

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงคุณภาพภาพในพื้นที่ย่อยโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่าง

SUB-REGION ENHANCEMENT WITH MEAN BRIGHTNESS PRESERVING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2554

KMITL-2011-EN-M-060-054

อ.พ.
๗๒๒๘๗

เลขหมู่..... 2654
เลขทะเบียน..... 117918
วัน,เดือน,ปี..... 22 ต.ค. 2554

b. 12348338
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพภาพในพื้นที่ย่อยโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ย ความสว่าง
นักศึกษา	นายทวิศักดิ์ ตรงศิริกุล
รหัสประจำตัว	52611120
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชิวสุวิทย์

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะเป็นการนำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย ในการแบ่งพื้นที่ย่อยให้ได้ขอบเขตที่ถูกต้องทำได้โดยการใช้หน้ากากในการปรับเรียบ (Smoothing masks) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนขณะเดียวกันก็จะรักษาขอบของพื้นที่ย่อยเอาไว้โดยไม่มีการทำลาย จากนั้นทำการประยุกต์ FCM (fuzzy c-means) เพื่อแบ่งพื้นที่ย่อย สำหรับการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้น ทำได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ ตามเงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสมCDF (Commutative Distribution Function) ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระ ภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะแสดงรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพยังคงรักษาเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับของภาพต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Sub-region enhancement with mean brightness preserving
Student	Mr. Thaweesak Trongtirakul
Student ID.	52611120
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr Fusak Cheevasuvit

ABSTRACT

This thesis presents on sub-region enhancement with mean brightness preserving by the histogram equalization method for emphasize information of each sub-region. For sub-region edge segment presented, precisely, this issue has been solved by the smoothing mask that is able to eliminate noise while still maintaining the edges of the sub-regions without degradation. Consequently, the fuzzy-c means is applied for sub-regions segmentation. In order to preserve the original mean brightness, the histogram of the each sub-region is divided into a certain number of the sub-histograms by determining the defined values of the cumulative distribution function (CDF). Then each sub-histogram will be independently equalized. The resulting image not only presents the improvement of image quality, but the mean brightness of the processed image is also preserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย ความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้การสั่งสอนอบรมเพื่อนำความรู้ ความเข้าใจมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนทุนการศึกษา ตลอดหลักสูตร

คุณงามความดีอันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และบุพการีทุก ๆ ท่าน ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้มอบวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 การปรับเท่าสีสโตแกรม.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล.....	5
2.3 สีสโตแกรมของภาพดิจิทัล.....	6
2.4 การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าสีสโตแกรม.....	8
2.5 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดสีสโตแกรมเชิงเส้น.....	11
2.6 การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าสีสโตแกรม.....	14
2.7 การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าสีสโตแกรมย่อย.....	16
2.8 การตรวจสอบความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง.....	18
2.9 สรุปผลการทดลอง.....	18
บทที่ 3 การปรับเรียบภาพ.....	21
3.1 บทนำ.....	21
3.2 การปรับเรียบภาพด้วยหน้ากาก Nagao.....	21
3.3 ผลการทดลอง.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ทฤษฎีของพีชชีซีมิน.....	28
4.1 บทนำ.....	28
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีของเซตและพีชชีเซต.....	28
4.3 นิยามของพีชชีเซต.....	30
4.4 ตัวแปรพีชชี เทอมเซต และส่วนขยาย.....	31
4.5 การแทนข้อมูลในระบบพีชชีเซต.....	31
4.6 บทนิยามของพีชชีซีมิน.....	34
4.7 การแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยการวัดระยะทาง.....	35
4.8 นิยามของการแย่งแยกพีชชี แบบกำหนดค่าเริ่มต้น n.....	36
4.9 ขั้นตอนของพีชชีซีมิน.....	38
4.10 การปรับเท่าฮีสโตแกรมในพื้นที่ย่อย.....	40
4.11 การปรับเท่าฮีสโตแกรมในพื้นที่ย่อย โดยแบ่งฮีสโตแกรมในพื้นที่ย่อย ออกเป็นหลายช่วง.....	43
4.12 สรุปผลการทดลอง.....	47
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	48
5.1 บทนำ.....	48
5.2 รูปภาพที่นำมาทดสอบ.....	48
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองภาพต้นฉบับกับวิธี HE.....	49
5.4 สรุปผลการทดลอง.....	56
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	57
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	57
6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	57
เอกสารอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่เขียนบน MATLAB 2010b.....	61
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	62

เอกสารนี้เป็นของส่วนราชการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่โดยไม่มุ่งหมายให้รับไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้เขียน..... 68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าเฉลี่ยความสว่าง และค่าพิชิตลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง โดยแบ่ง สีสโตแกรมภาพออกเป็นหลายช่วง.....	19
4.1 แสดงผลการทดลองหาค่าความเฉลี่ยความสว่างของภาพในการแบ่งพื้นที่ย่อย ออกเป็น 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย ซึ่งถูกปรับเรียบภาพด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก.....	47
5.1 แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ.....	48
5.2 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Couple.....	50
5.3 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Airplane.....	51
5.4 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Jet.....	52
5.5 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Jelly Beans.....	53
5.6 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Lena.....	54
5.7 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Tank.....	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ข้อมูลดิจิทัลของภาพขาวดำ.....	5
2.2 ข้อมูลดิจิทัลของภาพสี.....	6
2.3 ข้อมูลดิจิทัลและฮิสโตแกรม.....	7
2.4 (ก) ภาพต้นฉบับมืด และฮิสโตแกรมของภาพ.....	7
(ข) ภาพต้นฉบับสว่าง และฮิสโตแกรมของภาพ	
2.5 จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ขนาด 3×3	9
2.6 ฟังก์ชันการแปลงระดับสีเทาในการปรับปรุงภาพโดยการปรับความคมชัดของภาพ.....	10
2.7 การยืดฮิสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้น.....	13
2.8 (ก) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ Jet.....	13
(ข) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการยืดฮิสโตแกรมแบบเชิงเส้น.....	14
2.9 (ก) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ Jet.....	15
(ข) ภาพผลลัพธ์ที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม และฮิสโตแกรมของภาพ	
2.10 (ก) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมย่อยออกเป็น 2 ส่วน และฮิสโตแกรมของภาพ.....	17
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมย่อยออกเป็น 3 ส่วน และฮิสโตแกรมของภาพ	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งฮิสโตแกรมย่อยออกเป็น 4 ส่วน และฮิสโตแกรมของภาพ	
2.11 (ก) ภาพต้นฉบับ Aerial.....	19
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน	
(ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน	
(จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน	
2.12 (ก) ภาพต้นฉบับ Baboon.....	19
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน	
(ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน	
(จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.13 (ก) ภาพต้นฉบับ Elaine.....	20
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน	
(ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน	
(จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน	
2.14 (ก) ภาพต้นฉบับ Lena.....	20
(ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน	
(ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน	
(ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน	
(จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮีสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน	
3.1 หน้ากากที่นำเสนอ โดย Nagao.....	22
3.2 (ก) รูปต้นฉบับ Jet.....	23
(ข) รูปผลลัพธ์จากตัวกรอง Gaussian ขนาด 3×3 โดยกำหนดให้ $\sigma = 1$	
3.3 (ก) รูปผลลัพธ์ที่ผ่านการลดสัญญาณด้วยหน้ากาก Nagao ทั้ง 9 หน้ากาก.....	23
(ข) จำนวนครั้งของการทำซ้ำของแต่ละหน้ากากของ Nagao	
3.4 หน้ากากเพิ่มเติมที่ได้นำเสนอในงานวิจัย.....	24
3.5 (ก) รูปผลลัพธ์ที่ผ่านการลดสัญญาณด้วยหน้ากาก Nagao ทั้ง 21 หน้ากาก.....	24
(ข) จำนวนครั้งของการทำซ้ำในหน้ากากแต่ละชุดของ Nagao ทั้ง 21 หน้ากาก	
3.6 (ก) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนจากภาพต้นฉบับ Jet.....	25
(ข) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Gaussian ขนาด 3×3 ขนาด 3×3 โดยกำหนดให้ $\sigma = 1$	
(ค) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Nagao จำนวน 9 หน้ากาก	
(ง) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Nagao และหน้ากากเพิ่มเติม จำนวน 21 หน้ากาก	
3.7 (ก) ภาพขยายเฉพาะส่วนจากภาพต้นฉบับ รูปที่ 3.6(ก).....	26
(ข) ภาพขยายเฉพาะส่วนจาก รูปที่ 3.6(ง)	
3.8 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรูปที่ 3.6(ก).....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 (ก) ภาพต้นฉบับจากรูปที่ 3.6(ก).....	27
(ข) ภาพผลลัพธ์ โดยกำหนดค่า $\sigma = 15$	
(ค) ภาพผลลัพธ์ โดยกำหนดค่า $\sigma = 20$	
(ง) ภาพผลลัพธ์ โดยกำหนดค่า $\sigma = 25$	
(จ) ภาพผลลัพธ์ โดยกำหนดค่า $\sigma = 30$	
(ฉ) ภาพผลลัพธ์ โดยกำหนดค่า $\sigma = 35$	
4.1 การแยกแยะเขตของปากกาทั้งหมดในกล่อง.....	29
(ก) เป็นเขตย่อยของชนิดปากกาในกล่อง	
(ข) เป็นเขตย่อยของสีของปากกาที่อยู่ในกล่อง	
4.2 สมาชิกภาพของปากกาสีน้ำเงินและไม่ใช้สีน้ำเงิน.....	30
4.3 ค่าสมาชิกภาพของเซต A ในกรณีที่เป็นเซตธรรมดา.....	32
4.4 ค่าสมาชิกภาพของเซต A ในกรณีที่เป็นพีชชีเซต.....	32
4.5 กราฟฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวแปร “ความสูง” ที่ประกอบด้วย 3 เทอมเซต.....	33
4.6 ความเป็นไปได้ของโครงสร้างข้อมูล.....	34
4.7 (ก) การแบ่งข้อมูลโดยระบบเซตทั่วไป.....	35
(ข) การแบ่งข้อมูลโดยระบบพีชชี	
4.8 การกำหนดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม.....	36
4.9 กลุ่มข้อมูล [X] ที่มีสมาชิก $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$	36
4.10 การแบ่งข้อมูล [X] เป็นกลุ่ม $A_i, 1 \leq i \leq c$	37
4.11 (ก) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง.....	39
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
4.12 (ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง.....	41
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
4.13 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย.....	43
(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ฮิสโตแกรมย่อย.....	45
(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
4.15 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ฮิสโตแกรมย่อย.....	46
(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
4.16 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ฮิสโตแกรมย่อย.....	46
(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
(ค) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง	
5.1 (ก) ภาพต้นฉบับ Couple.....	49
(ข) ภาพต้นฉบับ Airplane2	
(ค) ภาพต้นฉบับ Jet	
(ง) ภาพต้นฉบับ Jelly Beans	
(จ) ภาพต้นฉบับ Lena	
(ฉ) ภาพต้นฉบับ Tank	
5.2 (ก) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Couple.....	49
(ข) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Airplane2	
(ค) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Jet	
(ง) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Jelly Beans	
(จ) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Lena	
(ฉ) ภาพผลลัพธ์จากการทำ HE จากภาพต้นฉบับ Tank	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 5.3 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....50
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.4 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....50
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.5 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....50
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.6 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....50
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.7 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย..... 51
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง

เอกสารนี้(ง) 4 ช่วงที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 5.8 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....51
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.9 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....51
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.10 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....51
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.11 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....52
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง
(ง) 4 ช่วง
- 5.12 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....52
ออกเป็นช่วง
(ก) 1 ช่วง
(ข) 2 ช่วง
(ค) 3 ช่วง

เอกสารนี้ (ง) 4 ช่วง ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	52
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.14 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	52
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.15 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	53
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.16 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	53
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.17 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	53
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	

เอกสารนี้ (ง) 4 ช่วง ารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.18 ภาพผลิตภัณฑ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	53
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.19 ภาพผลิตภัณฑ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	54
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.20 ภาพผลิตภัณฑ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	54
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.21 ภาพผลิตภัณฑ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	54
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.22 ภาพผลิตภัณฑ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮีสโตแกรมย่อย.....	54
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	

เอกสารนี้(ง) 4 ช่วง ารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.23 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....	55
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.24 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....	55
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.25 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....	55
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	
5.26 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อย.....	55
ออกเป็นช่วง	
(ก) 1 ช่วง	
(ข) 2 ช่วง	
(ค) 3 ช่วง	
(ง) 4 ช่วง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการดำรงชีวิตประจำวัน และความเป็นอยู่แทบจะทุก ๆ ด้านก็ว่าได้ คอมพิวเตอร์จึงถูกนำไปใช้ในสาขาวิชาชีพต่าง ๆ เช่น ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการแพทย์ และงานอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ โดยเฉพาะงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์นั้น คอมพิวเตอร์จะถูกนำมาออกแบบ งานประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม ตลอดจนไปถึงงานเอกสารในสำนักงานที่มีการติดต่อเชื่อมโยงเครือข่ายของข้อมูลสู่ระบบเครือข่ายสากล มีแข่งขันทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ความสามารถของคอมพิวเตอร์ถูกวัดด้วยความเร็วในการประมวลผล การเก็บข้อมูลที่มากขึ้น ความละเอียด ความคมชัดของภาพและเสียง ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และแหล่งข้อมูล

ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่สำคัญนั้นนอกจากจะอยู่ในรูปแบบของเสียง เอกสาร และสัญลักษณ์ต่าง ๆ แล้ว ข้อมูลอีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันก็คือภาพ โดยภาพนั้นอาจจะอยู่ในรูปของภาพถ่ายดาวเทียม ภาพจากเครื่องสแกนเนอร์ ภาพทางจอโทรทัศน์ ภาพจากกล้องดิจิทัล และข้อมูลภาพอื่น ๆ ที่แสดงออกมาทางจอภาพ ข้อมูลภาพเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้นำมาใช้ในการพัฒนาและการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ สภาพแวดล้อมของโลก และการสำรวจหรือพยากรณ์สภาพอากาศ นอกจากนี้ยังมีการนำข้อมูลภาพไปใช้ในระบบฐานข้อมูลที่เป็นแฟ้มประวัติบุคคล ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ทั้งประวัติและหน้าตาของผู้เป็นเจ้าของประวัตินั้น ๆ โดยภาพที่นำมาใช้ในงานต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล การที่จะทำให้ภาพแต่ละภาพมีรายละเอียดและความคมชัดเพียงพอต่อการใช้งานนั้น จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการประมวลผลภาพมีการพัฒนาไปอย่างมาก เพื่อการจำแนกข้อมูลและทำการแปลความหมายภาพ แต่เนื่องจากภาพในแต่ละภาพมีสมบัติไม่เหมือนกัน ในกรณีภาพที่มีความคมชัดต่ำ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ที่ผ่านมามีการใช้วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ แต่ภาพที่ผ่านกระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมนั้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไปจากต้นฉบับสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ในบทความของ Yeong-Taeg Kim [1] ได้พยายามนำวิธีการเชิงสถิติมาใช้เพื่อแบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็น ๆ กลุ่ม โดยฮิสโตแกรมในแต่ละกลุ่มจะถูกปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระ ทั้งนี้ต้องพยายามรักษาค่าเฉลี่ยความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทั้งภาพหลังการปรับเท่าฮิสโตแกรมแล้ว จะให้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของความสว่างจากภาพต้นฉบับมากที่สุด

ในบทความของ Soon-Der Chen [2] ได้เสนอวิธีการลดค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพจากการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ส่วนให้ต่ำที่สุด (Minimum Mean Brightness Error Bi-Histogram Equalization: MMBEHE) ฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยอาศัยค่าระดับสีเทาเป็นขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ค่าระดับสีเทาที่อยู่ต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน และสูงกว่า จะถูกปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของ Soon-Der Chen [2] ได้จากการคำนวณค่าสัมบูรณ์ของค่าความผิดพลาดความสว่างเฉลี่ยต่ำสุด (Absolute Mean Brightness Error: AMBE) แต่บทความวิจัยทั้งหมดนี้ เป็นการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพทั้งภาพในคราวเดียวกัน โดยไม่ได้มีการแยกขอบเขตของวัตถุในภาพเอาไว้ ดังนั้น วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการรักษาความสว่างของภาพต้นฉบับโดยการทำการปรับเท่าในพื้นที่ย่อยที่ได้จากการแบ่งด้วยทฤษฎีฟัซซีซึ่งจะมีการจำแนกความเป็นสมาชิกภาพของข้อมูลภาพ ก่อนนำภาพไปทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม ซึ่งหลังจากการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยแล้ว จะใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับมากกว่าวิธีการที่ได้กล่าวมาข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เนื่องจากการประมวลผลภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยปกติ ส่งผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความเป็นธรรมชาติแล้ว และยังคงทำให้มีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความผิดพลาดสูงขึ้นด้วย ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็คือ

- 1.2.1 เพื่อต้องการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ที่ได้ให้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ
- 1.2.2 เพื่อต้องการให้ภาพผลลัพธ์มีความคมชัด จะทำให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

1.3 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะเป็นการนำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย ในการแบ่งพื้นที่ย่อยให้ได้ขอบเขตที่ถูกต้อง ทำได้โดยการใช้หน้ากากในการปรับเรียบ (Smoothing masks) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนขณะเดียวกันก็จะรักษาขอบของพื้นที่ย่อยเอาไว้โดยไม่มีการทำลาย จากนั้นทำการประยุกต์ FCM (fuzzy c-means) เพื่อแบ่งพื้นที่ย่อย สำหรับการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้น ทำได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสม CDF (Commutative Distribution Function) ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระ ภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะแสดงรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน ในขณะที่เดียวกันค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพยังคงรักษาเอาไว้ใกล้เคียงกับของภาพต้นฉบับ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการนำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย ในการแบ่งพื้นที่ย่อยให้ได้ขอบเขตที่ถูกต้อง ทำได้โดยการใช้น้ำกอกในการปรับเรียบด้วยน้ำกอกต่าง ๆ ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวน ขณะเดียวกันก็จะรักษาขอบของพื้นที่ย่อยเอาไว้โดยไม่มีการทำลาย จากนั้นนำภาพที่ได้มาทำการแบ่งส่วน (Segmentation) เพื่อแบ่งพื้นที่ย่อยโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-Mean) สำหรับการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้น ทำได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ ตามเงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสม (Commutative Distribution Function: CDF) ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน หลังจากนั้นถึงจะนำภาพในพื้นที่ย่อยมาผสานเป็นภาพใหม่ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงรายละเอียดในพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน และสามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับของภาพเอาไว้ด้วย

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในที่นี้ ได้นำเสนอการแบ่งส่วนพื้นที่ของภาพโดยใช้การประยุกต์ทฤษฎีของ ฟัซซี โดยมีรายละเอียดทั้งหมดแบ่งออกเป็น 7 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวความคิดที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นของการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ และการเปรียบเทียบค่าผิดพลาดความสว่างของภาพต้นฉบับกับภาพที่ผ่านการทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมแล้ว

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของการรักษาของภาพที่แท้จริงของภาพ และลดสัญญาณรบกวนโดยใช้น้ำกอกในการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของพีชชี ค่าสมาชิกภาพของข้อมูล หลักการของพีชชีซีมีนที่นำไปใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพเพื่อนำไปทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ โดยภาพผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพในพื้นที่ย่อย พร้อมทั้งแบ่งฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยออกเป็นหลายช่วง และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดกับวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ และภาพต้นฉบับ

บทที่ 6 กล่าวถึงผลสรุปจากการนำเอาภาพดิจิทัลมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพภาพในพื้นที่ย่อยซึ่งถูกแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้พีชชีซีมีน โดยที่ผลลัพธ์ของภาพยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับไว้ โดยใช้ภาพมาตรฐานนำมาทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง พร้อมทั้งวิจารณ์ถึงข้อดี ข้อเสีย และแนวทางในการทำการวิจัยที่สามารถพัฒนาได้ต่อไป

และในส่วนสุดท้ายซึ่งจะเป็นภาพผนวก เป็นการแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับวารสารที่ได้รับ การตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การปรับเท่าฮิสโตแกรม

2.1 บทนำ

ในกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) นับว่ามีประโยชน์อย่างมากต่อวงการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อให้มนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้น กระบวนการการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) จะอาศัยหลักการการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพ (Histogram Equalization: HE) ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการประยุกต์ในการใช้งานด้านอื่น ๆ

2.2 ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล

โดยปกติภาพทั่วไป เช่น ภาพที่แสดงอยู่ในโทรทัศน์จะเป็นสัญญาณต่อเนื่อง (Analog Signal) แต่ภาพที่เรานำมาประมวลผลในทางคอมพิวเตอร์นั้น จะต้องเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เท่านั้น ภาพที่ไม่ใช่ภาพดิจิทัลสามารถแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลได้โดยใช้กล้องดิจิทัล การ์ดดิจิทัล และเครื่องสแกนเนอร์ เป็นต้น

ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัลที่จะนำมาประมวลผลกับเครื่องคอมพิวเตอร์จะถูกแทนด้วยตัวเลขที่มีลักษณะเป็นตัวเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วงปิด $[0, 255]$ ถูกเข้ารหัสไว้ 8 บิต สำหรับภาพขาวดำ จะมีขนาดข้อมูลของภาพ 1 ชุด มีขนาด 2 มิติ เท่านั้น และสำหรับภาพสี จะมีขนาดข้อมูลของภาพ 3 ชุด เรียงซ้อนกัน มีขนาดข้อมูล 3 มิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

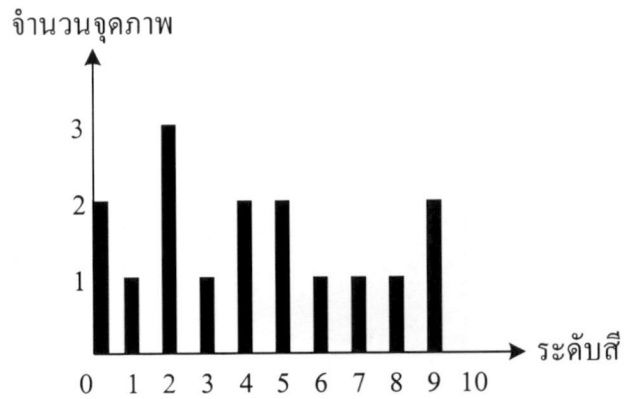
Gray Layer

1	12	24	45	4	75
5	56	154	32	68	79
5	55	156	5	154	125
12	120	247	48	75	48
5	90	235	245	5	255
89	189	180	89	28	0

รูปที่ 2.1 ข้อมูลดิจิทัลของภาพขาวดำ

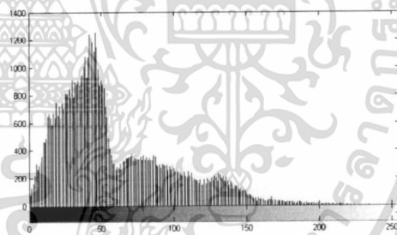
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	8	6	0
5	7	4	0
5	2	4	2
9	9	3	2

