

การจำแนกภาพโดยวิธีเซ็กเมนต์ชั้น
Image Classification by Segmentation Method



วิทยาลัยนคสำหรับปริญญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
แบบฟอร์มการให้คะแนนการสอบวิทยานิพนธ์
สำหรับนักศึกษาระดับมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ "การจำแนกภาพโดยวิธีเซ็กเมนต์ชั้น (Image Classification by Segmentation Method)"

ชื่อนักศึกษา นายยอดเยี่ยม ปราโมทย์ภักพ. เลขประจำตัว 30126-015
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์

ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์	
รศ.ถวัลย์ พิงมา	
รศ.ดร.ชม กิมปาน	
ดร.กิตติ ไพรชยวัฒน์กิจ	
ดร.วารวัฒน์ ลิ้มโกศา	

วันเดือนปี ที่สอบ 31 พฤษภาคม 2533 เวลา 10.00 น.
สถานที่ ห้องประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ A-305
ค่าระดับคะแนนรวมที่เป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการสอบ G : GOOD (ดี)

บัณฑิตวิทยาลัย
(ฝ่ายบริหาร)
รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร
รักษาราชการแทนอธิการบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 4 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในวิทยานิพนธ์	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	3
1.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	5
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์	5
บทที่ 2 การกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด	6
2.1 การเฉลี่ยจุดข้างเคียง	6
2.2 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด	7
2.3 รูปแบบการจำลองสัญญาณรบกวน	9
2.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง	9
2.5 สรุป	10
บทที่ 3 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยตัวกรองมัลติชานแนล 3 ระดับ	15
3.1 ตัวกรองมัลติชานแนลแบบ 1 มิติ	15
3.2 ตัวกรองมัลติชานแนลแบบ 2 มิติ	17
3.3 ตัวกรองมัลติชานแนล 3 ระดับ	17
3.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง	21
3.5 สรุป	22
บทที่ 4 การทำเช็กเมนเตชันภาพโดยการแบ่งแยกและการรวบรวม	27
4.1 สูตรพื้นฐาน	27
4.2 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการทำเช็กเมนเตชัน	28
4.2.1 คำจำกัดความ	28
4.2.2 ภาพทรี หรือ PT	29
4.2.3 การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับบล็อก	31
4.3 ขั้นตอนของกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมภาพ	31
4.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง	41
4.5 สรุป	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5	การปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวม สำหรับเช็กเมนเตชันภาพ	47
5.1	การรวบรวมเมื่อคำนึงถึงทิศทางของการสแกนภาพ	47
5.1.1	การปรับปรุงการรวบรวมตามทิศทางสแกนจาก บนลงล่างและซ้ายไปขวา	47
5.1.2	การปรับปรุงการรวบรวมตามทิศทางสแกนจาก ซ้ายไปขวาและบนลงล่าง	48
5.1.3	ตัวอย่างการทำเช็กเมนเตชันเมื่อทิศทางสแกน อยู่ในลักษณะต่าง ๆ	48
5.2	การปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวม	52
5.3	ผลลัพธ์จากการทดลอง	55
5.4	สรุป	55
บทที่ 6	การทำเช็กเมนเตชันภาพโดยใช้อัลกอริทึมแบบเกรย์	61
6.1	ทฤษฎีกราฟ	61
6.2	การทำเช็กเมนเตชันโดยอาศัยพื้นฐานทางทฤษฎีกราฟ	62
6.3	ผลลัพธ์จากการทดลอง	67
6.4	สรุป	68
บทที่ 7	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	73
กิตติกรรมประกาศ		76
หนังสืออ้างอิง		77
ภาคผนวก ก.	ไฟล์ชาร์ตการกำจัดการลบความคมชัดของภาพ โดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัดของบทที่ 2	79
ภาคผนวก ข.	ไฟล์ชาร์ตการกำจัดการลบความคมชัดของภาพโดยตัวกรองมีชชฐาน แบบกาคบาท จัดวิธี Max/Median และ 3 ระดับของบทที่ 3	82
ภาคผนวก ค.	ไฟล์ชาร์ตการทำเช็กเมนเตชันภาพโดยการแบ่งแยกและ การรวบรวมของบทที่ 4	86
ภาคผนวก ง.	ไฟล์ชาร์ตการปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและ การรวบรวมสำหรับการเช็กเมนเตชันภาพของบทที่ 5	97
ภาคผนวก จ.	ไฟล์ชาร์ตการทำเช็กเมนเตชันภาพโดยใช้อัลกอริทึม ของบทที่ 6	102

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำแนกภาพโดยวิธี เช็กแมนเตชั่น
 นักศึกษา นาย ยอดเยี่ยม ปรานีโกศล
 อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. พุศิกดิ์ ชีวสุวิทย์
 ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตทางวิศวกรรมไฟฟ้า
 ปีการศึกษา พ.ศ. 2532

บทคัดย่อ

การจำแนกภาพโดยวิธี เช็กแมนเตชั่น คือกระบวนการการแบ่งภาพออกเป็น ส่วน ๆ ด้วยค่าระดับสีเทาในแง่ที่กำหนด ซึ่งสามารถกระทำโดยการรวบรวมพื้นที่บริเวณ เล็ก ๆ เข้าด้วยกันให้เป็นพื้นที่ใหญ่ที่มีค่าระดับสีเทาที่เป็นเนื้อเดียวอย่างรีเคอร์ซีฟ หรือ จากการแบ่งแยกพื้นที่ใหญ่อย่างรีเคอร์ซีฟจนกระทั่งได้พื้นที่บริเวณที่มีค่าระดับสีเทาที่เป็นเนื้อ เดียว จากวิธีการทำ เช็กแมนเตชั่นด้วยการแบ่งแยกและการรวบรวม (Split-and-Merge) โดยอาศัยควอดทรี (Quadtree หรือ Quartic Picture Tree) นี้มีข้อ จำกัดทางด้านารรวบรวมพื้นที่บริเวณภาพ ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำข้อจำกัดดังกล่าว โดยการปรับปรุงกระบวนการของการรวบรวมพื้นที่ (Modification of Merge Algorithm) แต่อย่างไรก็ตามการรวบรวมโดยวิธีนี้ ให้ผลลัพธ์ที่ขึ้นอยู่กับทิศทางการสแกน ภาพ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึง ได้นำข้อเสียนี้ด้วยวิธีการทำ เช็กแมนเตชั่นภาพโดยอาศัย พื้นฐานทางทฤษฎีกราฟที่เรียกว่า ทรีตเตสทสเปนนิงทรี (Shortest Spanning Tree) มาทำการรวบรวมพื้นที่บริเวณของภาพที่มีความคล้ายคลึงหรือความเหมือนกันอย่างมีลำดับ ก่อนที่จะกระทำการ เช็กแมนเตชั่นภาพนั้นควรกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพเสีย ก่อน โดยทั่วไปแล้วการกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยนั้นจะ ไปทำลายขอบภาพ ในที่นี้จึงเสนอวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด และผลลัพธ์ที่ได้จะจับกลุ่มกันในลักษณะที่เป็นเนื้อเดียว จึงเป็นผลดีต่อการทำ เช็กแมนเตชั่นภาพ ในลำดับต่อไป เนื่องจากวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวนี้ ใช้เวลาในการประมวลผล สูงมาก จึงใช้การกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพโดยอาศัยตัวกรองมัชฌิมฐานที่เรียกว่า ตัวกรองมัชฌิมฐาน 3 ระดับ

Thesis Title **Image Classification by Segmentation Method**
 Name **Mr.Yordyeim Pramotepipop**
 Thesis Advisor **Assoc.Prof. Dr. Fusak Cheevasuvit**
 Level of Study **MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING**
 Academic Year **1989**

Abstract

Image segmentation is an algorithm of the subdivision of an image into regions which have a certain uniformity. The segmented image is obtained by recursively merging small regions to form a bigger homogeneous region, or recursively splitting a big region into homogeneous fragmented regions. However, the traditional segmentation method of Split-and-Merge using quadtree or quartic picture tree places limitation on the merge procedure. This defect can be reduced by a modification of the merge algorithm. However, the result is depend on the scanning direction of the merge procedure. To solve this problem, the thesis use image segmentation based on graph theory called "Shortest Spanning Tree", that will be done by merging the similarity regions in a hierarchical order.

Noise in the original image should be removed before the image segmentation algorithm is applied. Generally, noise smoothing by the moving average method results in blurred edges. The method presented here removes noise without blurring sharp edges, or destroying details of the boundary region, called "Image Smoothing with Preserving Edge". The uniform grouping of the filtered image has advantages later in segmentation. Since this kind of filter uses so much time in processing. This thesis also presents the filter which is called a three-level median filter.

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในวิชานี้

สัญลักษณ์

ความหมาย

บทที่ 2

$f(x,y)$

ค่าระดับสีเทาเดิมของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y)

$f'(x,y)$

ค่าระดับสีเทาใหม่ ณ ตำแหน่ง (x,y) หลังการกำจัด

สัญญาณรบกวนแบบหมอกมลาย

M_j

ค่าเฉลี่ย (Mean) ของระดับสีเทาในเส้นที่รูปที่ j

N

ขนาดของหน้าต่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

n

ค่าของสัญญาณรบกวน

P

ค่าระดับสีเทา ณ ตำแหน่ง (x,y)

P_e

ความน่าจะเป็นการเกิดสัญญาณรบกวน (Error Probability)

P_i

ค่าระดับสีเทาของจุดภาพที่ i ในเส้นที่ S_j

$S_{i,j}$

ค่าระดับสีเทาของภาพต้นแบบที่จุด (i,j)

S_j

พื้นที่ของรูปที่ j

V_j

ค่าความผันผวน (Variance) ของพื้นที่รูปที่ j

W

จำนวนจุดภาพของหน้าต่าง (Window)

$X_{i,j}$

ค่าระดับสีเทาของภาพที่ถูกรบกวนที่จุด (i,j)

บทที่ 3

A

รูปแบบของหน้าต่าง

L

เลขจำนวนเต็มที่เป็นเลขคู่

$x[m]$

ค่าระดับสีเทาเดิม ณ ตำแหน่ง m

$x[m,n]$

ค่าระดับสีเทาเดิม ณ ตำแหน่ง (m,n)

$y[m]$

ค่าระดับสีเทาใหม่ ณ ตำแหน่ง m หลังจากการหาค่ากลาง หรือ ค่ามัชฌิมฐาน (Median) แบบ 1 มิติ

$y[m,n]$

ค่าระดับสีเทาใหม่ ณ ตำแหน่ง (m,n) หลังจากการหาค่ากลางแบบ 2 มิติ

สัญลักษณ์

ความหมาย

$y_{m/m}$	ค่าระดับสีเทาใหม่ที่ได้จากตัวกรองสัญญาณ Max/Median
$y_{21/m}$	ค่าระดับสีเทาใหม่ที่ได้จากตัวกรองมีขยฐาน 2 ระดับ
$y_{31/m}$	ค่าระดับสีเทาใหม่ที่ได้จากตัวกรองมีขยฐาน 3 ระดับ
Z	เซ็ทของเลขจำนวนเต็มบวกที่นับได้
Z_i	โครงสร้างย่อย (Subfilter) ของรูปที่ i
ϵ	เป็นสมาชิกหรืออยู่ใน (Belongs to or is in)
บทที่ 4	
A	เมตริกเก็บตัวเลขที่ขึ้นกับจำนวนบริเวณ (Region Number)
b_{k1}	บล็อกที่ i
Co	จำนวนบล็อกทั้งหมดที่ระดับ Lo
d(S)	การวัดความแตกต่าง (Heterogeneity) ของสับเซ็ท S
g	ค่าระดับสีเทาสูงสุด
h	ค่าระดับสีเทาต่ำสุด
Ln	ระดับสูงสุดของควอดทรี (Quad Tree)
Lo	ระดับกลาง ๆ (Middle Level) ของควอดทรี
M_{k1}	ค่าระดับสีเทาสูงสุดของบล็อกที่ i
m_{k1}	ค่าระดับสีเทาต่ำสุดของบล็อกที่ i
N_p	ขนาดของภาพ
P(S)	ตัวตัดสินความเป็นเนื้อเดียวกันทางตรงสำหรับสับเซ็ท S
So	ขนาดของบล็อกสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ระดับ Lo
T_i	สับทรีของรูป (Root) เมื่อ $i = 1, 2, \dots, m$
X	ภาพเต็มรูป (Whole Picture)
x_{k1}, y_{k1}	โคออร์ดิเนต (x,y) ของบล็อกที่ i
Z_{k1}	ขนาดของบล็อกที่ i
ϵ	ค่าเชร็ชไฮลด์เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทาให้กับบริเวณภาพ (Region)

สัญลักษณ์

ความหมาย

\emptyset	เซตว่าง (Empty Set)
\cap	Intersection
\cup	Union

บทที่ 5

$d(S_{i,j})$	ความแตกต่างของค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดจากบล็อกร่วม i,j
$M_{i,j}$	ค่าระดับสีเทาสูงสุดจากบล็อกร่วม i,j
$m_{i,j}$	ค่าระดับสีเทาต่ำสุดจากบล็อกร่วม i,j
\minDif	ค่าความแตกต่างของระดับสีเทาที่มีค่าต่ำสุด
$P(S_{i,j})$	ตัวตัดเส้นความเป็นเนื้อเดียวกันทางตรรกสำหรับบล็อกร่วม i,j
$S_{i,j}$	สีเทา i,j
ϵ	ค่าเซรีชไฮลด์เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทาให้กับบริเวณภาพ

บทที่ 6

$e_{1..j}$	น้ำหนักของลิงค์ $E_{1..j}$
$f(x,y)$	ค่าระดับสีเทาของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y)
$G=(V,E)$	กราฟ G ซึ่งประกอบด้วยเซตของจุดยอด (Vertex) V_1 และเซตของลิงค์ (Link) $E_{1..j}$
L	จำนวนลิงค์ทั้งหมดในทรีอิตเตสทสแกล่งทรี (Shortest Spanning Tree)
N	จำนวนจุดของภาพที่ใช้ในการประมวลผล
v_1	น้ำหนักของจุดยอด V_1
ϵ	ค่าเซรีชไฮลด์เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทาให้กับบริเวณภาพ

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันภาพถ่ายเชิงตัวเลขได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ การนำเอาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) มาใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การตรวจหาสมบัติใต้ทะเลจากภาพใต้น้ำ (Underwater Image) และการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph) เพื่อกิจการการป้องกันประเทศของทางทหาร เป็นต้น ข้อมูลภาพเหล่านั้น ปกติมักจะอยู่ในลักษณะของเชิงตัวเลขที่ถูกบันทึกเก็บไว้ในเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) เมื่อผู้ใช้ต้องการจะดูภาพก็ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูล แล้วทำการแปลงสัญญาณเพื่อส่งออกทางจอมอนิเตอร์ (Monitor) สำหรับนิชม์ออกมาเป็นภาพต่อไป การตีความหมาย (Interpret) บนภาพนี้อาจจะกระทำจากภาพที่แสดงอยู่บนจอมอนิเตอร์หรือจากภาพที่พิมพ์ สำหรับในอดีตนั้น การประมวลผลเกี่ยวกับภาพต้องใช้หน่วยความจำมาก ทำให้ต้องทำอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดมินิหรือเมนเฟรม จึงเป็นเหตุให้การพัฒนาระบบของประเทศไทยมีน้อยมากและไปได้ช้า แต่ปัจจุบันเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้แพร่เข้ามาอย่างรวดเร็วและสามารถนำมาประมวลผลของภาพได้ เนื่องมาจากหน่วยความจำบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นนั่นเอง

เนื้อหาสำคัญของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงวิธีการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาจำแนกข้อมูลภาพ (Image Classification) โดยอาศัยวิธีเชิงคณิตศาสตร์ ประสงค์ก็เพื่อดึงส่วนที่สำคัญหรือลักษณะเด่นของวัตถุออกจากฉากหลัง (Background) ที่ขั้นตอนโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ขบวนการเชิงคณิตศาสตร์ที่นับพื้นฐาน 2 ข้อที่เกี่ยวข้องกับค่าระดับสีเทา คือ ความแตกต่างหรือความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) และความคล้ายคลึง (Similarity) ความแตกต่างหรือความไม่ต่อเนื่องของระดับสีเทานั้นจะแบ่งแยกภาพในบริเวณที่มีค่าระดับสีเทาเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ซึ่งครอบคลุมเกี่ยวกับการตรวจจับเส้นตรงและขอบของภาพ ส่วนความคล้ายคลึงนี้จะเกี่ยวข้องกับการเซ็ทไธลด์ (Thresholding) การเติบโตของบริเวณ (Region Growing) และการแบ่งแยกการรวมรวมบริเวณภาพ (Region Splitting and Merging) รายละเอียดต่าง ๆ สามารถหาเพิ่มเติมได้ในเอกสารอ้างอิง [1],[2],[3] ส่วนเนื้อหาของวิทยานิพนธ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 เป็นบทนำกล่าวถึงวัตถุประสงค์และเนื้อหาทั้งหมดของวิทยานิพนธ์
- บทที่ 2 จะกล่าวถึงการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ เฉลี่ยจุดข้างเคียง (Neighborhood Averaging) [1],[5] ซึ่งสามารถกำจัดลักษณะผิดปกติของข้อมูลภาพแบบ pixel noise ที่ปะปนและกระจัดกระจายอยู่ในภาพข้อมูลให้หมดไป แต่ผลลัพท์ของภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นั้นจะเบลอและไม่คมชัด ในบทนี้จึงเสนอวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด [6],[7],[8] อีกทั้งผลลัพธ์ของภาพที่ได้จะมีลักษณะความเป็นเนื้อเดียว (Homogeneous) ด้วย จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับเป็น preprocessing ให้กับการทำเท็กซ์เจอร์เมตซ์ในลำดับต่อไปได้เป็นอย่างดี

เนื่องจากวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัดในบทที่ 2 นั้น ใช้เวลาในการคำนวณนานมาก แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาที่ลงได้ จะกล่าวในบทที่ 3 และเป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนอีกแบบหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าตัวกรองมัชฌิมา 3 ระดับ ผลลัพธ์ของภาพที่ได้ยังคงรักษาความคมชัดของภาพเอาไว้ [9],[10],[11],[12],[13] และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพที่ล้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการในบทที่ 2 ตลอดจนพิจารณาถึงตัวกรองมัชฌิมาในลักษณะต่าง ๆ กันอีกด้วย

ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงวิธีการทำเท็กซ์เจอร์เมตซ์ในภาพ โดยอาศัย Quartic Picture Tree เป็นโครงสร้างข้อมูล (Data Structure) ของภาพ ด้วยขั้นตอนการแบ่งแยกและการรวบรวม (Split and Merge) [3],[14]

ในบทที่ 5 กล่าวถึงวิธีการปรับปรุงกระบวนการรวบรวมพื้นที่ในบทที่ 4 [15] เนื่องจากขั้นตอนการรวบรวมพื้นที่บริเวณภาพในบทที่ 4 นั้น จะกระทำการตรวจสอบครั้งละ 4 บล็อก จึงหมดโอกาสในการตรวจสอบบล็อกทั้ง 4 ที่อาจสามารถเหลื่อมล้ำกันได้ เพราะฉะนั้นในบทที่ 5 นี้จึงแก้ไขข้อเสียดังกล่าว โดยให้โอกาสของการตรวจสอบมากขึ้นเป็นทีละ 9 บล็อก ตลอดจนพิจารณาถึงการรวบรวมจากการสแกนของภาพด้วย

