

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแยกแยะภาพโดยการใช้อัลกอริทึม 3 มิติและฟัซซี่

IMAGE SEGMENTATION USING 3 DIMENSIONAL HISTOGRAMS
AND FUZZY



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 49602
วัน, เดือน, ปี 5 ก.พ. 2547

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ 2546

ISBN 974 -324 -251 -1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานเอกสารฉบับนี้ และขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้ที่สงวนไว้ได้

**IMAGE SEGMENTATION USING 3 DIMENSIONAL HISTOGRAMS
AND FUZZY**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

ISBN 974-324-251-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเชื่อมแน่นตภาพโดยการใช้ฮิสโทแกรม 3 มิติ
และฟัซซี่

นักศึกษา

นายวิชา สิทธิเวช

รหัสประจำตัว

39061068

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

พ.ศ.

2546

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร. กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปการเชื่อมแน่นที่ถูกต้องเหมาะสมนั้นค่อนข้างยาก ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอการเชื่อมแน่นโดยฮิสโทแกรม 3 มิติ (3DH) อัลกอริทึมที่นำเสนอนี้ใช้ฟัซซี่ค้นหาจุดแบ่งแยก (Threshold) ในฮิสโทแกรม 3 มิติ ซึ่งแต่ละมิติเกิดจากแกน X แทนระดับความเข้มของจุดภาพ (Intensity) แกน Y แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลภาพ (Standard deviation : SD) และแกน Z แทนการสะสมความถี่ของการเกิดขึ้นพร้อมกันของเมตริกซ์ร่วม (Co-occurrence Metric) ซึ่งทำให้เกิดการแบ่งหรือการกระจายของข้อมูลภาพแบ่งเป็นกลุ่มของวัตถุ กลุ่มของฉาก และส่วนที่เป็นขอบภาพ โดยอาศัยกฎฟัซซี่เพื่อหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมให้กับแต่ละเชื่อมแน่น และได้ทำการประเมินผลด้วยตัววัด 3 แบบ ดังนี้ 1) แบบ GU (Goodness based on intra-region uniformity) 2) แบบ GC (Goodness based on inter-region contrast) 3) แบบ DF (Discrepancy based on the feature values of segmented objects) ผลที่ได้ของวิธีที่เสนอมานำให้ผลของการเชื่อมแน่นที่ถูกต้องกว่า อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมแน่นแบบอัตโนมัติ โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์หรือตัวแปรใดๆ

Thesis Title	IMAGE SEGMENTATION USING 3 DIMENSIONAL HISTOGRAMS AND FUZZY
Student	Mr. Wittaya Sithivet
Student ID	39061068
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitti Paitoonwatanakij

ABSTRACT

Normally it is very difficult to identify the correct segments. This thesis presents image segmentation using 3D histograms. This algorithm employs fuzzy to threshold in 3D histogram in which each axis is generated from an intensity for X axis, standard deviation of pixel in original image for Y axis, and the co-occurrence metrics for Z axis. The image data can be divided or distributed into group of object, group of background and portion of edge. The fuzzy rules are utilized for locating the appropriate threshold values for each segment and the evaluation segmentation methods are as following : 1) GU (Goodness based on intra-region uniformity), 2) GC (Goodness based on inter-region contrast), 3) DF (Discrepancy base on the feature values of segmented objects). The evaluated results show that the proposed schemes are accurate. In addition, this proposed method is automatic segmentation that user do not have to specify any parameter and threshold values.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจากรองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ ที่ได้กรุณาเป็นผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาพร้อมทั้งสนับสนุนอุปกรณ์ในการวิจัยตลอดจนการควบคุมการทำวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ช่วยแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยส่งเสริมให้ผู้วิจัยทำงานครั้งนี้ได้ผลสำเร็จ

วิชา สัททวิเว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การแบ่งแยกส่วนภาพ.....	3
2.1 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบจัดกลุ่ม.....	3
2.1.1 การใช้วิธี Minimum error thresholding.....	4
2.1.2 การใช้วิธี Iterative thresholding.....	6
2.1.3 การใช้วิธี วิเคราะห์ทางสถิติ จากค่า Variance.....	7
2.1.4 การใช้วิธี Entropy thresholding.....	8
2.1.5 การใช้วิธี ฮิสโทแกรม 2 มิติ กับ Entropy.....	10
2.1.6 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยเนื้อหา.....	12
2.1.7 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธี Relaxation.....	13
2.2 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธีการพิจารณาขอบเขต.....	15
2.2.1 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธี Region Growing.....	15
2.2.2 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธี Splitting and Merging.....	16
2.3 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธี การใช้ข้อมูลของขอบภาพ.....	17
2.4 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลอง.....	17
2.4.1 ภาพทดลองที่ 1.....	17
2.4.2 ภาพทดลองที่ 2.....	18
2.4.3 ภาพทดลองที่ 3.....	19
2.4.4 ภาพทดลองที่ 4.....	20
2.4.5 ภาพทดลองที่ 5.....	22
2.4.6 ภาพทดลองที่ 6.....	23
สรุป.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3...พีชชีเขต.....	25
3.1 การแทนข้อมูลโดยพีชชีเขต.....	25
3.2 ส่วนประกอบพีชชีเขตตามระดับค่าความเป็นสมาชิก.....	26
3.2.1 รัศมีของพีชชีเขต.....	27
3.2.2 ศูนย์กลางของพีชชีเขต.....	27
3.2.3 จุดแบ่งของพีชชีเขต.....	27
3.2.4 ความสูงของพีชชีเขต.....	27
3.2.5 จุดเอลฟาค์ด.....	27
3.3 ลักษณะของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก.....	27
3.3.1 ฟังก์ชันเชิงเส้น.....	27
3.3.2 ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม.....	28
3.3.3 ฟังก์ชันรูปตัวเอส.....	29
3.3.4 ฟังก์ชันรูปประฆังคว่ำ.....	29
3.3.5 ฟังก์ชัน Gaussian.....	30
3.3.6 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู.....	31
3.3.7 ฟังก์ชันเบต้า.....	31
3.4 ตัวดำเนินการพีชชีเขต.....	32
3.5 ความสัมพันธ์ของพีชชีเขต.....	33
3.6 ตัวแปรฟังก์ชันพีชชีเขต.....	34
3.7 ประพจน์แบบพีชชี.....	35
3.8 ฐานความรู้ของพีชชี.....	36
3.9 แบบจำลองพีชชี.....	36
สรุป.....	38
บทที่ 4 อีสโทแกรม 3 มิติ.....	40
4.1 อีสโทแกรม 3 มิติ.....	40
4.2 การทำอีสโทแกรม 3 มิติ.....	40
4.3 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยอีสโทแกรม 3 มิติ.....	43

สารบัญ (ต่อ)

4.4 การหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในฮิสโทแกรม 3 มิติ.....	44
4.5 การหาจุด Threshold ใน ฮิสโทแกรม 3 มิติ.....	45
4.6 การวัดค่า Fuzziness.....	47
4.7 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 1.....	48
4.8 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 2.....	49
4.9 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 3.....	51
4.10 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 4.....	53
4.11 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 5.....	55
4.12 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 6.....	58
4.13 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองที่ 7.....	60
สรุป.....	63
บทที่ 5 การประเมินผล.....	64
5.1 การประเมินผลด้วยการวัดความเป็นเนื้อเดียวกัน ระหว่างเซ็กเมนต์.....	64
5.2 การประเมินผลด้วยการวัดความเป็นเนื้อเดียวกันภายในเซ็กเมนต์.....	66
5.3 การประเมินผลด้วยการวัดความแตกต่างจากภาพอ้างอิง.....	69
5.4 การทดลองเมื่อข้อมูลภาพมีสัญญาณรบกวนปนอยู่ด้วย.....	72
สรุป.....	75
บทที่ 6 สรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ.....	76
6.1 สรุปการแบ่งแยกกลุ่มภาพด้วยฮิสโทแกรม 3 มิติ.....	76
6.2 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	77
6.2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งแยกข้อมูล.....	77
6.2.2 การนำข้อมูลของขอบภาพในฮิสโทแกรม 3 มิติมาช่วยในการแบ่งแยกส่วนภาพ.....	78
เอกสารอ้างอิง.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 ผลการประเมินค่า GU ของการแบ่งแยกส่วนภาพโดย 3DH.....	65
5.2 ผลการประเมินค่า GU ของการแบ่งแยกส่วนภาพโดยเอ็นโทปี.....	65
5.3 ผลการประเมินค่า GC แบบเก่า ของการแบ่งแยกส่วนภาพโดย 3DH.....	66
5.4 ผลการประเมินค่า GC แบบใหม่ของการแบ่งแยกส่วนภาพ 3DH.....	69
5.5 ผลการประเมินค่า GC แบบใหม่ของการแบ่งแยกส่วนภาพ โดยเอ็นโทปี.....	69
5.6 ผลการประเมินค่า RUMA	72
5.7 ผลการทดลองกับภาพทดลองที่ 1.....	75
5.8 ผลการทดลองกับภาพทดลองที่ 2.....	75
5.9 ผลการประเมินค่าของภาพทดลองที่ 1 เมื่อมีสัญญาณรบกวน.....	75
5.10 ผลการประเมินค่าของภาพทดลองที่ 2 เมื่อมีสัญญาณรบกวน.....	75



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการกระจายความเข้มของจุดภาพ.....	4
2.2 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบ Minimum error thresholding	6
2.3 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบ Iterative Threshold.....	7
2.4 การแบ่งแยกส่วนภาพด้วย วิธีของ Otsu.....	8
2.5 การแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธี เอ็น โทปี	10
2.6 แสดงฮิสโทแกรม 2 มิติ.....	11
2.7 แสดงฮิสโทแกรม 2 มิติและผลลัพธ์.....	12
2.8 ภาพต้นแบบของการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยเนื้อภาพและผลลัพธ์.....	13
2.9 การแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธี Region Growing.....	16
2.10 แสดงการแบ่งออกเป็นสี่ส่วนตามวิธี Splitting and Merging	16
2.11 ภาพทดลองที่ 1 และ ฮิสโทแกรม.....	17
2.12 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 1.....	18
2.13 ภาพทดลองที่ 2 และฮิสโทแกรม.....	18
2.14 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 2.....	19
2.15 ภาพทดลองที่ 3 และฮิสโทแกรม.....	19
2.16 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 3.....	20
2.17 ภาพทดลองที่ 4 และฮิสโทแกรม.....	20
2.18 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 4.....	21
2.19 ภาพทดลองที่ 5 และฮิสโทแกรม.....	22
2.20 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 5.....	22
2.21 ภาพทดลองที่ 6 และฮิสโทแกรม.....	23
2.22 ผลการแบ่งแยกส่วนภาพทดลองที่ 6.....	24
3.1 แสดงฟังก์ชันธรรมชาติของการจัดแบ่งอายุคน.....	25
3.2 แสดงฟังก์ชันเขตของการจัดแบ่งอายุคน.....	26
3.3 แสดงส่วนประกอบของฟังก์ชันเขตตามระดับค่าความเป็นสมาชิก.....	26
3.4 ฟังก์ชันเชิงเส้น.....	28
3.5 ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม.....	28
3.6 ฟังก์ชันรูปตัว S.....	29
3.7 ฟังก์ชันรูปประมังกว้า.....	29
3.8 ฟังก์ชัน Gaussian.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

3.9 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู.....	31
3.10 ฟังก์ชัน เบต้า	31
3.11 แบบจำลองพีชชี.....	36
4.1 แสดงการหาค่า SD ของแต่ละจุดภาพ.....	41
4.2 แสดงการทำเมตริกซ์ร่วม.....	41
4.3 ข้อมูลภาพขนาด 9×9	42
4.4 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของข้อมูลภาพขนาด 9×9	43
4.5 แสดง Fuzzy c-partition.....	43
4.6 แสดงระดับการตรวจสอบความคลุมเครือของช่วงระดับสีเทา 8 ระดับ.....	44
4.7 ขั้นตอนการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยฮิสโทแกรม 3 มิติและพีชชี.....	46
4.8 แสดง Monotonic Function.....	47
4.9 ภาพทดลองที่ 1.....	48
4.10 ฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 1.....	48
4.11 ภาพ 3DH ที่ แลว SD.....	49
4.12 ภาพทดลองที่ 2.....	49
4.13 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 2.....	50
4.14 ภาพ 3DH ที่ แลว SD	50
4.15 ภาพทดลองที่ 3 และผลการทดลอง.....	51
4.16 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 3.....	51
4.17 ภาพ 3DH ที่ แลว SD.....	52
4.18 ภาพทดลองที่ 4 และผลการทดลอง.....	53
4.19 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 4.....	54
4.20 ภาพ 3DH ที่ แลว SD.....	54
4.21 ภาพทดลองที่ 5 และผลการทดลอง.....	55
4.22 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 5.....	56
4.23 ภาพ 3DH ที่ แลว SD.....	57
4.24 ภาพ 3DH ที่ระดับความเข้มที่ 140.....	57
4.25 ภาพทดลองที่ 6 และผลการทดลอง.....	58
4.26 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 6.....	59

สารบัญรูป(ต่อ)

4.27 ภาพ 3DH แถวที่ SD	59
4.28 ภาพ ทดลองที่ 7 และผลการทดลอง.....	62
4.29 ภาพฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 7.....	62
4.30 ภาพ 3DH แถวที่ SD	62
5.1 ภาพรวมของภาพทดลองทั้ง 6 ภาพ.....	65
5.2 ภาพทดลองหาค่า GC.....	67
5.3 ภาพต้นแบบที่ 1	70
5.4 ภาพต้นแบบที่ 2	71
5.5 ภาพต้นแบบที่ 3.....	71
5.6 ค่าความเข้มของวัตถุของภาพต้นแบบที่ 3.....	72
5.7 ภาพทดลองเติมสัญญาณรบกวนที่ 1.....	73
5.8 ภาพทดลองเติมสัญญาณรบกวนที่ 2.....	74
6.1 แสดงบริเวณที่เป็นเนื้อหาภาพและบริเวณที่เป็นขอบภาพ.....	77
6.2 ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 1	78
6.3 ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 2.....	78
6.4 ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 3.....	78

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาวิธีการประมวลผลภาพทางดิจิทัลมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ ด้วยเหตุผลเนื่องจากข้อมูลภาพที่เรานำมาดำเนินการด้วยวิธีการนี้ สามารถทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขข้อมูลภาพให้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์มากขึ้นได้ เช่นในกรณีที่ เครื่องมือรับภาพเก็บข้อมูลภาพได้ไม่สมบูรณ์ เช่น ภาพที่ได้รับแสงน้อย (Under) ภาพที่ไม่คมชัด (Blur) ที่เกิดจากมีการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำการรับข้อมูลภาพ การประมวลผลภาพถูกนำมาใช้ทางด้านการแพทย์ เช่นการสร้างภาพจากข้อมูลของเครื่องเอ็กซเรย์สมอง (Magnetic Resonance Imaging) ช่วยปรับปรุงภาพจากฟิล์ม X-ray ให้เห็นรายละเอียดชัดเจนมากขึ้น ภาพดิจิทัลสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้นำไปประยุกต์ใช้กับระบบการมองเห็นในงาน ทางด้านอุตสาหกรรม ในส่วนของตาหุ่นยนต์ ทางด้านทหารตรวจจับวัตถุแปลกปลอม ผู้บุกรุกในระบบป้องกันภัย และตำรวจสร้างภาพผู้ต้องสงสัยแทนการสเก็ตภาพ ภาพดิจิทัลนี้จะถูกแทนด้วยฟังก์ชันสองมิติที่เขียนอยู่ในรูป $f(x,y)$ โดย (x,y) จะแทนตำแหน่งหรือโคออดิเนตทางสเปเชียล โดยค่าของฟังก์ชันจะเป็นระดับสีเทา (Gray level) ของจุดภาพ ณ จุดนั้น โดยทั่วไปค่าระดับสีเทาจะมีความแตกต่างกัน 256 ระดับ โดยจะถูกแทนด้วยเลขฐานสอง 8 บิต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการแบ่งแยกส่วนภาพ (Segmentation) ให้มีความสามารถในการแบ่งแยกส่วนของวัตถุ และส่วนของฉากให้มีความถูกต้องมากขึ้น ในชีวิตจริงเรามักประสบปัญหาหากับกลุ่มของข้อมูลภาพที่แยกกัน ไม่ออกหรือมีความกำกวมในบริเวณที่เป็นจุดแบ่งแยก (Threshold) ซึ่งเป็นผลมาจากความเข้มของแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุ และก็ยังมีสัญญาณรบกวนปนเข้ามาในข้อมูลภาพด้วย ทำให้การหาจุดแบ่งแยก ในฮิสโทแกรมทำได้ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร ข้อมูลของภาพที่แบ่งแยกมาได้ ก็ไม่สามารถให้รายละเอียดที่มีอยู่ในข้อมูลภาพทั้งหมดได้ ส่งผลทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลของภาพในระบบที่นำเอาไปประยุกต์ใช้งานต่อไปทำงานได้ไม่สมบูรณ์เต็มที่ หรือบางครั้งอาจจะเกิดความผิดพลาดได้ เช่นการมองเห็นของหุ่นยนต์ การวิเคราะห์วัตถุแปลกปลอม ที่ไม่สามารถวิเคราะห์รูปร่างของวัตถุได้ถูกต้องตามความเป็นจริง ในวิทยานิพนธ์นี้จึงขอเสนอการแบ่งแยกส่วนภาพโดยการใช้ฮิสโทแกรม 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นมาจาก ฮิสโทแกรม 1 มิติ แต่มีความสามารถในการกระจายกลุ่มของข้อมูลภาพให้มองเห็นในลักษณะ 3 มิติในเชิงภาพ เป็นผลให้การหาจุดแบ่งแยก ในฮิสโทแกรมสามารถกำหนดได้จาก 2 ทางโดยใช้ร่วมกับพีชคณิต ซึ่งเป็นเครื่องช่วยหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมส่งผลให้การแบ่งแยกส่วนภาพให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดและความถูกต้องของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งแยกดีมากขึ้น โดยจะแยกข้อมูลของวัตถุ (object) ออกจากข้อมูลของฉาก (background) หรือแยกออกจากวัตถุอื่นอื่น และในการแบ่งแยกภาพนี้จะเป็นการแบ่งแยกส่วนภาพแบบหลายส่วนภาพอย่างอัตโนมัติด้วย เพื่อช่วยให้การประมวลผลภาพมีความสะดวกรวดเร็ว และมีคุณภาพมากขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ฮิสโทแกรม 3 มิติ ที่แสดงการกระจายของข้อมูลภาพมาเป็นเครื่องมือในการรวมกลุ่มข้อมูลภาพและแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลภาพตามความเป็นจริงของข้อมูลภาพ โดยจะทำการจัดกลุ่มข้อมูลของภาพให้เกิดเป็นกลุ่มของวัตถุ กลุ่มของฉาก กับกลุ่มของขอบภาพ และใช้พีชคณิตทำหน้าที่เป็นเครื่องช่วยหาจุดที่เหมาะสมภายในฮิสโทแกรม 3 มิติ แล้วนำข้อมูลที่ได้ มาสร้างภาพใหม่ โดยข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นภาพของวัตถุ กับภาพของฉาก และจะถูกทดสอบประสิทธิภาพของผลการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีวัดสี่แบบดังนี้

1. วิธีวัดโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างเซ็กเมนต์ (Intra - region uniformity)
2. วิธีวัดโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันภายในเซ็กเมนต์ (Inter - region contrast)
3. วิธีวัดโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันภายในเซ็กเมนต์แบบใหม่ (New inter - region contrast)
4. วิธีวัดโดยอาศัยความแตกต่างจากภาพอ้างอิง (Discrepancy base on the feature value of segmented objects)

โครงร่างวิทยานิพนธ์

รายละเอียดของวิทยานิพนธ์ประกอบด้วยเนื้อหาบทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 การแบ่งแยกส่วนภาพ

บทที่ 3 พีชคณิต

บทที่ 4 ฮิสโทแกรม 3 มิติ

บทที่ 5 การประเมินผล

บทที่ 6 สรุปและแนวทางการพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

การแบ่งแยกส่วนภาพ

เป็นวิธีการแบ่งแยกจุดภาพภายในข้อมูลภาพหนึ่งให้ออกเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มก็จะเป็นพื้นที่ของวัตถุที่มีรูปร่างตามความเป็นจริงที่มีอยู่ในข้อมูลภาพนั้น โดยอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุหรือเป็นบริเวณทั้งหมดของวัตถุ ที่แยกออกจากส่วนที่เป็นฉาก การแบ่งแยกส่วนภาพเป็นก้าวหนึ่งที่สำคัญในการประมวลผลภาพทางดิจิทัล เพื่อนำไปสู่ขบวนการวิเคราะห์ภาพ ที่เป็นส่วนสำคัญในระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติและในหุ่นยนต์ เพื่อตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลภาพที่รับเข้ามา ดังนั้นความถูกต้องของการแบ่งแยกกลุ่มภาพจึงมีความสำคัญมาก ข้อมูลภาพที่กำกวม ที่เกิดขึ้นจากเครื่องอุปกรณ์รับข้อมูลภาพ มุมตกกระทบของแสงที่ทำกับวัตถุอาจจะไม่เท่ากันและบางครั้งยังมีสัญญาณรบกวนเข้ามาประปนด้วยเป็นสิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญของการแบ่งแยกส่วนภาพ จึงมีนักวิจัยได้เสนอวิธีการแบ่งแยกส่วนภาพไว้หลายวิธี แบ่งตามวิธีการดำเนินการ ได้ 3 แบบดังนี้

1. การแบ่งแยกส่วนภาพแบบการจัดกลุ่ม (Cluster base segmentation)
2. การแบ่งแยกส่วนภาพโดยการพิจารณาขอบเขต (Region base segmentation)
3. การแบ่งแยกส่วนภาพโดยการตรวจสอบขอบเขตของวัตถุ (Edge base segmentation)

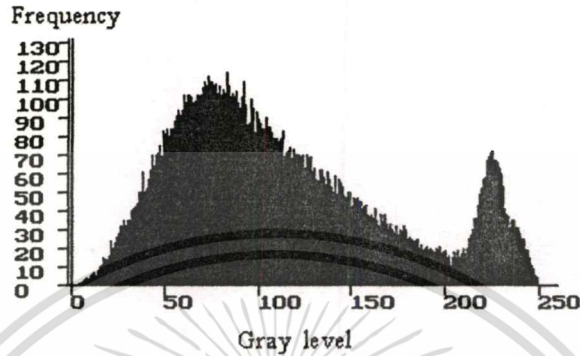
2.1 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบการจัดกลุ่ม

เป็นการแบ่งแยกกลุ่มภาพวิธีหนึ่งที่ใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละจุดภาพที่มีอยู่ในข้อมูลภาพ เช่น ความเข้มของจุดภาพ สี และเนื้อภาพ อย่างใดอย่างหนึ่งนำมาจัดรวมกลุ่มกัน โดยอาศัยความคล้ายกันเป็นเครื่องวัดเพื่อจัดเรียงลำดับการกระจายความถี่ของแต่ละจุดภาพในฮิสโทแกรม เพื่อให้ได้มาซึ่งบริเวณที่แยกกันเป็นกลุ่มข้อมูล จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นการสะสมความถี่ของจุดภาพตามระดับความเข้มของจุดภาพในฮิสโทแกรม 1 มิติ เราอาศัย วิธีการ Threshold ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยค้นหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสม เพื่อแยกข้อมูลภาพออกเป็นกลุ่มของวัตถุ และกลุ่มของฉาก การ Threshold เป็นวิธีการที่ใช้กันมานาน แต่ก็ยังคงใช้งานกันอย่างกว้างขวางในงานประมวลผลภาพเบื้องต้น เพราะสะดวก รวดเร็ว และก็ยังใช้ได้ผลดี ไม่ใช้การคำนวณมากเกินไป และให้ความรวดเร็วในการแบ่งแยกกลุ่มภาพ ใช้ได้กับภาพจริงทั่วไป (Real image) เกือบจะทุกภาพ การ Threshold เป็นเหมือนกับการตัดสินใจที่จะเลือกจุดที่จะแยกระหว่างกลุ่มของจุดภาพที่จะเป็น กลุ่มวัตถุ หรือเป็นกลุ่มฉาก การ Threshold มีหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้เครื่องวัดอย่างไรช่วยในการค้นหา จุด Threshold ในฮิสโทแกรม เช่น การใช้ความรู้ทางสถิติเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมถึง การใช้เอ็นโทปี ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความแปรปรวนของข้อมูล มีผู้นำมาช่วยในการกำหนดจุด Threshold ใน ฮิสโทแกรม และการใช้ฟังก์ชันเซต จุดมุ่งหมายที่สำคัญของทุกวิธีก็เพื่อการค้นหาจุด Threshold ที่เหมาะสมเพื่อที่จะแยกกลุ่มข้อมูลของวัตถุออกจากกลุ่มข้อมูลของฉากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายความเข้มของจุดภาพในฮิสโทแกรม 1 มิติ

2.1.1 วิธี Minimum error thresholding

การสะสมความถี่ของความเข้มของจุดภาพในฮิสโทแกรม $h(g)$ ในรูปที่ 2.1 มีลักษณะเหมือนการแจกแจงความถี่ที่เกิดขึ้นใน Probability density function $p(g)$ g คือระดับความเข้มของจุดภาพ และให้การแจกแจงความน่าจะเป็นของระดับความเข้มของจุดภาพของวัตถุและฉากในฮิสโทแกรม โดยเราจะสมมติให้ที่จุด t ข้อมูลในฮิสโทแกรมถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

ให้ P_1 เป็นความน่าจะเป็นของบริเวณที่เป็นวัตถุ

$$p_1(t) = \sum_{g=0}^t h(g) \quad (2.1)$$

ให้ P_2 เป็นความน่าจะเป็นของบริเวณที่เป็นฉาก

$$p_2(t) = \sum_{g=t+1}^{255} h(g) \quad (2.2)$$

μ_1 เป็นค่าเฉลี่ยของบริเวณที่เป็นวัตถุหาค่าได้จากสมการที่ 2.3

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_{g=0}^t g \cdot h(g)}{p_1(t)} \quad (2.3)$$

μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยของบริเวณที่เป็นฉากหาค่าได้จากสมการที่ (2.4)

$$\mu_2(t) = \frac{\sum_{g=t+1}^{255} g \cdot h(g)}{p_2(t)} \quad (2.4)$$

σ_1^2 เป็นค่าความแปรปรวนของบริเวณพื้นที่วัตถุหาค่าได้จากสมการที่ (2.5)

$$\sigma_1^2(t) = \frac{\sum_{g=0}^t h(g)(g - \mu_1(t))^2}{p_1(t)} \quad (2.5)$$

σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนของบริเวณพื้นที่ฉากหาค่าได้จากสมการที่ (2.6)

$$\sigma_2^2(t) = \frac{\sum_{g=t+1}^{255} h(g)(g - \mu_2(t))^2}{p_2(t)} \quad (2.6)$$

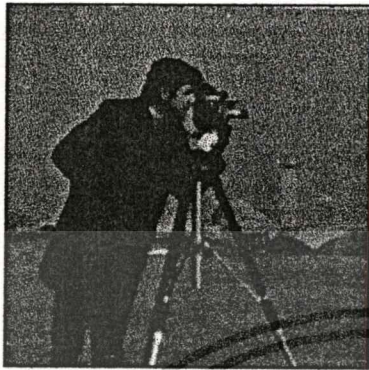
โดย Kittler และ Illingworth [1] ได้เสนอ new criterion function $J(t)$ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของส่วนของวัตถุและฉาก ดังนี้สมการที่ (2.7)

$$J(t) = \sum_{g=0}^t h(g) \times \left\{ \left[\frac{g - \mu_1(t)}{\sigma_2(t)} \right] + 2 \log \sigma_1(t) - 2 \log P_1(t) \right\} + \sum_{g=t+1}^n h(g) \times \left\{ \left[\frac{g - \mu_2(t)}{\sigma_2(t)} \right] + 2 \log \sigma_2(t) - 2 \log P_2(t) \right\} \quad (2.7)$$

$$J(t) = 1 + 2[P_1(t) \log \sigma_1(t) + P_2(t) \log \sigma_2(t)] - 2[P_1(t) \log P_1(t) + P_2(t) \log P_2(t)] \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด Threshold ที่เหมาะสมจะเป็นจุดที่เมื่อแทนค่า t แล้วทำให้ $J(t)$ มีค่าน้อยที่สุด ดังการทดลองกับรูปที่ 2.2 (ก) และได้ผลของการแบ่งแยกส่วนภาพเป็นรูปที่ 2.2 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบ Minimum error thresholding (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์

2.1.2 การใช้ วิธี Iterative Threshold Selector [2]

เป็นวิธีการทำซ้ำเพื่อหาค่าที่เหมาะสม โดยเริ่มต้นด้วยการคาดเดา ค่า Threshold ค่าแรกจากค่าความเข้มของจุดภาพค่าหนึ่ง แล้วเปลี่ยนค่า Threshold ค่าใหม่โดยการเพิ่มค่าระดับความเข้มข้น ทำให้ค่าเฉลี่ยของส่วนที่เป็นวัตถุและจากมีค่าเปลี่ยนไปด้วย มี 2 วิธีด้วยกัน แบบแรกเป็นแบบที่ไม่ต้องใช้ ฮิสโทแกรม มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกจุด Threshold T เริ่มต้น โดยการประมาณจุดที่ดีในการเริ่มต้นควรเป็นค่า Average ของค่าระดับสีเทาของความเข้มของจุดภาพ
2. แบ่งข้อมูลภาพออกเป็น 2 กลุ่ม คือ R_1 และ R_2 โดยการใช้ Threshold T
3. คำนวณค่า Average ของแต่ละกลุ่ม จะได้ μ_1 และ μ_2
4. เลือก Threshold T ค่าใหม่ จากสมการที่ (2.9)

$$T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) \quad (2.9)$$

5. ทำขั้นตอนที่ 2, 3, 4 ซ้ำ จนได้ค่า T ที่ไม่เปลี่ยนแปลง
6. จุด Threshold ที่เหมาะสม คือจุด T ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5

