มฮิสโตแกรมย่อยจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมแยกกันอย่างอิสระดังนั้นถ้าภาพต้นฉบับเดิม  $X$  จะถูกแบ่งออกเป็นภาพย่อยแต่ละพิกมีจำนวนจุดภาพเป็น ค่าความน่าจะเป็นหรือ PDF ของระดับสีเทาในแต่ละพิก

### 3. กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งพิกต่างๆ

#### 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

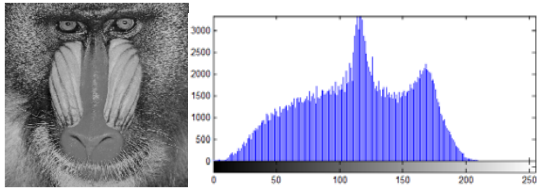


a. ภาพ Aerial.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ

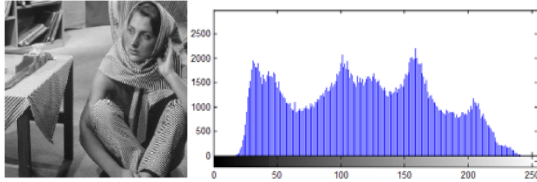
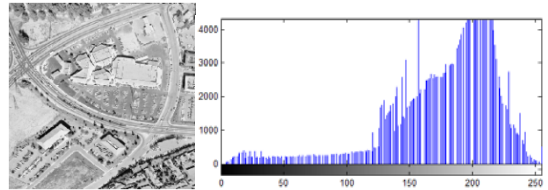
# บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

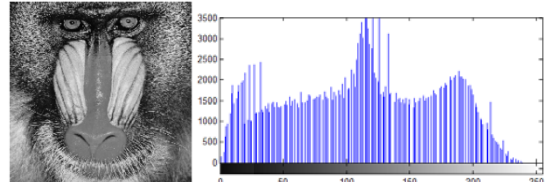
8<sup>th</sup> ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand



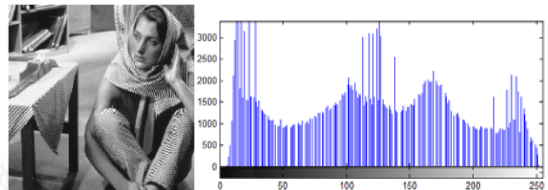
บ.ภาพ Baboon.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ



ค.ภาพ Barbara.png และฮิสโตแกรมต้นฉบับ



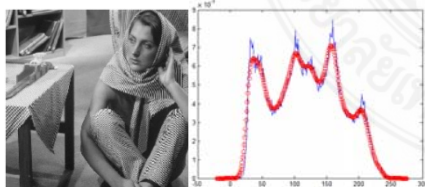
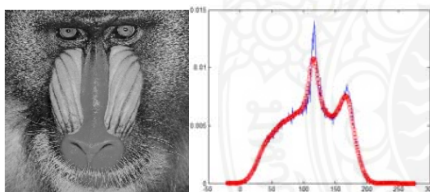
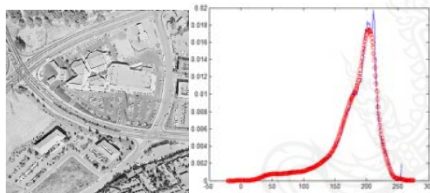
รูปที่ 3 ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง



## 3.2 การตรวจจับหาตำแหน่งพิกของฮิสโตแกรม

การพิจารณาคำแหน่งการเกิดจุดพิกฮิสโตแกรมได้ผ่านการทำ Filter เพื่อให้เห็นตำแหน่งการเกิดจุดพิกแท้จริง ดังแสดงในรูปที่ 2

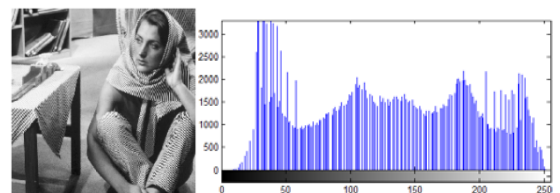
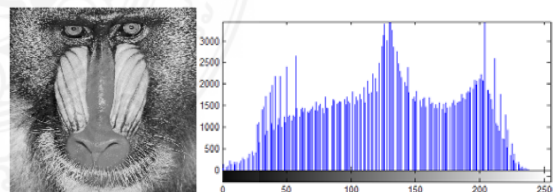
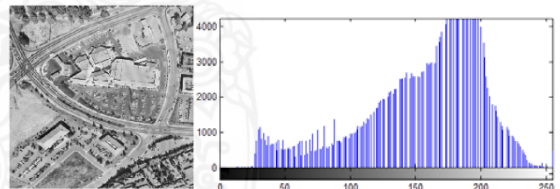
รูปที่ 5 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง-ต่ำ