ในบทที่ 6 กล่าวถึงการทำเท็กซ์เจอร์เมตซ์ในภาพ โดยอาศัยขั้นตอนวิธี (Shortest Spanning Tree) [16],[17] ซึ่งวิธีการในบทที่ 6 นี้ เราไม่ต้องสนใจทิศทางการสแกนของภาพดังเช่นในบทที่ 5 เลย ในการรวบรวมภาพนั้นจะรวบรวมไปตามขั้นตอนวิธี (Shortest Spanning Tree) ซึ่งหมายถึงลำดับความสำคัญของการรวบรวมบริเวณภาพที่มีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน

- ในบทที่ 7 เป็นบทสรุปรวมของผลงานวิจัยสำหรับทุก ๆ ภาค
ภาคผนวก ก. เป็นรายละเอียดไฟล์เวิร์ดการทำงานของบทที่ 2
ภาคผนวก ข. เป็นรายละเอียดไฟล์เวิร์ดการทำงานของบทที่ 3
ภาคผนวก ค. เป็นรายละเอียดไฟล์เวิร์ดการทำงานของบทที่ 4
ภาคผนวก ง. เป็นรายละเอียดไฟล์เวิร์ดการทำงานของบทที่ 5
ภาคผนวก จ. เป็นรายละเอียดไฟล์เวิร์ดการทำงานของบทที่ 6

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในวิชานี้จะมีดังนี้จะประกอบด้วย กล้องถ่ายภาพดิจิทัลเซอร์ (Digitizer) เครื่องพิมพ์ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ PC/AT 80386SX (20 Mhz) จอแสดงผล VGA (Video Graphics Array) และจอมอนิเตอร์ขาวดำ ส่วนข้อมูลภาพต้นแบบที่ใช้ในการประมวลผลเป็นภาพ 2 มิติ รูปที่ 1.1 เป็นภาพ TEENY ขนาด 180x144 จุดภาพ มีความเข้มสว่างหรือค่าระดับสีเทาของจุดภาพอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 รูปที่ 1.2 เป็นภาพถ่ายดาวเทียมพ็อต (SPOT) Band 3 ขนาด 256x256 มีค่าระดับสีเทาของจุดภาพอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 รูปที่ 1.3 เป็นภาพ AMALIA ขนาด 128x128 และถูกขยาย (Magnified) ให้เป็นภาพขนาด 256x256 มีค่าระดับสีเทาของจุดภาพอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 รูปที่ 1.4 เป็นส่วนหนึ่งของภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท (LAND-SAT) Band 7 ขนาด 64x64 และถูกขยายให้เป็นภาพขนาด 256x256 มีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง 0 ถึง 127

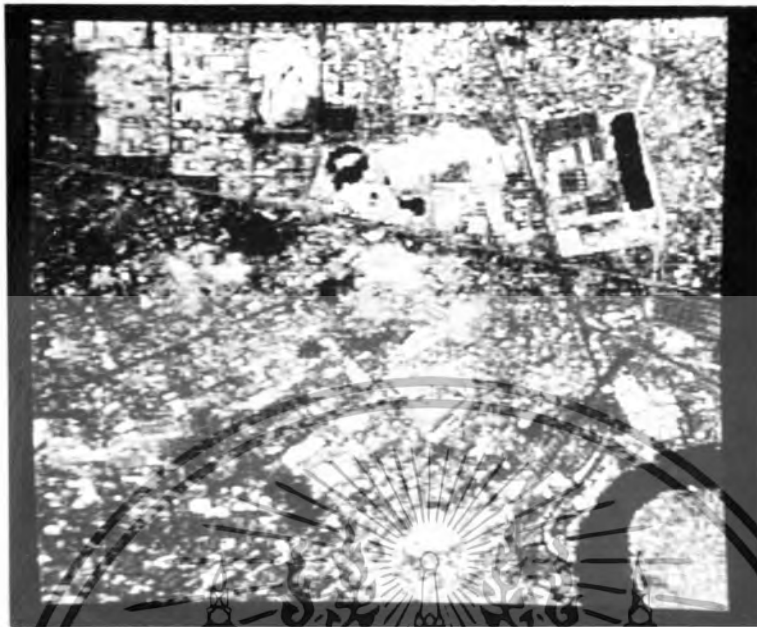
1.1 วัตถุประสงค์ของวิชานี้

1. เพื่อศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์และนำมาประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาเทคนิคต่างๆ ในการกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพ
3. เพื่อศึกษาเทคนิคต่างๆ ในการทำเช็กแมนเตชันภาพ



รูปที่ 1.1 ภาพข้อมูลต้นแบบ TEENY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

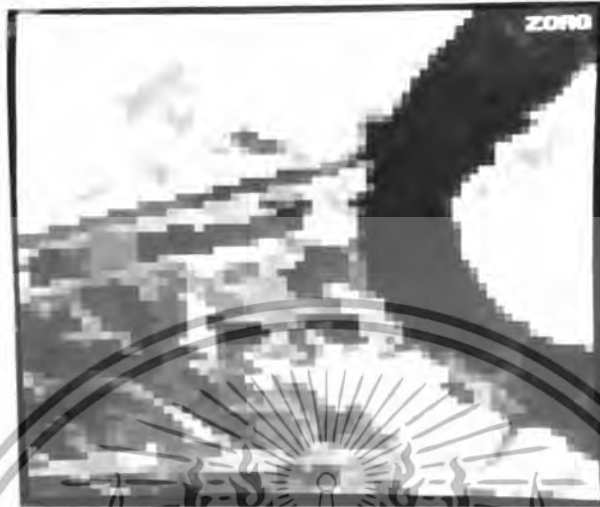


รูปที่ 1.27 ภาพข้อมูลต้นแบบรามาตา (SPOT)



รูปที่ 1.3 ภาพข้อมูลต้นแบบ AMALIA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 ภาพข้อมูลต้นแบบดาวเทียมแลนดแซท (LANDSAT)

1.2 ขอบเขตของวิชาเกษตร

การทำซีกเมนต์ โดยลดสีลงจนมืดความเข้มเกือบหรือคล้ายคลึงจะกระทำกับภาพๆ เดียวเท่านั้น จากภาพเร็กเมมเตชันนี้เราสามารถนำไปใช้ในการจำแนก(Classified) ข้อมูลภาพเพื่อนำไปตีความหมายได้ อย่างเช่น ข้อมูลภาพนี้เราสามารถจำแนกข้อมูลเป็นส่วน ๆ ได้ขอบเขตของคิ่ง ตา พื้น ริมฝั่งกับขอบเขตของเส้นหมและเส้นผ่า สำหรับ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก็ไม่สามารถระบุได้ว่าขอบเขตของแต่ละพื้นที่คืออะไร เนื่องจาก ไม่ได้ออกสนาม (Field) ไปค้นหาข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิชาเกษตร

1. สามารถนำไปกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพอย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำหลักการซีกเมนต์ขึ้นมาตรวจสอบสภาวะของป่าไม้ในแต่ละปี
3. สามารถนำ boundary region ไปเข้า code segment เพื่อลดข้อมูลภาพ
4. สามารถนำหลักการซีกเมนต์ขึ้นมาสร้างแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด (Image Smoothing with Preserving Edge)

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลเชิงตัวเลข โดยการประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางสถิติบางประการ แต่เนื่องจากข้อมูลภาพเชิงตัวเลขที่ได้มานั้น ปกติมักจะปรากฏจุดสัญญาณรบกวนอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากภาพถ่ายภาพเทียม ค่าของจุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนจะแตกต่างไปจากค่าของจุดภาพข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบ (Neighborhood) ถ้าหากผู้ใช้ข้อมูลขาดความระมัดระวังจะทำให้ตีความภาพผิดไปจากความเป็นจริง ตัวอย่างเช่น อาจจะได้ป่าไม้สักในพื้นที่การกานา เป็นต้น เพื่อป้องกันปัญหานี้ ก่อนทำการตีความหมายภาพที่ควรทำการกำจัดจุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนเสียก่อน ซึ่งทำได้โดยวิธีการที่เรียกว่า smoothing ดังนั้นข้อมูลใดๆที่มีค่าแตกต่างไปจากกลุ่มข้อมูลข้างเคียงจะถูกปรับค่าให้ใกล้เคียงกับกลุ่มข้อมูลที่อยู่ล้อมรอบข้างเคียง จุดประสงค์หลักของเทคนิคที่ใช้ที่นี่ คือ การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด การตีความหมาย (Interpret) ของภาพหลังการกำจัดสัญญาณรบกวนจะให้ความถูกต้องแม่นยำสูงขึ้น

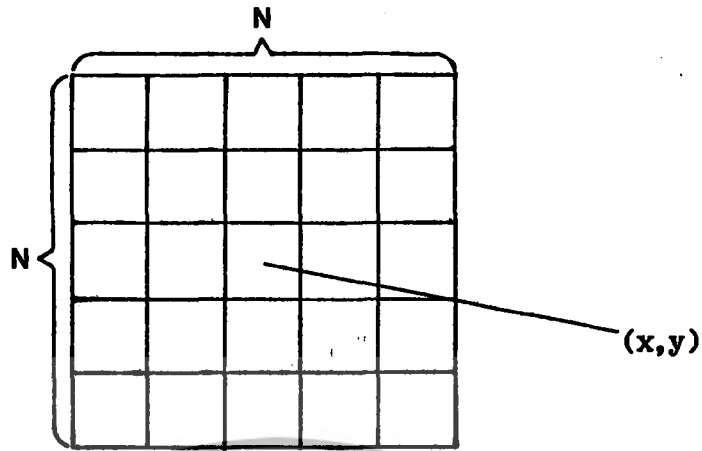
2.1 การเฉลี่ยจุดข้างเคียง (Neighborhood Averaging)

จากการวิจัยต่างๆที่ผ่านมาได้มีการเสนอวิธีการ smoothing [1],[5],[9] โดยการแทนค่าระดับสีเทาที่จุดภาพใดๆด้วยค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ ในพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ล้อมรอบจุดนั้น ลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่แสดงในรูปที่ 2.1 และสมการที่ (2.1) เป็นสมการที่ใช้ในการทำ smoothing

$$f'(x,y) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=-p}^p \sum_{j=-p}^p f(x-i,y-j) \quad ; \quad P = \frac{N-1}{2} \quad (2.1)$$

เมื่อ $f(x,y)$ เป็นค่าระดับสีเทาเดิมของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y) ส่วน $f'(x,y)$ เป็นค่าระดับสีเทาใหม่หลังการ smooth โดย N เป็นขนาดของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ใช้ วิธีการดังกล่าวนี้รู้จักกันในนามของ moving average

วิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบนี้ จะทำให้ภาพเกิดการเสียความคมชัด เนื่องจากขอบต่าง ๆ ในภาพถูกทำลาย ทั้งนี้เพราะจุดขอบต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกแทนด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่มจุดข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้เสนอเทคนิคการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด ดังจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 2.1 พื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ใช้ในการทำ smoothing

2.2 การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด (Edge Preserving Smoothing)

เนื่องจากการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยวิธีการแทนค่าจุดใด ๆ ด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่มจุดข้างเคียง มีผลทำให้ขอบภาพถูกทำลายและภาพที่ได้เสียความคมชัด (Blur) ในหัวข้อนี้จึงได้เสนอวิธีการ smooth จากงานแทนค่าของจุด (x ,y) ด้วยค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) สืบเนื่องจากพื้นที่ที่มีรูปร่างลักษณะต่างๆ กัน [6],[7] โดยมีจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y) เป็นจุดร่วมของทุกพื้นที่

กระบวนการในการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยที่ยังคงรักษาไว้ ซึ่งขอบเขตหรือพื้นที่ในภาพ [8] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนของกระบวนการ การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัด
- ขั้นตอนที่ 1 สร้างพื้นที่ที่มีลักษณะต่าง ๆ กันจำนวน 9 รูปดังแสดงในรูปที่ 2.2 พื้นที่ 1 ถึง 5 เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ส่วนพื้นที่ 6 ถึง 9 เป็นพื้นที่รูปสามเหลี่ยม โดยแต่ละพื้นที่จะมีจำนวนจุดภาพเท่ากัน
- ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าความผันผวน (Variance) ของพื้นที่ทั้ง 9 รูป ดังนี้

$$V_j = \frac{1}{W-1} \sum_{i \in S_j} (P_i - P)^2 \tag{2.2}$$

- โดยที่ V_j คือ ค่าความผันผวนของรูปที่ j
- W คือ จำนวนจุดภาพที่อยู่ภายในของแต่ละพื้นที่ทั้ง 9 รูป
- P_i คือ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพต่างๆ ในพื้นที่ S_j
- P คือ ค่าระดับสีเทา ณ ตำแหน่ง (x,y)

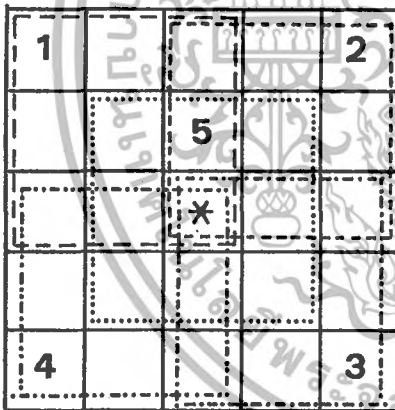
ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบหาค่าความผันผวน (V_j) ต่ำสุด ซึ่งให้ความเป็น homogeneous สูงสุด

ขั้นตอนที่ 4 ทำการแทนค่าระดับสีเทาของจุด (x,y) ด้วยค่าเฉลี่ย (M_j) ของพื้นที่รูปที่ j ที่มีความเป็น homogeneous สูงสุด ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

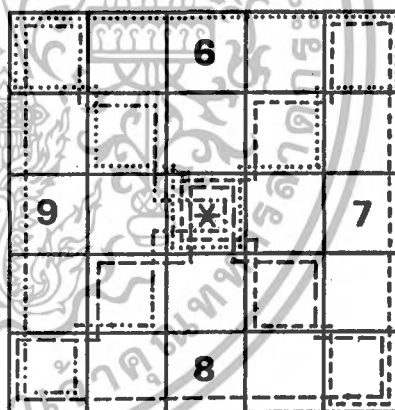
$$M_j = \frac{1}{W} \sum_{i \in S_j} P_i \quad (2.3)$$

ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการดังกล่าว (ขั้นตอนที่ 2 ถึง 4) กระทำต่อทุก ๆ จุดในภาพ

ขั้นตอนที่ 6 ให้กระทำการวนซ้ำขั้นที่ 1-5 (Iteration) [ขั้นตอนที่ 2-5] จนกระทั่งค่าระดับสีเทากจุดในภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง



(a)



(b)

รูปที่ 2.2 รูปสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมจำนวน 9 รูป โดยแต่ละรูปจะมีจุดภาพอยู่ใน 9 จุด และแต่ละรูปจะมีจุดภาพ (x,y) [เครื่องหมาย*] เป็นจุดร่วม

- (a) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด (3×3) จำนวน 5 รูป
- (b) พื้นที่รูปสามเหลี่ยมขนาด (9 จุด) จำนวน 4 รูป

2.3 รูปแบบการจำลองสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนแบบ positive-and-negative impulse noise เป็นสัญญาณที่มีค่าระดับสีเทา (Gray Level) สูงหรือต่ำที่แตกต่างไปจากจุดข้างเคียงมาก ๆ และเกิดในช่วงสั้น การรบกวนแบบนี้จะเห็นได้ชัดเจนมาก การจำลองการรบกวนแบบนี้ทำได้ดังนี้ กำหนดให้

- $S_{i,j}$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพต้นแบบที่จุด (i,j)
- $X_{i,j}$ คือ ค่าระดับสีเทาของภาพที่ถูกรบกวนที่จุด (i,j)
- n คือ ค่าของสัญญาณรบกวน

จะได้ว่า

$$X_{i,j} = S_{i,j} \quad \text{เมื่อความน่าจะเป็นคือ } 1-P_e$$

$$X_{i,j} = S_{i,j} + n \quad \text{เมื่อความน่าจะเป็นคือ } P_e$$

เมื่อ P_e (Error Probability) คือความน่าจะเป็นของการถูกรบกวน

n มีค่าการกระจายแบบ uniform ในช่วงดังต่อไปนี้

$$0 \leq n \leq 255 - S_{i,j} \quad \text{สำหรับ positive impulse noise}$$

$$-S_{i,j} \leq n \leq 0 \quad \text{สำหรับ negative impulse noise}$$

เนื่องจากภาพที่เรานำมาใช้ในการทดลองนั้น ในแต่ละจุดมีค่าระดับสีเทาอยู่ระหว่าง 0 - 255 โดยค่า 0 แสดงถึงระดับสีเทาดำสุดและค่า 255 แสดงถึงระดับสีเทาที่ขาวสุด ดังนั้น ค่าของ positive impulse noise จึงมีค่าสูงสุดไม่เกิน 255 และค่าของ negative impulse noise มีค่าต่ำสุดคือ 0 ในการทดลองเราทำการสุ่มสัญญาณรบกวนทั้ง 2 แบบไปพร้อม ๆ กัน

2.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้รูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.7 เป็นภาพข้อมูลตัวเลขที่จะนำมากำจัดสัญญาณรบกวน รูปที่ 2.3 ได้จากการใส่สัญญาณรบกวนทั้งอิมพัลส์บวกและลบเข้ากับภาพต้นแบบรูปที่ 1.1 โดยที่สัญญาณรบกวนนี้กระจายแบบ uniform ด้วยความน่าจะเป็นการเกิดสัญญาณรบกวน $P_e = 0.06$ (ในจำนวนจุดภาพ 100 จุด เกิดสัญญาณรบกวนประมาณ 6 จุด) ส่วนรูปที่ 2.7 ได้จากการใส่สัญญาณรบกวนทั้งอิมพัลส์บวกและลบปะปนเข้ากับภาพต้นแบบรูปที่ 1.2 โดยที่สัญญาณรบกวนนี้กระจายแบบ uniform เช่นเดียวกับในรูปที่ 2.3 แต่ความน่าจะเป็นการเกิดสัญญาณรบกวน $P_e = 0.1$ (ในจำนวนจุดภาพ 100 จุด เกิดสัญญาณรบกวนประมาณ 10 จุด) รูปที่ 2.4 และ 2.8 เป็นภาพ smooth ด้วยสมการที่ (2.1) เมื่อ $N = 3$ ส่วนรูปที่ 2.5 กับรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.6 กับรูปที่ 2.10 เป็นภาพผลลัพธ์หลังการ smooth ด้วยวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความชัด (หัวข้อที่ 2.2) เมื่อการทำไอเทอเทรต (Iterate) เป็นครั้งที่ 1 และ

ครั้งที่ 2 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดไฟล์ชาร์ตการทำงานที่สามารถได้ในภาค
ผนวก ก. และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละรูปดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

รูปที่	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	1.10
ช.ม./นาที/วินาที	00/00/08	00/01/36	00/01/36	00/00/21	00/04/13	00/04/13

2.5 สรุป

จากการตรวจสอบภาพผลลัพธ์จะพบว่า การ smoothing ด้วยวิธีการที่เสนอไป
ในหัวข้อที่ 2.2 จากภาพผลลัพธ์ในรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.10 สามารถกำจัดสัญญาณรบกวน
ได้ดีกว่าในรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.8 ที่ได้จากเทคนิคในหัวข้อ 2.1 ข้อได้เปรียบของ
เทคนิค smoothing ด้วยวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความชัด คือจะ
รักษา edges หรือขอบที่ต่าง ๆ ในภาพไว้ ในขณะที่รูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.8 จะพบ
ว่าขอบของพื้นที่ต่าง ๆ ถูกทำลายไป อีกทั้งยังไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นแบบ
อิมพัลส์ได้อีกด้วย จากรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.9 จะสังเกตเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนยังมี
อยู่ประปราย จึงได้ทำการ iterate เป็นครั้งที่สองดังแสดงในรูปที่ 2.6 และ 2.10
เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติจำนวนของการ iterate ใช้เพียง 2 หรือ 3 ครั้งก็เพียงพอแล้ว
แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับ amplitude ของ noise และรูปร่าง (Shape) ของพื้นที่ในภาพ

