

การแยกส่วนภาพโดยใช้หลักการแมปिंगเป็นลำดับขั้น

IMAGE SEGMENTATION BASED ON HIERARCHICAL MAPPING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ปริญญาโท สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9700-07-1

การแยกส่วนภาพโดยใช้หลักการแมปปิงเป็นลำดับชั้น

IMAGE SEGMENTATION BASED ON HIERARCHICAL MAPPING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

ไว้สำหรับการใช้ ISBN 974-9709-07-1 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ป
งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

IMAGE SEGMENTATION BASED ON HIERARCHICAL MAPPING



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

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ออกจากรีpositor เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ISBN 974-9709-07-1



COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสาร KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG นี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแยกส่วนภาพโดยใช้หลักการแมปปิงเป็นลำดับชั้น
นักศึกษา	นายอภิวัฒน์ จันทร์ตา
รหัสประจำตัว	45061051
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2547

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์

บทคัดย่อ

การแยกส่วนภาพ เป็นกระบวนการแรกที่สำคัญ ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพในลำดับอื่นๆ ต่อไป ไม่ว่าจะเป็นการสืบค้นภาพจากฐานข้อมูล การวิเคราะห์ประมวลผลรู้จำภาพ วิทยานิพนธ์นี้จะเสนอวิธีการแยกส่วนภาพด้วยเทคนิคการขยายขอบเขตของพื้นที่ร่วมกับการแยกส่วนแบบพีระมิด ซึ่งมีขั้นตอนเริ่มต้นด้วยการสร้างภาพจากต้นฉบับให้มีขนาดต่างๆ ในลักษณะคล้ายพีระมิด แล้วนำภาพที่มีขนาดเล็กที่สุด มาทำการควอนไทซ์สีของภาพ เพื่อจำแนกแบ่งกลุ่มสีให้เหลือจำนวนน้อยลง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการแยกส่วนภาพโดยอาศัยเทคนิคการหาลายภาพที่เรียกว่า JSEG และตามด้วยการรวมพื้นที่เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ของการแยกส่วนภาพอีกครั้ง แล้วจึงแมปภาพผลลัพธ์ จากลำดับบนสุดของพีระมิดลงมาด้วยวิธีการจัดกลุ่มเพื่อหาขอบของพื้นที่เหล่านั้น โดยอาศัยลักษณะคุณสมบัติเฉพาะบางส่วนและทั้งหมดของพื้นที่ จนแมปไปถึงภาพต้นฉบับที่อยู่ในระดับล่างสุด และด้วยการใช้เทคนิคที่ได้นำเสนอตั้งกล่าวนี้ ไม่เพียงแต่จะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลให้น้อยลงแล้ว ยังสามารถช่วยลดปัญหาการเกิดพื้นที่ที่ถูกแยกส่วนออกมามากเกินไปได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้นวิธีการแมปปิงที่นำเสนอยังเป็นอิสระต่ออัลกอริทึมการแยกส่วนที่ถูกใช้กับภาพในลำดับชั้นบนสุดของพีระมิดอีกด้วย นอกจากนี้แล้วผลลัพธ์ของการทดลองยังแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องแม่นยำและประสิทธิภาพ ว่าสามารถทำงานได้ดีกับภาพหลากหลายประเภท อีกทั้งการเพิ่มลำดับชั้นของพีระมิดที่มากขึ้นก็จะยิ่งช่วยลดเวลาในการประมวลผลให้น้อยลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Image Segmentation Based on Hierarchical Mapping
Student	Mr.Apimun Junda
Student ID	45061051
Degree	Master of Engineering
Programme	Computer Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Dr.Orachat Chitsobhuk

ABSTRACT

Image segmentation is one of the most challenging problems and important steps in many image processing and computer vision tasks. In this thesis, an efficient image segmentation technique is presented, which combines an image segmentation algorithm with pyramidal approach to form a scale space representation. First, the coarsest level of pyramidal image is quantized to coarse color space. Then, the segmentation is achieved using JSEG algorithm followed by region merging for further refinement. Finally, hierarchical mapping is performed to determine region boundaries in a coarse-to-fine manner using combined global and local features until the final segmentation is accomplished. The multi-resolution approach of the proposed algorithm not only offers a significant reduction in computational cost, but also helps reducing the over-segmentation problem of traditional region growing and watershed techniques. Moreover, the segmentation algorithm used at each level is independent from a segmentation kernel, which provides a flexible scheme for changing the appropriate kernel to associate with each individual image. The experimental results show good segmentation performance over a variety of images, also great reduction in the amount of processing time.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อรรถธร จิตต์โสภาคย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ มูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร (C&C Education Foundation) ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่น้องนักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ อีกทั้งยังเป็นกำลังใจที่ดีอย่างใกล้ชิดตลอดมา

คุณงามความดีและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดามารดา และพี่สาวอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

อภิวัฒน์ จันทร์ตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	3
1.7 สมมติฐานของภาพต้นฉบับที่จะนำมาแยกส่วนภาพ	3
1.7.1 สมมติฐานขั้นพื้นฐานของภาพต้นฉบับ	4
1.7.2 สีของภาพต้นฉบับ	5
1.7.3 ลักษณะลายภาพ	5
1.7.4 ขนาดของวัตถุหรือพื้นที่ที่สนใจ	5
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกส่วนภาพ	6
2.1 งานวิจัยในสาขาการแยกส่วนภาพในปัจจุบัน	6
2.1.1 การแยกส่วนภาพด้วยวิธีกำหนดค่าพารามิเตอร์	6
2.1.2 การแยกส่วนด้วยวิธีแบ่งกลุ่มสี	7
2.1.3 การแยกส่วนด้วยเทคนิค Morphological watershed	8
2.1.4 การแยกส่วนในภาพประเภท Contour-based หรือ Edge-based	8
2.1.5 การแยกส่วนในภาพประเภท Region splitting and merging	9
2.1.6 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Seed Region Growing (SRG)	10
2.1.7 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Edge flow and Curve evolution	10
2.1.8 การแยกส่วนในภาพด้วยวิธี Hybrid Technique	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

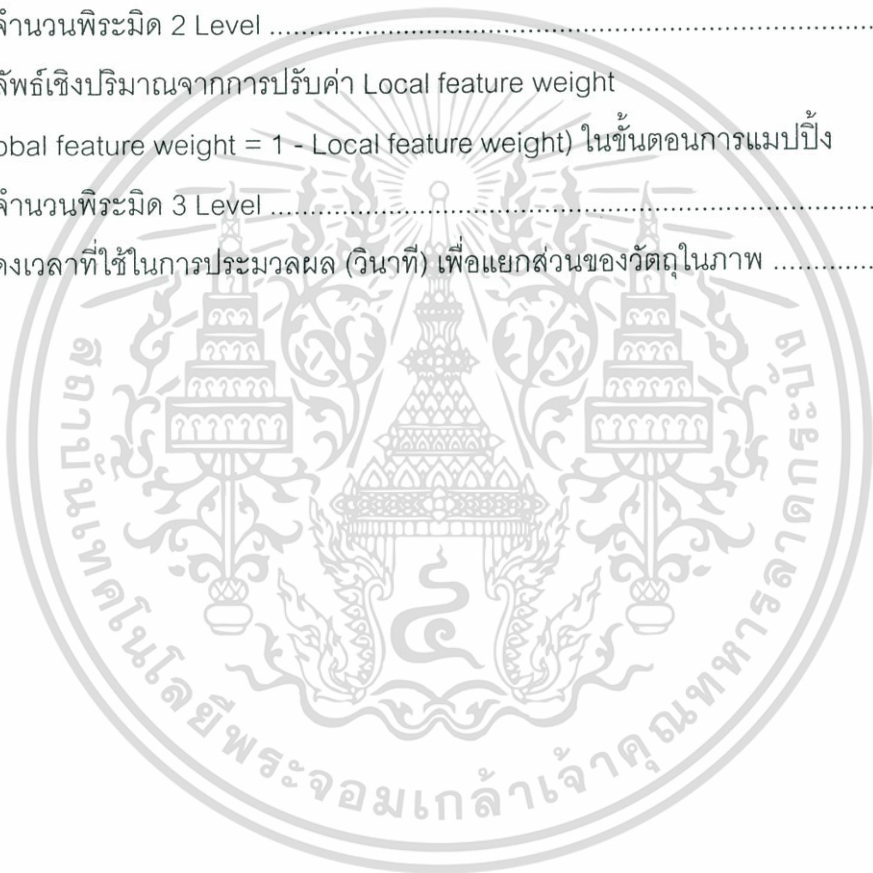
หน้า

2.2	เทคนิคการแยกส่วนในภาพที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย	12
2.3	การประเมินผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพเชิงปริมาณ	14
บทที่ 3	เทคนิคการแยกส่วนภาพที่งานวิจัยนี้นำเสนอ	17
3.1	ประเภทของลักษณะพื้นที่ที่ประกอบอยู่ในภาพ	17
3.2	ขั้นตอนการแยกส่วนภาพ	17
3.3	การเตรียมภาพในลักษณะพิกเซล	19
3.4	การควอนไทซ์สีของภาพ	20
3.5	การแยกส่วนภาพด้วยอัลกอริทึมประเภท Spatial domain	22
3.6	การรวมพื้นที่เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพ	26
3.7	การแมปปิ้งเป็นลำดับชั้นของผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพ	27
บทที่ 4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์	29
4.1	การทดลองเลือกเทคนิค Re-sampling Function เพื่อสร้างภาพลักษณะพิกเซล ..	30
4.2	การทดลองกำหนดค่า Threshold สำหรับขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพ	34
4.3	การทดลองหาค่า Threshold สำหรับขั้นตอนการรวมพื้นที่ (Region Merge)	42
4.4	การทดลองประเมินค่า weight ของ feature สำหรับขั้นตอนการแมปปิ้ง	47
4.5	การวัดผลในเชิงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม (Performance Evaluation)	49
	การประเมินคุณภาพของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพเชิงปริมาณ	50
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	53
5.1	สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย	53
5.2	ปัญหาและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไปของงานวิจัย	56
	เอกสารอ้างอิง	60
	ภาคผนวก ตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการทดลอง	63
	ประวัติผู้เขียน	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างภาพประกอบการกำหนดสมมติฐานของภาพต้นฉบับที่จะนำมาประมวลผล	5
4.1 การแยกกลุ่มประเภทของภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง	29
4.2 ค่า Threshold (T_D) ของการควอนไทซ์สีที่ประเมินได้จากการทดลอง	41
4.3 เปรียบเทียบค่าจุดตัดของ Threshold (T_M) จากกราฟในรูปที่ 4.19 - 4.21	45
4.4 ผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Local feature weight (Global feature weight = 1 - Local feature weight) ในขั้นตอนการแมปปิ้ง ที่มีจำนวนพิกเซล 2 Level	47
4.5 ผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Local feature weight (Global feature weight = 1 - Local feature weight) ในขั้นตอนการแมปปิ้ง ที่มีจำนวนพิกเซล 3 Level	48
4.6 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที) เพื่อแยกส่วนของวัตถุในภาพ	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตัวอย่างภาพประกอบการกำหนดสมมติฐานของภาพต้นฉบับที่จะนำมาประมวลผล	5
2.1 ตัวอย่างผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพด้วยวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์	7
2.2 การแยกส่วนในภาพโดยใช้เทคนิคประเภทการแบ่งกลุ่มสีให้เหลือจำนวนน้อยลง	7
2.3 ผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการประเภท Morphological watershed	8
2.4 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคประเภท Contour-based หรือ Edge-based	9
2.5 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Region splitting and Merging	9
2.6 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Seeded Region Growing	10
2.7 การแยกส่วนในภาพโดยใช้เทคนิค Edge flow และ Curve evolution	11
2.8 ตัวอย่างผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพโดยใช้วิธี Hybrid technique ที่อ้างอิงไว้ใน [21]	11
2.9 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพโดยใช้ JSEG ร่วมกับเทคนิค SRG	12
2.10 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแยกส่วนแบบ manual ด้วยมนุษย์ 3 คน ตามความต้องการ ของแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน (Different subjective tasks)	14
2.11 ตัวอย่างการประเมินค่าผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพที่ได้ Region ในลักษณะต่างๆ	16
3.1 ตัวอย่างประเภทของพื้นที่ในกรอบสี่เหลี่ยมทั้ง 5 ประเภท	17
3.2 ไดอะแกรมแสดงลำดับขั้นตอนการแยกส่วนภาพด้วยเทคนิคที่งานวิจัยนี้นำเสนอ	18
3.3 โครงสร้างภาพในลักษณะของพีระมิดจากภาพต้นฉบับไปจนถึงภาพในลำดับขั้นบนสุด	19
3.4 ตัวอย่างการควอนไทซ์สีของภาพให้จำนวนกลุ่มสีเหลือน้อยลงตามลำดับ	21
3.5 แสดงการแยกส่วนใน class-map และค่า J ของแต่ละ class-map	23
3.6 ตัวอย่างภาพ J -image ที่ได้จากการคำนวณ	24
3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการรวมพื้นที่โดยตั้งค่า Threshold parameter ต่างๆ กัน	26
3.8 การแยกส่วนเฉพาะบริเวณขอบของพื้นที่ (Local edge clustering) ที่ถูกแมปมาโดยตรง ...	27
3.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การแมปปิ้งเฉพาะบริเวณขอบของพื้นที่โดย feature แบบต่างๆ	28
4.1 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ถูกย่อขนาด เล็กลงเหลือ 50% (Level 1 of pyramidal image) ด้วย Re-sampling function แบบ ต่างๆ กับการแยกส่วนในภาพโดยตรงแบบ Manual	30
4.2 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ถูกย่อขนาด เล็กลงเหลือ 25% (Level 2 of pyramidal image) ด้วย Re-sampling function แบบ ต่างๆ กับการแยกส่วนในภาพโดยตรงแบบ Manual	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3	กราฟแสดงผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพที่ถูกย่อขนาดเล็กลงเหลือ 25% โดยเลือกภาพในกลุ่มย่อยที่นำมาเฉลี่ยเป็นกราฟของ Building ได้แก่ Architecture, Monument และ Sculpt และกราฟของ Plant ได้แก่ Flower, Garden และ Tree 32
4.4	ตัวอย่างภาพที่ได้จากการแยกส่วนในภาพที่มีการย่อขนาดลงเหลือ 50% จากภาพต้นฉบับด้วยเทคนิคการ Re-sampling ในแบบต่างๆ โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งในเชิงปริมาณและลักษณะรูปร่างของพื้นที่กับการแยกส่วนแบบ Manual 33
4.5	กราฟแสดงผลการเฉลี่ยค่าในทุกกลุ่มภาพรวมกัน จากผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพ โดยแยกเป็นภาพที่ถูกย่อขนาดเล็กลงเหลือ 50% (รูปที่ 4.1) และ 25% (รูปที่ 4.2) 33
4.6	เปรียบเทียบตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค JSEG กับการแยกส่วนด้วยเทคนิคของงานวิจัยที่มีจำนวนภาพในพีระมิด 2 ชั้น และมีการย่อขนาดภาพลงเหลือ 50% โดยใช้ค่า Threshold แบบตายตัวที่นำเสนอโดยเทคนิค JSEG 34
4.7	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ภาพวาดศิลปะ (Art) 35
4.8	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building) 36
4.9	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature) 36
4.10	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff) 36
4.11	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท มนุษย์ (Human) 37
4.12	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท สิ่งของและเครื่องยนต์ (Material) 37
4.13	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท วิศวกรรมชาติ (Natural) 37
4.14	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ดอกไม้และต้นไม้ (Plant) 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท พื้นผิวและลายภาพ (Texture) 38
4.16	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพทุกๆ ประเภท (All Category) เฉลี่ยรวมกัน 38
4.17	เปรียบเทียบตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกส่วนในภาพ โดยรูป (a), (b), (c) และ (d) ได้จากการกำหนดค่า Threshold ในช่วงแคบๆ ที่ทำให้ได้ค่า Evaluation percentage น้อยที่สุด ส่วนรูป (e), (f), (g) และ (h) ได้จากการกำหนดค่า Threshold ที่เลือกเอาเฉพาะช่วงที่ให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นช่วงที่กว้างที่สุด 39
4.18	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการปรับค่า Threshold ของการรวมพื้นที่ในระดับที่ต่างกัน 42
4.19	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_O) สำหรับภาพในกลุ่มย่อยของแต่ละประเภท 43
4.20	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_O) สำหรับภาพแต่ละประเภท 44
4.21	กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_O) สำหรับการเฉลี่ยรวมกันของภาพทุกประเภท ...44
4.22	กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ด้วยวิธีต่างๆ 46
4.23	ตัวอย่างผลลัพธ์ของการแมปिंगที่กำหนดค่า Local feature weight ที่ระดับต่างกัน47
4.24	เปรียบเทียบผลลัพธ์การแมปिंगที่กำหนดค่า Local feature weight ที่ระดับต่างกัน 48
4.25	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองแยกส่วนในภาพขนาด 800x600 พิกเซล 50
4.26	ตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคต่างๆ 50
4.27	กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณด้วยการใช้เทคนิคต่างกันเพื่อทำการแยกส่วนในภาพที่มีการแบ่งประเภทของรูปภาพที่นำมาทดลอง 51
4.28	กราฟค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์เชิงปริมาณด้วยการใช้เทคนิคต่างกันเพื่อแยกส่วนในภาพ 51
4.29	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองแยกส่วนในภาพ ด้วยเทคนิค Manual, Thresholding and VQ, JSEG และ เทคนิคของงานวิจัยโดยใช้ค่าพารามิเตอร์แบบ Threshold เฉพาะกลุ่มภาพ 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.1	
เปรียบเทียบการหาค่า measure J ของ window ที่วางอยู่บนภาพของตำแหน่งที่มีพื้นที่ในลักษณะของลายภาพเดียวกันแต่นำมาใช้ภาพที่มีขนาดต่างกันของภาพในลักษณะพหุระมิต	54
5.2	
เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพเฉพาะบริเวณขอบของวัตถุ ระหว่างเทคนิคการแมปปีงที่นำเสนอในรูป (c) กับเทคนิคการแมปในรูป (b) และการแยกส่วนโดยตรงในรูป (a)	56
5.3	
ตัวอย่างผลลัพธ์ที่เกิด propagation effect ทำให้มีข้อผิดพลาดเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแมปปีงผลลัพธ์จากลำดับชั้นบนสุดในพหุระมิต (Level 3) จนถึงภาพต้นฉบับ (Level 0)	57
5.4	
ตัวอย่างการเกิดผลลัพธ์ที่ผิดพลาดของเทคนิคการแมปปีงที่ใช้เพียงแค่ basic-feature	57
5.5	
ตัวอย่างผลลัพธ์จากการรวมพื้นที่โดยอาศัย color histogram เป็น feature ของแต่ละพื้นที่และทำการกำหนดค่า Merging Threshold (T_M) ที่ต่างกัน	58
5.6	
ตัวอย่างการเกิด Under-segmentation ของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพที่มีขอบของพื้นที่ในบางส่วนที่ไม่ชัดเจน ในบริเวณที่แสดงโดยเส้นประ	59

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแยกส่วนภาพ เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมวลผลรูปภาพอีกสาขาหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาและทำการวิจัยกันอย่างต่อเนื่องมานานพอสมควร ทั้งนี้เนื่องจากการแยกส่วนภาพนั้น เป็นกระบวนการแรกที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อที่จะนำภาพที่ได้ไปเป็นอินพุตสำหรับการพัฒนางานวิจัยในสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ ไม่ว่าจะเป็น กระบวนการวิเคราะห์และรู้จำภาพ (Image analysis and recognition), การสืบค้นและการค้นคืนรูปภาพ (Image searching and retrievals), การแยกกลุ่มประเภทของภาพ (Image Classification), รวมไปถึงจนถึงการประมวลผลที่เกี่ยวกับงานวิจัยด้านวิดีโอ จึงทำให้มีเทคนิคและวิธีการใหม่ๆ ที่ถูกคิดค้นขึ้นมาจำนวนมาก เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของระบบอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีวิธีการใดที่ได้รับความนิยม รวมทั้งยังไม่สามารถหาเทคนิคที่ทำงานให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกับภาพทุกๆ ประเภท โดยเฉพาะกับภาพที่ประกอบไปด้วยพื้นที่ในลักษณะที่เรียกว่าลายภาพ (Texture) คือพื้นที่ที่มีรูปแบบการกระจายตัวของพิกเซลสีในลักษณะเฉพาะตัว อันยังเป็นเรื่องที่ท้าทายให้นักวิจัยพยายามคิดค้นหาวิธีการแยกส่วนของลายภาพเหล่านั้นออกมาให้ได้ ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ยังคงทำให้นักวิจัยในสาขานี้มีความน่าสนใจสำหรับนักวิจัยอีกต่อไป และความน่าสนใจอีกประเด็นหนึ่งของงานวิจัยสาขานี้ ก็คือเวลาจำนวนมากที่ถูกใช้ไปในการประมวลผลรูปภาพ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามมา ได้มีการนำเอาหลาย ๆ วิธีที่มักจะเป็นเทคนิคการแยกส่วนในเชิงสเปเชียล (Spatial segmentation) และโดยส่วนมากแล้วเทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเหล่านี้ ก็มักจะต้องมีความซับซ้อนของอัลกอริทึมมากขึ้น จนเป็นผลทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการประมวลผลมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องประมวลผลภาพที่มีขนาดใหญ่ที่มีความละเอียดสูง จึงทำให้นักวิจัยนำเสนอแนวคิดการแยกส่วนแบบพหุระมิต [1, 2, 3, 4] ที่สามารถช่วยลดเวลาในการประมวลผลลงได้ อย่างไรก็ตามเทคนิคเหล่านั้นยังต้องอาศัยข้อมูลจากการแยกส่วนในระดับบนสุดของพหุระมิต เพื่อทำการแมปผลลัพธ์ไปยังภาพในระดับล่าง รวมทั้งการใช้เพียง Basic global feature ของเทคนิคดังกล่าวซึ่งไม่สามารถ represent พื้นที่ในลักษณะ Texture ได้ เป็นผลทำให้เกิดการ Track ขอบที่ไม่แม่นยำในภาพระดับล่างลงไปด้วย นอกจากนั้นแล้วอัลกอริทึมส่วนมากที่คิดขึ้นมา ก็มักจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับแต่ละภาพ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดกับภาพนั้นๆ โดยนักวิจัยต้องพยายามหาวิธีที่จะมากำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ เพื่อให้อัลกอริทึมสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ อันเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญในงานวิจัยสาขานี้ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 งานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการแยกส่วนภาพ เพื่อระบุ ตำแหน่ง รูปร่าง ของวัตถุที่สนใจ ในภาพโดยสามารถแยกพื้นที่ที่ห้ได้สีและลายภาพ
- 1.2.2 ประยุกต์ใช้เทคนิคการแยกส่วนภาพด้วยเทคนิค spatial segmentation เพื่อให้สามารถแยกพื้นที่อันอยู่ในลักษณะของลายภาพได้ดีขึ้น
- 1.2.3 ประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบพหุระมิตเข้ามาช่วย เพื่อพยายามลดเวลา ในการประมวลผลภาพให้น้อยลงกว่าการแยกส่วนโดยตรงกับภาพต้นฉบับ
- 1.2.4 ศึกษาวิจัยวิธีการแมปปีงผลลัพธ์จากภาพลำดับบนสุดของพหุระมิต เพื่อหาขอบของแต่ละพื้นที่บนภาพในลำดับชั้นที่มีขนาดภาพใหญ่กว่า โดยที่วิธีแมปผลลัพธ์นั้น จะต้องเป็นอิสระจากอัลกอริทึมการแยกส่วนที่ถูกใช้กับภาพในลำดับบนสุดของพหุระมิต
- 1.2.5 ประเมินประสิทธิภาพและวัดคุณภาพในเชิงปริมาณ รวมทั้งสรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพของงานวิจัย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาในเบื้องต้นของงานวิจัยอื่นๆ ในปัจจุบันที่เกี่ยวกับการแยกส่วนภาพนั้น พบว่าพื้นที่ในภาพที่เป็นสีเดียวกันหรือสีใกล้เคียงกันตลอดทั้งพื้นที่นั้น สามารถใช้อัลกอริทึมประเภทแบ่งกลุ่มสี (color clustering) แยกพื้นที่เหล่านั้นออกมาได้ แต่สำหรับพื้นที่ในลักษณะที่เรียกว่าลายภาพควรที่จะใช้อัลกอริทึมเพื่อประเมินการกระจายตัวของพิกเซลสี เพื่อรวมกลุ่มเอาพื้นที่ของลายภาพดังกล่าวนี้เข้าด้วยกัน โดยจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยอื่นๆ ก็ได้มีนักวิจัยที่นำเสนอเทคนิคเพื่อประเมินการกระจายตัวของพิกเซลสีที่เรียกว่า "JSEG" (เจเซ็ก) ซึ่งให้ผลลัพธ์การแยกส่วนได้ดีกับภาพหลากหลายประเภทและโดดเด่นกว่างานวิจัยอื่นที่เคยนำเสนอมา ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่เลือกเอาเทคนิคของ JSEG มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ด้วยเช่นกัน

เมื่อการแยกส่วนของพื้นที่ในภาพ ได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจตามสมมติฐานดังกล่าวไว้ก่อนหน้านั้นแล้ว จึงเหลือเป้าหมายอีกประเด็นหนึ่งของงานวิจัยนี้ก็คือความพยายามที่จะลดเวลาในการประมวลผลให้น้อยลง ซึ่งสมมติฐานในประเด็นนี้จะบรรลุเป้าหมายลงได้โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบพหุระมิต ที่จะใช้เวลาในการประมวลผลภาพในขนาดที่เล็กกว่าภาพต้นฉบับ อันน่าจะเป็นผลทำให้เวลาที่ถูกใช้ไปในการประมวลผลภาพนั้น น้อยลงตามไปด้วย ทั้งนี้วิธีการแมปปีงผลลัพธ์ในแต่ละลำดับชั้นของพหุระมิตก็เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะทำให้ได้ขอบของพื้นที่บนภาพในลำดับชั้นที่มีขนาดใหญ่กว่านั้น จะมีความแม่นยำมากหรือน้อย โดยงานวิจัยนี้เชื่อว่าการใช้ feature ทั้งในแบบ Global และ Local ร่วมกันนั้นจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ของการแมปที่ถูกต้อง มากกว่าการใช้เพียง Global feature ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อที่จะให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้อาศัยแนวความคิดและหลักการแยกส่วนของวัตถุในภาพ อันประกอบไปด้วยทฤษฎีการควอนไทซ์สี (Color Quantization) เพื่อรวมกลุ่มของพื้นที่ อันประกอบไปด้วยพิกเซลสีเดียวกันหรือใกล้เคียงกันหรืออยู่ในลักษณะของการไล่ระดับเฉดสีตลอดทั้งพื้นที่ และใช้อัลกอริทึมการขยายพื้นที่ (Region Growing) เพื่อแยกเอาส่วนพื้นที่ ที่เป็นลายภาพในกลุ่มเดียวกันออกมา ด้วยการใช้เทคนิคที่เรียกว่า JSEG โดยงานวิจัยนี้จะนำเอาเทคนิคทั้งสอง มาประยุกต์ใช้กับหลักการเซ็กเมนต์ที่มีการประมวลผลแบบเป็นลำดับชั้น (Hierarchical Segmentation) หรือที่เรียกว่าการเซ็กเมนต์แบบพีระมิด (Pyramid Segmentation) เพื่อช่วยลดเวลา ด้วยการประมวลผลในภาพที่มีขนาดเล็กกว่าภาพต้นฉบับ แล้วจึงใช้ทฤษฎีประเภทการจัดกลุ่มสี (Color Clustering) มาช่วยแมป (Mapping) ผลลัพธ์จากภาพขนาดเล็กไปยังภาพในลำดับชั้นถัดไปที่มีขนาดใหญ่กว่า จนกระทั่งได้ผลลัพธ์สุดท้ายปรากฏไปยังภาพต้นฉบับ

รายละเอียดของทฤษฎีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในส่วนตอนต่างๆ ของงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะประกอบไปด้วยแนวคิดหรืออัลกอริทึมหลายๆ ขั้นตอนร่วมกัน เช่น การควอนไทซ์สีจะอาศัยหลักการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization) โดยนำมาประยุกต์ใช้กับ Modified General Lloyd Algorithm (GLA) รวมถึงการใช้เทคนิค Peer Group Filtering (PGF) เพื่อช่วยกำจัด noise นอกจากนั้นแล้วยังมีทฤษฎี Agglomerative method ที่ถูกนำมาใช้สำหรับการรวมพื้นที่หลังจากกระบวนการขยายพื้นที่ (Region Growing) นอกเหนือจากทฤษฎีเหล่านี้แล้ว การดำเนินงานวิจัยนี้ยังต้องอาศัยทฤษฎีและความรู้พื้นฐานทางด้านการประมวลผลภาพ (Image Processing) และเทคนิค Implementation เช่น Image convolution, Image Transformation, Image filtering, Local window processing รวมทั้งทักษะทางด้าน Computer programming อันจะช่วยทำให้กระบวนการวิจัยดำเนินต่อเนื่องกันไปได้อย่างดี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยเพื่อพิสูจน์สมมติฐานของงานวิจัย ด้วยแนวความคิดที่นำเสนอขึ้นมาเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการแมปอิงที่ใช้กับเทคนิคการประมวลผลภาพแบบพีระมิด ซึ่งพยายามที่จะแสดงให้เห็นว่า เทคนิคที่งานวิจัยนี้นำเสนอขึ้นมานั้นสามารถที่จะ ช่วยลดเวลาในการประมวลผลด้วยการแยกส่วนกับภาพในขนาดที่เล็กกว่าภาพต้นฉบับ และช่วยให้กระบวนการแมปอิงสามารถทำงานได้โดยเป็นอิสระจากอัลกอริทึมที่ถูกใช้แยกส่วนกับภาพในลำดับชั้นที่มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่งเป็นข้อจำกัดอีกประเด็นหนึ่งของงานวิจัยอื่นๆ นอกจากนั้นแล้วจะนำเสนอการใช้เทคนิค combined features ซึ่งจะช่วยให้ผลลัพธ์ของการแมป ได้ขอบของพื้นที่ที่แม่นยำกว่าการใช้ global features เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ชั้นตอนของการศึกษา

- 1.6.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ว่าต้องการนำเสนอหรือศึกษางานวิจัยในหัวข้อนี้มากน้อยแค่ไหนและอย่างไร
- 1.6.2 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัย ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่เกี่ยวข้องกับ การแยกส่วนในภาพ แล้ววิเคราะห์ ข้อดี ข้อด้อย และประเด็นที่น่าสนใจของงานวิจัยอื่นๆ ที่สามารถนำมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ได้
- 1.6.3 ตั้งสมมติฐานของการศึกษาและกำหนดวงแนวความคิดของงานวิจัย โดยมีการอ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
- 1.6.4 เตรียมฐานข้อมูลภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับ การวิจัย โดยฐานข้อมูลดังกล่าวนี้ จะประกอบไปด้วยภาพสีในหลากหลายชนิด เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบที่วิจัยได้อย่างเหมาะสม
- 1.6.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดลองแยกส่วนของวัตถุในภาพ ด้วยอัลกอริทึมการประมวลผลภาพซึ่งเป็นไปตามแนวคิดที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ
- 1.6.6 ทำการทดลองแยกส่วนภาพด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา กับฐานข้อมูลภาพที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยในขณะที่ทำการทดลองนั้น จะเก็บข้อมูลและผลลัพธ์ของทุกๆ ขั้นตอนเอาไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงงานวิจัยต่อไป
- 1.6.7 นำผลลัพธ์จากการทดลองมาวิเคราะห์และประเมินงานวิจัย ทั้งในแง่ของคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ แล้วสรุปผลเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย

1.7 สมมติฐานของภาพต้นฉบับที่จะนำมาแยกส่วนภาพ

ในงานวิจัยนี้ ได้มีการกำหนดเงื่อนไขที่เกี่ยวกับลักษณะของภาพต้นฉบับที่จะถูกนำมาประมวลผลสำหรับการแยกส่วนภาพเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีนั้น ควรจะต้องมีคุณสมบัติที่ตั้งอยู่ในสมมติฐานดังต่อไปนี้

1.7.1 สมมติฐานขั้นพื้นฐานของภาพต้นฉบับ (Basic assumption)

แต่ละขอบเขต (Boundaries) ที่ไม่ใช่พื้นที่ส่วนเดียวกัน จะต้องประกอบไปด้วย สี หรือ Texture ที่มีแตกต่างกันตามแต่วัตถุนั้นๆ ซึ่งเป็นสมมติฐานขั้นพื้นฐานของอัลกอริทึมในงานวิจัยประเภทนี้อยู่แล้ว ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1(a) ที่วัตถุมีลักษณะของสีและลายภาพที่แตกต่างไปจากพื้นหลังอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7.2 สีของภาพต้นฉบับ (Color of original image)

ข้อมูลสีในแต่ละพื้นที่ของภาพ จะต้องสามารถแทนด้วยสีใดๆ ก็ตามที่ได้จากการทำควอนไทซ์สีให้หายบางลง โดยถ้าหากว่าสีในภาพต้นฉบับไม่มีความใกล้เคียงกับสีที่ได้จากการควอนไทซ์ ก็จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่ดี ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1(b) ซึ่งเกิดจากการควอนไทซ์แบบ Uniform กับรูปที่ 1.1(a) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการควอนไทซ์ด้วยอัลกอริทึม [9] ซึ่งเป็นการจำแนกค่าสีกลุ่มต่างๆ ที่เป็นสีส่วนมากของภาพออกมา จึงให้ผลลัพธ์ที่ได้เกิดความผิดเพี้ยนน้อยมาก และทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง เมื่อทดสอบกับภาพที่เป็นฉากประเภทธรรมชาติ

1.7.3 ลักษณะลายภาพ (Texture and Pattern)

ลักษณะของพื้นที่ในส่วนที่เป็นลายภาพ texture หรือ pattern ควรที่จะกระจายตัวอย่างมีรูปแบบ (uniformly distribution) สมมติฐานนี้เป็นเงื่อนไขสืบเนื่องมาจากอัลกอริทึม JSEG [30, 31] ที่ถูกเลือกใช้เพื่อทำการแยกส่วนวัตถุในภาพ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1(c) จะเห็นว่าสีของใบไม้มีการกระจายตัวของพิกเซลสีในกลุ่มเดียวกันอย่างหนาแน่น ซึ่งจะเป็นผลทำให้การประเมินลายภาพด้วย JSEG นั้นได้ผลดีตามไปด้วย

1.7.4 ขนาดของวัตถุหรือพื้นที่ที่สนใจ (Region of interest size or Object size)

พื้นที่ของวัตถุที่เราต้องการจะแยกส่วนออกมาจากภาพต้นฉบับ จะต้องมีขนาดเป็นอย่างน้อย 10% ของขนาดภาพที่จะนำมาประมวลผล ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการเช็คเมนต์แบบพริเซมิต ซึ่งได้ทดสอบกับภาพหลากหลายประเภทแล้วว่าสมมติฐานนี้เป็นจริง แต่ถ้าหากว่าวัตถุมีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดดังตัวอย่างในรูปที่ 1.1(d) ก็อาจจะทำให้ไม่ได้พื้นที่ข้างขนาดเล็กที่อยู่ตรงกลาง



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างภาพประกอบการกำหนดสมมติฐานของภาพต้นฉบับที่จะนำมาประมวลผล

- (a) วัตถุในภาพมีขอบเขตที่แสดงด้วยสีหรือลายภาพต่างจากฉากหลังอย่างชัดเจน
- (b) ภาพที่เกิดจากการควอนไทซ์แบบ Uniform ทำให้พื้นที่ของวัตถุผิดเพี้ยน
- (c) ลักษณะการกระจายตัวของพิกเซลสีที่เหมาะสมสำหรับการประเมินลายภาพด้วย JSEG
- (d) ตัวอย่างขนาดของวัตถุบางพื้นที่ในภาพ (วงกลม) ที่น้อยกว่า 10% จากภาพต้นฉบับ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกส่วนภาพ

2.1 งานวิจัยในสาขาการแยกส่วนภาพในปัจจุบัน

งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการแยกส่วนภาพนี้ มีการดำเนินการวิจัยกันมาเป็นเวลานานพอสมควร ทั้งนี้เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นหนึ่งในสิ่งที่กำหนดความสำเร็จของงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ สำหรับงานวิจัยในระยะหลังนี้ก็มักจะมุ่งประเด็นเพื่อสร้างผลลัพธ์ของการแยกส่วนให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานเฉพาะด้าน โดยงานวิจัยประเภทการแยกส่วนในภาพนี้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังที่เสนอไว้ใน [5] ได้ 3 ประเภท อันได้แก่