วิธีที่สองเป็นวิธีที่ใช้ฮิสโทแกรมเข้าช่วยซึ่งก็จะให้ผลของค่า Threshold ที่เร็วกว่าแบบแรก

$$T_k = \frac{\sum_{i=0}^{T_{k-1}} i \cdot h(i)}{2 \sum_{i=0}^{T_{k-1}} h(i)} + \frac{\sum_{j=T_{k-1}+1}^L j \cdot h(j)}{2 \sum_{j=T_{k-1}+1}^L h(j)} \quad (2.10)$$

T_k = จุดที่เป็นจุด Threshold โดยเริ่มจากระดับสีเทาที่น้อยในฮิสโทแกรม

L เป็นของระดับสีเทาสูงสุด

I เป็นระดับสีเทา

$h(i), h(j)$ เป็นค่าความถี่สะสมในฮิสโทแกรม

ค่า Threshold ที่เหมาะสมจะเป็นจุดที่ $T_k = T_{k+1}$ ดังการทดลองกับภาพต้นแบบรูปที่ 2.3 (ก) ได้ผลของการแบ่งแยกส่วนภาพเป็นรูปที่ 2.3 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.3 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบ Iterative Threshold (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์

2. 1.3 การใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ จากค่า Variance

วิธีของ Otsu [3] เป็นการหาจุด Threshold โดยใช้หลักการทางสถิติที่เรียกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลภาพ โดยเขากำหนดให้เมื่อ σ_b^2 เป็นความแปรปรวนของข้อมูลภาพทั้งหมด ที่มีระดับความเข้มจาก 0 ถึง T เมื่อกำหนดจุด Threshold ที่จุด t จะได้ σ_b^2 เป็นความแปรปรวนของฉาก

$$\eta(t) = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_t^2} \quad (2.11)$$

$$\sigma_b^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_0 \mu_1)^2 \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

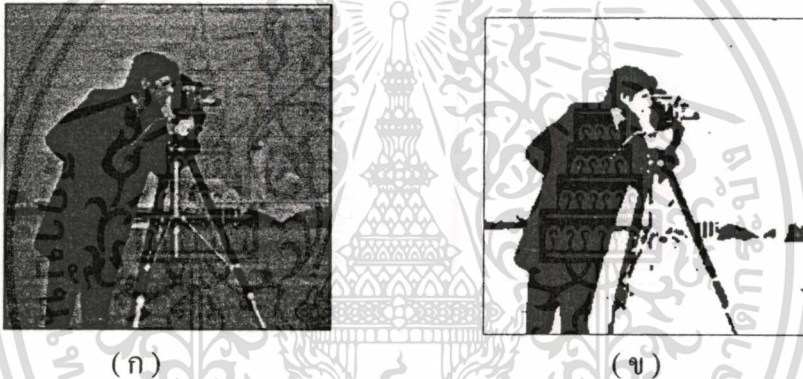
เมื่อ P_i = ความน่าจะเป็นของระดับความเข้ม i

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^t p_i ; \omega_1 = 1 - \omega_0 \quad (2.13)$$

$$\mu_0 = \frac{\mu_t}{\omega_0} ; \quad \mu_1 = \frac{\mu_T - \mu_t}{1 - \omega_0} = \sum_{i=t+1}^T i p_i \omega_1 ; \quad \mu_t = \sum_{i=0}^t i \cdot p_i ;$$

$$\mu_T = \omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1$$

จุด Threshold คือจุด t ที่ให้ค่า $\eta(t)$ ที่น้อยที่สุด ดังการทดลองกับภาพต้นแบบ รูปที่ 2.4 ก และได้ผลเป็นรูปที่ 2.4 ข



รูปที่ 2.4 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบวิธีของ Otsu (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์

2.1.4 การใช้ Entropy Thresholding

เอ็นโทรปี เป็นเครื่องวัดความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ Pun [4]

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(x) \log p(x) \quad (2.14)$$

โดย Pun ได้ใช้ t เป็นจุด Threshold ซึ่งจะได้

$$Hb = - \sum_{i=0}^t p_i \log(p_i) \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (2.15) เป็นเอ็นโทรปีของฉาก เมื่อ t เป็นจุด Threshold

สมการที่ (2.16) เป็นเอ็นโทรปีของวัตถุ เมื่อ t เป็นจุด Threshold

$$H_w = - \sum_{i=t+1}^{255} p_i \log(p_i) \quad (2.16)$$

เอ็นโทรปีสูงสุดมีค่าเท่ากับ $H_b + H_w$

$$f(t) = \frac{H_t}{H_T} \frac{\log p}{\log(\max\{p_0, p_1, \dots, p_t\})} + \left[1 - \frac{H_t}{H_T}\right] \frac{\log(1 - P_t)}{\log(\max\{p_{t+1}, p_{t+2}, \dots, p_{255}\})} \quad (2.17)$$

เมื่อกำหนดให้

$$H_t = - \sum_{i=0}^t p_i \log p_i \quad (2.18)$$

ส่วนเอ็นโทรปีรวมทั้งหมดสมการที่ (2.19)

$$H_T = - \sum_{i=0}^{255} p_i \log p_i \quad (2.19)$$

สมการที่ (2.20) เป็นความน่าจะเป็นรวมจากความเข้มจุดภาพระดับ 0 จนถึงระดับ t

$$P_t = \sum_{i=0}^t p_i \quad (2.20)$$

ความพยายามที่พัฒนาเอ็นโทรปีเพื่อหาจุด Threshold ของ Kapur [5] กำหนดให้การแจกแจงของความน่าจะเป็น object A และการแจกแจงของความน่าจะเป็น background B เป็นตามสมการที่ (2.21) และสมการที่ (2.22)

$$A: \frac{p_0}{P_t}, \frac{p_1}{P_t}, \dots, \frac{p_t}{P_t} \quad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B: \frac{p_t + 1}{1 - P_t}, \frac{p_t + 2}{1 - P_t}, \dots, \frac{p_{255}}{1 - P_t} \quad (2.22)$$

เป็นการเปรียบเทียบเอ็นโทรปีของวัตถุ และเอ็นโทรปีของฉาก

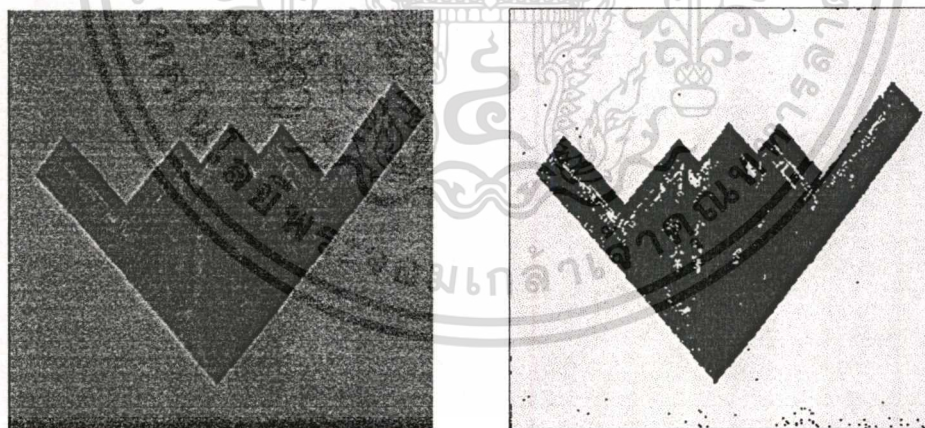
$$H_b = -\sum_{i=0}^t \frac{p_i}{P_t} \log\left(\frac{p_i}{P_t}\right) \quad (2.23)$$

$$H_w = -\sum_{i=t+1}^{255} \frac{p_i}{1 - P_t} \log\left(\frac{p_i}{1 - P_t}\right) \quad (2.24)$$

ดังนั้น เอ็นโทรปีรวมสูงสุดของข้อมูลภาพทั้งหมดคือสมการที่ (2.25)

$$H = H_b(t) + H_w(t) \quad (2.25)$$

เลือก t ที่ให้ค่าเอ็นโทรปีรวมสูงสุดเป็นจุด Threshold ที่เหมาะสมต้องการทดลองกับภาพต้นแบบรูปที่ 2.5 (ก) ได้ผลของการแบ่งแยกส่วนภาพเป็นรูปที่ 2.5 (ข)



(ก)

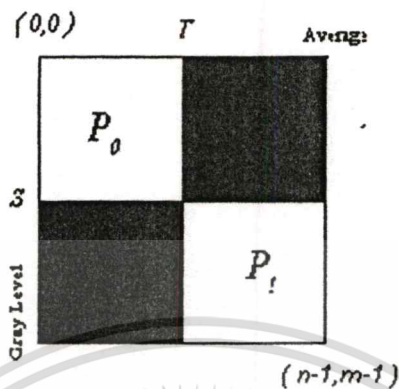
(ข)

รูปที่ 2.5 การแบ่งแยกส่วนภาพแบบวิธีเอ็นโทรปี (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์

2.1.5 การใช้ ฮิสโทแกรม 2 มิติ กับ Entropy

ฮิสโทแกรม 2 มิติเกิดจากการทำเมตริกซ์ร่วม ของเมตริกซ์ของข้อมูลภาพกับเมตริกของค่าเฉลี่ยของความเข้มของข้อมูลภาพ Brink [6] ได้ใช้ Entropy ร่วมกับฮิสโทแกรม 2 มิติ ช่วยในการแบ่งแยกกลุ่มส่วนภาพ โดย Brink สมมติให้ (s, T) เป็นจุด Threshold ในฮิสโทแกรม 2 มิติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของภาพ จากรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นฮิสโทแกรม 2 มิติของภาพ $g(x,y)$ ที่มีขนาด $N \times M$ ภายในของฮิสโทแกรม 2 มิติ จะมีการเรียงตัวของข้อมูลของวัตถุและของฉากตามแนวเส้นทแยงมุม ส่วนข้อมูลที่อยู่ในบริเวณส่วนสีดำจะเป็นข้อมูลของขอบภาพและสัญญาณรบกวน



รูปที่ 2.6 แสดงฮิสโทแกรม 2 มิติ

การหาค่าเอนโทรปีในฮิสโทแกรม 2 มิติ กำหนดตามสมการที่ (2.26)

$$H_t = - \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} P_{ij} \log P_{ij} \tag{2.26}$$

$$P_{ij} = \frac{f_{ij}}{NM} \tag{2.27}$$

เมื่อ I และ $j=0, \dots, n-1$; f_{ij} เป็นความถี่สะสมของระดับความเข้มของจุดภาพ

$$P_0(S, T) = \sum_{j=0}^S \sum_{i=0}^T P_{ij} \tag{2.28}$$

$$P_1(S, T) = \sum_{j=S+1}^{n-1} \sum_{i=T+1}^{m-1} P_{ij} \tag{2.29}$$

จากนั้นนำสมการทั้งสองไปแทนค่า สำหรับหาค่า Entropy ตามสมการต่อไปนี้

$$H_0(S, T) = - \sum_{j=0}^S \sum_{i=0}^T \frac{P_{ij}}{P_0(S, T)} \log \frac{P_{ij}}{P_0(S, T)} \quad (2.30)$$

$$H_1(S, T) = - \sum_{j=S+1}^{n-1} \sum_{i=T+1}^{m-1} \frac{P_{ij}}{P_1(S, T)} \log \frac{P_{ij}}{P_1(S, T)} \quad (2.31)$$

เราสามารถประมาณค่า $P_1(S, T)$ โดย Abutaleb [7]

$$P_1(S, T) = 1 - P_0(S, T) \quad (2.32)$$

$$\psi(S, T) = H_0(S, T) + H_1(S, T) \quad (2.33)$$

การพิจารณาหาจุด Threshold จากฮิสโทแกรม 2 มิติ จะพิจารณาตามแนวเส้นทะแยงมุมของ ส่วนที่เป็นสีขาว โดยสามารถหาจุด Threshold จากผลรวมของสมการ (2.33) ที่มีค่ามากที่สุด ดังการ ทดลองกับภาพต้นแบบรูปที่ 2.7 (ก) ได้ผลการทดลองเป็นรูปที่ 2.7 (ข)



รูปที่ 2.7 (ก) ฮิสโทแกรม 2 มิติ (ข) ภาพผลลัพธ์

2.1.6 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยความแตกต่างของเนื้อหา

เนื้อหาของภาพจะมีความแตกต่างกันในแต่ละภาพ เนื้อหาหมายถึงพื้นผิวของวัตถุที่ปรากฏ อยู่ในภาพ ซึ่งประกอบด้วยจุดภาพที่มีความสัมพันธ์กันกับจุดภาพข้างเคียง ทำให้เกิดความแตกต่าง กันของเนื้อหาของภาพ เราสามารถเชื่อมต่อบริเวณที่มีความคล้ายกันเพื่อรวมบริเวณเหล่านั้นเข้าเป็นวัตถุ ชิ้นหนึ่ง กลุ่มของจุดภาพมีคุณสมบัติเฉพาะกลุ่ม ด้วยค่าเฉลี่ย และ ค่าความแปรปรวน ถึงแม้จะไม่ ใช่วัตถุลักษณะที่แสดงให้เห็นโดยตรง แต่สามารถบ่งถึงบริเวณของวัตถุนั้นได้ นั่นก็หมายความว่าเรา ก็สามารถแยกออกจากฉากหรือพื้นภาพได้ Zucker [8] ได้เสนอ ฮิสโทแกรมของเนื้อหาของ

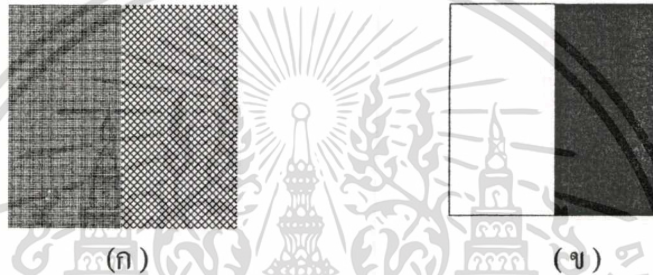
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่รวมรวมความถี่ของเนื้อภาพที่คล้ายกัน ด้วยการใช้น้ำหนัก 3×3 หรือ 5×5 เป็นเครื่องตรวจสอบ โดยอาศัยคุณสมบัติทางสถิติดังนี้ ค่าเฉลี่ย, ความแปรปรวน, Skewness, และ Kurtosis ดัง การทดลองกับภาพต้นแบบรูปที่ 2.8 (ก) และผลที่ได้เป็นรูปที่ 2.8 (ข)

$$\text{Skewness} \quad \mu_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{g=1}^N (g - \mu)^3 h(g) \quad (2.34)$$

$$\text{Kurtosis} \quad \mu_4 = \frac{1}{4} \sum_{g=1}^N (g - \mu)^4 h(g) - 3 \quad (2.35)$$



รูปที่ 2.8 (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพผลลัพธ์

2.1.7 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยวิธี Relaxation methods

วิธีนี้ใช้ขบวนการทำซ้ำโดยจะใช้ผลจากจุดภาพข้างเคียง มาช่วยปรับความเชื่อมั่นในการเช็ก เมินต์ในจุดภาพที่เรากำลังพิจารณาอยู่โดยการเปรียบเทียบกัน วิธีนี้มีความถูกต้องพอใช้ขึ้นอยู่กับจุด ภาพข้างเคียง การเปรียบเทียบเราใช้ compatibility function $r(i,j)$ ที่มีช่วง -1 ถึง 1

1. กำหนดจุดเริ่มต้นโดยการเดาในการแบ่งแยกส่วนภาพตรวจสอบค่า estimate of the confidence ในแต่ละจุดภาพในส่วนที่เกิดจากการเดา

2. สำหรับแต่ละจุดภาพ ปรับปรุงการแบ่งแยกส่วนภาพ และ ประมาณค่าที่เชื่อถือได้ไว้เป็น พื้นฐานให้กับกลุ่มของจุดภาพในพื้นที่เหลือ (local region) คือ 8 จุดภาพที่อยู่รอบๆ จุดที่เราคาดเดา จะถูกดำเนินการก่อน

3. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนกระทั่งการแบ่งแยกส่วนภาพเสร็จสมบูรณ์

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการคาดเดาหาจุดเริ่มต้น ก็คือการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาของข้อมูล ภาพ จุดภาพที่มีระดับสีเทาค่าสูงกว่าให้เป็นส่วนสีขาว โดยมีสัดส่วนอยู่ที่ $3/4$ ของระดับสีเทาของ ภาพทั้งหมด สำหรับจุดภาพที่มีค่าระดับสีเทาน้อยกว่าค่าเฉลี่ย เราจะใช้ค่า $3/4$ ของค่าระดับสีเทา ของภาพทั้งหมด Rosenfield 1981 [9] ให้การเริ่มต้นดังสมการ (2.36)

$$p_i^0 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{g_i - \mu}{\max - \mu} \quad (2.36)$$

สมการนี้เป็นการพิจารณาจุดภาพที่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อ p_i^0 เป็น initial probability ของกลุ่มจุดภาพที่เป็นสีขาว μ คือค่าเฉลี่ย \max เป็นค่าระดับสีเทาสูงสุดภายในข้อมูลภาพที่กำลังพิจารณาอยู่ g_i ค่าระดับสีเทาของ จุดภาพ i

$$q_i^0 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{\mu - g_i}{\mu - \min} \quad (2.37)$$

สมการนี้พิจารณาจุดภาพที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย q_i^0 เป็นค่า initial probability ของจุดภาพที่เป็นส่วนสีดำ โดย \min เป็นค่าระดับสีเทาดำสุดในข้อมูลภาพที่เรากำลังพิจารณา

$$Q_{ij} = C(i, c_1, j, \text{white}) p_j + C(i, c_1, j, \text{black}) q_j \quad (2.38)$$

การเปรียบเทียบกับจุดภาพรอบๆ จุด i สามารถพิจารณาดังนี้

$$Q_i(c_1) = \frac{1}{8} \sum_{j \in N} (C(i, c_1, j, \text{white}) p_j + C(i, c_1, j, \text{black}) q_j) \quad (2.39)$$

สมการนี้สำหรับจุดภาพเดียวที่เป็นจุดภาพข้างเคียงที่มี i เป็นจุดศูนย์กลาง โดยจะเป็นการเพิ่มขึ้นของโครงข่ายไปยัง p ในแต่ละครั้ง ค่าความน่าจะเป็นจะได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยเสมอเพื่อให้ค่า p และ q เป็นบวกอยู่เสมอ เราจะบวกหนึ่งให้กับ Q

$$P_i^{k+1} = \frac{P_i^k (1 + Q_i^k)}{P_i^k (1 + Q_i^k(\text{white})) + q_i^k (1 + Q_i^k(\text{black}))} \quad (2.40)$$

การทำซ้ำแต่ละครั้งของวิธีการนี้เกี่ยวข้องกับการค้นหาทุกๆ จุดในข้อมูลภาพ และปรับปรุงค่าของความน่าจะเป็นของส่วนสีขาวและส่วนสีดำ เมื่อเรากำหนดให้ส่วนใดเป็นสีใดมันก็จะคงเป็นสีนั้นตลอดจนจบขบวนการ ดังนั้นการเริ่มต้นการกำหนดค่ามีความสำคัญมาก เพราะจะทำให้การแบ่งแยกส่วนภาพมีความถูกต้องมากเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยการพิจารณาขอบเขต

การแบ่งแยกกลุ่มภาพแบบนี้ ทำโดยกำหนดให้ X เป็นเซตของข้อมูลภาพ ซึ่งภายในเซตของ X สามารถแบ่งเป็นซับเซตย่อยๆ ของกลุ่มภาพได้อีก คือ X_1, X_2, \dots, X_n และมีการกำหนดเงื่อนไขในการรวมจุดภาพเข้าเป็นบริเวณเดียวกันและการแยกจุดภาพออกเป็นบริเวณอื่นดังนี้

$$1. \bigcup_{i=1}^n X_i = X \quad (2.41)$$

$$2. X_i \text{ เป็นขอบเขตที่ต่อเนื่องกันทุกๆ } i=1,2,\dots,n \quad (2.42)$$

$$3. X_i \cap X_j = \emptyset \text{ สำหรับทุกๆ } i \text{ และ } j \text{ เมื่อ } i \neq j \quad (2.43)$$

$$4. P(X_i) = \text{TRUE} \text{ ทุกๆ } i=1,2,\dots,n \quad (2.44)$$

$$5. P(X_i \cup X_j) = \text{FALSE} \text{ เมื่อ } i \neq j \quad (2.45)$$

เงื่อนไขข้อที่ 1 เป็นการกำหนดให้ทุกๆ ขอบเขตย่อยต้องอยู่ในขอบเขตของ X เท่านั้น ข้อที่ 2 เป็นการกำหนดให้สมาชิกทุกตัวต้องอยู่ในขอบเขตของ X_i และเป็นขอบเขตที่ต่อเนื่องกันตลอดทั้งกลุ่มภาพ ข้อที่ 3 ขอบเขตของ X_i และขอบเขตของ X_j จะต้องแยกออกจากกันโดยไม่มีจุดภาพใดมายุ่งเกี่ยวกับกัน ข้อที่ 4 เป็นคุณสมบัติที่ให้สมาชิกอยู่ในขอบเขตของ X_i เช่น ความเข้มของจุดภาพใน X_i มีค่าเท่ากันหรือมีค่าแตกต่างกันเท่าไร ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไข แสดงว่ามีค่าความเข้มเท่าๆ กัน ข้อที่ 5 แสดงการแยกกันของสองขอบเขต

2.2.1 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยการพิจารณาขอบเขต

เป็นวิธีการที่ทำให้จุดภาพหรือบริเวณเล็กๆที่อยู่ในข้อมูลภาพ เข้ามารวมกันเพื่อให้เกิดบริเวณ (Region) ที่ใหญ่ขึ้นอาจจะเป็นบริเวณของวัตถุ โดยการรวมกันอาศัยความคล้ายกันของคุณสมบัติเฉพาะตัวของจุดภาพ ทำให้เกิดการขยายกว้างออกของบริเวณที่มีความคล้ายกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ Object ภายในภาพนั้น ภาพหนึ่งอาจจะมีหลายบริเวณที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้มี object หลายอัน การแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีขยายพื้นที่ สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกันเช่น ใช้การกำหนดจุดภาพเริ่มต้นลงในกลุ่มของภาพที่ต้องการจะแยกก่อน จากนั้นก็ขยายบริเวณขึ้นด้วยการตรวจสอบเงื่อนไขของจุดภาพข้างเคียง ดังรูปที่ 2.9 (ก), 2.9 (ข), 2.9 (ค)

	1	2	3	4	5
1	0	0	8	6	7
2	1	1	5	8	5
3	0	<u>1</u>	<u>7</u>	6	8
4	2	0	5	5	7
5	0	1	6	6	7

a	a	b	b	b
a	a	b	b	b
a	a	b	b	b
a	a	b	b	b
a	a	b	b	b

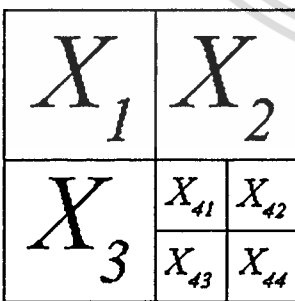
a	a	a	a	a
a	a	a	a	a
a	a	a	a	a
a	a	a	a	a
a	a	a	a	a

(ก)
(ข)
(ค)

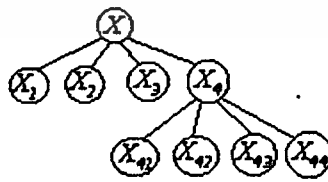
รูปที่ 2.9 การแยกส่วนภาพวิธีขยายขอบเขต

2.2.2 การแยกส่วนภาพด้วยวิธี Splitting and Merging

การแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีนี้เป็นการรวมกลุ่มของจุดภาพที่มีความกลมกลืนกันเข้าด้วยกัน และแยกกลุ่มภาพที่ไม่ใช่กลุ่มภาพที่มีความกลมกลืนกันออกไปเป็นอีกส่วนหนึ่งของภาพ เริ่มด้วยการกำหนดขอบเขตของภาพที่จะทำการแบ่งแยก แทนด้วย X จากหัวข้อที่ 3 ถ้าในกรณีที่ $P(X) = FALSE$ จากการพิจารณาตามความเข้มของระดับสีเทาของจุดภาพจุดภาพ จะทำให้แบ่งภาพออกได้เป็นส่วนด้วยกันถ้า P มีค่าเป็น $FALSE$ ทั้งสี่ส่วน เราก็ยังสามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีก ดังแสดงในรูปที่ 2.10 แต่ถ้าในกรณีที่ $P(X_i) = TRUE$ (X_i คือขอบเขตย่อยที่สามารถแบ่งมาจาก X) แสดงว่าจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขต X_i มีค่าอยู่ในกลุ่มเดียวกันจะไม่สามารถที่จะทำการแบ่งย่อยลงไปได้อีกแล้ว บริเวณรอยต่อที่เกิดขึ้นจากการแบ่งแยกภาพจะต้องมีการตรวจสอบว่าตรงรอยต่อของขอบเขตอยู่ในส่วนที่พอใจหรือไม่ โดยที่ความกลมกลืนระหว่าง (Merge) ของ X_i และ X_k จะต้องมีค่าเท่ากับ $P(X_i \cup X_k) = TRUE$



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.10 ภาพที่แบ่งออกเป็นสี่ส่วนตามวิธี Splitting and Merging

วิธีการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธี Splitting and Merging ทำดังนี้

1. แบ่งภาพออกเป็นสี่กลุ่มที่มีขอบเขตอยู่ใน X_i เมื่อ $P(X_i) = FALSE$
2. ความกลมกลืนของรอยต่อจากขอบเขต X_i และ X_k เมื่อ $P(X_i \cup X_k) = TRUE$
3. การทำงานจะยุติลงเมื่อไม่สามารถทำการแบ่งแยกภาพได้อีกต่อไป หรือตรวจสอบความกลมกลืนแล้วไม่ผ่าน

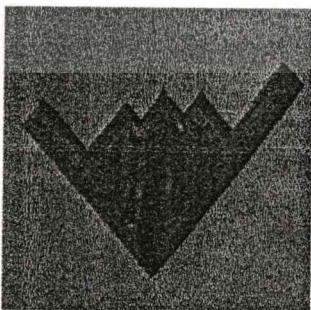
2.3 การแบ่งแยกส่วนภาพโดยการใช้ข้อมูลของขอบภาพ

การแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีนี้ อาศัยข้อมูลของขอบภาพที่อยู่ในข้อมูลภาพเป็นจุดเริ่มต้นในการรวมกลุ่มข้อมูลขึ้นเป็นบริเวณของวัตถุ ข้อมูลของขอบภาพให้โครงร่างของวัตถุที่มีอยู่ภายในภาพทำให้เกิดขอบเขตของวัตถุภายในภาพ ข้อมูลนี้ได้มาโดยขบวนการหาขอบภาพ ซึ่งสามารถหาได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้วิธีของ Canny [10], การใช้วิธีของ Sobel Operator, Prewitt Operator และการใช้อนุพันธ์อันดับสอง วิธีใดวิธีหนึ่ง เมื่อได้ข้อมูลของขอบภาพที่เป็นโครงร่างของวัตถุมาแล้ว จากนั้นก็ขยายพื้นที่ภายในข้อมูลของขอบให้เต็ม ข้อมูลที่ขยายเต็มพื้นที่ภายในขอบทั้งหมดก็คือส่วนของวัตถุที่แบ่งแยกออกมาได้

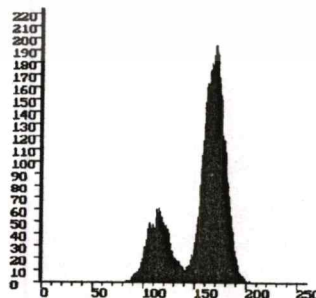
2.4 การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลอง

การทดลองแบ่งแยกส่วนภาพกับภาพทดลองโดยการหาจุดแบ่งแยกในฮิสโทแกรมโดยการใช้เอ็นโทปี ใช้วิธีการของ Pun จากหัวข้อที่ 2.14 หน้า 10 เป็นการหาค่าเอ็นโทปีรวมของวัตถุและฉากที่มีค่าสูงที่สุด โดยจุด t จากสมการที่ (2.25) จะเป็นจุดแบ่งแยกที่เหมาะสม และเพื่อให้ทำการแบ่งแยกแบบอัตโนมัติจะกำหนดการหยุดการแบ่งแยกเมื่อค่า เอ็นโทปีรวมของส่วนย่อยมีค่าน้อยกว่า 50% ของค่าเอ็นโทปีรวมทั้งข้อมูลภาพ

2.4.1 ภาพทดลองที่ 1



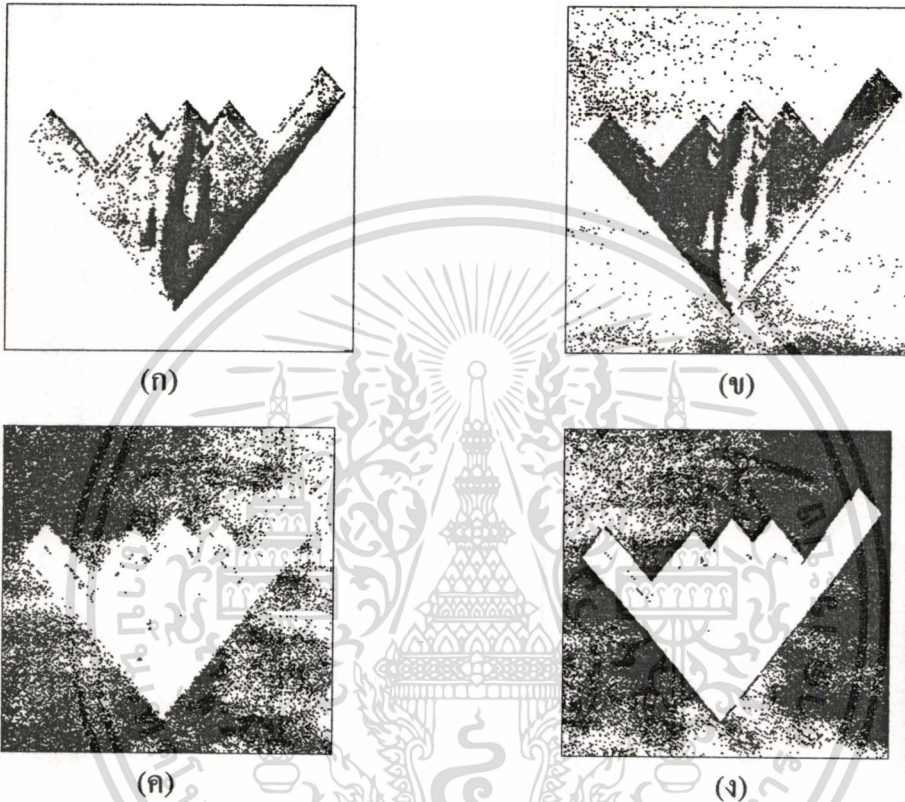
(ก)