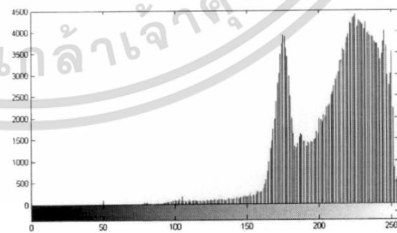


รูปที่ 2.3 ข้อมูลภาพดิจิทัลและฮิสโตแกรม

การกระจายตัวของฮิสโตแกรมจะทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของภาพคร่าว ๆ ได้ว่าเป็นภาพที่มีลักษณะเป็นภาพที่มืด หรือภาพที่สว่าง โดยอาศัยหลักการพิจารณาความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพ ถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านซ้ายมาก ภาพที่ออกมาจะมีความมืด และถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีการกระจายตัวอยู่ทางด้านขวามาก ภาพที่ออกมาจะมีความสว่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.4 (ก) ภาพต้นฉบับมืดและฮิสโตแกรม (ข) ภาพต้นฉบับสว่างและฮิสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮิสโตแกรมนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในขบวนการปรับปรุงภาพอย่างหนึ่ง ซึ่งในการปรับปรุงภาพที่จำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาฮิสโตแกรมมีอยู่หลายวิธี เช่น การปรับความสว่างของภาพ (Brightness) การปรับความต่างของภาพ (Contrast) การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) และแบ่งส่วนวัตถุในภาพ (Image Segmentation) เป็นต้น

2.4 การปรับปรุงภาพโดยใช้เทคนิคทางฮิสโตแกรม

วิธีการปรับปรุงภาพประกอบด้วยเทคนิคที่มีการปรับปรุงภาพที่มองเห็น หรือว่าการเปลี่ยนแปลงภาพให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์โดยมนุษย์ หรือเครื่องจักรที่จะทำ ให้ผลที่ได้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานเฉพาะทาง มากกว่าการใช้ภาพต้นฉบับ โดยการปรับปรุงภาพจะพยายามปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยการพิจารณาสมบัติของภาพในอุดมคติ แต่จริง ๆ แล้ว การปรับปรุงภาพจะมีการทำลายบางส่วนของข้อมูลต้นฉบับไป ดังนั้น การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) ให้ดีขึ้น จะทำหลังจากการประมวลผลอื่น ๆ เสร็จสิ้นไปหมดแล้ว

วิธีการปรับปรุงภาพจะทำให้เห็นความแตกต่างของภาพบริเวณมืด และสว่างได้อย่างชัดเจนมากขึ้น การปรับปรุงอัตราส่วนความแตกต่างของภาพจะมีความสำคัญต่อการกำหนดความสามารถในการให้รายละเอียดของภาพ (ความสามารถแยกแยะวัตถุที่ห่างกัน) ดังนั้น การปรับปรุงเรื่องความแตกต่างของภาพจึงเป็นจุดประสงค์หลักสำหรับการปรับปรุงภาพ

การพิจารณาการปรับปรุงภาพแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ วิธีทางสเปเชียลโดเมน (Spatial Domain) และวิธีทางโดเมนความถี่ (Frequency Domain) สเปเชียล หมายถึง ระนาบของรูปภาพที่รวบรวมจุดภาพเอาไว้นั่นเอง โคนจะมีการปรับปรุงในส่วนของจุดภาพโดยตรง ส่วนทางโดเมนความถี่จะต้องมีการปรับปรุงผ่านทางแปลงฟูรีเยร์ของรูปภาพ

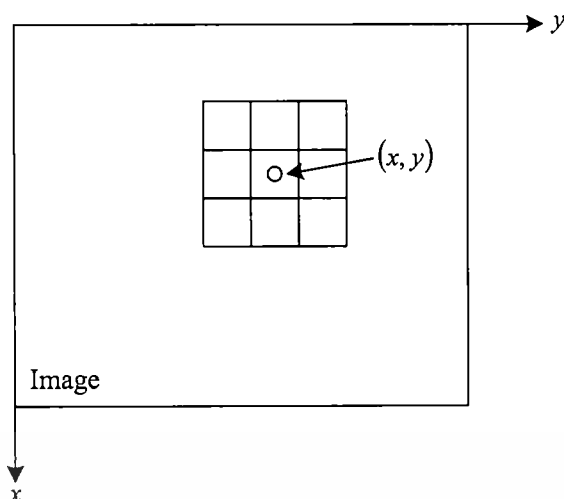
เทคนิคการปรับปรุงภาพสามารถกระทำด้วยวิธีแบบจุดภาพ (Pixel Processing) ซึ่งมีการปรับปรุงที่ระดับสีเทาของจุดภาพอิสระจากจุดภาพในบริเวณใกล้เคียง หรือแบบวิธีหน้าต่างจุดภาพ (Mask Processing) หน้าต่างที่ครอบคลุมจุดภาพจะแบ่งรูปภาพเป็นรูปภาพย่อย ซึ่งการปรับปรุงจุดภาพจะกระทำภายใต้พื้นที่ที่ครอบคลุม

ฟังก์ชันของวิธีการแปลงภาพในสเปเชียลโดเมน แสดงในสมการที่ (2.2)

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (2.2)$$

เมื่อ $f(x, y)$ เป็นภาพอินพุต $g(x, y)$ เป็นภาพที่ผ่านกรรมวิธีทางรูปภาพ และ T เป็นการกระทำที่กระทำกับ f ซึ่งมีการกระทำกับบริเวณข้างเคียงของจุดภาพตำแหน่ง (x, y) T เป็นการกระทำบนกลุ่มจุดภาพของรูปภาพอินพุต ในภาพย่อย จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) มักจะเป็นกรอบหน้าต่าง โดยจุดภาพตำแหน่ง (x, y) เป็นตำแหน่งที่อยู่ตรงกลางดังแสดงในรูปที่

เอกสาร 2.5 ซึ่งเป็นภาพจุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ขนาด 3×3 จุดภาพให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 จุดภาพที่ล้อมรอบจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ขนาด 3×3

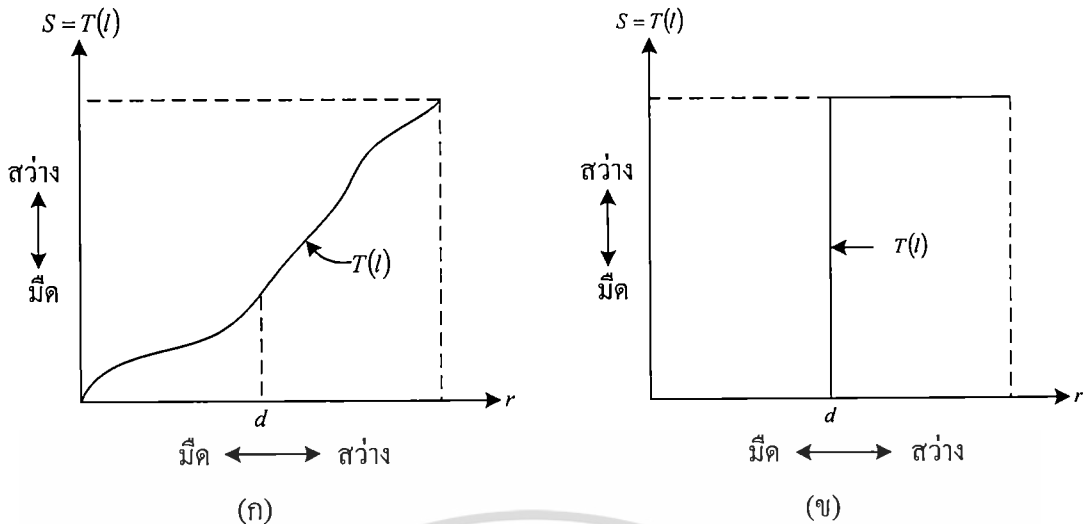
ตำแหน่งตรงกลางของภาพย่อยจะมีการเคลื่อนที่จากจุดภาพหนึ่งไปยังจุดภาพหนึ่งทีละทีละเคียงกัน โดยเริ่มต้นจากบนซ้ายของรูปภาพ และมีการกระทำจุดภาพตำแหน่ง (x, y) ให้เป็นฟังก์ชัน g รูปแบบของกรอบหน้าต่างที่ล้อมรอบ อาจเป็นวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปแบบของฟังก์ชัน T อย่างง่าย คือ เมื่อจุดภาพที่ล้อมรอบเป็น 1×1 ซึ่งในกรณีนี้ g จะขึ้นอยู่กับค่าของ f ที่ตำแหน่ง (x, y) เท่านั้น และ T จะกลายเป็นฟังก์ชันการแปลงค่าระดับสีเทา (Gray-Level Transformation or Mapping Function) ดังสมการที่ (2.3)

$$S = T(I) \quad (2.3)$$

เมื่อ r และ s เป็นค่าระดับสีเทาของฟังก์ชัน $f(x, y)$ และ $g(x, y)$ ที่ตำแหน่ง (x, y) ตามลำดับสำหรับตัวอย่าง ถ้า $T(r)$ มีรูปแสดงดังในรูปที่ 2.6(ก) ผลจากการแปลงด้วยกรรมวิธีทางรูปภาพนี้ จะมีความคมชัดสูงกว่าภาพต้นฉบับ โดยในภาพต้นฉบับระดับสีเทาที่ต่ำกว่า d จะกลายเป็นส่วนที่มืด และระดับสีเทาที่สูงกว่า d จะกลายเป็นส่วนที่สว่าง ซึ่งวิธีนี้คือการยืดความคมชัด (Contrast Stretching) ของภาพ ค่า I ที่ต่ำกว่า d จะถูกบีบโดยฟังก์ชันการแปลงให้ได้ย่าน S แคบ กลายเป็นระดับสีดำ และค่า I ที่สูงกว่า d จะเป็นระดับสีขาว ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ผลของ $T(I)$ จะได้เป็นรูปภาพ 2 ระดับสี หรือภาพไบนารี (Binary Image) กรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงโดยมีการกำหนดการแปลงระดับสีเทา ซึ่งการปรับปรุงภาพที่จุดใด ๆ ในรูปภาพ จะขึ้นกับค่าระดับสีเทาที่จุดนั้น ซึ่งเรียกว่า วิธีแบบจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ฟังก์ชันการแปลงระดับสีเทาในการปรับปรุงภาพโดยการปรับความคมชัดของภาพ

จุดภาพที่ล้อมรอบมีมากขึ้น การหาค่า g ที่ตำแหน่ง (x, y) โดยหามาจากค่า f จากจุดภาพที่ล้อมรอบตำแหน่ง (x, y) ด้วย ซึ่งเรียกเป็นหน้าต่างจุดภาพ (Mask, Template, Window or Filter) โดยทั่วไปแล้วหน้าต่างจะเป็นอาร์เรย์ขนาด 3×3 ดังที่แสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ในหน้าต่างแต่ละจุด จะพิจารณาตามกรรมวิธีการทำงาน เช่น การปรับความคมชัดของภาพ (Image Sharpening) เทคนิคการปรับปรุงรูปภาพ ส่วนใหญ่รวมถึงกรรมวิธีแบบหน้าต่าง (Mask) หรือตัวกรอง (Filter)

จากการปรับปรุงภาพโดยกรรมวิธีแบบจุด จะมีการพิจารณาความเข้มของจุด I และ S ซึ่งเป็นค่าก่อนและหลังกรรมวิธี ตามลำดับ แบ่งเป็นวิธีต่าง ๆ เช่น การแปลงค่าความเข้มของจุดภาพอย่างง่าย (Simply Intensity Transformation) กรรมวิธีทางฮิสโตแกรม (Histogram Processing) กรรมวิธีการลบภาพ (Image Subtraction)

กรรมวิธีทางฮิสโตแกรมเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุดภาพที่มีระดับสีเทาเหมือนกัน ซึ่งทำได้ง่าย สะดวก สามารถแบ่งฮิสโตแกรมเชิงเส้น (Linear Contrast Stretching) และการปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) ซึ่งเป็นการปรับปรุงทางด้านความสว่างของภาพ เป็นหลักของเทคนิคการปรับปรุงสมบัติของภาพด้วยกันทั้งคู่ แต่มีความแตกต่างกันตรงที่การยืดฮิสโตแกรมเชิงเส้นจะกระจายค่าระดับสีเทาต่าง ๆ ให้ระดับของแต่ละระดับสีเทาห่างเท่า ๆ กัน (ค่า Floating Point) ตลอดทั้งฮิสโตแกรม ในขณะที่การปรับเท่าฮิสโตแกรมนั้นจะทำการกระจายค่าระดับสีเทาอย่างไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มี ถ้าช่วงไหนของข้อมูลมีความหนาแน่นมาก จะทำการกระจายออกอย่างกว้าง แต่ถ้าช่วงไหนข้อมูลมีความหนาแน่นต่ำ จะกระจายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งหมายความว่า การยืดฮิสโตแกรมเชิงเส้นทำการกระจายค่าระดับสีเทาอย่างสม่ำเสมอตามค่าระดับสีเทา ในขณะที่การปรับเท่าฮิสโตแกรมนั้นจะทำการกระจายปริมาณจุดภาพอย่างสม่ำเสมอตามปริมาณของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานนั้น บางกรณีต้องการที่จะใช้ในการปรับเลือกค่าระดับสีเทาเฉพาะบริเวณแคบ ๆ ที่สนใจมาทำการกระจายฮิสโตแกรมแต่ในบางกรณีต้องการกระจายอย่างอัตโนมัติตลอดทั้งฮิสโตแกรม ทั้งนี้การเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ

2.5 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการยืดฮิสโตแกรมเชิงเส้น (Linear Contrast Stretching)

กรณีที่ข้อมูลภาพที่มีฮิสโตแกรมอยู่รวมกันในช่วงแคบ ๆ นั้น แสดงว่าข้อมูลภาพมีลักษณะการกระจายและความแตกต่างของข้อมูลภาพต่ำ เมื่อเป็นเช่นนี้ ภาพจะเป็นภาพที่มีคุณภาพต่ำ ความแตกต่างของข้อมูลในภาพน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าฮิสโตแกรมของภาพนั้นมีการกระจายฮิสโตแกรมที่กว้างจะแสดงถึงภาพที่มีคุณภาพ ซึ่งความแตกต่างของข้อมูลในภาพมาก สำหรับวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงให้มีการกระจายฮิสโตแกรมที่กว้างขึ้น เพื่อให้มีความแตกต่างของข้อมูลในภาพสูง ทำให้สามารถตีความหมายของภาพได้ดีขึ้นนั้น วิธีการยืดฮิสโตแกรมแบบเชิงเส้นเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้ด้วยการนำคุณสมบัติของสมการเชิงเส้นมาใช้ในการขยายย่านฮิสโตแกรม โดยอาศัยคุณสมบัติของการสมเชิงเส้น ดังแสดงในสมการที่ (2.4)

$$y = mx + b \quad (2.4)$$

ตามคุณสมบัติของการสมการเชิงเส้น ถ้าความชัน m มีค่าบวกมากกว่า 1 แล้วจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีอัตราขยายในย่านที่กว้างขึ้นจากต้นฉบับ และถ้า m มีค่าบวกน้อยกว่า 1 จะได้ผลลัพธ์ที่มีย่านที่แคบลงกว่าต้นฉบับ ดังนั้น เมื่อต้องการยืดฮิสโตแกรมออกให้มีการขยายย่านออกไปก็ทำได้ด้วยการกำหนดค่าของ m ให้มีค่ามากกว่า 1 เสมอ

การยืดฮิสโตแกรมแบบเชิงเส้น เป็นการแปลงอัตราความแตกต่างของภาพแบบเชิงเส้น โดยการกระจายฮิสโตแกรมใหม่ให้กับช่วงระดับสีเทาบริเวณที่ต้องการกระจายออกไปยังบริเวณที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ คือ มีช่วงห่างของระดับสีเทาใกล้เคียงกันตลอดช่วงฮิสโตแกรม ถ้าสมมติว่าฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับมีค่าความคมชัดต่ำ โดยระดับสีเทาของจุดภาพมีลักษณะรวมกันอยู่เป็นกระจุกอยู่ระหว่างค่าระดับสีเทา x_{\min} ถึง x_{\max} ในการปรับปรุงฮิสโตแกรมนั้น จำเป็นต้องกระจายกลุ่มจุดภาพให้กว้างออกไปอยู่ที่ช่วง y_{\min} ถึง y_{\max} โดยใช้สมการในการแปลงระดับสีเทาของภาพเดิมที่จุดใด ๆ คือ $f(x, y)$ จะถูกแปลงเป็นค่าระดับสีเทาใหม่ $g(x, y)$ ดังสมการที่ (2.5)

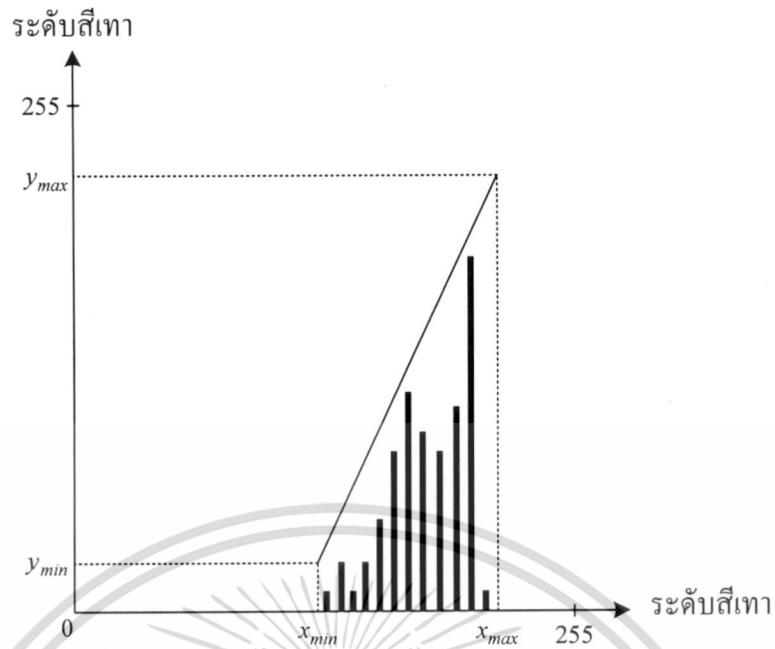
$$g(x, y) = \left\{ \frac{(y_{\max} - y_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} \right\} (f(x, y) - x_{\min}) + y_{\min} \quad (2.5)$$

โดย	$g(x, y)$	คือ ค่าระดับสีเทาของภาพผลลัพธ์
	$f(x, y)$	คือ ค่าระดับสีเทาของภาพต้นฉบับ
	x_{\min}	คือ ค่าระดับสีเทาค่าสุดของฮิสโตแกรมต้นฉบับ
	x_{\max}	คือ ค่าระดับสีเทาสูงสุดของฮิสโตแกรมต้นฉบับ
	y_{\min}	คือ ค่าระดับสีเทาค่าสุดของฮิสโตแกรมผลลัพธ์
	y_{\max}	คือ ค่าระดับสีเทาสูงสุดของฮิสโตแกรมผลลัพธ์

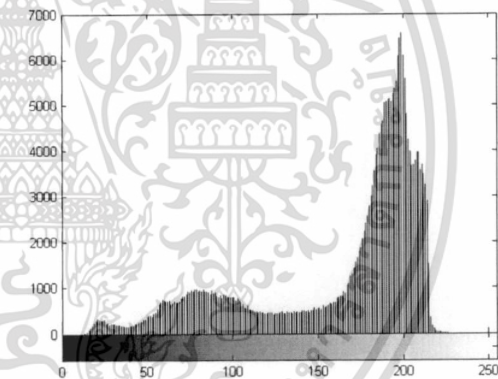
โดย x_{\min} และ x_{\max} คือ บริเวณในฮิสโตแกรม X ของภาพต้นฉบับ ที่จะทำการกระจายออกโดยกำหนดให้ x_{\min} คือ ค่าระดับสีเทาค่าสุด และ x_{\max} คือ ค่าระดับสีเทาสูงสุดจากภาพต้นฉบับ ซึ่งสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสม แต่เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบ และไม่ผิดเพี้ยน ควรกำหนดค่าให้ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมด ส่วนค่า y_{\min} และ y_{\max} คือ บริเวณฮิสโตแกรมผลลัพธ์ของรูปภาพ Y โดยหลังการแปลงแล้ว จะได้ฮิสโตแกรมที่กระจายออกโดยกำหนดให้ y_{\min} คือ ค่าระดับสีเทาค่าสุด และ y_{\max} คือ ค่าระดับสีเทาสูงสุดจากภาพผลลัพธ์ ปกติแล้ว ในการกระจายของฮิสโตแกรมที่ดีควรกำหนดค่าของ y_{\min} ให้มีค่าน้อยกว่า x_{\min} และ y_{\max} ให้มีค่ามากกว่า x_{\max} กล่าวคือ ย่านผลลัพธ์ของ Y จะกว้างกว่าย่านของต้นฉบับ X กล่าวคือ มีการกำหนดข้อมูลใหม่ให้ครอบคลุมข้อมูลเดิม ในอัตราส่วน $\frac{(y_{\max} - y_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}$ จะมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งก็คือความชันของสมการนั่นเอง ถ้าย่านระดับสีเทาใหม่ที่ต้องการจะยืดออก x_{\min} และ x_{\max} มีค่าใกล้เคียงกับย่านระดับสีเทาใหม่ที่ต้องการจะยืดออก y_{\min} และ y_{\max} นั่น คือค่า $\frac{(y_{\max} - y_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}$ มีค่าใกล้เคียง 1 ภาพผลลัพธ์จะมีการปรับความคมชัดน้อยทำให้มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นฉบับเดิม

ลักษณะการยืดของฮิสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.7 จากฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการแปลงแล้วนั้น จะเห็นความห่างของแท่งฮิสโตแกรมมีความห่างกันมากขึ้น โดยช่องห่างของแท่งฮิสโตแกรมใหม่จะห่างเท่า ๆ กันในกรณีที่เป็นค่า *Floating* จากวิธีนี้มีการกำหนดค่าของความชันด้วย x_{\min} , x_{\max} และ y_{\min} , y_{\max} นั้นทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของย่านระดับสีเทาในย่านของต้นฉบับและย้ายผลลัพธ์ตามต้องการ จากตัวอย่างดังที่แสดงในรูปที่ 2.8(ก) แสดงถึงภาพที่ได้จากการผ่านกระบวนการยืดฮิสโตแกรมแบบเชิงเส้น ด้วยการกำหนดค่า x_{\min} , x_{\max} และ y_{\min} , y_{\max} ด้วยค่า 0, 90 และ 0, 255 ตามลำดับ เหตุผลที่กำหนดค่า x_{\min} , x_{\max} เช่นนี้เนื่องจากภาพต้นฉบับมีการกระจายตัวของฮิสโตแกรมในย่านดังกล่าว ส่วนการกำหนดค่าของ y_{\min} , y_{\max} เพื่อให้ครอบคลุมย่านสูงสุดของระดับสีเทาที่สามารถจะเป็นไปได้ คือ 0 ถึง 255

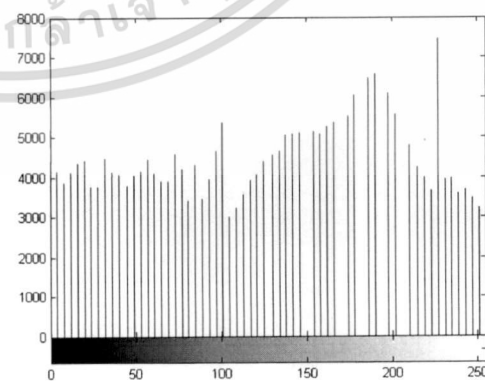
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การยืดฮิสโตแกรมด้วยสมการเชิงเส้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.8 (ก) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ Jet (ข) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรม

ของภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการยืดฮิสโตแกรมแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.8(ข) แสดงฮิสโตแกรมที่ได้หลังจากการประมวลผลแล้ว จากฮิสโตแกรมภาพที่ได้ จะเห็นได้ว่าย่านใหม่มีการกระจายของฮิสโตแกรมเป็นไปตามความประสงค์ที่กำหนดค่าไว้ และความห่างของแท่งฮิสโตแกรมมีความห่างที่ใกล้เคียงกันอย่างสม่ำเสมอ จากคุณลักษณะการกระจายแบบเชิงเส้นนี้เอง ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความต่อเนื่องของระดับสีเทา และไม่สว่างจนเกินไป หรือมืดจนเกินไป เนื่องจากข้อมูลไม่หนาแน่นบริเวณที่เป็นระดับสีเทาหรือสีดำ แต่ความแตกต่างของข้อมูลในภาพจะน้อยกว่าการปรับเท่าฮิสโตแกรม

2.6 การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรม

วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเป็นวิธีสำหรับใช้ปรับปรุงภาพที่มีการกระจายตัวของฮิสโตแกรมที่ไม่เหมาะสม อย่างเช่น ฮิสโตแกรมในรูปที่ 2.4 โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมจะทำให้ภาพที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ มีลักษณะการกระจายตัวของฮิสโตแกรมเต็มช่วงของค่าระดับสีเทา และมีลักษณะแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) แต่ฮิสโตแกรมใหม่นี้จะไม่มีลักษณะเหมือนกับฮิสโตแกรมเดิม ซึ่งอาจจะมีจำนวนของค่าระดับสีเทาที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับคุณลักษณะของภาพนั้น ๆ

การปรับเท่าฮิสโตแกรม [3] เป็นการอาศัยหลักการของทางสถิติโดยการใช้หลักการกระจายความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทา โดยกำหนดให้ $\mathbf{X} = \{x(i, j)\}$ เป็นภาพที่มีค่าระดับสีเทา L ระดับ และ $x(i, j)$ เป็นค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i, j) โดยที่ $x(i, j) \in \{0, 1, \dots, 255\}$

ขั้นตอนการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีดังนี้

1) ทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเข้มระดับที่ k ของจุดภาพ ด้วยสมการที่

(2.6)

$$p(k) = \frac{n_k}{N} \quad (2.6)$$

โดยที่ n_k เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพที่มีค่าระดับสีเทาเป็น k โดย $k = 0, 1, \dots, L-1$ และ N เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพที่จะทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม

2) คำนวณหาฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative Distribution Function: CDF) ดังแสดงในสมการที่ (2.7)

$$c(k) = \sum_{i=0}^k p(k) \quad (2.7)$$

3) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ โดยใช้สมการที่ (2.8) ในการแปลง

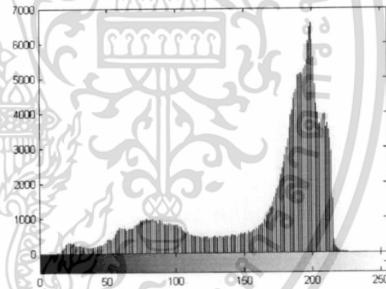
$$f(X_k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)c(k) \quad (2.8)$$

เมื่อ X_0 เป็นค่าระดับสีเทาดำสุด และ X_{L-1} เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุด

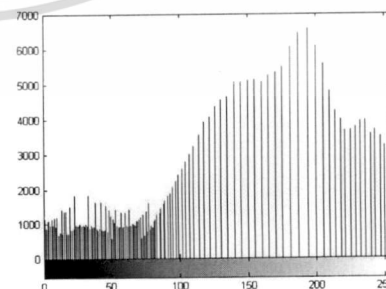
4) ภาพผลลัพธ์ที่ได้หลังการปรับเท่าฮิสโตแกรมเขียนสมการได้เป็นสมการที่ (2.9)

$$Y = \{y(i, j)\} = f(X) = \{f(x(i, j)) | \forall x(i, j) \in X\} \quad (2.9)$$

เมื่อ X เป็นภาพต้นฉบับ และ Y เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮิสโตแกรม



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 (ก) ภาพต้นฉบับและฮิสโตแกรมของภาพ (ข) ภาพผลลัพธ์ที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม

และฮิสโตแกรมของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การปรับปรุงภาพโดยใช้การปรับเท่าฮิสโตแกรมย่อย

ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเฉพาะท้องถิ่นในภาพ \mathbf{X} ทำการแบ่งฮิสโตแกรมของภาพออกเป็นฮิสโตแกรมย่อย โดยแบ่งออกเป็น D ช่วง

ขั้นตอนการปรับเท่าฮิสโตแกรมในแต่ละช่วงย่อยมีดังนี้

1) กรณีที่ \mathbf{X}_i คือฮิสโตแกรมช่วงย่อยที่ i มีค่าระดับสีเทาอยู่ระหว่าง g_{\min} ถึง g_{\max} ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของฮิสโตแกรมย่อย ดังแสดงในสมการที่ (2.10)

$$p_i(k) = \frac{n_{ik}}{N_i} \quad ; i=1,2,\dots,D \quad (2.10)$$

โดยที่ $p_i(k)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาที่ระดับที่ k โดยที่ n_{ik} เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในค่าระดับสีเทาที่ระดับที่ k และ N_i เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ i

2) คำนวณหาค่าความหนาแน่นสะสมในแต่ละฮิสโตแกรมย่อย ดังแสดงในสมการที่ (2.11)

$$c_i(k) = \sum_{k=g_{\min}}^{g_{\max}} p_i(k) \quad (2.11)$$

โดยที่ $0 \leq c_i(k) \leq 1$

3) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ได้ดังในสมการที่ (2.12)

$$f_i(k) = g_{\min} + (g_{\max} - g_{\min})c_i(k) \quad (2.12)$$

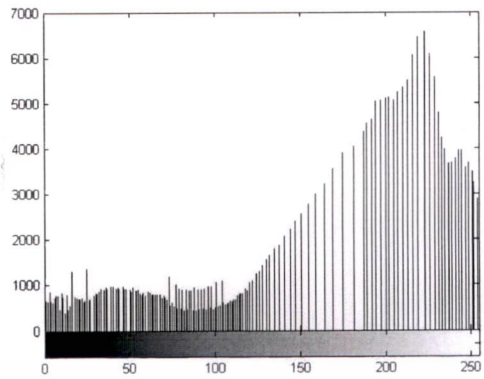
โดยที่ $f_i(k) = \{f_i(x(i,j)) \mid \forall x(i,j) \in \mathbf{X}_i\}$ เมื่อ \mathbf{X}_i เป็นช่วงใด ๆ และ g_{\min} คือ ค่าระดับสีเทาต่ำสุด และ g_{\max} คือ ค่าระดับสีเทาสูงสุดในฮิสโตแกรมย่อยแต่ละช่วง

4) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (2.13)

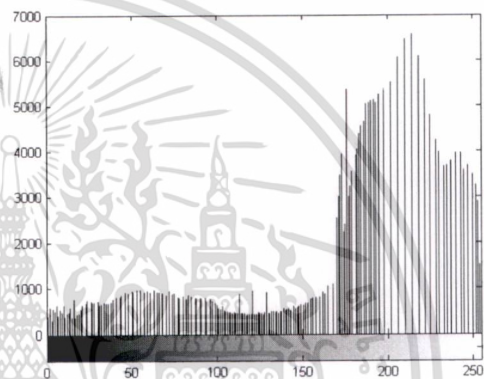
$$\mathbf{Y} = f_1(k) \cup f_2(k) \cup \dots \cup f_D(k) \quad (2.13)$$

โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าโดยวิธีการแบ่งฮิสโตแกรมย่อยดังได้แสดงไว้ในรูปที่ (2.10)

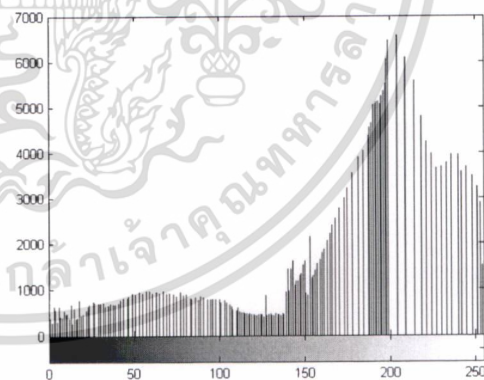
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.10 ภาพผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮิสโตแกรม โดยแบ่งเป็นฮิสโตแกรมย่อยจำนวนช่วงต่างๆ และฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์ (ก) 2 ช่วง (ข) 3 ช่วง (ค) 4 ช่วง

2.8 การตรวจสอบความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง

การตรวจสอบค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพทั้งหมดได้ แสดงในสมการที่ (2.14)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x(i, j)}{N \times M} \quad (2.14)$$

ถ้ากำหนดให้ $E(X)$ และ $E(Y)$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ และภาพผลลัพธ์ในบทความที่ [4] ได้กำหนดตัววัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่าง หรือ AMBE (Absolute Mean Brightness Error)

$$AMBE = |E(X) - E(Y)| \quad (2.15)$$

2.9 สรุปผลการทดลอง

กระบวนการปรับเท่าฮิสโตแกรมส่งผลให้ภาพที่ได้มีความคมชัดขึ้น แต่ภาพผลลัพธ์มีค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดที่สูงขึ้นด้วย ดังที่แสดงในตารางที่ 2.1 ดังนั้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อย จากนั้นทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ฮิสโตแกรมของแต่ละพื้นที่ย่อย จนถูกแบ่งออกเป็นหลายช่วง ซึ่งแต่ละช่วงจะมีการปรับเท่าฮิสโตแกรมภายในอย่างอิสระ ไม่ขึ้นกับช่วงอื่น ๆ จะพบว่า ค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดจะมีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2.2 เมื่อนำไปเทียบกับการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ การลดค่าความสว่างผิดพลาดของภาพผลลัพธ์สามารถทำการแก้ไขได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นฮิสโตแกรมย่อย ซึ่งจำนวนช่วงของการแบ่งส่งผลต่อค่าผิดพลาดที่น้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 2.3 อีกทั้งภาพผลลัพธ์ยังคงรักษาความเป็นธรรมชาติของภาพเอาไว้ได้ดีอีกด้วย และยังมีผลลัพธ์อีกมากมาย ดังที่แสดงในตารางที่ 2.4

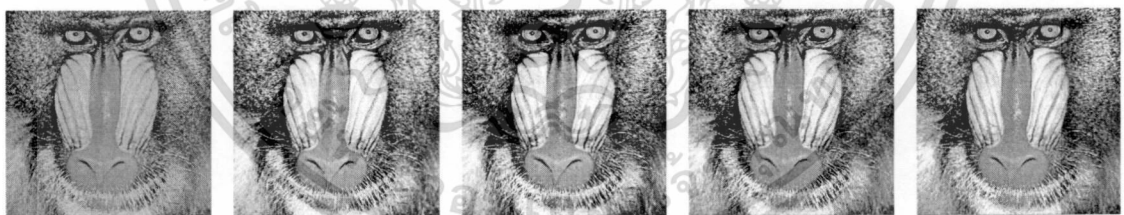
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าเฉลี่ยความสว่าง และค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง โดยแบ่งฮิสโตแกรมภาพออกเป็นหลายช่วง

ชื่อภาพ	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรม	ค่าผิดพลาดของค่าเฉลี่ยความสว่าง (AMBE)			
		1 ช่วง	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
Aerial		51.7744	19.0883	10.08	5.8527
Baboon		14.8422	8.2464	7.1661	6.0507
Elaine		8.0951	3.258	1.8435	1.4694
Lena		22.5457	13.5978	8.7132	6.0606



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 2.11 (ก) ภาพต้นฉบับ Aerial (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 2.12 (ก) ภาพต้นฉบับ Baboon (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

รูปที่ 2.13 (ก) ภาพต้นฉบับ Elaine (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

รูปที่ 2.14 (ก) ภาพต้นฉบับ Lena (ข) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 1 ส่วน (ค) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (ง) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (จ) ภาพที่ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การปรับเรียบภาพ

3.1 บทนำ

เนื่องจากภาพดิจิทัลส่วนใหญ่จะมีสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม (Random Noise) มาปรากฏซ้อนทับ (Superimpose) บนภาพ ซึ่งสัญญาณรบกวนดังกล่าวทำให้จุดภาพที่มีสัญญาณรบกวนจะมีค่าระดับสีเทาที่แตกต่างไปจากจุดรอบข้างจุดภาพสัญญาณรบกวนเป็นจุดเล็กจุดน้อยปรากฏขึ้นบนภาพ ทำให้การปรับเท่าสีสโตแกรมไม่มีประสิทธิภาพมากเท่าที่ควร ดังนั้น ขบวนการปรับเรียบภาพจึงถูกนำมาประยุกต์เพื่อใช้กำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวทิ้งไป โดยใช้ตัวกรองเข้ามาช่วย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้หน้ากากปรับเรียบ เพื่อใช้ลดสัญญาณรบกวนและยังคงรักษาขอบของภาพในพื้นที่ต่าง ๆ เอาไว้

3.2 การปรับเรียบภาพด้วยหน้ากาก Nagao

ปัญหาหลักของการปรับเรียบภาพโดยทั่ว ๆ ไปจะพบว่า ภาพผลลัพธ์หลังการปรับเรียบจะขาดความคมชัดเนื่องจากขอบของพื้นที่ต่าง ๆ ในภาพจะถูกทำลายไป ทำให้มีการคิดค้นวิธีการปรับเรียบภาพวิธีใหม่ที่พยายามรักษาขอบของพื้นที่ต่าง ๆ ในภาพเอาไว้ ซึ่งคิดค้นโดย Nagao [7]

โดยหลักการของวิธีดังกล่าวจะทำการหาพื้นที่ต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง (i, j) ที่จะทำการปรับเรียบ เพื่อดูว่าจุดภาพ (i, j) ไปอยู่ในพื้นที่ใดแล้วจะให้ค่าความเป็นเอกพันธ์ (Homogenous) สูงที่สุด โดยใช้วิธีการหมุนหน้ากากไปรอบ ๆ จุดภาพ (i, j) แล้วใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ และเมื่อพบพื้นที่ที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุดจะนำเอาค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของจุดภาพต่าง ๆ ในหน้ากานั้น ไปแทนลงในจุดภาพ (i, j) ซึ่งในการปรับเรียบภาพนี้ จะกระทำกันตลอดทั้งภาพ

ขั้นตอนการปรับเรียบภาพโดยใช้หน้ากาก Nagao

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหน้ากากแต่ละชุดที่มีจุดภาพตำแหน่ง (i, j) เป็นจุดร่วมในทุกหน้ากาก
2. ตรวจสอบหาหน้ากากที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด
3. แทนค่าเฉลี่ยของหน้ากานั้นลงในตำแหน่ง (i, j) ของรูปใหม่
4. ทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 กับทุก ๆ จุดภาพจนครบทั้งภาพ

โดยสมการในการหาค่าเฉลี่ยแสดงในสมการที่ (2.1) และสมการในการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงในสมการที่ (2.2)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i,j \in S_k} x(i,j)}{N} \quad (2.1)$$

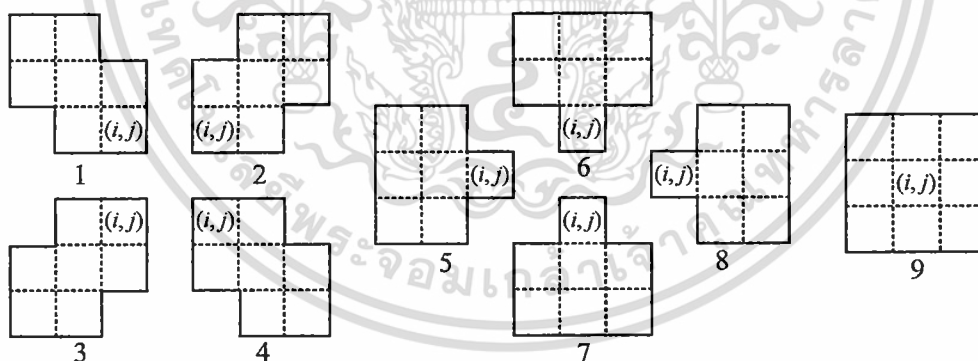
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i,j \in S_k} [x(i,j) - \bar{X}]^2}{N}} \quad (2.2)$$

N คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดในหน้ากานั้น

S_k คือ ภาพย่อยในลำดับที่ k

$x(i,j)$ คือ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i,j)

โดย Nagao [7] ได้เสนอหน้ากากรูปทรงต่าง ๆ จำนวน 9 หน้ากากเพื่อให้ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีรูปทรงซับซ้อน ซึ่งแต่ละหน้ากากจะมีจุดภาพ (i,j) ที่กำลังพิจารณาอยู่ด้วย โดยจุดภาพตำแหน่ง (i,j) นี้จะเป็นจุดภาพที่ต้องการทำการปรับเรียบ ลักษณะรูปของหน้ากากที่ Nagao ได้เสนอไว้แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หน้ากากที่นำเสนอโดย Nagao

จากรูปที่ 3.3(ก) ได้แสดงให้เห็นถึงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนด้วยหน้ากากของ Nagao แล้ว พบว่าภาพมีความเป็นเอกพันธ์ของพื้นที่สูงขึ้น และยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ได้อย่างชัดเจน ซึ่งหน้ากากแต่ละชุดมีการทำงานหลายครั้งในภาพต่าง ๆ ดังที่แสดงรูปที่ 3.3(ข)

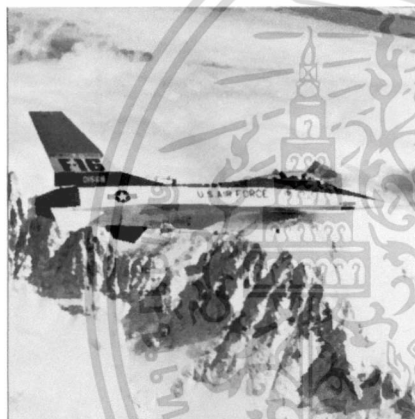


(ก)

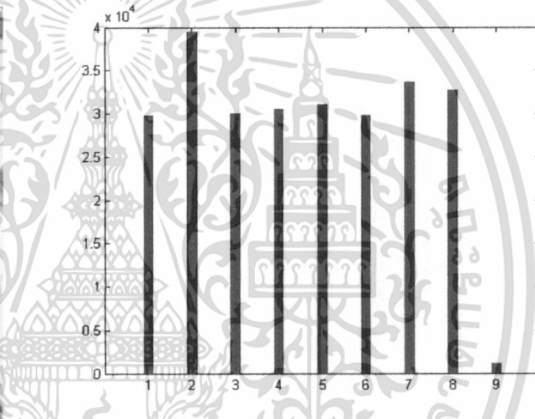


(ข)

รูปที่ 3.2 (ก) รูปต้นฉบับ Jet (ข) รูปผลลัพธ์จากตัวกรอง Gaussian ขนาด 3×3 โดยที่ $\sigma = 1$



(ก)

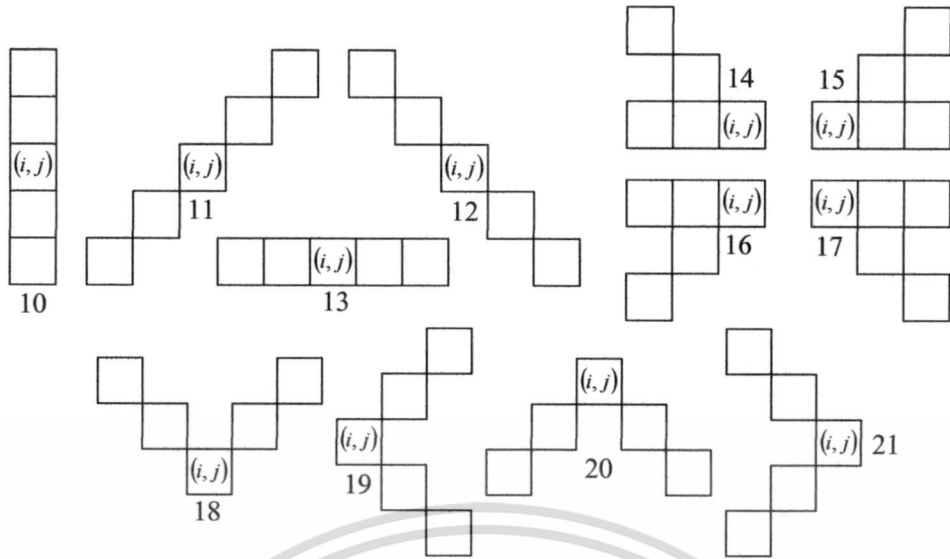


(ข)

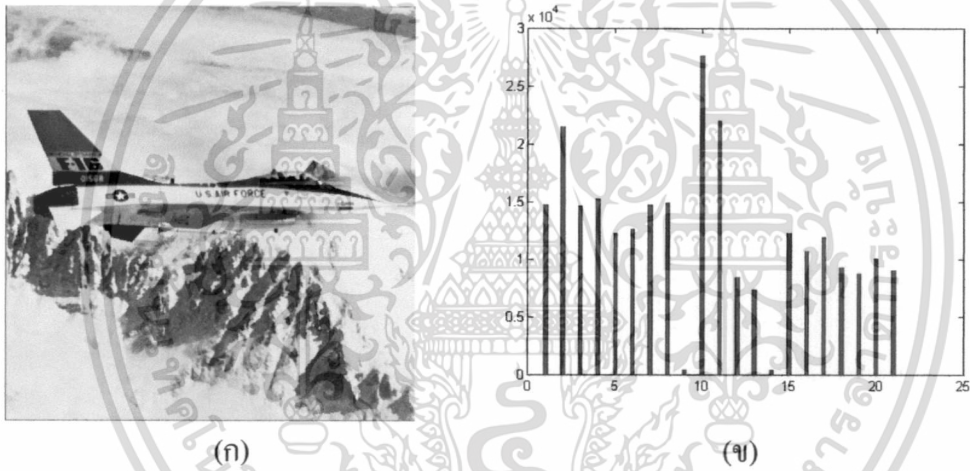
รูปที่ 3.3 (ก) รูปผลลัพธ์ที่ผ่านการลดสัญญาณด้วยหน้ากาก Nagao ทั้ง 9 หน้ากาก (ข) จำนวนครั้งของการทำซ้ำของแต่ละหน้ากากของ Nagao

โดยทั่วไปแล้ว ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการลดสัญญาณด้วยหน้ากากทั้ง 9 ของ Nagao นั้น ถึงแม้ว่าจะรักษาของภาพได้ แต่จะสังเกตเห็นได้ว่า ในบางพื้นที่ ขอบของวัตถุในภาพยังถูกทำลาย ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบชุดหน้ากากเพิ่มเติมมาใหม่อีก 12 หน้ากาก รวมทั้งหมด 21 หน้ากาก เพื่อมาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการรักษาขอบของวัตถุในภาพ ดังที่ได้แสดงหน้ากากเพิ่มเติมไว้ในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้ากากเพิ่มเติมที่ได้นำเสนอในงานวิจัย