- 2.1.1 Edge-based (Detecting discontinuity) ตรวจเช็คหาตำแหน่งของพิกเซลในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง (Intensity) และสี ในปริมาณสูง หรือพื้นที่ในบริเวณที่มีสีของพิกเซลไม่ต่อเนื่องกันหรือไม่มีความใกล้เคียงกันในภาพ
- 2.1.2 Region-based (Detecting similarity) พยายามรวมกลุ่มเอาพื้นที่ส่วนที่คล้ายคลึงกันตามลักษณะของ feature ที่ใช้ ไม่ว่าจะเป็น ความเข้มแสง, สี, ลายภาพ (texture), พิกเซลข้างเคียง (neighbor information) ในภาพเข้าไว้ด้วยกัน
- 2.1.3 Hybrid Techniques เป็นเทคนิคที่รวมเอาทั้ง Edge-based และ Region-based มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน

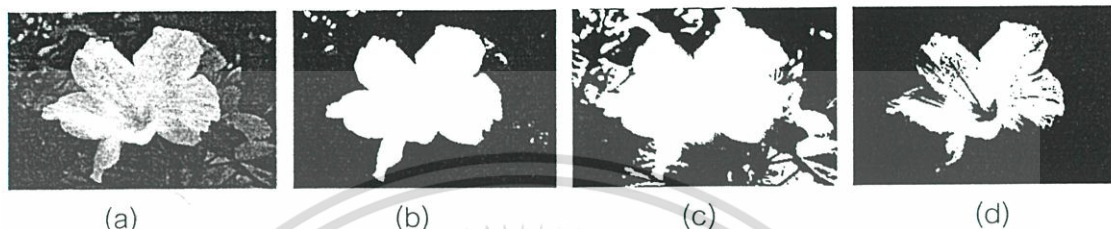
สำหรับวิธีการแยกส่วนในภาพของแต่ละประเภทนั้น ก็ได้งานวิจัยที่คิดค้นนำเสนอเทคนิคต่างๆ ที่น่าสนใจขึ้นมามากมาย อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยในสาขานี้ได้ต่อไป ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

2.1.1 การแยกส่วนภาพด้วยวิธีกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Thresholding technique)

การแยกส่วนประเภท Thresholding Techniques [6] อาศัยหลักการแยกส่วนโดยใช้ค่าความเข้มแสง (Intensity), สี (color), ลายภาพ (texture), และอื่นๆ ของพิกเซลว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ โดยถ้าหากเป็นไปตามเงื่อนไขนั้นก็ถือว่าเป็นพื้นที่กลุ่มเดียวกัน เทคนิคประเภทนี้มีอัลกอริทึมที่ง่าย และทำงานได้รวดเร็ว แต่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีดังแสดงในรูปที่ 2.1(a) สำหรับภาพที่ประกอบไปด้วยพื้นที่สองส่วนซึ่งแยกกันด้วยค่า feature ที่นำมาใช้อย่างชัดเจนเท่านั้น จึงทำให้เทคนิคประเภทนี้มีข้อดีหลายประการ อันหนึ่งก็คือการใช้วิธีกำหนดค่าพารามิเตอร์นี้ จะไม่สน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใจข้อมูลในเชิง Spatial relationship ดังนั้นถ้าหากค่า feature ที่นำมาใช้มีค่าใกล้เคียงกันก็จะถูกรวมเข้าเป็นพื้นที่เดียวกันโดยไม่ได้สนใจว่าเป็นพิกเซลหรือพื้นที่ซึ่งอยู่ติดกันหรือใกล้เคียงกันหรือไม่ และข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือกรณีที่พื้นที่ในลักษณะของเฉดสี หรือวัตถุในภาพมีขอบที่ไม่ชัดเจน (Blur) เทคนิคดังกล่าวนี้ให้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาดดังที่อ้างอิงไว้ใน [7, 8] นอกจากนั้นแล้วเทคนิคนี้ยังมีความไว (sensitive) ต่อค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.1(c) และ 2.1(d)



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพด้วยวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์

- (a) ภาพต้นฉบับ
- (b) ผลลัพธ์การแยกส่วนจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
- (c) และ (d) ผลลัพธ์การแยกส่วนด้วยค่าพารามิเตอร์ที่น้อยและมากเกินไป

2.1.2 การแยกส่วนด้วยวิธีแบ่งกลุ่มสี (Quantization or Clustering technique)

เทคนิคการแยกส่วนในภาพที่อาศัยหลักการแบ่งกลุ่มพิกเซลสี (Direct clustering) ของภาพ [9, 10] สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดี เพียงพอที่จะแยกส่วนของวัตถุในภาพที่ประกอบสีแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แต่ความเป็นจริงแล้วจากในภาพถ่ายทั่วไป โดยเฉพาะรูปภาพประเภทจากธรรมชาติ นั้น จะประกอบไปด้วยสีและลายภาพรวมอยู่ด้วยกันจำนวนมาก จึงทำให้เป็นการยากที่จะระบุได้ว่าพื้นที่ในขอบเขตใดบ้าง ที่เป็นส่วนหนึ่งของวัตถุเดียวกันในภาพ ดังผลลัพธ์ในรูปที่ 2.2(b), 2.2(c) และ 2.2(d) แสดงให้เห็นว่า การแบ่งกลุ่มสีโดยอาศัยเทคนิคดังกล่าว ให้เหลือจำนวนสีน้อยลงเท่าใดก็ตาม ก็ยังไม่สามารถที่จะแยกเอาส่วนที่เป็นลายภาพออกมาเป็นพื้นที่เดียวกันได้



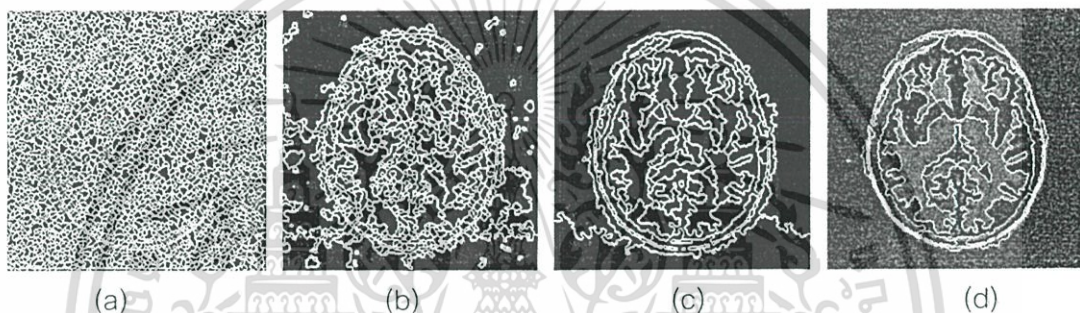
รูปที่ 2.2 การแยกส่วนในภาพโดยใช้เทคนิคประเภทการแบ่งกลุ่มสีให้เหลือจำนวนน้อยลง

- (a) ภาพต้นฉบับ
- (b), (c) และ (d) ผลลัพธ์การแยกส่วนให้จำนวนสีเหลือ 8, 4 และ 2 สี ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การแยกส่วนด้วยเทคนิค Morphological watershed

เทคนิคการแยกส่วนในภาพประเภท Morphological watershed และรวมพื้นที่ (Region merge) [1, 5, 11] นี้ จะอาศัยหลักการกระจาย (Flood) เพื่อขยายพื้นที่ออกไปจนถึงส่วนขอบกัน (Dams) ระหว่างพื้นที่ ในลักษณะคล้ายกับน้ำที่กระจายอยู่ในเขื่อนกันติดๆ กัน ก็จะได้พื้นที่ที่ย่อยๆ ขึ้นมาจำนวนมากเกินไป (Over-segmentation) แล้วจึงค่อยใช้วิธีการรวมพื้นที่ที่เข้ามาช่วยหาพื้นที่ให้ได้ขนาดใหญ่ขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3 เทคนิคนี้เหมาะกับภาพอันประกอบด้วยพื้นที่ในลักษณะของการไล่ระดับเฉดสี หรือพื้นที่ที่ขอบของวัตถุไม่ชัดเจน เช่น ภาพเซลล์หรือเนื้อเยื่อต่างๆ แต่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับภาพถ่ายประเภทจากธรรมชาติต่างๆ ไป นอกจากนั้นแล้ว วิธีการดังกล่าวนี้ก็ใช้เวลาค่อนข้างมากในการประมวลผล



รูปที่ 2.3 ผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพโดยใช้หลักการประเภท Morphological watershed

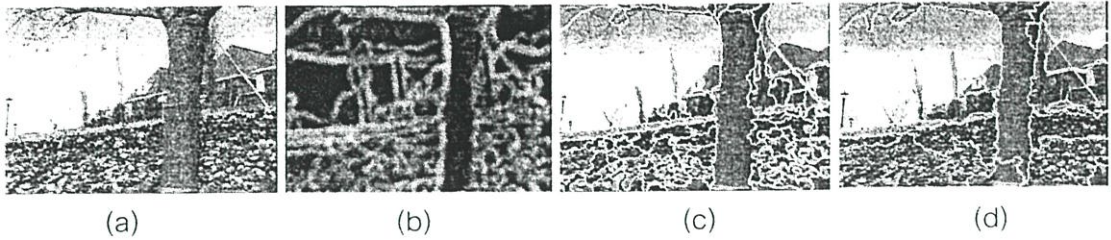
(a) ภาพหลังจากการแยกส่วนด้วย Morphological watershed

(b), (c) และ (d) ภาพผลลัพธ์การรวมพื้นที่ที่เหลือพื้นที่น้อยลงตามลำดับ

2.1.4 การแยกส่วนในภาพประเภท Contour-based หรือ Edge-based

เทคนิคการแยกส่วนประเภท Contour-based หรือ Edge-based นี้ จะอาศัยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ในภาพ เพื่อหาดำแหน่ง Edge หรือ Contour ของภาพ แล้วจึงใช้ข้อมูลเหล่านั้นทำการแบ่งส่วนของพื้นที่อีกครั้ง เช่น การหาดำแหน่งของค่าของพิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงในตำแหน่งบริเวณขอบระหว่างสองพื้นที่ที่อยู่ติดกัน [12, 13] โดยเทคนิคการหาขอบดังกล่าวนี้ มักจะใช้วิธีการประมวลผลด้วย local window convolution ไม่ว่าจะเป็น Sobel, Robert หรือ operator ที่ซับซ้อนขึ้น เช่น Canny operator ซึ่งผลลัพธ์ของเทคนิคดังกล่าวนี้จะได้เพียงแค่ Candidate region boundary เท่านั้น เนื่องจากขอบที่ได้เป็นเพียงแค่ค่าความแตกต่างต่างๆ ไปของ feature ที่ถูกนำมาใช้เท่านั้น ซึ่งก็มักจะอยู่ในลักษณะ over-detected เสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี post-procedures เพื่อหา closed region boundary ที่ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้ ก็มักจะซับซ้อนและต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก คือต้องทำการเปลี่ยนจาก candidate edges ให้เป็น region boundary ซึ่งไม่ใช่งานที่ง่ายนัก ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคประเภท Contour-based หรือ Edge-based

- ภาพต้นฉบับ
- ภาพหลังจากการหาขอบโดยใช้ local window convolution ด้วย Sobel operator
- ผลลัพธ์หลังจากการ Link edge ได้ candidate edges แบบ over-segmentation
- ผลลัพธ์การแยกส่วนหลังจากใช้ post-procedures เพื่อหา closed region boundary

2.1.5 การแยกส่วนในภาพประเภท Region splitting and merging (Quad-tree)

วิธีการแยกส่วนในภาพแบบ Region splitting and merging [5, 14] เป็นอีกเทคนิคหนึ่งในกลุ่ม Region-based ที่ใช้หลักการพิจารณาความคล้ายคลึงกันของพิกเซลในพื้นที่โดยอาศัย Feature บางอย่าง เช่น ค่าความเข้มแสง, สี และ ลายภาพ มาใช้เป็นตัวแทน (Represent) ภาพ แล้วทำการแบ่ง (Splitting) หรือการรวม (Merging) โดยอาศัยอัลกอริทึมในโครงสร้างข้อมูลแบบ Quad-tree ดังแสดงในรูปที่ 2.5(a) คือถ้าพิกเซลในขอบเขตของพื้นที่ที่ถูกแบ่งมี feature คล้ายกัน ก็จะถูกรวมเข้าไว้ด้วยกัน ถ้ารวมไม่ได้ก็แบ่งพื้นที่ย่อยลงไปอีกแล้วพิจารณาเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.5(b), 2.5(c) และ 2.5(d) สุดท้ายแล้วผลลัพธ์ที่ได้ จะดีหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับ feature ที่นำมาใช้ รวมถึงวิธีการเลือก feature ที่เหมาะสมกับภาพนั้นๆ แต่ทั้งนี้ภาพในฉากธรรมชาติทั่วไปนั้นมักจะประกอบไปด้วย พื้นที่หลากหลายรูปแบบปนอยู่ ซึ่งการเลือก feature เพียงตัวใดตัวหนึ่งนั้น อาจจะไม่เพียงพอ



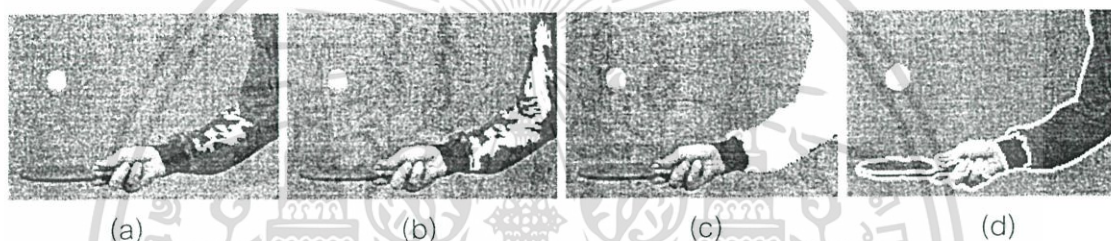
รูปที่ 2.5 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Region splitting and Merging

- โครงสร้างข้อมูลแบบ Quad-tree ที่ถูกนำมา represent การแบ่งพื้นที่เพื่อพิจารณา
- การแบ่งภาพตามโครงสร้างข้อมูลแบบ Quad-tree
- ทำการรวมพื้นที่ใกล้เคียงที่เกิดจากการแบ่งและมีค่า feature คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน
- ผลลัพธ์สุดท้ายจากการ split และ merge สลับกันไปในแต่ละพื้นที่ที่อยู่ติดๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตาเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Seeded Region Growing (SRG)

เทคนิคในกลุ่มของ Region-based อีกวิธีหนึ่งที่รู้จักกันดีก็คือ Seeded Region Growing (SRG) [15, 16] โดยอาศัยการหาจุดเริ่มต้นที่เรียกว่า Seed ซึ่งมักเอาในบริเวณที่ feature ของภาพมีค่าต่ำๆ แล้วจึงทำการขยายพื้นที่จาก Seed ออกไปจนถึงบริเวณขอบของแต่ละพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะดีหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับ feature ที่ถูกนำมาใช้กับภาพนั้น แต่โดยส่วนมากแล้วการแยกส่วนมักจะได้ออกมาในลักษณะ Over-segmentation ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6 จึงจำเป็นต้องมี post-procedures เพื่อมาช่วยปรับแต่งรวมพื้นที่ที่ได้หลังจากการ grow อีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้แล้วเทคนิคประเภทนี้จะประมวลผลภาพในเชิง Spatial domain ซึ่งต้องสูญเสียเวลาค่อนข้างมาก และข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ เป็นการยากที่จะกำหนดเงื่อนไขสำหรับการหยุดขยายพื้นที่ (Stop growing criteria) ซึ่งอาจจะเป็นผลทำให้ได้ผลลัพธ์ในส่วนขอบของพื้นที่ที่ผิดพลาดได้เช่นกัน



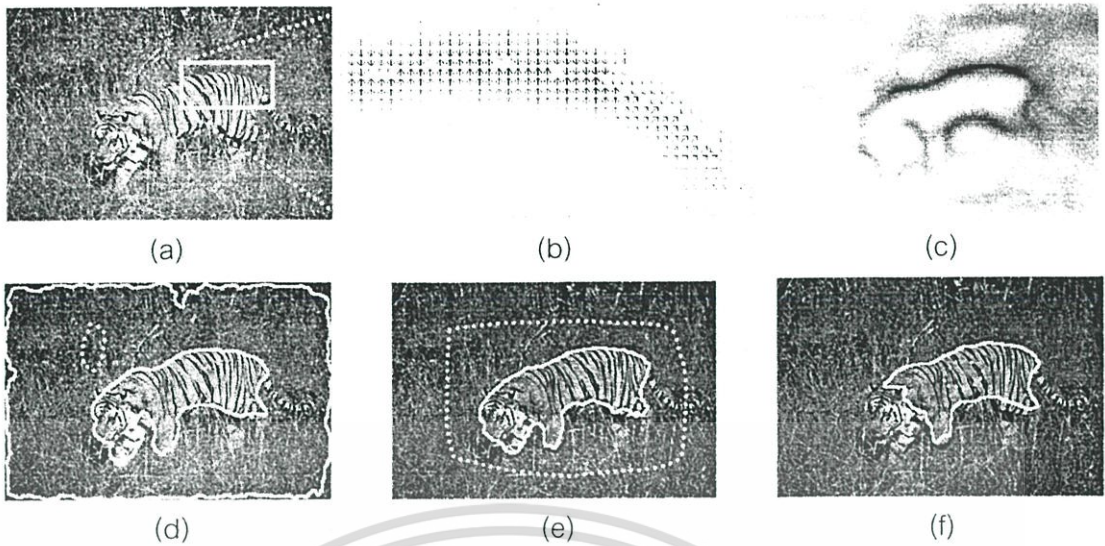
รูปที่ 2.6 การแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Seeded Region Growing

- (a) กำหนดจุดเริ่มต้นของ seed
- (b) และ (c) พื้นที่ที่ถูกขยายออกไปจาก seed โดยอาศัยค่า color feature ที่คล้ายกัน
- (d) ผลลัพธ์สุดท้ายหลังจากการขยายพื้นที่ครบทุกๆ พิกเซลในภาพ

2.1.7 การแยกส่วนด้วยเทคนิค Edge flow and Curve evolution

เทคนิคในกลุ่มของ Edge Based อีกวิธีหนึ่งที่ค่อนข้างใหม่และน่าสนใจ เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างดี โดยอาศัยหลักการของ Energy diffusion [17] มาประยุกต์ใช้สำหรับการแยกส่วนในภาพที่ชื่อว่า Edge flow and Curve evolution [18, 19] เป็นเทคนิคที่อาศัยฟังก์ชันสำหรับการหาขอบของวัตถุ (Edge function) ร่วมกับการใช้เวกเตอร์ฟิลด์ (Vector field) ซึ่งหาได้จากลักษณะ feature ของภาพไม่ว่าจะเป็น ความเข้มแสง, สี และลายภาพ โดยเวกเตอร์ฟิลด์นี้จะถูกใช้เป็นเงื่อนไขของการขยายรูปร่างขอบ (Curve evolution) จนกระทั่งแผ่ไปถึงส่วนขอบของวัตถุ เทคนิคดังกล่าวนี้ก็ให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างดีทีเดียว แต่ทั้งนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับ feature ของภาพที่นำมาใช้ด้วยเช่นกัน ว่าเหมาะสมกับภาพนั้นมากน้อยเพียงใด อีกทั้งผลลัพธ์การแยกส่วนที่ได้จากภาพต้นฉบับเดียวกันอาจจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ curve หรือ contour ที่ถูกนำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการ flow เพื่อหาขอบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

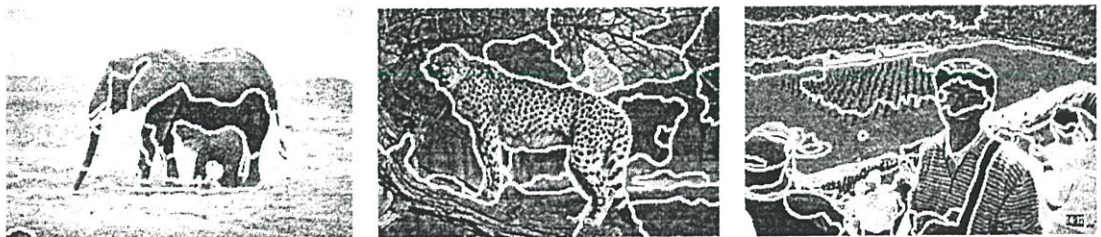


รูปที่ 2.7 การแยกส่วนในภาพโดยใช้เทคนิค Edge flow และ Curve evolution

- (a) ภาพต้นฉบับ
- (b) เวกเตอร์ฟิลด์จากกรอบสี่เหลี่ยมในภาพต้นฉบับ
- (c) ภาพที่ได้จากฟังก์ชันการหาขอบ
- (d), (e) และ (f) ผลลัพธ์การแยกส่วนโดยเส้นประแสดงจุดเริ่มต้นการ flow ต่างๆ กัน

2.1.8 การแยกส่วนในภาพด้วยวิธี Hybrid technique

นอกเหนือจากเทคนิคต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันก็ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามมา ที่พยายามจะนำเอาหลายๆ เทคนิคมาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน (Hybrid Technique) [20, 21, 22, 23, 24] เพื่อให้ได้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเท่าที่จะเป็นไปได้ และมีความยืดหยุ่นพอที่จะสามารถทำงานได้ดีกับรูปภาพหลากหลายประเภทดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8 อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับแต่ละภาพเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี และสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งยังมีเทคนิคที่สามารถทำงานได้เช่นนี้ไม่มากนัก อีกประการหนึ่งคือยังไม่มีวิธีการใดที่กล่าวมาอันจะให้ผลลัพธ์ที่ดีพร้อมกับสามารถทำงานได้รวดเร็ว นั่นคือ เทคนิคที่ยิ่งทำให้ได้คุณภาพดีขึ้นก็ยิ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น เป็นเหตุทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการประมวลผลมากขึ้นตามไปด้วย



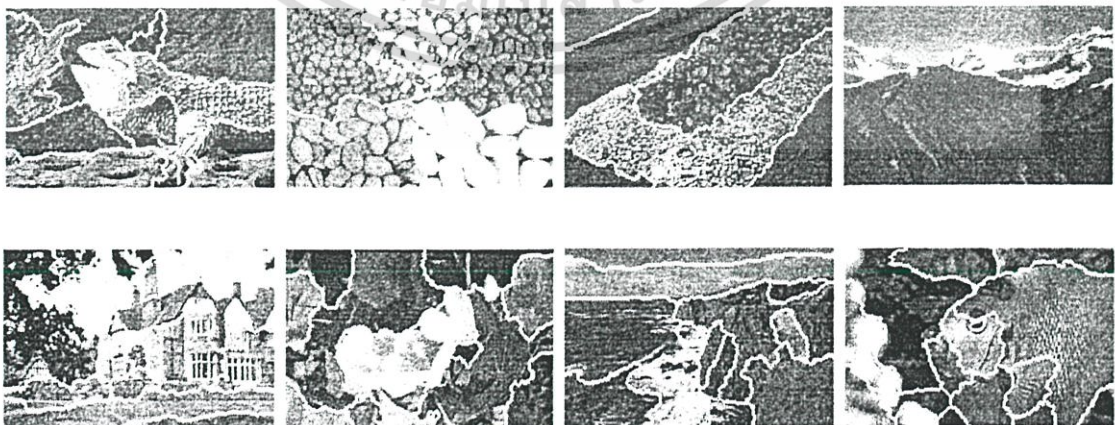
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างผลลัพธ์การแยกส่วนในภาพโดยใช้วิธี Hybrid technique ที่อ้างอิงไว้ใน [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เทคนิคการแยกส่วนในภาพที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย

จากการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกส่วนของวัตถุในภาพ โดยเฉพาะงานวิจัยที่นำเสนอผลลัพธ์ที่ดี และมีอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อนมากนัก พบว่างานวิจัยในระยะหลังมักจะเน้นการใช้ประโยชน์จากข้อมูลในเชิง spatial information ของรูปภาพมากขึ้น ซึ่งจุดเด่นประการหนึ่งของเทคนิคประเภทนี้ ก็คือการได้ใช้ข้อมูลในเชิง Spatial relationship ของพิกเซลมาเป็นส่วนสำคัญสำหรับการตัดสินใจว่าจะรวมหรือแยกส่วนของพื้นที่ ซึ่งถ้าหากเทคนิคอื่นที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลเชิง Spatial แล้วอาจจะได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากมีความความคล้ายของ feature ที่ใช้ แต่มีความสัมพันธ์กันในเชิง Spatial น้อยมาก ก็อาจเป็นผลทำให้พื้นที่เหล่านั้นถูกรวมเข้าด้วยกันได้ โดยไม่สนใจว่าอยู่ติดกันหรือใกล้เคียงกันหรือไม่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้เลือกเอาเทคนิคการแยกส่วนประเภท SRG มาเป็นขั้นตอนในส่วนหนึ่งของงานวิจัย ซึ่งเทคนิค SRG นี้ จะอาศัย spatial information เป็นข้อมูลหลักสำหรับการแยกส่วนในภาพ โดยจะใช้เทคนิคที่ชื่อว่า JSEG มาช่วยหาลักษณะของลายภาพที่จะถูกนำมาใช้เป็น feature สำหรับ SRG

จุดเด่นประการหนึ่งของ JSEG ก็คือสามารถที่จะรวมกลุ่มพื้นที่ที่อันประกอบไปด้วยพิกเซลสีที่กระจายตัวเป็นลายภาพในลักษณะ uniformly distributed color-texture pattern ได้เป็นอย่างดี และสามารถรวมกลุ่มพื้นที่ในลักษณะ cluttered region ได้ดีในระดับหนึ่ง คือรวมกลุ่ม cluttered region ให้อยู่ในลักษณะของ Over-segmented regions แล้วจึงค่อยใช้เทคนิค Region merging เข้ามาช่วยเป็น post-procedure อีกขั้นตอนหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น จุดเด่นอีกประการหนึ่งก็คือรูปแบบการหา feature ของเทคนิค JSEG จะอาศัยข้อมูลในเชิง Spatial relationship อันเป็น visual feature ของพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงกัน ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ซึ่งจะมองภาพโดยพิจารณาจากพื้นที่ที่อยู่ติดๆ กันว่าเป็นกลุ่มพื้นที่ส่วนเดียวกันหรือไม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพโดยใช้ JSEG ร่วมกับเทคนิค SRG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการหา feature ด้วยเทคนิค JSEG ก็ยังมีข้อเสียอยู่เหมือนกัน ประการหนึ่งก็คือ ภาพที่ประกอบไปด้วยการไล่ระดับสี varying shade ที่กว้างมากๆ ตัวอย่างเช่น สีของท้องฟ้าตอนพระอาทิตย์ตกที่มีการไล่ระดับสีตั้งแต่สีแดงไปจนเป็นสีดำมืดลง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถแทนได้ด้วยสีใดสีหนึ่งเพื่อแสดงขอบเขตได้อย่างแน่นอน จึงทำให้เกิดการแยกส่วนของท้องฟ้าขึ้นมากเกินไป (Over-segmentation) สำหรับปัญหาดังกล่าวนั้น งานวิจัยได้พยายามลดข้อจำกัดนี้ด้วยการปรับขนาดภาพที่ใช้ในการแยกส่วนลดลงเป็นผลทำให้ความกว้างของ shade ลดลงจนสามารถที่จะถูกระบวนการ Region merging มาช่วยรวมพื้นที่แบบ over-segmentation นั้นให้เข้าเป็นพื้นที่เดียวกันได้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ กรณีที่มีพื้นที่สองส่วนที่ติดกันแต่ไม่แสดงขอบเขตให้เห็นโดยชัดเจนหรือวัตถุที่มีขอบที่ Blur ก็อาจจะทำให้ได้ผลลัพธ์เกิดเป็นพื้นที่ที่หลุดไปติดกัน (Under-segmentation) ซึ่งแก้ไขไม่ได้ด้วยกระบวนการ Region merging ถ้าหากเกิดกรณีเช่นนี้แล้ว ไม่ว่าจะเป็นการแยกส่วนด้วยเทคนิคอื่นก็ตาม ก็ได้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีเช่นกัน แต่ด้วยการใช้เทคนิค JSEG ใน SRG นี้ ยังพอที่จะแก้ไขได้ด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ โดยยอมให้เกิด Over-segmentation ในผลลัพธ์จาก JSEG เสียก่อน แล้วใช้เทคนิคอื่นมาช่วยตรึงขอบดังกล่าวก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการ Region merging แต่ข้อผิดพลาดดังกล่าวนี้ถ้าพิจารณาให้ดีจะเห็นว่ากรณีที่ขอบวัตถุไม่ชัดเจนนั้นเป็นผลมาจากตั้งแต่ขั้นตอนการถ่ายภาพซึ่งปรับระดับไฟกัสที่ผิด ดังนั้นภาพที่จะนำมาแยกส่วนจึงควรที่จะถูกกำหนดระดับคุณภาพเป็นสมมติฐานไว้ด้วย

งานวิจัยการแยกส่วนของวัตถุที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในปัจจุบัน เทคนิคเหล่านั้นก็มักจะมีควมซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งเป็นผลทำให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ไม่เว้นแม้แต่เทคนิค SRG และ JSEG เอง ก็ต้องใช้เวลาสำหรับหาค่า feature ของภาพด้วยวิธี JSEG รวมถึงขั้นตอนขยายพื้นที่ของ SRG และการรวมพื้นที่ในระหว่างกระบวนการ Region merging ทำให้ต้องสูญเสียเวลามากขึ้นตามไปอีก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พยายามลดข้อเสียดังกล่าวด้วยการประยุกต์ใช้หลักการเช็กเม้นแบบหลายระดับ (Multi-level segmentation) หรือที่เรียกว่าการเช็กเม้นต์แบบพีระมิด (Pyramid segmentation) โดยนำเสนอวิธีการแมปปิง (Mapping) พื้นที่ผลลัพธ์ของการแยกส่วนจากระดับบนสุด (top-level image) ไปยังระดับล่างถัดไปจนได้ผลลัพธ์สุดท้ายของการแยกส่วนปรากฏไปยังภาพต้นฉบับ อันจะช่วยลดเวลาในการประมวลผลเนื่องจากข้อมูลที่ถูกใช้ในขณะเช็กเม้นต์มีปริมาณลดลงดังแสดงในผลจากการทดลองบทที่ 4 และนอกจากจะช่วยลดเวลาในการประมวลผลแล้ว ยังสามารถระบุ (Track) ขอบของพื้นที่ได้แม่นยำขึ้นด้วยการใช้ Global and Local features มาช่วย mark edges ในระหว่างการแมปผลลัพธ์ รวมทั้งช่วยปรับปรุงขอบของวัตถุที่เช็กเม้นต์ผิดพลาดในลักษณะ Under-segmentation อันเกิดขึ้นจากการใช้ JSEG ประเมินค่า feature ที่ผิดพลาด เนื่องจากรายละเอียดบางส่วนของภาพในระดับบนสุดนั้นหายไป

ให้ดีขึ้นได้ในภาพระดับล่างซึ่งมีรายละเอียดของภาพที่สมบูรณ์มากขึ้น

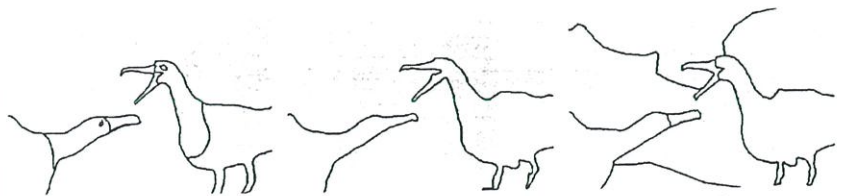
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การประเมินผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพเชิงปริมาณ

(Quantitative evaluation of segmented results)

การทำงานหรือการวิจัยที่ดีนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินผลการดำเนินงานอยู่เสมอ ไม่เว้นแม้แต่งานวิจัยเพื่อแยกส่วนในภาพเอง ก็ควรที่จะมีการวัดและประเมินผลเพื่อนำเสนอและเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ เช่นกัน ซึ่งการประเมินผลในเชิงปริมาณนี้ น่าจะช่วยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของงานวิจัยเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่นๆ ได้ดีกว่าที่จะยกตัวอย่างผลลัพธ์ที่ดีๆ มาเพียงไม่กี่รูป เพราะถึงแม้ว่าภาพที่นำมาทดสอบจะเป็นภาพเดียวกันก็ตาม แต่เราจะแน่ใจได้อย่างไรว่าเมื่อนำเอาเทคนิคนั้นไปใช้กับภาพอื่นๆ แล้วจะได้ผลลัพธ์ที่ดีเช่นกัน แม้กระนั้นก็ตามการวัดผลในเชิงปริมาณนี้ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งก็สืบเนื่องมาจาก การที่แอปพลิเคชัน หรือ post-processing ที่จะนำเอาผลลัพธ์ดังกล่าวไปใช้งานต่อ นั้นมีความต้องการที่แตกต่างกันไปในแต่ละงาน ซึ่งแม้แต่ตัวมนุษย์เองก็มีความคิดเห็นที่แตกต่างกันว่าภาพนั้นๆ ควรจะถูกแยกส่วนออกมาอย่างไร ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10 จึงทำให้มีนักวิจัยกลุ่มหนึ่ง Borra และ Sarkar [25] ได้แสดงความคิดเห็นและได้ให้เหตุผลไว้ว่า การประเมินประสิทธิภาพของการแยกส่วนในภาพนั้นสามารถวัดได้ด้วยแอปพลิเคชัน (Context of task) เช่น อัตราการรู้จำภาพ (Recognition rate) ของระบบจำรูปภาพ, อัตราการค้นคืน (Recall and Precision) ของการสืบค้นและการค้นคืนรูปภาพ หรืองานอื่นๆ ที่นำเอาผลของการแยกส่วนไปใช้เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาให้ดีแล้วจะเห็นว่างานวิจัยหรือแอปพลิเคชันดังกล่าวก็ยังอยู่ในช่วงพัฒนาและวิจัยกันอยู่ นั่นหมายถึง แม้แต่ตัวระบบการรู้จำภาพ ก็ยังไม่มีเทคนิคใดที่ดีที่สุดและได้รับความนิยมพอที่จะนำมาเป็นมาตรฐานเพื่อการวัดผลงานวิจัยอื่นๆ ได้ ดังนั้นการวัดและประเมินผลเชิงปริมาณโดยตรงจึงเป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่มีงานวิจัยอยู่ไม่น้อย พยายามนำเสนอเทคนิคการวัดและประเมินผลภาพที่ได้หลังจากการแยกส่วนในภาพ [26, 27, 28, 29] แต่มีงานวิจัยเพียงไม่กี่ชิ้นที่พอจะได้รับความนิยมในหมู่นักวิจัยด้วยกัน [26, 27] ซึ่งในหลายๆ เทคนิคนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดภาพที่ทำกรแยกส่วนแบบ Manual ไว้ก่อน เพื่อนำมาใช้เป็นภาพอ้างอิงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้เทคนิคอื่นแยกส่วนในภาพนั้นออกมา



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแยกส่วนแบบ manual ด้วยมนุษย์ 3 คน ตามความต้องการ

ของแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน (Different subjective tasks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สืบเนื่องจากเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นประเด็นการวัดผลไปที่เทคนิคการวัดผลลัพธ์จากการแยกส่วนไปโดยตรง ซึ่งนอกจากจะเป็นที่นิยมกว่าการวัดผลในทางอ้อมจากแอปพลิเคชันที่นำเอาการแยกส่วนในภาพไปใช้งานอีกทีแล้ว ยังช่วยให้นักวิจัยสามารถดำเนินไปได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีฐานข้อมูลจากงานวิจัยอื่น [29] ที่ใช้เทคนิคการวัดผลเดียวกันนี้ ได้เตรียมเอาไว้ให้นักวิจัยท่านอื่นสามารถนำไปเพื่อใช้ประเมินผลงานวิจัยของตนได้ด้วย ซึ่งเทคนิคเพื่อวัดและประเมินผลลัพธ์การแยกส่วนที่น่าสนใจและได้รับความนิยมที่สุดในปัจจุบันก็ได้แก่ Borsotii et al. [27] ที่มีข้อได้เปรียบคือเป็นโมเดล (Model) ที่ไม่ซับซ้อนมาก จึงทำให้นักวิจัยท่านอื่นนิยมนำไปพัฒนาได้รวดเร็ว

การประเมินผลลัพธ์จากการแยกส่วนด้วยเทคนิคที่ Borsotii et al. [27] นำเสนอนี้ จะต้องนำข้อมูลของแต่ละพื้นที่ที่เกิดจากภาพที่ได้ทำการแยกส่วนเรียบร้อยแล้ว มาทำการประเมินผลในเชิงปริมาณด้วยสมการที่ 2.1

กำหนดให้

- I คือภาพที่เกิดจากการแยกส่วนของพื้นที่เรียบร้อยแล้ว
- $N \cdot M$ คือขนาดของภาพ I
- R คือจำนวนพื้นที่ (Number of Regions) ในภาพ I
- A_i คือจำนวนของพิกเซลใน Region ที่ i^{th} โดยที่ $i = 1, \dots, R$ และ $A = 1, \dots, Max$
- e_i คือค่า color error ของ Region ที่ i^{th}
- $R(A)$ คือ R ที่มีพื้นที่เท่ากับ A

$$F(I) = \frac{1}{10000(N \cdot M)} \sqrt{\sum_{A=1}^{Max} [R(A)]^{1+1/A} \cdot \sum_{i=1}^R \frac{e_i^2}{\sqrt{A_i}}} \quad (2.1)$$