จากคุณสมบัติของ การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยไม่ทำให้ภาพเสียความคมชัดนับได้
ว่ามีประโยชน์อย่างมาก เพราะข้อมูลภาพพยายามจับกลุ่มในลักษณะที่เป็นเนื้อเดียว
จึงนำเอา smoothing วัธีนี้มาเป็น preprocessing สำหรับการทำให้กั้นแฉกแผนที่ภาพ
(Image Segmentation) ที่จะกล่าวต่อไปในบทที่ 4



รูปที่ 2.3 เป็นเส้นทางการรวมความเบี่ยงเบนของเฟสส่วนบนและลบกับภาพในรูปที่ 1.1 ($P = 0.06$)

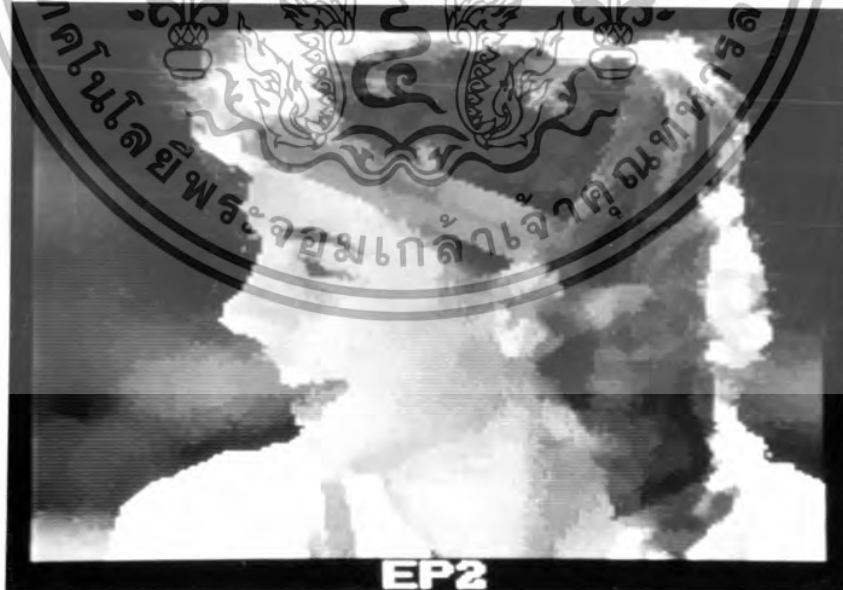


รูปที่ 2.4 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จาก moving average

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จากกระบวนการ smoothing โดยไม่ทำให้ภาพ
เสียความคมชัด (หัวข้อ 2.2) เมื่อการไอเทอเรนนิ่งเป็นครั้งที่ 1

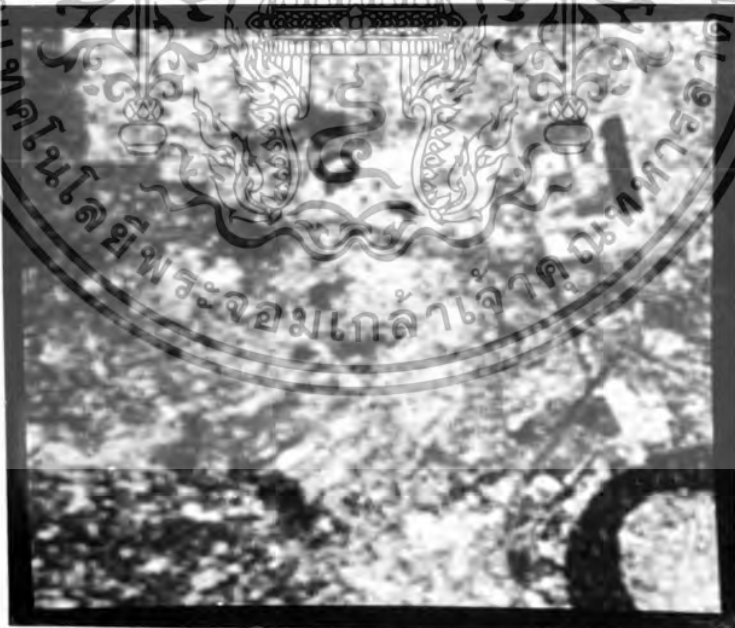


รูปที่ 2.6 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จากกระบวนการ smoothing โดยไม่ทำให้ภาพ
เสียความคมชัด (หัวข้อ 2.2) เมื่อการไอเทอเรนนิ่งเป็นครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

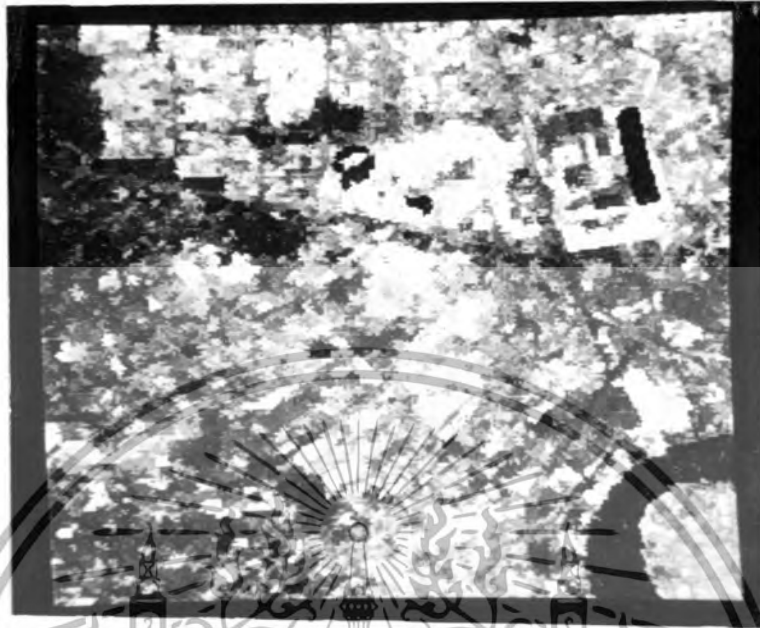


รูปที่ 2.7 ภาพในรูปที่ 1, 2 ถูกสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์สภาวะและลบ ($P_n = 0.1$)

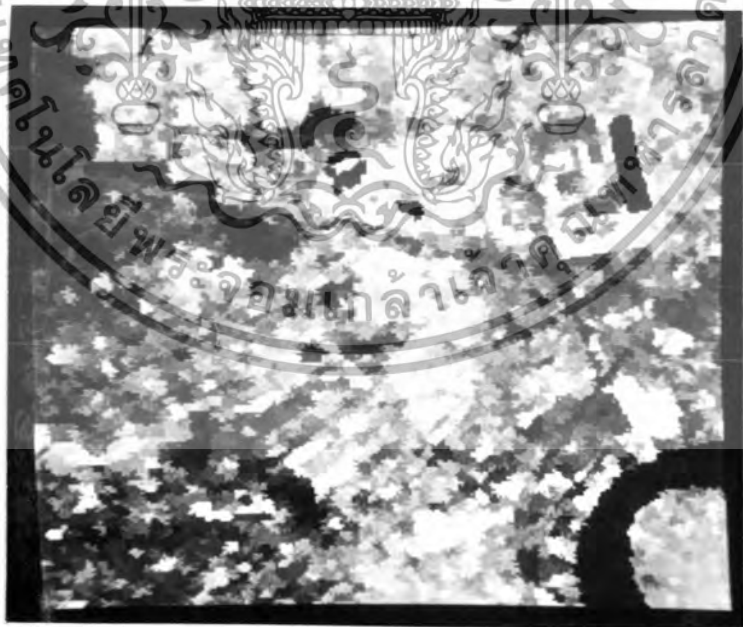


รูปที่ 2.8 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จาก moving average

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จากกระบวนการ smoothing โดยไม่ทำให้ภาพ
เสียความคมชัด (หัวข้อ 2.2) เมื่อการโอเทอเรชั่นเป็นครั้งที่ 1



รูปที่ 2.10 ภาพข้อมูลตัวเลขที่ได้จากกระบวนการ smoothing โดยไม่ทำให้ภาพ
เสียความคมชัด (หัวข้อ 2.2) เมื่อการโอเทอเรชั่นเป็นครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยตัวกรองมัชฌฐาน 3 ระดับ (Noise Reduction by 3 Levels Median Filtering)

ตัวกรองสัญญาณมัชฌฐานเป็นเทคนิคที่ใช้กับการประมวลสัญญาณแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ที่มีประโยชน์อย่างมากสำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบข้อมูลภาพ [9], [10],[11] การกำจัดสัญญาณรบกวนกระทำได้โดยการเลื่อนหน้าต่าง (Window) ผ่านลำดับของจุดภาพ แล้วแทนจุดภาพที่กำลังสนใจซึ่งอยู่กึ่งกลางหน้าต่างด้วยค่ามัชฌฐาน (Median) โดยกระทำกับทุก ๆ จุดบนภาพต้นแบบ (Original Picture) ขณะที่จำนวนจุดภาพของหน้าต่างเป็นเลขคี่ ผลลัพธ์ที่ได้จะราบเรียบ (Smooth) กว่าภาพต้นแบบ

การกำจัดสัญญาณรบกวนแบบข้อมูลภาพนั้น ปกติมักใช้ตัวกรองเชิงเส้นแบบเฉลี่ยจุดข้างเคียง (Neighborhood Averaging) แต่เทคนิคดังกล่าวยังมีข้อเสียปรากฏให้เห็นในภาพผลลัพธ์หลังการกำจัดสัญญาณรบกวนคือทำให้ขอบภาพเสียความคมชัด ในบทนี้จะเสนอเทคนิคการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองมัชฌฐาน (median filter) โดยตัวกรองมัชฌฐานนี้มีข้อดีหลักเหนือตัวกรองเชิงเส้นแบบเฉลี่ยจุดข้างเคียงดังนี้

1. ตัวกรองมัชฌฐานรักษารูปร่างต่าง ๆ ของรูปภาพไว้ได้ ในขณะที่ตัวกรองสัญญาณเฉลี่ยจุดข้างเคียงนี้จะทำให้ขอบภาพเสียความคมชัดคือทำให้เบลล (Blur)
2. ตัวกรองมัชฌฐานมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ spiky-noise

จุดประสงค์หลักของบทนี้จะกล่าวถึงตัวกรองมัชฌฐานแบบ 3-ระดับ (3 Levels Median Filter) ที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนอีกทั้งยังสามารถรักษารูปร่างเรขาคณิตในภาพ (Geometrical Information) ได้อีกด้วย ตัวอย่างเช่น เส้นตรงที่มีลักษณะแคบ ๆ ยังคงสามารถปรากฏให้เห็นได้ หลังการกรองด้วยตัวกรองมัชฌฐาน 3 ระดับนี้

3.1 ตัวกรองมัชฌฐานแบบ 1 มิติ (One-Dimensional Median Filters)

มัชฌฐานของข้อมูลตัวเลขใด ๆ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{Median} (x[1], \dots, x[L]) \tag{3.1}$$

เมื่อ x คือข้อมูลตัวเลข และ L คือเลขจำนวนเต็มที่เป็นเลขคี่ ในที่นี้ค่า L ที่เป็นเลขคี่ไม่ได้นำมาใช้ ตัวอย่างเช่น $\text{Median} (0, 3, 4, 0, 7) = 3$

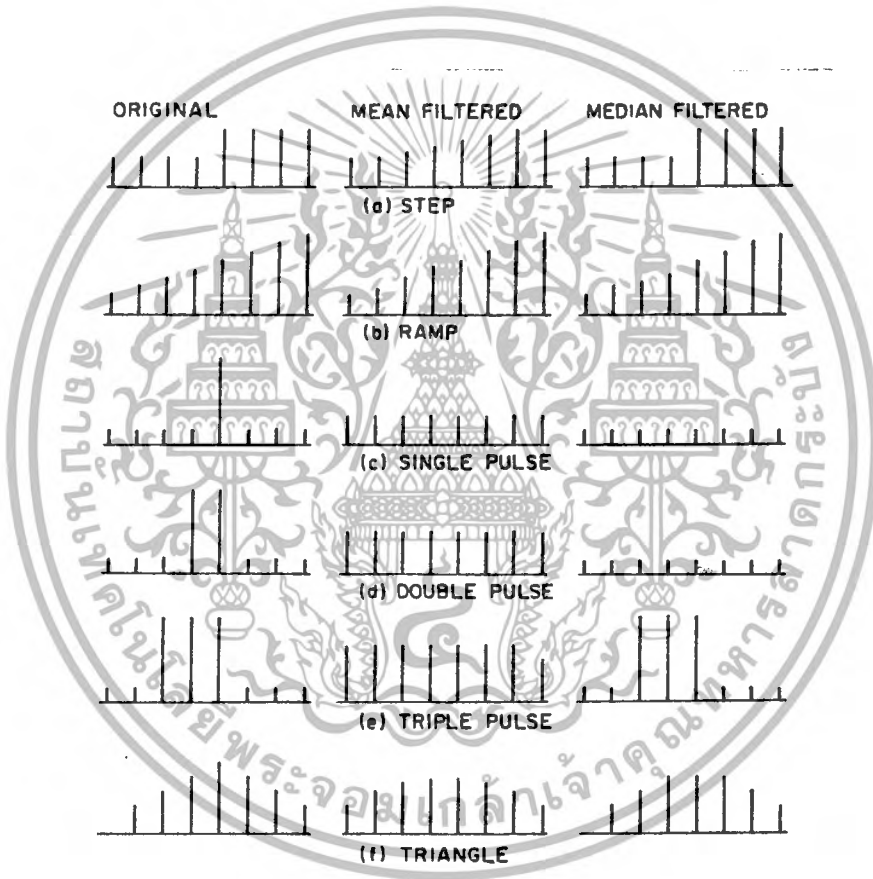
ตัวกรองมัชฌฐานที่มีขนาด L ซึ่งเป็นเลขคี่ และกระทำเรียงตามลำดับบนข้อมูล $x[m]$ โดยที่ $m \in Z$ นิยามได้ดังนี้

$$y[m] = \text{Median} (x[m-k], \dots, x[m], \dots, x[m+k]); m \in Z \tag{3.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $k = (L-1)/2$ และ Z หมายถึง เซตของเลขจำนวนเต็มบวกที่นับได้ วิธีนี้มักเรียกว่า moving median หรือ running median

รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบการใช้ตัวกรองมัชฌมฐาน และตัวกรองสัญญาณแบบค่าเฉลี่ย ที่ข้อมูลต้นแบบลักษณะ discrete คือ step, ramp, pulse และ triangle โดยที่ขนาดของหน้าต่างมีจำนวน 5 จุดภาพ จากรูปที่ 3.1 (a) และ (b) สังเกตได้ว่าคุณสมบัติของตัวกรองมัชฌมฐานรักษาสัญญาณที่เป็น step และ ramp เอาไว้ได้ ส่วนสัญญาณ pulse ที่จำนวนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวหน้าต่างจะถูกกำจัดไป และส่วนยอดสุดของสามเหลี่ยมในรูปที่ 3.1 (f) นั้น ถูกทำให้เรียบขึ้น



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแสดงคุณสมบัติของตัวกรองมัชฌมฐาน เมื่อ $L=5$ หรือขนาดของหน้าต่างมีจำนวน 5 จุดภาพ

3.2 ตัวกรองมัธยฐานแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Median Filters)

ตัวกรองมัธยฐานแบบ 2 มิติ ซึ่งกรองสัญญาณด้วยหน้าต่าง A กระทำบนภาพ ณ ตำแหน่ง $x[m,n]$ โดยที่ $m,n \in Z^2$ นิยามได้ดังนี้

$$y[m,n] = \underset{A}{\text{Median}} (x[m+r,n+s]) \tag{3.3}$$

ขณะที่ $(r,s) \in A$ และ $(m,n) \in Z^2$

รูปแบบของหน้าต่าง A มีหลายลักษณะเช่น แนวนอน,แนวตั้ง,สี่เหลี่ยม,กากบาท วงกลม เป็นต้น แต่รูปแบบที่นิยมและพัฒนามากันในขณะนี้คือรูปกากบาท [12],[13] เนื่องจากสามารถออกแบบวงจรกรองสัญญาณได้ง่ายกว่านั่นเอง

3.3 ตัวกรองมัธยฐาน 3 ระดับ (3 Levels Median Filter)

จากบทความ [12] กล่าวถึงวิธีการใช้ตัวกรองสัญญาณแบบ max/median เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน โดยที่ปราศจากการทำลายรูปทรงเรขาคณิตในภาพ ซึ่งขั้นตอนการทำงานของตัวกรองสัญญาณ max/median มีดังต่อไปนี้

เมื่อสัญญาณทางด้านเข้าของตัวกรองสัญญาณแบบ max/median คือ $y_{m/m}$ โดยที่

$$y_{m/m}[m,n] = \max(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) \tag{3.4}$$

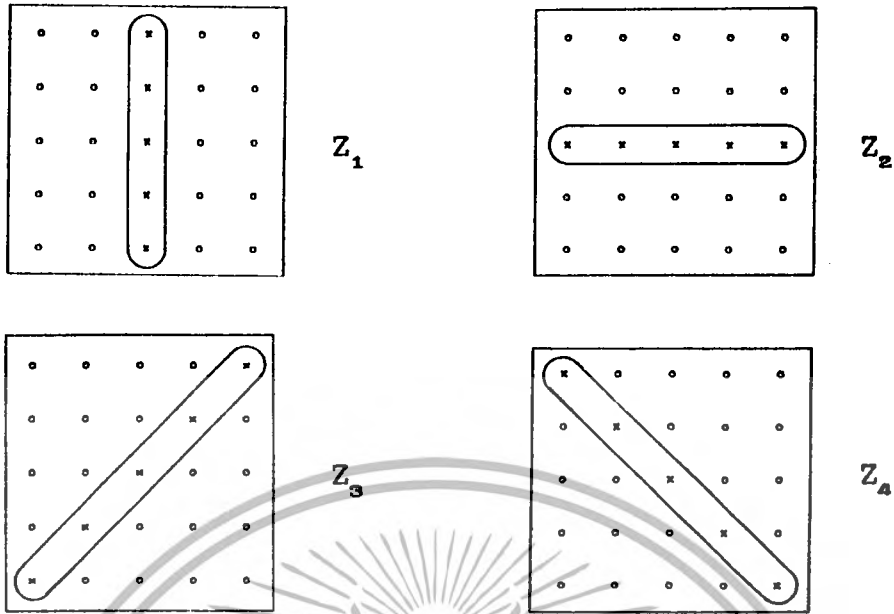
เมื่อ

$$Z_1 = \text{Median}(x[m,n-k], x[m,n-k+1], \dots, x[m,n-1], x[m,n], x[m,n+1], \dots, x[m,n+k-1], x[m,n+k]) \tag{3.5}$$

$$Z_2 = \text{Median}(x[m-k,n], x[m-k+1,n], \dots, x[m-1,n], x[m,n], x[m+1,n], \dots, x[m+k-1,n], x[m+k,n]) \tag{3.6}$$

$$Z_3 = \text{Median}(x[m+k,n-k], x[m+k-1,n-k+1], \dots, x[m+1,n-1], x[m,n], x[m-1,n+1], \dots, x[m-k+1,n+k-1], x[m-k,n+k]) \tag{3.7}$$

$$Z_4 = \text{Median}(x[m-k,n-k], x[m-k+1,n-k+1], \dots, x[m-1,n-1], x[m,n], x[m+1,n+1], \dots, x[m+k-1,n+k-1], x[m+k,n+k]) \tag{3.8}$$