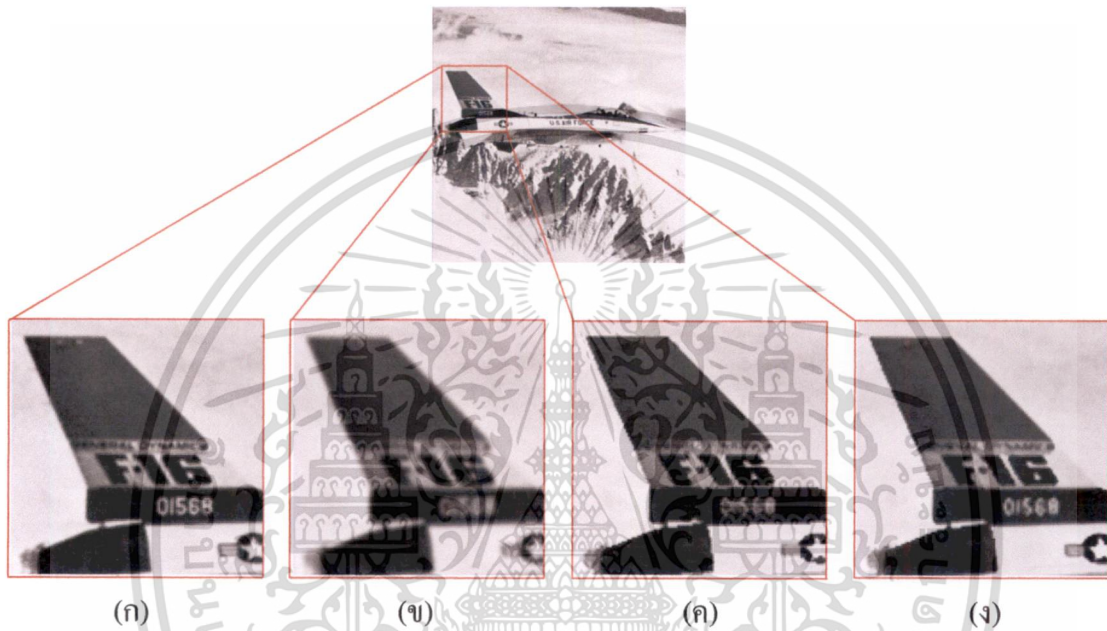
รูปที่ 3.5 (ก) รูปผลลัพธ์ที่ผ่านการลดสัญญาณด้วยหน้ากาก Nagao ทั้ง 21 หน้ากาก (ข) จำนวนครั้งของการทำซ้ำในหน้ากากแต่ละชุดของ Nagao ทั้ง 21 หน้ากาก

จากรูปที่ 3.5(ก) ได้แสดงให้เห็นถึงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยหน้ากากทั้ง 21 หน้ากาก สามารถรักษาขอบของวัตถุในภาพเอาไว้ได้ดีกว่าหน้ากากเดิมของ Nagao ซึ่งแต่ละหน้ากากถูกเรียกใช้ซ้ำดังที่แสดงรูปที่ 3.5(ข) สำหรับการประมวลผลในขั้นตอนดังกล่าว ใช้เวลาเฉลี่ยโดยประมาณ 7 นาที ด้วยคอมพิวเตอร์รุ่น Core i5 2.53GHz หน่วยความจำหลัก 4GB ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 7 Ultimate X64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ผลการทดลอง

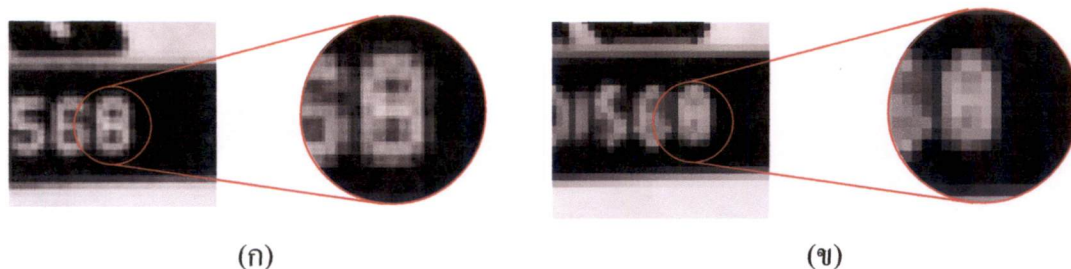
จากการทดลองได้นำภาพต้นฉบับ รูปที่ 2.5(ก) ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Gaussian ทำให้ภาพผลลัพธ์ในรูปที่ 3.6(ข) และเมื่อใช้มาผ่านกระบวนการปรับเรียบภาพด้วย หน้ากาก Nagao ให้ภาพผลลัพธ์แสดงในรูปที่ 3.6(ค) ส่วนรูปที่ 3.6(ง) เป็นการนำหน้ากากในการปรับเรียบ 21 หน้ากาก จะให้ภาพผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.6(ง) ซึ่งสามารถมองด้วยตาเปล่าจะพบว่าหมายเลข 01568 ได้ชัดเจนกว่าภาพ 3.6(ข) และ 3.6(ค)



รูปที่ 3.6 (ก) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนจากภาพต้นฉบับ Jet (ข) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Gaussian ขนาด 3×3 ขนาด 3×3 โดยที่ $\sigma = 1$ (ค) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Nagao จำนวน 9 หน้ากาก (ง) ภาพขยาย 100% เฉพาะส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรอง Nagao และหน้ากากเพิ่มเติมจำนวน 21 หน้ากาก

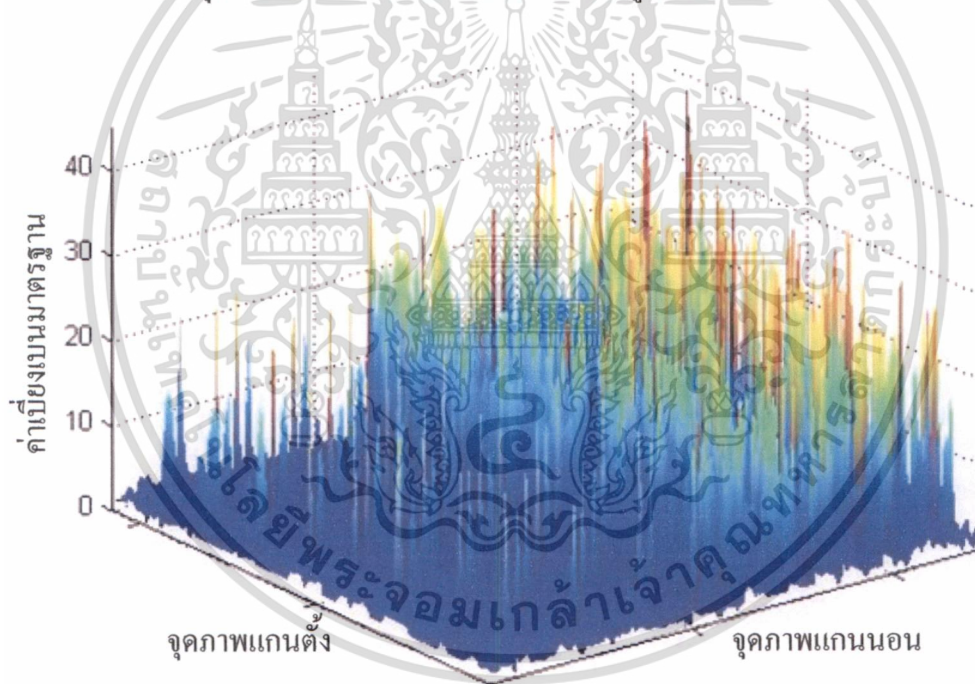
จากรูปที่ 3.6(ง) จะเห็นได้ว่า ตัวเลขหมายเลข 8 ดังที่ปรากฏบนปีกของเครื่องบินมีความคมชัดของขอบภาพตัวเลขน้อยกว่าต้นฉบับในรูปที่ 3.6(ก) สาเหตุนี้ เกิดจุดภาพสีดำของหมายเลข 8 นั้น มีขนาดแค่ 3 จุดภาพ ในการปรับเรียบภาพด้วยหน้ากากทั้ง 21 หน้ากาก หน้ากากแต่ละชุดไม่สามารถเล็กพอที่จะครอบคลุมบริเวณดังกล่าวได้พอดี จึงทำให้บริเวณนั้น ถูกแทนค่าจุดภาพใหม่ลงไปเพื่อทำให้บริเวณดังกล่าวมีความเป็นเอกพันธ์ของพื้นที่มากขึ้น โดยไม่ได้สนใจว่ารายละเอียดบางประการจะหายไปหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 (ก) ภาพขยายเฉพาะส่วนจากภาพต้นฉบับ รูปที่ 3.6(ก) (ข) ภาพขยายเฉพาะส่วนจาก
รูปที่ 3.6(ง)

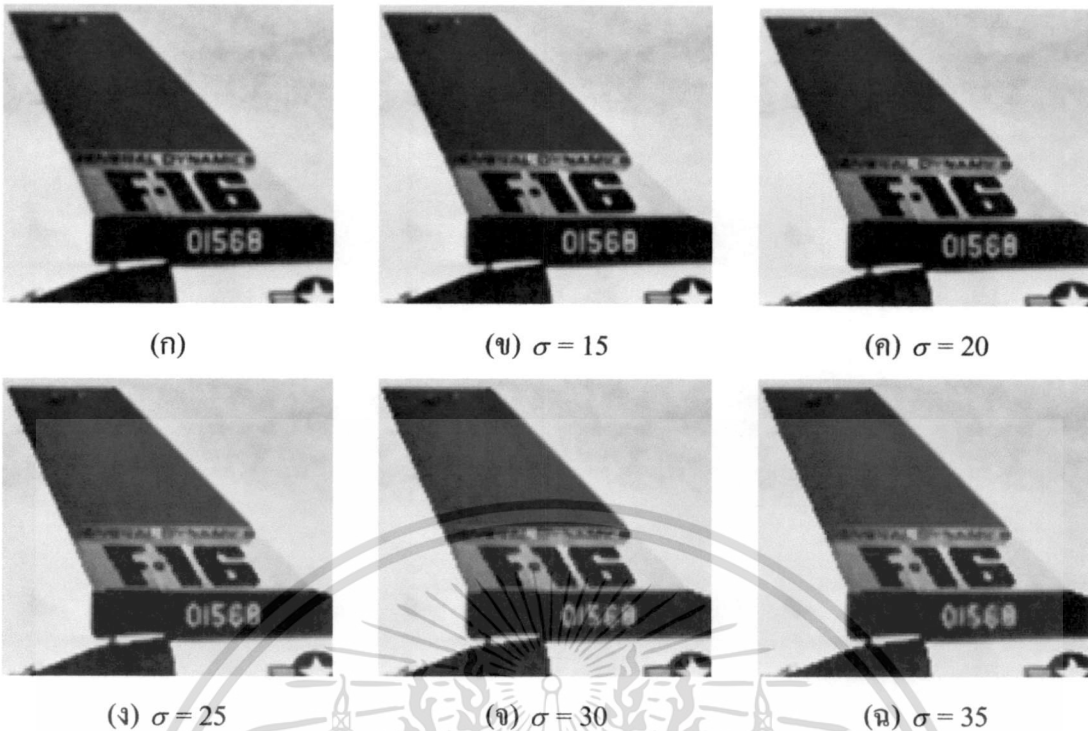
ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ สามารถแก้ไขได้โดยทำการใส่เงื่อนไขที่ว่า ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ของหน้ากากที่จะถูกแทนค่าลงไปใหม่มีค่ามากกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำหนด ให้ทำการข้าม
ขั้นตอนในการแทนค่าจุดภาพนั้นไป ดังภาพผลลัพธ์ที่แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรูปที่ 3.6(ก)

จากกราฟที่ 3.8 เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการการคำนวณจากหน้ากากปรับ
เรียบ ทั้ง 21 หน้ากาก โดยเลือกหน้ากากที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดนำมาพล็อตกราฟ โดย
พบว่าบริเวณดังกล่าวมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0 ถึง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพขยายเฉพาะส่วนและภาพผลลัพธ์จากการใช้หน้ากากปรับเรียบ 21 หน้ากาก

โดยกำหนดเงื่อนไข σ (ก) ภาพต้นฉบับจากรูปที่ 3.6(ก)

ภาพผลลัพธ์ (ข) $\sigma = 15$ (ค) $\sigma = 20$ (ง) $\sigma = 25$ (จ) $\sigma = 30$ (ฉ) $\sigma = 35$

จากรูปที่ 3.9(ก) เป็นภาพต้นฉบับจากรูปที่ 3.6(ก) ซึ่งจะถูกนำมาใช้เปรียบเทียบในการปรับเรียบภาพ โดยใช้หน้ากากทั้ง 21 หน้ากาก และมีเงื่อนไขแต่ละหน้ากากที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด นำมาพร้อมกราฟเพื่อดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพในรูปที่ 3.8 จากนั้นจึงทำการกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่จะใช้ในเงื่อนไขสำหรับการที่ไม่ต้องแทนค่าจุดภาพใหม่ โดยสามารถเปรียบเทียบได้จากตาเปล่าว่า ยิ่งกำหนดให้ค่า σ ที่ใช้ในเงื่อนไขสำหรับข้ามกำหนดค่าจุดภาพมีค่ามากขึ้นกว่าค่า σ ของภาพต้นฉบับ จะทำให้รายละเอียดบางประการหายไป โดยสังเกตจากรูปที่ 3.9(ฉ) และ 3.9(ค) ได้อย่างชัดเจน

บทที่ 4

ทฤษฎีของฟัซซี และฟัซซีมิน

4.1 บทนำ

ฟัซซีเซตได้ถูกนำเสนอโดย Lotfi Zadeh [8] ในปี ค.ศ. 1965 เขาได้ชี้ให้เห็นถึงทางเลือกใหม่ในการอธิบายถึงสิ่งที่มีความหมายคลุมเคลือ โดยใช้ระบบฟัซซีแทนระบบของเซต ซึ่งที่มาของ ฟัซซีเซตนั้นมาจากทฤษฎีของเซต จากทฤษฎีของฟัซซีเซตได้ถูกพัฒนาไปใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมมากมาย เช่น ระบบควบคุม (Control System) การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing) การรับรู้และการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) แม้แต่การแบ่งกลุ่มข้อมูลของภาพ (Image Segmentation) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีของเซตและฟัซซีเซต

ถ้ากำหนดให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์ (Universal Set) ซึ่งก็คือเซตที่บรรจุสมาชิกทั้งหมดที่เป็นไปได้ของสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจ สมมติว่าเซต A ที่อยู่ใน U จะสามารถนิยามได้ว่าสมาชิกของเซต A ทั้งหมดจะเป็นสมาชิกของ U สามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้โดยสมการที่ (4.1)

$$A = \{x \in U, \text{เมื่อ } x \text{ มีเงื่อนไขที่ถูกต้องตามที่กำหนด}\} \quad (4.1)$$

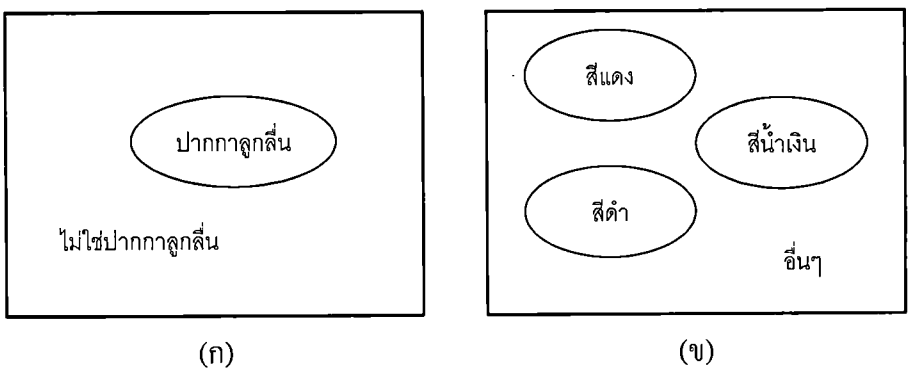
นอกจากนั้นยังมีวิธีอื่นที่จะนิยามคำว่าเซต A โดยอาศัยวิธีของฟังก์ชันสมาชิกภาพ (Membership Function) [9] มาเป็นตัวอธิบายความเป็นสมาชิกของข้อมูลในเซต A โดยสามารถแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้เป็น $u_A(x)$ นิยามได้โดยสมการที่ (4.2)

$$u_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A \\ 0 & \text{if } x \notin A \end{cases} \quad (4.2)$$

จากสมการที่ (4.2) จะเห็นว่าค่าสมาชิกภาพที่จะบ่งบอกถึงความเป็นสมาชิกของเซต A นั้นจะมีอยู่สองค่า คือ 0 หรือ 1 (ไม่เป็นสมาชิกหรือเป็นสมาชิก)

ตัวอย่างที่ 4.1 พิจารณาเซตของปากกาทั้งหมดในกล่อง (ซึ่งกำหนดให้เป็นเอกภพสัมพัทธ์) สามารถให้ค่านิยามของเซตต่าง ๆ ใน U ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของปากกาในรูปที่ 4.1 ได้
อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การแยกแยะเซตของปากกาทั้งหมดในกล่อง (ก) เป็นเซตย่อยของชนิดปากกาในกล่อง (ข) เป็นเซตย่อยของสีของปากกาที่อยู่ในกล่อง

จากรูปที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติ 2 ชนิด ที่สามารถใช้ในการกำหนดนิยามเซตใน U ก็คือ (ก) เป็นปากกาลูกกลิ้งหรือไม่ใช่ปากกาลูกกลิ้ง และ (ข) จำแนกตามสีของปากกา สำหรับในตัวอย่างสามารถนิยามเซต A เป็นเซตของรถใน U ที่มีสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถเขียนในลักษณะของสมการที่ (4.1) หรือ สมการที่ (4.2) ได้ดังนี้

$$A = \{x \in U \mid x \text{ เป็นปากกาที่มีสีน้ำเงิน} \} \tag{4.3}$$

หรือ

$$u_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in U \text{ and } x \text{ is a blue pen.} \\ 0 & \text{if } x \in U \text{ and } x \text{ is not a blue pen.} \end{cases} \tag{4.4}$$

ถ้าเราต้องการที่จำนิยามเซตใน U ที่จะสอดคล้องกับปากกาที่เป็นปากกาลูกกลิ้งหรือไม่ใช่ปากกาลูกกลิ้งนั้น เราอาจมีความยากลำบากอยู่บ้างถ้าสีของปากกามีหลายสี เช่น สีน้ำเงินเข้ม สีน้ำเงินอ่อน เป็นต้น ดังนั้นเราไม่สามารถนำทฤษฎีเซตมาอธิบายปากกาที่มีสีอยู่อย่างมากมายได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่ดูยุ่งยากมากในการจำแนกกลุ่ม เพราะว่านิยามของเซตไม่สามารถแบ่งขอบเขตได้แน่นอน ดังนั้นทฤษฎีของฟัซซีเซตจึงได้ถูกนำมาอธิบายปัญหานี้ เพราะทฤษฎีของฟัซซีเซตมีความยืดหยุ่นในการแบ่งแยกได้มากกว่า

4.3 นิยามของฟังก์ชันเซต

ฟังก์ชันเซตที่เป็นสมาชิกของเซตเอกภาพสัมพัทธ์จะมีคุณสมบัติของฟังก์ชันสมาชิกภาพ ($u_A(x)$) ที่มีค่าอยู่ในช่วงศูนย์ถึงหนึ่ง $[0, 1]$

จากนิยามของฟังก์ชันเซตจะเห็นได้ว่าฟังก์ชันสมาชิกภาพมีความแตกต่างจากฟังก์ชันสมาชิกภาพของเซตทั่วไปที่มีค่า 0 กับ 1 เท่านั้น จากที่กล่าวมาเราจะพบว่านิยามของฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันเซต มันจะมีลักษณะคล้ายกับนิยามของเซต แต่ต่างกันตรงความต่อเนื่องของฟังก์ชันสมาชิกภาพ

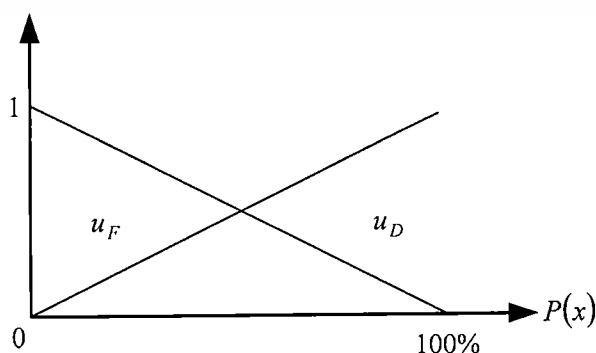
จากตัวอย่างที่ 4.1 เราสามารถนิยามเซตของปากกาสีน้ำเงินในกล่อง โดยกำหนดให้ D เป็นฟังก์ชันเซต ที่เป็นตัวบอกถึงเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบของปากกาที่เป็นสีน้ำเงิน ดังนั้นถ้ามีการกำหนดให้ D ซึ่งถูกนิยามจากฟังก์ชันสมาชิกภาพ จะสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ (4.5)

$$u_D(x) = P(x) \quad (4.5)$$

เมื่อ $P(x)$ เป็นเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบของปากกา (x) ที่เป็นสีน้ำเงิน และมีค่าจาก 0% ถึง 100% จากตัวอย่าง ถ้าสมมติให้ส่วนประกอบของปากกา (x_0) มีค่า 60% ของส่วนประกอบทั้งหมด ดังนั้นเราจะพูดได้ว่าส่วนประกอบของปากกา (x_0) ที่เกี่ยวกับเรื่องของฟังก์ชันเซต D จะมีดีกรีเท่ากับ 0.6 ในลักษณะเดียวกันเมื่อเราให้นิยามเซตของปากกาที่ไม่ใช่ปากกาสีน้ำเงิน ซึ่งกำหนดให้ F เป็นฟังก์ชันเซตที่ถูกนิยามโดยฟังก์ชันสมาชิกภาพจะเป็นดังสมการที่ (4.6)

$$u_F(x) = 1 - P(x) \quad (4.6)$$

ดังนั้น ถ้าส่วนประกอบของปากกา (x_0) มีค่า 60% ที่เป็นสีน้ำเงิน เราจะพูดได้ว่าส่วนประกอบของปากกา (x_0) ที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันเซต F จะมีดีกรีเท่ากับ $1 - 0.6 = 0.4$ จากเท่าที่กล่าวมาทั้งสมการที่ (4.5) และ (4.6) เราสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ได้ดังในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สมาชิกภาพของปากกาสีน้ำเงินและไม่ใช่สีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ตัวแปรฟuzzy เทอมเซต และส่วนขยาย

ถ้าเรามีการพูดว่า ขณะนี้อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 37°C ถ้ามองในทางคณิตศาสตร์จะเห็นว่า อุณหภูมิก็คือตัวแปร ส่วน 37 นั้น ก็คือค่าของตัวแปร ซึ่งในทางฟuzzy ก็มีลักษณะเดียวกัน ตัวอย่าง เช่น ถ้าเรากำหนดให้ อุณหภูมิเป็นตัวแปรฟuzzy และถ้าเรากำหนดเซตของตัวแปรเป็น {สูง ปานกลาง ต่ำ} ซึ่งเราจะเรียกเซตของค่าตัวแปรนี้ว่าค่าตัวแปรฟuzzyหรือเทอมเซต และนอกจากนี้ตัวแปรฟuzzyแต่ละตัวอาจมีส่วนขยาย เพื่อปรับค่าตัวแปรฟuzzyให้มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น เช่น จากค่าของตัวแปรอุณหภูมิ “ต่ำ – ต่ำมาก” หรือ “สูง – ก่อนข้างสูง” เป็นต้น คำว่า “มาก” หรือ “ค่อนข้าง” ในที่นี้ก็คือส่วนขยายของตัวแปรฟuzzy