ค่า color error (e_i) ของแต่ละ Region นั้นสามารถคำนวณได้จากผลรวมของ Euclidean distances ระหว่าง color components แต่ละพิกเซลใน Region กับ ค่าเฉลี่ยของสีใน RGB space ของ Region นั้นเช่นกัน ดังสมการที่ 2.2

กำหนดให้

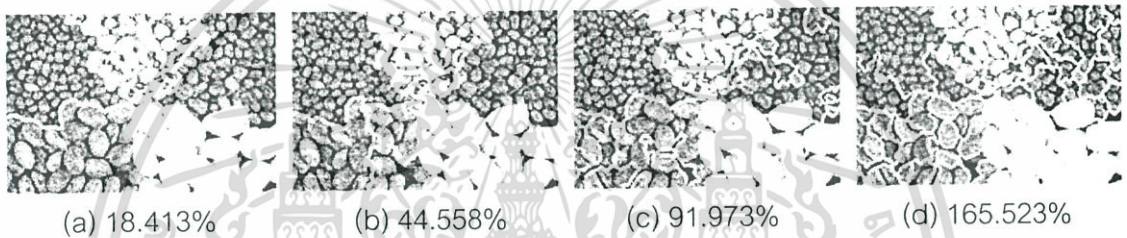
- Q_i คือเซตของพิกเซลข้อมูลใน Region ที่ i^{th} จำนวน A_i จุด
- m_i คือค่าเฉลี่ยสีใน RGB space ของ Region ที่ i^{th}

q_i คือค่า color component ของแต่ละพิกเซลใน Region ที่ i^{th} โดย $q_i \in Q_i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e_i = \sum_{q_i \in Q_i} \|q_i - m_i\|^2 \quad (2.2)$$

ก่อนที่จะนำภาพมาประเมินผลด้วยโมเดลของ Borsotii et al. [27] นี้ ภาพที่ได้จากการแยกส่วนแล้ว จะต้องมีการสร้างอยู่ในลักษณะของ Region-based structure ซึ่งแยกกลุ่มพิกเซลของแต่ละพื้นที่ในภาพผลลัพธ์เตรียมไว้แล้ว แล้วจึงนำมาประเมินผลด้วยสมการที่ 2.1 ซึ่งเทอมแรกคือ normalization factor เทอมที่สองจะให้น้ำหนักผลลัพธ์ที่แยกส่วนมากเกินไป (penalizes results with over-segmentation) เทอมที่สามจะให้น้ำหนักกับพื้นที่ในแบบ non-homogeneous regions เทอมสุดท้ายจะถูก scale ด้วย area factor เนื่องจากเมื่อพื้นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นค่า color error ก็จะมีค่าสูงขึ้นไปด้วย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการประเมินค่าผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพที่ได้ Region ในลักษณะต่างๆ

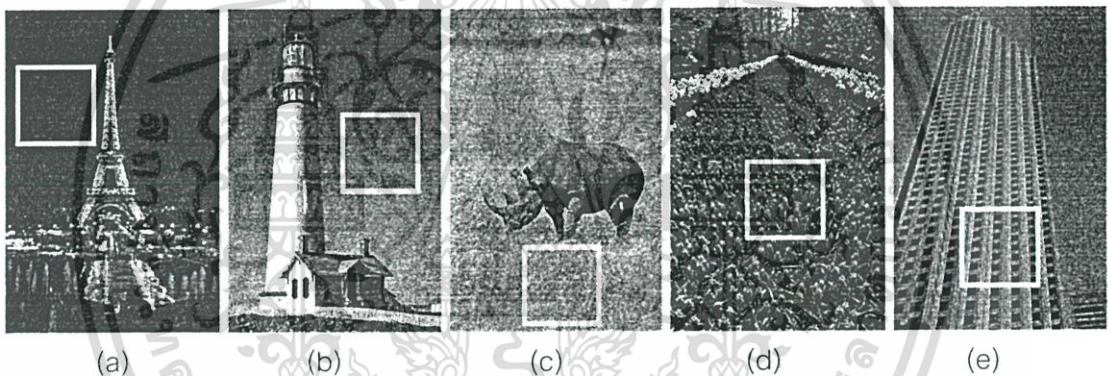
นอกจากการประเมินผลด้วยเทคนิค Borsotii et al. [27] แล้ว ยังมีเทคนิคการวัดผลลัพธ์จากแยกส่วนในภาพโดยตรงในแบบอื่นๆ ที่น่าสนใจ เช่น การวัดผลด้วยเทคนิคของ David Martin. [29] ที่อาศัยการวัดผลเชิงปริมาณจากหลักการทางสถิติ (Ecological Statistics) ร่วมกับการประเมินค่า consistency ระหว่างการแยกส่วนโดยพิจารณาด้วยความละเอียดของส่วนประกอบพื้นที่ที่แตกต่างกัน กับส่วนในแบบ manual ในภาพเดียวกันด้วยมนุษย์หลายๆ บุคคล ดังเช่นรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าการแยกส่วนในแต่ละภาพนั้น มีความคิดเห็นที่แตกต่างกันเฉพาะในส่วนที่เป็นรายละเอียดของวัตถุในภาพเท่านั้น แต่พื้นที่อันเป็นรูปร่างในส่วนที่สำคัญของวัตถุแล้ว ก็มักจะถูกแยกส่วนโดยเห็นพ้องตรงกันเสมอ เนื่องจากเทคนิคการวัดผลดังกล่าวนี้ยังค่อนข้างที่จะใหม่ อีกทั้งอัลกอริทึมก็มีความซับซ้อนมาก รวมทั้งต้องอาศัยฐานข้อมูลที่มีการแยกส่วนแบบ manual ไว้หลากหลายแบบอีกด้วย จึงทำให้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ส่วนเทคนิคอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ยังไม่ค่อยมีการอ้างอิงถึงมากนัก ดังนั้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ จึงเห็นสมควรให้ใช้การวัดผลด้วยเทคนิคของ Borsotii et al. [27] ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด อีกทั้งยังช่วยให้งานวิจัยนี้เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับนักวิจัยอื่นๆ ที่ดำเนินการวิจัยในสาขาเดียวกัน

บทที่ 3

การแยกส่วนภาพที่งานวิจัยนี้นำเสนอ

3.1 ประเภทของลักษณะพื้นที่ที่ประกอบอยู่ในภาพ

จากการศึกษาและการทดลองกับภาพจำนวนมาก รวมทั้งที่นำเสนอไว้ในงานวิจัยอื่นๆ [21] พบว่าลักษณะประเภทของพื้นที่ (Region types) ที่พบมากที่สุด โดยเฉพาะภาพในฉากธรรมชาติ ส่วนมากแล้วสามารถที่จะแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้เป็น 5 ประเภท ดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งพื้นที่ทั้ง 5 ประเภทนี้ ควรที่จะถูกแยกส่วนของแต่ละพื้นที่ออกจากกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการแยกส่วนด้วยตาของมนุษย์ (Manual segmentation) มากที่สุด แต่ทั้งนี้ผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพจะดีหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่ละแอปพลิเคชันด้วยเช่นกัน ว่าต้องการนำเอาพื้นที่ที่ถูกแยกส่วนแล้วนั้น ไปใช้งานอย่างไร

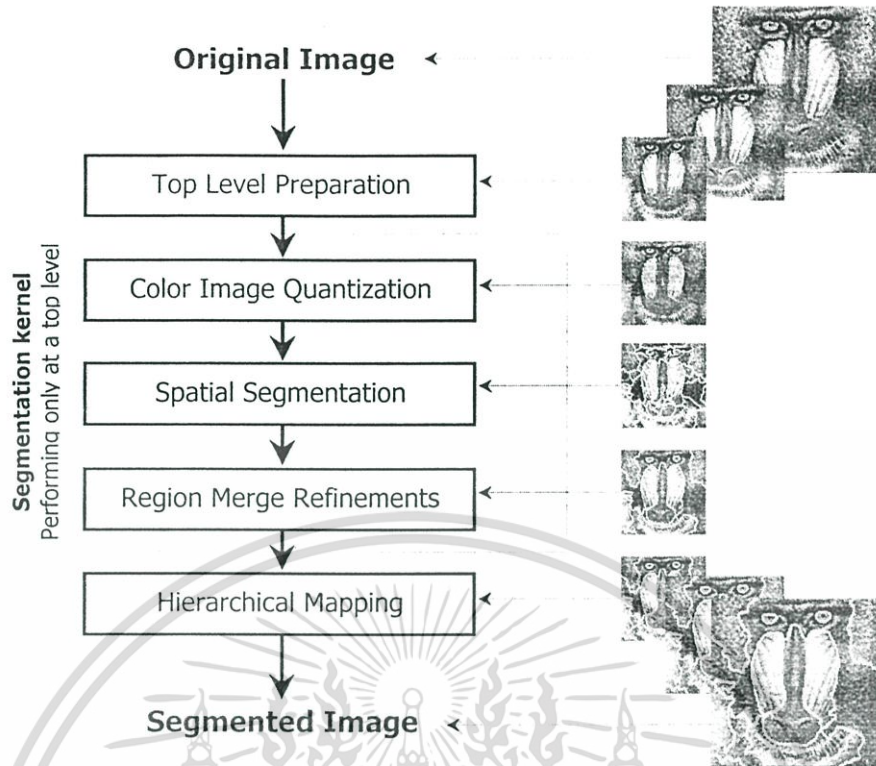


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างประเภทของพื้นที่ในกรอบสี่เหลี่ยมทั้ง 5 ประเภท

- (a) พื้นที่ที่มีสีเดียวกันทั้งหมดตลอดทั้งพื้นที่ (homogeneous color region)
- (b) พื้นที่ที่ประกอบไปด้วยสีในลักษณะของการไล่ระดับสี (smooth shading color)
- (c) พื้นที่ที่มีลักษณะการกระจายตัวอย่างมีรูปแบบ (uniformly distributed region)
- (d) พื้นที่ที่ที่พิกเซลมีการกระจายอยู่เป็นกลุ่มก้อน (cluttered region)
- (e) พื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของลายภาพชัดเจน (homogeneous texture region)

3.2 ขั้นตอนการแยกส่วนภาพ

กระบวนการที่งานวิจัยนี้นำเสนอขึ้นมาเพื่อใช้แยกส่วนภาพตามประเภทของพื้นที่ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ทั้ง 5 รูปแบบนั้น เป็นไปตามแนวความคิดซึ่งสามารถแสดงเป็นไดอะแกรมของแต่ละขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมแสดงลำดับขั้นตอนการแยกส่วนภาพด้วยเทคนิคที่งานวิจัยนี้นำเสนอ

ขั้นตอนแรก ทำการสร้างภาพขึ้นมาจากภาพต้นฉบับให้มีขนาดต่างๆ เป็นลำดับชั้นในลักษณะคล้ายพีระมิด โดยมีเงื่อนไขเป็นไปตามหัวข้อ 3.3 จากนั้นนำภาพในชั้นบนสุดของพีระมิดมาทำการประมวลผลด้วย Segmentation kernel ซึ่งเริ่มต้นด้วยการควอนไทซ์สีให้หยาบลงเหลือประมาณ 10-20 สี ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.4 ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ จะทำให้พื้นที่ในบริเวณที่ประกอบไปด้วยสีตามลักษณะในรูปที่ 3.1(a) ถูกแยกส่วนออกมาโดยสมบูรณ์ และพื้นที่ที่มีการไล่ระดับเฉดสีในลักษณะตามรูปที่ 3.1(b) ก็จะถูกแยกออกมาเป็นพื้นที่ติดกันขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากนั้นจะทำการแทนทุกๆ พิกเซลในภาพด้วยสัญลักษณ์ (Label) ของแต่ละกลุ่มสีที่มีค่าใกล้เคียงที่สุดอันเกิดจากการควอนไทซ์สี โดยผลที่ได้จะถูกเรียกว่าภาพคลาสแมป (Class-map)

ภาพคลาสแมปนี้ ยังเหลือพื้นที่ในลักษณะดังรูปที่ 3.1(c), 3.1(d) และ 3.1(e) ที่ยังไม่ถูกแยกส่วนออกมา จะถูกนำมาแยกส่วนด้วยเทคนิคที่เรียกว่า JSEG [30, 31] ตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.5 ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่จะช่วยหา feature ที่จะถูกนำไปใช้กับเทคนิค SRG เพื่อจัดการแยกส่วนของพื้นที่ที่เป็นลายภาพประเภทดังกล่าวได้ โดยในขณะที่ทำการประมวลผลด้วยเทคนิค JSEG นี้ จะมีการประเมินค่าการกระจายตัวของลายภาพเรียกว่า *J-image* ที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการแบ่งพื้นที่ของลายภาพได้ และหลังจากการใช้เทคนิค JSEG นี้แล้ว จะทำให้พื้นที่ในลักษณะดังรูปที่ 3.1(c) ถูกแยกส่วนออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนพื้นที่ในลักษณะดังรูปที่ 3.1(d) และ 3.1(e) ก็จะถูกจัดกลุ่มรวมกัน โดยแสดงผลลัพธ์ออกมาในลักษณะ Over-segmentation

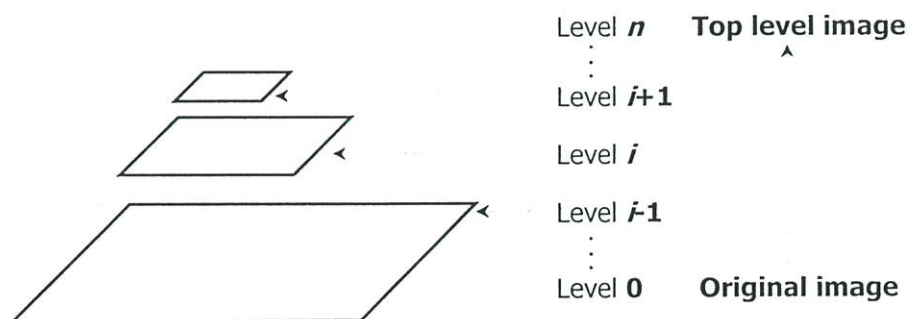
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ได้จากขั้นตอนดังกล่าวที่ผ่านมา ยังไม่สามารถให้ผลลัพธ์ของแยกส่วนภาพได้อย่างสมบูรณ์ คือยังมีพื้นที่บางส่วนที่ถูกแยกออกมาในลักษณะ over-segmentation จึงจำเป็นที่จะต้องถูกรวมพื้นที่ (Region merging) ตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6 โดยพื้นที่ที่มีลักษณะของ feature ใกล้เคียงกันก็จะถูกรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิม

ขั้นตอนสุดท้าย หลังจากการรวมพื้นที่แล้ว ผลลัพธ์ที่ปรากฏเป็นภาพในระดับบนสุดของพีระมิด จะถูกแมปลงไปยังภาพที่อยู่ในระดับชั้นถัดไปของพีระมิด โดยใช้หลักการแมปด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มเพื่อหาขอบของพื้นที่ (Local edge clustering) ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.7 เพื่อที่จะระบุ (Track) ตำแหน่งขอบของพื้นที่หรือวัตถุที่สนใจในภาพระดับถัดไปที่ใหญ่กว่าของพีระมิดให้ถูกต้อง และใช้กระบวนการเดียวกันนี้กับภาพในระดับที่ใหญ่กว่าถัดไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกแมปไปสู่ภาพในระดับล่างสุดของพีระมิดหรือภาพต้นฉบับ

3.3 การเตรียมภาพในลักษณะพีระมิด

สร้างภาพหลายๆ ขนาดในลักษณะของพีระมิด ด้วยเทคนิคการ Re-sampling แบบ Bilinear interpolation และมีเงื่อนไขการกำหนดขนาดภาพในแต่ละระดับของพีระมิดคือ ขนาดภาพที่ระดับ i (Level i) ของพีระมิดจะต้องใหญ่กว่าเป็นสองเท่าของขนาดภาพในระดับ $i+1$ โดยที่ทุกๆ พิกเซลของภาพในระดับ i จะมีสมาชิก 4 children ในระดับ $i-1$ และมี 1 parent ในภาพระดับ $i+1$ นั้นหมายถึงมีอัตราส่วนย่อขนาดลงเป็น 4 ต่อ 1 พิกเซล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.3 และจากการทดลองกับหลากหลายประเภทจำนวนมากพบว่า ขนาดของภาพในระดับบนสุดของพีระมิดควรจะมีขนาดเล็กลงได้ไม่เกิน 10% ของขนาดจริงๆ ทั้งนี้ถ้าหากว่ามีขนาดเล็กไปกว่านี้แล้วจะทำให้รายละเอียดที่เป็นส่วนสำคัญของภาพที่จำเป็นต่อการแยกส่วนนั้นหายไป ดังนั้นขนาดของวัตถุหรือพื้นที่ที่เราสนใจในภาพต้นฉบับ (Level 0) ก็ควรมีขนาดใหญ่กว่าเป็นสองเท่าของขนาดที่เล็กที่สุดที่สามารถเป็นไปได้จากภาพในระดับบนสุดของพีระมิด และเมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะได้ภาพขนาดต่างๆ ออกมาหลายระดับในลักษณะพีระมิด จากนั้นจึงนำเอาภาพในระดับ n (Level n) บนสุดของพีระมิดส่งเข้าสู่กระบวนการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.3 โครงสร้างภาพในลักษณะของพีระมิดจากภาพต้นฉบับไปจนถึงภาพในลำดับชั้นบนสุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การควอนไทซ์สีของภาพ

ภาพต้นฉบับที่เก็บรายละเอียดด้วยสีจำนวน 24 บิต เช่นภาพฉากธรรมชาติ โดยส่วนมากแล้วจะประกอบไปด้วยสีจำนวนหลายพันสี และเป็นการยากที่จะประมวลผลไปโดยตรงกับจำนวนสีที่มากขนาดนั้น ซึ่งในการประมวลผลจริงๆ แล้ว สามารถที่จะลดจำนวนสีให้น้อยลงได้ โดยไม่ทำให้รายละเอียดที่สำคัญหายไป ด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization) [32] โดยนำมาประยุกต์ใช้กับอัลกอริทึม Modified General Lloyd (GLA) [33] ที่อาศัยแนวความคิดที่เกี่ยวกับการรับรู้ด้วยการมองเห็นของมนุษย์ ที่จะมีความไวในการตอบสนองต่อพื้นที่ในลักษณะราบเรียบมากกว่าพื้นที่อื่นเป็นส่วนรายละเอียดหรือลายภาพ มาใช้เพื่อเป็นค่า weight ให้นำน้ำหนักกับแต่ละพิกเซลที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ในลักษณะต่างๆ ของภาพ

ขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพให้เหลือกลุ่มสีจำนวนน้อยลงนั้น เริ่มต้นด้วยการฟิลเตอร์เพื่อกำจัดกรองเอา noise ออกไปโดยไม่ทำให้ส่วนที่เป็นเส้นขอบของวัตถุหรือพื้นที่จางหาย (blur) มากไปกว่าเดิม ด้วยอัลกอริทึมที่เรียกว่า Peer group filtering (PGF) [9] โดยผลลัพธ์ที่ได้จาก PGF จะมีค่า weight ของแต่ละพิกเซล เป็นค่าที่แสดงถึงความราบเรียบ (smoothness) ของแต่ละพื้นที่ในภาพ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพให้น้อยลงด้วยอัลกอริทึม GLA ร่วมกับเทคนิค Vector Quantization (VQ) โดยเงื่อนไขสำหรับการปรับค่าศูนย์กลางของกลุ่มสี (Color centroid updating) จะถูกปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สามารถใช้ค่า weight ของแต่ละพิกเซลมาช่วยในการพิจารณาปรับค่า centroid ได้ดังนี้

กำหนดให้

- Z คือเซตทั้งหมดของจุดข้อมูลจำนวน N จุด
- z คือค่า (x, y) โดย $z \in Z$
- C คือจำนวน clusters ทั้งหมดของกลุ่มสีทั้งหมดในภาพถูกแบ่งแล้ว
- Z_i แทนพิกเซลแต่ละกลุ่มสี โดยที่ $i = 1, \dots, C$
- v_z คือค่า weight ของพิกเซล z และ
- c_i คือค่า centroid ของ cluster Z_i

แล้วค่า centroid c_i ของแต่ละกลุ่มสีสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$c_i = \frac{\sum_{z \in Z_i} v_z z}{\sum_{z \in Z_i} v_z} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละ centroid จะถูกปรับ (update) เข้าสู่ศูนย์กลางด้วยค่า weight ที่มีค่ามากของแต่ละกลุ่ม โดยค่า centroid ของแต่ละกลุ่มสี (Color cluster) ก่อนเข้าสู่อัลกอริทึม GLA จะถูกกำหนดค่าเริ่มด้วยวิธีการประมาณค่าจาก Splitting algorithm ซึ่งมี weight distortion D_i ที่ถูกใช้เป็นค่าในการกำหนดเงื่อนไขสำหรับหยุดการแยกกลุ่มสี (Color cluster splitting) เพื่อเพิ่มจำนวน color cluster ของกลุ่มสีจนถึงจำนวน C กลุ่ม สามารถหาค่าได้จาก

$$D_i = \sum_{z \in Z_i} v_z \|z - c_i\|^2 \quad (3.2)$$

หลังจากขั้นตอนการควอนไทซ์สี VQ เสร็จแล้ว กลุ่มสีที่เกิดจากการ split ในระหว่างการควอนไทซ์นั้น มักจะมีจำนวนมากเป็น 2^n โดยที่ n คือจำนวนครั้งของการ split ดังนั้นจึงควรที่จะทำการรวมกลุ่มสี (Color cluster merging) ของคู่ centroid ใดๆ ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ที่เป็นไปตามเงื่อนไขของอัลกอริทึม Agglomerative clustering [34] ซึ่งเป็นวิธีการหาคู่ centroid ที่มีค่าต่างกันน้อยสุด และน้อยกว่าค่า threshold ที่กำหนดไว้ ทำให้กลุ่มสีที่ได้นั้นเหลือจำนวนน้อยลง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3.4 แต่จะลดกลุ่มสีลงมากหรือน้อยเพียงไรนั้น ก็ขึ้นอยู่กับค่า threshold parameter ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการรวมกลุ่มสี ซึ่งการกำหนดค่า threshold นี้จะมีผลกระทบต่อผลการแยกส่วนในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป รวมทั้งมีผลต่อผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ด้วยเช่นกัน

เมื่อผ่านขั้นตอนการควอนไทซ์สีแล้ว ทำการแทนแต่ละพิกเซลด้วยค่า centroid ของ cluster ที่มีค่าใกล้เคียงกับพิกเซลนั้นมากที่สุด และแทนพิกเซลนั้นด้วยสัญลักษณ์ของกลุ่มสี (color class label) นั้นๆ เมื่อทำการแทนค่าให้กับทุกๆ พิกเซลในภาพครบทั้งหมดแล้ว ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถูกเรียกว่า class-map



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการควอนไทซ์สีของภาพให้จำนวนกลุ่มสีเหลือน้อยลงตามลำดับ

- (a) ภาพต้นฉบับ
- (b) ผลลัพธ์การควอนไทซ์สีให้เหลือ 32 สี
- (c) ผลลัพธ์การควอนไทซ์สีให้เหลือ 16 สี
- (d) ผลลัพธ์การควอนไทซ์สีให้เหลือ 13 สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การแยกส่วนภาพด้วยอัลกอริทึมประเภท Spatial domain

ขั้นตอนนี้จะทำการแยกส่วนภาพด้วยอัลกอริทึมประเภท spatial domain ซึ่งจะนำเอา class-map ที่ได้จากขั้นตอนการควอนไทซ์สี มาประมวลผลเพื่อทำการจำแนกแยกส่วนของพื้นที่ ที่เป็นลายภาพ texture ต่างกันออกจากกัน โดยเทคนิคที่ถูกเลือกนำมาจัดการกับงานดังกล่าวนี้ เรียกว่า JSEG algorithm เป็นอัลกอริทึมในการแยกส่วนภาพประเภท SRG ที่สามารถจะจัดการกับพื้นที่ ในลักษณะของ uniform distributed, cluttered และ textured region

ภาพจากขั้นตอนการควอนไทซ์สีจะอยู่ในลักษณะ class-map ค่าของแต่ละพิกเซลใน class-map จะถูกมองให้อยู่ในลักษณะของข้อมูลแบบ spatial point ที่เรียงกันอยู่ในระนาบ 2 มิติ และด้วยการใช้อัลกอริทึม JSEG เพื่อการแยกส่วนของวัตถุนั้น จะต้องมีการประมาณค่าการกระจายตัวของลายภาพ หรือ texture และให้แทนด้วยสัญลักษณ์ J โดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

กำหนดให้

m คือค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูลทั้งหมด

m_i คือค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน cluster Z_i

และกำหนดให้

$$S_T = \sum_{z \in Z} \|z - m\|^2 \quad (3.3)$$

และ

$$S_W = \sum_{i=1}^C S_i = \sum_{i=1}^C \sum_{z \in Z_i} \|z - m_i\|^2 \quad (3.4)$$

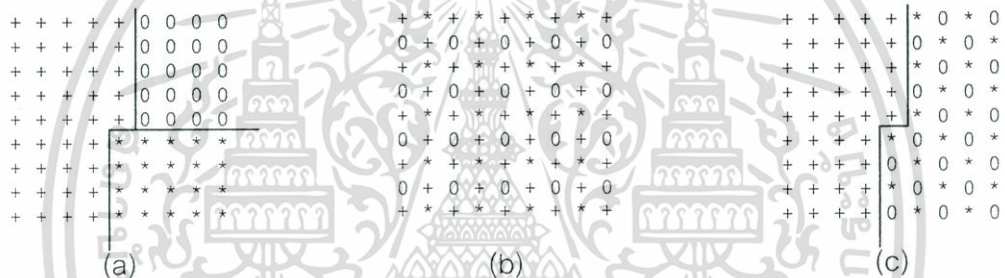
แล้วค่า measure J จะหาได้จาก

$$J = S_B / S_W = (S_T - S_W) / S_W \quad (3.5)$$

ในการหาค่า measure J สิ่งที่สำคัญก็คือการหาค่าผลต่างระหว่าง class S_B ด้วยกันกับค่าผลต่างระหว่างสมาชิกภายในแต่ละ class S_W ซึ่งเป็นแนวความคิดที่คล้ายกับกับ Fisher's multi-class linear discriminant [34] แต่เป็นถูกนำมาใช้กับ Arbitrary nonlinear class distributions โดยถ้าค่า J ที่ได้มีค่าสูง แสดงว่าแต่ละ class หรือ พื้นที่ในแต่ละกลุ่มที่ถูกแบ่งนั้นมีความแตกต่างกันในตัวอย่างชัดเจน ในทางกลับกันถ้าค่า J ที่ได้มีค่าต่ำ แสดงว่า ลักษณะของ color class ทั้งหมดนั้นกระจายตัวแบบ uniform distributed ตลอดทั่วทั้งรูปภาพ และค่า J ยังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเป็นตัวบ่งบอกว่าทำการแยกส่วนของวัตถุในภาพนั้นได้ดี โดยสมาชิกภายในแต่ละ class ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันภายใน class เดียวกัน แต่บ่อยครั้งที่ค่าของ J จะมีค่ากลางๆ อยู่ระหว่างค่าทั้งสองดังกล่าว ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5 ที่มี class-map ของแต่ละภาพแบ่งเป็น 3 color classes ตามสัญลักษณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกรณีที่เป็นไปได้ทั้ง 3 แบบ ดังที่ได้กล่าวมา โดยที่จำนวนจุดพิกเซลของแต่ละ color class ในภาพมีจำนวนเท่ากันทั้ง 3 class-map ทำให้ได้ค่า J แตกต่างกันไป

พิจารณา class-map 1 จากรูปที่ 3.5(a) แสดงถึงการแยกส่วนภายในภาพที่ดีสำหรับกรณีนี้ อาจแบ่งเป็น 3 พื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะประกอบไปด้วยจุดข้อมูลเพียง color class กลุ่มเดียวที่ชัดเจน ส่วน class-map 2 ในรูปที่ 3.5(b) จะมีรูปแบบในตัวมันเองซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องแยกส่วนต่อไปอีกแล้ว และสุดท้าย class-map 3 ในรูปที่ 3.5(c) การแยกส่วนภายในภาพที่ดีสำหรับกรณีนี้ อาจแบ่งเป็นสองส่วนก่อน โดยขอบเขตแรกประกอบไปด้วย color class '+' เพียงอย่างเดียว และขอบเขตอีกส่วนหนึ่งประกอบไปด้วย color class '*', 'o'



รูปที่ 3.5 แสดงการแยกส่วนใน class-map และค่า J ของแต่ละ class-map

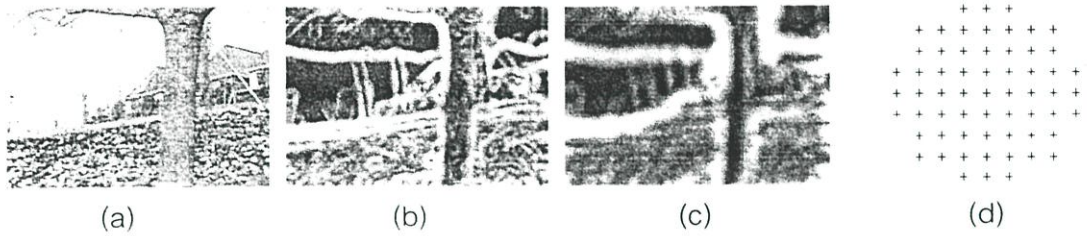
(a) ภาพ class-map 1 มีค่า $J_{entire_image} = 1.720$ ($J_+ = 0, J_* = 0, J_o = 0$)

(b) ภาพ class-map 2 มีค่า $J_{entire_image} = 0$ ($J_{\{+,*\}} = 0$)

(c) ภาพ class-map 3 มีค่า $J_{entire_image} = 0.855$ ($J_+ = 0, J_{\{*,o\}} = 0.011$)

จากคุณสมบัติของค่า J นี้เอง จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งบอกว่าพื้นที่เฉพาะบางส่วนที่ถูกประมาณค่า J ออกมานั้น เป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับส่วนขอบหรืออยู่ในบริเวณส่วนกลางของพื้นที่หรือวัตถุที่ต้องการแยกออกมาจากภาพ ดังนั้นจึงได้นำเอาวิธีการหาค่า J นี้ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่เฉพาะบางส่วน (local area) แทนที่จะกระทำกับทั้งหมดภาพ โดยพื้นที่เฉพาะส่วนนั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.6(d) เป็น window กลมที่มีจุดศูนย์กลางเป็นพิกเซลที่จะถูกแทนด้วยค่า J ที่หาได้จากพื้นที่ของ window นั้นครอบคลุมอยู่ และเมื่อหาค่า J สำหรับแต่ละพิกเซลครบทั้งหมดแล้ว จะได้ภาพในลักษณะของ gray-scale ที่แทนพิกเซลด้วยค่า J ของมันเอง แล้วภาพนั้นจะถูกเรียกว่า J -image และจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนขนาดของ window scale จะช่วยให้สามารถเลือกเอาขนาดที่ทำให้ได้ค่า J ต่ำที่สุดได้ดีกว่าใช้ window ที่กำหนด scale ไว้เพียงขนาดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างภาพ J -image ที่ได้จากการคำนวณ

(a) ภาพต้นฉบับ

(b) J -image ที่มีการปรับขนาดของ window scale เท่ากับ 3 มีค่า $J_{average} = 0.103$

(c) J -image ที่มีการปรับขนาดของ window scale เท่ากับ 2 มีค่า $J_{average} = 0.125$

(d) ตัวอย่าง basic window scale 1 ที่ถูกใช้เพื่อ convolution หาค่า J ภายใต้ window

ขนาดของ local window จะเป็นตัวบ่งบอกถึงขนาดของขอบเขตที่จะถูกแบ่งภายในภาพ (image regions) ที่สามารถจะเป็นไปได้ โดยที่ถ้าหากว่า window นั้นมีขนาดเล็กจะเป็นผลดีต่อการหาตำแหน่งขอบของวัตถุหรือส่วนที่เป็นเส้นแบ่งเขตแดน ในขณะที่ window ที่มีขนาดใหญ่จะเป็นผลดีสำหรับการหาขอบเขตของ texture แต่บ่อยครั้งที่จำเป็นต้องใช้ window หลายๆ ขนาด เพื่อให้ได้ผลของการแยกส่วนวัตถุในภาพที่ดีขึ้น นั้นหมายถึงได้ค่า $J_{average}$ ของภาพนั้นน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 3.6(b) และ 3.6(c) ค่า Window scale ที่เล็กที่สุดหรือที่เรียกว่า basic window scale จะมีค่าเป็น 1 ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.6(d) จากนั้นขนาดของ window scale จะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวไปเรื่อยๆ เพื่อหาขนาดที่ใหญ่กว่าที่พอดี (next larger scale) โดยขนาดที่ใหญ่กว่านั้นจะมีช่วงของการ Sampling จุดข้อมูลที่ยากขึ้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดของ Window ที่ค่า Scale ต่างๆ กัน

Scale	Window Size (pixels)	Sampling (1/pixels)	Region Size (pixels)	Min. Seed (pixels)
1	9 x 9	1 / (1 x 1)	64 x 64	32
2	17 x 17	1 / (2 x 2)	128 x 128	128
3	33 x 33	1 / (4 x 4)	256 x 256	512
4	65 x 65	1 / (8 x 8)	512 x 512	2048

เมื่อได้ภาพ J -image แล้ว จะนำมาทำการแยกส่วนของวัตถุในภาพด้วยวิธีการขยายพื้นที่แบบ SRG ซึ่งจะต้องเริ่มต้นด้วยการหาจุดที่จะถูกใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการขยายพื้นที่หรือที่เรียกว่า Seed โดยสามารถหาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

- μ_j คือค่าเฉลี่ยของค่า local J เฉพาะพื้นที่
- σ_j คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า local J เฉพาะพื้นที่
- T_j คือค่า threshold สำหรับการกำหนดเลือก seed

แล้ว T_j สามารถหาได้จาก

$$T_j = \mu_j + a\sigma_j \quad (3.6)$$

ค่าของตัวแปร a จะถูกเลือกมาจากเซตของพารามิเตอร์ $\{-0.6, -0.4, -0.2, 0, 0.2, 0.4\}$ และเลือกเอาค่าที่ทำให้ได้จำนวน Seed มากที่สุด โดยมีเงื่อนไขคือ ถ้าพิกเซลใดที่มีค่า local J น้อยกว่า T_j จะถูกพิจารณาให้เป็น Candidate seed แล้วพิกเซลที่อยู่ติดกับ Candidate seed ในลักษณะ 4 ทิศทาง (4-connectivity) ก็จะถูกรวมกลุ่มเข้าด้วยกันกับ Candidate seed นั้นๆ และพิจารณาเช่นเดียวกันนี้กับ Seed อื่นอีกต่อไป และถ้า Candidate seed ใดมีขนาดใหญ่กว่า ขนาดที่เล็กที่สุดของ Seed ที่เหมาะสมกับขนาด window scale ที่เลือกใช้ตามตารางที่ 3.1 แล้ว Candidate seed นั้น จะถูกกำหนดให้เป็น Seed จริงๆ เพื่อใช้ในการขยายพื้นที่ต่อไป

ในการทำงานของอัลกอริทึมจริงๆ นั้น ถ้าหากกำหนดให้ Seed มีการขยายพื้นที่โดยเพิ่มขึ้นทีละพิกเซลแล้วอาจจะทำให้การประมวลผลเป็นไปได้ช้ามาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการที่เร็วกว่าเพื่อ implement จริง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. กำจัด Hole หรือ Noise ที่มีปรากฏอยู่ใน Seed ต่างๆ
2. เฉลี่ยค่า local J ของพิกเซลที่เหลือที่ยังไม่ถูกแยกส่วน และรวมพิกเซลที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเพื่อสร้างเป็นพื้นที่ที่จะทำการขยายให้ใหญ่ขึ้น ถ้าหากพื้นที่ที่ขยายขึ้นนั้นอยู่ใกล้เคียงหรือติดกับ Seed ใด Seed หนึ่ง แล้วพิกเซลของพื้นที่กลุ่มนั้นจะถูกรวมให้เป็นส่วนหนึ่งของ Seed นั้นไปด้วย
3. คำนวณหาค่า local J ของพิกเซลที่เหลือด้วยค่าขนาดของ window scale ที่น้อยกว่าถัดไปตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้นสำหรับการกำหนดตำแหน่งขอบเขตของพื้นที่สำหรับพิกเซลที่เหลือ แล้วกลับไปทำตามขั้นตอนที่ 2
4. ทำการขยายพื้นที่ของพิกเซลที่เหลือทีละพิกเซลด้วยค่าขนาดของ window scale ที่เล็กที่สุด ส่วนพิกเซลในบริเวณขอบ (boundary) ของ Seed ที่ยังไม่สามารถกำหนดกลุ่มให้ได้ จะถูกเก็บไว้ใน Buffer แล้วจึงเลือกพิกเซลใน Buffer ที่มีค่า local J น้อยสุดเพื่อกำหนดกลุ่มไปยัง Seed ที่อยู่ติดกับพิกเซลนั้น และทำการ Update buffer ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าทุกพิกเซลที่เหลือจะถูกกำหนดกลุ่มให้จนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การรวมพื้นที่เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพ

การรวมพื้นที่ของผลลัพธ์ที่ออกมาในลักษณะ over-segmentation เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ เพื่อปรับแต่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยเมื่อผ่านขั้นตอนการขยายพื้นที่เสร็จแล้ว บ่อยครั้งจะเกิดพื้นที่หรือขอบเขตที่ถูกแยกส่วนมากจนเกินไป ซึ่งในความเป็นจริงแล้วพื้นที่เหล่านั้นควรจะถูกรวมเข้าด้วยกันตามลักษณะ feature ของแต่ละพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงกัน เทคนิคที่ถูกเลือกเพื่อทำการรวมพื้นที่นี้เรียกว่า Agglomerative method [34] ซึ่งเป็นแนวความคิดเดียวกันกับ อัลกอริทึมที่ถูกใช้สำหรับรวมกลุ่มสีของขั้นตอนการควอนไทซ์สีในหัวข้อที่ 3.3

สำหรับวิธีการดังกล่าวนี้จะใช้การหาค่าผลต่างแบบ Euclidean distance ของ feature histogram ระหว่างสองพื้นที่ ที่อยู่ใกล้เคียงติดกัน โดยมีเงื่อนไขในการหาค่าผลต่างดังต่อไปนี้

กำหนดให้

H_i คือค่า histogram ของพื้นที่ i^{th}

H_j คือค่า histogram ของพื้นที่ j^{th}

P คือค่า feature histogram vector

$D_H(i, j)$ คือค่าผลต่างหรือ distance ระหว่าง H_i และ H_j

$$D_H(i, j) = \|P_i - P_j\| \quad (3.7)$$

จากนั้นทำการเลือกเอาสองพื้นที่ ที่อยู่ติดกันและมีค่าผลต่างน้อยที่สุด โดยค่าผลต่างนั้นต้องมีค่าน้อยกว่า Threshold parameter ที่กำหนด เพื่อนำมารวมเป็นพื้นที่เดียวกัน และทำเช่นเดียวกันนี้กับทุกๆ คู่ของพื้นที่ที่อยู่ติดกัน จนกว่าค่าผลต่างของทุกๆ พื้นที่ ที่อยู่ติดกันทุกคู่ จะมีค่ามากกว่าค่า Maximum threshold ของผลต่าง โดยเมื่อผ่านกระบวนการนี้แล้วจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายปรากฏอยู่ที่ภาพในระดับขั้นบนสุดของพีระมิด



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการรวมพื้นที่โดยตั้งค่า Threshold parameter ต่างๆ กัน

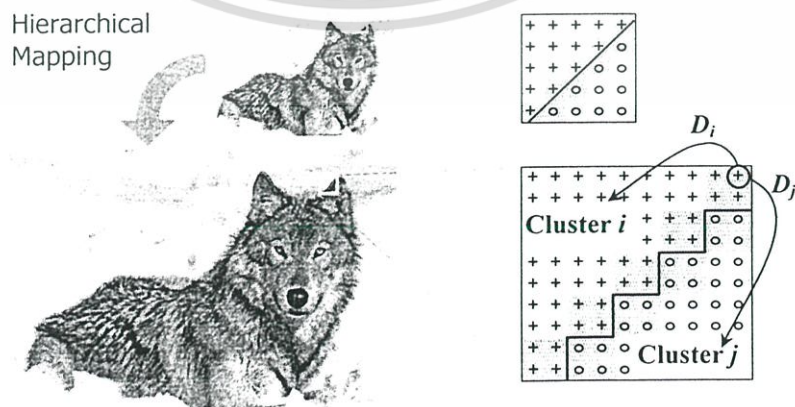
(a) ภาพต้นฉบับ

(b), (c), (d) และ (e) ผลลัพธ์การแยกส่วนด้วยการกำหนดค่า Threshold จากน้อยไปมาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การแมปเป็นลำดับชั้นของผลลัพธ์จากการแยกส่วนภาพ

การแมปเป็นลำดับชั้นในขั้นตอนนี้ เป็นการหาตำแหน่งเฉพาะบริเวณขอบของพื้นที่ในภาพผลลัพธ์ ที่เกิดจากการแยกส่วนในภาพขนาดเล็กที่อยู่ระดับบนสุดของพีระมิด ลงมายังภาพในระดับล่างถัดไปที่มีขนาดใหญ่กว่า และทำให้ได้ตำแหน่งขอบเขตที่ถูกต้อง ด้วยเทคนิคการเทคนิคการแยกส่วนของพื้นที่เฉพาะส่วน (Local edge clustering) โดยอาศัย feature ร่วมกัน (Combined) ระหว่าง Global feature และ Local feature ที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่เป็นขอบของพื้นที่ที่เราสนใจ

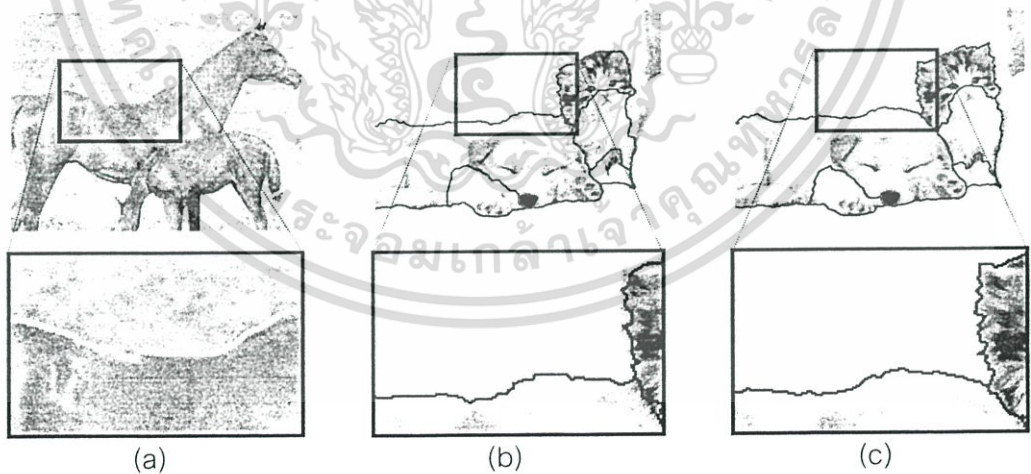
ก่อนที่จะทำการแยกส่วนเฉพาะบริเวณขอบนั้น จะต้องทำการแมปภาพโดยตรง (direct-map) จากระดับบนลงมายังภาพในระดับล่างถัดไปของพีระมิดดังตัวอย่างในรูปที่ 3.8 เพื่อทำการหา feature ที่จะนำไปใช้สำหรับการ cluster edge โดยเลือก feature ที่เป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (variance) ของแต่ละพื้นที่มาเป็นค่า threshold สำหรับการ cluster จากนั้นพิจารณาเลือกสองพื้นที่ ที่อยู่ติดกันและถูกกันด้วยเส้นขอบ (edge) ให้เป็นสอง cluster centroid ที่จะถูกใช้เป็นอย่างอื่นในการ cluster พื้นที่ แทนด้วย cluster i และ cluster j ดังนั้น feature ของพื้นที่ทั้งสองก็จะกลายเป็น feature ของแต่ละ cluster ไปด้วย และเส้นขอบขนาดใหญ่ที่กั้นอยู่ระหว่างสองพื้นที่นั้นเปรียบเสมือนกับพิกเซลส่วนที่เหลือซึ่งยังไม่ถูกกำหนดกลุ่มให้ จากนั้นจึงเริ่มกระบวนการจัดกลุ่มพื้นที่ ด้วยการเลือกพิกเซลที่อยู่ติดกับ cluster i แล้วคำนวณหาค่าผลต่าง (Euclidian distance) ระหว่างพิกเซลนั้นกับ cluster ทั้งสอง แทนด้วยสัญลักษณ์ D_i และ D_j แล้วถ้าหากว่า $D_i < D_j$ พิกเซลนั้นจะถูกกำหนดให้ไปรวมกลุ่มกับ cluster i และกระทำเช่นเดียวกันนี้กับทุกๆ พิกเซลที่อยู่ติดกับ cluster i จนกระทั่งไม่มีพิกเซลใดเป็นไปตามเงื่อนไขอีก แล้วพิกเซลที่เหลือในบริเวณขอบที่กำลังพิจารณาอยู่ จะถูกกำหนดให้ไปรวมกลุ่มกับ cluster j แล้วทำเช่นเดียวกันนี้กับทุกๆ edge ที่กั้นอยู่ระหว่างสองพื้นที่ใดๆ ที่อยู่ติดกันในภาพจนครบ แล้วจะได้ผลลัพธ์ของการแมปในภาพระดับถัดไปของพีระมิด และแมปเป็นลำดับชั้นอีกกับภาพในระดับอื่นถัดไปที่เหลือ จนได้ภาพผลลัพธ์ของการแยกส่วนวัตถุที่สมบูรณ์ปรากฏอยู่ในภาพระดับล่างสุดของพีระมิด



รูปที่ 3.8 การแยกส่วนเฉพาะบริเวณขอบของพื้นที่ (Local edge clustering) ที่ถูกแมปมาโดยตรง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่นำเสนอแนวคิดการแยกส่วนแบบพหุมิติ [1, 4, 35] เหล่านี้ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าสามารถช่วยลดเวลาในการประมวลผลลงได้ แต่ข้อเสียประการหนึ่งของเทคนิคเหล่านี้ คือกระบวนการแมปปีงภาพลงไปในระดับล่าง ที่ยังต้องอาศัย (depend) ข้อมูลจากการแยกส่วนในระดับบนสุดของพหุมิติมาใช้เป็นสำหรับหาขอบของภาพในลำดับขั้นถัดไป นอกจากนั้นเทคนิคดังกล่าวยังใช้เพียง Basic global feature เป็นข้อมูลเพื่อทำการแมปขอบของพื้นที่ แต่ค่า Global feature นี้ยังไม่สามารถ represent พื้นที่ในลักษณะของลายภาพได้ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจาก cluster centroid ของพื้นที่ในแบบ texture นั้นจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยสูงกว่าพื้นที่ที่มีสีเพียงอย่างเดียว เป็นผลทำให้การ Track ขอบที่ได้ในภาพระดับล่างไม่แม่นยำเท่าที่ควร

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการใช้วิธี combined feature ร่วมกันระหว่าง Global feature และ Local feature ซึ่งจะเป็นประโยชน์กว่าการใช้ Global feature เพียงอย่างเดียว ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.9(a) ที่ภาพประกอบไปด้วยพื้นที่ในแบบ homogeneous color เท่านั้น ซึ่งในกรณีเช่นนี้แม้จะใช้เพียงแค่ Global feature ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีได้เช่นกัน แต่ในความเป็นจริงแล้วภาพโดยทั่วไป โดยเฉพาะจากธรรมชาติ มักจะประกอบไปด้วยสีและลายภาพปนกันอยู่จำนวนมาก ซึ่งเป็นยากที่จะใช้เพียงแค่ Global feature มา Track หา edge ของพื้นที่นั้นๆ จนอาจทำให้ได้ขอบที่ไม่แม่นยำดังตัวอย่างในรูปที่ 3.9(b) ดังนั้นจึงควรที่จะมีการใช้ Local feature ที่สนใจข้อมูลเฉพาะใกล้ๆ บริเวณ edge เข้ามาช่วย weight ให้น้ำหนักแบ่งกับ Global feature ซึ่งจากการทดลองได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยหาตำแหน่งขอบของพื้นที่ที่เป็นลายภาพได้ดีขึ้นดังตัวอย่างในรูปที่ 3.9(c)



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างผลลัพธ์การแมปปีงเฉพาะบริเวณขอบของพื้นที่โดย feature แบบต่างๆ

- (a) การแมปปีงโดยใช้ Global features กับพื้นที่ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ
- (b) การแมปปีงโดยใช้ Global features กับพื้นที่ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง
- (c) การแมปปีงโดยใช้ Global and Local features กับพื้นที่ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่นั้นตอนศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยอื่นๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยให้ได้มากที่สุด แล้วนำองค์ความรู้จากการศึกษานั้นมาทำการวิเคราะห์วิจัยเพื่อค้นหาหลักการหรือเทคนิคใหม่ๆ ที่จะก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นไปกว่างานวิจัยที่มีอยู่เดิมในปัจจุบัน สำหรับในขั้นตอนของการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จาก Compiler ของ Microsoft Visual Studio 6.0 ด้วยภาษา C++ เพื่อประมวลผลภาพอันเป็นไปตามอัลกอริทึมที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 แล้วนำโปรแกรมมาทำการทดลองเพื่อวัดผลทั้งในแง่ของคุณภาพและประสิทธิภาพ รวมถึงการทดลองเพื่อวิเคราะห์และประเมินค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย โดยอาศัยฐานข้อมูลภาพสีขนาด 384x256 พิกเซล และมีความละเอียด 24 บิตต่อพิกเซล เป็นจำนวนกว่า 20,000 ภาพ ซึ่งฐานข้อมูลภาพส่วนใหญ่ได้นำมาจาก Corel stock photo gallery อันเป็นฐานข้อมูลภาพมาตรฐาน ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานวิจัยในสาขาการประมวลผลภาพ และได้มีการคัดเลือกภาพเป็นจำนวน 5,000 ภาพ เพื่อนำมาแยกประเภทของภาพ ที่จะถูกใช้ในการทดลองสำหรับประเมินค่าพารามิเตอร์ในงานวิจัย โดยได้มีการแบ่งกลุ่มของภาพเป็นประเภทต่างๆ ตาม ตารางที่ 4.1 และนอกจากนั้นแล้ว การวัดผลของงานวิจัยนี้ จะอาศัยการประเมินผลลัพธ์ของการแยกส่วนวัตถุในภาพเชิงปริมาณด้วยเทคนิคที่นำเสนอไว้โดย Borsotii et al. [27] ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2

ตารางที่ 4.1 การแยกกลุ่มประเภทของภาพที่ถูกนำมาใช้ในการทดลอง

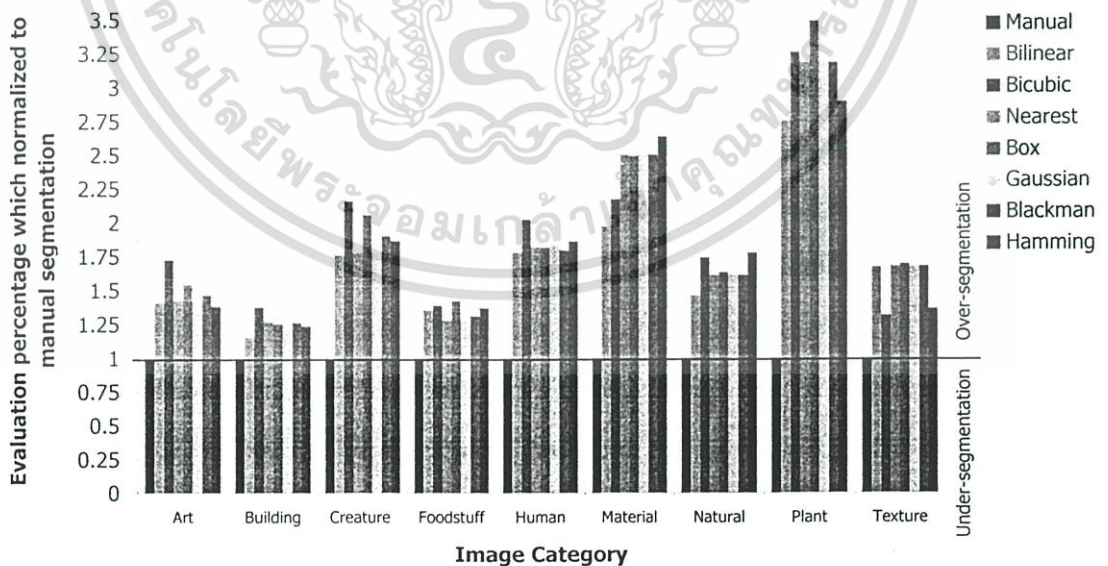
ประเภทของภาพ	จำนวนภาพ
ภาพวาดศิลปะ (Art) {Drawing, Sketching}	400
อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building) {Architecture, Monument, Sculpt}	600
สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature) {Character, Closed-up, Flock}	600
ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff) {Food, Fruit, Vegetable}	600
มนุษย์ (Human) {Face, Group, Posing}	600
สิ่งของและเครื่องยนต์ (Material) {Car, Furniture, Thing}	600
วิวธรรมชาติ (Natural) {Landscape, Shading}	400
ดอกไม้และต้นไม้ (Plant) {Flower, Garden, Tree}	600
พื้นผิวและลายภาพ (Texture) {Heap, Pattern, Skin}	600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองเลือกเทคนิค Re-sampling สำหรับสร้างภาพในลักษณะพีระมิด

การย่อขนาดของภาพต้นฉบับเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับขั้นตอนแรกของงานวิจัยนี้ ดังนั้น การเลือก Re-sampling function จึงเป็นส่วนหนึ่งของการทดลองเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมกับเทคนิคการแยกส่วนของงานวิจัย และเมื่อพิจารณาถึงภาพต้นฉบับที่ถูกย่อขนาดให้เล็กลงแล้วจะถูกนำมาแยกส่วน ด้วยขั้นตอนหลังจากนี้ ไม่ว่าจะเป็นการคอนโวลูชัน หรือการแยกส่วนด้วยเทคนิค SRG นั้น ภาพดังกล่าวควรจะทำให้ได้ผลลัพธ์เหมือนหรือดีกว่าการแยกส่วนกับภาพต้นฉบับไปโดยตรง นั่นหมายถึง Re-sampling function ที่เลือกใช้นั้น จะต้องพยายามรักษารายละเอียดที่เป็นส่วนสำคัญของภาพ โดยเฉพาะในบริเวณขอบของวัตถุหรือพื้นที่ที่เราสนใจในภาพเอาไว้ให้ได้ ทั้งนี้เพื่อไม่ก่อให้เกิดผลกระทบไปยัง Segmentation kernel ที่ถูกนำมาใช้ในการแยกส่วนภาพนั้นต่อไป

สำหรับการทดลองในขั้นตอนนี้ ได้ทำการทดสอบย่อภาพด้วย Re-sampling function วิธีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น เทคนิคที่นิยมใช้กันในซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ เช่น Bilinear (First-order), Bicubic (Second-order), Nearest neighbor (Zero-order) และ Mean หรือที่เรียกว่า Box filter รวมถึง Re-sampling function ที่ประมาณค่ากับข้อมูลแบบ Random field data เช่น Gaussian, Blackman และ Hamming โดยจะนำเอาภาพที่ได้จากการย่อขนาดด้วย Re-sampling function แต่ละแบบนี้ มาทำการแยกส่วนด้วย Segmentation kernel ที่นำเสนอ แล้วประเมินผลในเชิงปริมาณเปรียบเทียบกับผลการแยกส่วนแบบ Manual เพื่อเลือกเทคนิคการ Re-sampling ที่เหมาะสมที่สุด ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลองในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป

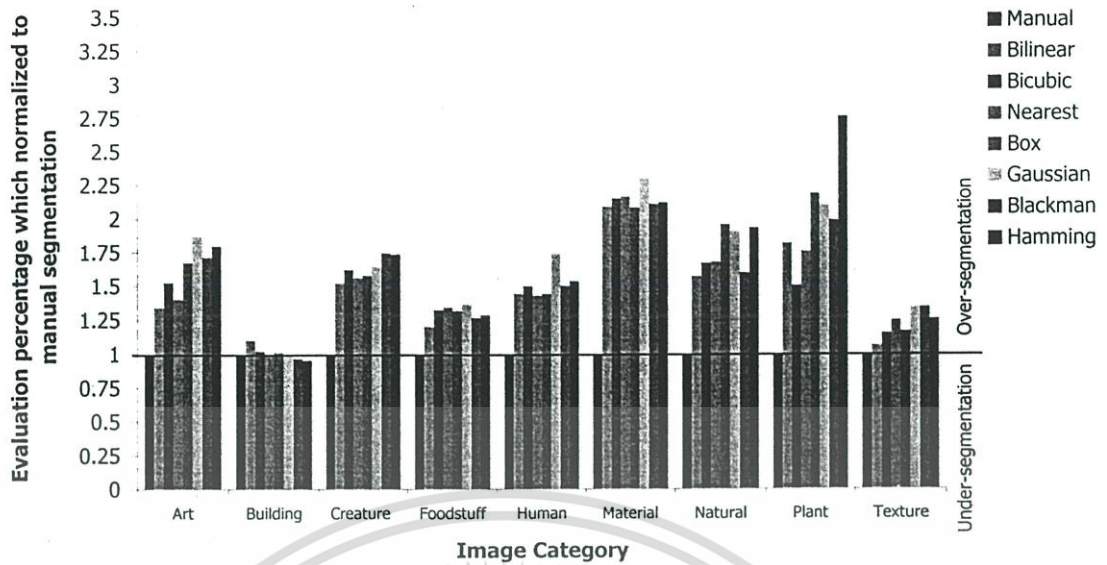


รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ถูกย่อขนาด

เล็กลงเหลือ 50% (Level 1 of pyramidal image) ด้วย Re-sampling function แบบ

ต่างๆ กับการแยกส่วนในภาพโดยตรงแบบ Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

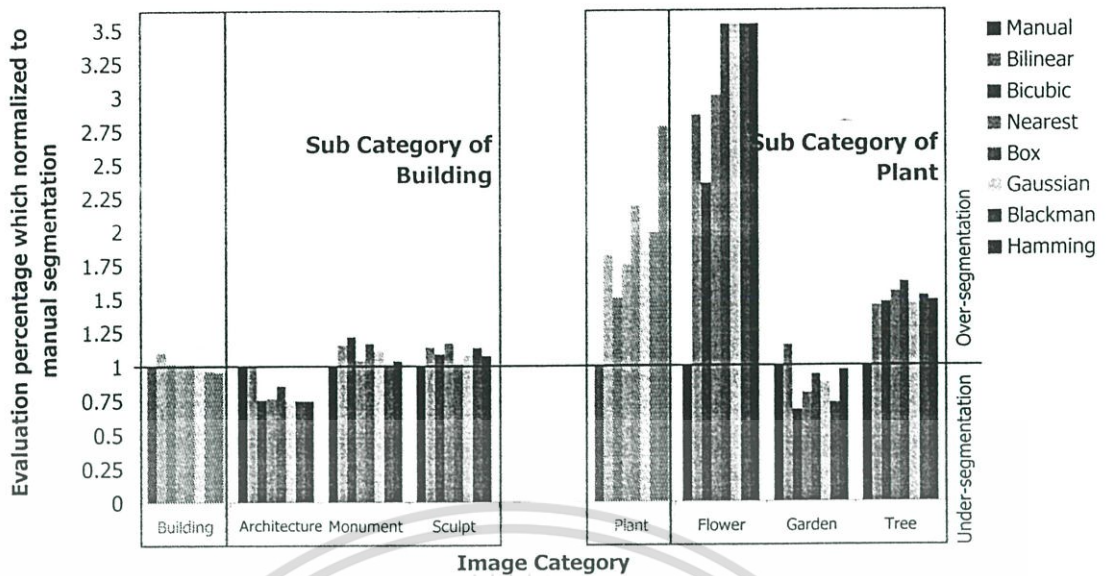


รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพระหว่างภาพที่ถูกย่อขนาด เล็กลงเหลือ 25% (Level 2 of pyramidal image) ด้วย Re-sampling function แบบ ต่างๆ กับการแยกส่วนในภาพโดยตรงแบบ Manual

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อใช้ Re-sampling function แต่ละวิธีย่อขนาดภาพแล้ว จะได้ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณที่ใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual แตกต่างกันไปเล็กน้อย แต่ก็ยังมีบางเทคนิคเช่น Bilinear interpolation ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น โดยเฉพาะในรูปที่ 4.1 เป็นการแยกส่วนกับภาพที่ย่อขนาดลงเหลือ 50% นั้นหมายถึงย่อภาพจากขนาด 384x256 พิกเซลให้เหลือ 192x128 พิกเซล ซึ่งในกราฟนี้ Bilinear ให้ค่าใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุดในเกือบทุกๆ ประเภทของภาพที่นำมาทดลอง

สำหรับในรูปที่ 4.2 เป็นการทดลองแยกส่วนกับภาพที่ย่อลงเหลือ 25% นั่นคือขนาดภาพเล็กลงไปอีกเหลือ 96x64 พิกเซล โดยในกราฟนี้ แม้ว่าในภาพบางประเภทจะมีเทคนิคอื่นที่ให้ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณที่เหมาะสมกว่า เช่น ภาพของภาพประเภท Building และ Plant แต่โดยรวมแล้ว Bilinear interpolation ก็ยังอยู่ในลำดับต้นๆ ของภาพทุกประเภทที่นำมาทดลอง และสำหรับภาพบางประเภท (Building, Plant) ที่กล่าวมานั้น เมื่อนำเอาภาพเฉพาะ Building และ Plant มาแยกประเภทย่อยลงไปอีก จะได้กราฟดังรูปที่ 4.3 ซึ่งจะเห็นว่าค่าของ Bilinear สูงกว่าค่าของบางเทคนิคนั้น สืบเนื่องมาจากค่าที่ประเมินได้จากภาพของกลุ่มย่อย Architecture ในประเภท Building และ กลุ่มย่อย Garden ของ Plant ให้ผลลัพธ์ออกมาต่ำกว่าค่าที่วัดได้จาก Manual นั้นหมายถึงผลลัพธ์ในกลุ่มดังกล่าวเป็น Under-segmentation ที่เราไม่ต้องการ แต่เมื่อนำมาเฉลี่ยกับกลุ่มย่อยอื่นๆ ในภาพประเภทเดียวกันแล้ว จึงส่งผลทำให้ค่าเฉลี่ยรวมของภาพประเภทนั้นถูกกดให้มีค่าน้อยลงตามไปด้วย

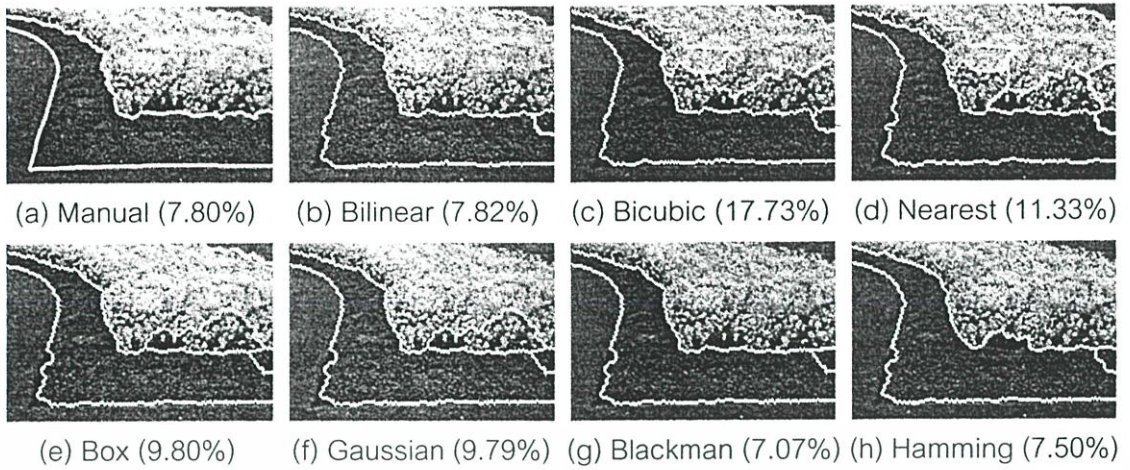
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



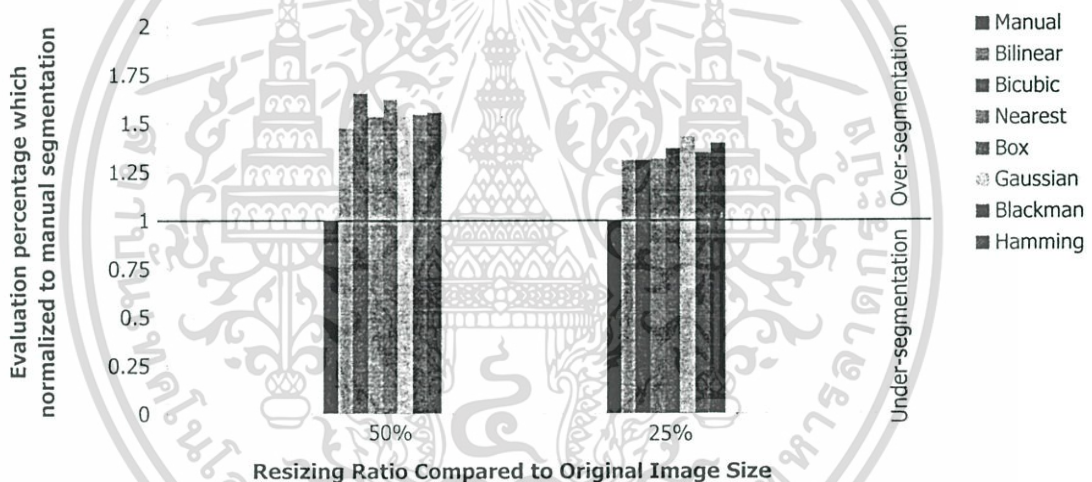
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพที่ถูกย่อขนาดเล็กน้อยลงเหลือ 25% โดยเลือกภาพในกลุ่มย่อยที่นำมาเฉลี่ยเป็นกราฟของ Building ได้แก่ Architecture, Monument และ Sculpt และกราฟของ Plant ได้แก่ Flower, Garden และ Tree

จากการทดลองวัดผลในเชิงปริมาณโดยเปรียบเทียบกับวิธีการแยกส่วนแบบ Manual แล้วพบว่า ภาพที่ถูกนำมาวัดผลในเชิงปริมาณ แล้วให้ค่าที่มากกว่าและใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุดนั้น ก็มักจะให้ผลลัพธ์ของลักษณะพื้นที่ที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ถูกแยกในแบบ Manual มากที่สุดดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4(b) แต่ถ้าหากว่า ค่าที่วัดได้นั้นมีค่าสูงมากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ก็มักจะแสดงออกมาเป็นพื้นที่ในลักษณะของ Over-segmentation ที่มีพื้นที่ของภาพผลลัพธ์จำนวนมากเกินไปดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4(c), 4.4(d) และ 4.4(e) ส่วนในทางตรงกันข้าม ถ้าหากค่าที่ประเมินได้น้อยกว่าค่าที่วัดได้จากการแยกส่วนแบบ Manual นั้นหมายถึงผลลัพธ์ที่ได้ก็จะมีลักษณะพื้นที่ในแบบตรงกันข้ามเช่นกัน คือเป็นแบบ Under-segmentation ที่ได้จำนวนพื้นที่ของภาพผลลัพธ์น้อยเกินไป หรือมีพื้นที่ในบางส่วนหายไปและไม่ตรงกับภาพต้นฉบับดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4(f), 4.4(g) และ 4.4(h) พื้นที่ในบริเวณมุมขวาด้านบนของภาพหายไป ซึ่งวิธีที่ให้ผลลัพธ์ในลักษณะนี้ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้ในลักษณะของ Under-segmentation นี้ ไม่สามารถที่จะแก้ไขหรือได้ด้วยการปรับพารามิเตอร์ของการทดลองในขั้นตอนอื่นๆ ได้อีก ดังที่ได้เคยยกตัวอย่างไว้แล้วในการวัดผลเชิงปริมาณของภาพประเภท Building และ Plant ซึ่งถ้าหากพิจารณาจากภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าภาพผลลัพธ์จากการแยกส่วนที่ถูกประเมินค่าในเชิงปริมาณแล้ว มีค่าต่ำกว่าการวัดผลที่ได้จากการแยกส่วนแบบ Manual นั้น มักจะมีพื้นที่ในลักษณะเป็น Under-segmentation เกิดขึ้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งในภาพนั้นเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพที่ได้จากการแยกส่วนในภาพที่มีการย่อขนาดลงเหลือ 50% จากภาพต้นฉบับด้วยเทคนิคการ Re-sampling ในแบบต่างๆ โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งในเชิงปริมาณและลักษณะรูปร่างของพื้นที่กับการแยกส่วนแบบ Manual



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการเฉลี่ยค่าในทุกกลุ่มภาพรวมกัน จากผลลัพธ์เชิงปริมาณของการแยกส่วนในภาพ โดยแยกเป็นภาพที่ถูกย่อขนาดเล็กลงเหลือ 50% (รูปที่ 4.1) และ 25% (รูปที่ 4.2)

การประเมินผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการแยกส่วนของวัตถุในภาพที่แสดงในรูปที่ 4.5 เป็นกราฟจากการประเมินผลโดยเฉลี่ยของภาพในทุกๆ ประเภทร่วมกัน โดยแยกเป็นข้อมูลจากการย่อภาพให้เล็กลงเหลือ 50% และ 25% จากภาพต้นฉบับนั้น (เป็นการเฉลี่ยกราฟจากรูปที่ 4.1 และ 4.2) พอที่จะช่วยให้สรุปได้ว่า เทคนิค Re-sampling function ในแบบ Bilinear interpolation นั้นให้ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณเป็นที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการย่อภาพด้วยเทคนิคอื่น โดยเฉพาะในบางภาพที่ให้ผลลัพธ์ที่ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจาก Re-sampling function แบบอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4 ดังนั้น Bilinear interpolation จึงเหมาะที่นำมาใช้เป็น Re-sampling

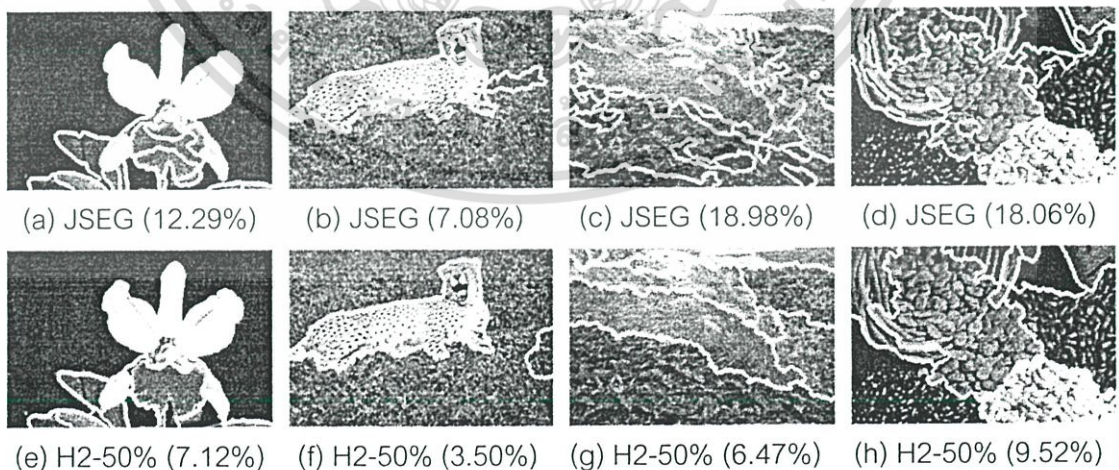
function ของงานวิจัยนี้เพื่อใช้สำหรับการทดลองในขั้นตอนอื่นๆ อีกต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองกำหนดค่า Threshold สำหรับขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพ

การควอนไทซ์สีของภาพเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งของงานวิจัย ซึ่งพยายามลดจำนวนสีในภาพให้เหลือน้อยลง นั่นคือเป็นการแยกส่วนของพื้นที่โดยรวมเอาพิกเซลที่มีสีใกล้เคียงกันเข้าเป็นพื้นที่เดียวกัน และเนื่องจากเทคนิคการควอนไทซ์สีที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ไม่เป็นแบบ Uniform สีที่ได้ขึ้นอยู่กับ Cluster centroid สุดท้ายและนอกจากนั้นยังอาศัยเทคนิคการรวม (Merge) cluster ในแบบ Agglomerative method มาช่วยรวมกลุ่มสีที่มีค่าใกล้เคียงกัน ด้วยเทคนิคการรวมสีดังกล่าวนี้จะต้องมีการกำหนดค่า Threshold เพื่อเป็นพารามิเตอร์ของระยะห่าง (Euclidian Distance) ระหว่างสอง Cluster centroid ใดๆ ที่จะถูกนำมาพิจารณาเพื่อรวมเข้าเป็นกลุ่มสีเดียวกัน โดยถ้าหากว่าค่า Threshold ดังกล่าวนี้นี้มีค่ามากหมายถึงยอมให้มีการรวมกลุ่มสีที่มี cluster centroid ระยะห่างกันมากรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน เป็นผลทำให้จำนวนสีหรือจำนวน cluster ที่ได้จากการควอนไทซ์นี้ลดน้อยลง แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าหากว่าค่า Threshold ดังกล่าวนี้นี้มีค่าน้อย นั่นหมายถึง cluster centroid ที่มีค่าระยะห่างใกล้เคียงกันมากๆ เท่านั้น จึงจะสามารถรวมกลุ่มเข้าด้วยกันได้ จึงทำให้จำนวนสีที่ได้จากการควอนไทซ์นี้มีจำนวนมากขึ้นเพราะไม่สามารถรวมกลุ่ม cluster เข้าด้วยกันได้