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแสดงถึงโครงสร้างย่อยเมื่อ $k = 2$ หรือหน้าต่างขนาด 5×5

และ $x[m,n]$ เป็นจุดภาพใด ๆ ในภาพ 2 มิติ มีโครงสร้างย่อย หรือ subfilter Z_1 ใด ๆ ในหน้าต่างขนาด $(2k+1) \times (2k+1)$ และรูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างย่อย Z_1 ทั้ง 4 ในหน้าต่างขนาด 5×5

เมื่อใช้วิธีการหาค่าสูงสุดในสมการ (3.4) จะพบว่าสามารถใช้ได้กับภาพ ซึ่งรูปทรงเรขาคณิตในภาพที่มีค่าระดับสีเทาสูงกว่าเมื่อเทียบกับฉากหลัง (Background) เท่านั้น ตัวอย่างเช่น พิจารณาสัญญาณไบนารีในรูปที่ 3.3(a) ซึ่งประกอบด้วยเส้นตรงที่มีค่าเป็น 1 (หนึ่ง) บนฉากหลังที่มีค่าเป็น 0 (ศูนย์) ตัวกรองสัญญาณแบบ max/median ยังคงรักษาเส้นตรงดังกล่าวอย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าสลับค่าเลข 0 (ศูนย์) และ 1 (หนึ่ง) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แล้ว ตัวกรองสัญญาณแบบ max/median จะกรองสัญญาณเส้นตรงที่มีค่าเป็น 0 (ศูนย์) ออกไป

จากผลของการกรองสัญญาณภาพในรูปที่ 3.3 ถึง 3.6 พบว่าวงจรกรองที่ให้ผลลัพธ์ที่ดี กล่าวคือจะยังคงรักษาคอมโพเนนต์ของรูปทรงเรขาคณิตในภาพได้ดีที่สุด มีเพียงตัวกรองมัชฌิมาน 3 ระดับเท่านั้น ทั้งนี้เมื่อนิยามดังภาพในรูปที่ 3.5 (a) พบว่าตัวกรองมัชฌิมาน 3 ระดับยังคงรักษาสภาพของเส้นตรงขนาดความกว้าง 3 Pixels เอาไว้ได้ในขณะนั้น max/median ทำไม่ได้ และถ้าใช้ max/median กรองสัญญาณรูปที่ 3.6 (a) พบว่ามุมทั้ง 4 ที่เป็นเลข 0 (ศูนย์) จะถูกกรองออกป็นรูปที่ 3.6 (b) ขณะที่ตัวกรองมัชฌิมาน 3 ระดับรักษาเอาไว้ดังภาพในรูปที่ 3.6 (c) ในย่อหน้าต่อไปจึงเป็นการเสนอรายละเอียดกระบวนการต่าง ๆ ของวงจรกรองมัชฌิมาน 3 ระดับ

0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0

(a)

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(c)

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เมื่อใช้ตัวกรองมัลติสเกลหลายลักษณะ โดยขนาดหน้าต่างเป็น 3x3 หรือ k = 1

- (a) ข้อมูลต้นแบบ
- (b) ผลที่ได้จากตัวกรองมัลติสเกลที่มีลักษณะเป็นภาพบาท หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- (c) ผลที่ได้จากการใช้ตัวกรอง max/median หรือ มัลติสเกล 3 ระดับ ซึ่งต่างก็ให้ผลลัพธ์ในกรณีเหมือนกัน

1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1

(a)

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(b)

1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1

(c)

รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เมื่อใช้ตัวกรองมัลติสเกลหลายลักษณะ โดยขนาดหน้าต่างเป็น 3x3 หรือ k = 1

- (a) ข้อมูลต้นแบบ
- (b) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติสเกลรูปภาพบาท, สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ max/median
- (c) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติสเกล 3 ระดับ

1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1	(a)	1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1	(b)	1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1	(c)
--	-----	--	-----	--	-----

รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐานหลายลักษณะ โดยขนาดหน้าต่างเป็น 3x3 หรือ $k = 1$

- (a) ข้อมูลต้นแบบ
- (b) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐาน max/median
- (c) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐานรูปกากบาท, สีเหลืองจัตุรัส หรือ ตัวกรองมัลติฐาน 3 ระดับ

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(a)	1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1	(b)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(c)
---	-----	---	-----	---	-----

รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐานหลายลักษณะ โดยขนาดหน้าต่างเป็น 3x3 หรือ $k = 1$

- (a) ข้อมูลต้นแบบ
- (b) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐานสีเหลืองจัตุรัส หรือ Max/Median
- (c) ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐานรูปกากบาท หรือ 3 ระดับ

ในการเลือกค่าใด ๆ มาแทนลงบนจุดที่สนใจที่จะทำการกรองสัญญาณรบกวน ในมัลติชชาน 3 ระดับนั้น ขั้นแรกต้องหาค่ามัลติชชานจากโครงสร้างย่อย Z_1 , Z_2 และ $x[m,n]$ โดยอาศัยสมการที่ (3.9) ดังนี้

$$y_{21/m}[m,n] = \text{Median} (Z_1, Z_2, x[m,n]) \quad (3.9)$$

$y_{21/m}$ เป็นตัวกรองมัลติชชาน 2 ระดับที่สามารถรักษาความเป็นเส้นตรงในแนวตั้งและแนวนอนได้ จากการใช้โครงสร้างย่อยของ Z_1 และ Z_2 ซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามรูปที่ 3.2 ฉะนั้นถ้าหากต้องการให้มีการรักษาความเป็นเส้นตรงในแนวทแยงทั้งสอง จึงต้องใช้ตัวกรองมัลติชชาน 2 ระดับอีกแบบหนึ่งคือ $y'_{21/m}$ ดังแสดงในสมการที่ (3.10) โดยที่ตัวกรองนี้จะประกอบด้วย Z_3 และ Z_4 ที่มีโครงสร้างลักษณะเป็นแนวทแยงตามรูปที่ 3.2

$$y'_{21/m}[m,n] = \text{Median} (Z_3, Z_4, x[m,n]) \quad (3.10)$$

ดังนั้น ตัวกรองมัลติชชานที่ครอบคลุมการรักษาความเป็นเส้นตรงทั้งแนวนอน แนวตั้ง และแนวทแยงทั้งสอง จึงถูกเรียกว่าตัวกรองมัลติชชาน 3 ระดับ ซึ่งได้จากสมการ (3.11) ดังนี้

$$y_{31/m}[m,n] = \text{Median} (y_{21/m}[m,n], y'_{21/m}[m,n], x[m,n]) \quad (3.11)$$

จากตัวอย่างของการกรองในรูปที่ 3.3 ถึง 3.6 นั้น จะเห็นได้ชัดเจนแล้วว่า วงจรกรองมัลติชชาน 3 ระดับ ให้คุณสมบัติการรักษาขอบต่าง ๆ ของภาพได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถรักษาความเป็นเนื้อเดียวกันของกลุ่มจุดต่าง ๆ เอาไว้ได้ดังตัวอย่างของรูปที่ 3.5

3.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง

การทดลองนี้ใช้รูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.7 เป็นข้อมูลภาพต้นแบบที่มีสัญญาณรบกวนอิมพัลส์ปะปนเข้ามา ซึ่งเป็นสัญญาณอิมพัลส์ทั้งค่าบวกและค่าลบเมื่อเทียบกับ local background และทดสอบกับตัวกรองมัลติชชานที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ได้ผลลัพธ์คือรูปที่ 3.7, 3.8, 3.9 และ 3.10 เมื่อใช้ตัวกรองมัลติชชาน รูปกากบาท รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส max/median ($y_{m/m}$) และมัลติชชาน 3 ระดับ ($y_{31/m}$) ตามลำดับ โดยขนาดของหน้าต่าง 5×5 ($k = 2$) ส่วนรูปที่ 3.11, 3.12, 3.13 และ 3.14 คือภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติชชาน รูปกากบาท รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส max/median และ 3 ระดับ

ด้วยขนาดหน้าต่าง 7x7 (k = 3) สำหรับรายละเอียดไฟล์ชาร์ตการทำงานนี้สามารถดูได้ในภาคผนวก ข. และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละรูปดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

รูปที่	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14
พ.ม.	00	00	00	00	00	00	00	00
นาที	00	00	00	00	00	04	00	00
วินาที	03	47	07	08	44	33	28	32

รูปที่ 3.7, 3.9, 3.10, 3.13 และ 3.14 ใช้วิธีการเรียงลำดับข้อมูลแบบ Bubble Sort ส่วนรูปที่ 3.8, 3.11 และ 3.12 ใช้แบบ Quick Sort

3.5 สรุป

ถึงแม้ว่าตัวกรองมีพื้นฐานที่มีโครงสร้างลักษณะต่าง ๆ มีข้อดี คือ สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ได้ก็ตาม แต่การเลือกรูปแบบโครงสร้างของตัวกรองมีพื้นฐานก็เป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง ถ้าหากเลือกใช้โครงสร้างที่ผิดไปจะทำให้ลักษณะเด่นต่าง ๆ ในภาพถูกทำลายไปด้วย ตัวอย่างกรณีของการใช้ตัวกรองมีพื้นฐานแบบกาทาไม่สามารถรักษาขอบภาพในแนวขนาน เช่น บริเวณขอบคิ้วของภาพในรูปที่ 3.7 ถูกทำลายไป ส่วนตัวกรองมีพื้นฐานที่มีโครงสร้างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะไม่นิยมเอาไปใช้เลย เพราะจะทำให้ภาพเกิดการสูญเสียความคมชัดตลอด (เบลอตลอด) ส่วนในกรณีของ max/median นั้นพบว่า การกำจัดสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์บวมทำได้ไม่ดีเมื่อเทียบกับอิมพัลส์ลบ จึงยังคงปรากฏจุดรบกวนสีขาวให้เห็นในภาพรูปที่ 3.9 ข้อมูลบางบริเวณของภาพอย่างเช่น คิ้ว ลิ้น ตา และขนตาถูกทำลายไป ทั้งนี้เนื่องมาจากความไม่สมมาตรจากการเลือกค่าสูงสุดของค่ามีพื้นฐานจากโครงสร้างย่อยทั้ง 4 ด้านเอง ส่วนรูปที่ 3.10 ซึ่งได้จากการใช้ตัวกรองมีพื้นฐาน 3 ระดับ พบว่าสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนทั้งแบบอิมพัลส์บวมและอิมพัลส์ลบได้เป็นอย่างดี โดยถ้าเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบหน้าคนที่ไม่มีสัญญาณรบกวนจากรูปที่ 1.1 จะพบว่าภาพทั้งสองแบบจะ ไม่มีความแตกต่างปรากฏให้สังเกตเห็น

สำหรับอีกตัวอย่างคือ ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT ในรูปที่ 2.7 เมื่อผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองต่าง ๆ แล้วจะเห็นได้ชัดเจนว่าตัวกรองมีพื้นฐาน 3 ระดับให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยที่ความคมชัดและรายละเอียดในภาพมิได้ถูกทำลายไป อย่างเช่น วงจรกรองมีพื้นฐานแบบอื่น ๆ



รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อให้ตัวกรองมัลติฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อ $k = 2$
หรือหน้าต่างขนาด 5×5

รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อให้ตัวกรองมัลติฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อ $k = 2$

หรือหน้าต่างขนาด 5×5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

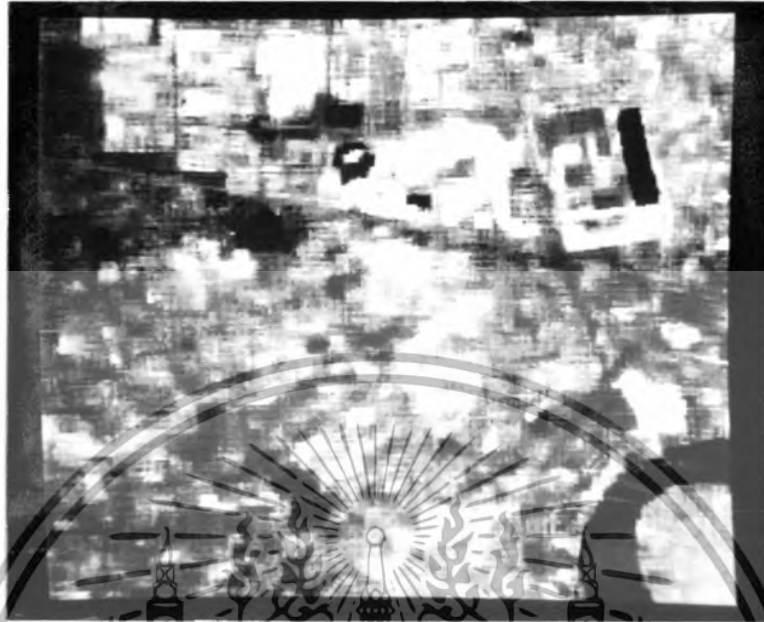


รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองสัญญาณ max/median เมื่อ $k = 2$
หรือหน้าต่างขนาด 5×5



รูปที่ 3.10 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมัลติฐาน 3 ระดับ เมื่อ $k = 2$
หรือหน้าต่างขนาด 5×5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

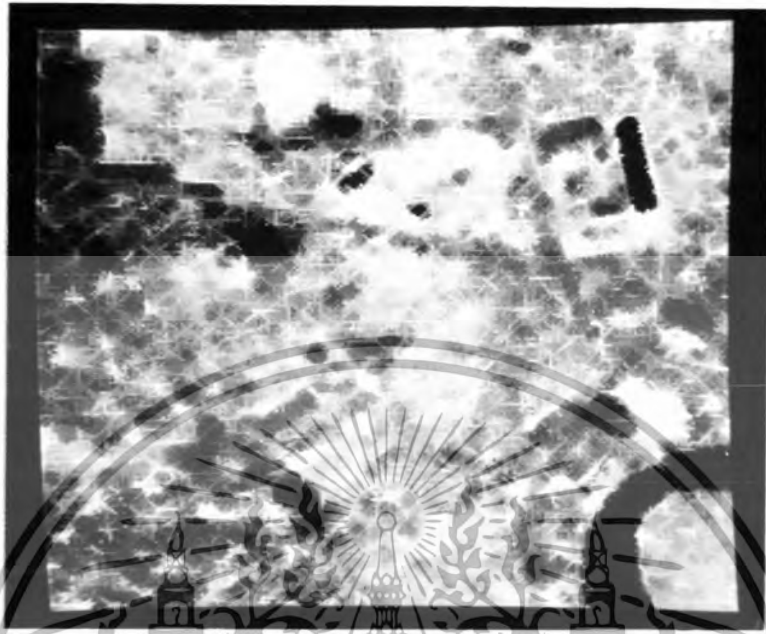


รูปที่ 3.11 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมิกซ์ฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อ $k = 3$
หรือหน้าต่างต่างขนาด 7×7



รูปที่ 3.12 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองมิกซ์ฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อ $k = 3$
หรือหน้าต่างต่างขนาด 7×7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ตัวกรองสัญญาณ max/median เมื่อ $k = 3$
หรือหน้าต่างขนาด 7×7



รูปที่ 3.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวกรองมีกษฐาน 3 ระดับ เมื่อ $k = 3$
หรือหน้าต่างขนาด 7×7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทำเท็กเมนต์ที่ภาพโดยการแบ่งแยกและการรวมรวม (Image Segmentation by Split and Merge)

เท็กเมนต์ที่ เป็นกระบวนการแบ่งแยกภาพออกเป็นบริเวณหรือเป็นส่วน ๆ เทคนิคง่าย ๆ อย่างเช่นการตัดเช็ทไฮลด์ (Thresholding) นั้นเหมาะสำหรับภาพที่มีค่าระดับสีเทา (Gray Level) แตกต่างกันมาก แต่วิธีนี้จะทำได้ยากเมื่อภาพมีค่าระดับสีเทาเบี่ยงเบนเล็กน้อย ในบทนี้จะเสนอขั้นตอนทั่ว ๆ ไปในการแบ่งแยกและการรวมรวมโดยใช้ Quartic Picture Tree (QPT) เป็นโครงสร้างข้อมูลพื้นฐาน [3], [14] และอาศัยคุณสมบัติของฟังก์ชันค่าระดับสีเทา $f(x,y)$ แต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของการทำเท็กเมนต์ที่ภาพ โดยการแบ่งแยกและการรวมรวมที่เสนอโดย [3] เพื่อให้เป็นแนวความคิดพื้นฐาน

4.1 สูตรพื้นฐาน (Basic Formulation)

ให้ X แทนภาพทั้งหมด ซึ่งมีขนาด $2^{L_n} \times 2^{L_n}$ จุดภาพ $f(x,y)$ คือค่าระดับสีเทา ณ ตำแหน่ง x,y ที่กำหนดบน X และ P คือ ตัวตัดสินความเป็นเนื้อเดียวกันตรรก (Logical Homogeneity Predicate) ที่กำหนดอยู่บนจุดในสับเซ็ท S ของ X มีดังนี้

$$P(S) = \begin{cases} \text{จะเป็นจริง ถ้า } d(S) \leq \epsilon \\ \text{ค่าอื่นจะเป็นเท็จ} \end{cases}$$

ขณะที่การวัดความแตกต่าง (Heterogeneity) ของสับเซ็ท S คือ

$$d(S) = \max_S f(x,y) - \min_S f(x,y)$$

และ ϵ = ค่าเช็ทไฮลด์เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสีเทาให้กับบริเวณภาพ (region)

โดยการมองการทำเท็กเมนต์ที่เหมือนกับการแบ่งแยกบริเวณ X ให้เป็นบริเวณย่อยจำนวน m บริเวณคือ S_1, S_2, \dots, S_m ที่ทำให้ :

$$(a) \bigcup_{i=1}^m S_i = X$$

$$(b) S_i \cap S_j = \emptyset \text{ สำหรับค่า } i \text{ และ } j \text{ ทั้งหมดโดยที่ } i \neq j$$

$$(c) P(S_i) = \text{ค่าจริง} \text{ สำหรับ } i = 1, 2, \dots, m$$

$$(d) P(S_i \cup S_j) = \text{ค่าเท็จ} \text{ สำหรับค่า } i \text{ และ } j \text{ ทั้งหมดโดยที่ } i \neq j$$

\emptyset หมายถึงเซตว่าง S_i และ S_j เป็นสับเซตประชิดใน X

\cup หมายถึง union \cap หมายถึง intersection

เงื่อนไข (a) แสดงให้เห็นว่าการทำเซกเมนต์ขึ้นภาพนั้นเสร็จสมบูรณ์ คือ จุดภาพแต่ละจุดจะต้องอยู่ในบริเวณภาพ เงื่อนไข (b) แสดงบริเวณภาพที่ไม่ได้รวมอยู่ด้วยกัน (Disjoint) เงื่อนไข (c) ประกอบด้วยคุณสมบัติที่ต้องสอดคล้องกัน โดยที่ จุดภาพต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณหนึ่ง ๆ จะต้องสอดคล้องกับตัวตัดสิน P ตัวอย่างง่ายๆ เช่น $P(S_i) = \text{ค่าจริง}$ หมายถึงทุก ๆ จุดภาพใน S_i มีความเข้มของระดับสีเทาค่าเดียวกัน เงื่อนไขสุดท้าย (d) แสดงถึงบริเวณ S_i และ S_j มีความแตกต่างกันเนื่องจากตัวตัดสิน P

4.2 โครงสร้างข้อมูลสำหรับการทำเซกเมนต์ขึ้น (Data Structure for Segmentation)

การเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากกระบวนการทำเซกเมนต์ขึ้นนั้น อาศัยการตรวจสอบเพื่อการเปรียบเทียบแต่ละจุดภาพกับข้อมูลข้างเคียง (Neighbor) ดังนั้นจึงต้องกำหนดรูปแบบ (Format) ให้กับข้อมูลภาพ

4.2.1 คำจำกัดความ

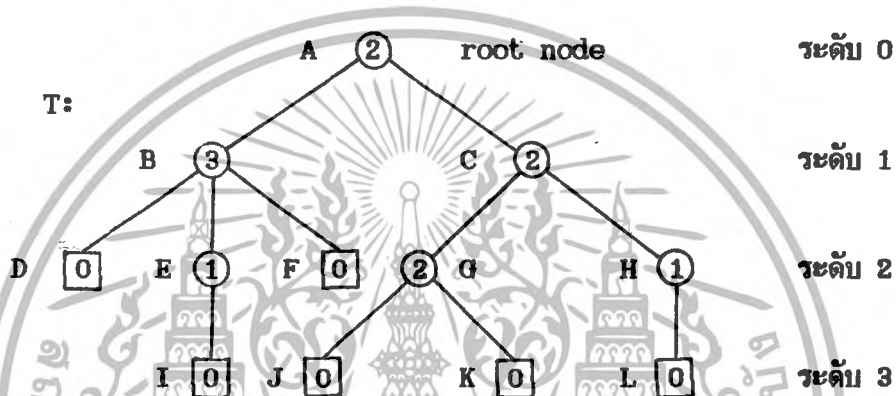
ทรี (Tree) หมายถึงเซต T ของจำนวนอนันต์เต็มที่นับได้ตั้งแต่หนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไป และมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีโหนด (Node) หนึ่งตัวซึ่งมีลักษณะพิเศษกว่าโหนดตัวอื่น ๆ เรียกว่าราก (Root) ของทรีนั้น
2. โหนดส่วนที่เหลือไม่มียราก จะถูกจัดแบ่งให้เป็นเซตเล็ก ๆ ที่เป็นอิสระต่อกัน ได้แก่ เซต T_1, T_2, \dots, T_m โดยที่ $m > 0$ และแต่ละเซตเหล่านี้ก็เป็นทรีเช่นเดียวกัน ซึ่ง T_1, T_2, \dots, T_m เป็น subtree ของราก

ดีกรี (Degree) หมายถึงจำนวนสับทรีของโหนดตัวหนึ่ง ๆ ตัวอย่างเช่น ตัวเลขในวงกลมของรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าโหนดตัวใดมีดีกรีเป็นศูนย์ จะเรียกโหนดตัวนั้นว่าเป็น terminal node หรือ ลีฟ (Leaf) ดังเช่น ตัวเลขในสี่เหลี่ยมของรูปที่ 4.1 เป็นต้น สำหรับ nonterminal node คือมีดีกรีที่มากกว่าศูนย์ เรียกว่า branch node

ระดับ (Level) หมายถึงการกำหนดระดับของแต่ละโหนดขึ้นอยู่กับ T ซึ่งกำหนดให้เป็นรากของทรีทั้งหมด ซึ่งรูกจะมีระดับเป็น 0 สำหรับโหนดตัวอื่น ๆ ที่ต่อไปจากสับทรี T_j จะมีระดับเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งเวือข ๆ ไป ดังแสดงในรูป 4.1

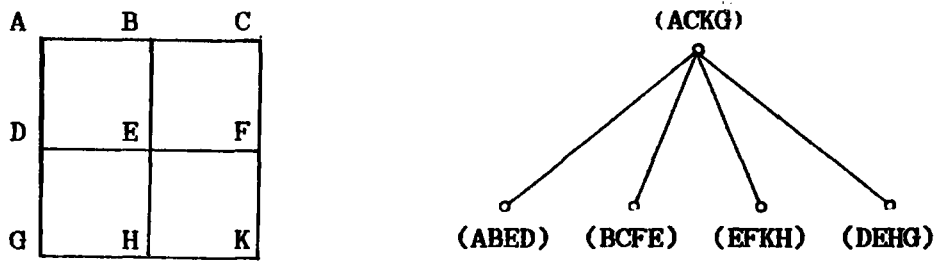
Parent และ Child ถ้า n_1 เป็นต้นกำเนิด (Predecessor) ของ n_2 ใน T แล้ว n_1 จะหมายถึง parent ของ n_2 ใน T และ n_2 คือ child ของ n_1 ใน T ตัวอย่างเช่น B เป็น parent ของ D,E และ F ในทางกลับกัน D,E และ F เป็น child ของ B



รูปที่ 4.1 กราฟทรี

4.2.2 ภาพทรี (Picture Tree) หรือ PT

ภาพทรีเป็นกราฟทรีที่ใช้แทนภาพ โดยที่ รูก หมายถึงภาพเต็มรูป (Whole Picture) และลัฟ หมายถึงจุดภาพเดี่ยว (Single Pixel) เมื่อ children ของแต่ละโหนด A คือพื้นที่ที่แบ่งจากพื้นที่โหนด A ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะแบ่งแต่ละพื้นที่เป็นส่วนเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถ้าภาพมีขนาด $N_p \times N_p$ เมื่อ $N_p = 2^L$ แล้วภาพทรีนั้นจะมี L ระดับ โหนดที่มีระยะทาง j ห่างจากรูกจะมีขนาด $= 2^{L-j} \times 2^{L-j}$ เช่น $L = 8, j = 1$ แสดงว่าโหนดมีขนาด 128×128 เป็นต้น ภาพทรีนั้นเรียกว่า Quartic Picture Tree (QPT) ซึ่งมีดีกรีเท่ากับ 4



รูปที่ 4.2 แสดง Quartic Picture Tree

1, 1, 16	1, 17, 16	1, 33, 32	1, 65, 16	1, 81, 16	1, 97, 32
17, 1, 16	17, 17, 16		17, 65, 16	17, 81, 16	
33, 1, 32	33, 33, 32		33, 65, 32		33, 97, 32
65, 1, 64			65, 65, 32		65, 97, 32
			87, 65, 32		97, 97, 16
					97, 113, 16
					113, 97, 16
					113, 113, 16

รูปที่ 4.3 การแทนที่ด้วยระบบตัวเลข เมื่อ $L = 7$ หรือ $N_p = 128$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การกำหนดพารามิเตอร์ให้กับบล็อก

สมมติว่ารูปภาพมีขนาด $N_p \times N_p$ เมื่อ $N_p = 2^{L_n}$ โครงสร้างข้อมูลภาพที่ใช้คือ QPT และโหนดของ QPT สามารถแทนด้วยตัวเลขดังนี้

กำหนดให้ตัวเลขของตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสอยู่ที่มุมบนซ้ายมือ ซึ่งเป็นตัวบอกตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x, y) และขนาดของแต่ละบล็อก (Block) ดังแสดงในรูปที่ 4.3

วิธีดำเนินการแบ่งแยกหรือการรวบรวมภาพจะกระทำไปตาม QPT กล่าวคือพื้นที่ทั้ง 4 จะถูกรวบรวมเป็น parent หรือ แบ่งแยกพื้นที่เป็น 4 childrens รูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสของบริเวณภาพจะยังคงรักษาเอาไว้ จนกระทั่งถึงขั้นตอนการกรู๊ปिंग (Grouping Step) เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสน เราจะเรียกบริเวณดังกล่าวว่าเป็นบล็อก

4.3 ขั้นตอนของกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมภาพ (Image Split and Merge Algorithm)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด และขั้นตอนการแบ่งแยกและการรวบรวมเชิงเมมเตชั่นของภาพ ตัวแปรต่าง ๆ สามารถกำหนดได้อย่างอิสระ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูลภาพ และอาจคำนึงถึงเวลาที่ใช้ไปในการคำนวณด้วย ขั้นตอนของกระบวนการมีดังนี้คือ

1. กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอาร์เรย์ที่ระดับ L_0 (Middle Level)
2. รวบรวม โหนด โดยวิธี Tree-Merge
3. การแบ่งแยก โหนด โดยวิธี Tree-Split
4. การกรู๊ปिंग (Grouping)
5. กำหนดลาเบล (Label) ให้กับพื้นที่จากขั้นตอนในข้อ 4

เงื่อนไขและข้อมูลที่ต้องป้อนให้กับขั้นตอนของกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมภาพมีดังนี้คือ

1. ค่าระดับสี่เทาเมตริก f
2. ขนาดของภาพ N_p
3. ค่าระดับ L_0 (Middle Level) สำหรับการทำให้เมมเตชั่นเริ่มต้น
4. กำหนดค่าเชวิซไฮลด์ (ϵ) เพื่อกำหนดย่านของความแตกต่างระดับสี่เทาให้กับบริเวณภาพ เพื่อให้เป็นตัวตัดสินความเป็นเนื้อเดียวกันทางตรรก (P)

ผลลัพธ์ที่ได้ คือตัวเลขที่ใช้บอกจำนวนบริเวณ (Region Number) ให้กับเมตริก A เพื่อเอาไว้ลากเส้นแบ่งขอบเขตของแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอาร์เรย์ที่ระดับ L_0 มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน $2^{L_0} \times 2^{L_0}$ บล็อก ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยที่

$$S_0 = Np / 2^{L_0} = 2^{L_n - L_0}$$

Np : ขนาดของภาพที่ใช้ process

L_n : ระดับสูงสุดของ QPT

L_0 : ระดับกลาง ๆ ของ QPT ซึ่งสามารถกำหนดได้อย่างอิสระ
เมื่อ $1 \leq L_0 \leq L_n$

S_0 : ขนาดของบล็อกสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ระดับ L_0

2. กำหนดโคออร์ดิเนต (x, y) ให้กับแต่ละบล็อกดังรูป 4.4 (a) โดยที่ x สแกนทางแนวนอน และ y สแกนทางแนวตั้งดังนี้

$$x = S_0 \times i + 1 \quad \text{ขณะที่ } i = 0, 1, \dots, (2^{L_0} - 1)$$

$$y = S_0 \times j + 1 \quad \text{ขณะที่ } j = 0, 1, \dots, (2^{L_0} - 1)$$

3. กำหนดหมายเลขบล็อก โดยเรียงตามลำดับตั้งแต่ $1, 2, \dots, 4^{L_0}$
ดังรูปที่ 4.4 (b)

4. หาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุด ในแต่ละบล็อก

5. บล็อกทั้งหมดมีขนาด $z_k = S_0$

ขั้นตอนที่ 2 การรวมรวมโหนด (Tree-Merge)

การรวมรวมโหนด $b_{k_1}, b_{k_2}, b_{k_3}, b_{k_4}$ ไปเป็น b_{k_0} (Parent Node) จะกระทำไปตาม QPT โดยเริ่มจาก cutset ระดับ $L = L_0$ ดังต่อไปนี้

1. ถ้าโหนด b_{k_0} มีตำแหน่งอยู่ที่ (x_{k_0}, y_{k_0}) แล้วบล็อก child ทั้ง 4 ที่สอดคล้องกับ parent ดังรูปที่ 4.5 คือ

$$k_1 = \frac{2^{L_0} * [2^{L_0} (x_{k_0} - 1) + (y_{k_0} - 1)]}{Np} + 1$$

$$k_2 = k_1 + 2^{L_0 - L}$$

$$k_3 = k_1 + 2^{2L_0 - L}$$

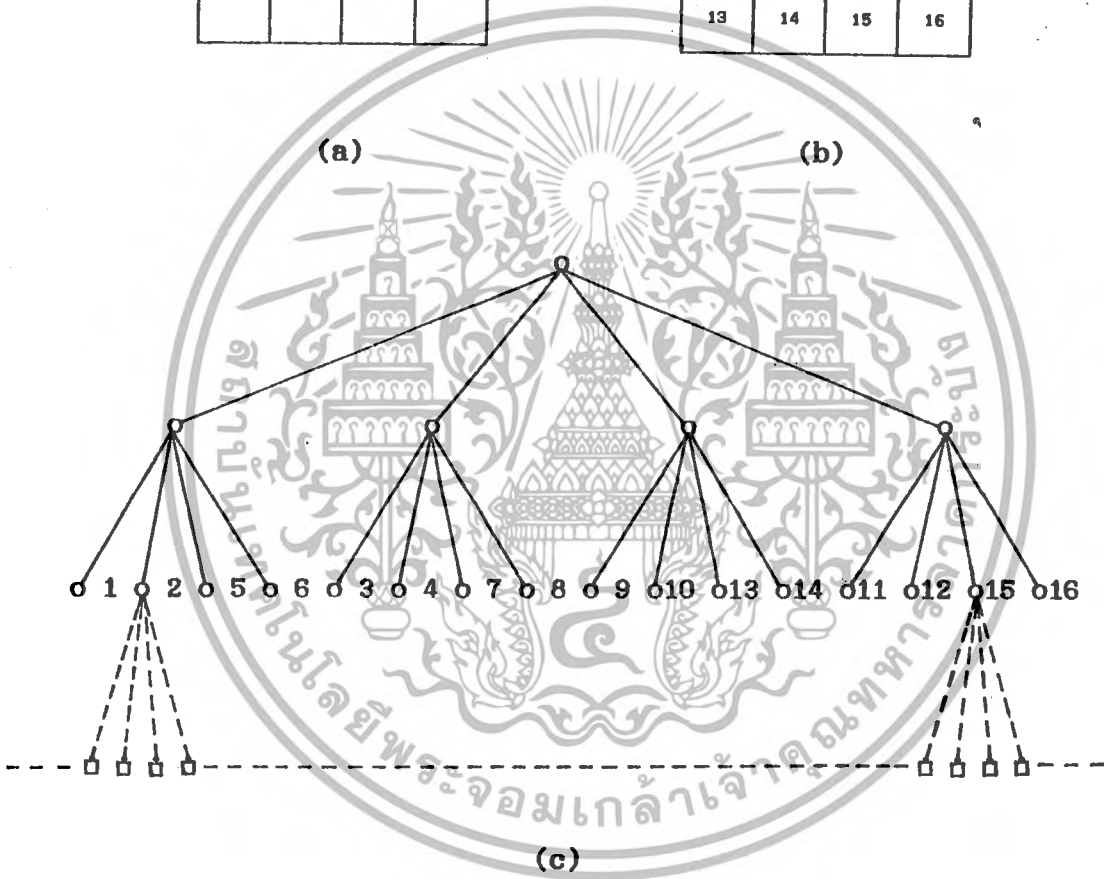
$$k_4 = k_1 + 2^{L_0 - L}$$

เมื่อ $0 < L \leq L_0$ และทิศทางของการสแกนจะทำจากบนลงล่างและซ้ายไปขวา

1,1	1,3	1,5	1,7
3,1	3,3	3,5	3,7
5,1	5,3	5,5	5,7
7,1	7,3	7,5	7,7

$S_0 = 2$

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16



- รูปที่ 4.4** รูปแสดงขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอาร์เรย์ที่ระดับ L_0
 เมื่อ $N_p = 8$, $L_n = 3$ และ $L_0 = 2$
- (a) แสดงโคออร์ดิเนต x, y
 - (b) แสดงหมายเลขบล็อก
 - (c) QPT ที่สอดคล้อง (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดจาก child ทั้ง 4 กล่าวคือ

$$g = \text{Max} (M_{k1}, M_{k2}, M_{k3}, M_{k4})$$

$$h = \text{Min} (m_{k1}, m_{k2}, m_{k3}, m_{k4})$$

3. ถ้า $g-h \leq \epsilon$ แล้วให้ update ค่าต่อไปนี้

$$3.1 \quad z_{k2} = 0, z_{k3} = 0, z_{k4} = 0 \quad z_{k1} \text{ คือ ขนาดของ block ที่ } i$$

$$3.2 \quad z_{k1} = 2z_{k1}$$

$$3.3 \quad M_{k1} = g, m_{k1} = h$$

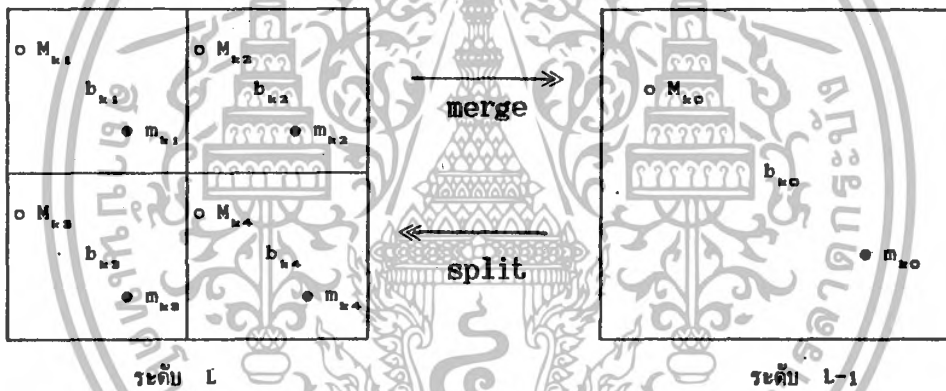
$$3.4 \quad k2, k3, k4 = k1$$

4. กระทำซ้ำข้อ 2 และ 3 จนครบทั้งภาพ

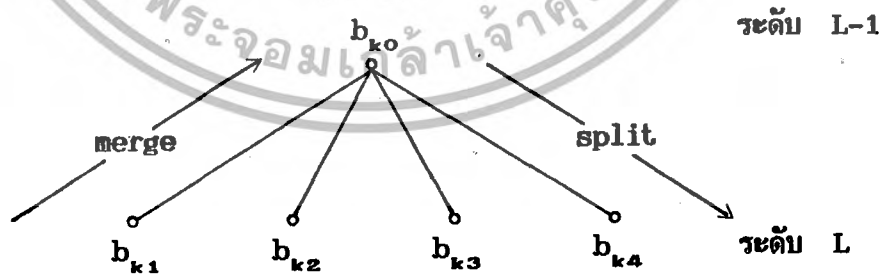
5. ลดค่า L ลงหนึ่ง

6. กระทำซ้ำ 1 ถึง 5 จนกระทั่ง $L = 0$

จากรูปที่ 4.8 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนที่ 2 นี้ และสมมติ merge กันได้ดังนี้ คือ จากเดิมเป็นบล็อก 3,4,7,8 ซึ่งเป็น children ถูกรวมรวมเป็นบล็อก 3



(a)

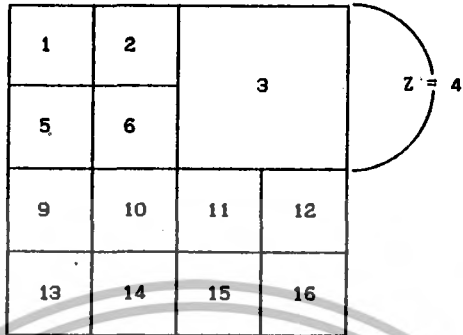


(b)

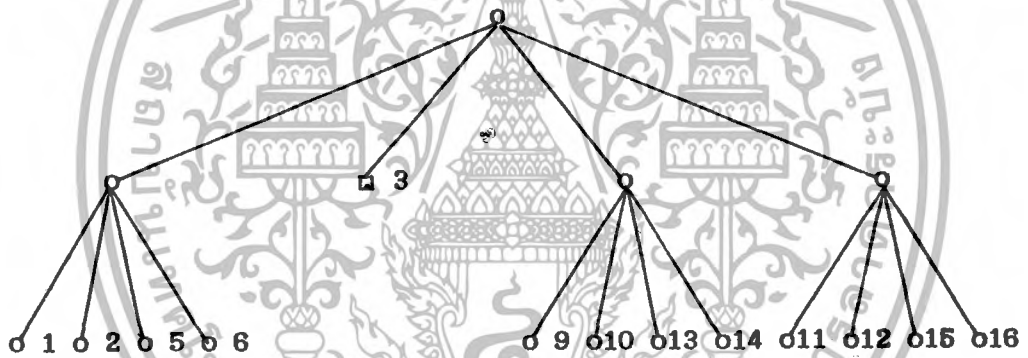
รูปที่ 4.5 (a) ถ้า $P(s) = \text{ค่าจริง}$ แล้ว $b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}, b_{k4}$ จะรวมรวมเป็น b_{k0}