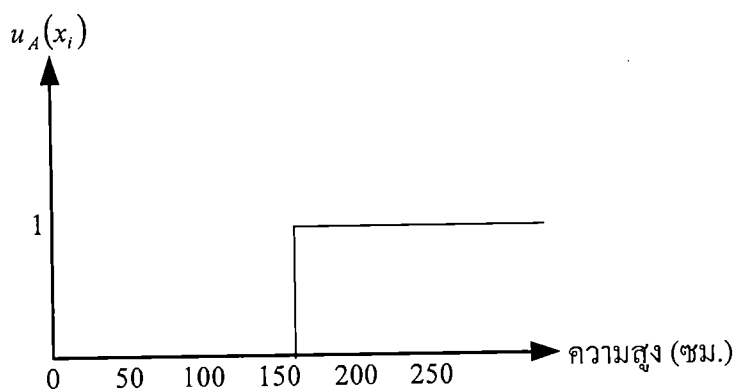
4.5 การแทนข้อมูลในระบบฟuzzyเซต

ในการแทนข้อมูลในระบบฟuzzyเซตเพื่อที่จะให้มีความเข้าใจมากขึ้น จะมีการเปรียบเทียบกับระบบเซตธรรมดา ตัวอย่างเช่น ความสูงของคนไทย (“ความสูง” ในระบบฟuzzyเซต ก็คือตัวแปรฟuzzyเซต) โดยสมมติให้ความสูงอยู่ในช่วง $140 - 180$ เซนติเมตร (เป็นโดเมนของเซตเอกภพสัมพัทธ์) แต่ในที่นี้เราสนใจเฉพาะคนที่สูง ถ้าเรามีการกำหนดให้ A เป็นเซตของคนที่สูง (“สูง” ในระบบฟuzzyเซตจะเป็นเทอมหรือค่าของตัวแปรฟuzzy) ดังนั้น เซต A ในกรณีของระบบเซตธรรมดาจะต้องมีการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) [9] เพื่อเป็นตัวชี้ข้อมูล (สมาชิกตัวใดในเซตเอกภพสัมพัทธ์) จะเป็นสมาชิกของเซตใด (กลุ่มใด) ที่เราได้กำหนดไว้ ซึ่งในที่นี้ถ้าเราลองสมมติให้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนมีค่าเท่ากับ 170 เซนติเมตร นั้นหมายความว่าคนใดที่มีความสูงมากกว่าหรือเท่ากับ 170 เซนติเมตร จะถือว่าเป็นคนสูง (เป็นสมาชิกของเซต A) ซึ่งสามารถเขียนเป็นฟังก์ชันสมาชิกภาพได้ดังนี้ สมการที่ (4.7)

$$u_A(x_i) = \begin{cases} 1; & x_i \geq 170 \\ 0; & x_i < 170 \end{cases} \quad (4.7)$$

โดยที่ x_i คือความสูงของคนที่ i ดังนั้นในสมการที่ 4.7 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกกับค่าสมาชิกภาพได้ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

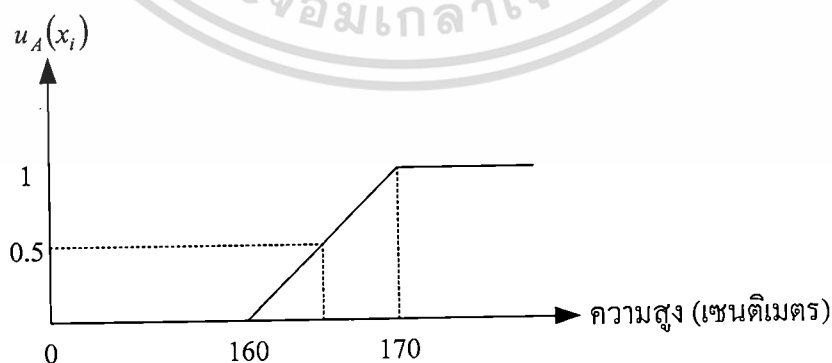


รูปที่ 4.3 ค่าสมาชิกภาพของเซต A ในกรณีที่เป็นเซตธรรมดา

จากรูปจะพบว่าคนที่มีความสูงมากกว่า 170 เซนติเมตร เท่านั้นจึงจะถือว่าเป็นคนสูง (มีระดับความเป็นสมาชิกภาพเท่ากับ 1 หรือเป็นสมาชิกของเซต A) นอกนั้นจะถือว่าเป็นคนเตี้ยทั้งหมด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะไม่ถูกต้องนัก เพราะคนที่มีความสูง 169.9 เซนติเมตร ก็มีความสูงพอ ๆ กับคนที่สูง 170 เซนติเมตร จากปัญหานี้เมื่อนำฟัซซีเซตมาอธิบายจะให้ความเป็นจริงที่มากกว่าเซตธรรมดา เพราะฟังก์ชันสมาชิกภาพในระบบฟัซซีเซตจะมีความยืดหยุ่นมากกว่า ถ้าเราลองสมมติให้ฟังก์ชันสมาชิกภาพเป็นดังสมการที่ (4.8)

$$u_A(x_i) = \begin{cases} \frac{(x_i - 160)}{(170 - 160)} & ; 160 \leq x_i \leq 170 \\ 1 & ; x_i > 170 \\ 0 & ; x_i < 160 \end{cases} \quad (4.8)$$

จากสมการที่ (4.8) สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.4

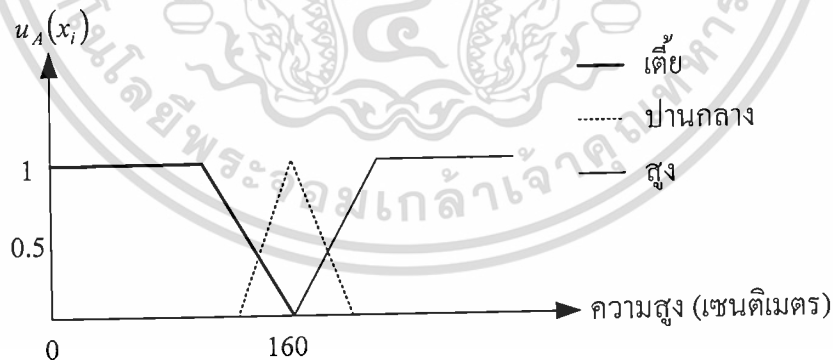


รูปที่ 4.4 ค่าสมาชิกภาพของเซต A ในกรณีที่เป็นฟัซซีเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.3 จะพบว่ากราฟของระดับความเป็นสมาชิกภาพจากรูปที่ 4.4 จะมีความต่อเนื่องในช่วง $[0, 1]$ เช่นคนที่มีความสูง 165 เซนติเมตร ก็จะถือว่าเป็นคนสูงเช่นกันแต่เขาจะมีระดับความเป็นสมาชิกภาพของเซตของคนสูงเท่ากับ 0.5 ถ้าเปรียบเทียบกับเซตธรรมดาจะพบว่าคนนี้จะไม่เป็นสมาชิกของคนสูง (เซต A) เลย หรือแม้แต่คนที่มีความสูง 169 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงต่างจากคนที่ถือว่าสูงเพียง 1 เซนติเมตร เท่านั้น แต่ในเซตธรรมดาจะถือว่าเขาเป็นคนเตี้ยทันที ซึ่งจะไม่ตรงกับค่าความเป็นจริง แต่สำหรับการแทนข้อมูลโดยใช้ฟัซซีเซตจะถือว่าคนนี้เป็นเซตของคนสูงด้วยค่าระดับความเป็นสมาชิกภาพเท่ากับ 0.9 (คือเกือบจะเป็นคนสูงเลยทีเดียว)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกหรือฟังก์ชันคุณลักษณะในกรณีฟัซซีเซตไม่ใช่แค่การทำให้เป็นบรรทัดฐานข้อมูลที่หมาย ๆ คนเข้าใจ แต่ฟังก์ชันนี้จะต้องถูกกำหนดขึ้นตามคำจำกัดความของเทอมเซตที่มีความยืดหยุ่นและตรงตามความเป็นจริง เมื่อพิจารณาถึงรูปที่ 4.4 แกนตั้งของกราฟจะแทนค่าระดับความเป็นสมาชิก แต่ในกราฟรูปที่ 4.4 มีเทอมเซตเพียงเทอมเดียว ซึ่งเป็นเทอมของคนสูงเท่านั้น เพื่อให้ครอบคลุมประชากรที่เราสนใจจึงเพิ่มเทอมเซตอีกสองเทอมเซต คือ เทอมเซตของคน “เตี้ย” และเทอมเซตของคนที่มีความสูง “ปานกลาง” ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งโดเมนของตัวแปรฟัซซีที่ครอบคลุมประชากรทั้งหมดที่ทำการศึกษา เราจะเรียกโดเมนของตัวแปรนี้ว่า เซตเอกภพสัมพัทธ์ และในแต่ละเทอมเซตก็จะมีโดเมนของตัวเอง เช่น เทอมเซตของคนเตี้ยจะมีโดเมนอยู่ในช่วง 140 – 160 เซนติเมตร เทอมเซตของคนสูงปานกลางจะมีโดเมนอยู่ในช่วง 150 – 170 เซนติเมตร และเทอมเซตของคนที่สูงจะมีโดเมนอยู่ในช่วง 160 – 180 เซนติเมตร

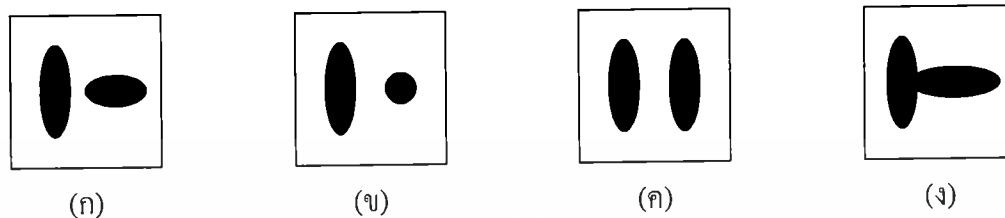


รูปที่ 4.5 กราฟฟังก์ชันสมาชิกภาพของตัวแปร “ความสูง” ที่ประกอบด้วย 3 เทอมเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 บทนิยามพีชชีมีน

ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลในระบบการรับรู้และจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) [6] จะหมายถึงการหาลักษณะการรวมตัวของข้อมูลว่ามีโครงสร้างอย่างไร สำหรับตัวอย่างการแบ่งข้อมูลสามารถแสดงได้ดังรูป 4.6

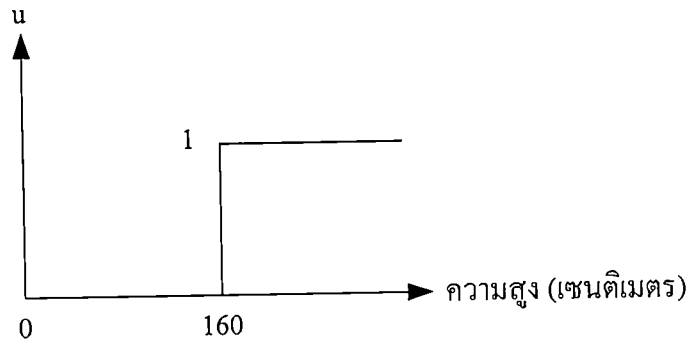


รูปที่ 4.6 ความเป็นไปได้ของโครงสร้างข้อมูล

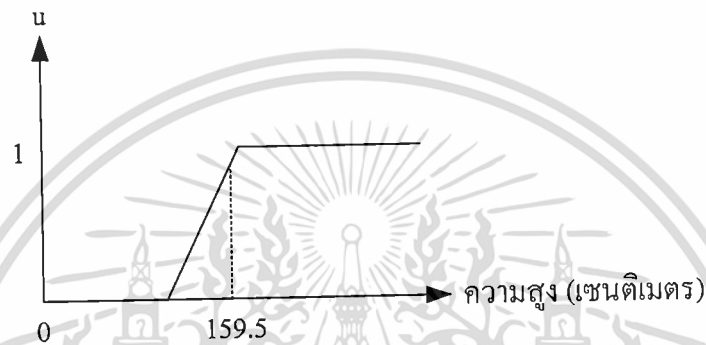
จากรูป 4.6 ได้แสดงถึงโครงสร้างข้อมูล 4 แบบ ซึ่งในแต่ละแบบเรายังสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นอีก 3 กลุ่ม โดยที่นิยามของคำว่ากลุ่มในแต่ละแบบยังมีลักษณะที่แตกต่างกันอีก เช่น ในรูปที่ 4.6(ก) และ 4.6(ข) จะเป็นกลุ่มได้ต้องอาศัยระยะทางระหว่างจุดข้อมูล คือ จุดข้อมูลจะมีระยะทางที่สั้นเมื่ออยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนรูป 4.6(ค) กลุ่มของข้อมูลน่าจะแบ่งตามความต่อเนื่องกันของจุดข้อมูล นั่นก็คือจุดข้อมูลที่อยู่ติดกันจะถือว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และในรูปที่ 4.6(ง) จะถูกนิยามของการแบ่งกลุ่มโดยการรวมคุณสมบัติของระยะทางและการเชื่อมกันของข้อมูล ซึ่งในระบบการรับรู้และจดจำรูปแบบ คำว่ากลุ่มของข้อมูลจะถูกเรียกว่า คลัสเตอร์ (Cluster)

ในความเป็นจริงจุดข้อมูลจะไม่มีกระจายในลักษณะที่มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบแบบนั้น ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวในการแบ่งกลุ่มภาพ จากความคลุมเครือของข้อมูลอาจทำให้จุดข้อมูลอยู่ในกลุ่มได้มากกว่า 1 กลุ่ม โดยมีความสมาชิกภาพของข้อมูลเป็นตัวชี้ว่าจุดข้อมูลนั้นจะมีโอกาสอยู่ในกลุ่มใดได้บ้าง ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

การใช้เทคนิคพีชชีมาทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลก็เนื่องจากระบบพีชชีมีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่มีความคลุมเครือของการแบ่งกลุ่มได้มากกว่าระบบที่ไม่ใช่พีชชี เพราะว่าในระบบดังกล่าวมีค่าสมาชิกภาพที่เป็นตัวชี้ว่าข้อมูลจะอยู่ในกลุ่มใดจะมีค่า 0 หรือ 1 (ใช่หรือไม่ใช่) เท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีการตั้งกฎเกณฑ์ว่า คนที่มีความสูง 160 เซนติเมตร ขึ้นไปถือว่าอยู่ในกลุ่มคนสูง ($u = 1$) และคนที่มีความสูงต่ำกว่า 160 เซนติเมตร ลงมาถือว่าอยู่ในกลุ่มคนเตี้ย ($u = 0$) ดังที่แสดงได้ดังรูปที่ 4.7(ก)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.7 (ก) การแบ่งข้อมูลโดยระบบเขตทั่วไป (ข) การแบ่งข้อมูลโดยระบบพีชชี

จากรูปที่ 4.7(ก) จะเห็นว่า มีค่า u อยู่สองค่าคือ 0 กับ 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นมุมมองในระบบที่ไม่ใช่พีชชี แต่ในระบบพีชชีจะมีค่า u อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 $[0, 1]$ ทำให้การแบ่งกลุ่มข้อมูลมีการยืดหยุ่นกว่า จากตัวอย่างเดิมถ้าคนที่สูง 159.5 เซนติเมตร จะเห็นว่ามี ความสูงพอ ๆ กับคนที่สูง 160 เซนติเมตร ซึ่งในระบบที่ไม่ใช่พีชชีจะถือว่าเป็นคนเดีย แต่ในระบบพีชชี จะถือว่าคนนี้มีค่าระดับสมาชิกภาพ (u) เกือบเท่ากับ 1 (เป็นคนเกือบสูง) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามันสามารถทำการจัดกลุ่มข้อมูลได้รายละเอียดมากกว่าดังในรูปที่ 4.7(ข)

4.7 การแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยการวัดระยะทาง

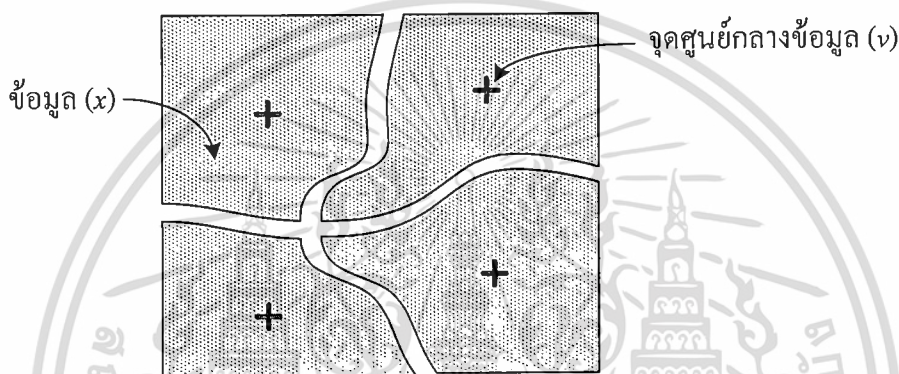
ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยวิธีของพีชชีมีนัยสำคัญที่เป็นหัวใจในการกำหนดว่าข้อมูลจะอยู่ในกลุ่มใดก็คือ การวัดระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างข้อมูล และจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล โดยที่ระยะทางดังกล่าวจะเรียกว่า “ระยะแบบยูคลิด” (Euclidean Distance) [9] ส่วนสมการที่ใช้หาระยะทางยูคลิดสามารถกำหนดได้ดังสมการที่ 4.9

$$d_{ik}^2 = \|x_k - v_i\|^2 \quad (4.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ d_{ik} เป็นระยะทางยูคลิดระหว่างข้อมูลและจุดศูนย์กลางของข้อมูล
 x_k เป็นข้อมูลตัวที่ k โดยที่ $1 \leq k \leq n$ และ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด
 v_i เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลตัวที่ i โดยที่ $1 \leq i \leq Q$ และ Q เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ต้องการแบ่ง

จากสมการที่ 4.9 การกำหนดว่าข้อมูลตัวใดควรอยู่ในกลุ่มไหนนั้น จะต้องมีการคำนวณระยะทางจากข้อมูล (x) ทุกตัวไปยังจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล (v) ทุก ๆ กลุ่มดังแสดงในรูปที่ 4.8 ถ้าระยะทางจาก (x) ไปถึง (v) กลุ่มใดสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับ v กลุ่มอื่นก็แสดงว่าข้อมูลตัวดังกล่าวจะเป็นสมาชิกของกลุ่มนั้น

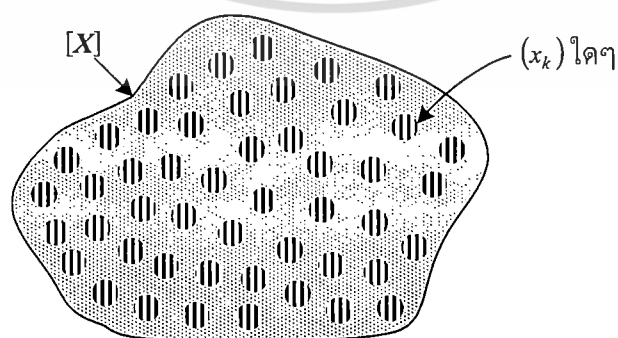


รูปที่ 4.8 การกำหนดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลแต่ละกลุ่ม

4.8 นิยามของการแบ่งแยกฟัซซี (Fuzzy C-Partition) แบบกำหนดค่าเริ่มต้น u

ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยวิธีของการแบ่งแยกฟัซซีสิ่งที่สำคัญก็คือการกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ระบบ โดยขบวนการดังกล่าวจะใช้ค่าสมาชิกภาพ u ของข้อมูลเป็นค่าเริ่มต้นซึ่งนิยามของการแบ่งแยกฟัซซี [8] สามารถกำหนดได้ดังนี้

สมมติว่าเรามีข้อมูล X ที่อยู่ในรูปของเวกเตอร์ลักษณะเด่น (Feature Vectors) คือ $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ซึ่ง n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่จะนำมาแบ่งกลุ่มดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กลุ่มข้อมูล $[X]$ ที่มีสมาชิก $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 ถ้ากำหนด x_k เป็นข้อมูลตัวใด ๆ ที่อยู่ใน X โดยกำหนดให้ $P(x)$ คือ เพาเวอร์เซตของ Y หรือก็คือเซตของทุกเซตย่อยของ Y

ถ้ากำหนดให้ $\{A_i \in P(x) | 1 \leq i \leq Q\}$ โดยที่ A_i เป็นเซตของข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งคุณสมบัติของ A_i มีดังนี้

1. การยูเนียนของ A_i

$$\bigcup_{i=1}^Q A_i = X \quad (4.10)$$

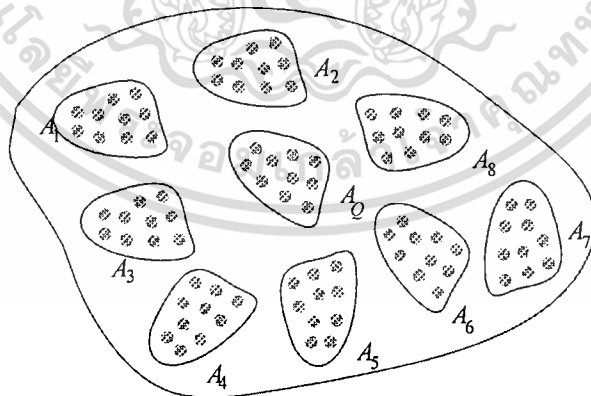
เมื่อนำข้อมูลในแต่ละ A_i ทั้งหมดมายูเนียนกันจะได้เท่ากับข้อมูลทั้งหมด

2. การอินเตอร์เซกของ A_i

$$A_i \cap A_j = \emptyset \quad ; \quad 1 \leq i \neq j \leq Q \quad (4.11)$$

จากคุณสมบัติของการอินเตอร์เซกแสดงให้เห็นว่าสมาชิกของ A_i จะไม่เป็นสมาชิกของ A_j

ถ้าให้ Q เป็นจำนวนของกลุ่มที่ต้องการจะแบ่ง ดังนั้นในความหมายของ A_i ก็คือการแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็นกลุ่มที่เท่ากับกับ Q กลุ่ม หรือแสดงในรูปของเซตก็คือ $\{A_1, A_2, \dots, A_Q\}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การแบ่งข้อมูล $[X]$ เป็นกลุ่ม $A_i; 1 \leq i \leq Q$

จากนิยามการแบ่งแยกพีชชีสามารถเขียนฟังก์ชันสมาชิกภาพของ x_k จะเป็นสมาชิกของเซต A_i ได้ดังสมการที่ 4.11 โดย u_{ik} คือ สมาชิกภาพซึ่งใช้บอกค่าความน่าจะเป็นที่ x_k จะเป็นสมาชิกของเซต A_i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$u_{ik} \in [0, 1] \quad ; 1 \leq i \leq Q, 1 \leq k \leq n \quad (4.12)$$

$$\sum_{k=1}^Q u_{ik} = 1 \quad ; \forall k \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (4.13)$$

$$0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \quad ; \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, Q\} \quad (4.14)$$

4.9 ขั้นตอนของฟuzzyซีมีน (FCM)

ขั้นที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้นของ $u^{(0)}$ และจำนวนกลุ่ม (Q) ที่ต้องการจะแบ่ง โดยที่ $2 \leq Q \leq n$

ขั้นที่ 2 คำนวณจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล (v_i) โดยใช้สมการ (4.15)

$$v_i^t = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ki}^t)^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ki}^t)^m} \quad (4.15)$$

เมื่อ m เป็นค่านำหนักคงที่ที่กำหนดขึ้นและอยู่ในช่วงเปิด $(1, \infty)$ และ $1 \leq i \leq Q$