(ข)

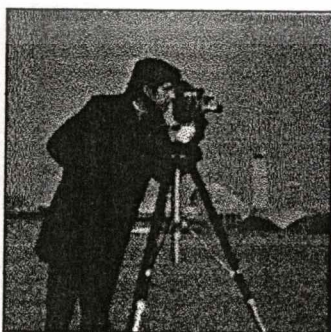
รูปที่ 2.11 (ก) ภาพทดลองที่ 1 (ข) ภาพฮิสโทแกรม

ภาพนี้มีการกระจายของค่าความเข้มต่ำสุดที่ 79 และค่าความเข้มสูงสุดอยู่ที่ 218 ใช้การหาจุดแบ่งแยกจากสมการที่ (2.25) พบจุดแบ่งแยก T_1 ที่ความเข้ม ของจุดภาพ = 152 จากนั้นพบจุดแบ่งแยกในช่วง ความเข้ม 79 ถึง 218 ที่ ความเข้ม = 112 และพบจุดแบ่งแยกในช่วงความเข้ม 152 ถึง 218 ที่ความเข้ม = 168 นำค่าที่ได้ทั้ง 3 จุดมาสร้างภาพดังนี้

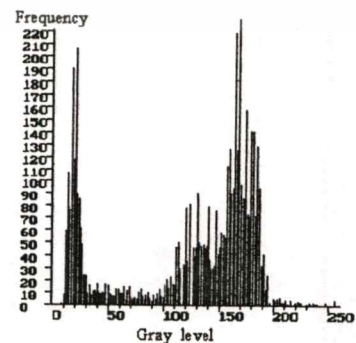


รูปที่ 2.12 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4

2.4.2 ภาพทดลองที่ 2



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.13 (ก) ภาพทดลองที่ 2 (ข) ฮิสโทแกรมของภาพทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

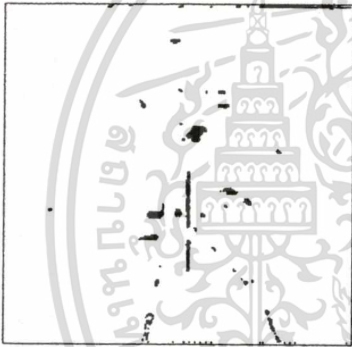
ภาพนี้มีระดับความเข้มค่า จาก 0 และกระจายขึ้นไปที ความเข้มสูงสุด ที่ 255 การหาจุดแบ่ง แยกแบ่งแยกจุดแรกพบที่ความเข้ม 194 จากนั้นนำช่วง 0 ถึง 194 มาหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมที่ จุด 130 และนำช่วงความเข้มที่ 194 ถึง 255 มาหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมพบที่ 243 จากจุดแบ่งแยกทั้ง 3 จุด ทำให้นำมาสร้างภาพแต่ละเช็กเมนต์ได้ดังนี้



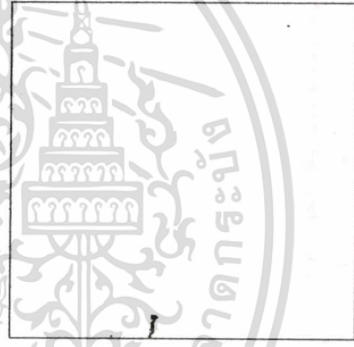
(ก)



(ข)



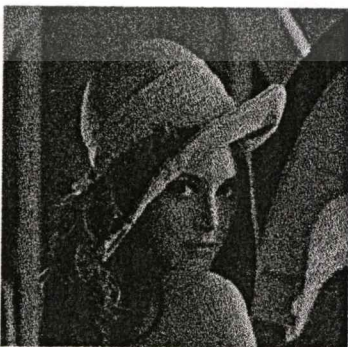
(ค)



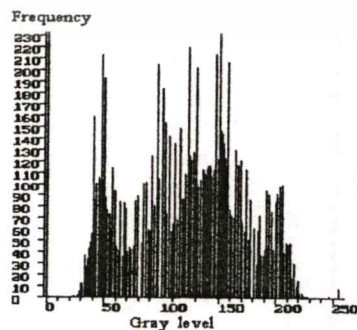
(ง)

รูปที่ 2.14 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2

2.4.3 ภาพทดลองที่ 3



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.15 (ก) ภาพทดลองที่ 3 (ข) ฮิสโทแกรมของภาพทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพนี้มีระดับความเข้มต่ำสุดที่ 0 และสูงสุดอยู่ที่ 255 หากจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมจุดแรกที่ ระดับความเข้ม ที่ 140 จากนั้นใช้ช่วง 0 ถึง 140 หากจุดแบ่งแยก อีกพบที่ ความเข้ม 91 จากนั้นใช้ช่วง ความเข้ม 140 ถึง 255 หากจุดแบ่งแยกพบที่ ความเข้ม 170 และนำจุดแบ่งแยกทั้งหมดมาสร้างภาพ ได้ 4 เซ็กเมนต์ดังนี้



(ก)



(ข)



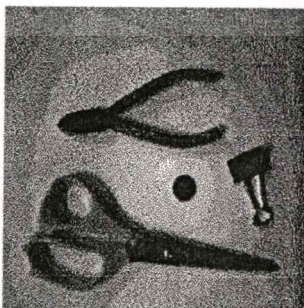
(ค)



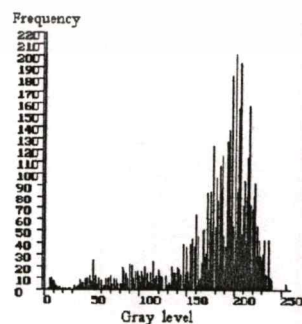
(ง)

รูปที่ 2.16 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4

2.4.4 ภาพทดลองที่ 4



(ก)



(ข)

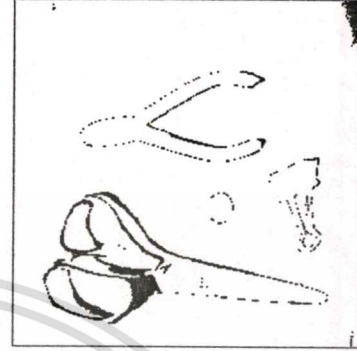
รูปที่ 2.17 (ก) ภาพทดลองที่ 4 (ข) ภาพฮิสโทแกรมของภาพทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพทดลองที่ 4 นี้มีระดับความ จาก 3 ถึง 255 พบจุดแบ่งแยกจุดแรกที่ 143 จากนั้นใช้ช่วง ความเข้ม 3 ถึง 143 ค้นหาจุดแบ่งแยกพบจุดแบ่งแยกที่ 124 ในช่วงความเข้ม 125 ถึง 255 ค้นหาจุดแบ่งแยกพบที่ 191 และในช่วง 192 ถึง 255 ยังค้นหาจุดแบ่งแยกที่ 213 อีก ทำให้นำจุดแบ่ง แยกไปสร้างภาพได้ 5 เซ็กเมนต์ดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

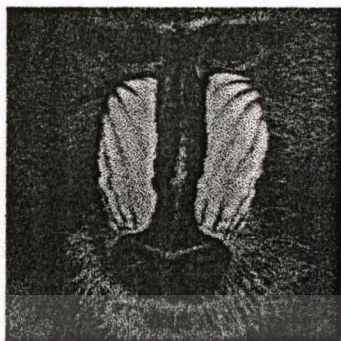


(จ)

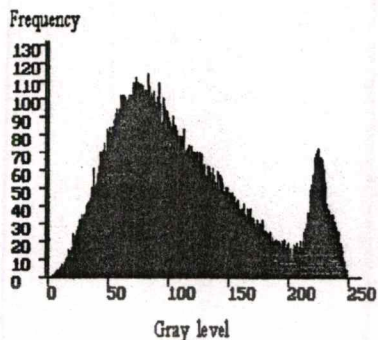
รูปที่ 2.18 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3
(ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4 (จ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การทดลองกับภาพที่ 5



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.19 (ก) ภาพทดลองที่ 5 (ข) ภาพฮิสโทแกรมของภาพทดลองที่ 5

ภาพทดลองนี้มีการกระจายของความเข้มในช่วง 0 ถึง 251 คั่นหาจุดแบ่งแยกพบจุดแรกในระดับความเข้มที่ 137 นำช่วง 0 ถึง 137 มาคั่นหาจุดแบ่งแยก พบที่ ความเข้ม 57 และนำช่วงความเข้มที่ 138 ถึง 251 มาคั่นหาจุดแบ่งแยกพบที่ความเข้ม 214 จากนั้นก็เอาจุดแบ่งแยกที่ได้มา กำหนดในการสร้างภาพได้ 4 เซ็กเมนต์ดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

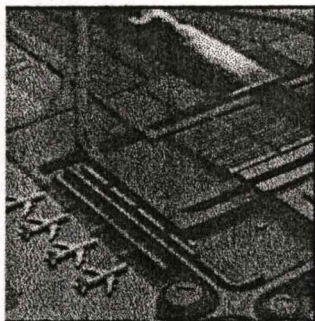


(ง)

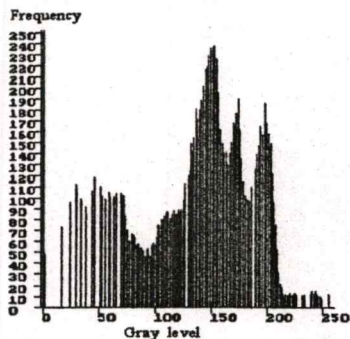
รูปที่ 2.20 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ภาพทดลองที่ 6



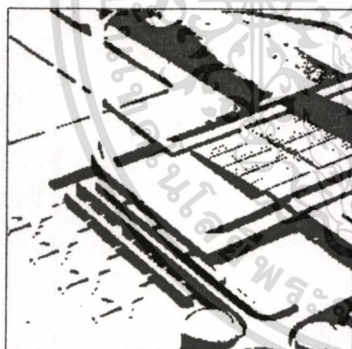
(ก)



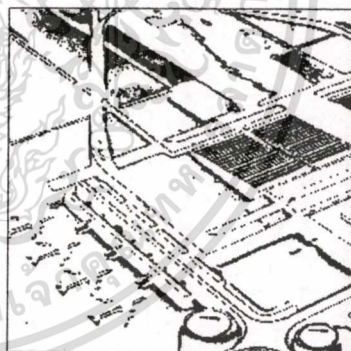
(ข)

รูปที่ 2.21 (ก) ภาพทดลองที่ 6 (ข) ภาพฮิสโทแกรมของภาพทดลองที่ 6

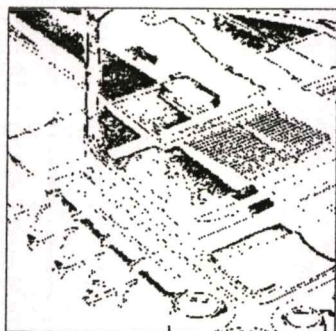
ภาพทดลองนี้มีการกระจายของความเข้มในช่วง 0 ถึง 255 การค้นหาจุดแบ่งแยกจุดแรกพบที่ความเข้ม 131 นำช่วงความเข้ม 0 ถึง 131 มาหาจุดแบ่งแยกพบที่ ความเข้มที่ 102 เป็นจุดที่ 2 จากนั้นนำช่วงความเข้ม 132 ถึง 255 มาค้นหาจุดแบ่งแยก พบที่ ความเข้มที่ 174 เป็นจุดที่ 3 จากนั้นค้นหาในช่วง 132 ถึง 174 พบจุดแบ่งแยกที่ 142 เป็นจุดที่ 4 นำเอาจุดแบ่งแยกทั้ง 4 มากำหนดการสร้างภาพได้ 5 เซ็กเมนต์ดังนี้



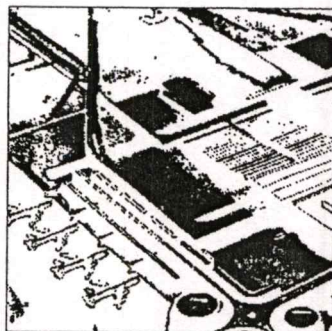
(ก)



(ข)

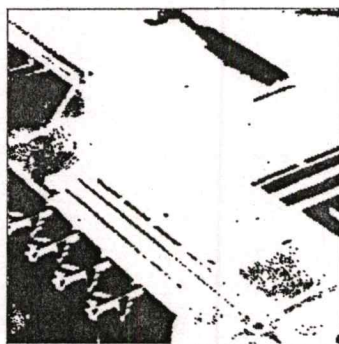


(ค)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ)

รูปที่ 2.22 (ก) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3
(ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4 (จ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 5

สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึง ข้อมูลภาพที่เป็นภาพดิจิทัล ซึ่งเมื่อนำมาประมวลผลแล้ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มาก และวิธีการแบ่งแยกส่วนภาพอย่างไร มีวิธีการทำหลายวิธีด้วยกัน ประโยชน์ของการแบ่งแยกส่วนภาพ ว่านำไปใช้ทำอะไรบ้าง

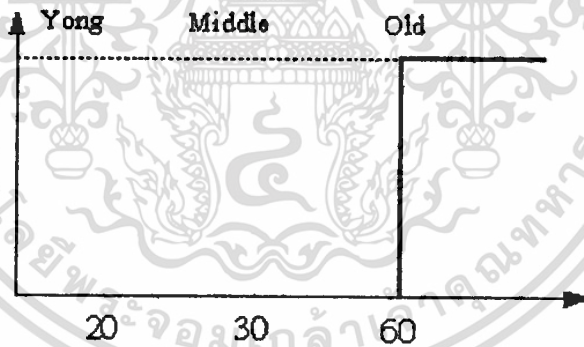
บทที่ 3

ฟัซซี่เซต

ฟัซซี่เซตถูกเสนอโดย L. A. Zadeh เป็นคนแรกที่ได้แสดงให้เห็นแนวความคิดใหม่ ในการพิจารณาความคลุมเครือของระบบฟัซซี่เซต (Fuzzy set) มาแทนแนวคิดของระบบของเซตธรรมดา (Crisp set) ฟัซซี่เซตเป็นเซตที่แสดงถึงความสำคัญของสมาชิกภายในเซตแต่ละตัวว่ามีความสัมพันธ์กับเซตในลักษณะของระดับค่าความเป็นสมาชิก ที่มีค่าอยู่ในช่วง $[0, 1]$ ก็มีความเป็นสมาชิกในเซตนั้นอยู่ตามระดับค่า ซึ่งต่างจากเซตธรรมดา ที่สมาชิกแต่ละตัวจะแสดงความสัมพันธ์ว่าเป็นสมาชิกหรือไม่เป็นสมาชิกของเซตเท่านั้น

3.1 การแทนข้อมูลโดยฟัซซี่เซต

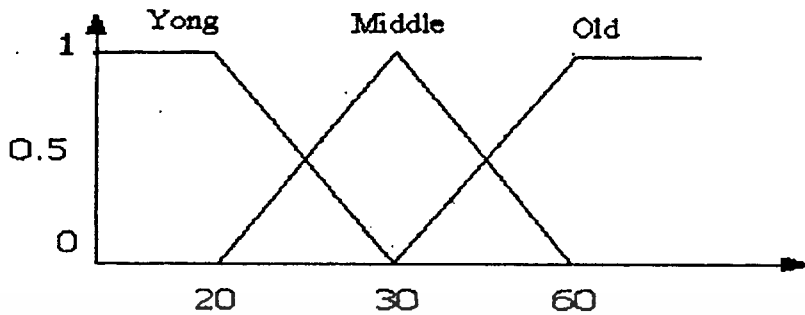
ในการแทนข้อมูลโดยเราสมมติว่าประเทศไทยของเราพิจารณาจัดแบ่งอายุของคนไทย ดังนี้คนที่มีอายุอยู่ในช่วง 25 ถึง 59 ให้เป็นช่วงของคนกลางคน และคนไทยที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปเป็นผู้สูงอายุ เราใช้การพิจารณาอายุของคนไทยเพื่อให้เห็นความแตกต่างกันเราจะทำการแทนข้อมูลของอายุคนไทยด้วยเซตธรรมดา และการแทนข้อมูลอายุด้วยฟัซซี่เซต



รูปที่ 3.1 แสดงฟังก์ชันธรรมชาติของการจัดแบ่งอายุคน

เพื่อให้มองเห็นความแตกต่างกันระหว่างฟัซซี่เซตกับเซตธรรมดา จากรูปที่ 3.1 เป็นการแทนข้อมูลในเซตอายุของคนไทยโดยออกเป็น 3 ช่วงอายุคนด้วยการใช้ความสัมพันธ์ของสมาชิกด้วยเซตธรรมดา โดยจัดแบ่งออกตามช่วงของอายุคือคนหนุ่มสาว (young) มีอายุไม่เกิน 20 ปี คนกลางคน (middle) มีอายุมากกว่า 20 ปีแต่น้อยกว่า 60 ปี คนสูงอายุ (old) มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จากการแบ่งเซตของคนสูงอายุจะเห็นว่าคนอายุ 59 ปี จะถูกจัดอยู่ในช่วงคนกลางคน ซึ่งเป็นคนละเซตกับเซตของคนสูงอายุทั้งๆ ที่เขามีอายุต่างกับคนสูงอายุเพียงปีเดียว คราวนี้เราจะแทนอายุของคนนี้ด้วยฟัซซี่เซต ที่แสดงในรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.4 ในกรณีของการแบ่งช่วงอายุคนไทยด้วยฟัซซี่เซต

จะเห็นว่าคนอายุ 59 ปีจะจัดอยู่ในฟัซซีเซตของคนสูงอายุที่มีค่าความเป็นสมาชิก 0.9 ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริงตามธรรมชาติ

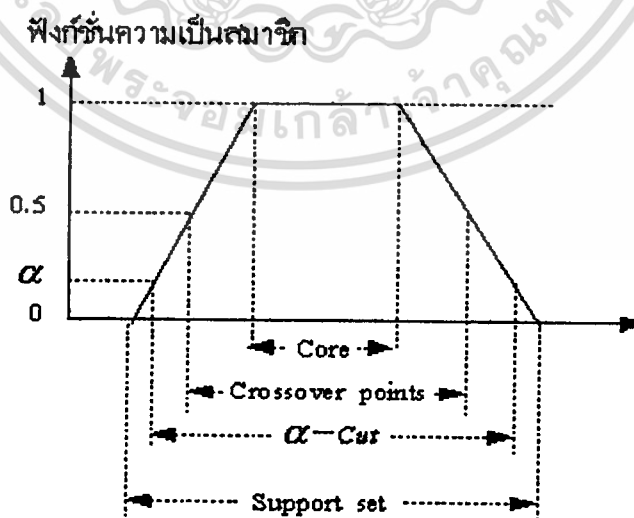


รูปที่ 3.2 แสดงฟัซซีเซตของการจัดแบ่งอายุคน

เมื่อพิจารณาฟัซซีเซตในทางทฤษฎี เรากำหนดให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์ ฟัซซีเซต A มี $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ดังนั้น $\mu_A(x_i)$ เป็นรูปแบบความสัมพันธ์ในฟัซซีเซต โดยที่ $x_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ ในทางทฤษฎีเรียกว่าความสัมพันธ์แบบนีว ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ $\mu_A(x_i)$ ในทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\mu_A(x_i): U \rightarrow [0, 1] \quad (3.1)$$

3.2 ส่วนประกอบของฟัซซีตามระดับค่าความเป็นสมาชิก



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของฟัซซีตามระดับค่าความเป็นสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 แสดงฟังก์ชันเซตประกอบด้วยส่วนต่างๆ แบ่งตามระดับค่าความเป็นสมาชิก

3.2.1 ซัพพอร์ตของฟังก์ชันเซต

ซัพพอร์ตของฟังก์ชันเซต A ในเอกภพสัมพัทธ์ U คือฟังก์ชันเซตที่มีสมาชิกเป็นสมาชิกทั้งหมดในเอกภพสัมพัทธ์ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกในฟังก์ชันเซต A มากกว่าศูนย์ เขียนแทนด้วยสมการดังนี้

$$\text{supp}(A) = \{x \in U \mid \mu_A(x) > 0\} \quad (3.2)$$

$A =$ ฟังก์ชันเซตใดๆ

$\text{Supp}(A) =$ ซัพพอร์ตของฟังก์ชันเซต

3.2.2 ศูนย์กลางของฟังก์ชันเซต คือค่ากึ่งกลางของระดับความเป็นสมาชิก

3.2.3 จุดแบ่งของฟังก์ชันเซต คือ จุดใดๆ ในเอกภพสัมพัทธ์ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกมีค่าเท่ากับ 0.5

2.2.4 ความสูงของฟังก์ชันเซต คือระดับความสูงของค่าความเป็นสมาชิกที่มีค่าสูงที่สุดในเซต

3.2.5 α -cut คือเซตของฟังก์ชันเซต A คือ ฟังก์ชันเซต ซึ่งสมาชิกคือสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกมากกว่าหรือเท่ากับ α ซึ่งเขียนแทนด้วยสมการ

$$A_\alpha = \{x \in U \mid \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (3.3)$$

3.3 ระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

เราสามารถแบ่งคุณสมบัติของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซตตามลักษณะการเกิดรูปร่างของฟังก์ชันที่ได้มาจากการแทนข้อมูลอินพุตในฟังก์ชันเซต ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนี้จะต้องถูกกำหนดขึ้นตามคำจำกัดความในทอมของเซตที่มีความยืดหยุ่นและตรงตามความเป็นจริง โดยจะแบ่งออกได้เป็นฟังก์ชันดังต่อไปนี้

3.3.1 ฟังก์ชันเชิงเส้น

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสมการเชิงเส้นที่ใช้แปลงค่าความสัมพันธ์จากเซตของสมาชิกไปเป็นระดับความเป็นสมาชิก ใช้สำหรับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น และกราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นแสดงตามรูปที่ 3.4 และสมการที่ (3.4)

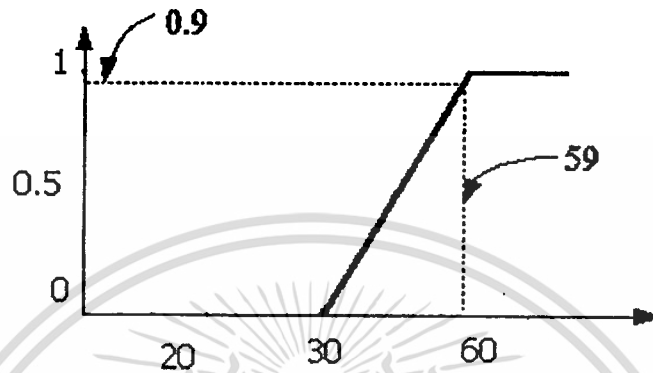
ตัวเลข 30 คือค่าความเป็นสมาชิกต่ำสุด

ตัวเลข 60 คือค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด

x , คือค่าความเป็นสมาชิก

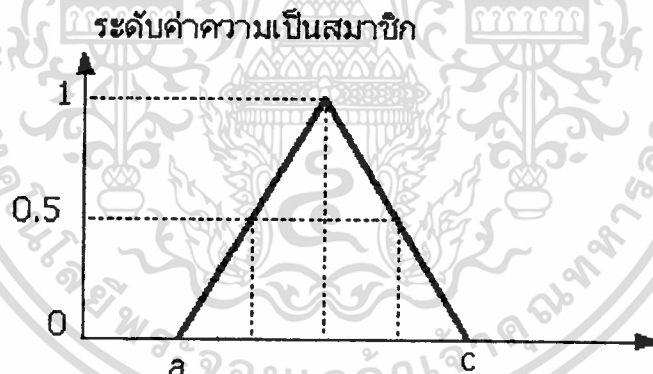
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } x_i > 60 \\ \frac{1}{(60-30)}(x_i - 30); & \text{เมื่อ } 30 \leq x_i \leq 60 \\ 0; & \text{ในการฉีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (3.4)$$



รูปที่ 3.4 ฟังก์ชันเชิงเส้น

3.3.2 ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}(x_i - a); & \text{ถ้า } a \leq x_i \leq b \text{ และ } a \neq b \\ \frac{1}{c-b}(c - x_i); & \text{ถ้า } b < x_i \leq c \text{ และ } b \neq c \\ 0; & \text{ในการฉีอื่น} \end{cases} \quad (3.5)$$

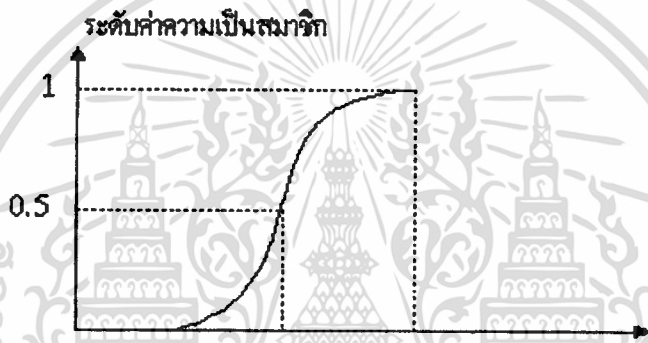
b คือค่าสมาชิกที่มีระดับค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ 0.5 โดยที่ $(b - a) = (c - b)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปสามเหลี่ยมนิยมใช้กันมากในระบบควบคุมด้วยฟัซซี่เซต เช่นในระบบควบคุมอุณหภูมิ โดยกำหนดยอดของรูปสามเหลี่ยมมีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับหนึ่ง ส่วนค่าความเป็นสมาชิกลดลงเรื่อยๆ ดังรูปที่ 3.5 และสมการของรูปสามเหลี่ยมแสดงดังสมการที่ (3.5)

3.3.3 ฟังก์ชันรูปตัว S

ฟังก์ชันนี้มีความสัมพันธ์ระหว่างโดเมน ไปยังเรนจ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดด้วยเส้นโค้งรูปตัว S (S-curve) ตัวแปรที่เหมาะสมจะใช้ฟังก์ชันนี้คือ งานทางด้านประมวลผลภาพ [11] ซึ่งตัวแปรแบบนี้จะมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นที่เป็นรูปตัว S โดยกำหนดค่าให้ $a \leq b \leq c$ เมื่อ a, b, c เป็นเลขจำนวนจริงใดๆ ดังรูปที่ 3.6 และสมการที่ (3.6)

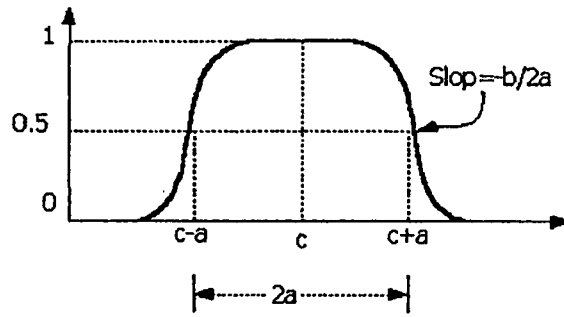


รูปที่ 3.6 ฟังก์ชันรูปตัว S

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 0; & \text{ถ้า } x_i \leq a \\ 2 \left(\frac{x_i - a}{c - a} \right)^2; & \text{ถ้า } a \leq x_i \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{x_i - a}{c - a} \right)^2; & \text{ถ้า } b \leq x_i \leq c \\ 1; & \text{ถ้า } x_i > c \end{cases} \quad (3.6)$$

3.3.4 ฟังก์ชันรูปประฆังคว่ำ

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกรูปประฆังคว่ำ จะมีคุณสมบัติของข้อมูลคล้ายกับสามเหลี่ยม เป็นการแปลงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นสมาชิกไปเป็นระดับความเป็นสมาชิกแบบไม่เป็นเชิงเส้น สมการของรูปประฆังคว่ำมีด้วยกันหลายสมการแต่ที่ใช้กันมากคือ ฟังก์ชัน π , Gaussian และ Bata ฟังก์ชัน π ดังรูปที่ 3.7 และสมการที่ (3.7)

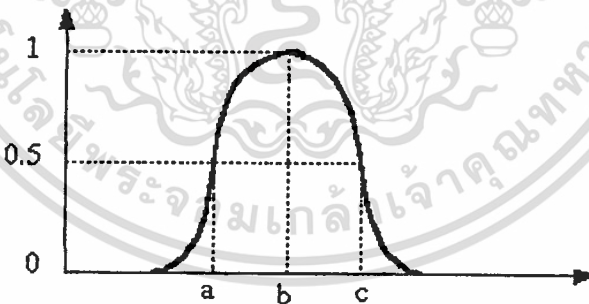


รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันรูปประฆังคว่ำ

$$S(x_i; a, b, c) = \begin{cases} 0; & \text{ถ้า } x_i \leq a \\ 2 \left(\frac{x_i - a}{c - a} \right)^2; & \text{ถ้า } a < x_i \leq b \\ 1 - 2 \left(\frac{x_i - c}{c - a} \right)^2; & \text{ถ้า } b < x_i \leq c \\ 1; & \text{ถ้า } x_i > c \end{cases} \quad (3.7)$$