รูปที่ 4 ฮิสโตแกรมหลังจากผ่านการทำ Filter ในการพิจารณาจุดพิก

## 4.2 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูงได้ จะได้ภาพผลลัพธ์ดังภาพที่ 4



## 4.1 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพิกสูง-ต่ำ ได้ภาพผลลัพธ์ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 6 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งสูง

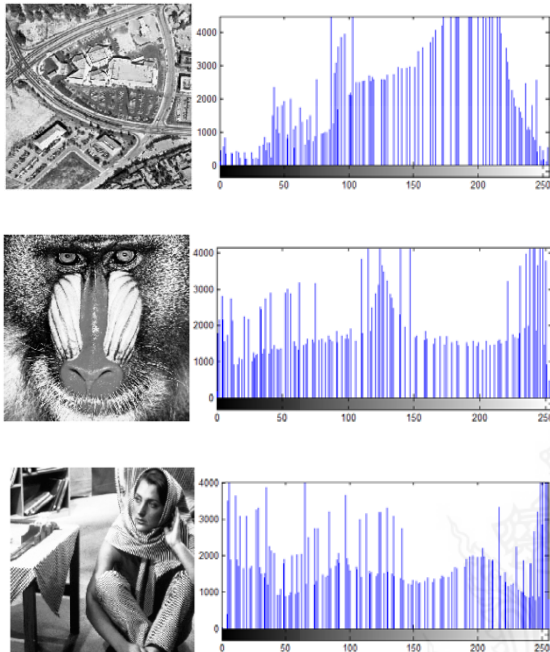
## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8<sup>th</sup> ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

### 4.3 ปรับเท่าฮิสโตแกรมที่ ณ ตำแหน่งการเกิดพีกต่ำ

โดยตำแหน่งการปรับเท่าฮิสโต ณ ตำแหน่งการเกิดพีกสูงได้ จะได้ภาพผลลัพธ์ดังภาพที่ 4



รูปที่ 7 การปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งต่ำ

ตารางที่ 2 ความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเปรียบเทียบ (AMBE) และ อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR)

ภาพ	AMBE			PSNR		
	พีกสูง-ต่ำ	พีกสูง	พีกต่ำ	พีกสูง-ต่ำ	พีกสูง	พีกต่ำ
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
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 การปรับปรุงคุณภาพโดยการปรับเท่าฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่ง การเกิดพีกได้แก่ พีกสูง-ต่ำ, พีกต่ำ และพีกสูง ผลลัพธ์ภาพที่ได้พบว่าภาพมีความคมชัดสูง ซึ่งหลังจากที่ได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (AMBE) และค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) ระหว่างภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำและความคมชัดของภาพดีกว่าภาพต้นฉบับ ซึ่งเมื่อเทียบผลจาก 3 ตำแหน่งในการปรับเท่าฮิสโตแกรมพบว่า ณ ตำแหน่งพีกสูง-ต่ำ ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

## 4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## เอกสารอ้างอิง

- [1] K.Wongsritong, K. Kittiyaruasiriwat, F. Cheevasuvit, 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. Sengeer and H.K. Choi, "Brightness preserving weight clustering histogram equalization , " IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 54, no. 4, pp. 1752-1758, Aug. 2008.

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล	นายดลรวี วุ่นแม่สอด
วัน เดือน ปีเกิด	22 กันยายน พ.ศ. 2522
ภูมิลำเนา	156/62 หมู่ 5 ต.บางไผ่ อ.เมือง นนทบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	156/62 หมู่ 5 ต.บางไผ่ อ.เมือง นนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554</li> <li>- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร พ.ศ. 2545</li> <li>- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนวังประจวบวิทยาคม จังหวัดตาก พ.ศ. 2539</li> </ul>
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปัจจุบัน ทำงานในตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ บริษัท บางกอก เพาเวอร์ โอน์ จำกัด</li> </ul>