ถ้า $P(s) = \text{ค่าเท็จ}$ แล้ว b_{k0} จะแบ่งแยกออกเป็น $b_{k1}, b_{k2}, b_{k3}, b_{k4}$

(b) แสดง QPT ที่สอดคล้อง (a)



(a)



(b)

รูปที่ 4.6 รูปแสดงตัวอย่างขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมโหนด
 เมื่อ $N_p = 8$, $L_n = 3$ และ $L_o = 2$
 (a) บล็อกที่ 3,4,7,8 สามารถ merge ได้เป็น 3
 (b) แสดง QPT ที่สอดคล้อง (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การแบ่งแยก (Split)

การแบ่งแยกโหนด b_{k_0} ไปเป็น $b_{k_1}, b_{k_2}, b_{k_3}, b_{k_4}$ (Children) จะกระทำไปตาม QPT ดังรูป 4.5 โดยเริ่มจาก cutset ระดับ $L = L_0$ เช่นกันดังต่อไปนี้

1. ให้ระดับ $L = L_0$
2. ให้จำนวนของบล็อกเริ่มต้นที่ระดับ L_0 คือ $kk = C_0$
เมื่อ $C_0 = 2^{L_0} \times 2^{L_0}$
3. ถ้า $L < L_n$ แล้วดำเนินการหัวข้อที่ 4
4. k_1 เป็นอันดับของบล็อกที่เริ่มจาก $k_1 = 1$ ถึง kk แล้วดำเนินการหัวข้อที่ 5
5. ตรวจสอบบล็อกที่ k_1 ว่าถูก merge หรือไม่ ถ้ายังไม่ถูก merge แล้วดำเนินการต่อไปในหัวข้อที่ 5.1 มิฉะนั้นดำเนินการตามหัวข้อที่ 5.2
 - 5.1 ถ้า $g_{k_1} - h_{k_1} > \epsilon$ แล้วให้ update ค่าต่อไปนี้
 - 5.1.1 $k_2 = C_0 + 1, k_3 = C_0 + 2, k_4 = C_0 + 3$
 - 5.1.2 $z_{k_1} = z_{k_1} / 2$
 $z_{k_2} = z_{k_3} = z_{k_4} = z_{k_1}$
 - 5.1.3 $x_{k_2} = x_{k_1}, x_{k_3} = x_{k_1} + z_{k_1}, x_{k_4} = x_{k_3}$
 - 5.1.4 $y_{k_2} = y_{k_1} + z_{k_1}, y_{k_3} = y_{k_1}, y_{k_4} = y_{k_2}$
 - 5.1.5 $C_0 = C_0 + 3$
 - 5.1.6 หาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดให้กับบล็อก b_{k_1} ถึง b_{k_4}
ใหม่จะได้ m_{k_1}, \dots, m_{k_4} และ m_{k_1}, \dots, m_{k_4}
 - 5.2 กลับไปดำเนินการตามหัวข้อที่ 4 สำหรับบล็อก k_1 ถัดไป
6. $L = L + 1$
7. $kk = C_0$
8. กระทำซ้ำข้อ 3 เมื่อ $L_0 \leq L < L_n$

จากรูปที่ 4.7 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนที่ 3 นี้ และสมมุติว่าสามารถแบ่งออกได้ 5 ครั้ง เช่น จากเดิม $b_{k_0} = 6$ แบ่งเป็น 4 children คือ 6,17,18 และ 19 เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การกรู๊ป (Grouping) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มทำการตรวจสอบบล็อก k ตั้งแต่อันดับที่ 1 ถึง kk โดยอาศัยการตรวจสอบบล็อกต่าง ๆ ตามเงื่อนไขในหัวข้อที่ 2

2. เช็คขนาดของบล็อก k ว่า ถ้า $z_k > 0$ แล้วดำเนินการต่อตามข้อ 2.1 และ 2.2 แต่ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขก็จะกลับไปยังข้อ 1 เพื่อแปรอันดับของบล็อกถัดไป

2.1 ให้บล็อก k ที่มีค่าเป็นลบ ดังนี้

$$z_k = -z_k$$

2.2 หาบล็อก b_j ทั้งหมดที่ติดประชิดกับบล็อก b_k แล้วดำเนินการตามข้อ 3

3. ตรวจสอบขนาดของบล็อก j ว่า ถ้า $z_j > 0$ เป็นจริงแล้วให้ดำเนินการตามข้อ 3.1 มิฉะนั้นแล้วให้ดำเนินการตามข้อ 3.2

3.1 ถ้า $P(S_j, U S_k)$ เป็นจริง แล้วดำเนินการตามข้อ 3.1.1 ถึง 3.1.4 มิฉะนั้นแล้วให้ดำเนินการตามข้อ 3.2

3.1.1 รวบรวมกลุ่มของบล็อก j กับ บล็อก k เข้าด้วยกันเป็น b_k อันใหม่ ดังนี้

$$b_k = (b_j \cup b_k)$$

3.1.2 ให้ขนาดของบล็อก j ที่ถูกรวมกลุ่มมีค่าเป็นลบดังนี้

$$z_{b_j} = -z_{b_j}$$

3.1.3 ปรับปรุง look up table ใหม่ ดังนี้

$$LUT [j] = k$$

3.1.4 หาบล็อก b_j ที่ติดประชิดกับพื้นที่ b_k

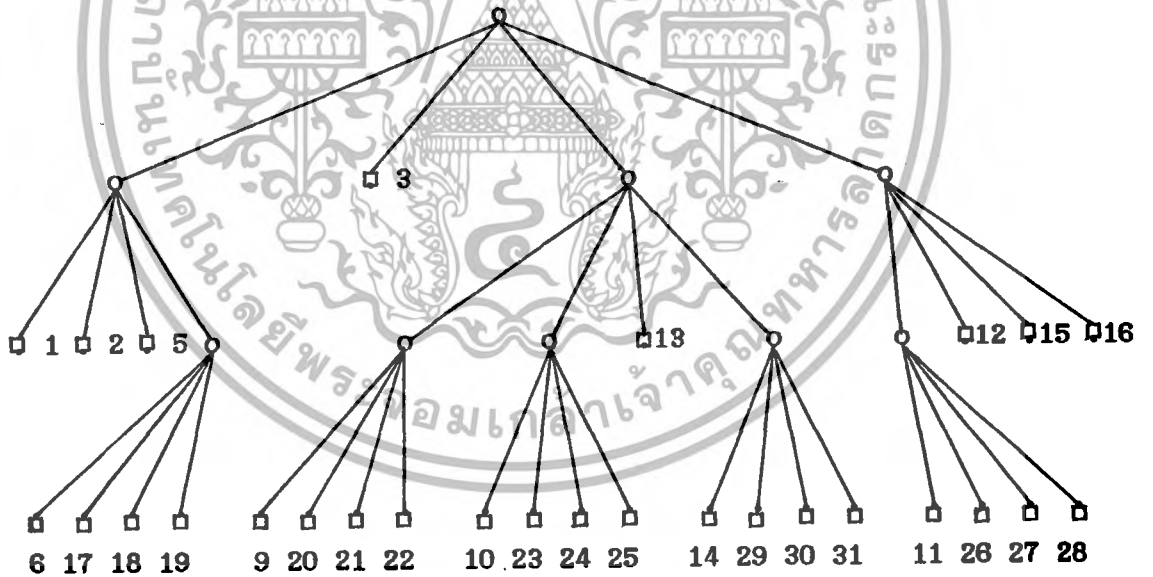
3.2 เริ่มดำเนินการตามข้อ 3 ใหม่ สำหรับบล็อก b_j ถัดไปจนกว่าจะครบทุกๆ บล็อก

จากรูปที่ 4.8 เป็นตัวอย่างของขั้นตอนที่ 4 นี้ และตัวอย่างผลลัพธ์ของ Look Up Table (LUT) ดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

j	2	3	17	19	23	11	26	12
k	2	2	2	2	2	2	2	2

1		2		3			
5		6	17	12			
		18	19				
9	20	10	23	11	26	12	
21	22	24	25	27	28		
13		14	29	15		16	
		30	31				

(a)



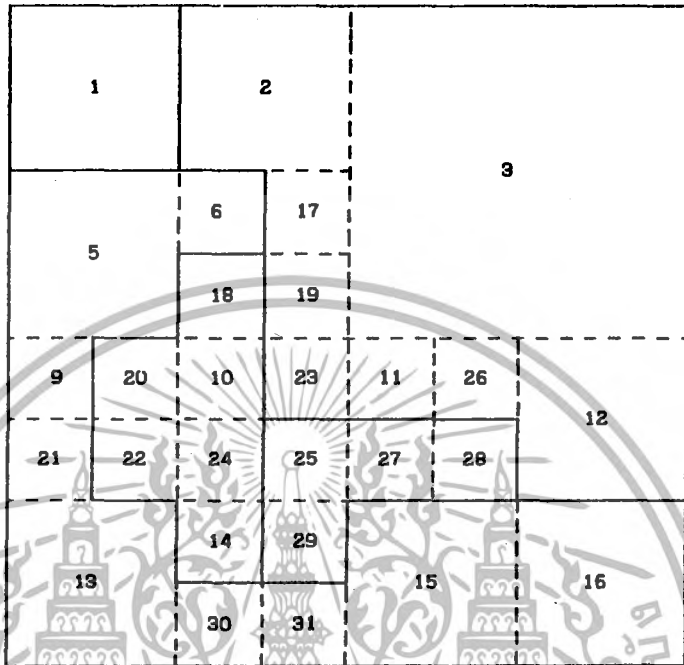
(b)

รูปที่ 4.7 รูปแสดงตัวอย่างที่ตอนที 3 การแบ่งแยก ($N_p = 8, L_n = 3, L_o = 2$)

(a) สมมติว่าสามารถดำเนินการแบ่งแยกได้ 5 ครั้ง

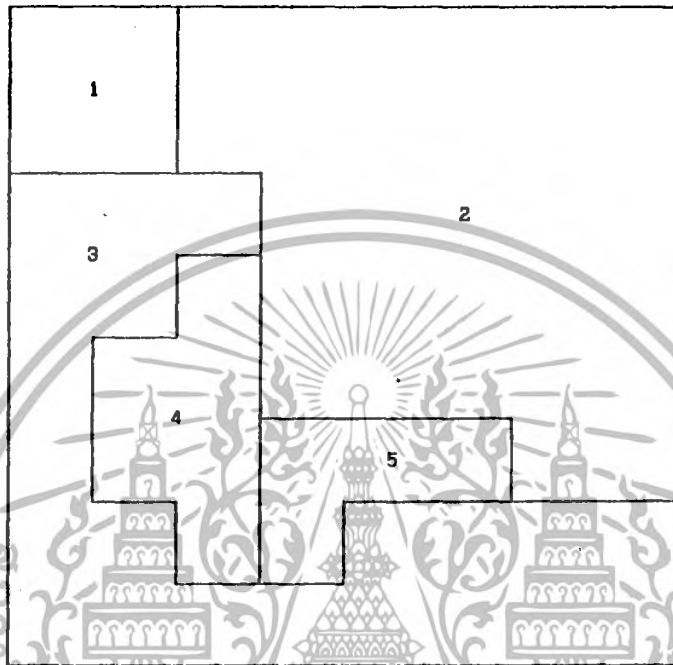
(b) QPT ที่สอดคล้อง (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างขั้นตอนที่ 4 การกรูปร่าง
เมื่อ $N_p = 8$, $L_n = 3$ และ $L_o = 2$

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดลาเบล (Labeling) โดยอาศัย LUT ใน ขั้นตอนที่ 4 เพื่อกำหนด Label ของแต่ละบล็อก ให้กับเมตริก A ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ตัวอย่าง ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดลาเบล

เมื่อ $N_p = 8$, $I_n = 3$ และ $L_o = 2$

region 1 = { 1 }

region 2 = { 2, 3, 17, 19, 23, 11, 26, 12 }

region 3 = { 5, 6, 9, 21, 13, 30, 31, 15, 16 }

region 4 = { 18, 20, 10, 22, 24, 14 }

region 5 = { 25, 27, 28, 29 }

4.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง

การประมวลผลนี้ใช้ข้อมูลรูปที่ 1.1, 1.2, 1.3 และรูปที่ 1.4 เป็นภาพข้อมูลต้นแบบ โดยการตัดส่วนรูปที่ 1.1 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (25,2) และรูปที่ 1.2 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (126,1) ให้เป็นภาพขนาด 128x128 (Ln = 7) รูปที่ 1.3 นั้นเป็นภาพขนาด 128x128 จุด (Ln = 7) ส่วนรูปที่ 1.4 เป็นภาพขนาด 64x64 จุด (Ln = 6) ผลลัพธ์ตัวอย่างที่หนึ่งและสองดังแสดงในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 7$ $\epsilon = 70$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพที่ได้เท่ากับ 328 และ 517 ตามลำดับ ผลลัพธ์ตัวอย่างที่สามดังแสดงในรูปที่ 4.12 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 7$ $\epsilon = 72$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 185 ผลลัพธ์ตัวอย่างที่สี่แสดงในรูปที่ 4.13 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 6$, $\epsilon = 15$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 201 รูปที่ 4.10 (a), 4.11 (a), 4.12 (a) และ 4.13 (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง ส่วนรูปที่ 4.10 (b), 4.11 (b), 4.12 (b) และ 4.13 (b) เป็นการแสดงให้เห็นถึงขอบเขตที่ซ้อนทับกับภาพข้อมูลต้นแบบ ส่วนรูปที่ 4.10 (c), 4.11 (c), 4.12 (c) และ 4.13 (c) เป็นการแสดงขอบเขตพื้นที่ซึ่งได้จากการสุ่ม (Random) สีลงไป และแสดงผลบนจอ VGA (Video Graphics Array) ทั้งนี้เพื่อให้เห็นขอบเขตของแต่ละพื้นที่ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การเขียนโปรแกรมส่วนแสดงผลภาพสีนี้ ใช้กราฟิกโหมดที่ 12 ซึ่งสามารถแสดงผลได้ 16 สี มีความละเอียด 640x480 จุดภาพ ดังนั้น ถ้าจำนวนพื้นที่บริเวณมากกว่า 16 ขอบเขตแล้ว จึงได้ทำการผสมสีจากสีหลัก 16 สีนี้เป็นองค์ประกอบหลัก สำหรับรายละเอียดไฟล์ข่าวรตการทำงานของกาแบ่งแยกและการรวบรวมที่สามารถดูได้ใภาคผนวก ค. และเวลาที่ใในการประมวลผลแต่ละรูปดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

รูปที่	4.10	4.11	4.12	4.13
ช.ม./นาที/วินาที	00/00/05	00/00/07	00/00/05	00/00/03

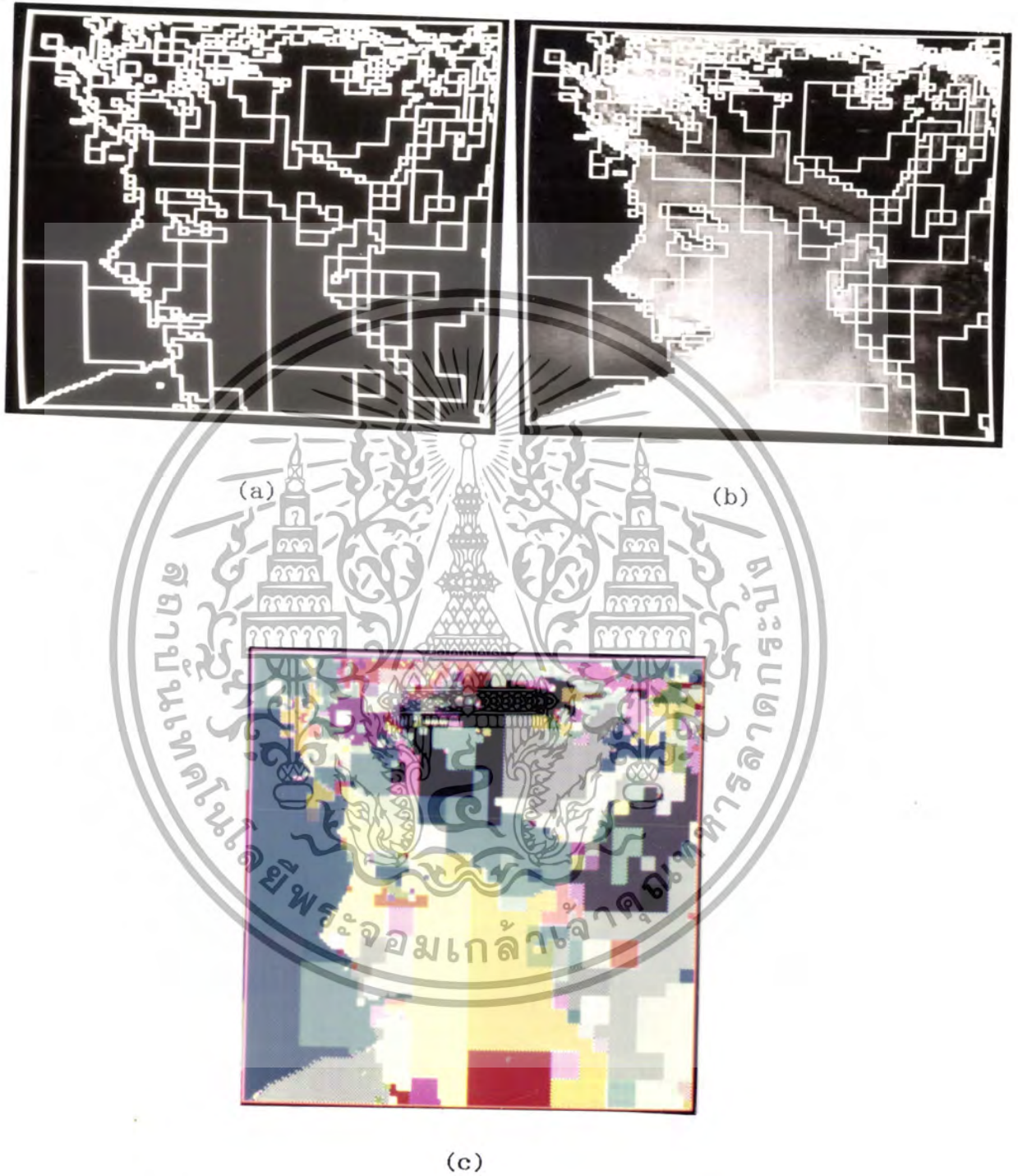
4.5 สรุป

การทำเช็กเมเนเตชันโดยวิธีกาแบ่งแยกและการรวบรวมที่เสนอนในบทนี้ จะให้ผลลัพธ์ของบริเวณที่ถูกเช็กเมเนที่มีรูปร่างไม่ดีเท่าที่ควร ดังสังเกตได้จากรูปที่ 4.10 (b) ถึงรูปที่ 4.13 (b) ซึ่งจะได้นั้นที่เล็ก ๆ มองดูแล้วไม่ค่อยจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังจะเห็นได้จากบริเวณคว ตา นั้น และที่คาดผมในรูปที่ 4.10 (b) บริเวณริมบ่อน้ำทางด้านซ้ายมือในรูปที่ 4.11 (b) บริเวณผ้าข้างซ้ายของผู้หญิงในรูปที่ 4.12 (b) และ