ผลจากการกำหนดค่า Threshold ของการควอนไทซ์สีดังกล่าวนี้ เป็นสิ่งหนึ่งที่จะมีส่วนมาช่วยกำหนดคุณภาพของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพในงานวิจัยนี้ด้วยเช่นกัน โดยในงานวิจัยของกลุ่มผู้นำเสนอ JSEG เองก็ได้มีการประเมินค่าดังกล่าวนี้ด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากต้องการให้อัลกอริทึมสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยงานวิจัยที่นำเสนอเทคนิค JSEG ได้มีการกำหนดค่า Threshold สำหรับการควอนไทซ์สีไว้แบบตายตัว (fix) ไว้ที่ 255 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่ดีที่สุดสำหรับภาพหลายๆ ประเภท ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค JSEG กับ

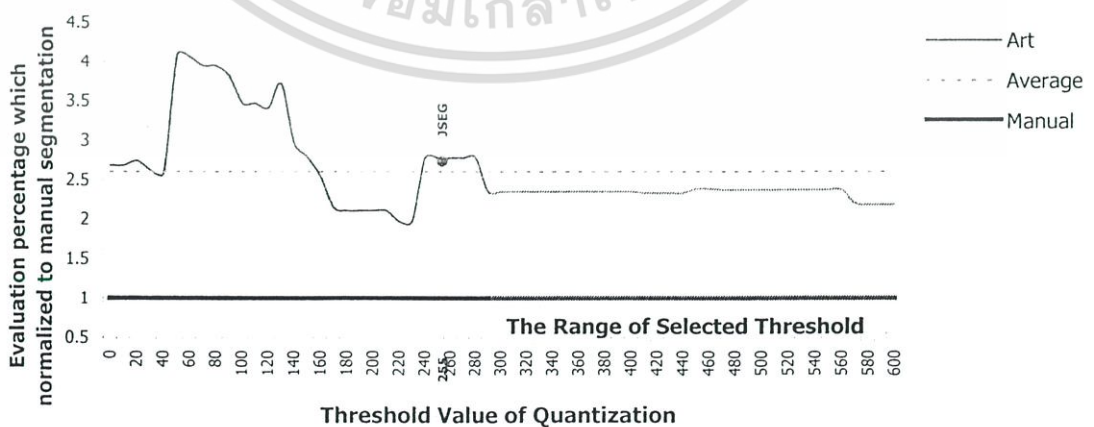
การแยกส่วนด้วยเทคนิคของงานวิจัยที่มีจำนวนภาพในพิกเซล 2^{ชั้น} และมีการย่อขนาด

ภาพลงเหลือ 50% โดยใช้ค่า Threshold แบบตายตัวที่นำเสนอโดยเทคนิค JSEG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในงานวิจัยนี้ค่าที่กำหนดแบบตายตัวดังกล่าว อาจจะไม่เหมาะสมแก่การนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้เนื่องจากการแยกส่วนไม่ได้กระทำกับภาพต้นฉบับไปโดยตรง แต่กระทำกับภาพที่มีการย่อขนาดให้เล็กลงแทน ซึ่งอาจจะเป็นผลทำให้เกิด Over-segmentation หรือ Under-Segmentation ขึ้นได้ดังภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.6 ดังนั้นจึงควรที่จะมีการประมาณค่า Threshold ดังกล่าวนี้เพื่อให้เหมาะสมกับเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยนี้เสียใหม่ นอกจากนั้นแล้วค่าที่นำเสนอโดยกำหนดค่า fix มาตายตัวนั้น ประมาณมาจากการทดลองกับภาพที่ไม่ได้มีการแยกประเภทของกลุ่มภาพ ดังนั้นค่า Threshold ที่ได้จึงไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าเหมาะกับภาพประเภทใด การทดลองในขั้นตอนนี้จึงจะทำการประมาณค่าของ Threshold สำหรับการควอนไทซ์สีของภาพเสียใหม่ เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้

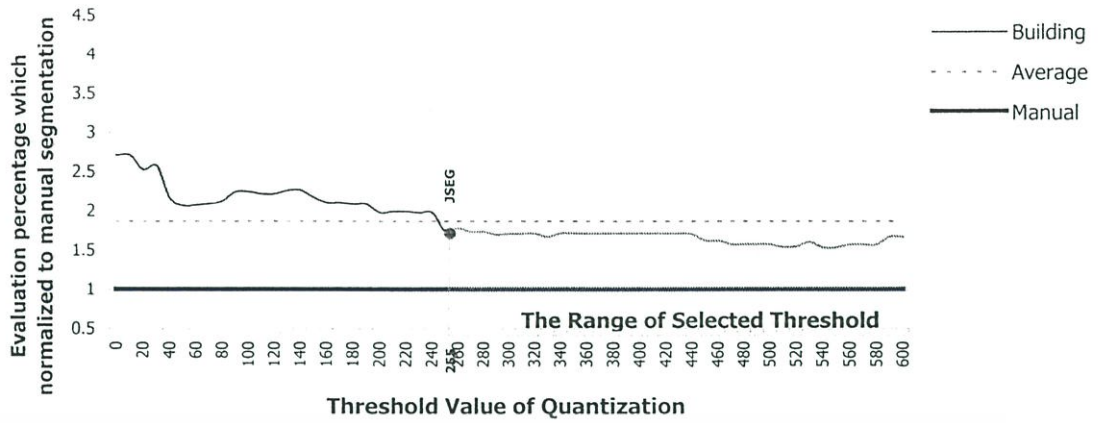
การทดลองหาค่า Threshold ที่เหมาะสมสำหรับการควอนไทซ์นี้ จะอาศัยภาพที่ได้จากขั้นตอนแรก คือภาพที่มีการย่อขนาดให้เล็กลงด้วยเทคนิค Re-sampling function ในแบบ Bilinear interpolation แล้วนำมาทำการทดลองควอนไทซ์สีของภาพโดยมีการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของขั้นตอนนี้ให้มีความเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เพื่อนำเอาภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ไปทำการแยกส่วนด้วยเทคนิค SRG ร่วมกับการหากลุ่มของลายภาพด้วยวิธีของ JSEG ซึ่งในการทดลองขั้นตอนนี้จะยังไม่ทำการรวมพื้นที่ (Region merge) และการแมปบั้งผลลัพธ์ ทั้งนี้เนื่องจากต้องการเอาผลลัพธ์จากการปรับ Threshold ที่ได้นี้มาประเมินหาค่าที่เหมาะสมเสียก่อน จึงค่อยทำการทดลองในขั้นตอนอื่นต่อไป ผลลัพธ์ที่ได้นำมาแสดงในรูปแบบของกราฟซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.7 - 4.16 โดยในแต่ละกราฟจะแสดงผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold และเส้นที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของภาพแต่ละประเภท และทำการ normalize กับค่าผลลัพธ์ที่วัดได้จากการแยกส่วนในแบบ Manual นอกจากนั้นยังแสดงจุดที่เป็นผลจากการกำหนดค่า Threshold ด้วยเทคนิค JSEG รวมถึงแสดงช่วงของค่า Threshold ที่ถูกเลือกมาพิจารณาเพื่อหาค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้



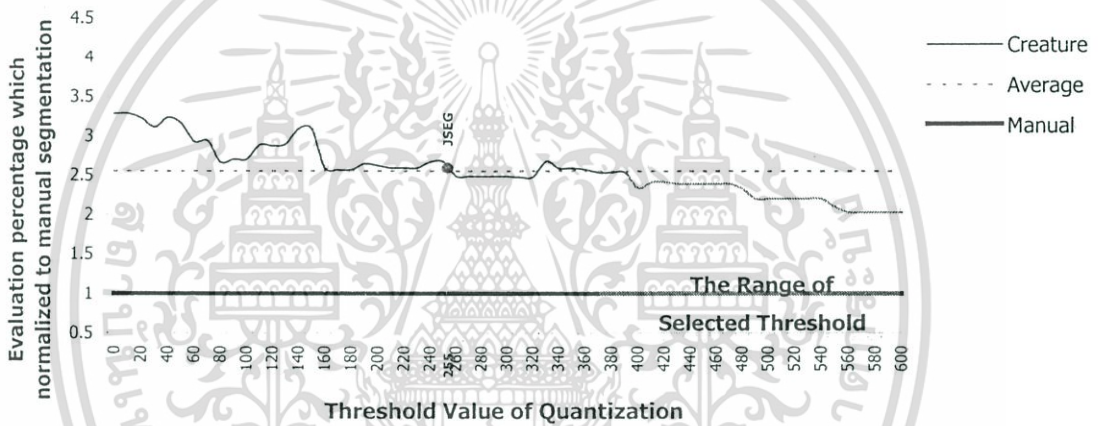
รูปที่ 4.7 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สี

สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ภาพวาดศิลปะ (Art)

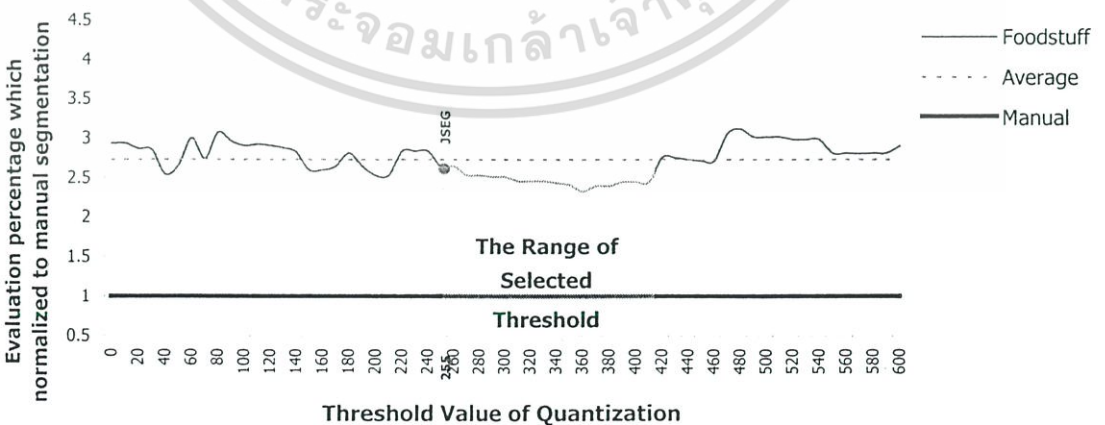
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building)

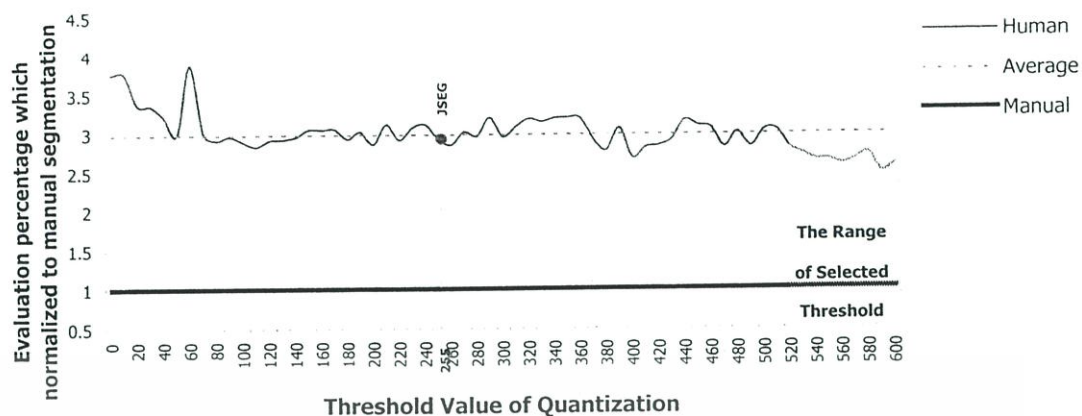


รูปที่ 4.9 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature)

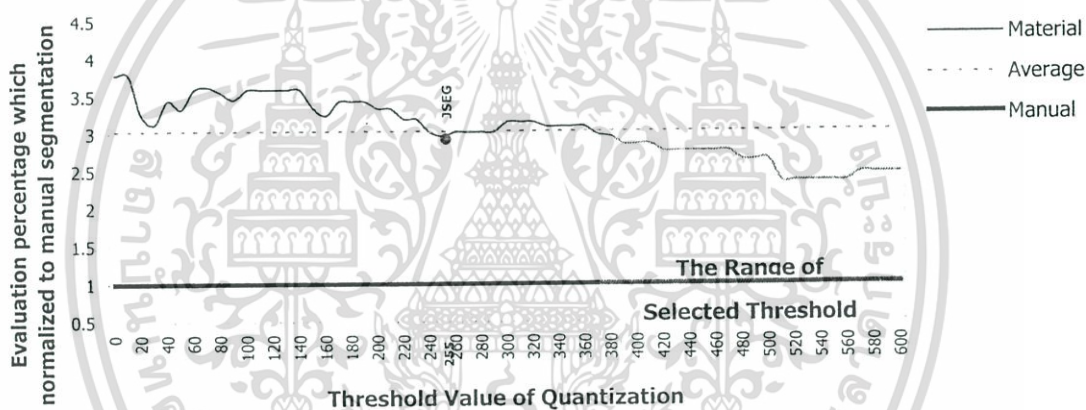


รูปที่ 4.10 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff)

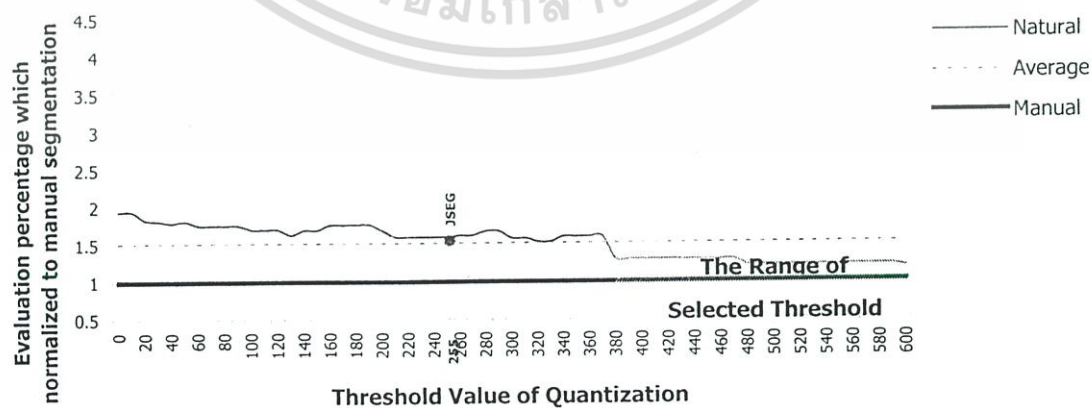
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท มนุษย์ (Human)

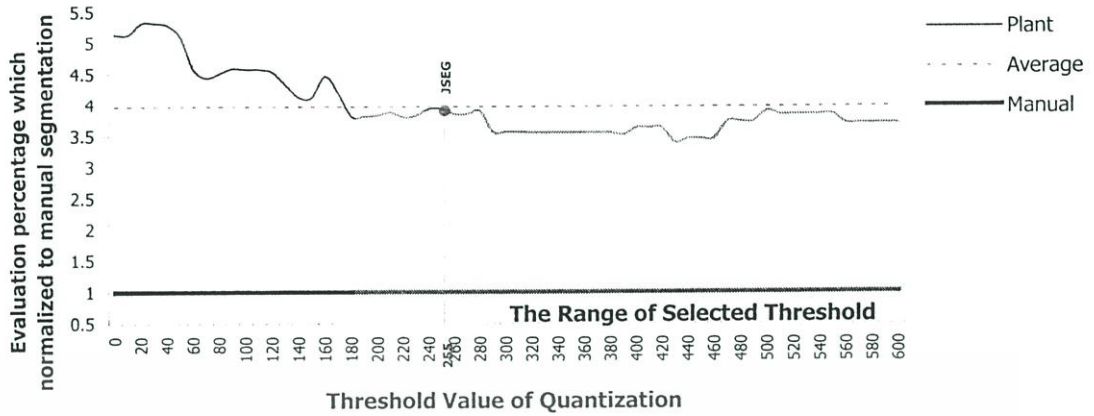


รูปที่ 4.12 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท สิ่งของและเครื่องยนต์ (Material)

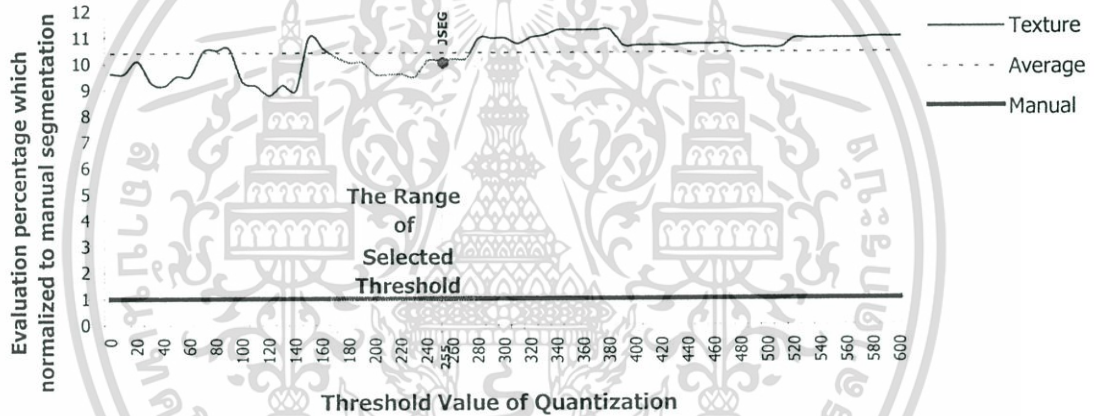


รูปที่ 4.13 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท วิวธรรมชาติ (Natural)

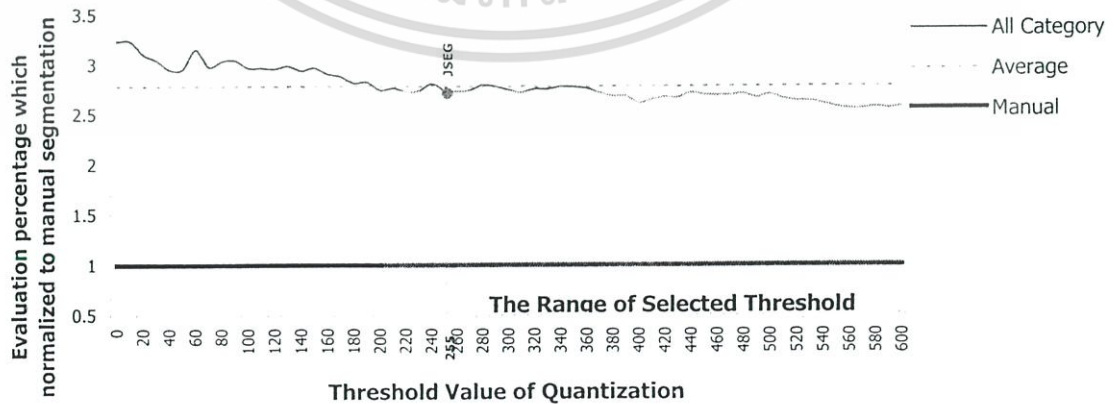
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท ดอกไม้และต้นไม้ (Plant)



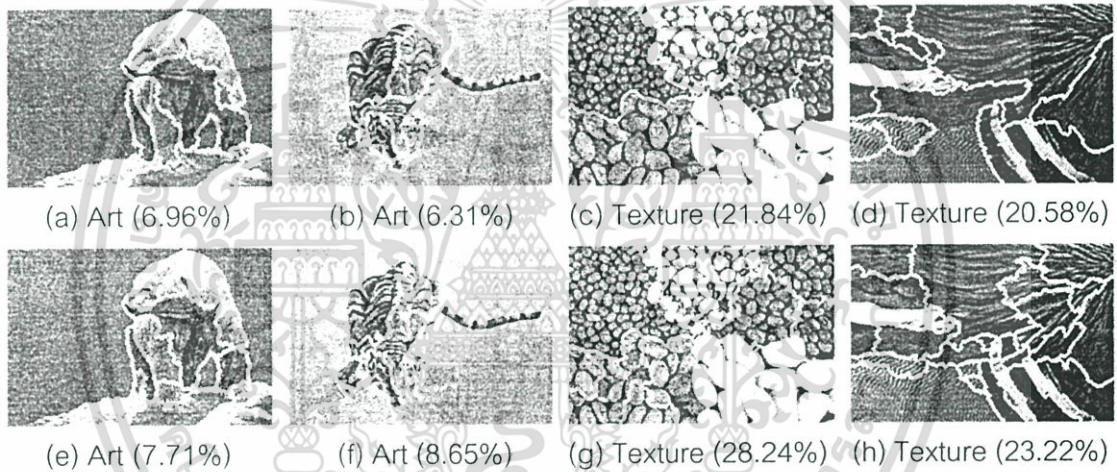
รูปที่ 4.15 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพประเภท พื้นผิวและลายภาพ (Texture)



รูปที่ 4.16 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold พารามิเตอร์ของการควอนไทซ์ดี สำหรับการแยกส่วนในภาพทุกๆ ประเภท (All Category) เฉลี่ยรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ที่ได้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟผลการทดลองที่แยกออกเป็นผลลัพธ์ของภาพในแต่ละประเภทนั้น พบว่า ภาพต่างประเภทกันก็จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละกราฟแล้วจะเห็นว่า ถ้าหากเราทำการเลือกเอาเฉพาะค่าเพียงจุดเดียวที่ให้ผลใกล้เคียงกับผลลัพธ์จากการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุดแล้ว อาจจะไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากจุดที่มีค่าน้อยและใกล้เคียงกับ Manual มากที่สุดนั้นเป็นเพียงช่วงของค่า Threshold ในระยะแคบๆ ดังตัวอย่างค่าในช่วง 220 ถึง 230 ของรูปที่ 4.7 (Art) หรือค่าในช่วง 110 ถึง 140 ของรูปที่ 4.15 (Texture) โดยค่าในช่วงแคบๆ ดังกล่าวจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกับภาพบางกลุ่มย่อยดังตัวอย่างในรูปที่ 4.17(a) และ 4.17(c) แต่สำหรับภาพในกลุ่มอื่นจะทำให้ได้ผลออกมาในลักษณะ Under-segmentation ซึ่งมักจะมีค่าที่ต่ำมากๆ จึงทำให้ค่าเฉลี่ยรวมของช่วงดังกล่าวน้อยลงไปใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุด ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.17(b) และ 4.17(d)



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกส่วนในภาพ โดยรูป (a), (b), (c) และ (d) ได้จากการกำหนดค่า Threshold ในช่วงแคบๆ ที่ทำให้ได้ค่า Evaluation percentage น้อยที่สุด ส่วนรูป (e), (f), (g) และ (h) ได้จากการกำหนดค่า Threshold ที่เลือกเอาเฉพาะช่วงที่ให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นช่วงที่กว้างที่สุด

ยิ่งไปกว่านั้นสำหรับภาพบางกลุ่ม ถ้าหากเราเลือกเอาเฉพาะจุดดังกล่าวแล้ว จะพบว่ามักจะได้อัตรา Threshold ที่มีค่ามากที่สุด (600) เช่นกราฟในรูปที่ 4.9, 4.11, 4.13 และ 4.16 ซึ่งเป็นกราฟจากการประเมินโดยเฉลี่ยรวมผลลัพธ์จากภาพทุกๆ ประเภทเข้าด้วยกัน โดยค่าที่มากที่สุดนี้ก็หมายถึงยอมให้มีการรวมกลุ่มสีที่มีระยะห่างกันมากๆ ได้ จึงมักจะก่อให้เกิดผลลัพธ์ในแบบ Under-segmentation ขึ้นได้ ดังที่ได้เคยกล่าวไว้แล้วว่าเทคนิคที่ทำให้เกิด Under-segmentation นั้น ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นค่า Threshold สำหรับภาพทุกๆ ประเภท เนื่องจากในขั้นตอนต่อไปของการแยกส่วนในภาพจะไม่สามารถแก้ไขผลลัพธ์นั้นให้กลับคืนมาได้อีก ดังนั้นงานเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อนักศึกษาไปใช้ประโยชน์จากเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจัยนี้จึงได้ทำการประเมินค่า Threshold จากช่วงของการกำหนดค่า Threshold พารามิเตอร์ที่ให้ผลลัพธ์เชิงปริมาณเมื่อวัดออกมาแล้วมีค่าต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ทั้งหมดที่วัดได้ในการทดลองนั้นๆ โดยจะเลือกเอาเฉพาะช่วงที่ให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นช่วงที่กว้างที่สุด โดยค่าที่ประเมินได้ในช่วงที่กว้างขึ้นนั้น ย่อมหมายถึงโอกาสที่ค่าของช่วงดังกล่าวจะไปพอดีหรือเหมาะสมกับหลายๆ ในกลุ่มภาพย่อยก็จะมากขึ้นตามไปด้วย และการที่เลือกเอาเฉพาะค่า Evaluation percentage ที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มเป็นจุดตัด ยังช่วยตัดการพิจารณาค่าในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงสูงโดยเฉพาะในช่วงเริ่มต้นของกราฟที่ค่า Threshold ต่ำ นั้นหมายถึงเป็นช่วงที่ฟังจะเริ่มทำการรวม Color centroid ที่มีระยะห่างกันน้อยๆ จึงยังไม่ควรจะนำเอาค่าในช่วงนั้นมาพิจารณาเป็น Threshold สำหรับทุกๆ ภาพในกลุ่ม นอกจากนั้นยังช่วยลดการเกิด Under-segmentation ให้น้อยลงได้ เนื่องจากไม่ได้เลือกเอาเฉพาะค่าในบางจุดมาพิจารณาเพราะมักจะ ได้ Threshold ที่ตำแหน่งสูงสุด (600) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.17 จะเห็นว่า ถึงแม้ค่า Evaluation percentage ของรูปที่ 4.17(a)-(d) จะมีค่าต่ำกว่า รูปที่ 4.17 (e)-(h) ก็จริง แต่ผลลัพธ์ในรูป (b) และ (d) จะได้ผลออกมาในลักษณะของ Under-segmentation ในขณะที่รูป (e)-(h) ไม่มีเลย โดยในบางรูปอาจจะเป็น Over-segmentation แต่ปัญหาดังกล่าวนี้นี้ยังพอที่จะแก้ไขได้ด้วยขั้นตอนการรวมพื้นที่ (Region merging) ในการทดลองของหัวข้อต่อไปได้ ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำเอาค่าของ Threshold พารามิเตอร์ที่ทำการทดลองในช่วงนั้นมาทำการประเมินหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนสำหรับการกำหนดค่า Threshold ของภาพประเภทนั้น ดังตัวอย่างการหาค่า Threshold ของการควอนไทซ์สีในรูปที่ 4.7 (ภาพประเภท Art) ที่มีการเลือกช่วงของพารามิเตอร์ที่กว้างที่สุดและให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย คือค่าตั้งแต่ 290 ถึง 600 (เพิ่มขึ้นทีละ 10 ต่อ 1 step) จะถูกเลือกเพื่อนำมาประเมินค่า Threshold ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยตามสมการที่ 4.1

กำหนดให้

T_Q คือค่า Threshold การควอนไทซ์สีที่ได้จากการประเมินเฉลี่ยตัวแปรในช่วงที่สนใจ

T_s คือเซตทั้งหมดของค่า Threshold ซึ่งอยู่ในช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเลือก

t คือค่า Threshold พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองโดย $t = 0, 10, 20, \dots, 600$

N_{T_s} คือจำนวนค่า Threshold ซึ่งอยู่ในช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่ถูกเลือก

แล้วค่า T_Q ของภาพแต่ละประเภทจะสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$T_Q = \frac{1}{N_{T_s}} \cdot \sum_{t \in T_s} t \quad (4.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่า Threshold (T_Q) ของการควอนไทซ์สีในรูปที่ 4.7 ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ $(1/32) \times (290 + 300 + 310 + \dots + 600) = 445$ โดยเมื่อเราจะทำการคำนวณหาค่า T_Q ของภาพแต่ละประเภทครบทุกๆ ภาพแล้ว จะได้ค่า Threshold ของการควอนไทซ์สีสำหรับภาพแต่ละประเภทดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า Threshold (T_Q) ของการควอนไทซ์สีที่ประเมินได้จากการทดลอง

ประเภทของภาพ	ช่วงของ Threshold ที่ถูกเลือก		T_Q
	ค่าเริ่มต้น	ค่าสุดท้าย	
ภาพวาดศิลปะ (Art)	290	600	445
อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building)	250	600	425
สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature)	370	600	485
ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff)	250	410	330
มนุษย์ (Human)	520	600	560
สิ่งของและเครื่องยนต์ (Material)	370	600	485
วิวธรรมชาติ (Natural)	380	600	490
ดอกไม้และต้นไม้ (Plant)	180	600	390
พื้นผิวและลายภาพ (Texture)	180	270	255
เฉลี่ยรวมกันทุกประเภท (All Category)	290	600	445

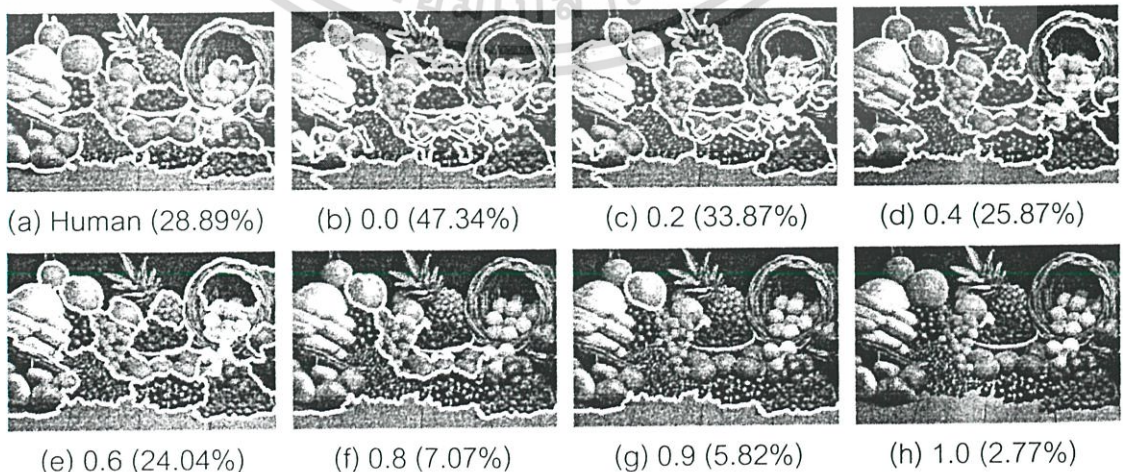
เมื่อพิจารณาผลการเฉลี่ยพารามิเตอร์ร่วมกันสำหรับภาพทุกประเภท (All Category) ของค่า Threshold (T_Q) จากการควอนไทซ์สีแล้ว จะได้ค่า T_Q ออกมาเท่ากับ 445 ซึ่งเป็นค่าที่ตกอยู่ในช่วงของ Threshold ที่ถูกเลือกสำหรับภาพในเกือบทุกๆ ประเภท นั้นหมายถึงค่าดังกล่าวนี้ก็จะสามารถใช้เป็นค่า Threshold สำหรับภาพในทุกๆ ประเภทได้เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อให้ Algorithm ของงานวิจัยสามารถที่จะทำงานได้อย่างอัตโนมัติด้วยการกำหนดค่า ตัวแปร T_Q สำหรับขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพในแบบคงที่ (fix) โดยให้มีค่าเท่ากับ 445 ไว้สำหรับทุกภาพ แต่ถ้าหากทราบประเภทของภาพที่นำมาแยกส่วนแล้ว ก็สามารถที่จะเลือกค่า Threshold ให้เหมาะสมกับภาพแต่ละประเภทตามค่าของ T_Q ในตารางที่ 4.2 ได้ ดังนั้น ค่า T_Q ตามตารางที่ 4.2 นี้ ถูกนำมาใช้เป็น Threshold พารามิเตอร์ของงานวิจัยเพื่อใช้สำหรับการทดลองหาค่า Threshold ที่เหมาะสมในขั้นตอนการรวมพื้นที่ (Region merge) ของผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการแยกส่วนด้วยเทคนิค SRG เป็นขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองหาค่า Threshold สำหรับขั้นตอนการรวมพื้นที่ (Region Merge)

ขั้นตอนสุดท้ายของแยกส่วนในภาพ จะเป็นการปรับแต่งพื้นที่ผลลัพธ์ที่มีอยู่ในลักษณะของ Over-segmentation อันเกิดจากการแยกส่วน ด้วยเทคนิค SRG ด้วยเทคนิคการรวมพื้นที่ในแบบ Agglomerative method (แนวความคิดเดียวกับกับเทคนิคการรวม Cluster centroid ของการควอนไทซ์สีในภาพ) ที่อาศัยค่า Histogram ของแต่ละพื้นที่ที่มาเป็น feature สำหรับมาช่วยรวมพื้นที่ที่มีค่า histogram feature ใกล้เคียงกัน โดยวัดจากค่าผลต่างหรือระยะห่าง (Euclidian Distance) ระหว่างสองพื้นที่ใดๆ ที่อยู่ติดกัน เพื่อนำมาพิจารณาความเป็นไปได้ในการรวมพื้นที่เข้าด้วยกัน ภายใต้เงื่อนไขของค่า Threshold ที่ใช้เป็นตัวแปรสำหรับตัดสินใจว่าจะยอมให้พื้นที่ที่อยู่ติดกันนั้นรวมเข้าด้วยกันได้หรือไม่ โดยถ้าหากว่าค่า Threshold ดังกล่าวนั้นถูกกำหนดให้มีค่ามากนั้นหมายถึงยอมให้มีการรวมคู่ของ histogram feature ที่มีระยะห่างต่างกันมาก รวมพื้นที่เข้าด้วยกัน เป็นผลทำให้จำนวนของพื้นที่ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากขั้นตอนนี้ลดน้อยลง แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากว่าค่า Threshold ดังกล่าวนั้นมีค่าน้อย นั้นหมายถึงคู่ของ histogram feature ที่มีค่าระยะห่างใกล้เคียงกันมากๆ เท่านั้น จึงจะสามารถรวมพื้นที่เข้าด้วยกันได้ จึงทำให้จำนวนของพื้นที่ที่ได้มีจำนวนมากเพราะไม่สามารถรวมพื้นที่จาก SRG ให้น้อยลงได้

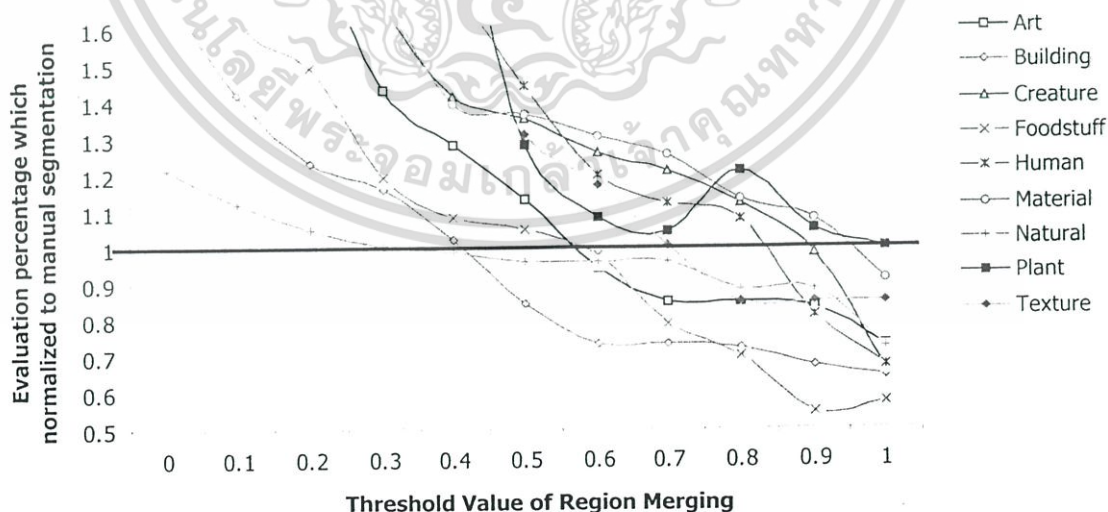
การกำหนดค่า Threshold สำหรับการรวมพื้นที่นี้ เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่สุดอันจะมีผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้เนื่องจากผลลัพธ์ของการรวมพื้นที่ที่ค่อนข้างจะมีความไว (sensitive) ต่อการปรับค่า Threshold ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.18 ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนนี้จึงพยายามที่จะประเมินค่าของ Threshold ตัวนี้ให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งยังช่วยให้เทคนิคของงานวิจัยนี้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยการกำหนดค่า Threshold ที่เหมาะสมนี้ไว้แบบตายตัว เช่นเดียวกันกับการกำหนดค่าคงที่ของ Threshold ตัวนี้ไว้ตายตัวเท่ากับ 0.4 (ภายในช่วงตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0) ซึ่งเป็นค่าที่ถูกใช้ในงานวิจัยของ JSEG



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการปรับค่า Threshold ของการรวมพื้นที่ในระดับที่ต่างกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