3.3.5 ฟังก์ชัน Gaussian

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก



รูปที่ 3.8 ฟังก์ชัน gaussian

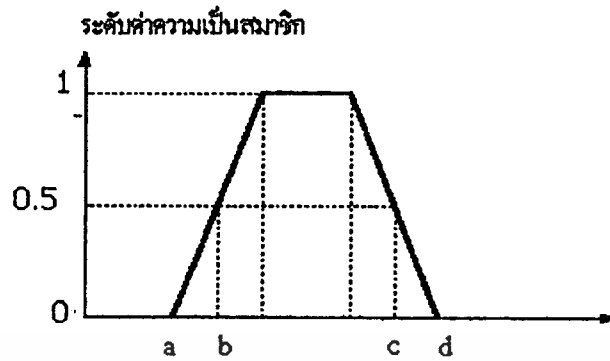
ฟังก์ชัน Gaussian นี้มีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกดังสมการที่ (3.8) และรูปที่ 3.8

$$\mu_A(x_i) = e^{-K(\bar{x} - x_i)^2} \quad (3.8)$$

โดยที่ค่า $K = \frac{1}{2\sigma^2}$ ซึ่งเป็นโคเมนของฟังก์ชันเซต A ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น \bar{x}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู Trapezoidal

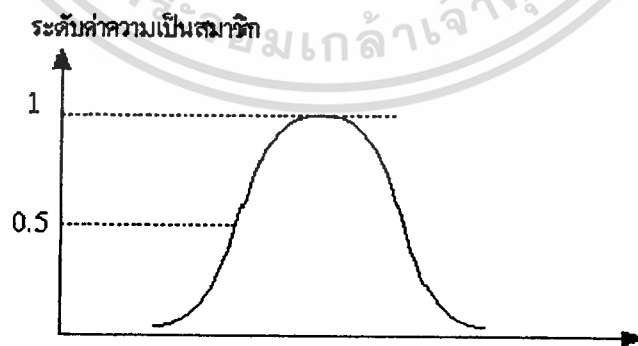


รูปที่ 3.9 ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

ฟังก์ชันรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสามารถคำนวณค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้ดังสมการที่ (3.9) และรูปที่ 3.9

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{ถ้า } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{ถ้า } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{ถ้า } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{ถ้า } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{ถ้า } d \leq x \end{cases} \quad (3.9)$$

3.3.7 ฟังก์ชัน Beta



รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันรูปเบต้า

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันรูปเบต้าแสดงดังรูปที่ 3.10 และสมการที่ (3.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_A(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - x_-}{\beta}\right)^P} \quad (3.10)$$

3.4 ตัวดำเนินการของฟัซซี

ตัวดำเนินการของฟัซซีจะคล้ายกับตัวดำเนินการของเซตธรรมดา ตัวดำเนินการเหล่านี้จะใช้ในการอนุมานฟัซซีเซตเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยการประมาณค่าจากตัวแปร กำหนดให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์ A, B เป็นทอมเซตใดๆ ที่อยู่ใน U และตัวดำเนินการเบื้องต้นสามารถกำหนดได้ดังนี้

1. การเป็นเซตย่อยของฟัซซีเซต

A เป็นเซตย่อยของ $B (A \subseteq B)$ ก็ต่อเมื่อ

$$\mu_A(x_i) \leq \mu_B(x_i); \forall x_i \in U \quad (3.11)$$

2. คอมพลิเมนต์ของฟัซซีเซต

A เป็นคอมพลิเมนต์ของ $B (A = B')$ ก็ต่อเมื่อ

$$\mu_A(x_i) = \mu_{B'}(x_i) = 1 - \mu_B(x_i); \forall x_i \in U \quad (3.12)$$

3. อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต

อินเตอร์เซกชันของ A และ $B (A \cap B)$ กำหนดได้โดย

$$\mu_{A \cap B}(x_i) = \text{Min}(\mu_A(x_i), \mu_B(x_i)); \forall x_i \in U \quad (3.13)$$

4. การยูเนียนของเซต A และ เซต B

ยูเนียนของ A กับ $B (A \cup B)$ กำหนดได้โดย

$$\mu_{A \cup B}(x_i) = \text{Max}(\mu_A(x_i), \mu_B(x_i)); \forall x_i \in U \quad (3.14)$$

5. การยกกำลังของฟังก์ชันเซต

A ยกกำลังด้วยค่า α (A^α) กำหนดได้โดย

$$\mu_{A^\alpha}(x_i) = (\mu_A(x_i))^\alpha; \quad \forall x_i \in U \quad (3.15)$$

6. การ Concentration ของฟังก์ชันเซต

Concentration ของเซต A กำหนดโดย

$$\text{con}(A) \Rightarrow \mu_{\text{con}(A)}(x_i) = (\mu_A(x_i))^2; \quad \forall x_i \in U \quad (3.16)$$

7. การ Dilation ของฟังก์ชันเซต

Dilation ของเซต A กำหนดได้โดย

$$\text{DIL}(A) \Rightarrow \mu_{\text{DIL}(A)}(x_i) = (\mu_A(x_i))^{0.5}; \quad \forall x_i \in U \quad (3.17)$$

8. การ Contrast Intensification ของฟังก์ชันเซต

Contrast Intensification ของเซต A กำหนดได้โดย

$$\text{INT}(A) \Rightarrow \mu_{\text{INT}(A)}(x_i) = \begin{cases} 2(\mu_A(x_i))^2; & \text{ถ้า } 0 \leq \mu_A(x_i) \leq 0.5 \\ 1 - 2(1 - \mu_A(x_i))^2; & \text{ถ้า } 0.5 < \mu_A(x_i) \leq 1 \end{cases} \quad (3.18)$$

3.5 ความสัมพันธ์ของฟังก์ชันเซต

กำหนดให้ R เป็นความสัมพันธ์ฟังก์ชันจากฟังก์ชันเซต A ไปยังฟังก์ชันเซต B โดยที่ A เป็นฟังก์ชันเซตในเอกภพสัมพัทธ์ U ; $u \in U$ และ B เป็นฟังก์ชันเซตในเอกภพสัมพัทธ์ V ; $v \in V$ ความสัมพันธ์ฟังก์ชันเซต R เป็นฟังก์ชันเซตของการคูณแบบ Produce ที่เกิดขึ้นในเอกภพสัมพัทธ์ $U \times V$ โดยที่มีฟังก์ชันความเป็นสมาชิก $\mu_R(u, v)$ จะได้ว่า

$$R_{U \times V} = A \times B = \{(u, v), \mu_R(u, v) \in U \times V\} \quad (3.19)$$

$$\mu_R(u, v) = \mu_{A \times B}(u, v) = \begin{cases} \min\{\mu_A(u), \mu_B(v)\} & \text{min - intersection} \\ \mu_A(u) \cdot \mu_B(v) & \text{algebraic product} \end{cases} \quad (3.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ตัวแปรลึงค์กวิสติก (Linguistic Variable)

คือตัวแปรลึงค์กวิสติก คือ ตัวแปรที่เกิดจากกำหนดค่าเป็นคำภาษามนุษย์ ซึ่งโดยที่คำพูดนั้น ถูกนิยามโดยฟัซซี่เซต ในเอกภพสัมพัทธ์ของตัวแปรลึงค์กวิสติกนั้น

การกำหนดคุณสมบัติของตัวแปรลึงค์กวิสติกจะเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (X, T, U, M)

X = ตัวแปรลึงค์กวิสติก เช่น ความเร็ว อุณหภูมิ เป็นต้น

T = เซตของทอมท์ที่สามารถกำหนดให้กับตัวแปรลึงค์กวิสติกได้

U = โดเมนทางฟิสิกส์ซึ่งเป็นค่าเชิงปริมาณที่สามารถกำหนดให้กับตัวแปรลึงค์กวิสติก

M = ฟังก์ชันที่ถ่ายทอดค่าเชิงปริมาณในโดเมนให้เป็นค่าลึงค์กวิสติก

3.6.1 ส่วนขยายของตัวแปรลึงค์กวิสติก (Linguistic Hedges) คือส่วนขยายของฟัซซี่เซตแบ่งได้ดังนี้

1. Concentration เป็นส่วนขยายที่ลดระดับความเป็นสมาชิกของสมาชิกทั้งหมดที่มีความเป็นสมาชิกภายในเซตเพียงบางส่วนเท่านั้น กำหนดให้ A เป็นฟัซซี่เซตในเอกภพสัมพัทธ์ X โดยที่ $x \in X$ ดังสมการที่ (3.21)

$$\text{con}(A) = \mu_{\text{con}(A)}(x) = [\mu_A(x)]^2 \quad (3.21)$$

ตัวอย่าง

Very A = การยกกำลังสอง

2. Dilation เป็นส่วนขยายที่เพิ่มระดับความเป็นสมาชิกของสมาชิกทั้งหมดที่มีความเป็นสมาชิกภายในเซตเพียงบางส่วนดังสมการ (3.22)

กำหนดให้ A เป็นฟัซซี่เซตในเอกภพสัมพัทธ์ X โดยที่ $x \in X$

$$\text{DIL}(A) = \mu_{\text{dil}(A)}(x) = [\mu_A(x)]^{0.5} \quad (3.22)$$

Slightly A = ถอดรากที่สอง

3. Intensification เป็นส่วนขยายที่เพิ่มระดับความเป็นสมาชิกทั้งหมดที่มีระดับความเป็นสมาชิกเดิมมากกว่า 0.5 และลดระดับความเป็นสมาชิกของสมาชิกทั้งหมดที่มีระดับความเป็นสมาชิกเดิมน้อยกว่า 0.5 ดังสมการ (3.23)

$$\text{"Intensify"} A = \begin{cases} 2\mu_A^2(x) & \text{for } 0 \leq \mu_A(x) \leq 0.5 \\ 1 - 2[1 - \mu_A(x)]^2 & \text{for } 0.5 \leq \mu_A(x) \leq 1 \end{cases} \quad (3.23)$$

3.7 ประพจน์แบบพีชชี

ประพจน์ คือ ข้อความแสดงถึงความจริงทางคุณสมบัติหรือค่าปริมาณของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

1. ประพจน์ พีชชีเดี่ยว คือ ข้อความหรือค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติของพีชชีที่เกิดขึ้นกับตัวแปรถึงคัจฉติก ดังสมการ 3.24

$$\text{BIG is OK} \quad (3.24)$$

BIG = ตัวแปรถึงคัจฉติก เช่น ความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น

Is = คุณสมบัติของการเป็น

OK = ค่าพีชชีเซต

2. ประพจน์ พีชชีผสม คือ การนำเอาประพจน์พีชชีเดี่ยวตั้งแต่สองประพจน์มาเชื่อมรวมกัน โดยมีเหตุมีผลค่อเนื่องกัน โดยใช้ตัวเชื่อมดังนี้ คือ AND, OR, NOT

โดยประพจน์ที่เชื่อมด้วย "AND" ให้ความหมายคังตัวดำเนินการ พีชชีอินเตอร์เซคชั่น ดังสมการที่ (3.25)

$$\text{BIG is OK AND SMALL is NOT} \quad (3.25)$$

ประพจน์ที่เชื่อมด้วย "OR" ให้ความหมายคังตัวดำเนินการยูเนียน ดังสมการที่ (3.26)

$$\text{BIG is OK OR SMALL is OK} \quad (3.26)$$

ประพจน์ที่เชื่อมด้วย "NOT" ให้ความหมายคังตัวดำเนินการคอมพลิเมนต์ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (3.27)

$$\text{BIG is NOT OK} \quad (3.27)$$

3.8 ฐานความรู้ฟัซซี่ (Fuzzy Knowledge base) ประกอบด้วย 2 ส่วน

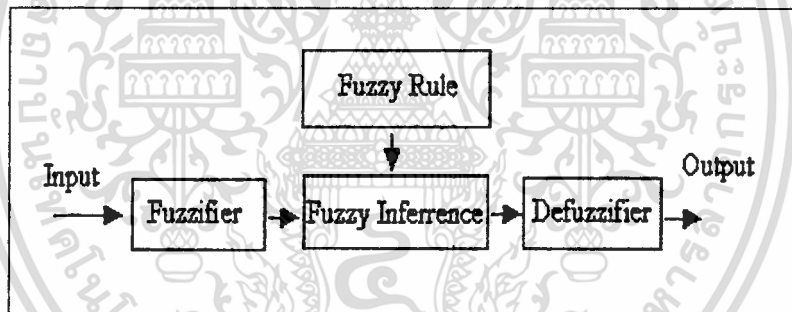
ข้อมูล เป็นส่วนที่เก็บฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซต ค่าเอกภพสัมพัทธ์ และสเกลต่างๆ ที่ใช้ในการ นอร์มอลไลซ์เซชัน และ ดินอร์มอลไลซ์เซชัน

กฎ เป็นส่วนที่เก็บกฎที่ใช้ในการควบคุมระบบ ซึ่งอยู่ในรูปของ IF-THEN

3.9 แบบจำลองฟัซซี่

คือ แบบจำลองที่นำไปใช้ในการอนุมานค่าของตัวแปร ซึ่งมีขั้นตอนในการทำงานดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.11

1. input เป็นตัวแปรของระบบ (State Variables) จะมีค่าที่ได้อ่านอยู่กับระบบ
2. output เป็นตัวแปรที่ถูกประมาณค่าโดยแบบจำลองของฟัซซี่ลอจิกเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบกฎ บางครั้งเรียกว่า Action Variable การออกแบบกฎที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ จำลองจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของระบบที่ออกแบบ จึงจะทำให้การอนุมานค่าของตัวแปร output มีค่าออกมาได้ใกล้เคียงตัวแปรที่แท้จริงมากที่สุด



รูปที่ 3.11 แบบจำลองฟัซซี่

3. Fuzzifier เป็นการแปลงค่าของ input ให้เป็นค่าระดับความเป็นสมาชิก โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เช่น ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม, ฟังก์ชันรูปตัว S, และฟังก์ชันรูปตัว π
4. กฎฟัซซี่ ประกอบด้วยประพจน์ของฟัซซี่ ซึ่งอยู่ใน IF-THEN เช่น

$$\text{IF } X \text{ is small THEN } Y \text{ is positive} \quad (3.28)$$

จากข้อความข้างบน X และ Y คือตัวแปรฟัซซี่ สำหรับ small และ positive เป็นเทอมที่สอดคล้องกับตัวแปร X และ Y ประพจน์ของฟัซซี่เซตคือ IF X is small จะเป็นส่วนเงื่อนไข ซึ่งเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antecedent ส่วนประพจน์ที่ตามหลัง IF ในที่นี้คือ Y is positive เรียกว่า Consequent หรือส่วน Output ของแบบจำลองฟัซซี่

5. Fuzzy Inference คือขบวนการในการหาข้อสรุปจากหลักฐานโดยใช้เงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล. โดยการใช้กฎ IF-Then ของกฎการควบคุมฟัซซี่ จากสมการ (3.25) สามารถแสดงให้เห็นได้

6. Defuzzifier คือขบวนการหาค่า Output เพียงค่าเดียวที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจหรือนำกลับไปปรับเพื่อเข้าขบวนการในระบบควบคุมระบบต่อไปมีหลายวิธีดังนี้

6.1 Max Procedure เป็นการใช้ฟัซซี่ฟิเคชัน โดยการเลือกค่า output ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกมากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนของฟัซซี่เอาต์พุต

6.2 Mean of Maxima (MOM) เป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธี Max procedure เพื่อใช้ในการหาค่า output ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากันหลายค่า โดยหาค่าเฉลี่ยของค่า output ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากัน โดยใช้สมการที่ (3.29)

$$y_o = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{m} \quad (3.29)$$

โดยที่ y_j คือสมาชิกที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตที่มีค่าเท่ากับ 1

m คือจำนวนสมาชิกที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุตที่มีค่าเท่ากับ 1

6.3 Center of Area (COA) เป็นวิธีการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่ใต้เส้นกราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เพื่อใช้เป็นตัวแทนของ Fuzzy output ซึ่งทำให้เกิดการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กันตรงตำแหน่งของเส้นแบ่งครึ่ง ซึ่งแสดงด้วยสมการที่ (3.30)

$$y_o = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} y_i \mu_B(y_i)}{\sum_{i=1}^{N_g} \mu_B(y_i)} \quad (3.30)$$

เมื่อ N_g คือ ระดับการควอนไทซ์ในที่นี้เป็นจำนวนของกฎอินเฟอร์เรนซ์

y_i คือ ค่าเอาต์พุตของแต่ละค่าในการควอนไทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 Fuzzy Mean Method (FM) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นมาจากวิธี COG เพื่อลดเวลาในการคำนวณ โดยการลดระดับการควอนไดซ์ลงให้เท่ากับจำนวนของเทอมของตัวแปร output ในเอกภพสัมพัทธ์ V และใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละเทอมเป็นตัวแทนของค่า output ของแต่ละควอนไดซ์ สมการของการดีฟัซซิไฟเคชัน โดยวิธี FM สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.31)

$$y_o = \frac{\sum_{k=1}^N \gamma_k y_k}{\sum_{k=1}^N \gamma_k} \quad (3.31)$$

เมื่อ N คือจำนวนฟังก์ชันของตัวแปรเอาต์พุต

γ_k คือค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนของฟังก์ชันเซตของตัวแปรเอาต์พุตแต่ละเทอมบนเอกภพสัมพัทธ์

k คือค่าระดับความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันเซตของตัวแปรเอาต์พุตแต่ละเทอม

6.5 Weighted Fuzzy Mean Method (WFM) เป็นวิธีที่พัฒนาจากวิธี FM โดยเพิ่มการคูณสัมประสิทธิ์ถ่วงน้ำหนักของตัวแปร output ในแต่ละเทอม สมการของดีฟัซซิไฟเคชันโดยการใช้วิธี WFM สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.32)

$$y_o = \frac{\sum_{k=1}^N \omega_k \gamma_k y_k}{\sum_{k=1}^N \omega_k \gamma_k} \quad (3.32)$$

เมื่อ ω_k คือ สัมประสิทธิ์การถ่วงน้ำหนักของแต่ละเทอมของตัวแปรเอาต์พุต

สรุป

ในบทที่นี้ได้แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่าง คุณสมบัติของฟังก์ชันเซตกับเซตธรรมดา ที่สมาชิกภายในเซตมีความสัมพันธ์กับเซตในระดับค่าความเป็นสมาชิกที่บางสมาชิกก็มีค่ามากบางสมาชิกก็มีค่าน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณหรือขนาดของสมาชิกตัวนั้น ฟังก์ชันเซตถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ มากมาย เพราะความคลุมเครือของข้อมูลสามารถแทนการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติได้ และด้วยความยืดหยุ่นตัวของฟังก์ชันเซต ทำให้มีนักวิจัยนำเอามาพัฒนาให้ใช้ในงาน

ของระบบควบคุม ในการอุตสาหกรรมต่างๆ ช่วยให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้น
อย่างมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ฮิสโทแกรม 3 มิติ

4.1 ฮิสโทแกรม 3 มิติ

เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลของภาพทางดิจิทัล ที่แสดงให้เห็นการกระจายของระดับสีเทาที่มีอยู่ในข้อมูลของภาพแต่ละภาพ โดยแต่ละตำแหน่งภายในฮิสโทแกรม จะแสดงค่าความถี่ของระดับสีเทาค่าหนึ่ง กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation : SD) ของแต่ละจุดภาพที่มีกับจุดภาพข้างเคียง ฮิสโทแกรม 3 มิติ เกิดจากการทำเมตริกซ์ร่วม (co-occurrence) ระหว่างเมตริกซ์ของข้อมูลภาพ กับเมตริกซ์ร่วมที่แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจุดภาพของข้อมูลภาพนั้น โดยแกน X แทนการกระจายของความถี่สะสมของระดับสีเทาของข้อมูลภาพ ส่วนแกน Y แทนการกระจายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละจุดภาพ และแกน Z แสดงความถี่สะสมของการเกิดขึ้นพร้อมกันของค่าระดับสีเทากับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อนำค่าการสะสมความถี่ที่ได้มาพล็อตค่าในระบบภาพ 3 มิติ ทำให้เกิดการกระจายของข้อมูลภาพเป็นฮิสโทแกรมแบบ 1 มิติเรียงลำดับกันตามค่า SD จากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่ามากที่สุด ฮิสโทแกรมแต่ละอันก็มีการกระจายของข้อมูลที่ต่างกันตามค่า SD ทำให้เกิดช่วงบริเวณที่เน้นให้เห็นความแตกต่างกันของข้อมูลได้มากขึ้น การเข้าถึงข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ทั้ง 2 ทางคือทางระดับสีเทาของข้อมูลภาพบนแกน X และทางข้อมูลของส่วนเบี่ยงเบนบนแกน Y ซึ่งช่วยให้การกำหนดจุด Threshold เพื่อการแบ่งแยกส่วนภาพได้มีความถูกต้องมากขึ้น

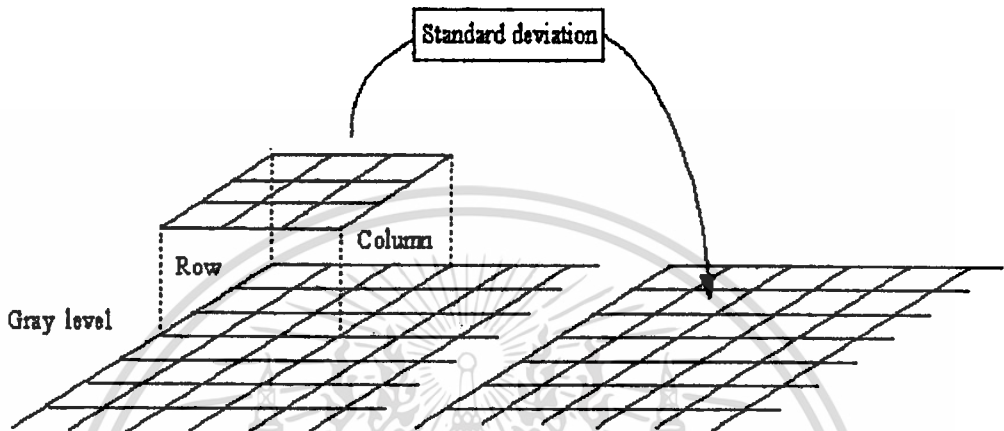
4.2 การทำฮิสโทแกรม 3 มิติ

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการทดลองกับภาพดิจิทัลที่มีขนาด 256×256 จุดภาพที่มีความเข้มของจุดภาพ (intensity) อยู่ในระดับสีเทา (gray scale) 0 ถึง 255 เป็นภาพเริ่มต้น ในตอนแรกใช้แมสก์ (Mask) ขนาด 3×3 ดังรูป ที่ 4.1 เพื่อใช้หาค่า SD ของจุดภาพที่ตรงกึ่งกลางของแมสก์ แล้วเก็บค่า SD ที่ได้ไปเก็บไว้ในเมตริกซ์ข้อมูลอันใหม่อีกอันที่มีขนาด 256×256 ตรงตำแหน่งเดียวกันเพื่อความรวดเร็วในการทำงานและประหยัดหน่วยความจำเราจึงเก็บค่า SD ที่ได้เป็นเลขจำนวนเต็มทำดังนี้ตลอดทั้งข้อมูลภาพเริ่มต้น เราก็จะได้เมตริกซ์ร่วมของข้อมูลที่แสดงถึงค่า SD ของแต่ละจุดภาพเริ่มต้น จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองมาทำเมตริกซ์ร่วม [12] คือการเปิดข้อมูลของเมตริกซ์ทั้งสองอันพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ตรงตำแหน่งข้อมูลเดียวกันแล้วนำค่าความถี่สะสมที่เกิดขึ้นซ้ำกันของข้อมูลทั้งสองไปเก็บไว้ในเมตริกซ์ข้อมูลอันใหม่อีกอันหนึ่งซึ่งเป็นเมตริกซ์ข้อมูลขนาด 256×256 ดังรูปที่ 4.2 โดยจำนวน แถว (Row) ของเมตริกซ์แทนค่าความเข้มของจุดภาพจาก 0 ถึง 255 และแนวตั้ง (Column) แทนค่า SD จาก 0 ถึง 255 เช่นกัน ต่อไปนำข้อมูลภาพในเมตริกซ์ที่ได้นี้ไปทำ

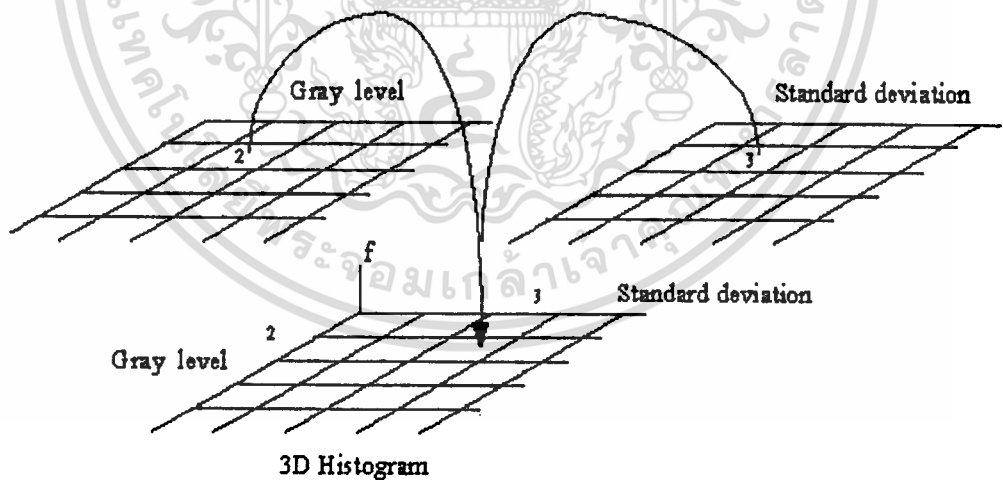
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพล็อตภาพ 3 มิติ เราจะได้ภาพ 3 มิติของฮิสโทแกรม 3 มิติที่มีการกระจายความเข้มของจุดภาพ เป็นความกว้างของภาพ การกระจายของค่า SD เป็นความลึกของภาพ และความถี่สะสมเป็นความสูงของภาพ เนื่องจากข้อมูลภาพของภาพที่ใช้ทดลองมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่สามารถแสดงตัวเลขใน ข้อมูลภาพได้หมด จึงแสดงเพียงบางส่วน เพื่อจำลองการเกิดฮิสโทแกรม 3 มิติ โดยการใช้ข้อมูล ภาพขนาด 9×9 ดังรูปที่ 4.3 (ก) เป็นตัวเลขที่สมมติขึ้นแทนระดับความเข้มของจุดภาพจากนั้นก็



รูปที่ 4.1 แสดงการหาค่า SD ของแต่ละจุดภาพ



รูปที่ 4.2 แสดงการ ทำ เมตริกซ์ร่วม

นำเมตริกซ์ ขนาด 3×3 กำหนดลงในข้อมูลภาพแล้วหาค่า SD ของข้อมูลภาพในเมตริกซ์นั้น นำค่า SD ที่ได้ไปเก็บไว้ใน เมตริกซ์ อีกอันหนึ่งที่มีขนาด 9×9 เหมือนกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ลักษณะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาง ทำดังรูปที่ 4.1 ค่อยไปก็เลื่อนแมสก์ ไปที่จุดภาพถัดไป แล้วก็คำนวณหาค่า SD ของจุดภาพที่ตำแหน่งนี้ จากนั้นก็นำค่า SD ที่ได้ใหม่นี้ไปเก็บในตำแหน่งที่ตรงกันกับตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ตรงกลางมาสก์ ทำเช่นนี้จนครบทุกข้อมูลของจุดภาพ เราก็จะได้เมตริกซ์อันใหม่ที่เก็บข้อมูลของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละจุดภาพรูปที่ 4.3 (ข) และเรียกเมตริกซ์นี้ว่าเมตริกซ์ร่วมที่แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลภาพ ค่อยไปนำเมตริกซ์ทั้งสองอัน มาทำ Co-occurrence เพื่อหาค่าความถี่สะสมที่เกิดขึ้นของแต่ละระดับของระดับสีเทาที่มีอยู่ในข้อมูลเริ่มต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อามาสร้างค่าในระบบ 3 มิติ ก็จะได้ฮิสโทแกรม 3 มิติในเชิงภาพ รูปที่ 4.4

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

(ก)

1	1	2	3	3	3	2	0	0
1	1	2	3	3	3	2	0	0
2	2	3	3	3	3	3	3	3
2	2	3	1	1	2	3	3	3
2	3	3	2	1	1	2	3	2
2	2	3	3	1	2	3	3	2
2	1	2	3	3	3	3	2	2
0	0	2	2	3	3	3	2	2
0	0	2	2	3	3	3	2	2

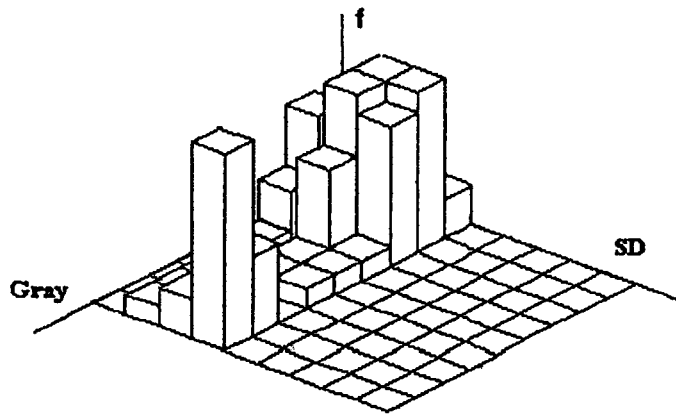
(ข)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
1	5	3	8	8	0	0	0	0	0
2	2	1	8	7	0	0	0	0	0
3	1	0	5	1	0	0	0	0	0
4	0	0	1	1	0	0	0	0	0
5	0	2	1	1	0	0	0	0	0
6	0	1	3	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	4	0	0	0	0	0
8	0	1	2	10	0	0	0	0	0

(ค)

รูปที่ 4.3 (ก) ข้อมูลภาพขนาด 9×9 (ข) เมตริกซ์ ที่เก็บค่า SD (ค) แสดงข้อมูลที่ได้อจากการทำ Co-occurrence

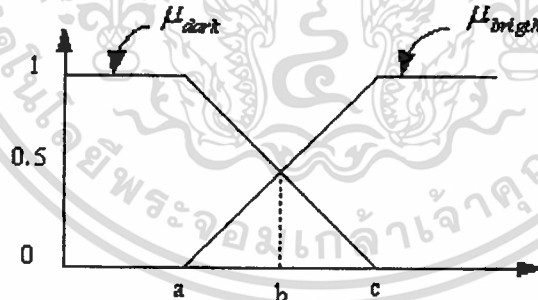
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของข้อมูลภาพขนาด