บริเวณริมแม่น้ำทางด้านขวามือของรูปที่ 4.13 (b) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะการรวม
รวม (merge) ในขั้นตอนที่ 2 มีข้อจำกัดความอิสระในการเลือกพื้นที่ที่จะรวมรวม จุด
บกพร่องนี้จะถูกแก้ไขโดยการเพิ่มความอิสระให้กับกระบวนการในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งได้เสนอ
อยู่ในบทที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 เช็กเม้นเตชั่นของรูปที่ 1.1 เมื่อ $L_0 = 7$ และ $\epsilon = 70$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง

(b) รูป (a) ซ้อนทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.1

(c) สุ่มสีให้กับพื้นที่เช็กเม้นท์ (a) ท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

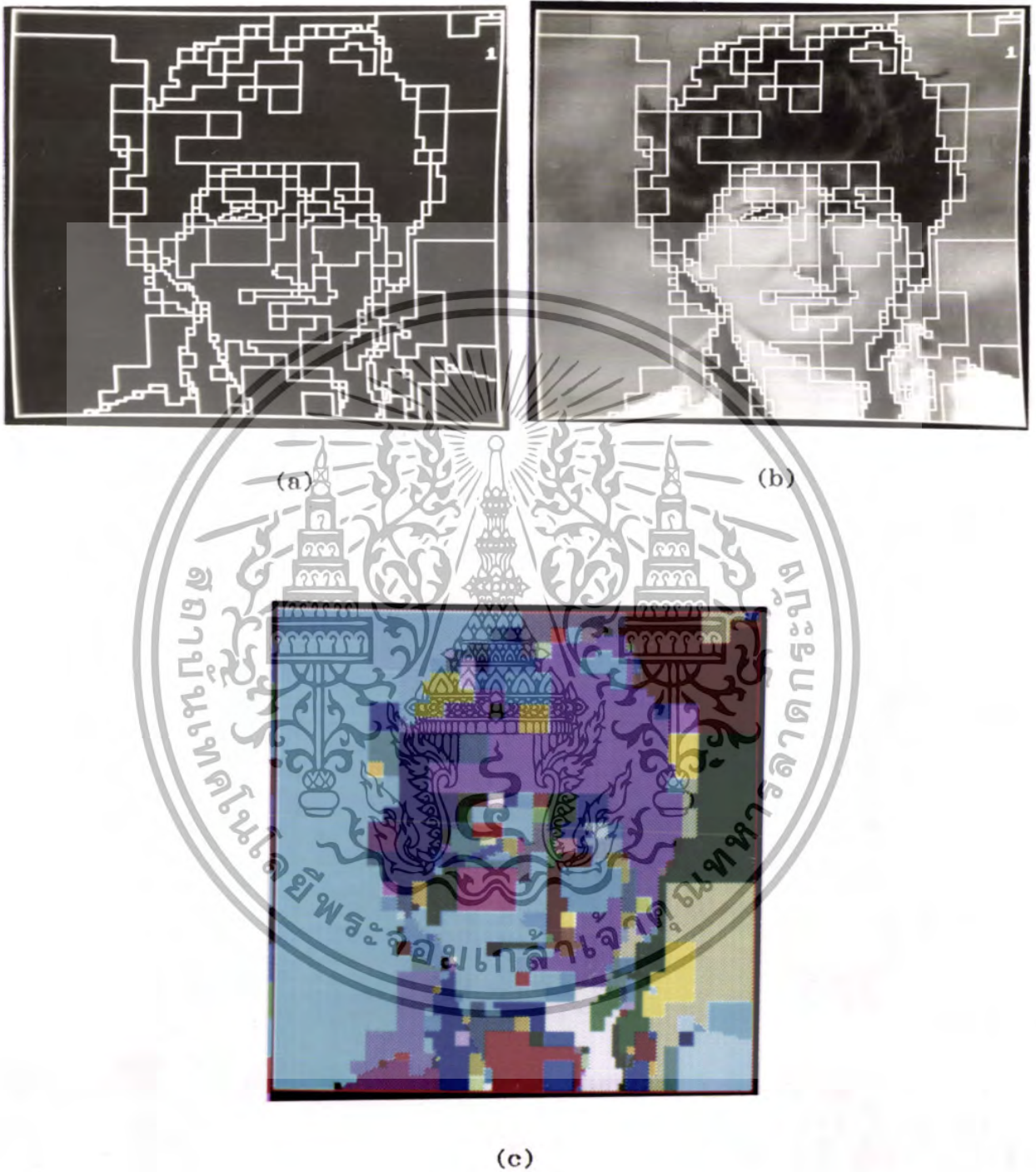


รูปที่ 4.11 เช็ทเม้นเตชันของรูปที่ 1.2 เมื่อ $L_0 = 7$ และ $\epsilon = 70$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง

(b) รูป (a) ซ้อนทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ให้กับพื้นที่ เช็ทเม้นท์ (a) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



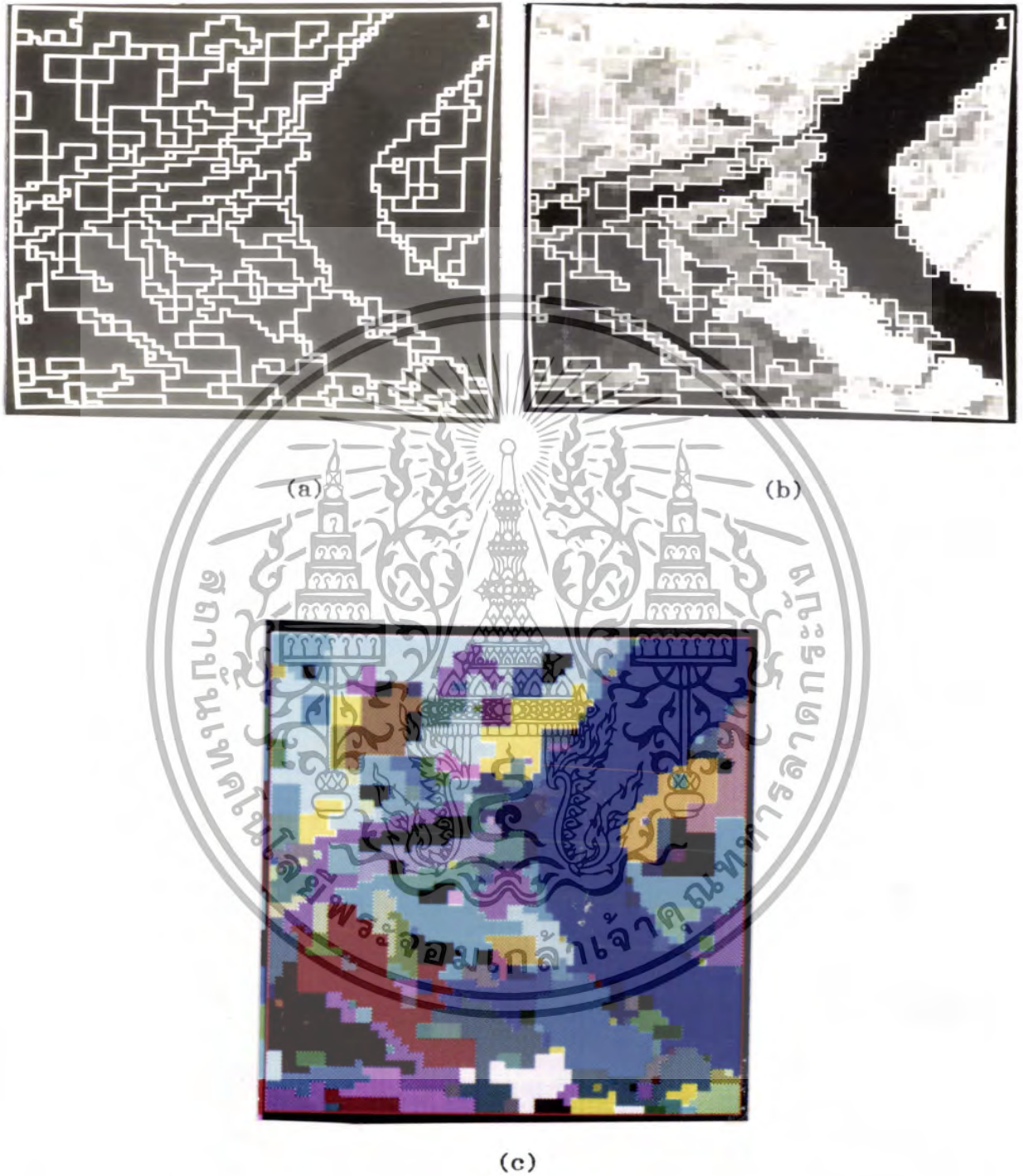
รูปที่ 4.12 เช็ทเมเนตั้นของรูปที่ 1.3 เมื่อ $Lo = 7$ และ $\epsilon = 72$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง

(b) รูป (a) ที่อ้นทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.3

(c) สุ่มสีให้กับพื้นที่เช็ทเมเนตั้น (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 เช็กเม้นเตชั่นของรูปที่ 1.4 เมื่อ $L_0 = 6$ และ $\epsilon = 15$

- (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง
- (b) รูป (a) ที่อันทักภาพต้นแบบรูปที่ 1.4
- (c) สุ่มสีให้กับพื้นที่ที่เช็กเม้นท์ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก่อนนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวมรวมสำหรับเซ็กเมนต์ที่ภาพ
(Modification of Split-and-Merge Algorithm for Image Segmentation)

จากบทที่ 4 สังเกตได้ว่าการแบ่งแยกและการรวมรวมก็มีข้อจำกัดทางด้านการรวมรวมพื้นที่ของขั้นตอนการรวมรวม (Merge) ซึ่งข้อเสียอันนี้เราสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการปรับปรุงกระบวนการการรวมรวมพื้นที่เสียใหม่ [15] จากการพิจารณาถึงทิศทางการสแกนจากบนลงล่าง-ซ้ายไปขวาและจากซ้ายไปขวา-บนลงล่าง จึงเกิดแนวความคิดในการเพิ่มอิสระ (Degree of Freedom) ในขั้นตอนของการรวมรวม ทำให้พื้นที่ที่ได้จากการเซ็กเมนต์มีลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันสูงกว่าวิธีการในบทที่ 4

5.1 การรวมรวมเมื่อคำนึงถึงทิศทางของการสแกนภาพ

จากกระบวนการ split and merge ของ Horowitz และ Pavlidis [3], [14]. ในบทที่ 4 การสแกนในลักษณะปกติของรูปภาพจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวาที่แต่ละระดับ L สามารถสรุปขั้นตอนของการรวมรวมได้ดังนี้

- สับเซตทั้ง 4 คือ $S_{11}^L, S_{12}^L, S_{21}^L, S_{22}^L$ ในรูปที่ 5.1 สามารถรวมรวมเป็น homogeneous superset S_{11}^{L+1} ก็ต่อเมื่อ $P(S_{11}^{L+1}) = \text{ค่าจริง}$ หลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบ 4 บล็อกถัดไปคือ $S_{31}^L, S_{32}^L, S_{41}^L, S_{42}^L$
 - ถ้า $P(S_{11}^{L+1}) = \text{ค่าเท็จ}$ แล้ว $P(S_{31}^{L+1})$ จะถูกตรวจสอบในลำดับถัดไป
- ซึ่งเห็นได้ว่า ไม่ว่าบล็อกทั้ง 4 รวมรวมกันได้หรือไม่ การตรวจสอบบล็อกทั้ง 4 ที่ระดับ L ใด ๆ จะไม่มีการตรวจสอบที่เหลื่อมล้ำกันเลย ข้อจำกัดนี้จะกล่าวในหัวข้อต่อไป ซึ่งจะพิจารณาถึงทิศทางการสแกนของการรวมรวม และบางครั้งอาจมีการตรวจสอบที่เหลื่อมล้ำกันได้ ในกรณีที่ไม่สามารถทำการรวมรวมกันได้

5.1.1 การปรับปรุงการรวมรวมตามทิศทางสแกนจากบนลงล่างและซ้ายไปขวา สามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- ถ้า $P(S_{11}^L \cup S_{12}^L \cup S_{21}^L \cup S_{22}^L) = \text{ค่าจริง}$
สับเซต $S_{31}^L, S_{32}^L, S_{41}^L, S_{42}^L$ จะถูกตรวจสอบในลำดับต่อไป
- ถ้า $P(S_{11}^L \cup S_{12}^L \cup S_{21}^L \cup S_{22}^L) = \text{ค่าเท็จ}$
สับเซต $S_{21}^L, S_{22}^L, S_{31}^L, S_{32}^L$ จะถูกตรวจสอบในลำดับต่อไป
- เริ่มต้นสแกนจากบนลงล่าง โดยเพิ่มค่า row ทีละหนึ่งจนถึงสุดการสแกนทาง row จึงย้ายการสแกนไป column ถัดไป โดยเพิ่มค่า column ทีละหนึ่งเช่นเดียวกัน

S_{11}^L	S_{12}^L	S_{13}^L	S_{14}^L	o o
S_{21}^L	S_{22}^L	S_{23}^L	S_{24}^L	o
S_{31}^L	S_{32}^L	S_{33}^L	S_{34}^L	o
S_{41}^L	S_{42}^L	S_{43}^L	S_{44}^L	o o o
o	o	o	o	
o	o	o	o	
o	o	o	o	

รูปที่ 5.1 แบ่งภาพออกเป็นสี่เหลี่ยม S_{ij}^L ที่ระดับ L
 เมื่อ $L = 1, 2, \dots, n$ จำนวน $2^L \times 2^L$ จุดภาพ

5.1.2 การปรับปรุงการรวบรวมตามทิศทางสแกนจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง สามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- ถ้า $P (S_{11}^L \cup S_{12}^L \cup S_{21}^L \cup S_{22}^L) = \text{ค่าจริง}$
 สี่เหลี่ยม $S_{13}^L, S_{14}^L, S_{23}^L, S_{24}^L$ จะถูกตรวจสอบในลำดับต่อไป
- ถ้า $P (S_{11}^L \cup S_{12}^L \cup S_{21}^L \cup S_{22}^L) = \text{ค่าเท็จ}$
 สี่เหลี่ยม $S_{12}^L, S_{13}^L, S_{22}^L, S_{23}^L$ จะถูกตรวจสอบในลำดับต่อไป
- เริ่มต้นสแกนจากซ้ายไปขวา โดยเพิ่มค่าของ column ที่ละหนึ่งจนสิ้นสุด การสแกนทาง column จึงย้ายการสแกนไป row ถัดไป โดยเพิ่มค่า row ที่ละหนึ่งเช่นเดียวกัน

5.1.3 ตัวอย่างการทำเท็ทเทินเมื่อทิศทางการสแกนอยู่ในลักษณะต่าง ๆ

กรณีที่ข้อมูลภาพต้นแบบตามรูปที่ 5.2 (a) ถ้าหากกำหนดให้ค่าเท็ทเทิน (e) เป็นตัวกำหนดค่าแตกต่างสูงสุดของระดับสีเทาในแต่ละ region มีค่าเป็น 4.5 จะได้ภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนต่าง ๆ ของแต่ละวิธีในการสแกน จะพบว่า การสแกนในทิศทางจากบนลงล่างและซ้ายไปขวาให้ผลลัพธ์ในรูป 5.2 (e) ดีที่สุด เพราะพื้นที่แต่ละ region

ที่ได้มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง

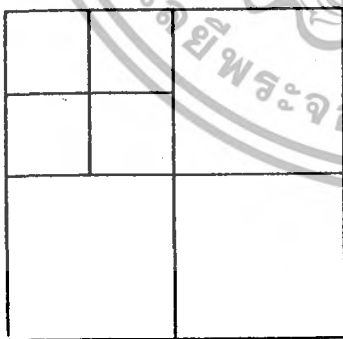
แต่ถ้าหากข้อมูลภาพต้นแบบมีค่าระดับสีเทาแสดงในรูปที่ 5.3 (a) ก็จะพบว่า ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการสแกนในทิศทางจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง คือรูปที่ 5.3 (g) ดีที่สุด เพราะให้พื้นที่แต่ละ region มีความเป็นเนื้อเดียวสูงที่สุด

จากตัวอย่างทั้งสองพบว่าเทคนิคของ Horowitz และ Pavlidis ที่กล่าวไว้ใน บทที่ 4 นั้นให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีเอาเสียเลย

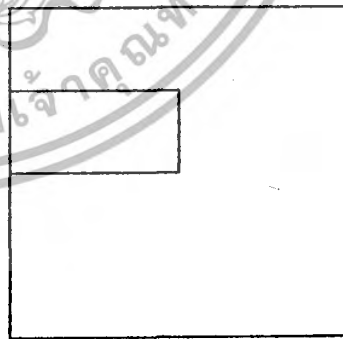
ภาพตัวอย่างในรูปที่ 5.2 (a) กับ 5.3 (a) นั้นจะพบว่าการสลับค่าระดับสีเทา บางจุดเท่าที่เห็น โดยเมื่อมีการสลับค่าระดับสีเทาแล้ว จะพบว่าทิศทางการสแกนแบบหนึ่ง จะให้ข้อดีเหนือกว่าอีกแบบหนึ่ง จึงเกิดแนวความคิดว่าน่าจะจะรวมเอาเทคนิคทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วใช้ประมวลผลไปพร้อม ๆ กัน โดยขั้นตอนของการรวบรวมจะทำการตรวจสอบ ก่อนว่า ทิศทางการสแกนแบบไหนจะให้พื้นที่หลังการรวบรวมแล้วมีความเป็นเนื้อเดียวสูงที่สุด ก็จะเลือกเอาทิศทางการสแกนนั้น จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคนิคการแบ่งแยกและการรวบรวมแบบใหม่ดังจะได้เสนอในหัวข้อที่ 5.2

0	1	1	0
5	5	1	0
4	4	0	0
0	0	0	0

(a)



(b)

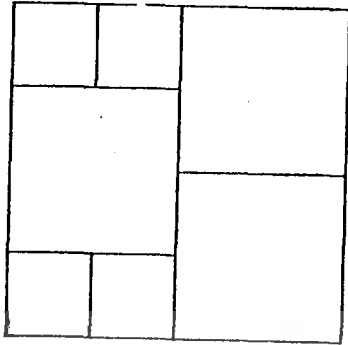


(c)

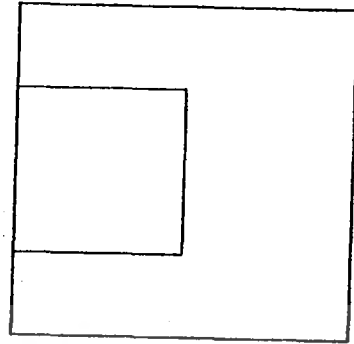
รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ตัวอย่างการแบ่งแยกและการรวบรวม ($\epsilon = 4.5$)

- (a) ข้อมูลต้นแบบ (b) วิธีดั้งเดิมของ Horowitz และ Pavlidis [3],[14]
- (c) ผลลัพธ์หลังจากกรู๊ปिंगของ (b)

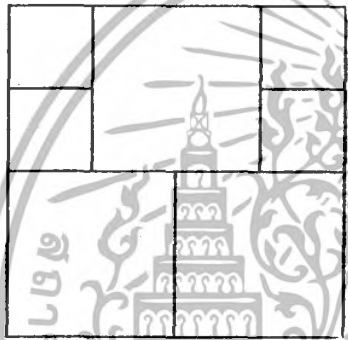
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