ขั้นที่ 3 คำนวณหาค่าสมาชิกภาพในลำดับต่อไป u^{t+1} จากสมการที่ 4.16

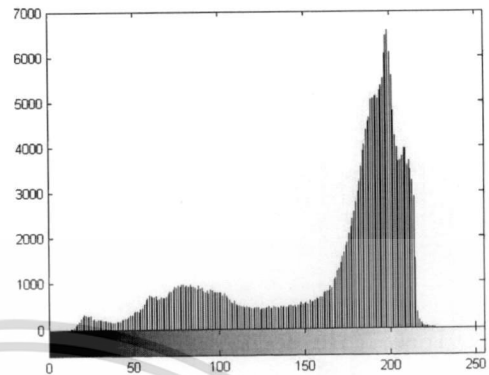
$$u_{ki}^{t+1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^Q \left(\frac{\|x_k - v_i^t\|_A}{\|x_k - v_j^t\|_A} \right)^{2/(m-1)}} \quad (4.16)$$

โดยที่ $1 \leq k \leq N$ และ $1 \leq i \leq Q$

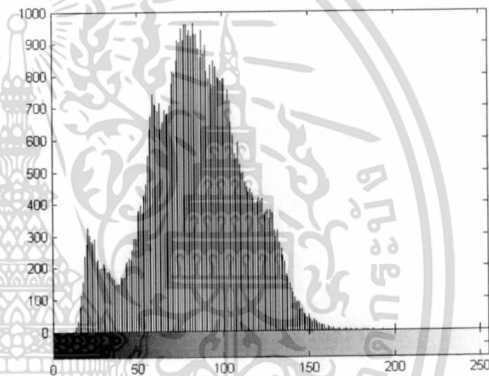
ขั้นที่ 4 คำนวณหา $Er = |u_{ki}^t - u_{ki}^{t-1}|$ ถ้า $Er > \varepsilon$ (ε คือ ค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้) ให้ $t = t + 1$ และกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้า $Er \leq \varepsilon$ ให้สิ้นสุดกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

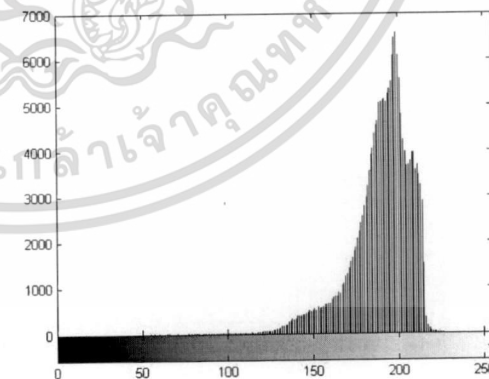
การประยุกต์ใช้พีชคณิตเชิงเส้นในการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ย่อยได้
แสดงในรูปที่ 4.11



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.11 (ก) ภาพต้นฉบับ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง (ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่
สอดคล้อง (ค) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย

จากรูปที่ 4.10 แสดงถึงการแบ่งภาพต้นฉบับออกเป็นพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย โดยใช้ทฤษฎีของพีชชีมินในการแบ่งภาพจากภาพสังเคราะห์ที่ทำการปรับเรียบภาพให้เป็นพื้นที่ที่มีความเป็นเอกพันธ์มากขึ้น และยังคงรักษาขอบของวัตถุในภาพได้อย่างแม่นยำด้วยหน้าฉากจำนวนหน้าฉากที่เกิดจากการรวม Nagao ทั้ง 9 หน้าฉาก รวมกับชุดหน้าฉากพิเศษที่เพิ่มเติมอีก 12 หน้าฉาก

ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมภาพ โดยทั่วไปจะเริ่มต้นในการปรับเท่าฮิสโตแกรมจากระดับสีเทาที่ต่ำสุด ไปจนถึงค่าระดับสีเทาสูงสุดของพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่ ตัวอย่าง เช่น ในพื้นที่ย่อยที่ 1 มีค่าระดับสีเทาค่ำที่สุด คือ 13 และสูงที่สุด คือ 193 และในพื้นที่ย่อยที่ 2 มีค่าระดับสีเทาค่ำที่สุด คือ 55 และสูงที่สุดคือ 226 ดังที่แสดงในรูปที่ 4.10(ก) และรูปที่ 4.10(ข) ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรม ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีขอบภาพปรากฏเนื่องจากรอยต่อระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อยมีความแตกต่างของค่าระดับสีเขาวัดกันมาก ดังที่แสดงในรูปที่ 4.10(ค) ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประยุกต์ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ โดยสามารถทำการปรับเท่าฮิสโตแกรม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย $\{x_1, x_2, \dots, x_Q\}$ มีขั้นตอนดังนี้

1) กรณีที่ช่วงฮิสโตแกรมช่วงที่ i มีค่าระดับสีเทาอยู่ระหว่าง $g_{i \min}$ ถึง $g_{i \max}$ ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของพื้นที่ย่อย ดังแสดงในสมการที่ (4.17)

$$p_i(k) = \frac{n_{ik}}{N_i} \quad ; i = 1, 2, \dots, Q \quad (4.17)$$

โดยที่ $p_i(k)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาที่ k ในพื้นที่ย่อยลำดับที่ Q

2) คำนวณหาค่าความหนาแน่นสะสม ดังแสดงในสมการที่ (4.18)

$$c_i(k) = \sum_{k=g_{i \min}}^{g_{i \max}} p_i(k) \quad (4.18)$$

โดยที่ $0 \leq c_i(k) \leq 1; 1 \leq i \leq Q$

3) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังแสดงในสมการที่ (4.19)

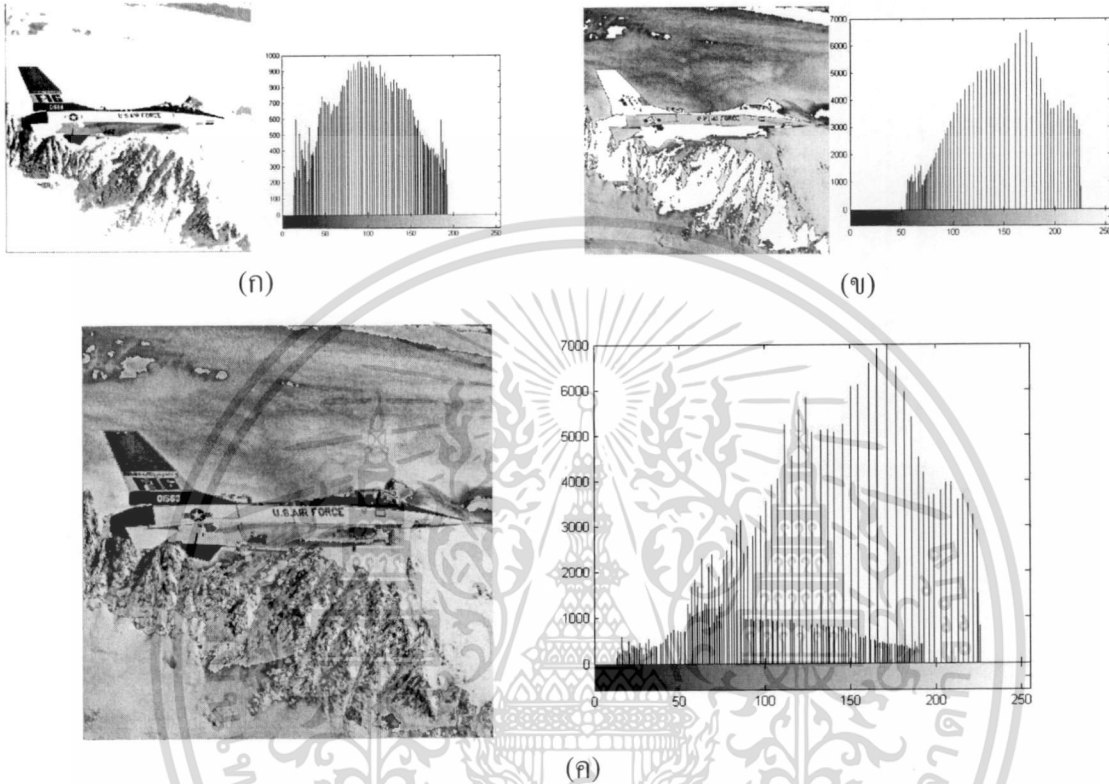
$$f_i(k) = g_{i \min} + (g_{i \max} - g_{i \min}) c_i(k) \quad (4.19)$$

โดยที่ $f_i(k) = \{f_i(x(i, j)) | \forall x(i, j) \in x_i\}$ เมื่อ x_i เป็นพื้นที่ย่อยใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (4.20)

$$Y = \{y_i(i, j)\} = f_1(k) \cup f_2(k) \cup \dots \cup f_Q(k) \quad (4.20)$$



รูปที่ 4.12 (ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง (ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง (ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ได้มีงานวิจัย [7] ได้กล่าวถึงการหาค่าจุดที่เหมาะสมในการปรับเรียบภาพในกรณีทีฮิสโตแกรมของภาพมีสัญญาณรบกวนแทรกเข้ามา ทำให้จุดเริ่มต้นที่แท้จริงนั้น ขยับเลยออกไป ส่งผลทำให้ภาพผลลัพธ์หลังจากการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ 2 พื้นที่มากจนเกินไป จึงได้ปรากฏขอบภาพในภาพผลลัพธ์หลังจากการรวมพื้นที่ย่อยเป็นภาพใหม่

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการในการหาค่าระดับสีเทาต่ำสุด และค่าระดับสีเทาสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับการปรับเท่าฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยใหม่ โดยคิดค่าจุดเริ่มต้นที่ค่าความถี่จุดภาพสะสมร้อยละ 0.05 ของจำนวนจุดภาพในพื้นที่ย่อย สำหรับค่าระดับสีเทาเริ่มต้น และร้อยละ 0.95 ของจำนวนจุดภาพในพื้นที่ย่อย สำหรับค่าระดับสีเทาสูงสุด ดังภาพผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งถูกปรับเรียบภาพด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) กรณีที่ช่วงฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย มีค่าระดับสีเทาอยู่ระหว่าง $g_{R \min}$ ถึง $g_{R \max}$ ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของพื้นที่ย่อย $\{x_1, x_2, \dots, x_Q\}$ ดังแสดงในสมการที่ (4.21)

$$p_R(k) = \frac{n_{Rk}}{N_R} \quad ; R = 1, 2, \dots, Q \quad (4.21)$$

โดยที่ $p_R(k)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาระดับที่ k ในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R

2) คำนวณหาค่าความหนาแน่นสะสม ดังแสดงในสมการที่ (4.22)

$$c_R(k) = \sum_{k=g_{R \min}}^{g_{R \max}} p_R(k) \quad (4.22)$$

โดยที่ $0 \leq c_R \leq 1; 1 \leq R \leq Q$

3) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ ดังแสดงในสมการที่ (4.23)

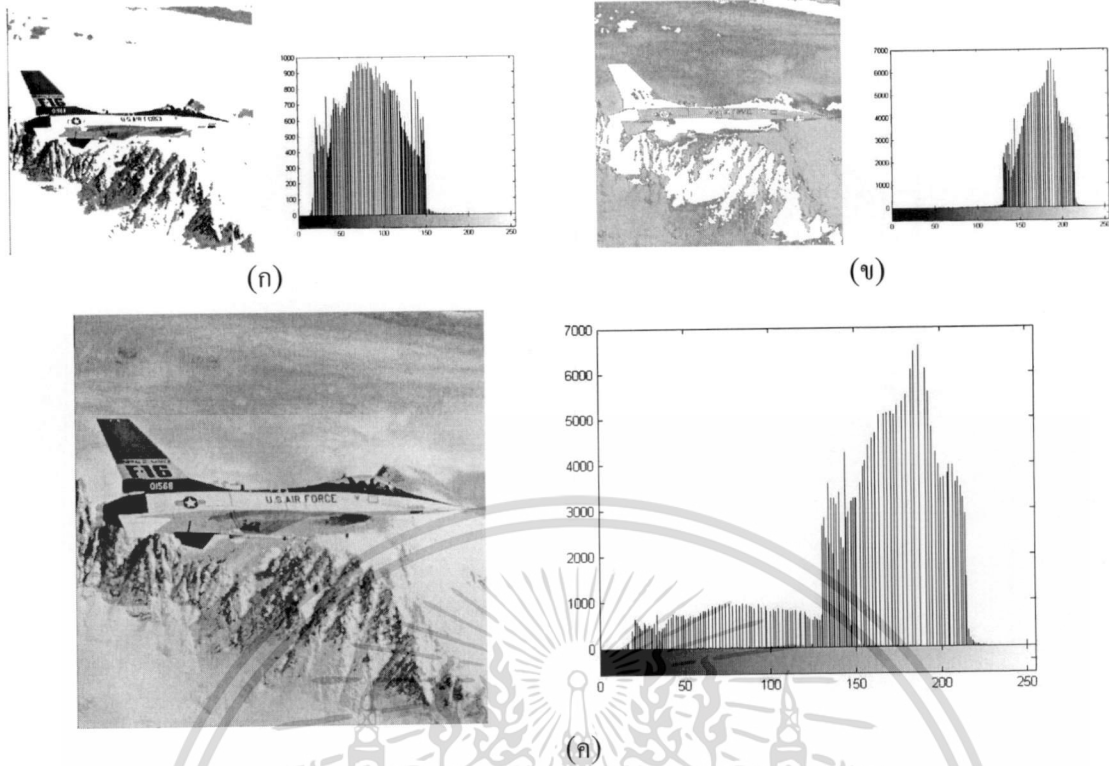
$$f_R(k) = g_{R \min} + (g_{R \max} - g_{R \min}) c_R(k) \quad (4.23)$$

โดยที่ $f_R(k) = \{f_R(x(i, j)) \mid \forall x(i, j) \in x_i\}$ เมื่อ x_i เป็นพื้นที่ย่อยใด ๆ

4) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดจากภาพต้นฉบับ ผลลัพธ์ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (4.24)

$$Y = \{y(i, j)\} = f_1(k) \cup f_2(k) \cup \dots \cup f_Q(k) \quad (4.24)$$

สำหรับการปรับเท่าฮิสโตแกรมในขั้นตอนดังกล่าวนี้ กำหนดให้ $g_{R \min}$ และ $g_{R \max}$ เป็นค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่งของจำนวนจุดภาพสะสมในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ใด ๆ มีค่าเป็นร้อยละ 0.05 และ ร้อยละ 0.95 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 (ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง (ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง (ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรมที่สอดคล้อง

4.11 การปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย โดยแบ่งฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยออกเป็นหลายช่วง

ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมเฉพาะท้องถิ่นในพื้นที่ย่อย $\{x_1, x_2, \dots, x_Q\}$ ทำการแบ่งฮิสโตแกรมของภาพในพื้นที่ย่อยออกเป็นฮิสโตแกรมย่อย โดยแบ่งเป็น H ช่วง ขั้นตอนการปรับเท่าฮิสโตแกรมมีดังนี้

- 1) คำนวณค่าความน่าจะเป็นของฮิสโตแกรมย่อยในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ดังแสดงในสมการที่ (4.25)

$$p_{RH}(k) = \frac{n_{RHk}}{N_{RH}} \quad \begin{matrix} R = 1, 2, \dots, Q \\ H = 1, 2, \dots, D \end{matrix} \quad (4.25)$$

โดยที่ $p_{RH}(k)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของค่าระดับสีเทาระดับที่ k โดยที่ n_{RH} เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในค่าระดับสีเทาที่ k และ N_{RH} เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมดในฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ H ของพื้นที่ย่อยลำดับที่ R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คำนวณหาค่าหนาแน่นสะสมในแต่ละฮิสโตแกรมย่อย ดังแสดงในสมการที่ (4.26)

$$c_{RH}(k) = \sum_{k=g_{R\min}}^{g_{R\max}} p_{RH}(k) \quad (4.26)$$

โดยที่ $0 \leq c_{RH}(k) \leq 1; 1 \leq R \leq Q; 1 \leq H \leq D$ เป็นค่าความน่าจะเป็นสะสมของพื้นที่ย่อยลำดับที่ Q ใด ๆ ซึ่งเกิดจากการแบ่งฮิสโตแกรมย่อยออกเป็น H ช่วง

3) คำนวณหาค่าระดับสีเทาใหม่ในฮิสโตแกรมย่อย

3.1) สำหรับฮิสโตแกรมย่อยลำดับช่วงที่ 1 ของทุกพื้นที่ย่อยลำดับที่ R

$$f_{R1}(k) = g_{R1\min} + (g_{R1\max} - g_{R1\min})c_{R1}(k) \quad (4.27)$$

โดยที่ $f_{R1}(k) = \{f_{R1}(x_{R1}(i, j)) \mid \forall x_{R1}(i, j) \in x_{R1}\}$ เมื่อ x_{R1} เป็นฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ 1 ในพื้นที่ย่อยใด ๆ และค่า $g_{R1\min}$ เป็นค่าระดับสีเทาดำสุดในฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ 1 โดยคิดที่ร้อยละ 0.05 ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ใด ๆ

3.2) สำหรับฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ H ของทุกพื้นที่ย่อยลำดับที่ R โดยที่ $2 \leq H \leq D-1$

$$f_{RH}(k) = g_{RH\min} + (g_{RH\max} - g_{RH\min})c_{RH}(k) \quad (4.28)$$

โดยที่ $f_{RH}(k) = \{f_{RH}(x_{RH}(i, j)) \mid \forall x_{RH}(i, j) \in x_{RH}\}$ เมื่อ x_{RH} เป็นฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ H ในพื้นที่ย่อยใด ๆ และค่า $g_{RH\min}$ เป็นค่าระดับสีเทาดำสุด และ $g_{RH\max}$ เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ใด ๆ

3.3) สำหรับฮิสโตแกรมย่อยลำดับที่ D ของทุกพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ใด ๆ

$$f_{RD}(k) = g_{RD\min} + (g_{RD\max} - g_{RD\min})c_{RD}(k) \quad (4.29)$$

โดยที่ $f_{RD}(k) = \{f_{RD}(x_{RD}(i, j)) \mid \forall x_{RD}(i, j) \in x_{RD}\}$ เมื่อ x_{RD} เป็นฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ D ในพื้นที่ย่อยลำดับที่ k และค่า $g_{RD\max}$ เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดในฮิสโตแกรมย่อยช่วงที่ D โดยคิดที่ร้อยละ 0.95 ของจำนวนจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ใด ๆ

4) ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งหมดในพื้นที่ย่อยลำดับที่ R ผลลัพธ์ภาพย่อย y_R ที่ได้เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (4.28)

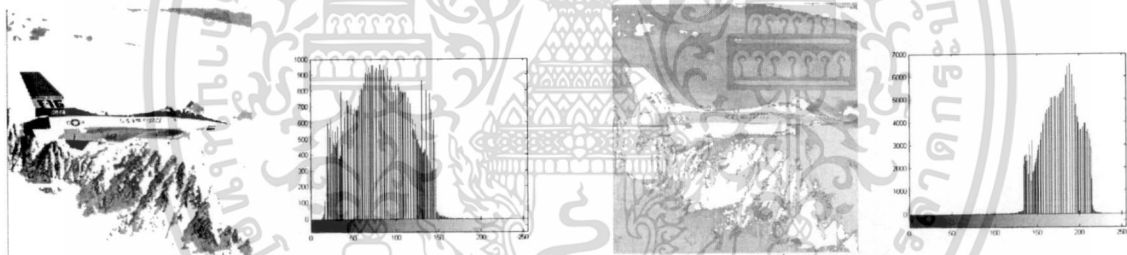
$$y_R = \{y_R(i, j)\} = f_{11}(k) \cup f_{12}(k) \cup \dots \cup f_{QD}(k) \quad (4.30)$$

5) รวมภาพผลลัพธ์ของพื้นที่ย่อย $\{y_1, y_2, \dots, y_C\}$ ทุกพื้นที่ย่อยลำดับที่ R เป็นภาพผลลัพธ์ Y เขียนสมการได้เป็นสมการที่ (4.35) และสมการที่ (4.36)

$$Y = y_1(i, j) \cup y_2(i, j) \cup \dots \cup y_Q(i, j) \quad (4.31)$$

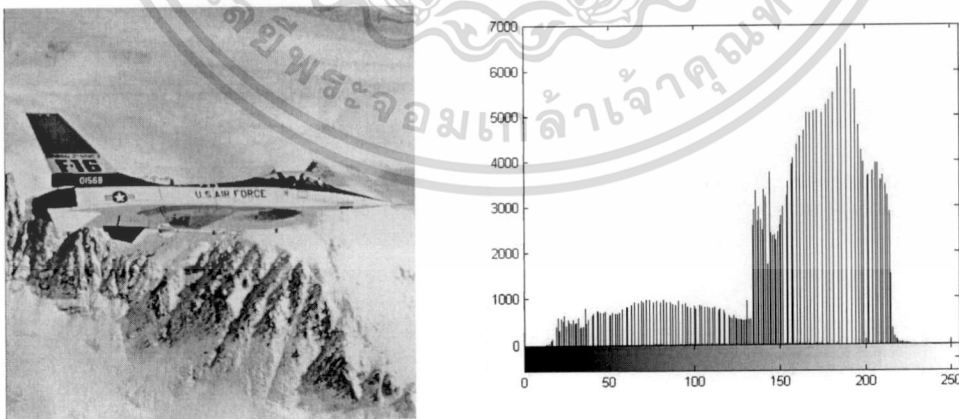
$$Y = y_1 \cup y_2 \cup \dots \cup y_Q \quad (4.32)$$

โดยภาพผลลัพธ์ตัวอย่างที่ได้จากการปรับเท่าโดยวิธีการแบ่งฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ย่อยโดยใช้พีชชีซิมิน และทำการแบ่งฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยออกเป็นหลายช่วง ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.14 ถึง 4.16



(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรม

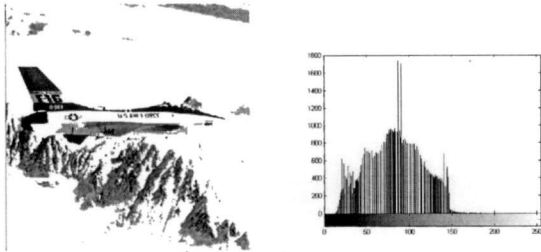
(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรม



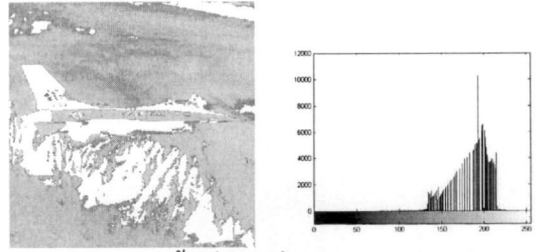
(ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรม

รูปที่ 4.14 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้ากาด 21 หน้ากาด และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ฮิสโตแกรมย่อย

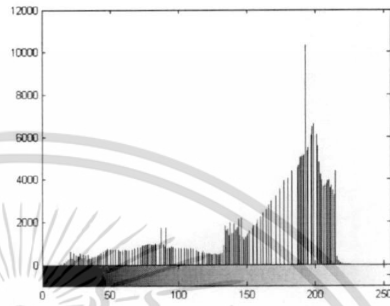
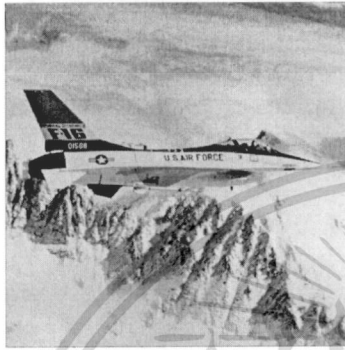
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรม

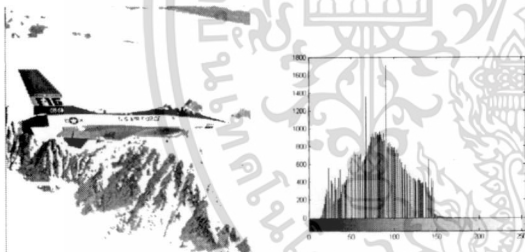


(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรม

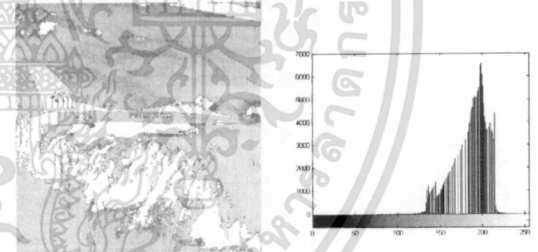


(ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรม

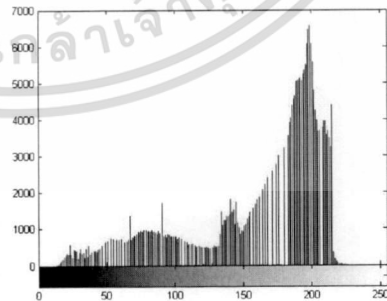
รูปที่ 4.15 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้าต่าง 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 3 ฮิสโตแกรมย่อย



(ก) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 1 และฮิสโตแกรม



(ข) ภาพพื้นที่ย่อยที่ 2 และฮิสโตแกรม



(ค) ภาพผลลัพธ์ และฮิสโตแกรม

รูปที่ 4.16 การปรับเรียบภาพต้นฉบับด้วยหน้าต่าง 21 หน้ากาก และแบ่งพื้นที่ย่อยเป็น 2 พื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 4 ฮิสโตแกรมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 สรุปผลการทดลอง

จากภาพในรูปที่ 4.11(ก) เมื่อผ่านการปรับเรียบด้วยหน้ากากต่างๆ จะได้ภาพที่ถูกทำการปรับเรียบมาแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย โดยแต่ละในการทดลองทำการแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย หลังจากนั้นทำการนำฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยทำการแบ่งเป็นช่วง ๆ ซึ่งมีจำนวน 2, 3 และ 4 ช่วง แต่ละช่วงจะถูกดำเนินการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระจากกัน จากนั้นนำภาพย่อยทั้งหมดมาบูรรวมเป็นภาพผลลัพธ์ จะให้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.13 ส่วนค่า AMBE ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อยมากขึ้น และเมื่อฮิสโตแกรมของแต่ละพื้นที่ย่อยถูกแบ่งออกเป็นจำนวนช่วงมากขึ้น จะส่งผลทำให้ค่า AMBE ลดลง ซึ่งหมายความว่าค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์เข้าใกล้ภาพต้นฉบับมากขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองหาค่าความเฉลี่ยความสว่างของภาพในการแบ่งพื้นที่ย่อย ออกเป็น 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย ซึ่งถูกปรับเรียบภาพด้วยหน้ากาก 21 หน้ากาก

ภาพ Jet ขนาด 512×512 จุดภาพ มีค่าเฉลี่ยค่าสว่าง 164.2718				
จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อย			
	1 ช่วง	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
	AMBE	AMBE	AMBE	AMBE
2	11.736	4.923	2.976	1.903
3	6.275	2.807	1.647	1.108
4	6.150	2.872	1.600	1.103

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็นหลายพื้นที่ย่อยโดยใช้พีซีซีมีนจะให้ค่า AMBE ให้ต่ำลง ทำให้การปรับเท่าฮิสโตแกรมมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยแสดงให้เห็นถึงจำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นหลายส่วน เมื่อทำการแบ่งช่วงฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อยมากขึ้น จะทำให้ค่า AMBE ของภาพลดลงตามไปด้วย

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ใบบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากงานวิจัยด้วยวิธีที่นำเสนอ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากวิธีการปรับเรียบทั้งภาพ (Histogram Equalization: HE) ซึ่งผลที่ได้จะแสดงการเปรียบเทียบค่า AMBE ของวิธี HE และวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้ค่า AMBE ที่ต่ำที่สุด

5.2 รูปภาพที่นำมาทดสอบ

รูปภาพทั้งหมดที่ได้นำมาทดสอบนี้ เป็นรูปภาพมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการงานวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ซึ่งภาพทั้งหมดนี้สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://sipi.usc.edu/database/database.cgi?volume=misc> ซึ่งรายละเอียดภาพของแต่ละภาพถูกแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

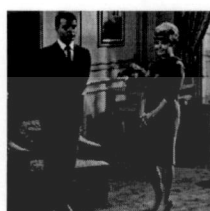
ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดของภาพที่นำมาทดสอบ

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ชื่อที่ถูกเรียกในวิทยานิพนธ์	ขนาด
1	5.2.08.tiff	Couple	512×512
2	5.1.11.tiff	Airplane	256×256
3	4.2.05.tiff	Jet	512×512
4	4.1.07.tiff	Jelly	256×256
5	4.2.04.tiff	Lena	512×512
6	7.1.09.tiff	Tank	512×512

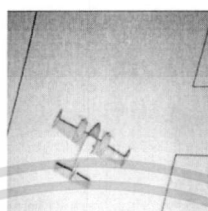
ภาพต้นฉบับทั้งหมดที่เป็นภาพสี ก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของภาพ Gray Scale ก่อนนำไปประมวลผลภาพ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม MATLAB2010b รุ่น 64 บิต ในการประมวลผลภาพ

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลองภาพต้นฉบับกับวิธี HE

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลของการหาค่าเฉลี่ยความสว่างผิดพลาดสัมบูรณ์ของภาพต้นฉบับ วิธี HE และวิธีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยมีการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อย 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย



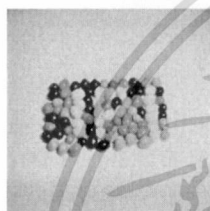
(ก) Couple



(ข) Airplane



(ค) Jet



(ง) Jelly



(จ) Lena

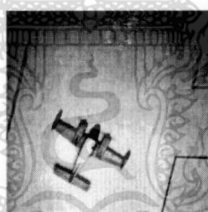


(ฉ) Tank

รูป 5.1 ภาพต้นฉบับต่างๆ ที่นำมาทดสอบ



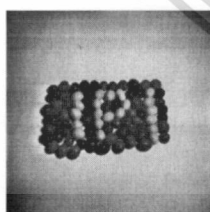
(ก) Couple



(ข) Airplane



(ค) Jet



(ง) Jelly



(จ) Lena



(ฉ) Tank

รูป 5.2 ภาพผลลัพธ์จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมด้วยวิธี HE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Couple

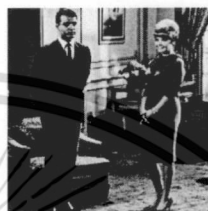
จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 33.376)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	91.1466	40.782	25.6562	18.1241
2 พื้นที่ย่อย	15.4310	5.5733	2.7112	1.9762
3 พื้นที่ย่อย	9.0502	3.9263	1.8812	1.3794
4 พื้นที่ย่อย	8.3583	3.2001	1.9295	1.2811



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.3 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.4 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.5 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



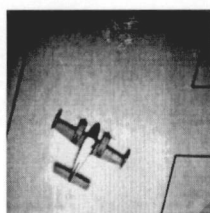
(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.6 ภาพผลลัพธ์ Couple โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง

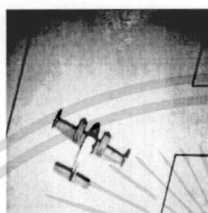
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Airplane

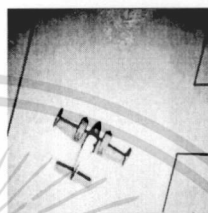
จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 193.5538)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	75.5738	33.9303	20.3992	14.2804
2 พื้นที่ย่อย	21.5983	9.4679	5.4732	3.4903
3 พื้นที่ย่อย	14.6877	6.1966	3.4029	2.4786
4 พื้นที่ย่อย	9.6170	3.7723	2.4449	1.5585



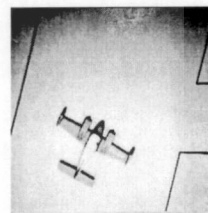
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

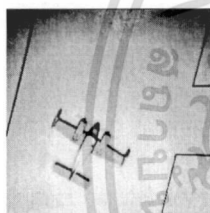


(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

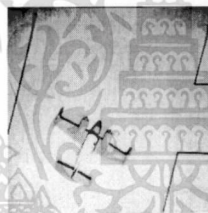
รูปที่ 5.7 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



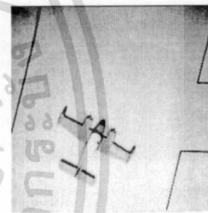
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

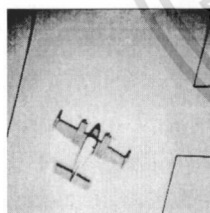


(ค) 3 ช่วง

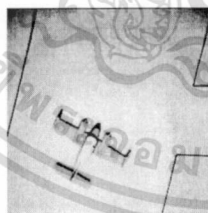


(ง) 4 ช่วง

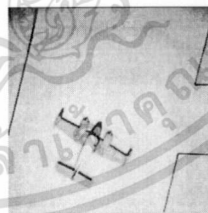
รูปที่ 5.8 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



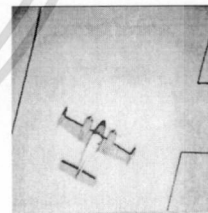
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

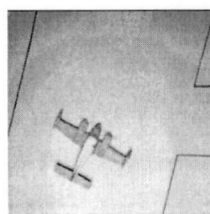


(ค) 3 ช่วง

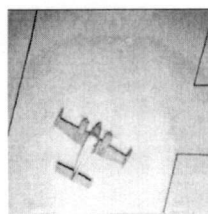


(ง) 4 ช่วง

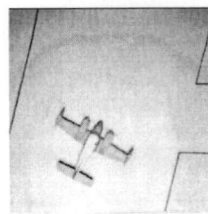
รูปที่ 5.9 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



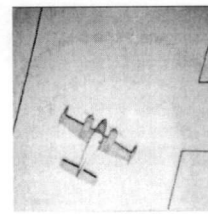
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.10 ภาพผลลัพธ์ Airplane โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Jet

จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 164.2718)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	43.5118	11.3974	2.9971	1.9303
2 พื้นที่ย่อย	11.7363	4.9227	2.9760	1.9026
3 พื้นที่ย่อย	6.2752	2.8070	1.6466	1.1083
4 พื้นที่ย่อย	6.1505	2.8718	1.5995	1.1028



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.11 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง

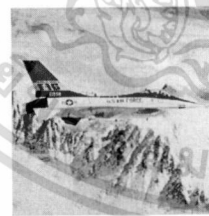


(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.12 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.13 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



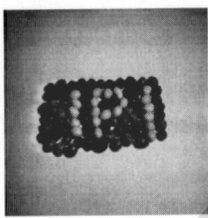
(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.14 ภาพผลลัพธ์ Jet โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง

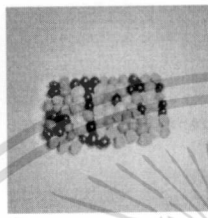
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Jelly

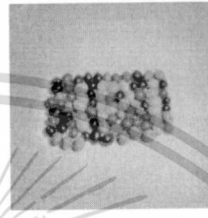
จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 163.4573)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	53.3576	21.3118	9.1755	4.1125
2 พื้นที่ย่อย	15.4348	5.9941	3.6213	2.6275
3 พื้นที่ย่อย	8.6697	4.3493	2.1030	1.5105
4 พื้นที่ย่อย	3.5678	1.9474	0.8732	0.6036



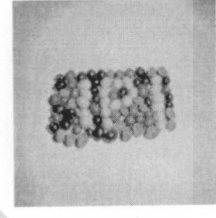
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

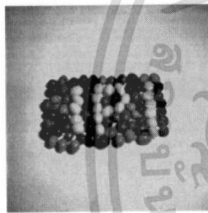


(ค) 3 ช่วง

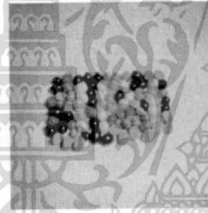


(ง) 4 ช่วง

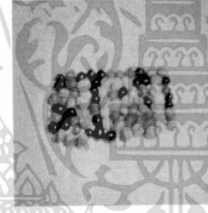
รูปที่ 5.15 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



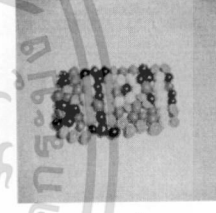
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

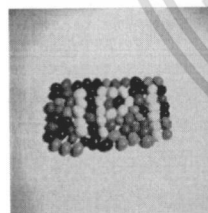


(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.16 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



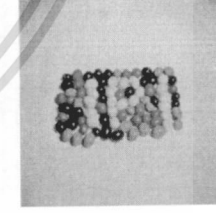
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

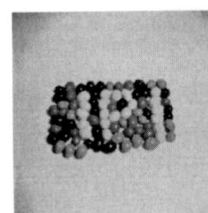


(ค) 3 ช่วง

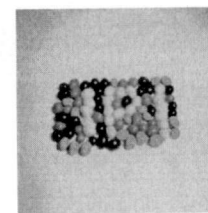


(ง) 4 ช่วง

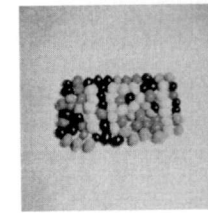
รูปที่ 5.17 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



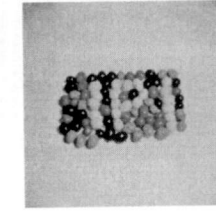
(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.18 ภาพผลลัพธ์ Jelly โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Lena

จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 105.8073)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	26.9553	14.4573	8.6824	5.8851
2 พื้นที่ย่อย	10.9905	3.4073	1.3118	0.7005
3 พื้นที่ย่อย	2.7886	0.7700	0.7140	0.6020
4 พื้นที่ย่อย	3.6907	1.1742	0.8527	0.5560



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.19 ภาพผลลัพธ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.20 ภาพผลลัพธ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.21 ภาพผลลัพธ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.22 ภาพผลลัพธ์ Lena โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงค่า AMBE ของภาพต้นฉบับกับวิธี HE และวิธีที่นำเสนอของภาพ Tank

จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งฮิสโตแกรมย่อย (Mean ต้นฉบับ มีค่า 125.6036)			
	1 ช่วง (HE)	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
1 พื้นที่ย่อย	10.0302	9.5627	7.1316	4.4921
2 พื้นที่ย่อย	4.0194	1.4356	0.7468	0.3585
3 พื้นที่ย่อย	1.6074	0.6789	0.2871	0.0490
4 พื้นที่ย่อย	0.6872	0.5785	0.0298	0.0247



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง

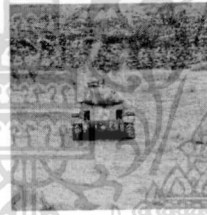


(ง) 4 ช่วง

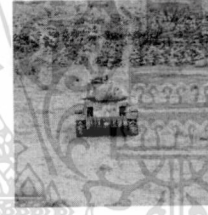
รูปที่ 5.23 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 1 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง

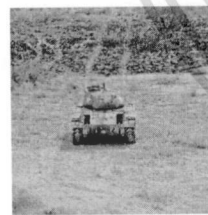


(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.24 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 2 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง

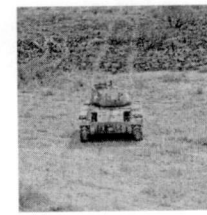


(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.25 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 3 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง



(ก) 1 ช่วง



(ข) 2 ช่วง



(ค) 3 ช่วง



(ง) 4 ช่วง

รูปที่ 5.26 ภาพผลลัพธ์ Tank โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 4 พื้นที่ และแบ่งฮิสโตแกรมย่อยเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.2 ถึงตารางที่ 5.7 ในคอลัมน์ที่ 2 เป็นการปรับเท่าฮิสโตแกรมของภาพโดยใช้วิธี HE โดยไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ พบว่า AMBE ที่มีค่าสูงมาก วิธีการนี้จะไม่สามารถรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพเอาไว้ได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.2 ภาพที่ได้มีความแตกต่างระหว่างสีขาวและสีดำมากจนเกินไป จึงไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ [1]

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรักษาค่า AMBE โดยวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย ในการแบ่งพื้นที่ย่อยให้ได้ขอบเขตที่ถูกต้อง ทำได้โดยการใช้หน้ากากในการปรับเรียบ (Smoothing masks) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนและขณะเดียวกันก็จะรักษาขอบของพื้นที่ย่อยเอาไว้โดยไม่มีการทำลาย จากนั้นทำการประยุกต์ FCM (fuzzy c-means) เพื่อแบ่งพื้นที่ย่อย สำหรับการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้น ทำได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ ตามเงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสม CDF ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระ ภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะแสดงรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน ในขณะเดียวกันค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพยังคงรักษาเอาไว้ให้ใกล้เคียงกับของภาพต้นฉบับ โดยแสดงดังรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.7

5.4 สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้ได้นำเสนอผลการทดลองและพัฒนาการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธี HE พบว่าวิธีการที่นำเสนอจะใช้ค่า AMBE ต่ำ กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพใกล้เคียงต้นฉบับมากที่สุด ซึ่งวิธีการดังกล่าวที่ได้นำเสนอมานั้น โดยสามารถสรุปได้ว่า เมื่อทำการแบ่งการปรับเท่าฮิสโตแกรมในพื้นที่ย่อย แล้วแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นฮิสโตแกรมเป็นหลายช่วง สามารถลดค่า AMBE ลดลงได้ แต่การแบ่งภาพต้นฉบับโดยใช้ FCM แบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยหลาย ๆ พื้นที่

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ภาพดิจิทัลนั้นทำได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ ถ้าหากภาพที่ได้ขาดความคมชัด ทำให้การจำแนกข้อมูลและทำการแปลความหมายภาพขาดประสิทธิภาพ จึงมีวิธีการที่ใช้ในการช่วยทำให้ภาพดิจิทัลมีความคมชัดขึ้น เพื่อง่ายต่อการแปลความหมายจากภาพ และนำไปใช้ประโยชน์ต่อ นั่นคือ การปรับเท่าสีสโตแกรมของภาพ ซึ่งมีเทคนิคมากมายที่แตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับเท่าสีสโตแกรมภาพในพื้นที่ย่อย โดยมีขั้นตอนของกระบวนการดังนี้

- ทำการลดสัญญาณรบกวนของภาพให้ภาพมีความเป็นเอกพันธ์โดยใช้หน้ากาก Nagao เนื่องจากจะสามารถรักษาขอบของวัตถุในภาพได้เป็นอย่างดี
- นำภาพสังเคราะห์ที่ได้ มาทำการแบ่งพื้นที่ย่อยของภาพโดยใช้ FCM โดยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 1, 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย
- นำภาพพื้นที่ย่อยต่าง ๆ มาทำการปรับเท่าสีสโตแกรม โดยแบ่งสีสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ อีก โดยแบ่งออกเป็น 1, 2, 3 และ 4 ช่วง
- นำภาพพื้นที่ย่อยที่ทำการปรับเท่าสีสโตแกรมมารวมเป็นภาพผลลัพธ์ พร้อมทั้งคำนวณค่า AMBE ของภาพผลลัพธ์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ

โดยเทคนิคที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีค่า AMBE ต่ำกว่าวิธีการที่ไม่ได้แบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็นหลาย ๆ ส่วน

6.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการทำวิจัยนี้ คือ ในส่วนของการลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยใช้หน้ากาก Nagao นั้น จะสามารถรักษาขอบภาพส่วนใหญ่ไว้ได้ แต่ก็มีเพียงส่วนน้อยที่จะไม่สามารถรักษาขอบของพื้นที่ย่อยไว้ได้ ตัวอย่างเช่น กรณีขอบที่เอียง หรือโค้งมาก ๆ หน้ากากนี้จะทำให้ขอบของพื้นที่ย่อยผิดเพี้ยนไปเล็กน้อย แต่ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยการออกแบบหน้ากากตัวกรองแบบใหม่ในการปรับเรียบภาพ เพื่อไม่ให้ขอบถูกทำลาย ด้วยการออกแบบหน้ากากตัวกรองเพิ่มเติมจากหน้ากากของ Nagao ซึ่งมีเพียงแค่ 9 หน้ากาก จะช่วยให้ขอบภาพที่ถูกทำลายลดน้อยลงได้ โดยใช้หน้ากากที่ได้นำเสนอ 12 หน้ากาก ร่วมกับ 9 หน้ากากของ Nagao แต่ปัญหาที่พบตามมาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ในกรณีที่ภาพมีขนาดที่ใหญ่มาก แล้วนำมาใช้การปรับเรียบภาพด้วยหน้ากากทั้ง 21 หน้ากาก จะทำให้เสียเวลาในการประมวลผลมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอีกส่วนหนึ่งที่พบกันบ่อยในงานวิจัยการประมวลผลภาพ ก็คือ การจองหน่วยความจำในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ เนื่องจากขนาดของภาพที่ใช้มีขนาดใหญ่ จึงทำให้ข้อมูลภาพมีขนาดหน่วยความจำที่มีขนาดสูงขึ้น สำหรับเก็บตำแหน่งข้อมูลในพื้นที่ย่อย และข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ของภาพ ทำให้การประมวลผลภาพนั้นเป็นไปได้ช้า แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์นั้นได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว หากผู้ที่ทำการวิจัยสามารถหาเครื่องมือที่รองรับความต้องการเหล่านี้ได้ การพัฒนาการวิจัยจะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนา คือ การทำการแบ่งพื้นที่ย่อยโดยใช้วิธีการอื่น เช่น Merge and Split, Watershed Transform, Minimum Spanning Tree, Region growing เป็นต้น เนื่องจากการแบ่งพื้นที่ย่อยด้วยวิธีการอื่น ๆ จะมีความแม่นยำในการหาขอบของวัตถุในภาพที่แม่นยำมากกว่าวิธีของ FCM ในแต่ละวิธีจะให้ข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการอื่นต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- [1] Yeong-Taeg Kim, **Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram**, IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 43, no. 1, pp. 1-8, Feb. 1997.
- [2] Soon-Der Chen, **Contrast Enhancement using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness Preservation**, IEEE Trans. On Consumer Electronics, November, 2003.
- [3] Gyu-Hee Park, Hwa-Hyun Cho, and Myung-Ryul Choi, **A Contrast Enhancement Method using Dynamic Range Swparate Histogram Equalization**, IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.54, no.4, pp. 1981-1987, Nov. 2008
- [4] S.D. Chen and A. Ramli, **Contrast enhancement using recursive mean- separate histogram equalization for scalable brightness preserving**, IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.49, no.4, pp. 1301-1309, Nov. 2003
- [5] M. Nagao and T. Matsuyama, **Edge Preserving Smoothing**, Computer Graphics and Image Processing, vol. 10, 1979.
- [6] S.K.Pal and Dwijesh K. Dutta Majumber, **Fuzzy Mathematical Approach to Pattern Recognition**, New Delhi: *Wiley Eastern Limited*, 1986.
- [7] E.H. Mamdani, and S. Assilian, **An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller**, **Fuzzy Reasoning and Its Applications**, edited by E.H.Mamdani, and B.R. Gaines, *Academic Press Inc.* London, pp. 311-323, 1981.
- [8] L.A. Zaded, **Fuzzy Set**, Information and control, Vol8, 1965, pp. 338-352.
- [9] สาริต อินทจักร์ การหาขอบภาพโดยใช้แบบจำลองฟัซซี่ และนิเวรอลเน็ตเวิร์ค วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538, หน้า 38-45.
- [10] Li-Xin Wang, **A Course in Fuzzy systems and Control**, USA: *Pretice-Hall Inc.* Upper Saddle River, NJ 07458, 1997, pp 342-350.