4.3 การแบ่งแยกส่วนภาพในฮิสโทแกรม 3 มิติ โดยฟัซซี่เซต

เราพิจารณาค่าระดับค่าความเข้มของจุดภาพในข้อมูลภาพ จะถูกแบ่งแยกออกเป็นส่วนมืด (dark) และส่วนที่สว่าง (bright) โดยการหาจุดแบ่งตรงบริเวณรอยต่อระหว่าง การจะเป็นส่วนของความมืดหรือความสว่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความคลุมเครือ (Fuzzy) มากที่สุด เมื่อเราทำการเปรียบเทียบบริเวณนี้ด้วยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะเป็นดังรูปที่ 4.5 โดยกำหนดให้เป็นบริเวณ Fuzzy partition



รูปที่ 4.5 แสดง Fuzzy c - partition

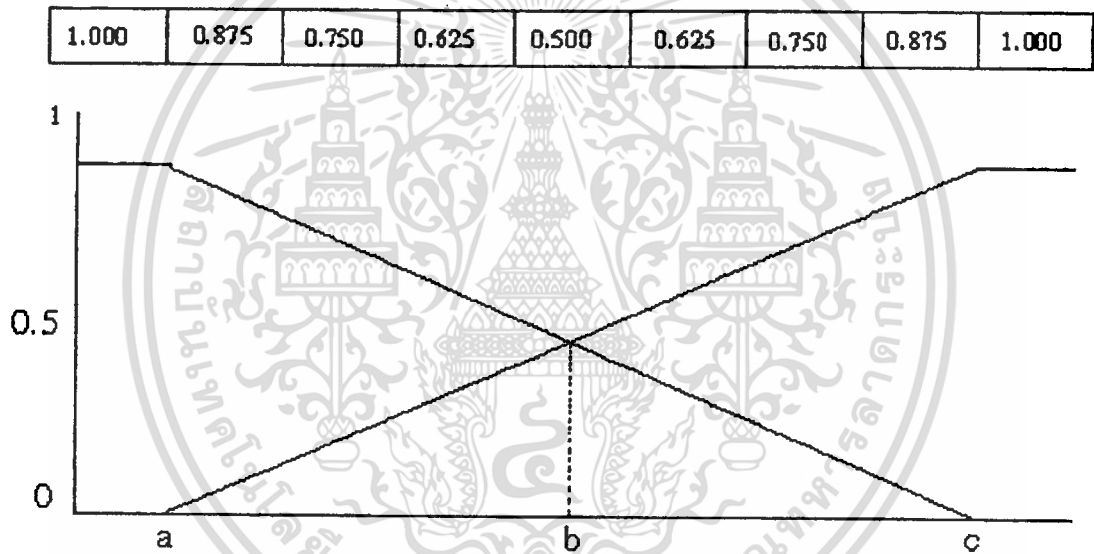
จากรูปที่ 4.5 ระดับความเข้มของจุดภาพที่มีค่าน้อยกว่า a จะมีค่าความเป็นสมาชิกของส่วนที่มีความมืดเท่ากับ 1 และระดับความเข้มของจุดภาพที่มีค่าจาก a ไปถึงจุด c ก็จะมีระดับค่าความเป็นสมาชิกลดน้อยลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดระดับความเข้มที่มีค่ามากกว่า c จะมีค่าความเป็นสมาชิกของส่วนมืดเท่ากับ 0 ในทางตรงข้ามกันตรงจุดนี้ระดับค่าความเป็นสมาชิกของส่วนที่สว่างจะมีค่าเท่ากับ 1 ระดับความเข้มที่มีค่าน้อยกว่า a จะมีค่าความเป็นสมาชิกของส่วนสว่างเท่ากับ 0 และจากจุด a ไปถึงจุด c ระดับค่าความเป็นสมาชิกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบริเวณที่เป็นความคลุมเครือเราจะพิจารณาเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบเชิงเส้นดังกล่าว (4.1) และ (4.2)

$$\mu_{\text{dark}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{c-x}{c-a}, & a < x < c, \\ 0, & x \geq c, \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\mu_{\text{bright}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{c-a}, & a < x < c, \\ 1, & x \geq c \end{cases} \quad (4.2)$$



รูปที่ 4.6 แสดงระดับความคลุมเครือของช่วงระดับสีเทา 8 ระดับระหว่างส่วนที่มีค้ำกับส่วนที่สว่าง

จากสมการที่ (4.1) และ (4.2) เมื่อพิจารณาในฮิสโทแกรมตามระดับความเข้มของจุดภาพที่ต่อเนื่องกันบริเวณ Fuzzy partition ก็ถูกพิจารณาในส่วนของกลุ่ม dark กับส่วนของกลุ่ม bright โดยถ้าสมมติให้ช่วง ac มีความแตกต่างกันตามระดับความเข้มของจุดภาพ มีความคลุมเครือที่เท่ากับ 8 ระดับของระดับความเข้มของจุดภาพและจาก Fuzzy c -partition [13] เราก็จะได้รับการแบ่งระดับความคลุมเครือในช่วง ac ดังรูปที่ 4.6 นี้ เมื่อเราแบ่งช่วง ac ให้มีความคลุมเครือเท่ากับ 8 ระดับ แต่ละระดับจะมีความแตกต่างกันเท่ากับ $1/8$ ซึ่งเท่ากับ 0.125 ที่จุด b ที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 0.5 ของส่วนที่สว่าง และส่วนที่มีค้ำ ช่วงจาก a ถึง b เป็นระดับค่าความเป็นสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของส่วนที่มีค่าน้อยกว่า 1, 0.875, ... ลดลงมาเรื่อยๆ จนถึง 0.5 ช่วง b ถึง c เป็นระดับค่าความเป็นสมาชิกของส่วนที่สว่างกว่า 0.5, 0.875, 1 เมื่อช่วงของ ac ขยายกว้างขึ้นอีกเป็น 16 ระดับ แต่ละระดับจะมีความแตกต่างกันเท่ากับ $1/16$ คือมีค่าเท่ากับ 0.0625 และเมื่อช่วง ac ขยายออกอีกค่าภายในก็จะมีค่าละเอียดมากขึ้นอีกตามลำดับ ซึ่งช่วง ac นี้จะกว้างที่สุด มีค่าเท่ากับค่าความเข้มของจุดภาพสูงสุดลบด้วยค่าความเข้มต่ำสุดในข้อมูลภาพนั้นๆ

4.4 การหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในฮิสโทแกรม

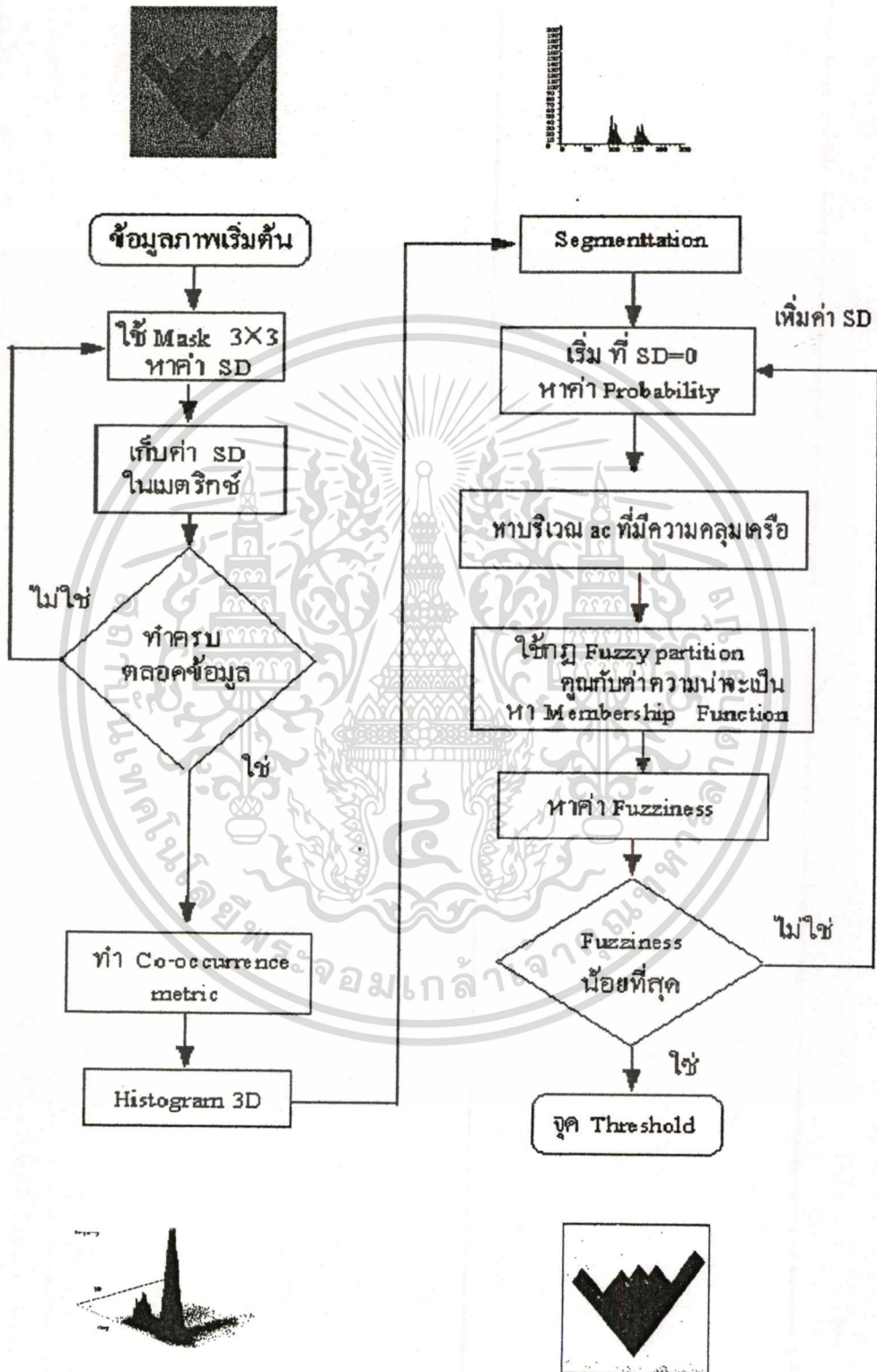
จากพื้นฐานการกำหนด Fuzzy event [14] เราสามารถพิจารณาข้อมูลของภาพในฮิสโทแกรมในลักษณะของความน่าจะเป็น เมื่อข้อมูลภาพมีระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 0 – 255 ระดับ เราคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นจากแต่ละระดับค่าความเข้มในฮิสโทแกรม ค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกิดจากการคูณ Fuzzy Partition กับค่าความน่าจะเป็นของแต่ละระดับความเข้มของจุดภาพในฮิสโทแกรม

4.5 การหาจุด Threshold ในฮิสโทแกรม 3 มิติ

จากรูปที่ 4.7 แสดงการหาจุดแบ่งแยกที่เหมาะสมในฮิสโทแกรม 3 มิติซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่า \min และค่า \max ของระดับสีเทาที่มีในข้อมูลภาพ
2. คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของแต่ละระดับสีเทาในฮิสโทแกรม 3 มิติ
3. ใช้เงื่อนไข Fuzzy Partition ในรูปที่ 4.6 หาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยการใช้ระดับสีเทาที่มีช่วง ac ที่ a เริ่มต้นจากค่า \min และ c มีค่าเท่ากับ \max ในการตรวจหาจุด Threshold เมื่อยังไม่พบจุด ที่เหมาะสมก็ลดขนาดของช่วง ac ลงทีละ 1 ระดับของค่าความกว้างของช่วง ac ทั้งสองด้านแล้วเคลื่อน ac ไปตลอดข้อมูลในฮิสโทแกรมโดยเริ่มจากแถวที่มี $SD = 0$ ก่อน เมื่อพบช่วง ac ที่มีค่าสมาชิกภายในเท่ากับ 0 เราก็จะได้ช่วงนี้เป็นบริเวณที่แยกกันระหว่างส่วนที่มีค่าน้อยและส่วนที่สว่างที่มีความคลุมเครือ ช่วง ac นี้จะเป็นตำแหน่งอ้างอิงเพื่อนำทางไปสู่ที่ที่มีความคลุมเครือน้อยที่สุดเพื่อหาจุด Threshold ที่เหมาะสม
4. ทำตามขั้นตอนในข้อ 2 – 3 ในแถว $SD = 0$ เพื่อหาช่วง ac ที่มีค่าสมาชิกภายในเท่ากับ 0 อีกเพื่อหาจุดอ้างอิงที่จะเป็นบริเวณที่เกิด Threshold อันใหม่อีก ทำแบบนี้จนตลอดแถว $SD = 0$ เพื่อหาจำนวนเช็กแมนต์ที่จะเกิดขึ้น
5. ใช้ตำแหน่งอ้างอิงจากข้อ 3 และ 4 มาคำนวณหาค่า Fuzziness จากช่วงความคลุมเครือที่เท่ากับ ac ที่ได้จากตำแหน่งอ้างอิง แล้วก็ค่อยๆ ลดระดับช่วง ac ลงทีละระดับความเข้มหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จากนั้นก็นำค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนี้ไปหาค่า

Fuzziness อีกทำแบบนี้อันได้ช่วง ac ที่มีค่า Fuzziness ต่ำสุด [15] และระดับความเข้มที่มีค่า SD ต่ำสุด ก็จะเป็นจุด Threshold



รูปที่ 4.7 แสดงขั้นตอนการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยฮิสโทแกรม 3 มิติ และ ฟัซซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำเอา ac ที่เป็นตำแหน่งอ้างอิงในข้อ 4 มาหาจุด Threshold โดยดำเนินการแบบเดียวกับข้อ 5 ทำจนครบทุกตำแหน่งอ้างอิงที่พบ ก็จะนำจุด Threshold นี้ไปสร้างภาพของแต่ละเซ็กเมนต์

4.6 การวัดค่า Fuzziness

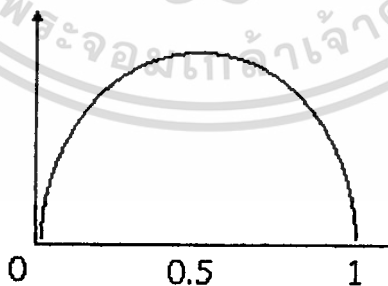
ค่า Fuzziness เป็นการวัดค่าความคลุมเครือของฟัซซี่เซต มีหลายวิธีในการวัดค่าความคลุมเครือ Entropy คือเครื่องวัดอันหนึ่งที่ได้ถูกนำมาใช้ วัดค่า Fuzziness ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก Shannon function [16] โดย De Luca และ Temini [17] นำมาประยุกต์ใช้กับฟัซซี่เซต ดังนี้ สำหรับฟัซซี่เซต A

$$E(A) = \frac{1}{n \ln 2} \sum_i S(\mu_A(x_i)) \quad i=1,2,\dots \quad (4.3)$$

จาก Shannon function

$$S(\mu_A(x_i)) = -\mu_A(x_i) \ln[\mu_A(x_i)] - [1 - \mu_A(x_i)] \ln[1 - \mu_A(x_i)] \quad (4.4)$$

เป็น monotonic function ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นในช่วง $[0,0.5]$ และลดลงในช่วง $[0.5,1]$ รูปที่ 4.8 เมื่อ $\mu_x(x_{mn}) = 0.5$



รูปที่ 4.8 แสดง Monotonic Function

การนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพขนาด $M \times N$ สมการที่ (4.5)

$$E(X) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_m \sum_n S(\mu_x(X_{mn})) \quad (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $m = 0, 1, \dots, M-1$ และ $n = 0, 1, \dots, N-1$.

เมื่อเราใช้ใน Histogram 1 มิติ จะได้ดังนี้สมการที่ (4.6)

$$E(X) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_g S(\mu_x(g))h(g) \quad g = 0, 1, \dots, L-1 \quad (4.6)$$

เมื่อเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ใน Histogram 3 มิติ ดังสมการที่ (4.7)

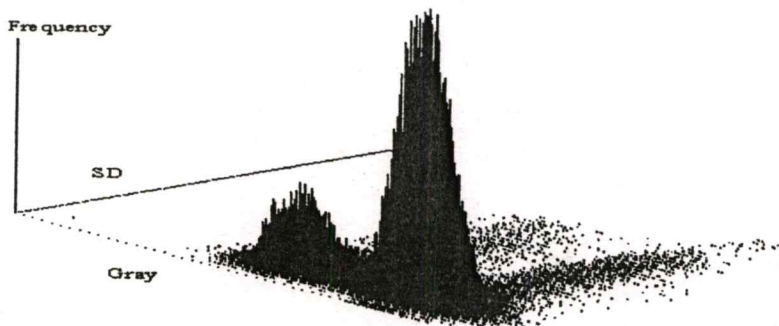
$$E(X)SD_{opt} = \frac{1}{N \ln 2} \sum_{g=\min}^{\max} S(\mu_x(g))h(g) \quad g = \min, \dots, \max \quad (4.7)$$

SD_{opt} เป็นระดับ SD ของแนวตั้งที่ถูกเลือกมาจาก histogram 3 มิติ

4.7 การทดลองกับภาพทดลองที่ 1

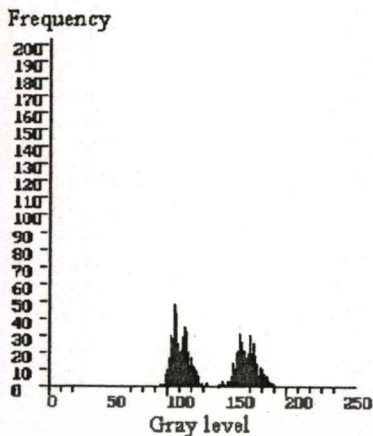


รูปที่ 4.9 (ก) ภาพทดลองที่ 1 (ข) ผลของการแบ่งส่วนภาพ

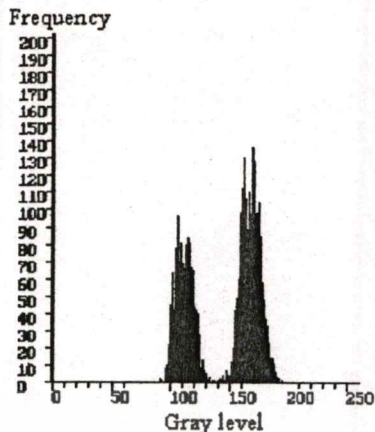


รูปที่ 4.10 ฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

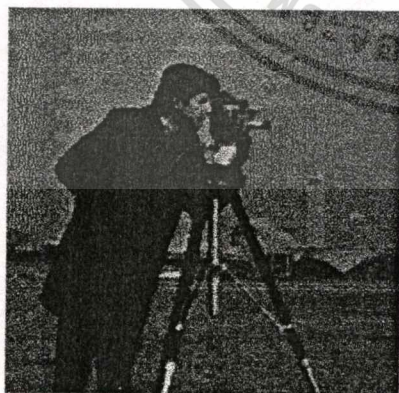


(ข)

รูปที่ 4.11 (ก) 3DH ที่ SD = 0 (ข) 3DH ที่ SD = 1

จากรูปที่ 4.11 (ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 0 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่ระดับสีเทา 132 ถึง 142 มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 หหมด เราก็เก็บค่าระดับสีเทานี้ไว้ เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิงในฮิสโทแกรมแถวที่จะต้องตรวจสอบถัดไป รูปที่ 4.11(ข) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 1 จะเห็นว่าใน SD แถวนี้จะมีจำนวนจุดภาพที่ใช้ในภาพมากกว่าอันที่แล้ว เราใช้ตำแหน่ง ac อ้างอิงจากแถว SD = 1 มาเป็นตรวจสอบด้วย Fuzzy Partition เพื่อหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จากนั้นนำค่านี้ไปหาค่า Fuzziness เมื่อระดับสีเทาที่ให้ค่า Fuzziness ที่มีค่าน้อยที่สุดและค่า SD ค่าที่สุดเป็นจุด Threshold ผลการแบ่งส่วนภาพแสดงในรูปที่ 4.9 (ข)

4.8 การทดลองกับภาพทดลองที่ 2



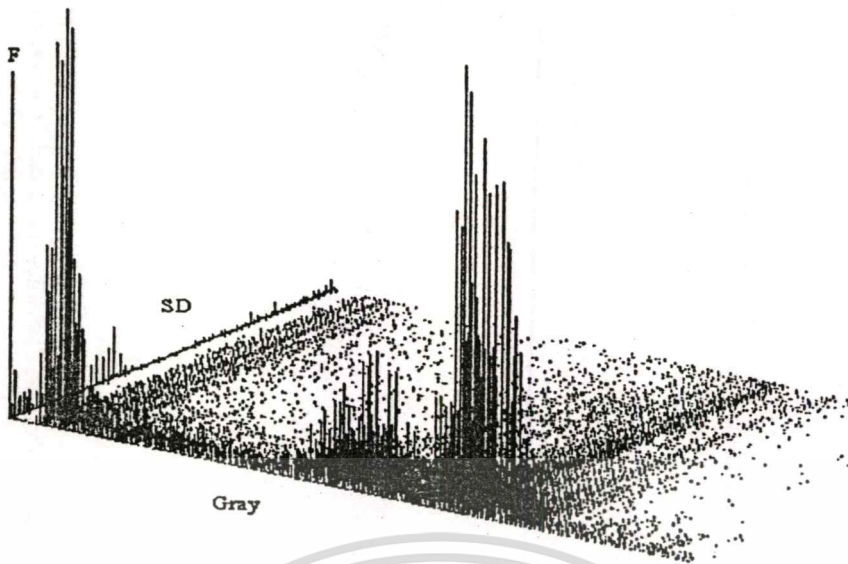
(ก)



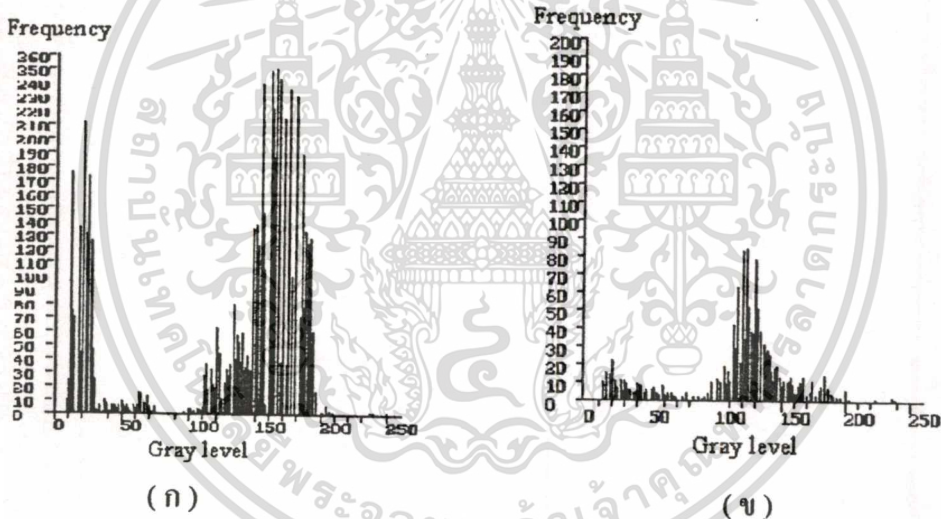
(ข)

รูปที่ 4.12 (ก) ภาพทดลองที่ 2 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติ ของภาพทดลองที่ 2



รูปที่ 4.14 (ก) 3DH แถวที่ SD = 0 (ข) 3DH แถวที่ SD = 1

จากรูปที่ 4.14 (ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 0 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่ระดับสีเทา 77 ถึง 96 มีค่าสมาชิกภายใน เป็น 0 หหมด เราก็เก็บค่าระดับนี้ไว้เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง รูปที่ 4.14 (ข) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 1 จะเห็นว่าใน SD แถวนี้จะมีจำนวนจุดภาพที่ใช้ในภาพมากกว่าอันที่แล้ว เราใช้ตำแหน่ง ac อ้างอิงจาก แถว SD = 1 มาเป็นตรวจสอบด้วย Fuzzy Partition เพื่อหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จากนั้นนำค่านี้ไปหาค่า Fuzziness เลือกช่วง ac ที่ให้ค่า Fuzziness น้อยที่สุดและค่า SD ต่ำที่สุดเป็นจุด Threshold ผลการแบ่งส่วนภาพแสดงในรูปที่ 4.12 (ข)

4.9 การทดลองกับภาพทดลองที่ 3



(ก)



(ข)

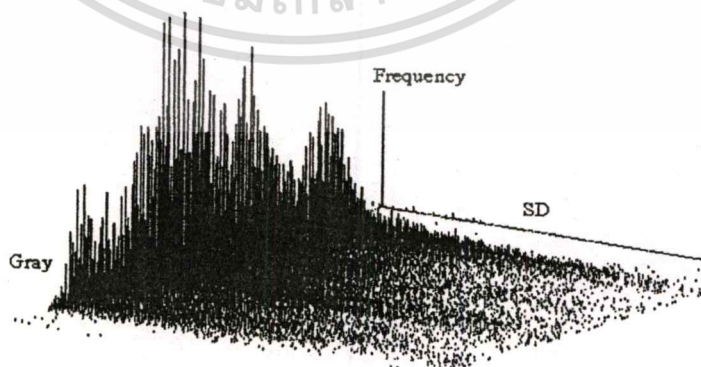


(ค)



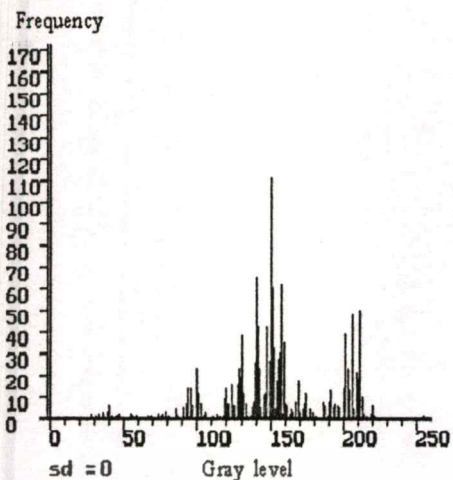
(ง)

รูปที่ 4.15 (ก) ภาพทดลองที่ 3 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1

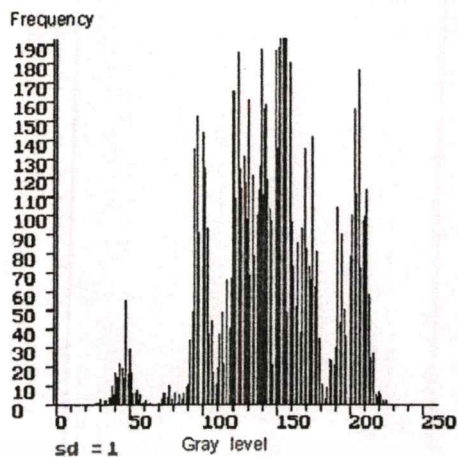


รูปที่ 4.16 ฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 3

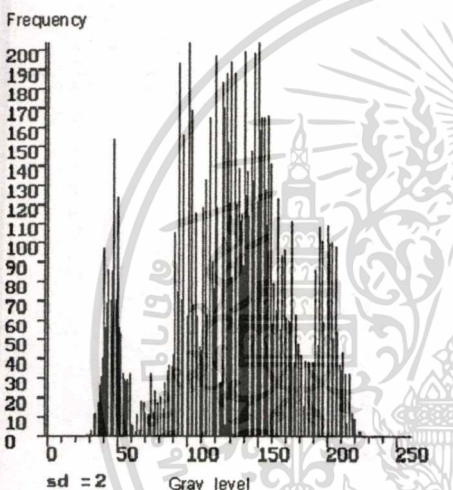
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



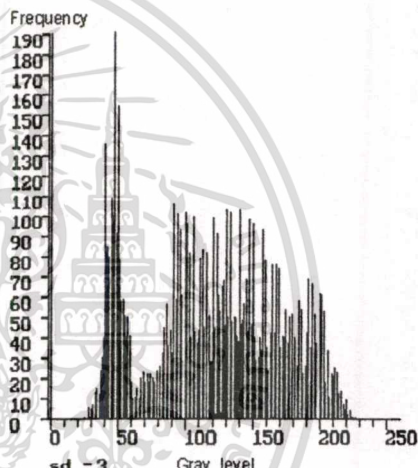
(ก)



(ข)



(ค)



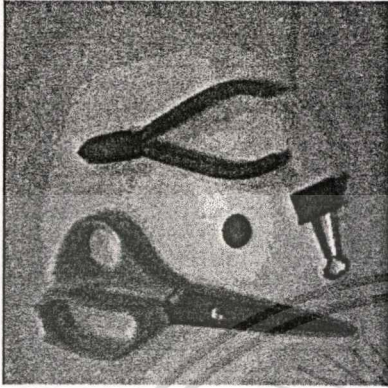
(ง)

รูปที่ 4.17 (ก) 3DH แถวที่ SD = 0 (ข) 3DH แถวที่ SD = 1 (ค) 3DH แถวที่ SD = 2 (ง) 3DH แถวที่ SD = 3

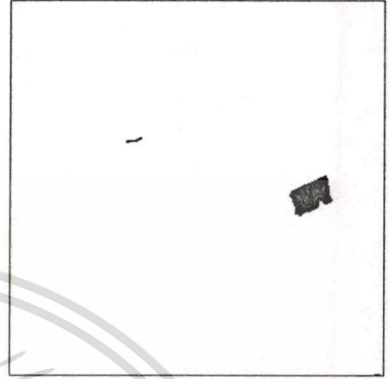
จากรูปที่ 4.17(ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 0 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่ระดับความเข้มที่ 60 ถึง 68 มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 หหมด เราก็เก็บค่าระดับนี้ไว้ เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง และพบ ช่วง ac ระดับความเข้มที่ 181 ถึง 187 มีค่าสมาชิกภายในมีค่าเท่ากับ 0 หหมดเช่นกันดังนั้นเราจึงเก็บตำแหน่งของช่วง ac นี้ไว้อีกหนึ่งเพื่อใช้อ้างอิงในแถวของ SD ที่มีค่ามากขึ้นอีก รูปที่ 4.17 (ข) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 1 จะเห็นว่าใน SD แถวนี้จะมีจำนวนจุดภาพที่ใช้ในภาพมากกว่าอันที่แล้ว การกระจายในฮิสโทแกรมระดับนี้มีการแบ่งแยกเป็นกลุ่มมองเห็นชัดเจน เราใช้ตำแหน่ง ac อ้างอิงจากแถว SD = 1 มาเป็นตรวจสอบด้วย Fuzzy Partition เพื่อหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จากนั้นนำค่านี้ไปหาค่า Fuzziness เลือกระดับความเข้มที่ให้ค่า Fuzziness น้อยที่สุดและมีค่า SD ต่ำที่สุดเป็นจุด Threshold ผลการแบ่งส่วนภาพเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงในรูปที่ 4.15 (ข) เป็นส่วนภาพที่แบ่งแยกได้เป็นส่วนที่ 1 รูปที่ 4.15 (ค) เป็นส่วนภาพที่แบ่งแยกได้เป็นส่วนที่ 2 และรูปที่ 4.15 (ง) เป็นส่วนภาพที่แบ่งแยกได้เป็นส่วนที่ 3