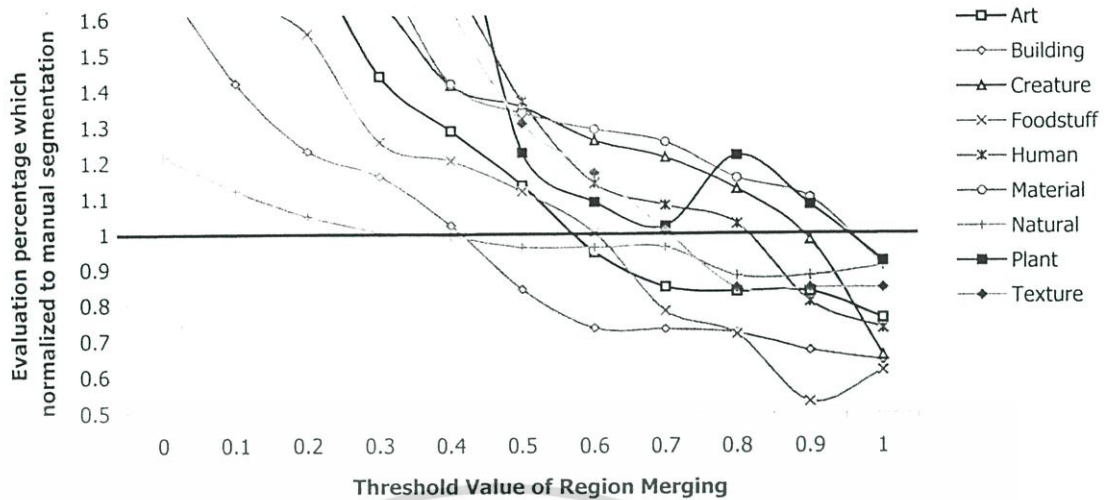
การทดลองในขั้นตอนนี้ จะอาศัยภาพที่ได้จากการแยกส่วนด้วยเทคนิค SRG หลักจากการควอนไทซ์สีที่มีการกำหนดค่า Threshold (T_O) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 แบบตามการกำหนดค่า T_O ที่ประเมินได้ในการทดลองที่ผ่านมาคือ ค่า T_O สำหรับภาพแต่ละประเภท ค่า T_O เฉลี่ยรวมกันทุกๆ ประเภท และค่า T_O สำหรับภาพในกลุ่มย่อยของภาพแต่ละประเภท แล้วนำเอาผลลัพธ์จากการกำหนดค่าดังกล่าวมาทดลองกำหนดค่า Region Merge Threshold สำหรับการรวมพื้นที่ T_M นี้อีกที เพื่อหาค่า T_M ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองในแต่ละแบบ

ในขณะที่ทำการทดลองจะทำการปรับค่า Threshold (T_M) ให้เปลี่ยนไปตามช่วงตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0 แล้วนำเอาผลลัพธ์ของการแยกส่วนในภาพที่ได้จากการปรับค่า T_M นั้นไปทำการประเมินวัดผลเช่นเดียวกันกับที่เคยทำในการทดลองขั้นตอนที่ผ่านมา เพื่อหาค่า T_M ที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนั้นๆ โดยจะพิจารณาเอาค่าที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุด ที่จะไม่ทำให้เกิด Under-segmentation ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนพื้นที่ของผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกต่อไป เพราะขั้นตอนอื่นหลังจากนี้จะเหลือเฉพาะขั้นตอนการแมปผลลัพธ์กลับคืนไปยังภาพต้นฉบับเท่านั้น ผลการทดลองที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำมาแสดงในรูปแบบของกราฟซึ่งเป็นไปตามรูปที่ 4.19 - 4.21 โดยในแต่ละกราฟจะแสดงผลเชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ที่เฉลี่ยได้จากการทดลองกับภาพแต่ละประเภทโดยทำการ normalize กับค่าผลลัพธ์ที่วัดได้จากการแยกส่วนในแบบ Manual ซึ่งในแต่ละกราฟจะเน้นแสดงผลเฉพาะในบริเวณใกล้กับจุดตัด ของค่า T_M (ที่ตำแหน่งค่า Evaluation percentage เท่ากับ 1) ที่จะถูกเลือกมาพิจารณาเป็นค่า Threshold (T_M) ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้

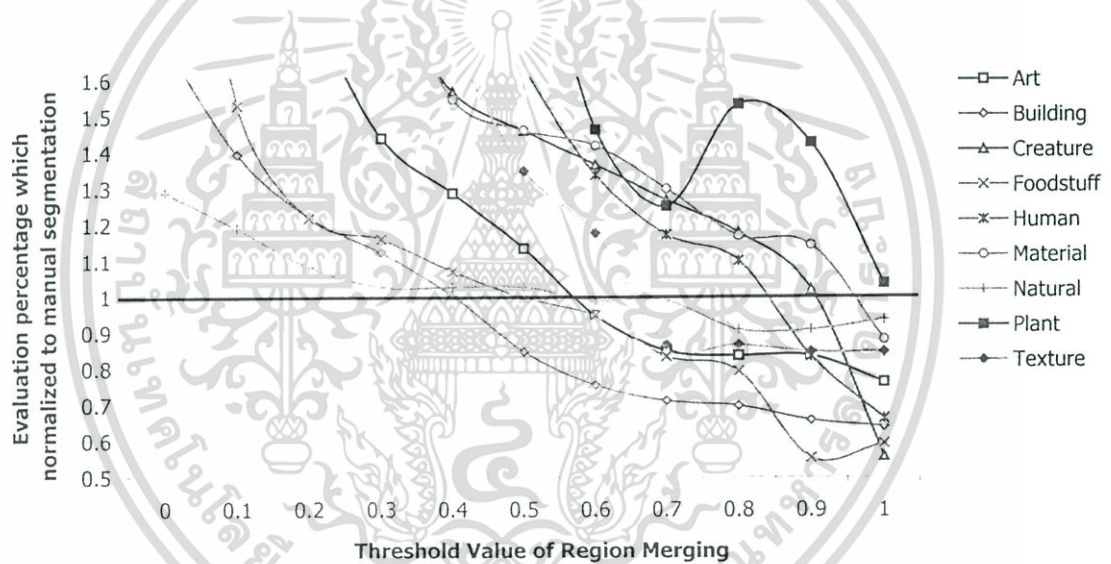


รูปที่ 4.19 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_O) สำหรับภาพในกลุ่มย่อยของแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วน
ในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_Q) สำหรับภาพแต่ละประเภท



รูปที่ 4.21 กราฟผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ของการทดลองแยกส่วน
ในภาพด้วยการกำหนดค่า Threshold (T_Q) สำหรับการเฉลี่ยรวมกันของภาพทุกประเภท

เมื่อพิจารณาจุดตัดของภาพแต่ละประเภทจากรูปที่ 4.19 - 4.21 จะเห็นว่าแต่ละกราฟให้ผลออกมาใกล้เคียงกันมาก หรือสำหรับภาพในบางประเภทก็อาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ดังเช่น กราฟของภาพในกลุ่ม Building ที่มีจุดตัดอยู่ที่ประมาณ 0.4 ในทั้งสามการทดลอง นั่นหมายถึงการกำหนดค่า Threshold (T_Q) ที่แตกต่างกันเล็กน้อยแทบจะไม่มีผลเลยเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับค่า Threshold (T_M) ที่สามารถทำให้ผลลัพธ์เกิด Over-segmentation หรือ Under-segmentation ได้ง่ายกว่า และเมื่อนำค่าจุดตัด T_M จากรูปที่ 4.19 - 4.21 มาเปรียบเทียบกับกันจะ

ได้ผลออกมาตามตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าจุดตัดของ Threshold (T_M) จากกราฟในรูปที่ 4.19 - 4.21

T_{M_1} คือค่าจุดตัดของ T_M ที่ได้จากกราฟรูปที่ 4.19 (T_Q ภาพกลุ่มย่อยของแต่ละประเภท)

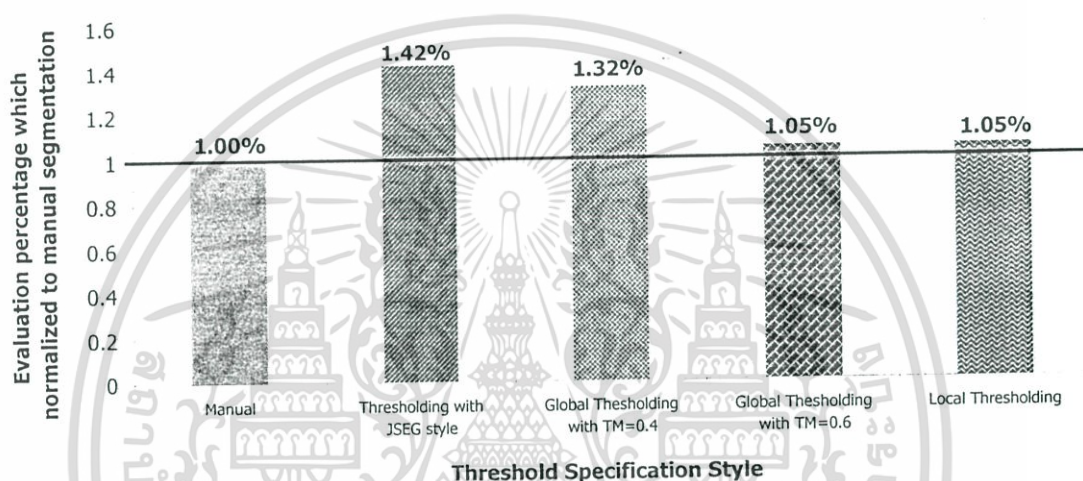
T_{M_2} คือค่าจุดตัดของ T_M ที่ได้จากกราฟรูปที่ 4.20 (T_Q ภาพแต่ละประเภท)

T_{M_3} คือค่าจุดตัดของ T_M ที่ได้จากกราฟรูปที่ 4.21 (T_Q ภาพทุกประเภท)

ประเภทของภาพ	T_{M_1}	T_{M_2}	T_{M_3}
ภาพวาดศิลปะ (Art)	0.5	0.5	0.5
อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building)	0.4	0.4	0.4
สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature)	0.8	0.8	0.9
ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff)	0.5	0.6	0.4
มนุษย์ (Human)	0.8	0.8	0.8
สิ่งของและเครื่องยนต์ (Material)	0.9	0.9	0.9
วิวธรรมชาติ (Natural)	0.3	0.3	0.5
ดอกไม้และต้นไม้ (Plant)	1.0	0.9	1.0
พื้นผิวและลายภาพ (Texture)	0.7	0.7	0.6
เฉลี่ยรวมกันทุกประเภท (All Category)	0.6	0.6	0.6

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างภาพแต่ละประเภทแล้ว แทบจะเรียกได้ว่า ค่าของ T_M ที่ได้แทบจะไม่มีค่าแตกต่างกันเลย ดังนั้นจึงพอที่จะช่วยให้สามารถสรุปได้ว่า ค่า Threshold (T_Q) จากการทดลองในขั้นตอนของการควอนไทซ์สีก่อนหน้านั้น สามารถที่จะใช้ค่าที่ถูกกำหนดไว้แบบตายตัวร่วมกันคือ 445 เป็น T_Q แทนสำหรับภาพทุกๆ ประเภทได้ แต่สำหรับค่า T_M แล้วจะมีความไว (sensitive) ต่อรูปร่างของพื้นที่ในผลลัพธ์มากกว่า ดังที่ได้เคยยกตัวอย่างไว้แล้วในรูปที่ 4.18 ดังนั้นการที่จะใช้ค่า Threshold (T_M) ในแบบที่กำหนดไว้ตายตัวนั้น อาจจะไม่เหมาะสมมากนัก แต่ถ้าหากต้องการให้อัลกอริทึมทำงานได้โดยอัตโนมัตินั้นก็พอที่จะสามารถทำการกำหนดค่าแบบตายตัวได้โดยประเมินจากค่าเฉลี่ยของ T_M ในทุกๆ กลุ่มภาพรวมกันคือ 0.6 แต่ถ้าหากพิจารณาดูกราฟที่ตำแหน่ง Threshold เท่ากับ 0.6 ของรูปที่ 4.19 - 4.21 แล้วจะเห็นว่าค่าดังกล่าวนี้ ไม่ค่อยเหมาะสมกับภาพประเภท Building มากนัก เนื่องจากได้ค่า Evaluation percentage ที่ตำแหน่ง T_M เท่ากับ 0.6 นั้นมีค่าประมาณ 0.75% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากเกินไปจนอาจจะทำให้ผลลัพธ์เกิด Under-segmentation ขึ้นได้ ดังนั้นถ้าหากต้องการให้ผลลัพธ์ที่ได้เหมาะสมสำหรับภาพทุกๆ ประเภทนั้น ก็อาจจะต้องยอมให้มีการปรับลดค่า T_M อยู่ที่ประมาณ 0.4 ถึง 0.45 ที่ทำให้กราฟทุกๆ เส้นมีค่ามากกว่า 1 อันเป็นการช่วยประเมินได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual หรือไม่ก็เป็นพื้นที่ในแบบ Over-segmentation มากกว่าที่จะเป็นแบบ Under-segmentation แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากว่าทราบประเภทของภาพ ต้นฉบับที่จะนำมาแยกส่วนแล้ว ก็ควรที่จะกำหนดค่าแบบ Local Threshold ที่เหมาะสมกับภาพ ในแต่ละประเภทก็น่าจะให้ผลลัพธ์ดีขึ้นกว่าเดิม ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.22 จะเห็นว่าในกราฟนั้น ถึงแม้ว่าค่า T_M ที่เท่ากับ 0.6 จะให้ผลลัพธ์ในเชิงปริมาณได้ดีที่สุด แต่อันที่จริงแล้วค่าที่น้อยลงนั้น เป็นผลมาจากการเกิด Under-segmentation กับภาพบางประเภท จึงเป็นผลทำให้ผลเฉลี่ยรวมมี ค่าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Threshold (T_M) ด้วยวิธีต่างๆ

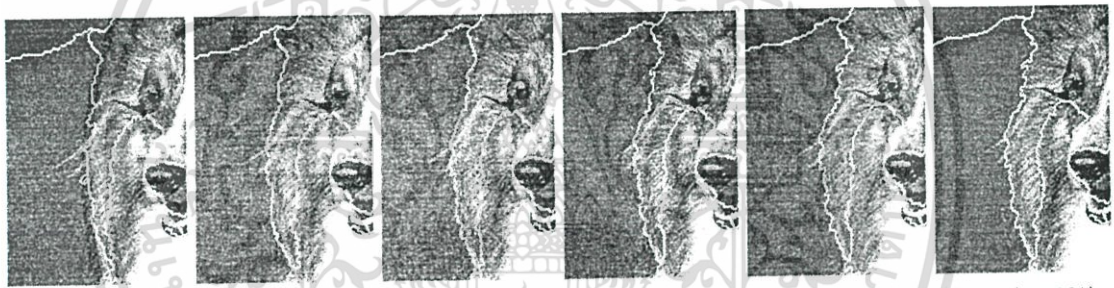
อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นการกำหนด Threshold ในแบบ T_M เฉลี่ยของภาพทุกประเภท หรือ T_M ของภาพแต่ละประเภท ก็ยังให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการกำหนดค่าแบบเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยของ JSEG ($T_0=255$, $T_M=0.4$) ซึ่งจากผลวิเคราะห์ที่กล่าวมา พอที่จะช่วยให้สามารถสรุปได้ว่าการที่จะทำให้งานวิจัยนี้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ (Unsupervised Image Segmentation) นั้น ควรจะกำหนดตัวแปรต่างๆ ที่สรุปได้จากการทดลองในแต่ละหัวข้อ อันได้แก่ ขั้นตอนการย่อขนาดภาพให้เล็กลงเพื่อสร้างภาพในลักษณะพิกเซลที่ใช้ Bilinear เป็น Re-sampling function สำหรับประเมินค่าสีของจุดพิกเซลในภาพที่มีขนาดเล็กลง ขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพที่สรุปได้ว่าค่า Threshold (T_0) นั้นสามารถใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 445 เป็นตัวแทนสำหรับการกำหนดค่า T_0 ที่ใช้กับภาพทุกประเภทได้ และสุดท้าย ขั้นตอนการรวมพื้นที่หลังจากการแยกส่วนด้วยเทคนิค SRG จะใช้ค่า Threshold (T_M) เท่ากับ 0.45 เพื่อที่ยอมให้เกิด Over-segmentation ได้บ้าง แต่จะช่วยป้องกันการเกิด Under-segmentation ได้เป็นอย่างดี และสำหรับการทดลองในหัวข้ออื่นๆ ต่อไป ก็จะใช้ค่าที่ถูกกำหนดโดยวิธีการแยกส่วนในภาพแบบ อัตโนมัตินี้ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองประเมินค่า weight ของ feature สำหรับขั้นตอนการแมปปีง

หลังจากทำการแยกส่วนในภาพ และได้ผลลัพธ์ปรากฏไปยังภาพที่อยู่ลำดับชั้นบนสุดของพีระมิดแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนของการแมปผลลัพธ์ที่ได้นั้นลงไปยังภาพในลำดับชั้นที่มีขนาดใหญ่กว่าในพีระมิด โดยพยายามหาขอบของพื้นที่ด้วยเทคนิค edge clustering ที่อาศัยวิธี combined feature ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.6 และในการทดลองนี้จะได้ทำการประเมินผลจากการปรับค่า weight ระหว่าง feature ที่นำมาใช้ร่วมกันอันได้แก่ Global feature และ Local feature สำหรับภาพที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ก็จะเป็นกลุ่มเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลองหัวข้อที่ 4.3

ในระหว่างการทดลองจะทำการให้นำหนักด้วยการปรับค่า Global feature weight จากมากที่สุด 1.0 (100%) ไปจนถึง 0.0 (0%) และในขณะเดียวกัน จะปรับค่า Local Feature weight แบบตรงกันข้ามคือจากน้อยที่สุด 0.0 ไปจนถึงมากที่สุด 1.0 ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.23 แต่ในการทดลอง step ของการปรับค่าจะเปลี่ยนไปที่ละ 0.1 (10%) โดยแยกการทดลองตามจำนวนลำดับชั้นที่ทำการแมปปีง คือ 50% และ 25% ซึ่งประเมินค่าเชิงปริมาณออกมาเป็นตารางที่ 4.4 และ 4.5



(a) 0.0 (8.09%) (b) 0.2 (8.07%) (c) 0.4 (7.97%) (d) 0.6 (7.94%) (e) 0.8 (8.92%) (f) 1.0 (7.08%)

รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการแมปปีงที่กำหนดค่า Local feature weight ที่ระดับต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Local feature weight (Global feature weight = 1 - Local feature weight) ในขั้นตอนการแมปปีงที่มีจำนวนพีระมิด 2 Level

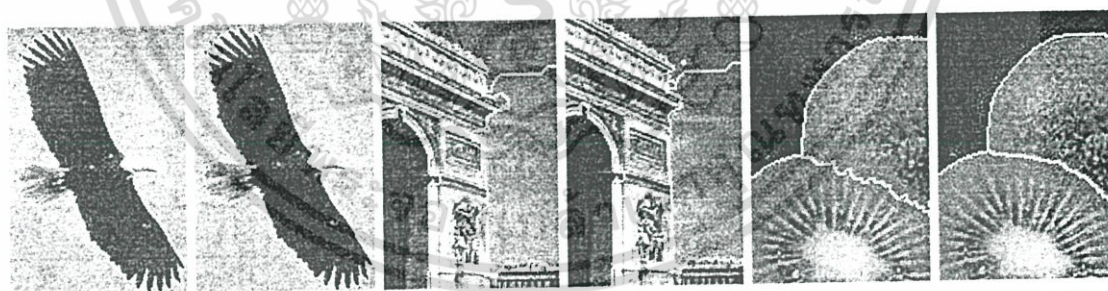
	Manual	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Art	1	1.28	1.281	1.281	1.282	1.282	1.282	1.283	1.283	1.287	1.288	1.288
Building	1	1.01	1.009	1.004	1.002	1.003	1.002	1.005	1.004	1.004	1.004	1.005
Creature	1	1.577	1.569	1.568	1.566	1.566	1.566	1.566	1.566	1.569	1.573	1.578
Foodstuff	1	1.087	1.084	1.082	1.08	1.078	1.076	1.074	1.072	1.071	1.071	1.071
Human	1	1.93	1.93	1.926	1.911	1.909	1.909	1.907	1.914	1.912	1.913	1.92
Material	1	1.559	1.546	1.545	1.543	1.542	1.541	1.542	1.543	1.547	1.557	1.566
Natural	1	1.046	1.037	1.031	1.03	1.03	1.028	1.027	1.027	1.027	1.027	1.025
Plant	1	1.481	1.475	1.471	1.469	1.467	1.464	1.461	1.451	1.455	1.455	1.449
Texture	1	1.691	1.691	1.691	1.691	1.691	1.69	1.69	1.689	1.689	1.688	1.688
Average	1	1.311	1.307	1.304	1.301	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.302	1.304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการปรับค่า Local feature weight (Global feature weight = 1 - Local feature weight) ในขั้นตอนการแมปปิ้งที่มีจำนวนพิกเซล 3 Level

	Manual	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Art	1	0.9	0.898	0.898	0.901	0.9	0.899	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
Building	1	0.755	0.755	0.755	0.754	0.754	0.753	0.753	0.752	0.754	0.755	0.755
Creature	1	1.295	1.286	1.285	1.281	1.275	1.278	1.28	1.277	1.276	1.287	1.29
Foodstuff	1	0.91	0.905	0.896	0.891	0.886	0.883	0.878	0.877	0.876	0.875	0.873
Human	1	1.105	1.099	1.095	1.085	1.074	1.071	1.073	1.068	1.065	1.065	1.035
Material	1	1.511	1.503	1.447	1.432	1.42	1.408	1.407	1.406	1.408	1.41	1.41
Natural	1	1.487	1.475	1.464	1.457	1.446	1.427	1.424	1.421	1.422	1.419	1.418
Plant	1	1.466	1.463	1.461	1.46	1.454	1.453	1.453	1.453	1.452	1.452	1.451
Texture	1	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.206	1.205	1.205	1.204	1.204	1.204
Average	1	1.056	1.051	1.044	1.04	1.034	1.031	1.031	1.029	1.028	1.03	1.024

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การปรับค่า weight ในขั้นตอนการแมปปิ้งนั้น มีผลกระทบต่อพื้นที่ผลลัพธ์น้อยมาก โดยเฉพาะการแมปปิ้งที่มีจำนวนพิกเซล 2 Level ซึ่งถ้าหากนำค่าจากตารางไปพล็อตกราฟแล้ว จะได้กราฟที่ค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากการวัดผลดังกล่าว เป็นการประเมินโดยคำนวณจากพื้นที่ทั้งหมดในภาพ แต่ในขณะที่บริเวณส่วนที่เป็นขอบของพื้นที่ที่เกิดจากการแมปนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณพิกเซลของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อวัดค่าออกมาในเชิงปริมาณแล้วจึงได้ผลแตกต่างกันน้อยมาก ดังรูปที่ 4.23 หรือไม่ได้ค่าที่ไม่แตกต่างกันเลยดังรูปที่ 4.24(a) และ 4.24(b)



(a) 0.0 (0.77%) (b) 1.0 (0.77%) (c) 0.0 (13.41%) (d) 0.5 (13.15%) (e) 0.0 (3.42%) (f) 0.5 (3.48%)

รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบผลลัพธ์การแมปปิ้งที่กำหนดค่า Local feature weight ที่ระดับต่างกัน

ถึงแม้ว่าการวัดค่าของผลลัพธ์ในเชิงปริมาณจะมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของผลลัพธ์จากการใช้ Global feature เพียงอย่างเดียวแล้ว การใช้แบบ combined feature นั้นก็ยังให้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงกับการแยกส่วนในแบบ Manual มากกว่า แม้จะเพียงแค่น้อยก็ตาม ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.24 ดังนั้นการใช้เทคนิค combined feature ด้วยค่า weight ในปริมาณที่เท่าๆ กัน (0.5) ก็น่าจะเป็นค่าเหมาะสมมากที่สุดสำหรับปรับ weight ของการแมปปิ้ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวัดผลในเชิงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม (Performance Evaluation)

เป้าหมายหลักอีกประเด็นหนึ่งของงานวิจัยการแยกส่วนในภาพนี้ ก็เพื่อที่จะพยายามลดเวลาในการแยกส่วนของวัตถุในภาพให้น้อยลงกว่าการแยกส่วนโดยตรงกับภาพต้นฉบับ ซึ่งอันที่จริงแล้วการแยกส่วนในภาพโดยอาศัยเทคนิคการแยกส่วนแบบพริมาตรนี้ ก็ได้มีงานวิจัย [1, 35] ที่พิสูจน์ในทางทฤษฎี (Computation complexity) แล้วว่าวิธีที่อาศัยเทคนิคการประมวลผลด้วยโครงสร้างแบบพริมาตรนี้ สามารถที่จะลดเวลาในการประมวลผลลงได้ แต่ยังไม่มีการวิจัยที่นำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จริงในทางปฏิบัติว่าสามารถช่วยลดเวลาการประมวลผลลง โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขได้มากน้อยเพียงไร ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนนี้จะนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในทางปฏิบัติ ด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ในเชิงปริมาณ ระหว่างเวลาที่วัดได้จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคที่งานวิจัยนี้นำเสนอที่มีจำนวนชั้นของพริมาตรต่างๆ กัน กับการแยกส่วนของวัตถุในภาพโดยตรงด้วยเทคนิค JSEG ซึ่งในการทดลองนี้ได้แบ่งภาพสีขนาด 24 บิตต่อพิกเซลออกเป็น 4 กลุ่มตามขนาดของภาพ ได้แก่ ภาพ ขนาด 1600x1200 พิกเซลจำนวน 25 ภาพ, ขนาด 800x600 พิกเซลจำนวน 50 ภาพ, ขนาด 512x512 พิกเซลจำนวน 100 ภาพ และขนาด 384x256 พิกเซลจำนวน 20,000 ภาพ แล้วจำนวนเวลาที่ถูกใช้ไปในการแยกส่วนของแต่ละภาพแยกตามเทคนิค จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยกันแยกตามประเภทของกลุ่มภาพที่นำมาทดลอง

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณจากการทดลองเพื่อวัดเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ระหว่างเทคนิคที่ได้นำเสนอกับการประมวลผลภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG โดยหมายเลขที่ตามหลังตัวอักษร H นั้นหมายถึงจำนวนระดับทั้งหมดของภาพในพริมาตร และตัวเลขที่แสดงค่าในลักษณะของเปอร์เซ็นต์ (%) หมายถึงอัตราส่วนเปรียบเทียบขนาดภาพ ระหว่างภาพในระดับชั้นบนสุดของพริมาตร และภาพต้นฉบับในระดับชั้นล่างสุดของพริมาตร ซึ่งการทดลองดังกล่าวนี้ได้ทำการประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU Pentium 4 (Single processor) ความเร็ว 1.5 GHz หน่วยความจำขนาด 256 MB.

ตารางที่ 4.6 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที) เพื่อแยกส่วนของวัตถุในภาพ

Image Size Technique	1600x1200 (pixels)	800x600 (pixels)	512x512 (pixels)	384x256 (pixels)
JSEG	2082.98	98.01	52.62	7.89
H2-50%	116.25	15.12	7.93	1.37
H3-25%	18.11	2.38	1.14	0.24
H4-12.5%	3.69	0.63	0.35	0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

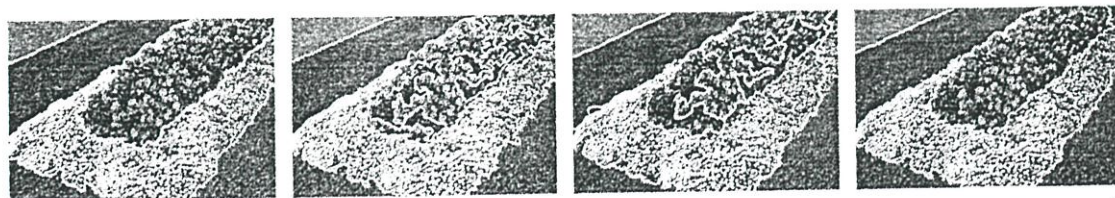
ผลจากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ยิ่งภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ในการประมวลจะน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบในเชิงผลต่างของเวลากับการประมวลผลด้วยอัลกอริทึม JSEG โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ขนาดภาพ 1600x1200 พิกเซล ถ้าประมวลผลด้วยอัลกอริทึมของเทคนิค JSEG ไปโดยตรงจะใช้เวลาในการประมวลผลประมาณ 35 นาที แต่ในขณะที่เทคนิคที่อาศัยการประมวลผลในแบบพิกเซลของงานวิจัยนั้น ใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีหรือน้อยกว่าเวลาที่ถ้าจำนวนระดับชั้นในพิกเซลเพิ่มขึ้น สำหรับถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้นั้น ก็ยังใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual ไม่ว่าจะเป็นการวัดในเชิงปริมาณหรือการเปรียบเทียบรูปร่างของพื้นที่ผลลัพธ์ด้วยการมองเห็น ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เทคนิคดังกล่าวนี้จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและถูกต้องอีกด้วย



รูปที่ 4.25 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองแยกส่วนในภาพขนาด 800x600 พิกเซล

4.6 การประเมินคุณภาพของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพเชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation of Segmentation Results)

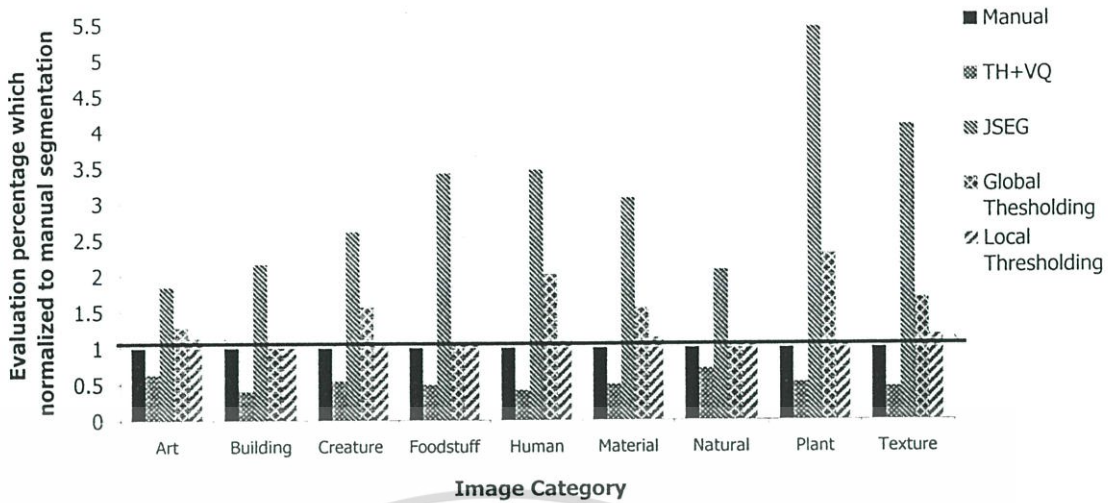
การทดลองในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินคุณภาพผลลัพธ์ จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคที่งานวิจัยนี้นำเสนอโดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งในแบบ Threshold เฉลี่ยทุกกลุ่มภาพ และ Threshold เฉพาะกลุ่มภาพ เพื่อเปรียบเทียบกับ การแยกส่วนด้วยเทคนิค JSEG โดยตรง และเทคนิคการแยกส่วนแบบ ควอนไทซ์ที่ผสมกับการปรับค่า Thresholding (TH+VQ) โดยนำเอาผลลัพธ์จากการแยกส่วนในแต่ละแบบนั้น มาทำการประเมินผลร่วมกับการแยกส่วนในแบบ Manual ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.26 และใช้ฐานข้อมูลภาพสีในกลุ่มเดียวกันกับที่ใช้ทำการทดลองในหัวข้อที่ 4.1 ถึง 4.3 คือมีการแบ่งประเภทของรูปภาพเพื่อนำมาประเมินว่า เทคนิคใดเหมาะสมกับการแยกส่วนสำหรับภาพแต่ละประเภทมากน้อยเพียงไร โดยจากการทดลองดังกล่าวนี้ได้ผลออกมาดังที่แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.27 และ 4.28



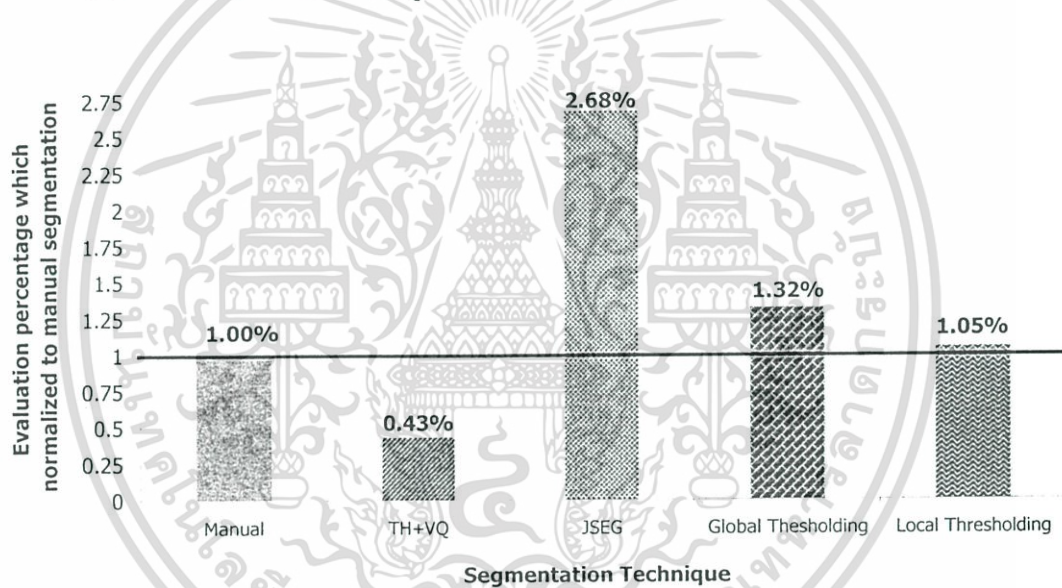
(a) manual (14.98%) (b) TH+VQ (19.51%) (c) JSEG (26.70%) (d) H2-50% (15.11%)

รูปที่ 4.26 ตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ด้านการคำนวณและการวัดค่าความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ด้านการคำนวณและการวัดค่าความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคต่างๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

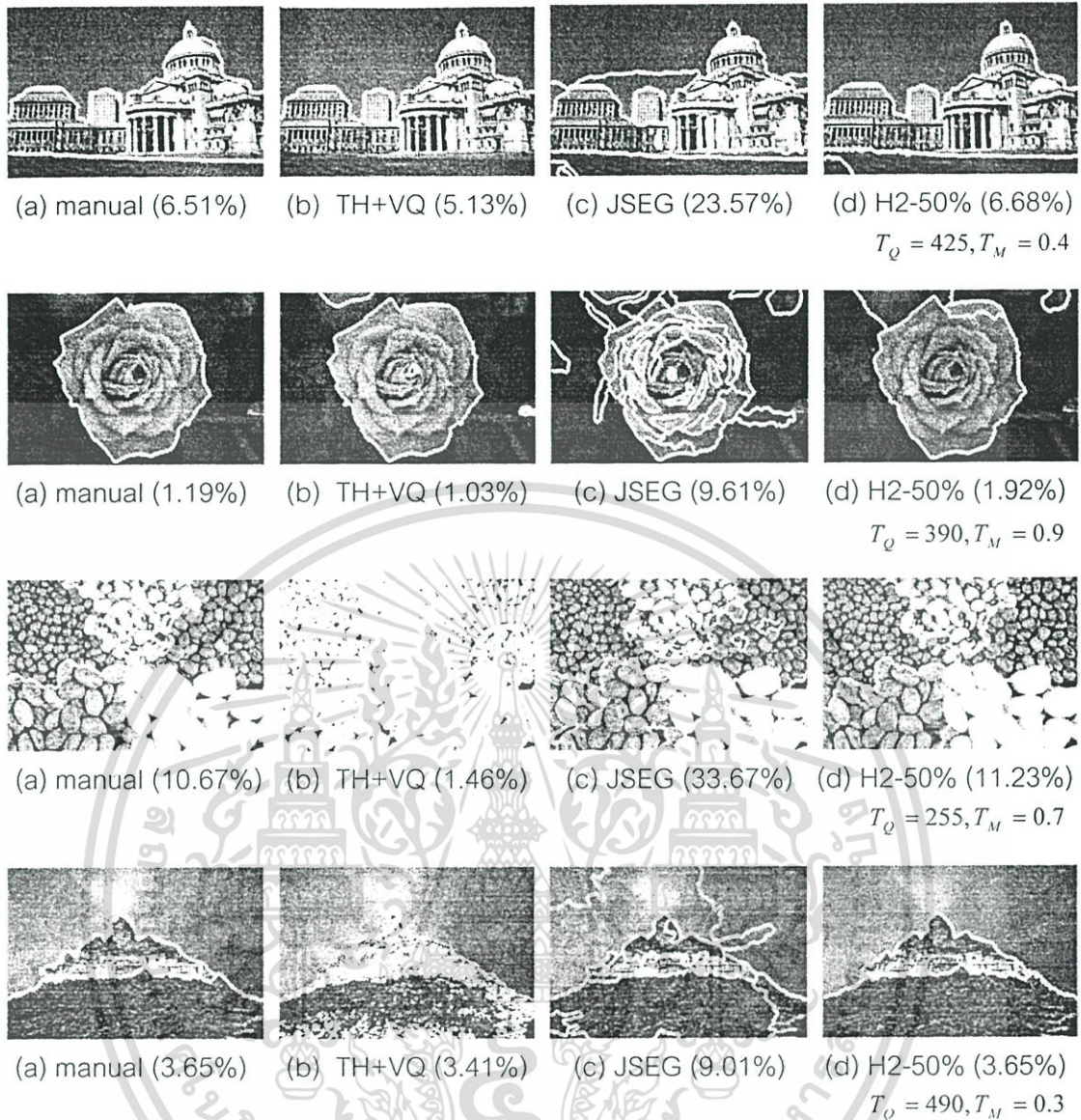


รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์เชิงปริมาณด้วยการใช้เทคนิคต่างกันเพื่อทำการแยกส่วนในภาพที่มีการแบ่งประเภทของรูปภาพที่นำมาทดลอง