ภาคผนวก

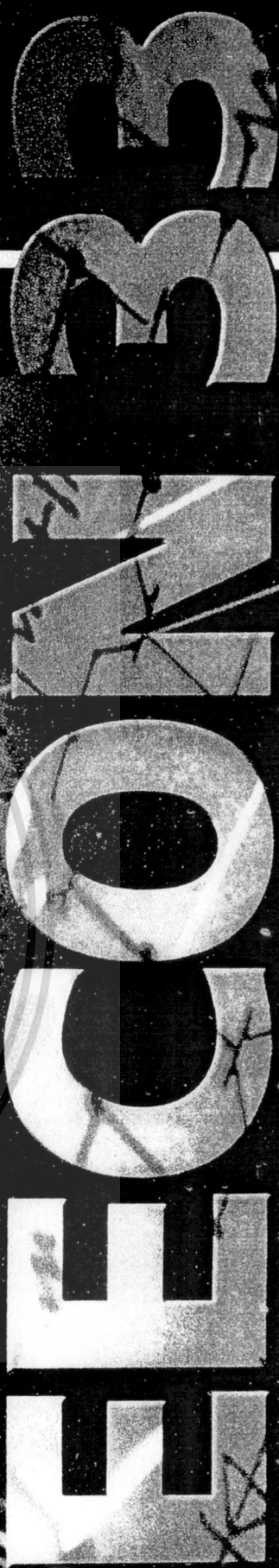
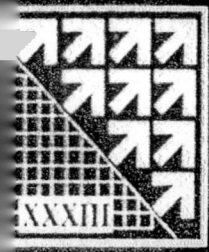
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROCEEDINGS VOL.2

- 1: Communication
- 2: Electronics
- 3: Digital Signal Processing
- 4: Control System and Instrument Technology
- 5: Photonics
- 6: Computer and Information Technology
- 7: Biomedical Engineering

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 33
3 ธันวาคม 2553 ณ โรงแรมเซ็นทารา ดวงตะวัน จ.เชียงใหม่
33rd Electrical Engineering Conference
December 2010, Centara Duangtawan Hotel, Chiangmai, Thailand



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถให้วงไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
 111 ปี นวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์ เป็นปีแห่งวาระการเฉลิมฉลอง
 50 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 40 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 20 ปี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

การปรับปรุงคุณภาพภาพในพื้นที่ย่อยโดยยังคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่าง

Sub-region enhancement with mean brightness preserving

ฟูศักดิ์ ฟ้าสุวิทย์ และ ทวีศักดิ์ ครงศิริกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์: 0-2329-8347

E-mail: kcfusak@kmitl.ac.th, administrator@thecoe.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ จะเป็นการนำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยวิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมเพื่อช่วยเน้นรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย ในการแบ่งพื้นที่ย่อยให้ได้ขอบเขตที่ถูกต้อง ทำให้โดยการใช้หน้ากากในการปรับเรียบ (Smoothing masks) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนขณะเดียวกันก็จะรักษาขอบของพื้นที่ย่อยเอาไว้โดยไม่มีการทำลาย จากนั้นทำการประยุกต์ FCM (fuzzy c-means) เพื่อแบ่งพื้นที่ย่อย สำหรับการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ให้ใกล้เคียงกับต้นฉบับนั้น ทำให้ได้โดยการแบ่งฮิสโตแกรมของพื้นที่ย่อยออกเป็นช่วง ๆ ตามเงื่อนไขที่จะกำหนดผ่านค่าความน่าจะเป็นสะสมCDF (Cumulative Distribution Function) ซึ่งแต่ละช่วงจะถูกทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมอย่างอิสระ ภาพผลลัพธ์สุดท้ายจะแสดงรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยได้อย่างชัดเจน ในขณะที่รักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพทั้งภาพเอาไว้ใกล้เคียงกับของภาพต้นฉบับ

คำสำคัญ: การปรับเรียบ โดยรักษาขอบไว้, การรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ, พีซีซี-ซี เมิน, การปรับเรียบฮิสโตแกรม, การแบ่งพื้นที่ย่อย

Abstract

This paper presents on Sub-region sharpening with mean brightness preserving by the histogram equalization method for local information accentuation in sub-region. In order to segment each sub-region precisely, this issue has been achieved by using smoothing mask that is able to eliminate noise while still maintaining the edges of the sub-regions without degradation. Then, the fuzzy-c means is applied to smoothed image for sub-regions segmentation. To preserve the original mean brightness, the histogram of the each sub-region is divided into a certain number of the sub-histograms by defining the cumulative distribution function (CDF). Accordingly, each sub-histogram will be independently equalized. The resulting image not only presents the improvement of image quality, but the mean brightness of the processed image is also preserved

Keywords: edge preserving smoothing, mean preserving, fuzzy-c means, histogram equalization, sub-region segmentation

1. คำนำ

การปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อให้ได้ความคมชัดขึ้น มีวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ และใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมหรือเรียกย่อ ๆ ว่า HE (histogram equalization) วิธีการดังกล่าวนี้ จะอาศัยค่าความน่าจะเป็นสะสม เพื่อรวบรวมความถี่ของจุดภาพที่ค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกันเข้าไว้ด้วยกันให้มีลักษณะการกระจายเป็นแบบยูนิฟอร์ม (uniform) จะอย่างไรก็ตาม วิธีการปรับเท่าฮิสโตแกรมนี้ยังคงมีข้อเสียอยู่สองประการ ประการแรกค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์จะเปลี่ยนไปจากค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด ในกรณีของจอภาพมัลติมีเดีย ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานสูงขึ้น ประการถัดมา คือการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพในคราวเดียวกันจะทำให้จุดภาพจากวัตถุคนละชนิดที่อยู่ติดกันแต่มีค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกันจะถูกปรับให้เป็นค่าเดียวกัน ทำให้รายละเอียดบริเวณดังกล่าวถูกทำลายไป ต่อมาในงานวิจัย [1] ได้เสนอวิธีการทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยการแบ่งภาพออกเป็นหลายภาพย่อย เพื่อให้จุดภาพต่างๆ ที่มีค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกันได้อยู่ในภาพย่อยเดียวกัน จากนั้นฮิสโตแกรมของแต่ละภาพย่อยจะถูกทำการปรับเท่าด้วยวิธี HE โดยจะไม่คำนึงถึงค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผลลัพธ์ว่าจะเปลี่ยนไปอย่างไร [1] ซึ่งพื้นที่ย่อยเหล่านี้ทางสอดคล้องกับวัตถุแต่ละชนิด ฮิสโตแกรมของแต่ละพื้นที่ย่อยนั้นจะถูกแบ่งออกเป็นช่วง ๆ และแต่ละช่วงของฮิสโตแกรมจะทำการปรับเท่าอย่างอิสระ ซึ่งจะสามารถช่วยรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของแต่ละพื้นที่ย่อยเอาไว้ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับเท่าฮิสโตแกรมแต่ละช่วงของทุกพื้นที่ย่อยหลังการนำมารวมเป็นภาพผลลัพธ์จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพที่ได้ใกล้เคียงกับของต้นฉบับ โดยรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ย่อยจะได้รับการปรับปรุงให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับกระบวนการปรับปรุงคุณภาพในพื้นที่ย่อยโดยจะคงรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับเอาไว้ นั้น มีขั้นตอนหลักในหัวข้อที่ 2 เป็นการหาค่าเฉลี่ยของฮิสโตแกรมทั้งภาพ ในหัวข้อที่ 3 จะเป็นการ

DS 008

การปรับเรียบด้วยหน้ากต่าง ๆ ที่สามารถกำจัดจุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนทิ้งไป ในขณะที่เดียวกันก็สามารถรักษาขอบของพื้นที่ที่ข้อยเอาไว้ได้ จากนั้นจะทำการการแบ่งพื้นที่ข้อยของภาพ โดยใช้ FCM กับภาพที่ผ่านการปรับเรียบ ซึ่งขอบเขตพื้นที่ข้อยจากภาพต้นฉบับ ไปทำการแบ่งเป็นช่วง ๆ จุดแบ่งช่วงของฮิสโตแกรมจะได้จะได้จากเงื่อนไขในการกำหนดค่าความน่าจะเป็นสะสม จากนั้นแต่ละช่วงของฮิสโตแกรมจะถูกทำการปรับเท่า หลักการรวบรวมพื้นที่ข้อยต่าง ๆ ที่ผ่านการปรับเท่าได้ภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ

2. การปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพ (Histogram Equalization)

ถ้ากำหนดให้ X เป็นภาพต้นฉบับ โดยมีระดับสีเทาของจุดภาพอยู่ในช่วง $[X_0, X_{L-1}]$ เมื่อ L เป็นจำนวนระดับสีเทาทั้งหมดในภาพ X ให้ $P(X_k)$ เป็นความน่าจะเป็นของระดับสีเทาที่ k ซึ่งหาได้จาก

$$P(X_k) = \frac{n_k}{N}; \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (1)$$

เมื่อ N เป็นจำนวนจุดภาพทั้งหมด และ n_k เป็นจำนวนจุดภาพที่ระดับสีเทา x สำหรับความน่าจะเป็นสะสม (CDF) หาได้จาก

$$C_k = \sum_{i=X_0}^k P(X_i) = \sum_{i=X_0}^k \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

ฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงภาพหลังการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพได้จาก

$$T(k) = X_0 + (X_{L-1} - X_0)C_k \quad (3)$$

ซึ่งจุดภาพพิกัด (i, j) ใด ๆ จะถูกในภาพต้นฉบับหลังการปรับเท่าฮิสโตแกรม จะให้เห็นระดับสีเทาเป็น $Y(i, j)$ โดยภาพผลลัพธ์ Y คือที่

$$Y = \{Y(i, j)\} = T(X) = \{f(X(i, j)) \mid X(i, j) \in X\} \quad (4)$$

ถ้ากำหนดให้ $E(X)$ และ $E(Y)$ เป็นค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับ และภาพผลลัพธ์ ในบทความที่ [5] ได้กำหนดค่าวัดคุณภาพของการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนความสว่าง หรือ AMBE (Absolute Mean Brightness Error)

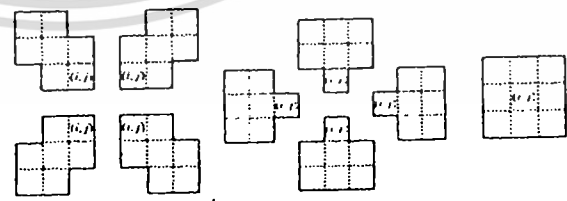
$$AMBE = |E(X) - E(Y)| \quad (5)$$

ตัวอย่างจากภาพต้นฉบับในรูปที่ 2ก ให้ค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 160 ในขณะที่รูปที่ 2ข เป็นภาพจากการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพให้ค่าเฉลี่ยความสว่างเป็น 180 จะได้ว่า AMBE เป็น 20 จะพบว่า ในการปรับเท่าฮิสโตแกรมทั้งภาพนี้ จะส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพผิดไปจากค่าที่ได้ของภาพต้นฉบับในปริมาณที่สูง ซึ่งไม่เหมาะในการประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ดังกล่าวไว้ใน [1] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมาก ดังเช่น [2], [3], [4], [5] ได้พยายามหาวิธีการรักษาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพต้นฉบับเอาไว้ ซึ่งแต่ละวิธีจะทำการปรับเท่าอย่างอิสระ ซึ่งตำแหน่งขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่ใช้แบ่งช่วงนี้ จะถูกกำหนดด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ผลจากการปรับเท่าแต่ละช่วงเมื่อนำมารวมกันจะได้ภาพผลลัพธ์ที่ให้ค่า AMBE น้อยลง

กรณีของ BBHE [2] ได้แบ่งฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับออกเป็นสองช่วง ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ ส่วน DSHE [3] แบ่งฮิสโตแกรมออกเป็นสองช่วงเหมือนกัน แต่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนกำหนดจากจำนวนครั้งหนึ่งของจุดภาพทั้งหมด ใน MPHE [4] ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนได้จากค่าต่ำสุด (local minima) จากกราฟฮิสโตแกรมของภาพต้นฉบับ ในขณะที่ RMSHE [5] ทำการแบ่งฮิสโตแกรมครั้งแรกเป็นสองช่วง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของภาพ จากนั้นแต่ละช่วงจะแบ่งย่อยลงไปอีกเป็น 2 ช่วง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของช่วงที่ถูกแบ่งไว้ก่อนหน้านั้น จะทำอย่างนี้เรื่อย ๆ R ครั้ง ก็จะได้ฮิสโตแกรมย่อย 2^R ช่วง จะอย่างไรก็ตามในงานวิจัยทั้งหลายนี้ จะทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมโดยใช้ความสว่างของจุดภาพ (intensity information) แต่ไม่ได้คำนึงถึงตำแหน่งของจุดภาพ (spatial information) ดังนั้นในบางบริเวณที่จุดภาพต่าง ๆ มีค่าระดับสีเทาหรือค่าความสว่างใกล้เคียงกันก็จะถูกถูกรวมเข้าเป็นค่าระดับสีเทาเดียวกัน จะส่งผลทำให้รายละเอียดของภาพบริเวณดังกล่าวถูกทำลาย ในการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ข้อย ๆ จากนั้นฮิสโตแกรมของแต่ละพื้นที่ข้อยจะถูกแยกไปทำการแบ่งช่วง เพื่อปรับเท่าฮิสโตแกรมในแต่ละช่วง ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่ใช้แบ่งจะถูกกำหนดค่าแน่นอนใจจะทำให้ค่า AMBE ต่ำ

3. การแบ่งพื้นที่ข้อย (Sub-region segmentation)

ภาพโดยทั่วไปจะพบว่ามีค่าความสว่าง หรือค่าระดับสีเทาของจุดภาพมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งภาพ ซึ่งบางครั้งจะปรากฏบางจุดภาพที่มีค่าความสว่างแตกต่างกันไปจากจุดภาพข้างเคียงโดยสิ้นเชิง จุดภาพเหล่านี้จะก่อให้เกิดพื้นที่ข้อยเล็ก ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ การกำจัดจุดภาพเหล่านี้ทำได้โดยวิธีการปรับเรียบ ซึ่งอาจจะให้หน้ากต่างในแบบต่าง ๆ อย่างเช่นที่นำเสนอใน [6] ซึ่งใช้หน้ากต่างของตัวกรอง Gaussian แต่หน้ากต่างของ Gaussian นี้จะทำลายขอบต่างๆของพื้นที่ข้อยที่อยู่ในภาพ ดังแสดงผลใน [7] ดังนั้น ในการปรับเรียบภาพที่จะยังคงรักษาขอบต่างๆของพื้นที่ข้อยในภาพเอาไว้ สามารถทำได้โดยใช้หน้ากต่างของ [8] ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยในแต่ละหน้ากต่างจะมีจุดรวม (i, j) ที่จะถูกทำการปรับเรียบ



รูปที่ 1 หน้ากต่างของ Nagao

- ขั้นตอนในการปรับเรียบทำได้ดังนี้
- คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละหน้ากต่าง
 - ตรวจสอบหน้ากต่างที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด

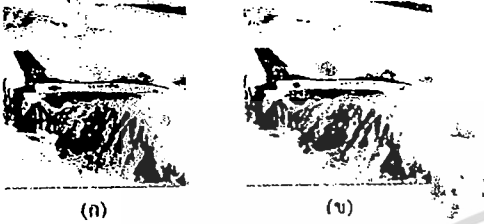
- แทนค่าความสว่างของจุดภาพ (i, j) ด้วยค่าเฉลี่ยของ

พิกัดภาพที่ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด

- ทำตลอดทั้งภาพ และตรวจสอบว่าจำนวนจุดภาพที่เปลี่ยนแปลงค่าความสว่างไปเป็นจำนวนที่จุด ถ้ายังมากกว่าจำนวนจุดที่กำหนดไว้ให้กลับไปเริ่มต้นใหม่ หรืออาจจะกำหนดจำนวนรอบในการวนซ้ำ (iteration)

จากการประยุกต์ที่หน้าภาพของรูปที่ 1 โดยการทำการวนซ้ำ

รอบ จะได้ภาพหลังการปรับเรียงดังแสดงในรูปที่ 2(ข)



(ก)

(ข)

รูปที่ 2 (ก) ภาพ Jet ดั้งเดิม (ข) ภาพหลังการผ่านกระบวนการปรับเรียง

วิธีการปรับเรียงนี้ จะช่วยกำจัดจุดเล็กจุดน้อยซึ่งถูกนับเป็นจุดของสัญญาณรบกวนจะถูกปรับให้มีค่าใกล้เคียงกับจุดภาพข้างเคียง ทำให้ภาพหลังการปรับเรียงนี้ ทำให้เห็นที่ต่าง ๆ ในภาพมีความเป็นเอกพันธ์สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การแบ่งพื้นที่ย่อยในภาพทำได้ง่ายมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะขอบต่าง ๆ ในภาพยังคงถูกรักษาเอาไว้ได้ จากหลักการปรับเรียงด้วยน้ำหนักภาพนี้

ภาพหลังผ่านกระบวนการปรับเรียงจะถูกนำมาแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย (sub-region) หลาย ๆ พื้นที่ย่อย ในการทำการแบ่งพื้นที่ย่อย ๆ นั้น ในบทความนี้จะใช้หลักการของ fuzzy c-means (FCM) โดยหลักการมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล (Cluster) หรือพื้นที่ย่อย (sub-region) ของภาพ โดยแบ่งออกเป็น c กลุ่ม ซึ่ง $c \geq 2$ และกำหนดค่าเงื่อนไขลิมิต $\mu_j^{(0)}$

2. จุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล i ในรอบการคำนวณที่ (l) ได้จาก

$$v_i^{(l)} = \frac{\sum_{k=1}^N \left\{ \mu_{ij}^{(l)} \right\}^m x_i}{\sum_{k=1}^N \left\{ \mu_{ij}^{(l)} \right\}^m} \quad (6)$$

m เป็นจำนวนจริงใด ๆ ที่มีค่ามากกว่า 1 และ x_i เป็นสมาชิกในภาพ X โดย $1 \leq i \leq N$ เมื่อ N คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

3. ค่าความเป็นสมาชิกของจุดภาพ x_i ของกลุ่มข้อมูลจุดที่ j คือ

$$v_{ij}^{(l)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left\{ \frac{\|x_i - v_j^{(l)}\|}{\|x_i - v_i^{(l)}\|} \right\}^{\frac{2}{m-1}}} \quad (7)$$

โดยที่ $1 \leq i \leq N$ และ $1 \leq j \leq C$

4. ทำการตรวจสอบว่า $\left| v_{ij}^{(l)} - v_{ij}^{(l-1)} \right| < \epsilon$ หรือไม่ถ้าไม่จำเป็นต้อง

ให้กลับไปทำขั้นตอนที่สอง ถ้าเป็นจริงให้หยุดการประมวลผลโดย ϵ เป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ของการเข้าสู่ที่นิยมให้มีค่าน้อย ๆ

ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งพื้นที่ย่อยจากวิธีการ FCM นั้น จะนำขอบเขตของพื้นที่ย่อยไปทับกับภาพต้นฉบับเดิมก่อน การประมวลผลใด ๆ ทั้งนี้เพื่อดึงเอาค่าระดับสีเทาของจุดภาพในพื้นที่ย่อยเหล่านั้นมาแยกหรือสปีดโแกรมของแต่ละพื้นที่ย่อย ต่อจากนั้นสปีดโแกรมแต่ละพื้นที่ย่อยจะถูกนำมาแบ่งออกเป็นช่วง ๆ โดยค่าระดับสีเทาที่ใช้เป็นขีดเริ่มเปลี่ยนในการแบ่งสปีดโแกรม จะกำหนดค่าตามค่า CDF ซึ่งคำนวณได้จาก

$$F_k = \frac{k}{M_k} \left\{ \sum_{i=0}^{255} p(x_i) \right\} \quad (8)$$

โดยที่ $1 \leq k \leq M_k - 1$ และ $x_i \in X$,

โดย M_k เป็นจำนวนช่วงที่จะทำการแบ่งในสปีดโแกรมของภาพย่อยที่ j และ $p(x_i)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นของจุดภาพ x_i ในภาพย่อย X_j แต่ละช่วงของสปีดโแกรมในภาพพื้นที่ย่อย จะถูกทำการปรับเท่าสปีดโแกรม (HE) อย่างอิสระจากกัน

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแสดงค่าความเฉลี่ยความสว่างของภาพในการแบ่งพื้นที่ย่อย ออกเป็น 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย

ภาพ Jet ขนาด 512x512 จุดภาพ มีค่าเฉลี่ยค่าสว่าง 164.2718				
จำนวนพื้นที่ย่อย	จำนวนการแบ่งสปีดโแกรมของพื้นที่ย่อย			
	1 ช่วง	2 ช่วง	3 ช่วง	4 ช่วง
ชื่อ	AMBE	AMBE	AMBE	AMBE
2	23.2175	12.7363	7.6947	5.1230
3	15.3695	8.7548	5.8265	4.1675
4	12.9164	7.0892	4.8693	3.5825

4. ผลการทดลอง

จากภาพในรูปที่ 2(ก) เมื่อผ่านการปรับเรียงด้วยน้ำหนักภาพต่าง ๆ จะได้ภาพดังแสดงในรูป 2(ข) ที่จะถูกนำมาแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย โดยในการทดลองเมื่อต้องการแบ่งเป็น 3 พื้นที่ย่อย โดยในการทดลองเมื่อต้องการแบ่งเป็น 3 พื้นที่ย่อย จะได้ภาพดังรูปที่ 3 ซึ่งได้แสดงถึงแต่ละพื้นที่ย่อย และสปีดโแกรมที่สอดคล้อง หลังการนำสปีดโแกรมของทั้งสามพื้นที่ย่อยไปทำการแบ่งเป็นช่วง ๆ จำนวนสามช่วง แต่ละช่วงจะถูกดำเนินการปรับเท่าสปีดโแกรมด้วยวิธี HE จากนั้นนำภาพย่อยทั้งสามมาถูกรวมเป็นภาพผลลัพธ์ จะให้ผลดังแสดงในรูปที่ 4 ส่วนค่า AMBE ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ในกรณีที่แบ่งภาพย่อยเป็น 2, 3 และ 4 พื้นที่ย่อย และแต่ละพื้นที่ย่อย จะถูกแบ่งสปีดโแกรมที่สอดคล้องออกเป็น 1, 2, 3 และ 4 ช่วงตามลำดับ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล
 วัน เดือน ปีเกิด 27 เมษายน 2527 ที่กรุงเทพมหานคร
 ที่อยู่ 15 ซอยศาลชนบุรี 17 แยก 10 ถนนสุขุมวิท แขวงบางหว้า
 เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160 โทร. 0-2455-9380
 ประวัติการศึกษา 2552 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง (เกียรตินิยมอันดับ2)
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) การเขียนโปรแกรมควบคุมวัตถุ
 2.) ระบบโทรคมนาคม
 3.) การประมวลผลภาพ

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย
 พ.ศ.2553 -



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้