4.10 การทดลองกับภาพทดลองที่ 4 เป็นการแยกกลุ่มภาพที่มีหลายเชิงมันต์



(ก)



(ข)



(ค)



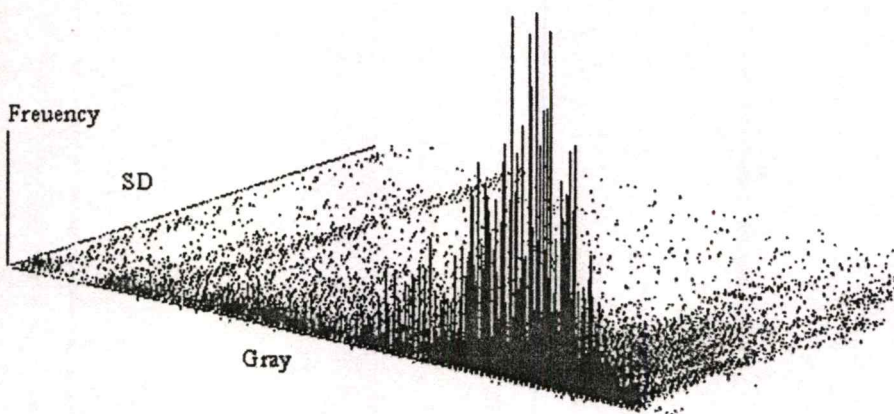
(ง)



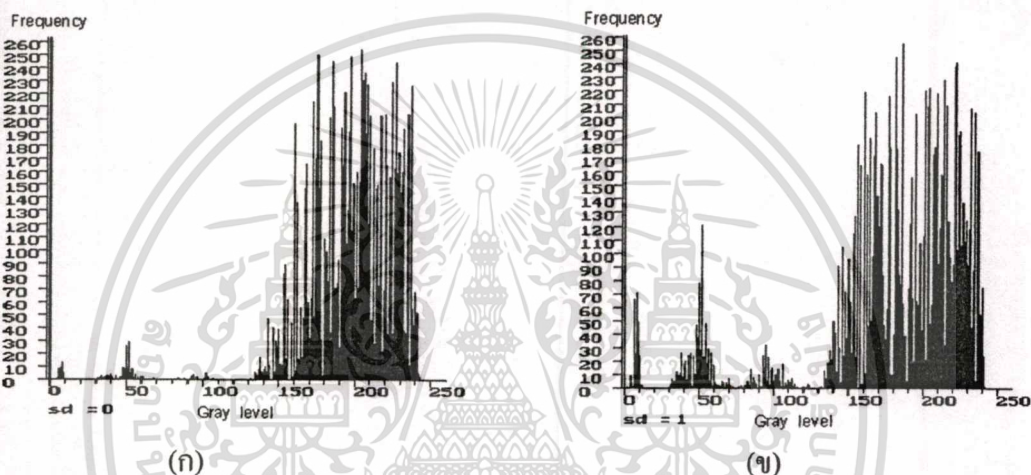
(จ)

รูปที่ 4.18 (ก) ภาพทดลองที่ 4 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2
(ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (จ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



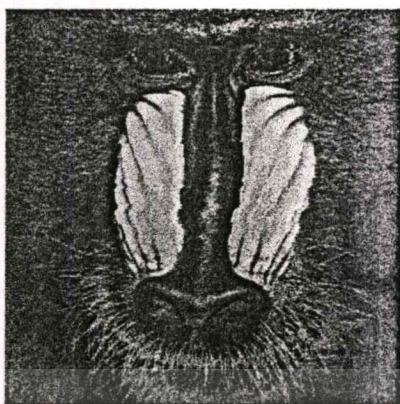
รูปที่ 4.19 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 4



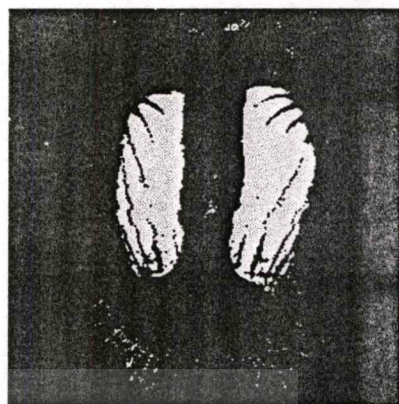
รูปที่ 4.20 (ก) 3DH แถวที่ SD = 0 (ข) 3DH แถวที่ SD = 1

จากรูปที่ 4.20 (ก) เป็นภาพฮิสโทแกรมของแถว SD = 0 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบในฮิสโทแกรมนี้พบช่วง ac ช่วงที่ 1 ที่มีระดับค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกภายในเท่ากับ 0 ที่ระดับสีเทาที่ 10 ถึง 30 เราเก็บค่าตำแหน่งนี้ไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิง พบช่วง ac ช่วงที่ 2 ที่มีระดับค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกภายในเท่ากับ 0 ที่ระดับสีเทาที่ 68 ถึง 74 เราเก็บค่าตำแหน่งนี้ไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิงอีก และพบช่วง ac ช่วงที่ 3 ที่มีระดับค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกภายในเท่ากับ 0 ที่ระดับสีเทาที่ 108 ถึง 131 เราเก็บค่าตำแหน่งนี้ไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิงอีก จากนั้นใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบในฮิสโทแกรมของแถว SD = 1 ดังรูปที่ 4.20 (ข) โดยนำตำแหน่งอ้างอิงจากฮิสโทแกรมของแถว SD = 0 มาหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกโดยใช้ Fuzzy Partition ในตำแหน่งอ้างอิงทั้ง 3 ช่วงโดยใช้ช่วง ac ที่กำหนดช่วงจากตำแหน่งอ้างอิง จากนั้นหาค่า Fuzziness เลือกช่วง ac ที่มีค่า Fuzziness ต่ำที่สุดและมีค่า SD ต่ำที่สุด มากำหนดจุด Threshold โดยในภาพนี้หาค่า Threshold ทั้งสามช่วง ซึ่งทำให้การแบ่งแยกส่วนภาพได้ภาพทั้งหมด 4 ภาพดังนี้ ส่วนที่ 1 รูปที่ 4.18 (ข) ส่วนที่ 2 รูปที่ 4.18 (ค) ส่วนที่ 3 รูปที่ 4.18 (ง) ส่วนที่ 4 รูปที่ 4.18 (จ)

4.11 การทดลองกับภาพทดลองที่ 5



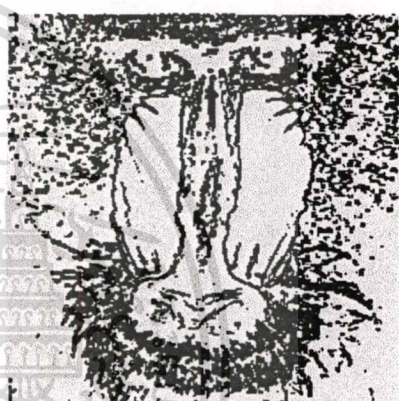
(ก)



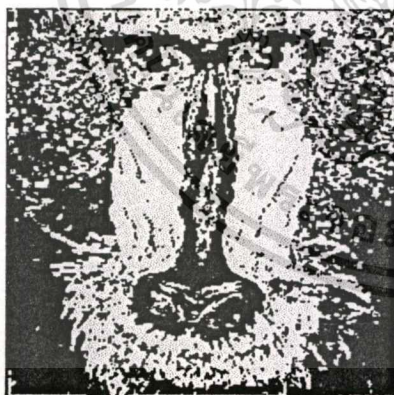
(ข)



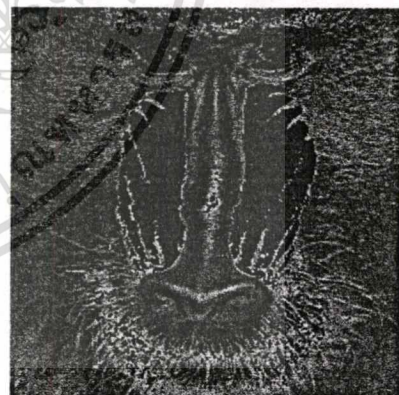
(ค)



(ง)

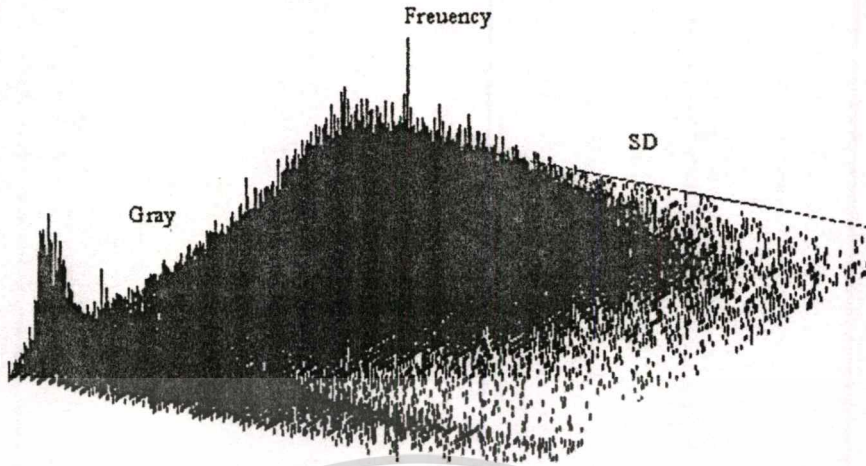


(จ)



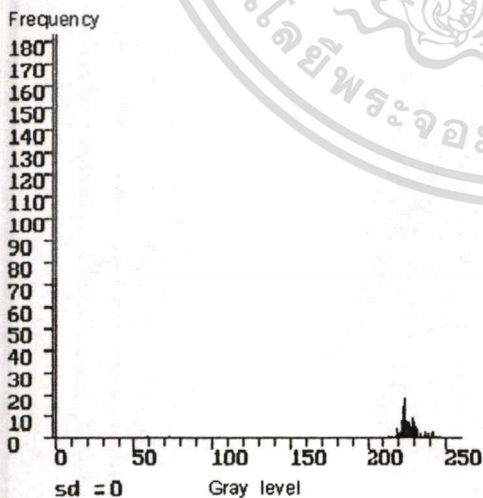
(ฉ)

รูปที่ 4.21(ก) ภาพทดลองที่ 5 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (จ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4 (ฉ) ภาพที่ได้จากข้อมูลรูปที่ 4.21 (ข)

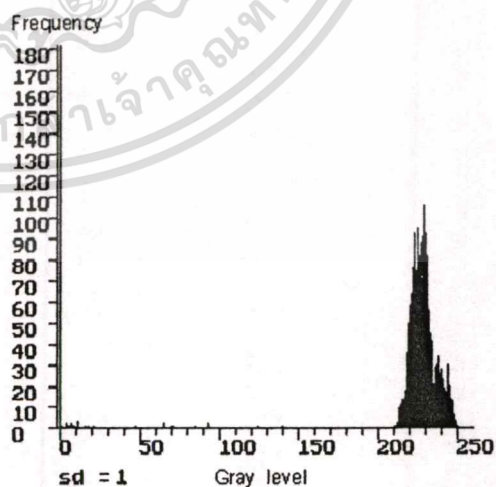


รูปที่ 4.22 ฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพต้นแบบที่ 5

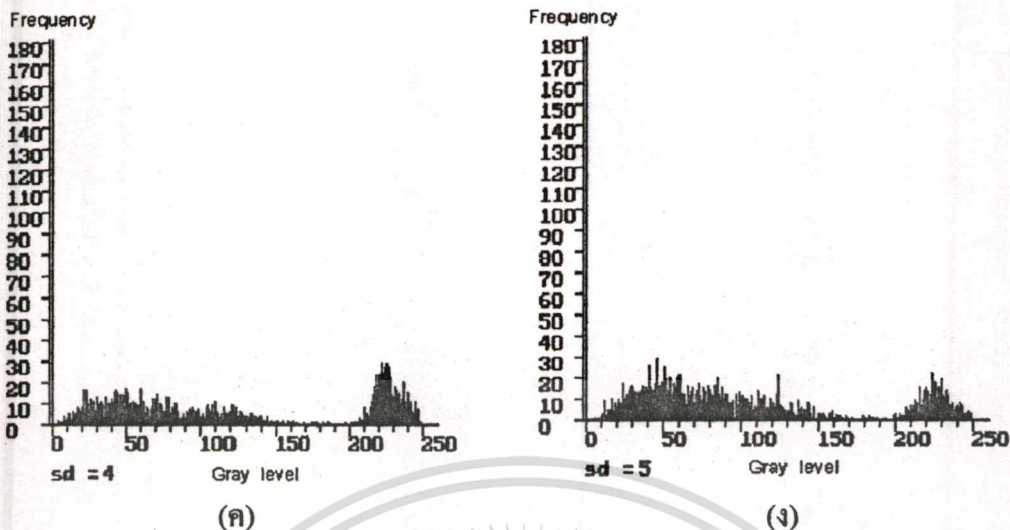
จากรูปที่ 4.23 (ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 0 รูปที่ 4.23 (ข) เป็นภาพฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 1 รูปที่ 4.23 (ค) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 4 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่ระดับสีเทา 188 ถึง 197 มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 หหมด เราก็เก็บค่าระดับความเข้มนี้ไว้เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง รูปที่ 4.23 (ง) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี SD = 5 จะเห็นว่าใน SD แถวนี้จะมีจำนวนจุดภาพที่ใช้ในภาพมากกว่าอันที่แล้ว เราใช้ตำแหน่ง ac อ้างอิงจาก แถว SD = 4 มาเป็นตรวจสอบด้วย Fuzzy Partition เพื่อหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก จากนั้นนำค่านี้ไปหาค่า Fuzziness เลือกช่วง ac ที่ให้ค่า Fuzziness น้อยที่สุดและมีค่า SD ต่ำที่สุด เป็นจุด Threshold ผลการแบ่งส่วนภาพแสดงในรูปที่ 4.21 (ข) กับ รูปที่ 4.21 (ค)



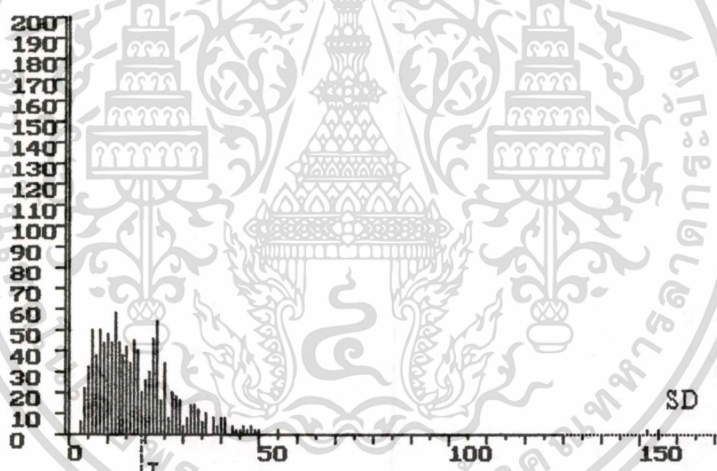
(ก)



(ข)



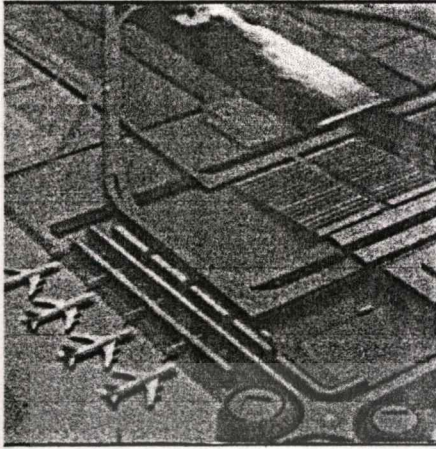
รูปที่ 4.23 (ก) 3DH แถวที่ SD = 0 (ข) 3DH แถวที่ SD = 1 (ค) 3DH แถวที่ SD = 4 (ง) 3DH แถวที่ SD = 5



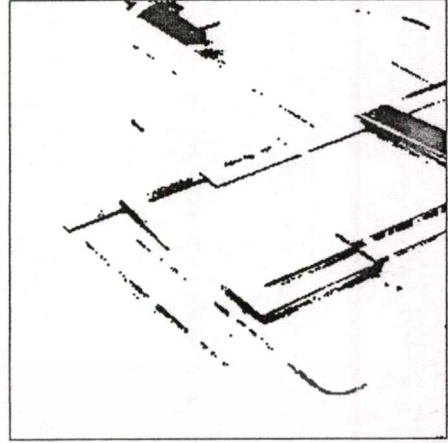
รูปที่ 4.24 3DH ที่ระดับความเข้มที่ 140

ภาพทดลองที่ 5 นี้มีการกระจายของข้อมูลภายในฮิสโทแกรม 3 มิติ รูปที่ 4.22 มีลักษณะค่อนข้างกว้างทั้งทางระดับความเข้มของจุดภาพและแถวของระดับค่า SD การทดลองหาจุด Threshold ทางด้านแถวของ SD เพื่อช่วยในการแบ่งแยกภาพ ผลของการแบ่งแยกเป็นรูปที่ 4.21(ก) และ รูปที่ 4.21(ข) รูปที่ 4.21(ค) เป็นภาพที่ได้จากการนำข้อมูลที่ได้มาจากผลของการแบ่งแยกส่วนภาพในส่วนที่ 1 ที่เป็นภาพ 2 ระดับมาทดลองสร้างภาพตามระดับสีเทา เพื่อให้เห็นข้อมูลภาพที่อยู่ในส่วนที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพต้นแบบรูปที่ 4.21(ก) ภาพที่ได้ก็แสดงให้เห็นข้อมูลทั้งหมดที่สมบูรณ์ในส่วนที่ถูกแบ่งแยกออกมาได้

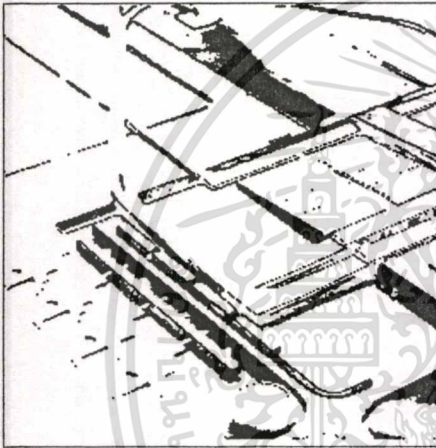
4.12 การทดลองกับภาพทดลองที่ 6



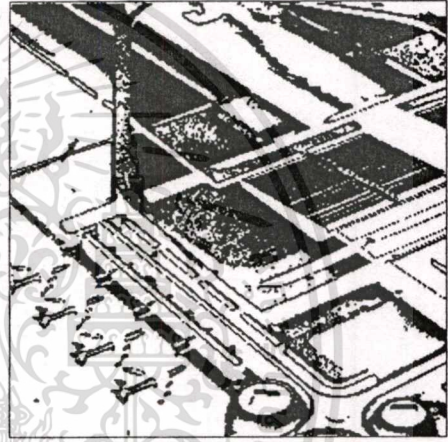
(ก)



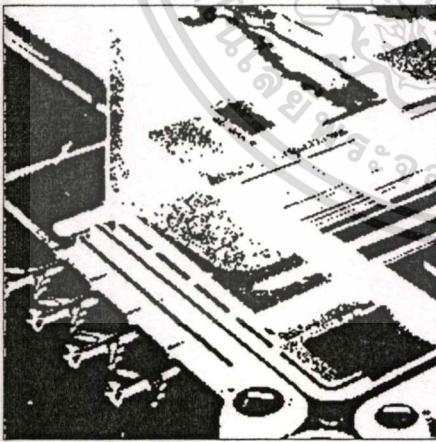
(ข)



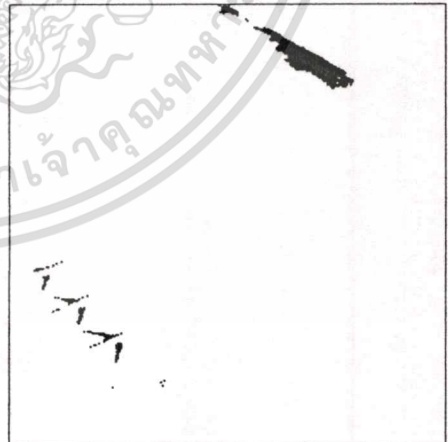
(ค)



(ง)



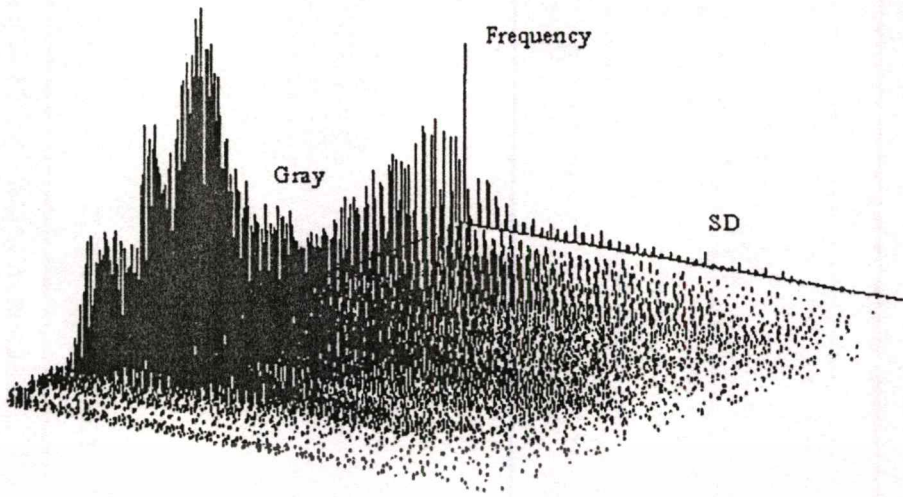
(จ)



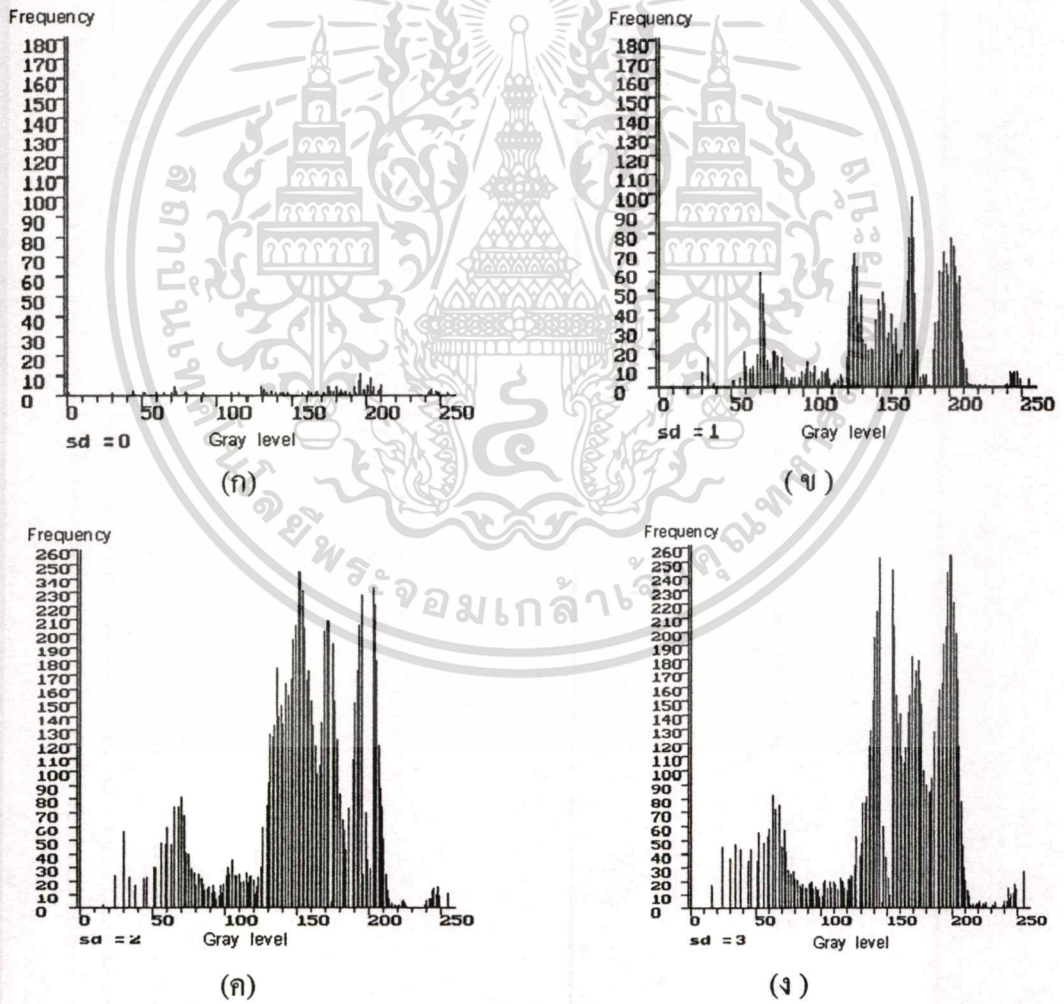
(ฉ)

รูปที่ 4.25 (ก) ภาพทดลองที่ 6 (ข) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 1 (ค) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 2 (ง) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 3 (จ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 4 (ฉ) ผลการแบ่งส่วนภาพที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 6



รูปที่ 4.27 (ก) 3DH แถวที่ SD = 0 (ข) 3DH แถวที่ SD = 1 (ค) 3DH แถวที่ SD = 2 (ง) 3DH แถวที่ SD = 3

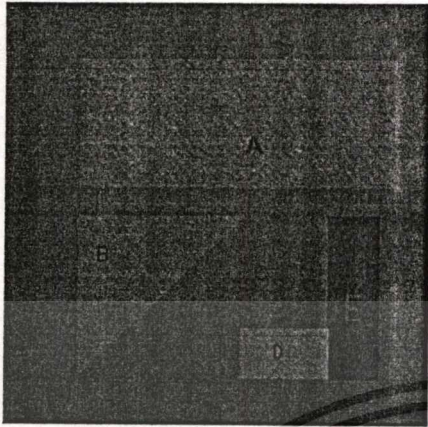
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.27 (ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี $SD = 0$ เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 ทั้งหมด 4 ช่วงด้วยกัน ช่วงที่ 1 ที่ระดับสีเทา 42 ถึง 51 เราก็ก็นำช่วงนี้ไว้เพื่อเป็นตำแหน่งอ้างอิง ช่วงที่ 2 ที่ระดับสีเทา 91 ถึง 112 ช่วงที่ 3 ที่ระดับสีเทา 147 ถึง 158 และช่วงที่ 4 ที่ระดับสีเทาที่ 210 ถึง 241 ช่วงที่เราพบนี้จะเก็บไว้อ้างอิงในฮิสโทแกรมแถวที่ $SD = 1$ ต่อไป จากรูปที่ 4.27 (ข) เป็นภาพฮิสโทแกรมแถวที่ $SD = 1$ จะพบว่ามีการสะสมตัวของจุดภาพมากขึ้นกว่าแถวที่ผ่านที่มา ต่อไปใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่เราได้จากฮิสโทแกรมของแถวที่มี $SD = 0$ ทั้ง 4 ช่วงพบภายในช่วง ac ที่ 42 ถึง 51 ยังคงมีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 อยู่ ก็ต้องเก็บไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในฮิสโทแกรมแถวที่ $SD = 2$ ต่อไป ส่วนในช่วงที่ 2 ที่ระดับสีเทาที่ 91 ถึง 112 สามารถหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้โดย Fuzzy Partition จากนั้นหาค่า Fuzziness ที่มีค่าต่ำที่สุด และมีค่า SD ต่ำสุดด้วยเป็นจุด Threshold อยู่ที่ $b = \frac{ac}{2}$ ส่วนในช่วงที่ 3 ตรงตำแหน่ง ac ที่ระดับสีเทาที่ 147 ถึง 158 สามารถหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้โดย Fuzzy Partition แล้วหาค่า Fuzziness ที่มีค่าต่ำที่สุดและมีค่า SD ต่ำสุดด้วยเป็นจุด Threshold อยู่ที่ $b = \frac{ac}{2}$ ในช่วงที่ 4 เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 ทั้งหมด แต่ช่วง ac มีช่วงที่แคบลงมีตำแหน่งที่ 128 ถึง 140 ซึ่งก็อยู่ภายในตำแหน่งอ้างอิงไว้แต่ตอนแรก เก็บค่า ac นี้ไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิงอันใหม่ในฮิสโทแกรมแถวที่ $SD = 3$ ต่อไปเพื่อหาจุด Threshold ซึ่งในฮิสโทแกรมแถวที่ $SD = 3$ นี้ ในช่วงที่ ac ที่มีตำแหน่งที่ 128 ถึง 140 นี้สามารถหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้โดย Fuzzy Partition แล้วหาค่า Fuzziness ที่มีค่าต่ำที่สุด และมีค่า SD ต่ำสุดด้วยเป็นจุด Threshold อยู่ที่ $b = \frac{ac}{2}$