รูปที่ 4.28 กราฟค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์เชิงปริมาณด้วยการใช้เทคนิคต่างกันเพื่อแยกส่วนในภาพ

เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ในเชิงปริมาณจากกราฟรูปที่ 4.27 และ 4.28 จะเห็นว่าการแยกส่วนด้วยเทคนิคของงานวิจัยที่อาศัยการกำหนดพารามิเตอร์แบบ Threshold เฉพาะกลุ่มภาพ จะให้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงกับการแยกส่วนแบบ Manual มากที่สุด และสำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบ Threshold เฉลี่ยทุกกลุ่มภาพ ก็ให้ผลลัพธ์ที่ดีใช้ได้เช่นกัน สำหรับการแยกส่วนด้วยเทคนิค JSEG โดยตรงนั้นอาจจะให้ค่าที่ค่อนข้างมากนั่นหมายถึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิด Over-segmentation กับภาพผลลัพธ์ได้ และในทางตรงกันข้าม ด้วยเทคนิคการปรับค่า Thresholding ร่วมกับ Vector Quantization (TH+VQ) นั้น ได้ผลในเชิงปริมาณที่น้อยเกินไป จนอาจจะทำให้เกิด Under-segmentation กับภาพผลลัพธ์ได้ ดังตัวอย่างภาพบางส่วนจากการทดลองในรูปที่ 4.29 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดลองแยกส่วนในภาพ ด้วยเทคนิค Manual, Thresholding and VQ, JSEG และเทคนิคของงานวิจัยโดยใช้ค่าพารามิเตอร์แบบ Threshold เฉพาะกลุ่มภาพ

รูปที่ 4.29 แสดงผลลัพธ์ของการแยกส่วนในภาพที่ประมวลผลกับภาพต้นฉบับที่มีพื้นที่ในลักษณะต่างๆ กัน โดยเปรียบเทียบกับผลการแยกส่วนด้วยเทคนิคอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิคนำเสนอของงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ทั้งในเชิงปริมาณ (Evaluation percentage) และลักษณะรูปร่างของพื้นที่ผลลัพธ์ที่แม่นยำ คือเป็นการแยกส่วนภาพให้ความหมายได้ใกล้เคียงกับการแยกส่วนเองในรูปแบบ Manual ได้ดีกว่าการแยกส่วนภาพโดยตรงด้วยด้วยเทคนิค JSEG และดีกว่ามากๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการแยกส่วนเทคนิค Thresholding and Vector Quantization โดยไม่ใช่เพียงแค่ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเท่านั้น ยังรวมไปถึงเวลาที่ถูกใช้ไปในการประมวลผลก็ลดน้อยลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

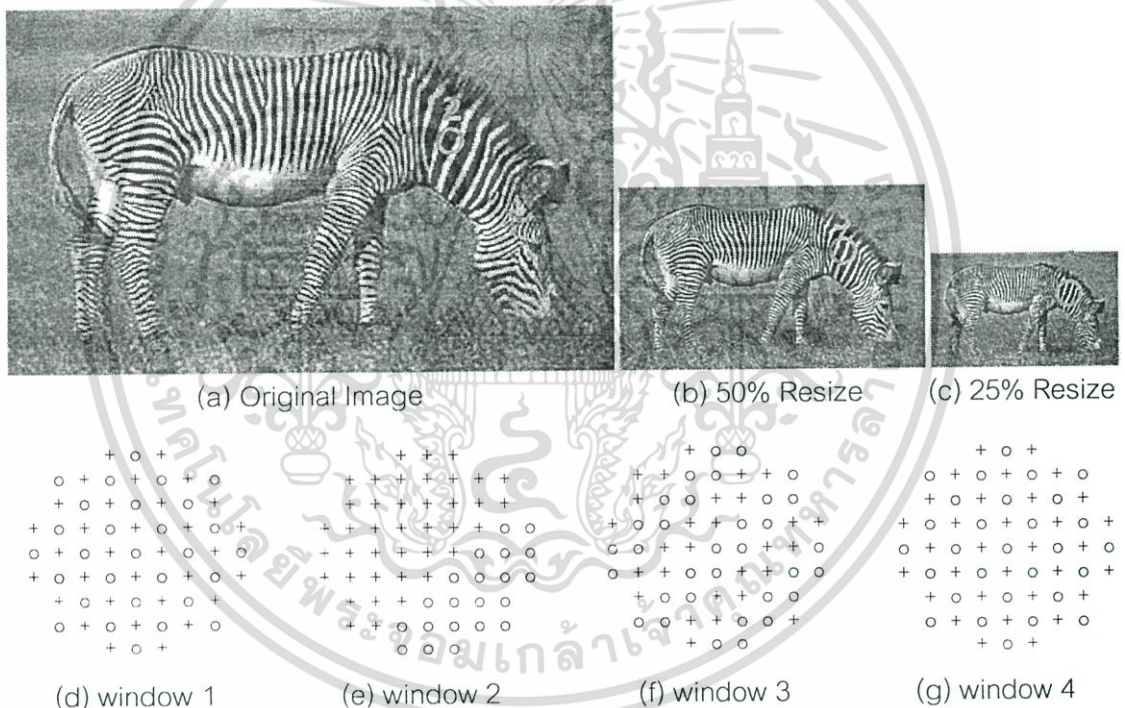
วิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอเทคนิคการแยกส่วนของวัตถุในภาพให้ได้คุณภาพดีและสามารถลดเวลาในการประมวลผลให้เร็วกว่าการแยกส่วนโดยตรงกับภาพต้นฉบับ โดยอาศัยหลักการแยกส่วนและการแมปปิ้งแบบเป็นลำดับชั้น ที่ประกอบไปด้วยสองขั้นตอนหลัก อันได้แก่ กระบวนการแยกส่วนของวัตถุในภาพด้วยเทคนิคการเช็กเมนต์ในเชิงสเปเชียล (Spatial segmentation) และการประมวลผลภาพเป็นลำดับชั้นที่มีโครงสร้างข้อมูลรูปภาพในลักษณะของพีระมิด โดยทำการเชื่อมโยงพื้นที่ที่ถูกแยกส่วน (Segmented Region) ในภาพผลลัพธ์ของแต่ละลำดับชั้นด้วยเทคนิคการแมปปิ้งที่อาศัยทั้งค่า Global และ Local feature มาช่วยหาขอบของพื้นที่ในภาพที่อยู่ในลำดับชั้นที่ต่างระดับกัน ทั้งนี้เทคนิคการแมปผลลัพธ์ดังกล่าวจะเป็นอิสระจากอัลกอริทึมการแยกส่วนในภาพ (Segmentation kernel) ที่ถูกใช้ประมวลผลกับภาพในลำดับชั้นบนสุดของพีระมิด

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.4 ของงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า เทคนิคที่ได้นำเสนอดังกล่าว สามารถที่จะช่วยทำให้การประมวลผลภาพนั้นมีประสิทธิภาพช่วยให้ทำงานได้เร็วกว่าการแยกส่วนโดยตรงไปยังภาพต้นฉบับ และยิ่งไปกว่านั้นในการทดลองหัวข้อที่ 4.5 ยังแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่มีคุณภาพ ไม่ว่าจะเป็นการวัดผลในเชิงปริมาณ หรือจะเปรียบเทียบรูปร่างของพื้นที่ผลลัพธ์ที่ได้ก็มีความแม่นยำมากพอสมควร อีกทั้งยังสามารถทำงานได้ผลดีและเหมาะสมกับภาพหลากหลายประเภทที่นำมาทดลอง นอกจากนั้นแล้วในการทดลองที่แสดงในหัวข้อที่ 4.1 ถึง 4.3 ก็สามารถพอที่จะนำมาสรุปผลเพื่อประเมินค่า Threshold ของการทดลองในแต่ละขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ ไม่ว่าจะเป็นการให้เทคนิคการประมาณค่าพิกเซลในแบบ Bilinear interpolation เพื่อให้เป็น Re-sampling function สำหรับการย่อขนาดของภาพให้เล็กลงสำหรับสร้างภาพในลักษณะพีระมิด หรือจะเป็นการกำหนดค่า Quantization Threshold (T_Q) ที่เหมาะสม เพื่อลดจำนวนกลุ่มสีในภาพต้นฉบับทุกๆ ประเภท ไว้ที่ 445 รวมทั้งวิธีการกำหนดค่า Merging Threshold (T_M) ที่มีการทดลองแล้วประเมินผลออกมา โดยถูกแบ่งออกเป็นการกำหนดค่าได้สองแบบตามความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน อันได้แก่ แบบ Global Thresholding (0.4) สำหรับการแยกส่วนแบบอัตโนมัติ และแบบ Local Thresholding ที่เหมาะสำหรับกำหนดค่าเมื่อทราบประเภทของภาพต้นฉบับที่จะนำมาประมวลผล ซึ่งจากผลการทดลองนั้น แสดงให้เห็นว่า การปรับค่าพารามิเตอร์แบบ Local Thresholding นี้ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ในเชิงปริมาณที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมมติฐานของงานวิจัยที่จะประยุกต์ใช้เทคนิคการแยกส่วนของวัตถุในภาพ ด้วยวิธีการประมวลผลในเชิง spatial segmentation (SRG) ร่วมกับการหาลายภาพด้วยเทคนิค JSEG ที่นำมาใช้กับเทคนิคการแยกส่วนแบบพีระมิดนี้ จะสามารถช่วยทำให้แยกส่วนของพื้นที่อันอยู่ในลักษณะของลายภาพได้ดีขึ้นนั้น นอกจากการทดลองจะแสดงให้เห็นด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่วัดได้ในเชิงปริมาณแล้วว่า ด้วยเทคนิคดังกล่าวนี้สามารถช่วยทำแยกส่วนพื้นที่ของลายภาพได้ดีขึ้นแล้ว การใช้โครงสร้างแบบพีระมิดนี้ยังช่วยให้วิธีการหาลายภาพด้วยเทคนิค JSEG สามารถทำงานได้ผลดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการย่อภาพให้มีขนาดเล็กลงนั้นจะเป็นการช่วยกระชับทำให้ลายภาพมีการกระจายตัวที่เหมาะสมกับ window ที่นำมาประเมินหาค่า measure J ดังแสดงในตัวอย่างการใช้ JSEG window มาประเมินหาค่า J บนพื้นที่ที่มีลายภาพในลักษณะแบบเดียวกันแต่อยู่ในภาพที่มีขนาดต่างกัน ในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแยกส่วนแบบ manual ด้วยมนุษย์ 3 คน ตามความต้องการของ

แอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน (Different subjective tasks)

(a) ภาพต้นฉบับที่ประกอบไปด้วยลายภาพที่จะนำมาแยกส่วนในภาพ (ม้าลาย)

(b) ภาพ (a) ที่ถูกย่อขนาดเล็กลงเหลือ 50% (Level 1 of pyramidal image)

(c) ภาพ (a) ที่ถูกย่อขนาดเล็กลงเหลือ 25% (Level 2 of pyramidal image)

(d)-(e) Label จาก Window 1 ($J_{1+,0} = 0$) และ Window 2 ($J_{1+,0} = 0.23$) ของภาพ (a)

(f) Label ที่ได้จาก Window 3 ($J_{1+,0} = 0.003$) ของภาพ (b)

(g) Label ที่ได้จาก Window 4 ($J_{1+,0} = 0$) ของภาพ (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

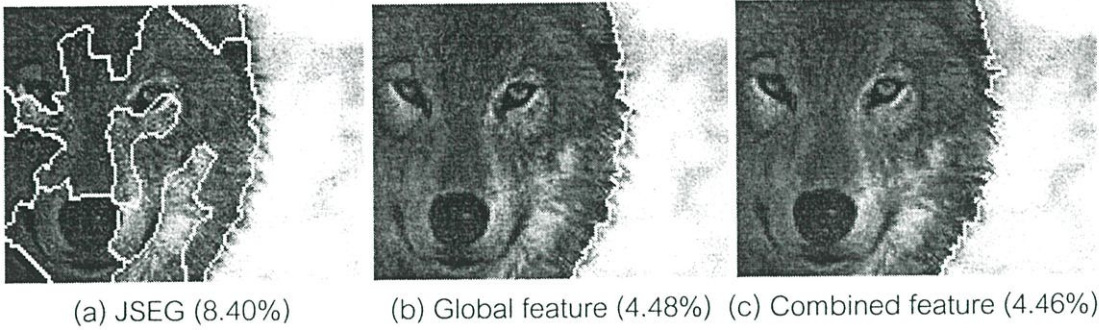
เมื่อพิจารณารูปที่ 5.1(d) และ 5.1(e) จะเห็นว่า label ของ window 1 กับ window 2 นั้นอยู่บนหลายภาพของพื้นที่ในลักษณะเดียวกันคือเป็นลายของพื้นที่ในวัตถุเดียวกัน (ลายของม้าลาย) แต่เมื่อนำมาประเมินหาค่า measure J ของเทคนิค JSEG ด้วย window ที่มีขนาดเดียวกันแล้ว window 1 จะให้ค่า J ที่น้อยมากจนมีค่าเท่ากับ 0 เลยทีเดียว ในขณะที่ค่า J ที่หาได้จาก window 2 นั้นจะมีค่าสูงกว่าทั้งที่เป็นลายภาพของพื้นที่บนวัตถุเดียวกัน นั่นหมายถึงพิกเซลในพื้นที่ที่อยู่ใน window 1 กับ window 2 นั้นสามารถที่จะถูกแยกออกจากกันเป็นคนละพื้นที่ทำให้เกิด Over-segmentation บนพื้นที่ในวัตถุเดียวกันได้ แต่เมื่อนำเอาภาพนี้ไปทำการย่อขนาดให้เล็กลง จะดังรูปที่ 5.1(b) และ 5.1(c) จะได้ label ของ window ตามรูปที่ 5.1(f) และ 5.1(g) ซึ่งค่า J ที่หาได้จาก window 3 กับ window 4 นั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่า J ที่หาได้จาก window 2 ของพื้นที่ในบริเวณเดียวกัน นั่นหมายถึงความเป็นไปได้ที่บริเวณของพื้นที่ดังกล่าวจะถูกพิจารณาจาก SRG ให้เป็นพื้นที่ในส่วนเดียวกันกับ window 1 ของวัตถุมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเมื่อพื้นที่ในบริเวณของ window 1 ถูกย่อขนาดลงไปแล้วยังให้ค่า J ที่น้อยอยู่เหมือนเดิม เนื่องจากพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวเมื่อย่อขนาดลงไปแล้ว จะได้พื้นที่ใหม่ที่เกิดการเฉลี่ยค่าด้วย Re-sampling function แบบ Bilinear interpolation จนทำให้ label ของ window 1 เป็นกลุ่มเดียวกันหมด ดังนั้นเมื่อนำมาหาค่า J จึงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยอยู่เหมือนเดิม

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ พอที่จะช่วยให้สามารถสรุปได้ว่าการนำเทคนิคประมวลผลภาพที่มีโครงสร้างแบบพีระมิด มาประยุกต์ใช้กับการแยกส่วนของวัตถุในภาพด้วยเทคนิค SRG ร่วมกับวิธีการหลายภาพในแบบ JSEG นั้นสามารถช่วยทำให้แยกส่วนของพื้นที่อันอยู่ในลักษณะของหลายภาพได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นจริงสอดคล้องกันทั้งจากหลักการที่นำเสนอและผลการทดลองที่วัดออกมาในเชิงปริมาณ

นอกจากผลที่สรุปออกมาจะให้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ทั้งในแง่ของเวลาในการประมวลผลที่ลดลง และคุณภาพที่ดีขึ้นของพื้นที่ผลลัพธ์ที่ได้แล้ว เมื่อพิจารณาถึงผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการแมปปี้งจากภาพลำดับบนสุดของภาพพีระมิด เพื่อหาขอบของพื้นที่นั้นบนภาพในลำดับชั้นที่มีขนาดภาพใหญ่กว่า ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่า ด้วยการใช้อัลกอริทึมที่รวมเอาทั้ง Global feature และ Local feature มาใช้ร่วมกันแล้วทำให้ได้พื้นที่ผลลัพธ์ในบริเวณขอบมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเชิงปริมาณ เพราะเป็นเพียงแคในส่วนบริเวณขอบของพื้นที่เท่านั้น จึงมีผลเพียงเล็กน้อยเมื่อวัดออกมาเปรียบเทียบกับตัวเลข แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบรูปร่างของขอบพื้นที่ที่ได้แล้ว เทคนิคการแมปปี้งที่อาศัยวิธี Combined feature นั้นจะให้ขอบของผลลัพธ์ที่ดีมากกว่าการแมปปี้งที่ใช้เพียงแคค่า Global feature อย่างเดียว และยังแม่นยำกว่าขอบของพื้นที่ที่ได้จากการแยกส่วนด้วยเทคนิค JSEG ไปโดยตรง ดังตัวอย่างที่เปรียบเทียบกันเฉพาะ

ในส่วนขอบของวัตถุในรูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

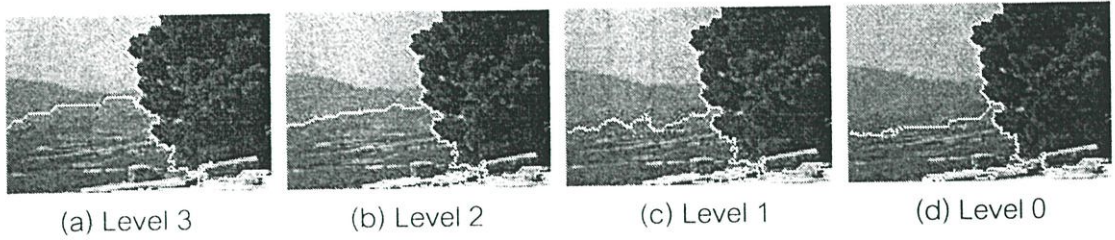


รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพเฉพาะบริเวณขอบของวัตถุ ระหว่างเทคนิคการแมปโป่งที่นำเสนอในรูปแบบ (c) กับเทคนิคการแมปโป่งในรูปแบบ (b) และการแยกส่วนโดยตรงในรูปแบบ (a)

นอกจากเทคนิคดังกล่าวนี้ จะให้ขอบของผลลัพธ์ดีกว่าการแยกส่วนด้วยเทคนิคอื่นที่ยกตัวอย่างมาแล้ว ยิ่งไปกว่านั้น สำหรับในบางภาพแล้วยังอาจจะได้ขอบที่มีความแม่นยำและให้ความหมายของพื้นที่ได้ดีละเอียดมากกว่าการแยกส่วนในแบบ Manual ด้วยซ้ำ ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์นั้นทำการแยกส่วนจากสิ่งที่มองเห็นซึ่งอาจจะละเอียดรายละเอียดไปบ้าง เช่น พื้นที่ในบริเวณขอบของขนสัตว์, ต้นไม้, ดอกไม้, พุ่มหญ้า, กลุ่มเมฆ, ทรงผม, วัตถุที่เป็นเส้นละเอียด ฯลฯ ที่ยากต่อการใช้มือลากเอาเอง ดังนั้นเทคนิคการแมปโป่งนี้จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดข้อผิดพลาด (Error) ที่เกิดจากการควบคุมเมาส์ (Mouse) เพื่อลากไปตามบริเวณขอบของพื้นที่หรือวัตถุในภาพด้วยมือของมนุษย์สำหรับการแยกส่วนในแบบ Manual

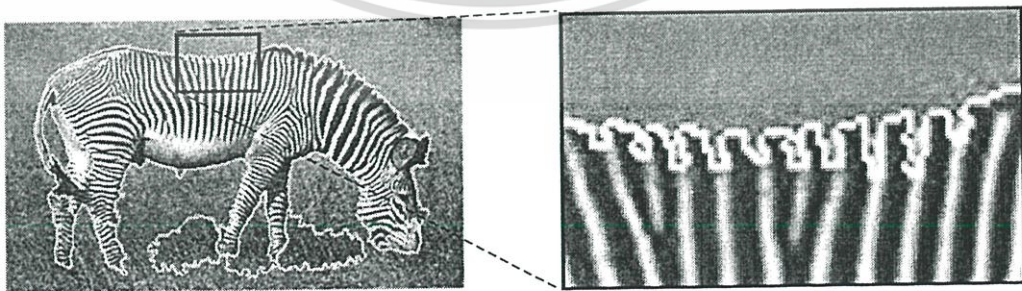
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไปของงานวิจัย

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเทคนิคการแยกส่วนในภาพที่นำเสนอของงานวิจัยนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่ก็ยังพบข้อจำกัดบางประการที่มีผลกระทบต่อเทคนิคที่นำเสนอดังกล่าว กรณีหนึ่งก็คือ หากเกิดข้อผิดพลาด (ขอบเขตของพื้นที่ผลลัพธ์ที่ไม่แม่นยำ) กับผลลัพธ์ขึ้นในระหว่างที่ทำการประมวลผลในขั้นตอนการแมปโป่งแล้ว อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบที่ผิดพลาดไปปรากฏยังภาพของพิกเซลในลำดับขั้นอื่นๆ ถัดไปด้วย (propagation effect) ดังตัวอย่างในรูปแบบที่ 5.3 ซึ่งเมื่อพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่า การแมปพื้นที่ของผลลัพธ์ที่ผิดพลาดเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ นั้น เป็นผลสืบเนื่องมาตั้งแต่ผลลัพธ์ในภาพบนชั้นบนสุดของพิกเซลที่ได้พื้นที่ผิดพลาดมาตั้งแต่แรกแล้ว ดังนั้นจึงทำให้เป็นการยากที่เทคนิคการแมปโป่งจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ เพราะบริเวณขอบของพื้นที่ที่ได้นั้นมีความผิดพลาดมากเกินไป ซึ่งไม่ว่าจะให้ feature ในลักษณะใดก็ตาม คงจะไม่สามารถช่วยทำให้ผลลัพธ์นั้นมีความถูกต้องแม่นยำกลับคืนมาได้ ปัญหาในลักษณะดังกล่าวนี้คงจะต้องกลับไปแก้ไขกันที่ตัว Segmentation kernel ที่ใช้แยกส่วนในภาพในลำดับขั้นของพิกเซลให้ดีกว่านี้



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่เกิด propagation effect ทำให้มีข้อผิดพลาดเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการแมปปีงผลลัพธ์จากลำดับชั้นบนสุดในพีระมิด (Level 3) จนถึงภาพต้นฉบับ (Level 0)

ในกรณีเดียวกันของปัญหาที่พบในขั้นตอนการแมปปีง คือการเลือก feature ที่เหมาะสมสำหรับหาขอบของพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของพิกเซลสีในลักษณะ homogeneous texture ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าการเพียงแค่ color-feature อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการหาขอบของพื้นที่บางประเภท เพราะไม่ว่าจะใช้ Global หรือ Local feature ก็ยังไม่สามารถช่วยทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นไปกว่าเดิม ทั้งนี้เนื่องจาก ทั้ง Global และ Local feature ใช้เพียงแค่ค่าสีซึ่งอยู่ที่พื้นที่ยลายภาพแบบเดียวกัน (ลายขาวกับดำของม้าลาย) มาเฉลี่ยเป็น feature จึงได้ค่าออกมาใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ต่างกันมากนัก ยิ่งไปกว่านั้นถ้าหากขยายภาพเข้าไปพิจารณาถึงค่าพิกเซลสีแล้วจะเห็นว่า ลายที่เห็นจริงๆ นั้นไม่ได้เป็นสีขาวกับดำเพียงอย่างเดียว แต่กลับเป็นสีน้ำตาลแทนที่จะเป็นสีขาว ซึ่งเป็นสีที่ใกล้เคียงกับฉากหลังมากกว่า จึงทำให้การ cluster แบ่งส่วนที่คิดว่าเป็นสีขาวนั้นไปติดกับฉากหลังแทน ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่เหมือนกับการแยกส่วนแบบ Manual เพราะมนุษย์ใช้ประสบการณ์ของตนเข้ามามีส่วนร่วมในการพิจารณาตัดสินใจว่าจุดนั้นๆ ควรจะมีอะไรหรือควรจะมีลักษณะรูปร่างของพื้นที่เป็นอย่างไร ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหานี้จะต้องอาศัย feature ที่ซับซ้อนมากขึ้นเช่น texture เข้ามาช่วยในการหาขอบของพื้นที่ให้ถูกต้อง แต่ทั้งนี้การเพิ่ม feature ที่ซับซ้อนมากขึ้นนั้นก็ย่อมหมายถึงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยเช่นเดียวกัน

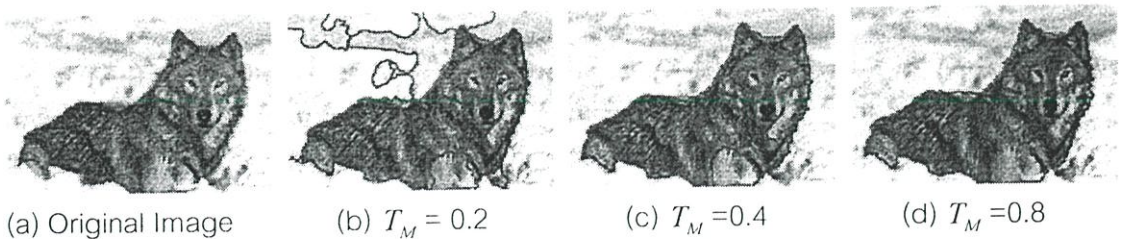


รูปที่ 5.4 ตัวอย่างการเกิดผลลัพธ์ที่ผิดพลาดของเทคนิคการแมปปีงที่ใช้เพียงแค่ basic-feature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัดอีกกรณีหนึ่งคือ การกำหนดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพ ซึ่งจากการทดลองนั้นได้สรุปให้เห็นแล้วว่า การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของงานวิจัยโดยใช้เทคนิคแบบ Local Thresholding นั้นจะช่วยทำให้ได้ผลลัพธ์ดีกว่าการกำหนดค่าโดยรวม ดังนั้นวิธีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับแต่ละภาพ จึงเป็นอีกประเด็นหนึ่งของงานวิจัย ที่ยังต้องมีการศึกษาและวิจัยต่อไปเพื่อหาข้อสรุปให้ได้ว่า จะใช้เทคนิคการกำหนดค่าเหล่านั้นได้อย่างไร ซึ่งแต่ละวิธีก็อาจจะเหมาะสมกับเฉพาะการแยกส่วนในภาพบางประเภทเท่านั้น จึงเป็นงานที่ยากที่สุดของงานวิจัยที่จะหาวิธีที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งอาจจะได้มาจากการทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หรืออาจจะใช้เทคนิคการประมวลผลสำหรับวิเคราะห์ภาพในลักษณะอื่นๆ เช่นทำการหา Histogram ของภาพ เพื่อเข้ามาช่วยในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของงานวิจัย แต่การกำหนดพารามิเตอร์ที่ต้องอาศัยเทคนิคอื่นเพิ่มเติม นั้น ก็ย่อมหมายถึง มีการสูญเสียเวลาสำหรับการประมวลผลในแต่ละภาพเพิ่มมากขึ้น หรือทางตรงกันข้าม การกำหนดเลือกให้เทคนิคนั้นใช้งานกับภาพเฉพาะบางประเภทนั้น อาจจะเป็นการร่ายกว่าที่จะหาวิธีการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับแต่ละภาพเสียอีก

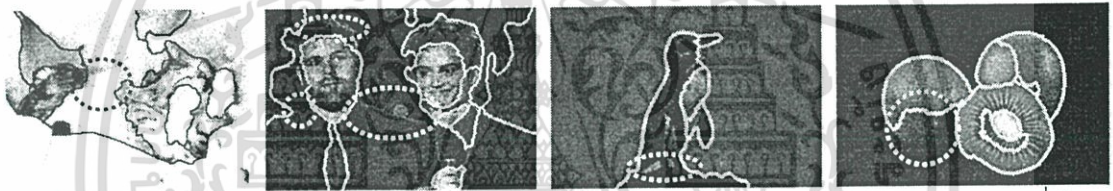
แนวทางการพัฒนาต่อไปในอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจของงานวิจัยนี้ก็คือ การปรับปรุงขั้นตอนการรวมพื้นที่ (Region Merge) ซึ่งจากตัวอย่างในรูปที่ 5.5 จะเห็นว่าขั้นตอนการปรับปรุงผลลัพธ์จากแยกส่วนของวัตถุในภาพนั้น มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่จะช่วยทำให้พื้นที่ของผลลัพธ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการรวมพื้นที่ที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้ ก็เป็นเทคนิคที่ง่ายและไม่สูญเสียเวลาในการประมวลผลมากนัก รวมทั้งให้ผลลัพธ์ที่ดีเหมาะสมกับภาพหลากหลายประเภท แต่วิธีการดังกล่าวนี้ จะต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ตัวหนึ่งเพื่อใช้ Threshold สำหรับการรวมพื้นที่ของภาพนั้นๆ และในการทดลองก็ได้มีการสรุปผลของการกำหนดค่า Threshold ตัวนี้ด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามด้วยความไว (sensitive) ของการปรับค่า Threshold ที่มีต่อผลลัพธ์นี้เอง จึงกลายเป็นจุดด้อยอันหนึ่งของงานวิจัยที่ควรจะมีการพัฒนาหรือแก้ไขต่อไป ซึ่งอาจจะอาศัยเทคนิคอื่นๆ เข้ามาช่วยประมาณค่าสำหรับการรวมพื้นที่ หรือไม่ก็อาจจะต้องหา feature อื่นๆ ที่จะเป็นตัวแสดง (representation) คุณสมบัติของแต่ละพื้นที่ได้ดีกว่าการใช้เพียงแค่ color histogram ทั้งนี้เพื่อช่วยทำให้สามารถแยกหรือรวมพื้นที่ที่อยู่ติดกันได้ผลที่ดีขึ้นไปกว่าเดิม



รูปที่ 5.5 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการรวมพื้นที่โดยอาศัย color histogram เป็น feature ของแต่ละพื้นที่และทำการกำหนดค่า Merging Threshold (T_M) ที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบค่อนข้างบ่อยสำหรับการเกิด Under-segmentation ก็คือความไม่ชัดเจนของสีหรือลักษณะลายภาพที่อยู่ในบริเวณขอบของวัตถุ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.6 โดยจากประสบการณ์ของมนุษย์เองก็อาจจะสามารถคาดเดาระบุขอบของพื้นที่เหล่านั้นได้ เพราะมนุษย์มีความสามารถรู้จำได้ว่าวัตถุเหล่านั้นควรจะมีรูปร่างของพื้นที่เป็นอย่างไร แต่ในกรณีของการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลในเชิงตัวเลข นั่นก็คือค่าพิกเซลที่มีอยู่ในภาพเท่านั้น ดังนั้นหากว่าค่าพิกเซลของคนละพื้นที่ที่อยู่ติดกัน แต่กลับมีค่าสีที่ใกล้เคียงกันดังภาพตัวอย่างโดยเฉพาะในบริเวณส่วนที่เป็นเฉดสีหรือไม่ก็เป็นสีเดียวกันเลย จึงไม่ใช่สิ่งที่แปลกแต่อย่างใด ที่จะทำให้พื้นที่ของผลลัพธ์ในบริเวณนั้นเกิด Under-segmentation ขึ้นได้ ซึ่งกรณีของปัญหาเช่นนี้ ไม่ว่าจะใช้เทคนิคใดๆ ที่ไม่มีกระบวนการรู้จำหรือไม่มี Knowledge based แล้ว ก็คงจะไม่สามารถแยกส่วนของพื้นที่เหล่านั้นออกมาได้อย่างแน่นอน นั่นหมายถึงภาพต้นฉบับเหล่านั้นมีคุณสมบัติที่ละเมิดสมมติฐานหรือข้อตกลง (Break through assumption) ของงานวิจัย จึงเป็นไปได้เลยที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้สำเร็จลงได้



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างการเกิด Under-segmentation ของผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพที่มีขอบของพื้นที่ในบางส่วนที่ไม่ชัดเจน ในบริเวณที่แสดงโดยเส้นประ

แนวทางการพัฒนาต่อของงานวิจัยนี้ยังมีอีกหลายประเด็นที่น่าสนใจ ไม่ว่าจะเป็นการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการแยกส่วนในภาพที่มีการเข้ารหัสอย่างเช่น JPEG 2000 ที่มีโครงสร้างข้อมูลภาพอยู่ในลักษณะของพิกเซลอยู่แล้ว คือเป็นการเข้ารหัสที่มีการแยกช่วงความถี่ด้วยเทคนิคการแปลงเวฟเลต (Wavelets transformation) หรืออาจจะนำเอาวิธีการแมปบั้งนี้ไปประยุกต์ใช้กับการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคอื่นๆ นอกจากนั้นแล้วผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ ก็ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ เช่น กระบวนการรู้จำภาพ การสืบค้นและการค้นคืนรูปภาพ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาการแอปพลิเคชันเพื่อประมวลผลภาพ เช่น เครื่องมือสำหรับการทำ Pre-segmentation แยกส่วนของวัตถุหรือพื้นที่ให้แก่มือผู้ใช้โดยอัตโนมัติโดยผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาลากบริเวณขอบของพื้นที่ด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.S. Wright and S.T. Acton, "Watershed pyramids for edge detection", Proc. of IEEE Int'l Conf. Image Processing, Santa Barbara, CA, October 26–29, 1997.
- [2] Jianzhuang Liu and Weizin Xie, "Pyramid Segmentation of Color Image Using Fuzzy C-Means Clustering Alogorithm", IEEE TENCON, 1993.
- [3] M.R. Rezaee, P.M.J. van der Zwet, B.P.F. Lelieveldt, R.J. van der Geest and J.H.C. Reiber, "A Multiresolution Image segmentation Technique Based on Pyramidal Segmentation and Fuzzy Clustering", IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, No. 7, pp. 1238–1248, 2000.
- [4] P.Bertolino and A.Montanvert, "Multiresolution segmentation using the irregular pyramid", Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Image Processing (ICIP), vol. 1, 16-19 September, 1996, pp. 257-260.
- [5] R.C.Gonzalez and R.E.Woods. Digital Image Processing. International Edition. New Jersey : Prentice-Hall, Int. 2002.
- [6] Y.W. Lim and S.U. Lee, "On the color image segmentation algorithm based on the thresholding and the fuzzy C-means technique," Pattern Recognit., vol. 23, no. 9, pp. 935–952, 1990.
- [7] P.K. Sahoo, S. Soltani, and A.K.C. Wong, "A survey of thresholding techniques", Comput. Vis. Graph. Image Process., vol. 41, pp. 233–260, 1988.
- [8] N. Pal and S. Pal, "A review on image segmentation techniques," Pattern Recognit., vol. 26, pp. 1277–1294, 1993.
- [9] Y. Deng, C. Kenney, M.S. Moore and B.S. Manjunath, "Peer group filtering and perceptual color image quantization", Proc. of IEEE Int'l Conf. Circuits and Systems VLSI (ISCAS'99), Orlando, FL, USA, vol. 4, June 1999, pp. 21-24.
- [10] D. Comaniciu and P. Meer, "Robust analysis of feature spaces: color image segmentation," Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 750-755, 1997.
- [11] K. Haris, S.N. Estradiadis, N. Maglaveras and A.K. Katsaggelos, "Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging", IEEE Trans. on Image Processing, vol.7, no.12, december 1998, pp. 1684-1699.