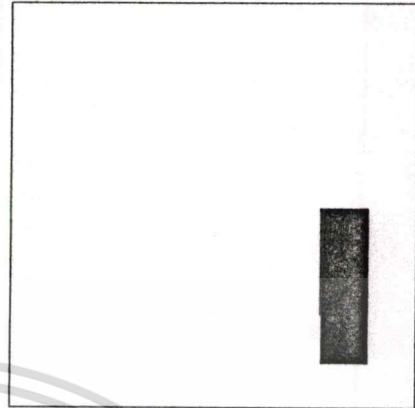
4.13 การทดลองกับภาพทดลองที่ 7 เป็นการทดลองกับภาพที่สังเคราะห์ขึ้น

ภาพนี้เป็นภาพที่มีข้อมูลที่เรากำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบในการทดลองกับตัวประเมินผล ดังรูปที่ 4.28 (ก) ประกอบขึ้นด้วยวัตถุ A เป็นบริเวณรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วัตถุ B เป็นบริเวณรูปสามเหลี่ยม วัตถุ D,E เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีพื้นที่ขนาดเล็กและอยู่ติดกัน ส่วนบริเวณ C เป็นฉากของภาพ วัตถุ A ประกอบด้วยจุดภาพที่มีระดับสีเทาที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของจุดภาพขึ้น วัตถุ B ประกอบด้วยจุดภาพที่มีระดับสีเทาเพียงระดับเดียวแต่มีระดับความเข้มที่เท่ากับระดับความเข้มที่มีอยู่ในจุดภาพบางจุดภาพในวัตถุ A วัตถุ D ประกอบด้วยจุดภาพที่มีระดับสีเทาเพียงระดับเดียว แต่มีระดับความเข้มที่เท่ากับระดับความเข้มของจุดภาพบางจุดภาพในวัตถุ A ทำให้การแยกวัตถุ A, B, และ D ออกจากกันยาก ส่วนวัตถุ E ประกอบด้วยจุดภาพที่มีระดับความเข้มเพียง

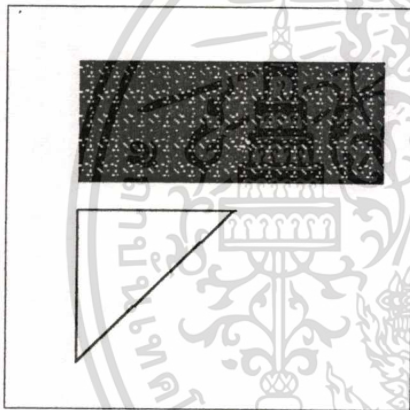
ระดับเดี่ยวนั้นไม่เท่ากับวัตถุ A, วัตถุ B, วัตถุ D และฉาก C ดังนั้นในการแบ่งแยกเอาส่วนวัตถุ E จึงสามารถแยกออกจากวัตถุอื่นอื่นได้ง่าย



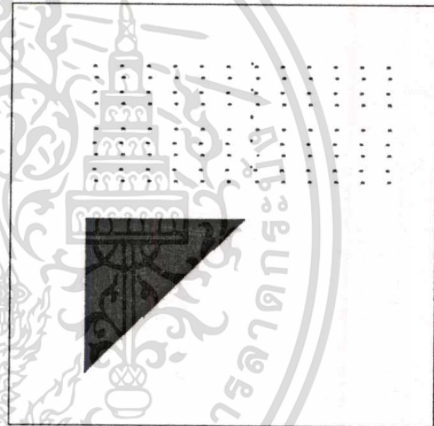
(ก)



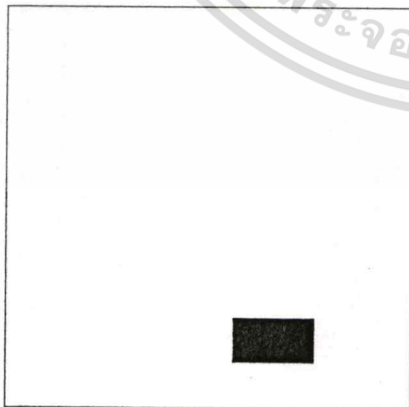
(ข)



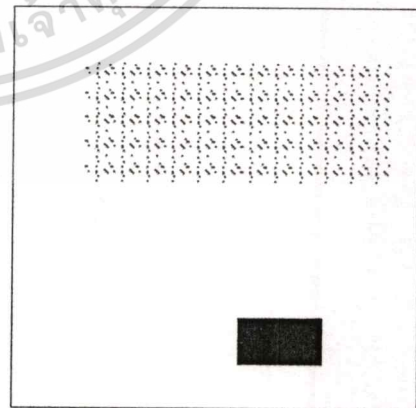
(ค)



(ง)

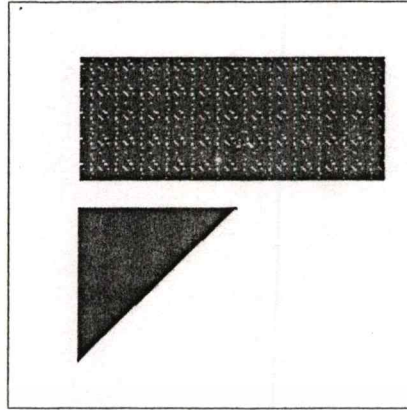


(จ)



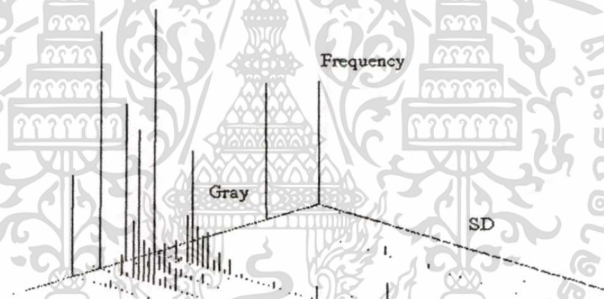
(ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

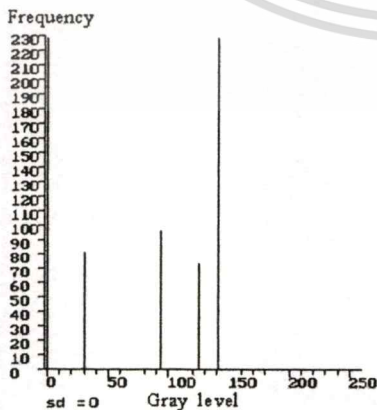


(ข)

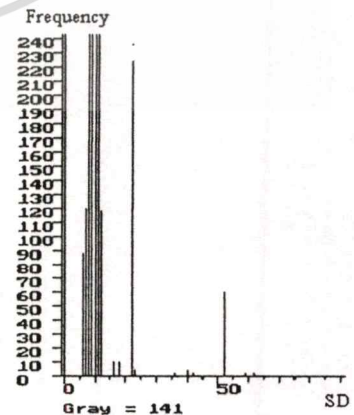
รูปที่ 4.28 (ก) ภาพทดลองที่ 7 (ข) ผลการแบ่งส่วนวัตถุ E (ค) ผลการแบ่งส่วนวัตถุ D (ง) ผลการแบ่งส่วนวัตถุ B (จ) ผลการแบ่งส่วนวัตถุ D (ฉ) ผลการแบ่งส่วนวัตถุ A ปนกับ วัตถุ D (ช) ผลการแบ่งส่วน A และ B ที่แยกกันไม่ออก



รูปที่ 4.29 แสดงฮิสโทแกรม 3 มิติของภาพทดลองที่ 7



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.30 (ก) ฮิสโทแกรม 3 มิติที่ SD = 0 (ข) ฮิสโทแกรม 3 มิติที่ ระดับสีเทาที่ 141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.30 (ก) เป็นภาพของฮิสโทแกรมของแถวที่มี $SD = 0$ เมื่อใช้ Fuzzy Partition ตรวจสอบจะพบช่วง ac ที่ระดับสีเทา 30 ถึง 94 มีค่าสมาชิกภายในเป็น 0 หมด ในข้อมูลภาพทดลองนี้ข้อมูลภายในช่วง ac มีค่าเท่ากับ 0 เราก็สามารถหาจุด Threshold ที่ 1 ได้ที่ จุด $b = \frac{ac}{2} = 62$ ในช่วง ac ที่ตรวจพบเพิ่มอยู่ในช่วง 94 ถึง 125 จุด Threshold ที่ 2 จะอยู่ที่ จุด $b = \frac{ac}{2} = 109$ และ ช่วง ac ที่ตรวจพบเพิ่มอีกที่ที่ 125 ถึง 142 จุด Threshold ที่ 3 จะอยู่ที่ จุด $b = \frac{ac}{2} = 133$ รูปที่ 4.30(ข) เป็นฮิสโทแกรมในแถวของ SD ที่ระดับสีเทาที่ 141 เพื่อหาจุดแบ่งแยกในแถว SD โดยการใช้ Fuzzy partition หาช่วง ac และพบช่วง ac ที่ ระดับ SD ที่ 2 ถึง 7 จุด Threshold จะอยู่ที่ จุด $b = \frac{ac}{2} = 5$ จากนั้นนำจุด Threshold ทั้งหมดมากำหนดเพื่อสร้างภาพแต่ละส่วน ดังนี้ รูปที่ 4.28 (ข) เป็นส่วนวัตถุ D รูปที่ 4.28 (ค) เป็นส่วนวัตถุ A รูปที่ 4.28 (ง) เป็นส่วนวัตถุ B รูปที่ 4.28 (จ) เป็นส่วนวัตถุ D รูปที่ 4.28 (ฉ) การแบ่งแยกส่วนภาพของวัตถุ D โดยการกำหนด Threshold จากระดับสีเทาอย่างเดียว จะพบว่ามีส่วนของวัตถุ A เข้ามาในส่วนของวัตถุ D ก่อนข้างมาก รูปที่ 4.28 (ซ) เป็นภาพที่ได้จากการกำหนดค่า Threshold ทางระดับสีเทาเพียงอย่างเดียว จะพบว่าส่วนภาพ A และส่วนภาพ B ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ทั้งหมด รูปที่ 4.28 (ด) และ 4.28 (ง) เป็นภาพที่ใช้การกำหนดทาง SD มาช่วยกำหนดการแบ่งแยกข้อมูล คือรูปที่ 4.28 (ค) มีข้อกำหนดดังนี้ ระดับสีเทาที่ 109 ถึง 133 และมีระดับ SD ไม่เกิน 3 รูปที่ 4.28 (ง) มีข้อกำหนดดังนี้ ระดับสีเทาที่ 109 ถึง 133 และมีระดับ SD มากกว่า 3 จนถึงค่า SD ที่มีค่าสูงสุด

สรุป

ในบทนี้เป็นการแสดงวิธีการนำข้อมูลภาพดิจิทัลมาสร้างฮิสโทแกรม 3 มิติ แสดงฮิสโทแกรมของแต่ละระดับค่าความเบี่ยงเบน ซึ่งจะช่วยให้เห็นการสะสมตัวของข้อมูลภาพ ในแต่ละระดับที่แบ่งแยกกันทั้งทางระดับความเข้มของจุดภาพ 0-255 และทางระดับค่าความเบี่ยงเบน จากนั้นนำค่าแต่ละระดับมาหาค่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากฮิสโทแกรม 3 มิติ โดยใช้เงื่อนไข Fuzzy partition ทำเช่นนี้ตลอดทั้งข้อมูลภาพ แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า Fuzziness เลือกค่าที่น้อยที่สุด เพื่อกำหนดจุด Threshold ที่เหมาะสม ในบทนี้ได้ทำการทดลองกับข้อมูลภาพ ที่มีข้อมูลแตกต่างกัน 7 ภาพ ผลของการแบ่งส่วนภาพที่เกิดขึ้น มีทั้งแบบแบ่งเพียง 1 ส่วน และแบบหลายส่วน โดยในภาพทดลองที่ 7 มีการใช้ Threshold จากค่าระดับความเข้มของจุดภาพร่วมกับการหาค่า Threshold ในแถวของระดับของค่า SD มาช่วยในการแบ่งแยกภาพที่มีข้อมูลภาพภายในวัตถุที่มีความเข้มของจุดภาพซ้ำซ้อนกัน

การประเมินผลของการแบ่งแยกส่วนภาพ

การประเมินผลของการแบ่งแยกส่วนภาพ เป็นวิธีการที่ทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของอัลกอริทึมที่น่าเสนอมาว่ามีความถูกต้องเพียงไรในการแบ่งแยกส่วนภาพ ซึ่งการพิจารณาความถูกต้องของการแบ่งส่วนของวัตถุภายในภาพนั้น ได้จากการทำการประเมินค่าจากคุณสมบัติของผลที่ได้มาการใช้อัลกอริทึมนั้น โดยอาศัยตัววัดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของข้อมูลภาพของวัตถุ ซึ่งทำให้สามารถแบ่งวิธีการประเมินค่าของการแบ่งแยกส่วนภาพได้ดังนี้

5.1 วิธีวัดโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างเซ็กเมนต์ [18]

การประเมินผลของการแบ่งแยกส่วนภาพวิธีนี้อาศัยการพิจารณาความเป็นเนื้อเดียวกันของเนื้อหาของวัตถุที่ถูกแบ่งแยกออกมา (Intra - region uniformity) เมื่อเราพิจารณาภายในข้อมูลของภาพส่วนที่เรามองเห็นเป็นรูปร่างของวัตถุนั้นเกิดจากการรวมกลุ่มของจุดภาพที่มีระดับความเข้มของจุดภาพ ที่มองดูมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด (homogeneous) แต่ความจริงภาพจริงในธรรมชาติจะมีความแปรปรวนระดับต่ำอยู่ระดับหนึ่ง ดังนั้นเราจึงนำลักษณะอันนี้มาเป็นเครื่องวัดในการประเมินผลโดยการนำเอาผลรวมของค่า gray - level uniformity measure (GU) ของ $f(x,y)$ ของแต่ละวัตถุที่แบ่งแยกออกมา มาเปรียบเทียบกับค่าความแปรปรวนรวมของข้อมูลภาพทั้งหมด การวัดผลด้วยวิธีนี้ทำโดยแทนค่าที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพของแต่ละเซ็กเมนต์ในสมการที่ (5.1), (5.3) และ (5.2) โดยผลที่ได้จะแสดงว่าอัลกอริทึมที่ใช้ในการแบ่งแยกส่วนภาพว่าดีหรือไม่ดี นั่นคือผลที่ได้ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 หรือเท่ากับ 1 จะแสดงว่าอัลกอริทึมนี้ทำการแบ่งแยกแต่ละเซ็กเมนต์มีความถูกต้องดีมาก ในทางตรงข้ามถ้าผลที่ได้มีค่าต่ำลงห่างจากค่า 1 ก็จะแสดงว่าอัลกอริทึมนี้ทำการแบ่งแยกแต่ละเซ็กเมนต์ได้ไม่ถูกต้อง

$$GU = \sum_i \sum_{(x,y) \in R_i} [f(x,y) - \frac{1}{A_i} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y)]^2 \quad (5.1)$$

GU = Goodness base on Uniformity

A_i คือ พื้นที่ของวัตถุที่แบ่งแยกออกมาแต่ละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_i คือ จำนวนวัตถุที่แบ่งแยกออกมาได้

เพื่อให้ค่าที่ได้มองเห็นง่ายขึ้น ทำการ Normalization Uniformity

$$NU = 1 - \frac{GU}{GU_t} \quad (5.2)$$

$$GU_t = \sum_{(x,y)} \left[f(x,y) - \frac{1}{A} \int f(x,y) \right]^2 \quad (5.3)$$



รูปที่ 5.1 ภาพรวมของภาพทดลองทั้ง 6 ภาพจัดเรียงตามลำดับ 1-6

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการประเมินค่าการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธี GU

ประเมินผล โดยใช้วิธี	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 1 หน้า 48	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 2 หน้า 49	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 3 หน้า 51	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 4 หน้า 53	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 5 หน้า 55	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 6 หน้า 58
GU	0.954	0.976	0.728	0.989	0.568	0.926

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการประเมินค่าแบบ GU ของการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีใช้ เอ็น โทปี

ประเมินผล โดยใช้วิธี	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 1 หน้า 48	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 2 หน้า 49	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 3 หน้า 51	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 4 หน้า 53	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 5 หน้า 55	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพ ที่ 6 หน้า 58
GU	0.947	0.79	0.673	0.992	0.917	0.93

5.2 วิธีวัดโดยอาศัยความเป็นเนื้อเดียวกันภายในเซ็กเมนต์ [19]

การประเมินค่าของการแบ่งแยกส่วนภาพวิธีนี้อาศัยการใช้การวัดระดับความเข้มของจุดภาพของวัตถุที่แบ่งแยกออกมาได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างกัน ผลที่ได้จากการแบ่งส่วนภาพของวัตถุและของฉาก สามารถนำมาหาค่าความแตกต่างกันได้ดังสมการที่ (5.4)

$$GC = \frac{|f_0 - f_b|}{f_0 + f_b} \quad (5.4)$$

GC = Goodness base on Contrast

f_0 = ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของบริเวณที่เป็นพื้นทีของวัตถุ

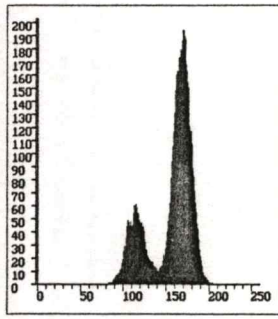
f_b = ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของบริเวณที่เป็นฉาก

ผลที่ได้เป็นการแสดงค่าของความแตกต่างของวัตถุและฉาก ถ้าความแตกต่างมากก็แสดงว่ามีความถูกต้องมากเพราะวัตถุและฉากควรจะมีค่าความแตกต่างกัน

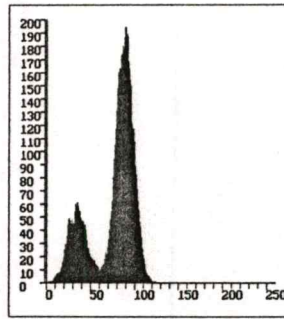
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการประเมินค่าการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธี GC แบบเก่า

ประเมินผล โดยใช้วิธี	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่1 หน้า 48	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่2 หน้า 49	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่3 หน้า 51	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่4 หน้า 53	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่5 หน้า 55	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่6 หน้า 58
GC	0.189	0.741	0.293	0.49	0.36	0.395

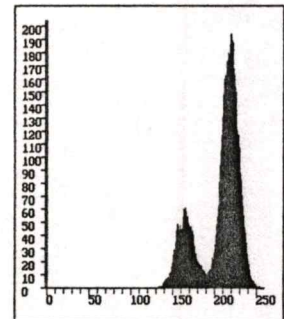
จากตารางที่ 5.3 พบว่าการประเมินผลด้วยวิธี GC วิธีนี้ได้ค่าของการประเมินผลที่ค่อนข้างต่ำจากความเป็นจริง เมื่อทำการพิจารณาอัลกอริทึมของการประเมินค่าวิธีนี้ พบว่ามีข้อบกพร่องที่มาจากความไม่สมดุลในการการวัดค่าของส่วน คือถ้ากลุ่มข้อมูลของภาพมีค่า min และ max ที่ไม่ได้เริ่มจาก 0 ถึง 255 ผลจะทำให้มีกลุ่มข้อมูลภาพค่อนข้างไปทาง ด้านใดด้านหนึ่ง ส่งผลให้ส่วนที่เป็นตัวหารในสมการที่ 5.4 มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงในขณะที่ ค่าความแตกต่างของเศษด้านบนบนคงที่



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.2 (ก) ภาพทดลองหาค่า GC ที่ 1 (ข) ภาพทดลองที่ 2 (ค) ภาพทดลองที่ 3

โดยการทดลองการคำนวณค่า GC ด้วยวิธีเก่า จากการเกิดภาพของข้อมูลภาพทั้ง 3 ภาพ
จากรูปที่ 5.2 (ก) ค่าเฉลี่ยของวัตถุ = 114 ค่าเฉลี่ยของฉาก = 168

$$GC = \frac{|114 - 168|}{114 + 168} = \frac{54}{282} = 0.19$$

จากรูปที่ 5.2 (ข) ค่าเฉลี่ยของวัตถุ = 39 ค่าเฉลี่ยของฉาก = 93

$$GC = \frac{|39 - 93|}{39 + 93} = \frac{54}{132} = 0.409$$

จากรูปที่ 5.2 (ค) ค่าเฉลี่ยของวัตถุ = 164 ค่าเฉลี่ยของฉาก = 218

$$GC = \frac{|164 - 218|}{164 + 218} = \frac{54}{382} = 0.141$$

เราพบว่า เมื่อกลุ่มข้อมูลภาพเปลี่ยนระดับความเข้มก็เปลี่ยนไป แต่ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของวัตถุและฉากยังคงมีค่าเท่ากันอยู่ ค่า GC ก็เปลี่ยนไปด้วย ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงเสนอวิธีการวัดค่า GC วิธีใหม่อีกวิธีหนึ่ง โดยการนำค่าขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่จริงมาเป็นหลักในการคำนวณหาระดับค่า GC วิธีทำ โดยในตอนแรกหาค่าระดับความเข้มต่ำสุด (min) และ ระดับความเข้มสูงสุด (max) ของข้อมูลภาพที่ต้องการทดสอบค่า GC ก่อน

$$\text{ดังนั้นเราจะได้แต่ละระดับค่าความเข้มมีค่า } GC = \frac{1}{\max - \min} \quad (5.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยความเข้มของข้อมูลภาพของวัตถุ $object_{avg}$ และค่าเฉลี่ยความเข้มของข้อมูลของฉาก $background_{avg}$

$$\text{ดังนั้นเราจะได้ GC ของภาพทั้งหมด} = \frac{1}{\text{max} - \text{min}} \times (\text{object}_{avg} - \text{background}_{avg}) \quad (5.6)$$

ต่อไปทดลองแทนค่าผลของการแบ่งแยกส่วนภาพจากภาพที่นำมาทดสอบทั้ง 3 ภาพดังนี้

จากรูปที่ 5.2 (ก) ค่าเฉลี่ยความเข้มของวัตถุ = 114 ค่าเฉลี่ยความเข้มของฉาก = 168 ค่า $\text{min} = 80$ และ ค่า $\text{max} = 205$ แทนค่าในสมการที่ (5.2)

$$GC = \frac{1}{(205 - 80)} \times (168 - 114) = 0.432$$

จากรูปที่ 5.2 (ข) ค่าเฉลี่ยความเข้มของวัตถุ = 39 ค่าเฉลี่ยความเข้มของฉาก = 93 ค่า $\text{min} = 0$ และ $\text{max} = 125$ แทนค่าในสมการที่ (5.2)

$$GC = \frac{1}{(125 - 0)} \times (93 - 39) = 0.432$$

จากรูปที่ 5.2 (ค) ค่าเฉลี่ยความเข้มของวัตถุ = 164 ค่าเฉลี่ยความเข้มของฉาก = 218 $\text{min} = 130$ และ $\text{max} = 255$ แทนค่าในสมการที่ (5.2)

$$GC = \frac{1}{(255 - 130)} \times (218 - 164) = 0.432$$

จากผลของค่า GC ของทั้งสามภาพมีค่าเท่ากันหมด แสดงให้เห็นถึงความสมดุลของการวัดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาวัตถุและค่าเฉลี่ยของฉากมีความคงที่ และให้ผลในการวัดค่า GC ที่น่าเชื่อมั่นกว่าแบบเก่า ถ้าค่า min มีค่าเท่ากับ 0 และค่า max มีค่าเท่ากับ 255 ค่า $object_{avg}$ คือค่าเฉลี่ยความเข้มของข้อมูลภาพของวัตถุอยู่ที่ระดับความเข้มที่มีค่า 0 และค่า $background_{avg}$ เป็นค่าเฉลี่ยของฉากมีค่าเท่ากับ 255 เมื่อแทนค่าในสมการ ที่ (5.6) จะได้ค่า $GC = 1$ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าการประเมินผลมีค่าดีมาก แต่ในข้อมูลภาพจริงในธรรมชาติค่าเฉลี่ยของความเข้มของวัตถุจะไม่มีโอกาสที่จะเท่ากับ 0 และค่าเฉลี่ยของความเข้มของฉากจะไม่เท่ากับค่า 255 นอกเสียจากว่าภาพนั้นจะเป็นภาพที่มีความเข้ม 2 ระดับเท่านั้นที่จะทำให้ GC มีค่าเท่ากับ 1 นั้นหมายความว่าค่า GC ของภาพทั่วไปตามธรรมชาติมีค่าได้ไม่ต้องเข้าใกล้ค่า 1 ก็ได้ เพียงแต่ให้มีค่า GC ประมาณเท่ากับ 0.8 ก็จัดว่าดีแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงผลของการประเมินผลแบบ GC ที่นำเสนอใหม่

ประเมินผล โดยใช้วิธี	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 1 หน้า 48	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 2 หน้า 49	ผลที่ได้จาก ทดลองภาพ กับภาพที่ 3 หน้า 51	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 4 หน้า 53	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 5 หน้า 55	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 6 หน้า 58
GC ใหม่	0.432	0.74	0.496	0.51	0.498	0.584

ตารางที่ 5.5 ผลการประเมินค่า GC ใหม่ของการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีใช้ เอ็น โทปี

ประเมินผล โดยใช้วิธี	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 1 หน้า 48	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 2 หน้า 49	ผลที่ได้จาก ทดลองภาพ กับภาพที่ 3 หน้า 51	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 4 หน้า 53	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 5 หน้า 55	ผลที่ได้จาก การทดลอง กับภาพที่ 6 หน้า 58
GC ใหม่	0.694	1.66	0.85	1.01	1.294	0.86

จากตารางที่ 5.4 และ ตารางที่ 5.5 เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพของภาพทดลอง ที่ 1, 3, 4, 5, 6 มีค่าต่ำ เกิดจากค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของวัตถุและของฉากอยู่ห่างจากค่า min และค่า max ของข้อมูลภาพมาก แต่ในความเป็นจริงแล้วก็ควรเป็นแบบนี้ เพราะข้อมูลของภาพจริงตามธรรมชาติจะมีการกระจายของระดับสีเทาของวัตถุและของฉากกว้าง นอกจากเป็นภาพ 2 ระดับเท่านั้นที่จะมีค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของวัตถุและของฉากอยู่ที่ค่า min และค่า max พอดี ซึ่งจะทำให้ค่า GC ของภาพ 2 ระดับเท่านั้นที่จะมีค่ามากที่สุด ดังนั้นค่า GC ของภาพจริงตามธรรมชาติควรมีค่าเกิน 0.5 ก็ให้เป็นค่าที่ยอมรับว่าดีแล้ว

5.3 การวัดโดยอาศัยความแตกต่างจากภาพอ้างอิง [20]

การประเมินผลของการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีนี้ต้องอาศัยภาพอ้างอิง (Reference image) ที่เรารับมาก่อนล่วงหน้าแล้วว่า ข้อมูลของภาพที่จะนำมาทดสอบนั้นมี จำนวนของเซ็กเมนต์ที่อยู่ในภาพมีจำนวนกี่เซ็กเมนต์ ในแต่ละเซ็กเมนต์มีค่าความเข้มของจุดภาพเท่าไร และแต่ละเซ็ก

เม้นต์มีขอบเขตที่ประกอบด้วยจุดภาพจำนวนเท่าใด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพโดยอัลกอริทึมที่ต้องการจะวัดผล การทดลองเริ่มโดยนำภาพอ้างอิงนี้ไปทำการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยอัลกอริทึมที่เราต้องการทดสอบ แล้วนำผลที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพของแต่ละเช็กเม้นต์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพของภาพอ้างอิงโดยใช้สมการที่ (5.8) ผลที่ได้จากสมการนี้จะแสดงถึงความคลาดเคลื่อน คือถ้ามีค่าที่ได้จากการแทนค่าน้อยก็แสดงว่ามีความถูกต้องในการแบ่งแยกภาพได้ดีมาก ในทางตรงข้าม ถ้ามีค่ามากก็แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนมาก

$$RUMA = \frac{|R_f - S_f|}{R_f} * 100\% \quad (5.8)$$

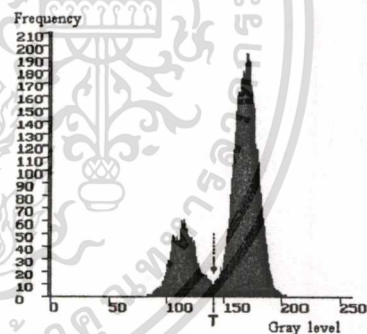
$RUMA$ = Relative Ultimate Measure Accuracy

R_f = จำนวนจุดภาพของวัตถุของภาพอ้างอิง

S_f = จำนวนจุดภาพของวัตถุของภาพที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพ



(ก)



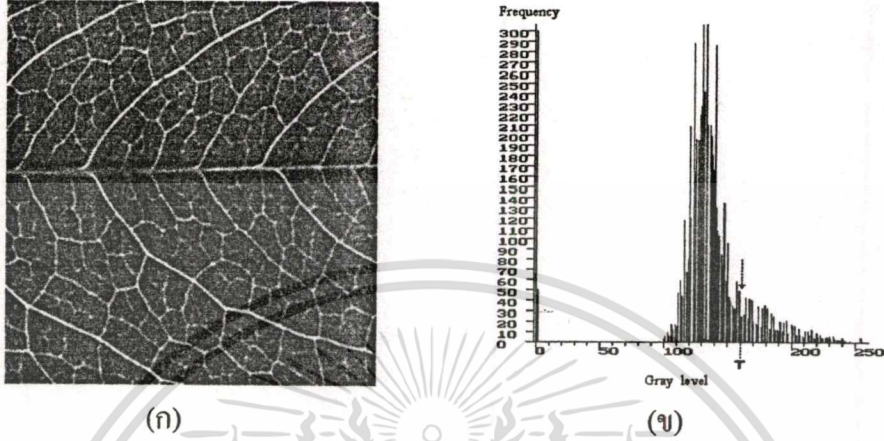
(ข)

รูปที่ 5.3 (ก) ภาพต้นแบบที่ 1 (ข) แสดงฮิสโทแกรม 1มิติของภาพต้นแบบที่ 1

ในการทดลองนี้ได้ทดลองกับภาพอ้างอิงที่สร้างขึ้นเองจากภาพจริงดังรูปที่ 5.3 (ก) และ รูปที่ 5.4 (ก) ด้วยวิธีของ Sang Uk Lee และ Seok Yoon Chung [21] โดยการทำให้เช็กเม้นต์ด้วยมือกับภาพทดลองทั้งสอง ในภาพทดลองที่ 1 กำหนดจุด Threshold ในฮิสโทแกรม 1 มิติ ตรงจุดที่เป็นหุบเหวชัดเจน ระหว่างสองโหมดดังรูปที่ 5.3 (ข) เมื่อทำการเช็กเม้นต์แล้ว เราก็จะได้ ภาพอ้างอิงที่เรารู้ข้อมูลของวัตถุ และข้อมูลของฉากเพื่อไว้เปรียบเทียบ ภาพทดลองที่ 2 รูปที่ 5.4 (ก) มีการกระจายของข้อมูลภาพเป็นแบบ 1 โหมด การกำหนดจุด Threshold ในฮิสโทแกรม 1 มิติ เพื่อทำการเช็กเม้นต์ด้วยมือโดยการกำหนดตรงบริเวณบ่าของโหมด หรือที่มีชื่อเรียกว่า b-threshold [22] ดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 (ข) ซึ่งเป็นฮิสโทแกรม 1 มิติของภาพต้นแบบที่ 2 ส่วนภาพทดลองที่ 3 เป็นภาพที่สังเคราะห์ขึ้นเองดังรูปที่ เมื่อได้ผลจากการเช็กเม้นต์ทั้งหมดแล้วก็นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประเมินผลโดยการแทนค่าในสมการที่ (5.8) เพื่อหาค่าความผิดพลาด ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากก็แสดงว่าอัลกอริทึมที่นำมาทดสอบไม่ดี แต่ถ้าค่าที่ได้มีค่าน้อยมากๆ หรือ เท่ากับ 0 ก็แสดงว่าอัลกอริทึมนั้นดีมาก

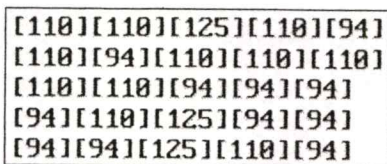


รูปที่ 5.4 (ก) ภาพต้นแบบที่ 2 (ข) ฮิสโทแกรม ของภาพต้นแบบที่ 2

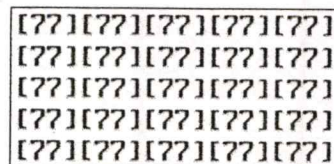


รูปที่ 5.5 ภาพต้นแบบที่ 3

ภาพต้นแบบที่ 3 เป็นภาพที่สร้างขึ้นโดยกำหนดความเข้มของแต่ละเช็กเม้นต์ขึ้นเองเพื่อทดสอบผลของการแบ่งแยกส่วนภาพโดยในข้อมูลภาพประกอบด้วยวัตถุ A,B,C,D และ ฉากหลังดังนี้



(ก)



(ข)

[110][110][110][110][110]
 [110][110][94][110][110]
 [110][110][94][110][110]
 [125][125][94][110][94]
 [110][110][110][110][94]

(ค)

[125][125][125][125][125]
 [125][125][125][125][125]
 [125][125][125][125][125]
 [125][125][125][125][125]
 [125][125][125][125][125]

(ง)

[131][131][131][131][131]
 [131][131][131][131][131]
 [131][131][131][131][131]
 [131][131][131][131][131]
 [131][131][131][131][131]

(จ)

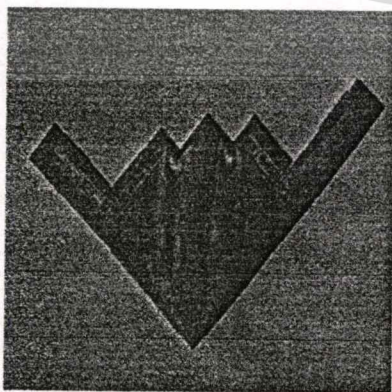
รูปที่ 5.6 (ก) ค่าความเข้มของวัตถุ A (ข) ค่าความเข้มฉากหลัง (ค) ค่าความเข้มของวัตถุ B
 (ง) ค่าความเข้มของวัตถุ C (จ) ค่าความเข้มของวัตถุ D

ตารางที่ 5.6 แสดงผลของการประเมินผลแบบ RUMA

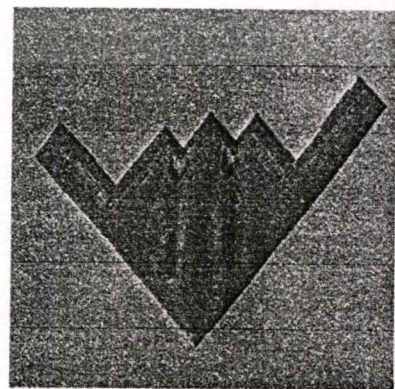
ประเมินผลโดย ใช้วิธี	ผลการทดลองภาพอ้างอิง ภาพที่ 1 รูปที่ 5.4	ผลการทดลองภาพอ้างอิง ภาพที่ 2 รูปที่ 5.6	ผลการทดลองภาพอ้างอิง ภาพที่ 3 รูปที่ 4.60 หน้า 53
RUMA	0.75%	56.92%	1.906%

5.4 การทดลองเมื่อข้อมูลภาพมีสัญญาณรบกวนปนอยู่ด้วย

ในความเป็นจริงข้อมูลภาพมักจะเกิดสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นได้ขณะที่เครื่องมีรับภาพทำการรับภาพหรือเมื่อมีการโอนย้ายข้อมูลภาพคั้งนั้นในการทดลองนี้ ได้นำข้อมูลภาพที่ทำการทดลองมาเติมสัญญาณรบกวนเข้าไปด้วยสัญญาณรบกวนที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกัน ดังภาพทดลองที่ 1 รูปที่ 5.7 (ก) และ ภาพทดลองที่ 2 รูปที่ 5.8 (ข)

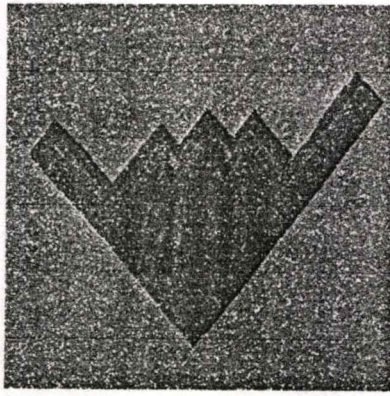


(ก)

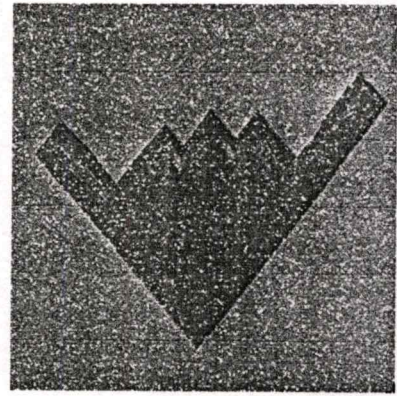


(ข)

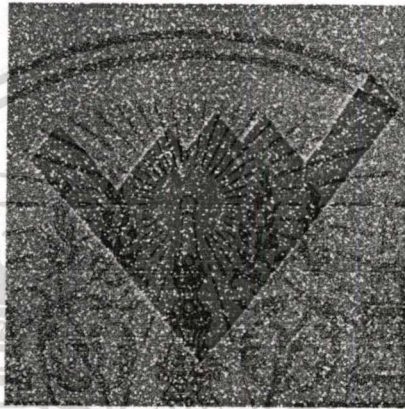
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

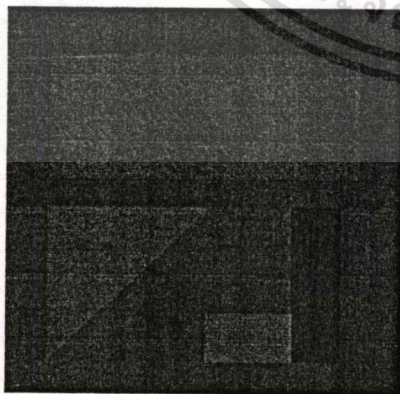


(ง)

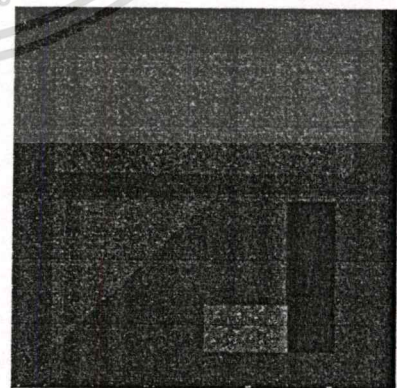


(จ)

รูปที่ 5.7 (ก) ภาพทดลองที่ 1 (ข) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 10$ (ค) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 20$ (ง) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 30$ (จ) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 40$

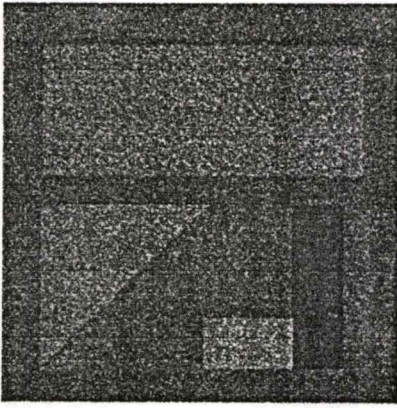


(ก)

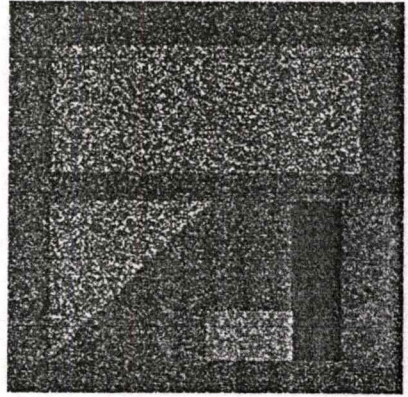


(ข)

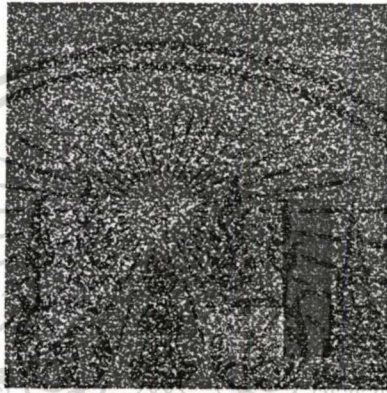
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.8 (ก) ภาพทดลองที่ 2 (ข) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 10$ (ค) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 20$ (ง) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 30$ (จ) ภาพที่เติมสัญญาณรบกวน $\sigma = 40$

การหาค่า Signal to noise ratio หาค่าจากสมการที่ (5.9)

$$(SNR)_{rms} = \left[\frac{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} g^2(x, y)}{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} [g(x, y) - f(x, y)]^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5.9)$$

การหาค่า Peak Signal to noise ration หาค่าจากสมการที่ (5.10)

$$(PSNR) = 10 \log_{10} \left[\frac{(L-1)^2}{N^2} \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} [g(x, y) - f(x, y)]^2 \right] \quad (5.10)$$

$g(x, y)$ = ข้อมูลภาพ ที่มี สัญญาณ รบกวนผสมอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f(x, y)$ = ข้อมูลภาพต้นแบบ, L = ค่าระดับความเข้มของจุดภาพ

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองกับภาพทดลองที่ 1

วิธีทดสอบ	$\sigma = 10$	$\sigma = 20$	$\sigma = 30$	$\sigma = 40$
SNR	8.84	7.04	6.49	6.32
PSNR	51.22	46.72	45.25	45.05

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองกับภาพทดลองที่ 2

วิธีทดสอบ	$\sigma = 10$	$\sigma = 20$	$\sigma = 30$	$\sigma = 40$
SNR	5.3	4.07	3.16	2.63
PSNR	51.22	45.8	40.34	36.35

ตารางที่ 5.9 ผลการประเมินค่า ของภาพทดลองที่ 1 เมื่อมีสัญญาณรบกวน

วิธีประเมินผล	$\sigma = 10$	$\sigma = 20$	$\sigma = 30$	$\sigma = 40$
GU	0.78	0.776	0.817	0.945
GC	0.35	0.234	0.169	0.137

ตารางที่ 5.10 ผลการประเมินค่า ของภาพทดลองที่ 2 เมื่อมีสัญญาณรบกวน

วิธีประเมินผล	$\sigma = 10$	$\sigma = 20$	$\sigma = 30$	$\sigma = 40$
GU	0.954	0.922	0.959	0.979
GC	0.702	0.78	0.82	0.84

สรุป

ในบทนี้ เป็นการนำผลของภาพที่ได้จากการแบ่งแยกส่วนภาพโดยฮิสโทแกรม 3 มิติโดยการใช้ฟังก์ชันเซตเป็นเครื่องวัดเพื่อหาจุด Threshold โดยการใช้ตัวประเมินผลภาพที่ได้ 4 วิธีคือ วิธีแรกเป็นแบบ GU โดยพิจารณาค่า GU ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดจะเป็นภาพที่มีการแบ่งแยกส่วนภาพได้ดีที่สุด วิธีที่ 2 เป็นการประเมินผลแบบ GC เป็นการวัดความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของวัตถุและของฉาก โดยพิจารณาค่าความแตกต่างมากที่สุดจะเป็นการแบ่งแยกที่มีความถูกต้องมากที่สุด วิธีที่ 3 ก็เป็นการประเมินผลด้วยการวัดค่า GC เหมือนกัน แต่เป็นวิธีใหม่ วิธีที่ 4 เป็นการประเมินผลแบบ RUMA เป็นการวัดแบบที่ต้องมีภาพอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและแนวทางการพัฒนาต่อ

6.1 สรุปการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยฮิสโทแกรม 3 มิติและฟัซซีเซต

การแบ่งแยกส่วนภาพเป็นการประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้นที่มีความสำคัญมากอันหนึ่ง เพราะผลของข้อมูลที่ถูกแบ่งแยกออกเป็นเซกเมนต์ จะถูกส่งต่อไปกับการประมวลผลระดับสูงต่อไปเพื่อทำการวิเคราะห์ ข้อมูลภาพในระบบที่ทำงานต่อเนื่องกันและอาจจะรวมไปถึงระบบที่ทำหน้าที่ตัดสินใจ เช่นระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ และการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ ถ้าผลของการแบ่งแยกส่วนภาพมีความผิดพลาด ก็จะต้องส่งผลให้การประมวลผลภาพในระดับสูงมีความผิดพลาดตามไปด้วย ทำให้การทำงานของทั้งระบบโดยรวมไม่มีประสิทธิภาพ จากการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนภาพโดยการใช้ฮิสโทแกรม 3 มิติที่สร้างจากข้อมูลของภาพ และใช้ฟัซซีเซตเป็นเครื่องช่วยในการหาจุด Threshold ที่เหมาะสมในฮิสโทแกรมนี้ ด้วยคุณสมบัติของฮิสโทแกรม 3 มิติที่จัดเรียงข้อมูลภาพให้มีลักษณะเป็นการเรียงลำดับกันของฮิสโทแกรม 1 มิติ โดยที่ฮิสโทแกรม 1 มิติแต่ละอันจะแทนระดับของการเบี่ยงเบนของข้อมูลภาพจากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในข้อมูลภาพนั้นๆ ผลรวมของการจัดเรียงข้อมูลแบบนี้ทำให้ข้อมูลภาพมีลักษณะแยกกันเป็นกลุ่มๆ และครบบริเวณรอยต่อระหว่างกลุ่มระดับสีเทาของข้อมูลภาพก็มีการกระจายตัวไปตลอดแถวของระดับของการเบี่ยงเบนของข้อมูลภาพ ทำให้ความถี่ของบริเวณรอยต่อของกลุ่มข้อมูลในแต่ละระดับเด่นชัดมากขึ้น อีกทั้งยังเกิดรอยต่อขึ้นตามจำนวนกลุ่มของวัตถุที่มีอยู่ในข้อมูลภาพด้วยภาพ ทำให้เลือกจุด Threshold จากการกำหนดทางระดับความเข้มของจุดภาพได้หลายจุด โดยเงื่อนไขของฟัซซีเซตที่กำหนดไว้ใน Fuzzy partition ทำให้ได้ผลของการเป็นการแบ่งแยกส่วนภาพแบบหลายส่วนภาพ และมีความถูกต้องมากขึ้น ในส่วนของการใช้ข้อกำหนดจากการหาค่า Threshold จากแถวของระดับ SD มาช่วยในการแบ่งแยกส่วนภาพ ก็ทำให้แก้ปัญหาในการแบ่งแยกส่วนภาพของข้อมูลภาพที่มีความเข้มของจุดภาพของวัตถุต่างชนิดกันในภาพเดียวกันแต่มีความเข้มในเนื้อวัตถุบางจุดเท่ากัน การใช้ Threshold จากระดับความเข้มของจุดภาพเพียงด้านเดียวไม่สามารถแยกวัตถุออกจากกันได้ ดังการทดลองกับภาพทดลองที่ 7 ผลจากการประเมินค่าในตารางที่ 5.6 ได้ผลของการประเมินค่าความผิดพลาดของภาพทดลองที่ 2 ดังรูปที่ 5.4 (ก) มีค่ามากเนื่องจากข้อมูลภาพของภาพนี้มีการกระจายเป็นแบบโหมคเดียวดังรูปที่ 5.4 (ข) ทำให้จุดแบ่งแยกที่เกิดขึ้นในฮิสโทแกรม 3 มิติไม่เด่นชัด การหาจุด Threshold จึงมีความคลาดเคลื่อนไป ส่วนภาพทดลองที่ 1 ดังรูปที่ 5.3 (ก) มีความคลาดเคลื่อนต่ำมากและภาพการทดลองที่ 3 รูปที่ 4.28 (ก) มีความผิดพลาดค่อนข้างต่ำอยู่ใน

ระดับที่ใช้ได้ ดังนั้นการนำเอาฮิสโทแกรม 3 มิติและพีชชีเซตมาช่วยในการแบ่งแยกข้อมูลภาพจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแบ่งแยกส่วนภาพกับข้อมูลภาพที่มีอยู่จริงในธรรมชาติได้อีกวิธีหนึ่ง

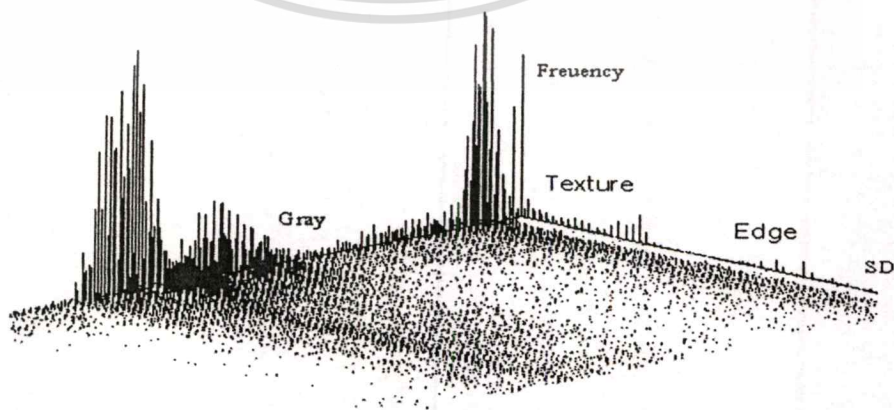
6.2 แนวทางการพัฒนาต่อไป

6.2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งแยก

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งแยกส่วนภาพให้กับฮิสโทแกรม 3 มิติ เราสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มความละเอียดในการจัดกลุ่มข้อมูลให้มากขึ้นกว่าเดิมโดยเพิ่มความละเอียดให้กับการจับเก็บค่า SD ในฮิสโทแกรม 3 มิติให้มากขึ้น จากการทำเมตริกซ์ร่วมในตอนแรก เพื่อความรวดเร็วและประหยัดการใช้หน่วยความจำ จึงได้จัดเก็บค่า SD ไว้ในเมตริกซ์เป็นเลขจำนวนเต็มเท่านั้น คือเก็บค่า เช่น 0, 1, 2, 3, ... ค่า max ของค่า SD แต่ในความเป็นจริง ค่า SD ที่คำนวณได้จากจุดภาพแต่ละจุดของข้อมูลภาพ บางจุดมีค่า SD ที่เป็นเลขจำนวนจริงที่มีจุดทศนิยม ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องการนำวิธีการนี้ไปพัฒนาต่อก็ทศลองกำหนดแถวของ SD ให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าได้ โดยกำหนดเป็น 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, ... ค่า max ของค่า SD ผลจากการเพิ่มความละเอียดในการเก็บค่า SD นี้จะทำให้เมื่อนำทำเมตริกซ์ร่วมกับข้อมูลภาพต้นแบบจะเพิ่มความชัดเจนของบริเวณที่เป็นรอยต่อของกลุ่มข้อมูลให้มากขึ้น ซึ่งช่วยให้การหาจุดแบ่งแยกในกรณีที่ข้อมูลภาพที่มีความแตกต่างกันน้อยๆ ของระดับความเข้มของจุดภาพของวัตถุและของฉากได้ดีขึ้นอีกด้วย

6.2.2 การนำข้อมูลของขอบภาพในฮิสโทแกรม 3 มิติมาช่วยในการแบ่งส่วนภาพ

จากข้อมูลในฮิสโทแกรม 3 มิติ ในรูปที่ 6.1 จากคุณสมบัติของบริเวณที่เป็นเนื้อหาภาพจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันด้วยค่า SD ระดับต่ำระดับหนึ่ง และอยู่ตรงบริเวณที่มีปริมาณการสะสมของจุดภาพมากกว่าบริเวณอื่น ส่วนข้อมูลของขอบภาพจะมีคุณสมบัติที่ตรงข้ามกันคือจะอยู่ตรงบริเวณที่มีค่า SD สูงจนถึงค่าสูงที่สุดที่มีในฮิสโทแกรม 3 มิติ จากคุณสมบัติดังนี้ เราจึงทำการหาขอบภาพจากข้อ



รูปที่ 6.1 แสดงบริเวณที่เป็นเนื้อหาภาพและบริเวณที่เป็นข้อมูลของขอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุลภายในของฮิสโทแกรม 3 มิติได้โดยจากการทดลองกับภาพตัวอย่างของการทดลองดังรูปที่ 6.2 ผลของการหาขอบภาพดังรูปที่ 6.3 โดยการกำหนดค่า Threshold ของข้อมูลที่ระดับค่า SD ที่เท่ากับ 20 จนถึงค่า สูงสุดในฮิสโทแกรม 3 มิติให้เป็นข้อมูลของขอบภาพ เมื่อมีข้อมูลของขอบภาพ ก็สามารถทำการแบ่งแยกส่วนภาพด้วยวิธีการที่เรียกว่า Edge base segmentation ได้ การแบ่งแยกส่วนภาพวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง

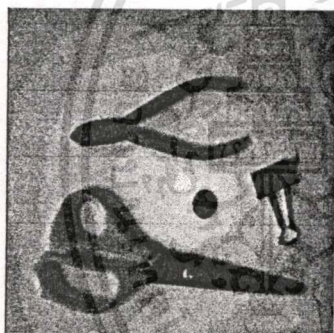


(ก)

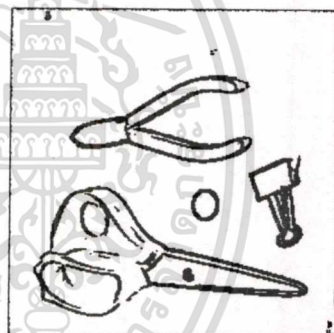


(ข)

รูปที่ 6.2 (ก) ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 1 (ข) ผลของขอบภาพที่ได้

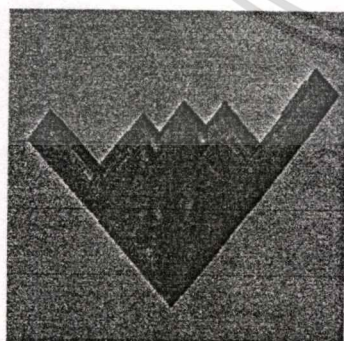


(ก)

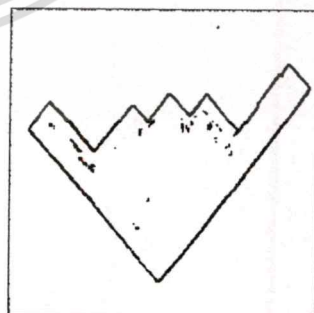


(ข)

รูปที่ 6.3 (ก) ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 2 (ข) ผลของขอบภาพที่ได้



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.4 (ก) ภาพทดลองการหาขอบภาพที่ 3 (ข) ผลของขอบภาพที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.2 (ก) เป็นภาพต้นแบบที่ 1 ได้ทำการทดลองโดยกำหนดค่า Threshold การหาขอบภาพในฮิสโทแกรม 3 มิติที่ระดับ SD ที่ 18 จนถึงค่าสูงสุดได้ผลของการหาขอบภาพเป็นรูปที่ 6.2 (ข) และรูปที่ 6.3 (ก) เป็นภาพต้นแบบที่ 2 ได้ทำการทดลองหาขอบภาพโดยกำหนดค่า Threshold ของการหาขอบภาพในฮิสโทแกรม 3 มิติที่ระดับ SD ที่ 12 จนถึงค่าสูงสุดได้ผลของการหาขอบภาพเป็นรูปที่ 6.3 (ข) และ รูปที่ 6.4 (ก) ได้ผลการหาขอบภาพเป็น รูปที่ 6.4 (ข) การหาจุด Threshold ของภาพทดลองทั้ง 3 ภาพนี้ยังใช้วิธีการกำหนดจุดที่เหมาะสมเองอยู่ ดังนั้นถ้านักวิจัยคนใดสนใจที่จะนำไปพัฒนาต่อก็ทดลองหาเทคนิคที่จะมากำหนดจุด Threshold ที่เหมาะสมดู ก็จะทำให้เป็นการหาขอบภาพแบบอัตโนมัติได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Kittler, J. Illingworth, "Minimum Error Thresholding," Pattern Recognition, Vol. 19, 41-47, 1986.
- [2] T.W. Ridler, and S. Calvard, "Picture Thresholding Using an Iterative Selection Method," IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. SMC-8. 8, pp 630-612, 1978.
- [3] N.Otsu, "A Threshold Method from Gray Level Histogram," IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. 9. 5, pp 62 – 66 ,1992.
- [4] T.Pun, "A New Method for Gray – Level Threshold Using the Entropy of the Histogram," Signal Processing, 2, pp. 223 – 237, 1980.
- [5] J.N. Kapur, P.K. Sahoo, A.K.C. Wong. "A New Method for Gray-Leveled Picture Thresholding Using Entropy of The Histogram," Computer Vision Graphic and Image processing, No. 29, pp273-285, 1979.
- [6] A.D. Brink, "Thresholding of Digital Image Using Two Dimensional Entropies," Pattern Recognition, Vol.25, No.8, pp 803-808, 1992.
- [7] A.S. Abutaleb, "Automatic Thresholding of Gray Level Pictures Using Two Dimensional Entropy," Computer. Vision Graphics Image Process. 47, pp. 22-32, 1989.
- [8] S.W. Zucker, A. Rosenfeld, and L. S. Davis, "Picture Segmentation by Texture Discrimination," IEEE Trans. Computers, C-24, pp. 1228-1233, December 1975.
- [9] Rosenfeld A, Hummel A, Zucker S.W, "Scene Labeling by Relaxation Operation," IEEE trans, Syst, Man Cybern, V SMC-6, pp.420-433, 1976.
- [10] J.F. Canny, "A Computation Approach to Edge Detection," IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell, Vol.8, No. 6, pp. 679-698, 1986.
- [11] S.K. Pal and A. Rosenfeld, "Image Enhancement and Thresholding by Optimization of Fuzzy Compactness," Pattern recognition lett, vol. 7, pp. 77-86, 1988.
- [12] Wayne Niblack, "An Introduction to Digital Image Processing," Prenticehall, 1986.
- [13] H.D. Cheng, Jim Rong Chen and Jigung Li, "Threshold Selection Base on Fuzzy c-Partition Entropy Approach," Pattern recognition, Vol. 31, No. 7, pp. 857-870, 1998.
- [14] L.A. Zadeh, "Probability Measures of Fuzzy Event," J. Math Anal, Appl, No.23, pp. 421-427, 1968.
- [15] L.K. Huang, M.j.j. Wang, "Image Thresholding by Minimizing the Measures of Fuzziness," Pattern Recognition, Vol. 30, pp. 1605-1613, 1997.

- [16] L.A.Zadeh , Fuzzy Sets and their Application to Cognitive and Decision Processes .pp 1-39. Academic Press,London (1975).
- [17] Deluca and S. Termini, "A Definition of a Non-Probabilistic Entropy in the Setting of Fuzzy Set Theory," Int. Control, No.20, pp. 301-312, 1972.
- [18] Y.J. Zhang, "A Survey on Evaluation Methods for Image Segmentation," Pattern Recognition, Vol. 29, No. 8, pp. 1335-1346, 1996.
- [19] M.D. Levine and A. Nazif, " Dynamic measurement of computer generated image segmentations, IEEE Tran. Patt. Anal. Machine Intell, Vol. PAMI-7, No 2, 155-164, 1985.
- [20] Y. J. Zhang and J.J. Gerbrands, "Objective and Quantitative Segmentation Evaluation and Comparison," Signal Processing, No. 39, pp. 43-54, 1977.
- [21] Sang Uk Lee and Seok Yoon Chung, "A Comparative Performance Study of Several Global Thresholding Techniques for Segmentation," Computer Vision Graphic and Image Processing, 52, pp. 171-190, 1990.
- [22] Joan S. Weska and Azriel Rosenfeld, "Threshold Evaluation Techniques" IEEE Tranactions on Systems Man and Cybernetics, Vol. Smc-8, No 8, pp 62 – 66 ,1978.

ประวัติผู้เขียน

นายวิชา สิทธิเวช เกิดเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2496 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ, วิชา สิทธิเวช, การเชกเม้นต์ภาพแบบอัตโนมัติโดยการใช้ฮิสโทแกรม 3 มิติ, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 พ.ศ. 2543.
2. กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ, วิชา สิทธิเวช, การเชกเม้นต์ภาพโดยการใช้พีชคณิตและฮิสโทแกรม 3 มิติ, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 พ.ศ. 2544, หน้า 35-42.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้