- [12] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," in Proc. 1st ICCV, 1987, pp. 259–267.
- [13] P.L. Palmer, H. Dabis, and J. Kittler, "A performance measure for boundary detection algorithms," Computer Vision on Image Understanding, vol. 63, pp. 476–494, 1996.
- [14] R.M. Haralick and L.G. Shapiro, "Survey: Image segmentation techniques," Comput. Vis. Graph. Image Process., vol. 29, pp. 100–132, 1985.
- [15] S.A. Hijjatoleslami and J. Kittler, "Region growing: A new approach," IEEE Trans. Image Processing, vol. 7, pp. 1079–1084, 1998.
- [16] R. Adams and L. Bischof, "Seeded region growing," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 16, pp. 641–647, 1994.
- [17] W.Y. Ma and B.S. Manjunath, "Edge flow: a framework of boundary detection and image segmentation", Proc. of CVPR, pp 744-49, 1997.
- [18] B. Sumengen, B.S. Manjunath, C. Kenney, "Image Segmentation using Curve Evolution and Flow Fields", Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Image Processing (ICIP), Rochester, NY, USA, September 2002.
- [19] W.Y. Ma and B.S. Manjunath, "EdgeFlow: A technique for boundary detection and segmentation", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 9, no. 8, August 2000, pp. 1375-88.
- [20] Junqing Chen, T.N. Pappas, A. Mojsilovic and B. Rogowitz, "Adaptive image segmentation based on color and texture", 2002 Int'l Conf. on Image Processing Proceedings, vol. 3, June 2002, pp. 777 –780.
- [21] Z. Tu, S.C. Zhu and H.Y. Shum "Image Segmentation by Data-Driven Markov Chain Monte Carlo", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no.5, May 2002, pp. 657-673.
- [22] Jianping Fan, David. K.Y. Yau, "Automatic Image Segmentation by Integrating Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing" IEEE Trans. on Image Processing, vol. 10, no.10, October 2001, pp. 1454-1466.
- [23] T. Pavlidis and Y.T. Liow, "Integrating region growing and edge detection," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 12, 1990, pp. 225–233.

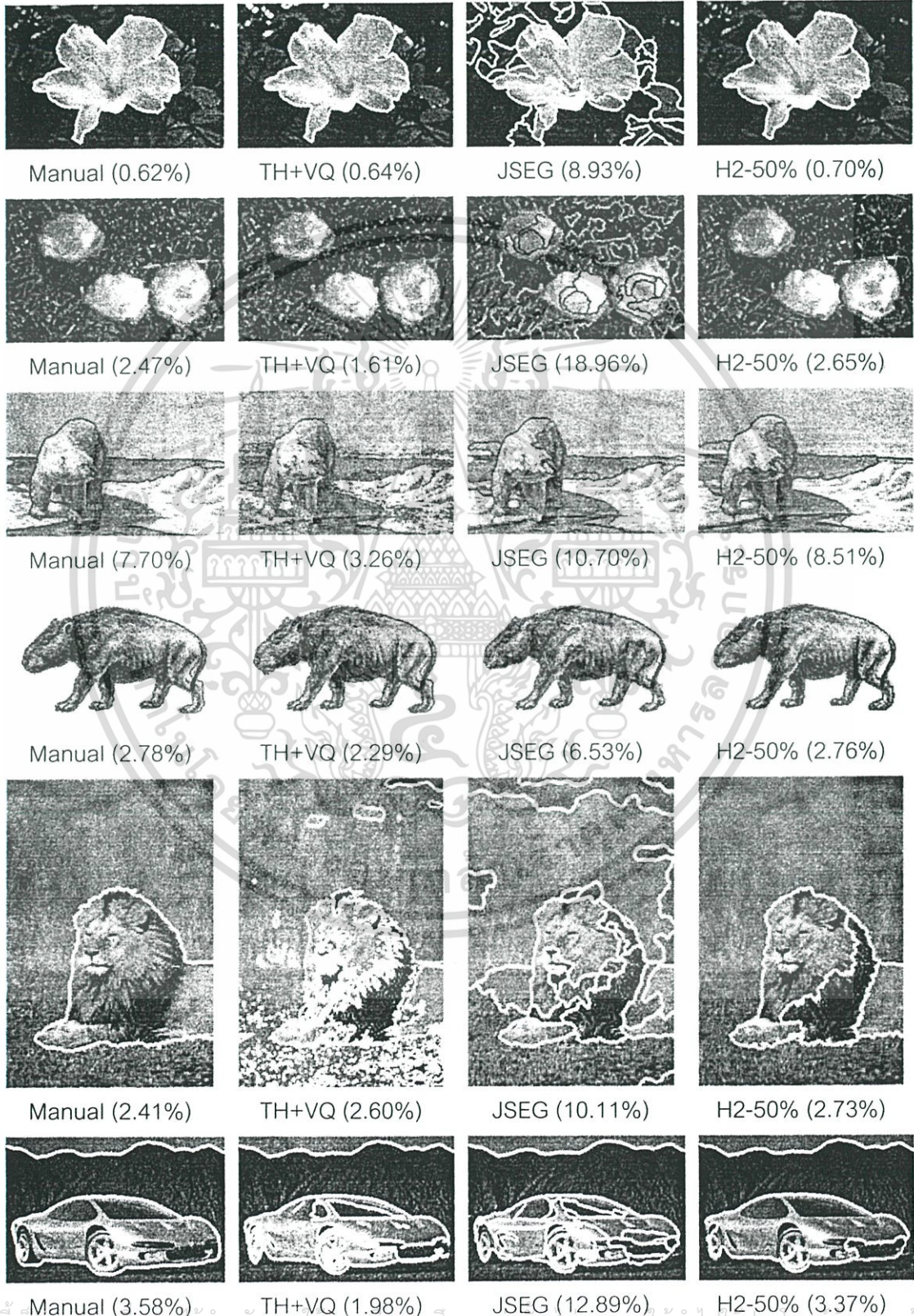
- [24] C. Chu and J.K. Aggarwal, "The integration of image segmentation maps using region and edge information," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 15, pp. 1241–1252, 1993.
- [25] Sudhir Borra, Sudeep Sarkar, "A Framework for Performance Characterization of Intermediate-Level Grouping Modules," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 11, Nov. 1997, pp. 1306-1312.
- [26] J.Liu and Y.H.Yang, "Multiresolution Color Image Segmentation", IEEE Trans. On PAMI, 16(7), (1994) 689-700
- [27] M.Borsotti, P.Campadelli and R.Schettini, "Quantitative Evaluation of Color Image Segmentation Results", Pattern Recognition Letters., vol.19, 1998, pp. 741-747
- [28] S.Wesolkowski and R.D.Dony, "A New Method for Quantitative Image Segmentation Evaluation" Proc. of 1st International Conference on Color in Graphics and Image Processing, Saint-Etienne, 2000, pp. 186-190
- [29] D.Martin, C.Fowlkes, D.Tal and J.Malik, "A Database of Human Segmented Natural Images and its Application to Evaluating Segmentation Algorithms and Measuring Ecological Statistics", Proc. of ICCV, 2001.
- [30] Y. Deng, B.S. Manjunath and Hyundoo Shin, "Color Image Segmentation", Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR '99, Fort Collins, CO, vol.2, June 1999, pp. 446-451.
- [31] Y. Deng and B.S. Manjunath, "Unsupervised Segmentation of Color-Texture Regions in Image and Video", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 8, August 2001, pp. 800-810.
- [32] R.M. Gray, "Vector Quantization", IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing Society Magazine, April 1984, pp. 4-29.
- [33] A.Gersho and R.M. Gray, "Vector Quantization and Signal Compression", Kluwer Academic Publisher, Boston, USA, 1992.
- [34] R.O. Duda and P.E. Hart. **Pattern Classification and Scene Analysis**. New York : John Wiley & Sons, 1970.
- [35] Y.Wei, J.Fritts and S.Fangting, " A Hierarchical Image Segmentation Algorithm", Proceedings of IEEE Int'l Conf. on Multimedia and Expo, vol. 2, 26-29 August, 2002, pp. 221-224.

The seal of Rajabhat Nakhon Phanom University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a large, ornate Thai umbrella (parasol). The entire design is set against a background of stylized floral and flame patterns. The text around the border of the seal reads "มหาวิทยาลัยราชภัฏนครพนม" (Mahavithayalai Rajabhat Nakhon Phanom) at the top and "พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" (Prachonkhae Jao Kun Thara Ladkrabang) at the bottom.

ภาคผนวก ตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการทดลอง

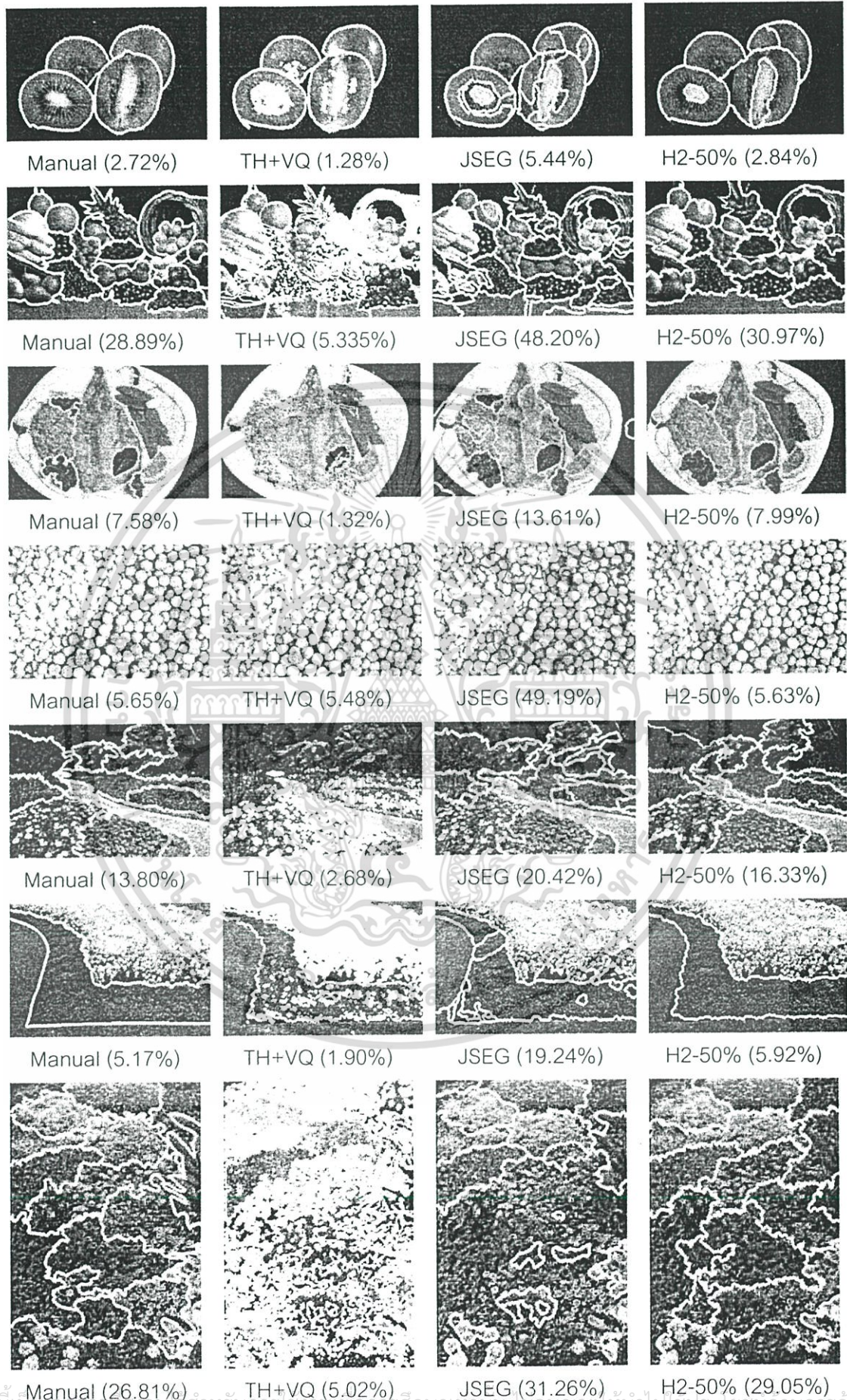
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิค Manual, Thresholding and Vector Quantization (TH+VQ), JSEG และ เทคนิคของงานวิจัยที่อาศัยเทคนิคการแมปปิ้งในพีระมิด 2 Level (H2-50%)

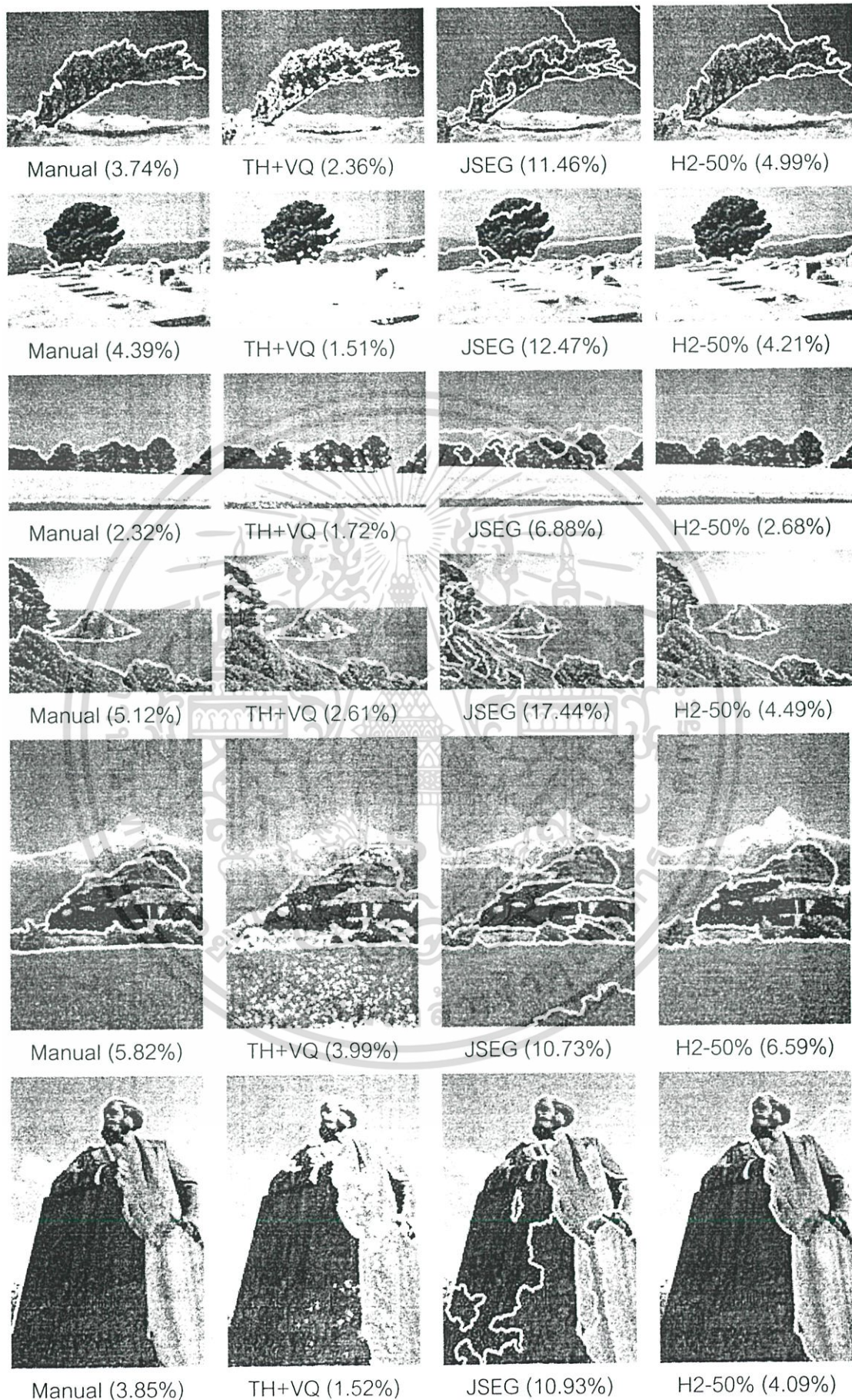


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

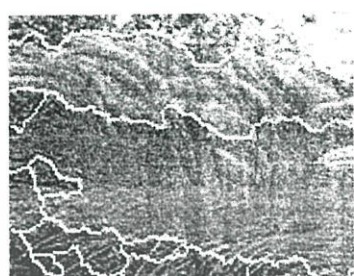


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

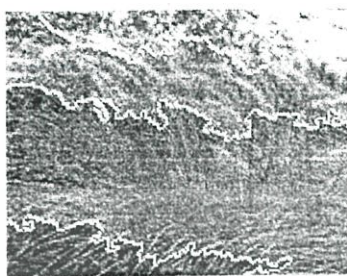


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

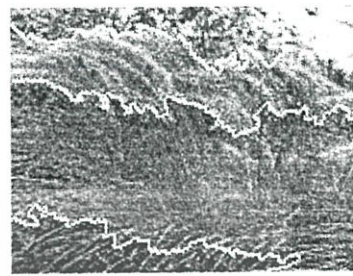
เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพเฉพาะบริเวณขอบของวัตถุ ระหว่างเทคนิคการแยกส่วนโดยตรง (JSEG) การแมปบึงที่ใช้เฉพาะ Global feature และเทคนิคการแมปบึงที่อาศัยวิธี Combined feature



JSEG (18.98%)



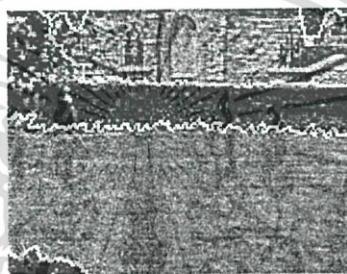
Global feature (4.08%)



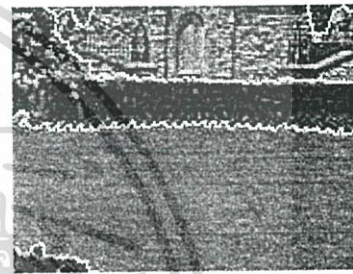
Combined feature (4.14%)



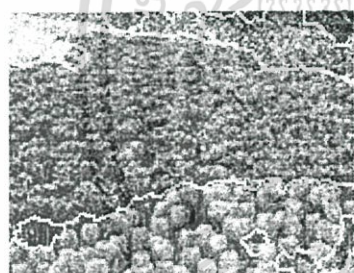
JSEG (49.38%)



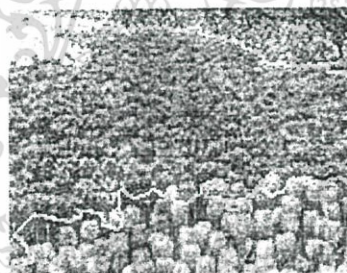
Global feature (10.92%)



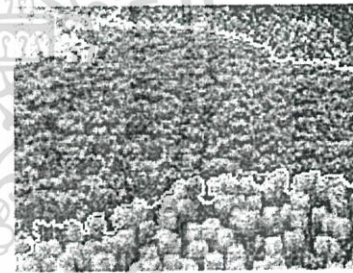
Combined feature (9.81%)



JSEG (17.90%)



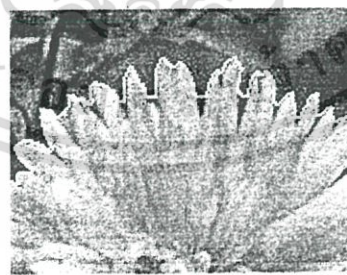
Global feature (8.32%)



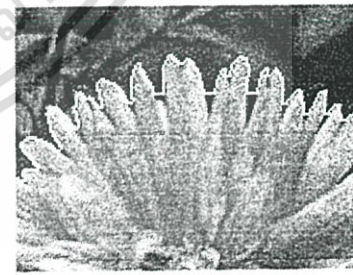
Combined feature (8.25%)



JSEG (49.96%)



Global feature (2.10%)



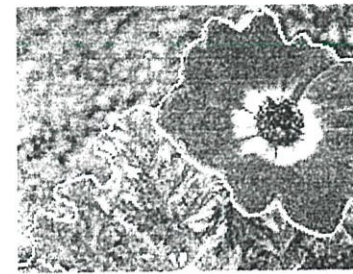
Combined feature (2.12%)



JSEG (20.19%)

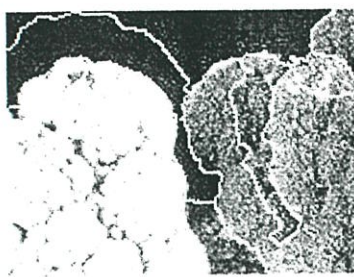


Global feature (7.02%)

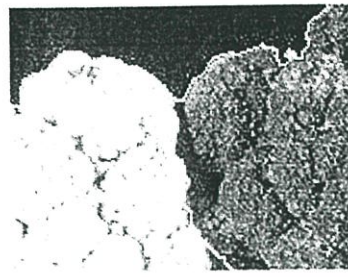


Combined feature (6.48%)

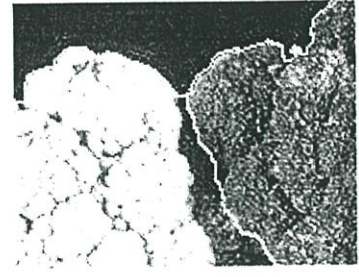
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



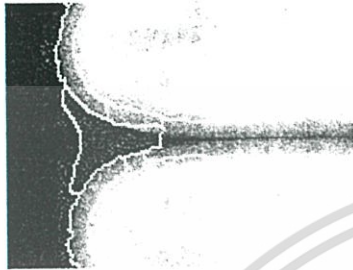
JSEG (12.41%)



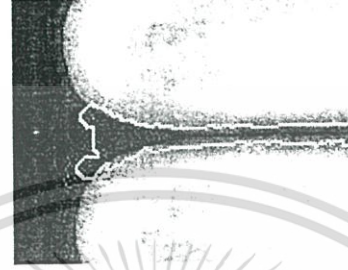
Global feature (3.87%)



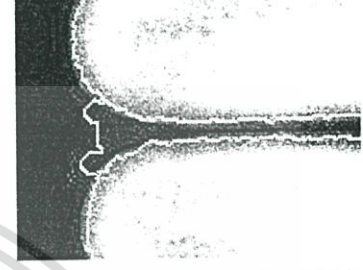
Combined feature (3.55%)



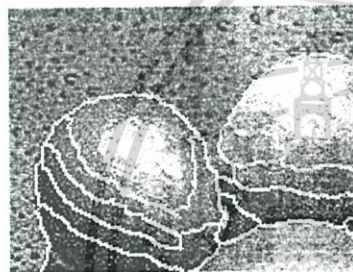
JSEG (4.80%)



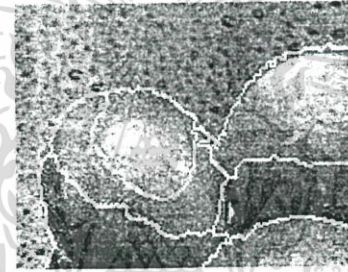
Global feature (6.09%)



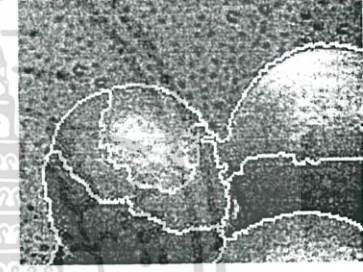
Combined feature (4.84%)



JSEG (5.56%)



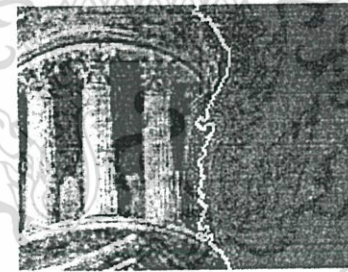
Global feature (3.73%)



Combined feature (3.74%)



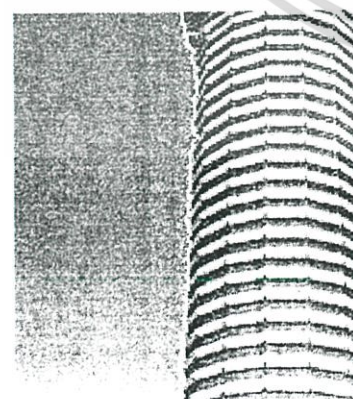
JSEG (10.98%)



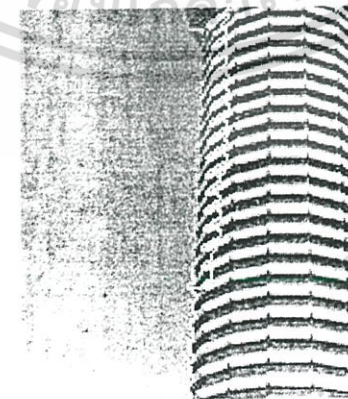
Global feature (5.28%)



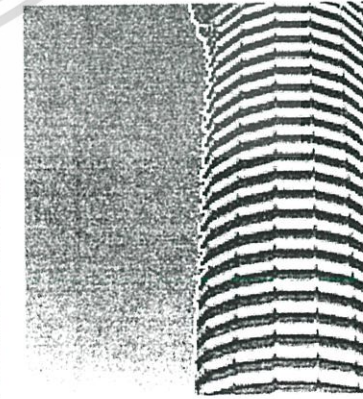
Combined feature (5.24%)



JSEG (16.54%)

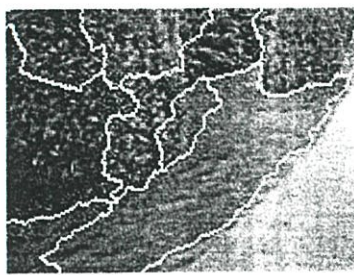


Global feature (11.91%)

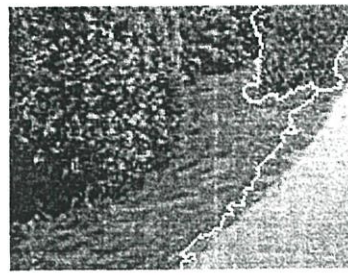


Combined feature (12.18%)

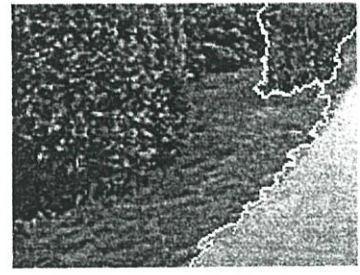
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



JSEG (11.23%)



Global feature (6.44%)



Combined feature (6.52%)



JSEG (10.94%)



Global feature (6.44%)



Combined feature (6.52%)



JSEG (8.19%)



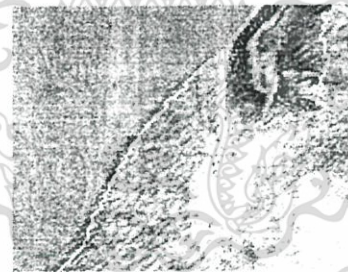
Global feature (4.51%)



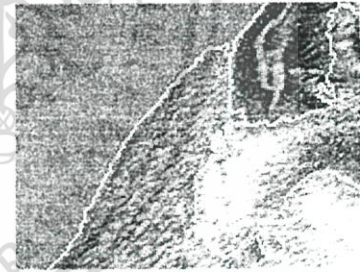
Combined feature (4.13%)



JSEG (7.02%)



Global feature (4.62%)



Combined feature (4.55%)



JSEG (8.38%)



Global feature (4.09%)



Combined feature (4.06%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างภาพผลลัพธ์จากการแยกส่วนในภาพด้วยเทคนิคของงานวิจัยที่อาศัยเทคนิคการแมปปิง
ในพริสมิต 2 Level (H2-50%) โดยแบ่งต่างประเภทของรูปภาพที่นำมาทดลอง



Drawing (2.15%)



Drawing (3.83%)



Drawing (4.89%)



Drawing (2.78%)



Sketching (5.20%)



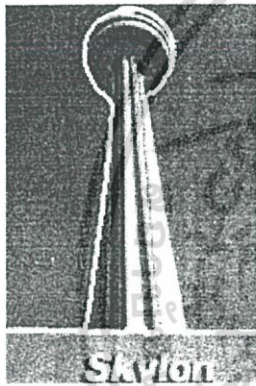
Sketching (4.23%)



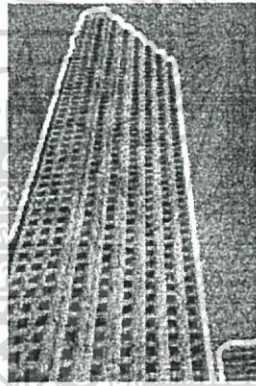
Sketching (1.41%)



Sketching (1.16%)



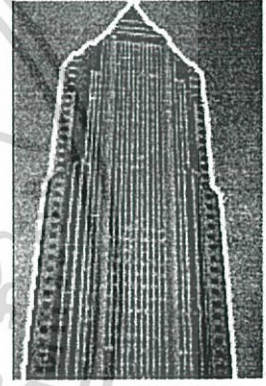
Architecture (5.53%)



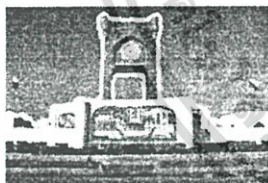
Architecture (2.05%)



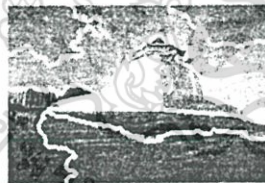
Architecture (1.30%)



Architecture (2.33%)



Monument (5.77%)



Monument (4.62%)



Monument (8.44%)



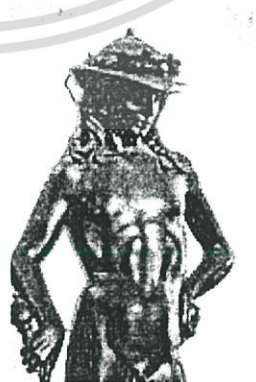
Monument (9.11%)



Sculpt (8.37%)



Sculpt (9.22%)



Sculpt (4.65%)



Sculpt (2.42%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Character (1.24%)



Character (1.94%)



Character (1.86%)



Character (1.14%)



Closed-up (4.24%)



Closed-up (2.07%)



Closed-up (1.99%)



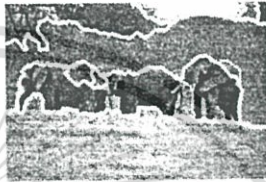
Closed-up (4.94%)



Flock (8.37%)



Flock (7.21%)



Flock (5.80%)



Flock (15.78%)



Food (14.23%)



Food (5.52%)



Food (24.01%)



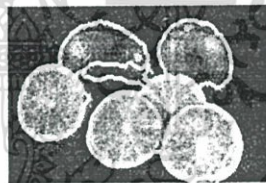
Food (10.26%)



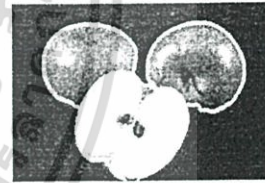
Fruit (22.57%)



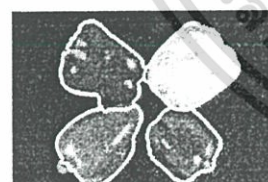
Fruit (16.90%)



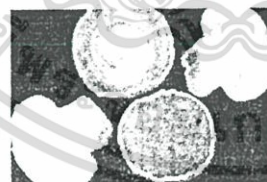
Fruit (4.54%)



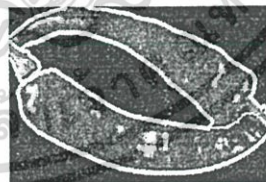
Fruit (3.27%)



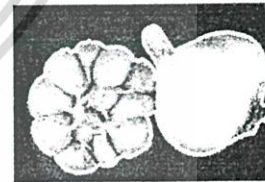
Vegetable (2.61%)



Vegetable (5.68%)



Vegetable (2.92%)



Vegetable (3.29%)



Face (4.52%)



Face (4.89%)



Face (7.24%)



Face (5.37%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Group (15.48%)



Group (11.29%)



Group (7.08%)



Group (4.84%)



Posing (12.97%)



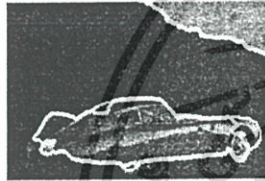
Posing (4.99%)



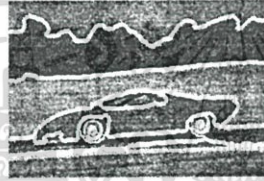
Posing (2.83%)



Posing (1.99%)



Car (1.32%)



Car (3.80%)



Car (4.07%)



Car (7.05%)



Furniture (2.08%)



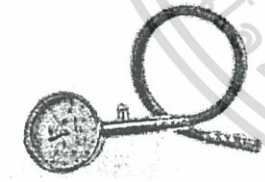
Furniture (4.72%)



Furniture (1.22%)



Furniture (1.47%)



Thing (8.21%)



Thing (1.90%)



Thing (2.37%)



Thing (4.19%)



Landscape (2.58%)



Landscape (9.24%)



Landscape (3.51%)



Landscape (3.90%)



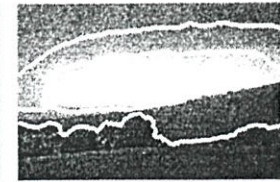
Shading (6.61%)



Shading (2.07%)

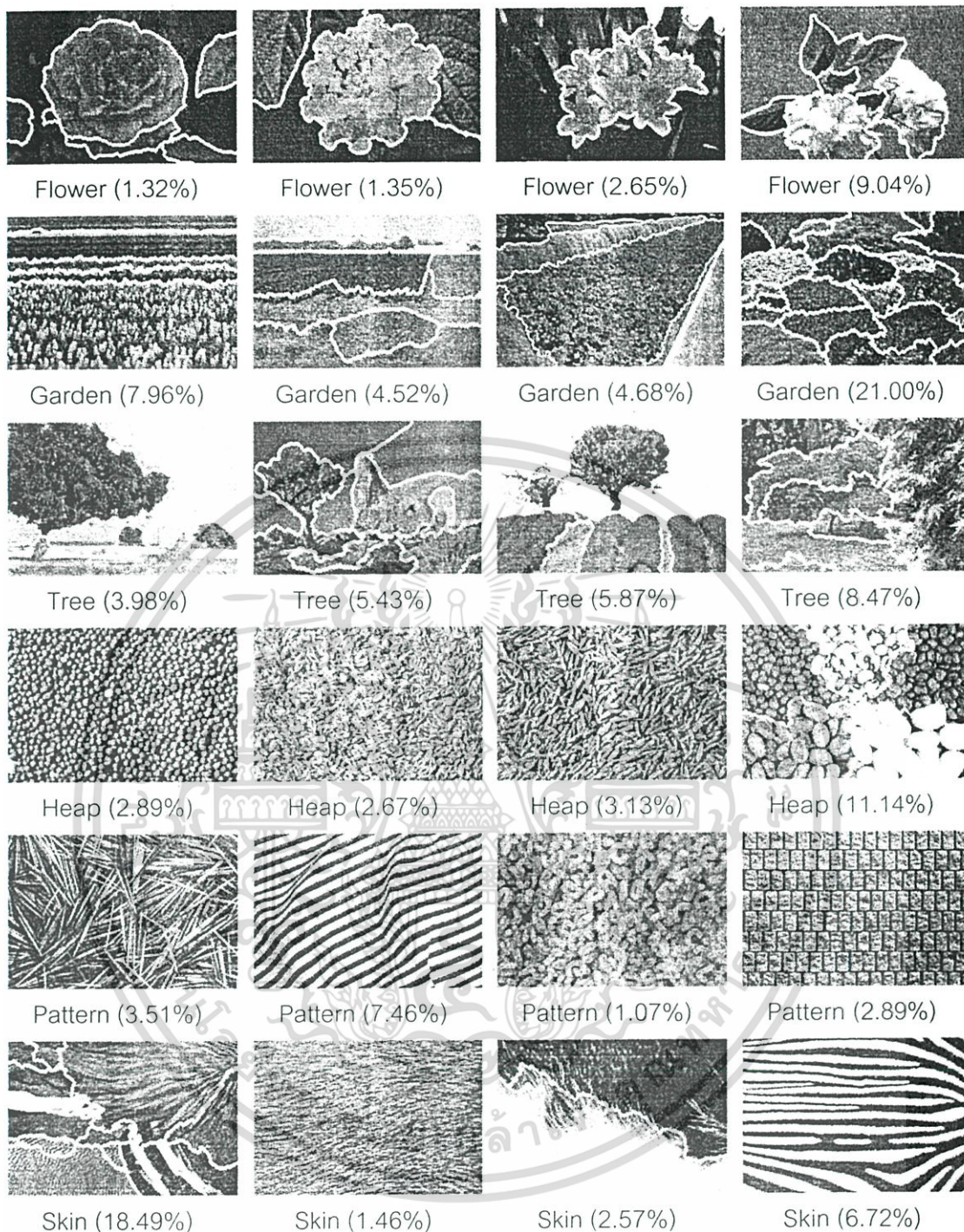


Shading (0.50%)



Shading (1.22%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอภิมันต์ จันทรดา
วัน เดือน ปีเกิด	1 สิงหาคม 2521
ที่อยู่	510 หมู่ 11 ต.ทุ่งก่อ อ.เวียงเชียงรุ้ง จ.เชียงราย 57210 โทร 069835669
ประวัติการศึกษา	2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัย เทคนิคเชียงราย 2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (เกียรตินิยม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2546 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) Digital Image Processing 2.) Computer Graphics 3.) Computer Games Design and Development
ผลงานบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	1.) Apimun Junda and Orachat Chitsobhuk, "Fast Image Segmentation Based on Multilevel Approach", Proceeding of The 7 th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'2003), Bangsaen, Chonburi, Thailand, vol. 1, October 28-30, 2003, pp. 225-260. 2.) Apimun Junda, Orachat Chitsobhuk and Somsak Walairacht, "Image Segmentation Based on Pyramidal JSEG", Proceeding of The Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2004), Jeju Island, Korea, January 28-30, 2004.