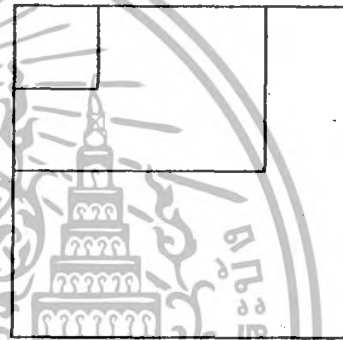
(d)



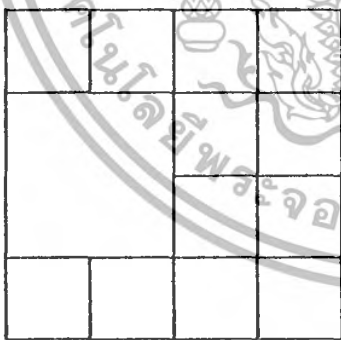
(e)



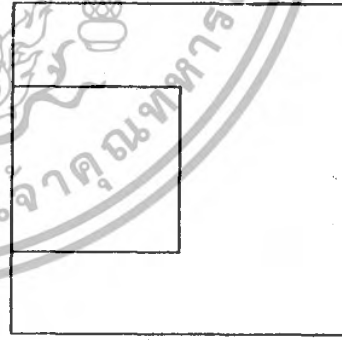
(f)



(g)



(h)



(i)

รูปที่ 5.2 (ต่อ)

(d) วิธีที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.1.1

(e) ผลลัพธ์ของ (d) หลังจากกรู๊พिंग

(f) วิธีที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.1.2

(g) ผลลัพธ์ของ (f) หลังจากกรู๊พिंग

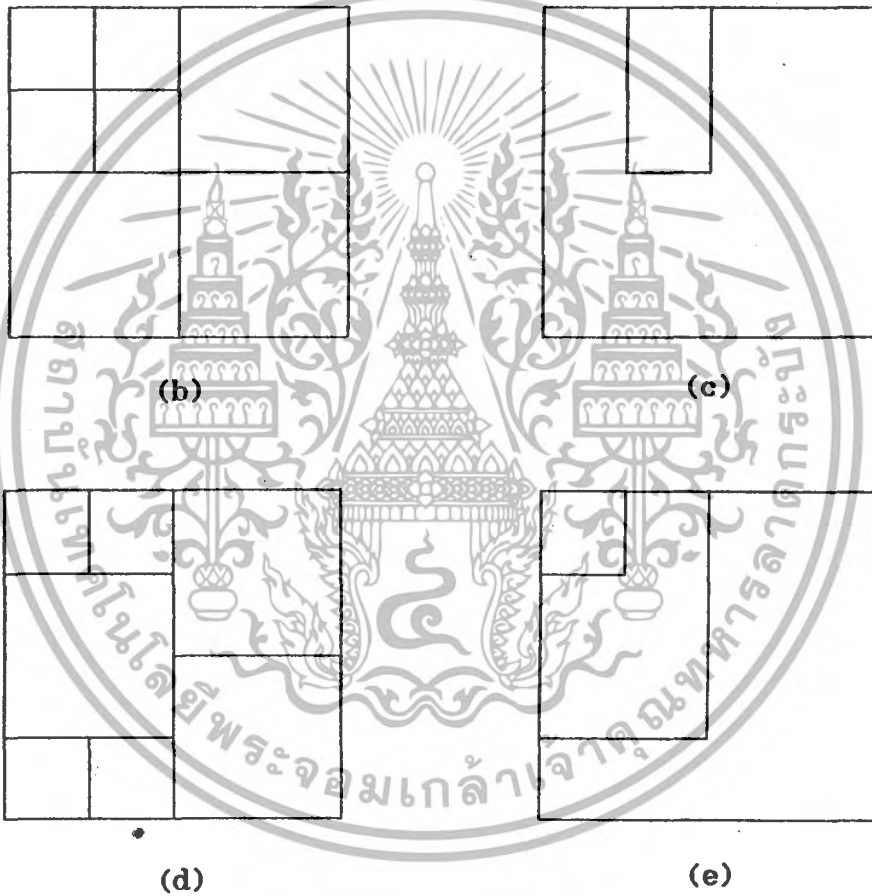
(h) การปรับปรุงการรวบรวมในหัวข้อ 5.2

(i) ผลลัพธ์หลังจากกรู๊พिंगของ (h)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	5	4	0
1	5	4	0
1	1	0	0
0	0	0	0

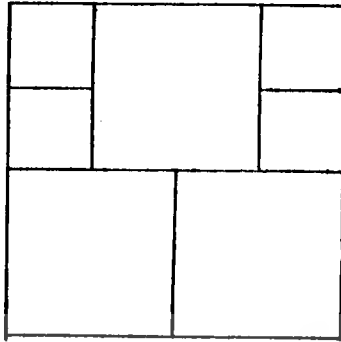
(a)



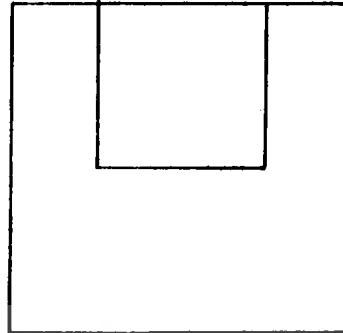
รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์ตัวอย่างการแบ่งแยกและการรวบรวม ($\epsilon = 4.5$)

- (a) ข้อมูลต้นแบบ
- (b) วิธีดั้งเดิมของ Horowitz และ Pavlidis [3],[14]
- (c) ผลลัพธ์หลังจากกรู๊ปिंगของ (b)
- (d) วิธีที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.1.1
- (e) ผลลัพธ์ของ (d) หลังจากกรู๊ปिंग

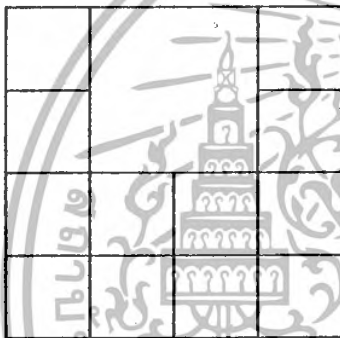
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



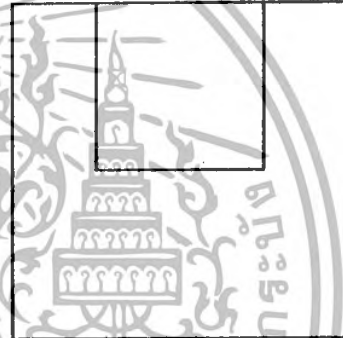
(f)



(g)



(h)



(i)

รูปที่ 5.3 (ต่อ)

- (f) วิธีที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.1.2 (g) ผลลัพธ์ของ (f) หลังจากการเรียง
 (h) การปรับปรุงการรวมในหัวข้อ 5.2 (i) ผลลัพธ์หลังจากการเรียงของ (h)

5.2 การปรับปรุงกระบวนการแบ่งแยกและการรวม

(Modification of Split-and-Merge Algorithm)

เทคนิคในหัวข้อ 5.1.1 และ 5.1.2 ให้ผลลัพธ์ที่ขึ้นกับลักษณะของทิศทางการสแกน บางครั้งการสแกนจากบนลงล่างและซ้ายไปขวาให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการสแกนจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง ในทางกลับกันกรณีอื่นหลังนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่ากรณีแรก แนวทางการแก้ปัญหาถึงข้อเสียทั้งสองวิธีนี้ เราจึงปรับปรุงกระบวนการเสียใหม่โดยมีขั้นตอนการทำงานดังจะกล่าวต่อไปนี้

กระบวนการ การปรับปรุงการรวบรวมพื้นที่ของภาพที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดดังนี้

$$M_{11} = \max (S_{11}^L, S_{12}^L, S_{21}^L, S_{22}^L)$$

$$m_{11} = \min (S_{11}^L, S_{12}^L, S_{21}^L, S_{22}^L)$$

$$M_{12} = \max (S_{12}^L, S_{13}^L, S_{22}^L, S_{23}^L)$$

$$m_{12} = \min (S_{12}^L, S_{13}^L, S_{22}^L, S_{23}^L)$$

$$M_{21} = \max (S_{21}^L, S_{22}^L, S_{31}^L, S_{32}^L)$$

$$m_{21} = \min (S_{21}^L, S_{22}^L, S_{31}^L, S_{32}^L)$$

$$M_{22} = \max (S_{22}^L, S_{23}^L, S_{32}^L, S_{33}^L)$$

$$m_{22} = \min (S_{22}^L, S_{23}^L, S_{32}^L, S_{33}^L)$$

2. คำนวณค่าความแตกต่าง heterogeneity ดังนี้

$$d (S_{11}^{L+1} = S_{11}^L, S_{12}^L, S_{21}^L, S_{22}^L) = M_{11} - m_{11}$$

$$d (S_{12}^{L+1} = S_{12}^L, S_{13}^L, S_{22}^L, S_{23}^L) = M_{12} - m_{12}$$

$$d (S_{21}^{L+1} = S_{21}^L, S_{22}^L, S_{31}^L, S_{32}^L) = M_{21} - m_{21}$$

$$d (S_{22}^{L+1} = S_{22}^L, S_{23}^L, S_{32}^L, S_{33}^L) = M_{22} - m_{22}$$

3. ตรวจสอบ heterogeneity ต่ำสุด ดังนี้

$$\text{minDif} = \min [d (S_{11}^{L+1}), d (S_{12}^{L+1}), d (S_{21}^{L+1}), d (S_{22}^{L+1})]$$

4. ตรวจสอบ logical homogeneity predicate ดังนี้

If $\text{minDif} \leq \epsilon$ then ดำเนินการตามหัวข้อที่ 5

5. รวบรวมสับเซตเป็น superset ดังนี้

Case minDif of

$d (S_{11}^{L+1})$: merge $S_{11}^L, S_{12}^L, S_{21}^L, S_{22}^L$ together

$d (S_{12}^{L+1})$: merge $S_{12}^L, S_{13}^L, S_{22}^L, S_{23}^L$ together

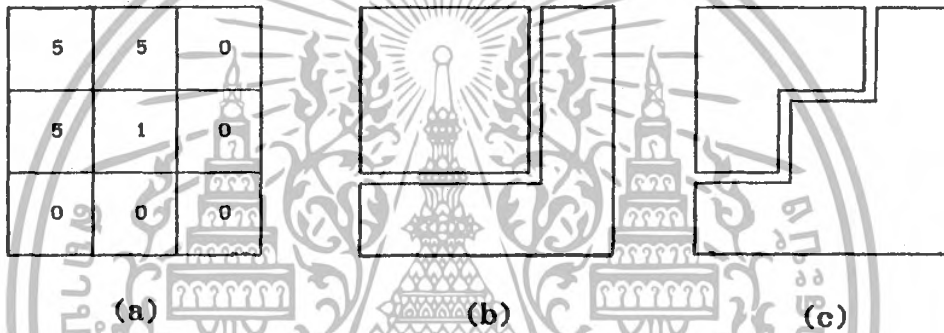
$d(S_{21}^{L+1})$: merge $S_{21}^L, S_{22}^L, S_{31}^L, S_{32}^L$ together
 $d(S_{22}^{L+1})$: merge $S_{22}^L, S_{23}^L, S_{32}^L, S_{33}^L$ together

end;

6. กระทำทุก ๆ บล็อก จาก initialize node cutset ในขั้นตอนที่ 1 ของบทที่ 4 แล้วดำเนินการตามหัวข้อที่ 1 ถึง 4

7. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 ในบทที่ 4 ต่อไป

ประสิทธิภาพของการรวมรวมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างเปรียบเทียบการรวมรวมและการแบ่งแยก เมื่อกำหนดให้ $\epsilon = 4.5$

- (a) ขั้วมูลต้นแบบ
- (b) ผลลัพธ์ของการแบ่งแยกและการรวมรวมจากวิธีของ Horowitz และ Pavlidis
- (c) ผลลัพธ์ของการปรับปรุงกระบวนการรวมรวมที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.2

5.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง

การประมวลผลที่ใช้ข้อมูลรูปที่ 1.1, 1.2, 1.3 และรูปที่ 1.4 เป็นภาพข้อมูลต้นแบบและใช้เงื่อนไขเช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 4 โดยการตัดส่วนรูปที่ 1.1 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (25,2) และรูปที่ 1.2 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (126,1) ให้เป็นภาพขนาด 128x128 (Ln=7) รูปที่ 1.3 นั้นเป็นภาพขนาด 128x128 จุด (Ln=7) ส่วนรูปที่ 1.4 เป็นภาพขนาด 64x64 จุด (Ln=6) ผลลัพธ์ตัวอย่างที่หนึ่งและสองดังแสดงในรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 7 \in = 70$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพที่ได้เท่ากับ 333 และ 410 ตามลำดับ ผลลัพธ์ตัวอย่างที่สามดังแสดงในรูปที่ 5.7 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 7 \in = 72$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 118 และผลลัพธ์ตัวอย่างที่สี่แสดงในรูปที่ 5.8 เมื่อกำหนดให้ $L_0 = 6, \in = 15$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 172 รูปที่ 5.5(a), 5.6(a), 5.7(a) และ 5.8(a) แสดง boundary regions ส่วนรูปที่ 5.5(b), 5.6(b), 5.7(b) และ 5.8(b) แสดงภาพต้นแบบซ้อนทับ (Overlay) รูป (a) ส่วนรูป (c) เป็นการผสมสีให้กับพื้นที่รูป (a) สำหรับรายละเอียดไฟล์ข่าวรตการงานของการปรับปรุงการรวบรวมที่สามารถดูได้ในภาคผนวก ง. และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละรูปดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

รูปที่	5.5	5.6	5.7	5.8
พ.ม./นาที/วินาที	00/00/12	00/00/12	00/00/12	00/00/03

5.4 สรุป

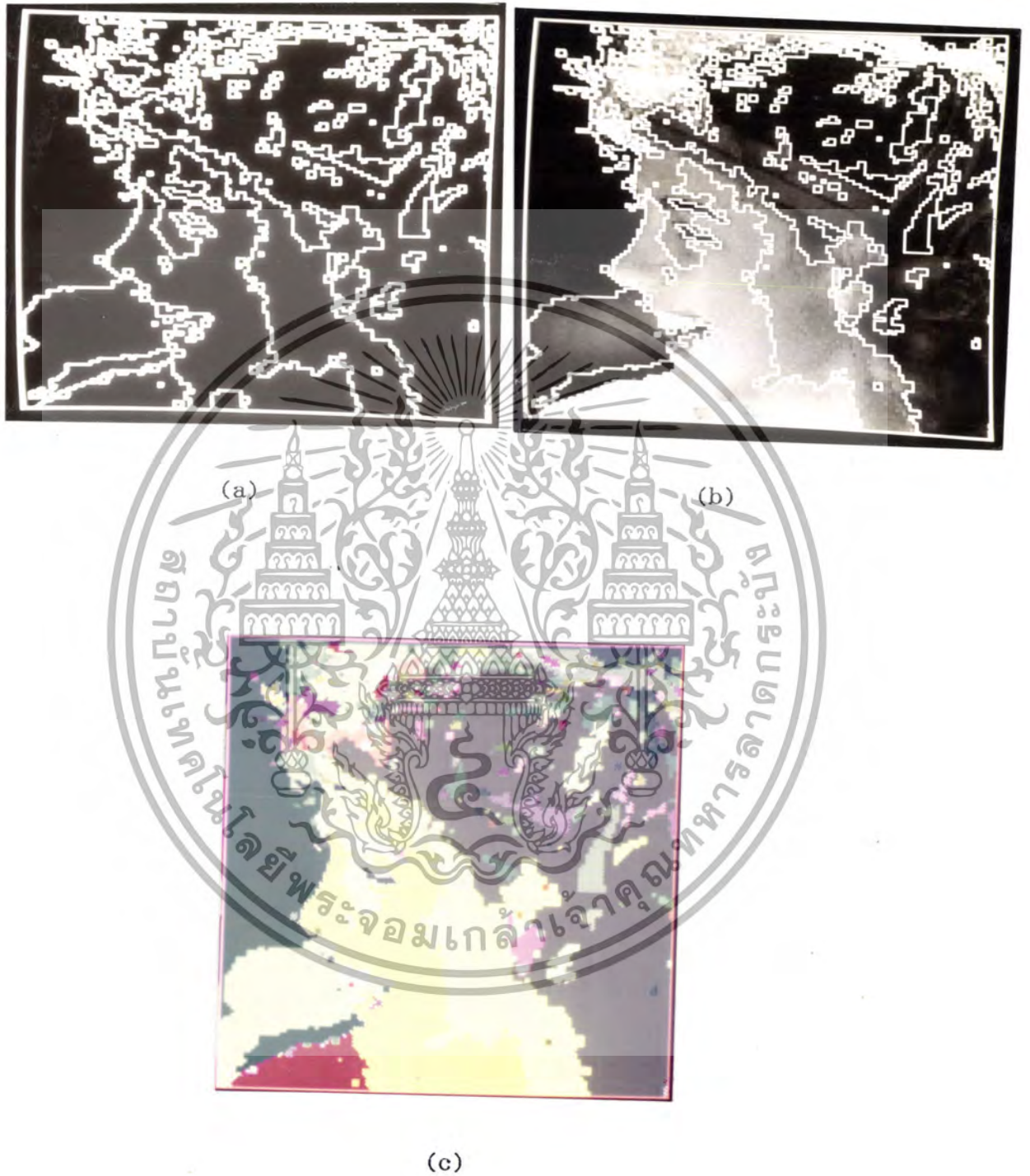
การทำเช็กแมนเต็นภาพที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมในหัวข้อ 5.2 จะให้รูปร่างพื้นที่หรือบริเวณ (Regions) ในลักษณะต่าง ๆ กันที่สอดคล้องกับสูตรพื้นฐาน หัวข้อ 4.1 ในบทที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์รูปที่ 5.5, 5.6, 5.7 และ 5.8 โดยวิธีการที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.2 ในบทนี้ กับภาพผลลัพธ์ที่ได้รูปที่ 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13 ด้วยวิธีการของ Horowitz และ Pavlidis จะเห็นได้ชัดเจนว่า รูปที่ 5.5, 5.6, 5.7 และ 5.8 ให้ผลลัพธ์เช็กแมนที่ดีกว่า ลักษณะของเช็กแมนที่พยายาม form ตัวเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจะมีน้อยกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะเราได้เพิ่มโอกาสการรวบรวมของบล็อกใด ๆ ให้สูงขึ้น กล่าวคือบล็อกใด ๆ จะมีโอกาสรวมกับกลุ่มบล็อกอื่น ๆ ได้ 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีบล็อกนั้นเป็นบล็อกร่วม

สำหรับการวัด heterogeneity นี้จะทำให้คุณสมบัติของ variance มาใช้ก็ได้ แต่จะเสียเวลาในการคำนวณสูงมาก เนื่องจากค่าของเลขยกกำลัง เราจึงเลือกวิธีการหาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดแทน เนื่องจากใช้เวลาในการคำนวณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพอีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการปรับปรุงขั้นตอนของการรวมรวมนี้ยังให้ผลลัพธ์ที่ขึ้นอยู่กับทิศทางการสแกนของภาพอีก เช่น การรวมรวมตามทิศทางการสแกนของภาพจากซ้ายไปขวาหรือจากขวาไปซ้ายจะให้ผลลัพธ์เชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน ในการแก้ไขข้อเสียนี้ทำได้โดยวิธีการรวมรวมไปตามที่กตเตสทสแนมิ่งทรี (Shortest Spanning Tree) ซึ่งจะนำไปกล่าวในบทที่ 6 ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 เช็กเม้นเตชั่นด้วยวิธีการที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.2 กับภาพในรูปที่ 1.1
เมื่อ $L_0 = 7$ และ $\epsilon = 70$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ขีดทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.1

(c) สุ่มสีให้กับพื้นที่ที่เช็กเม้นท์ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 เริ่กเมเนตค้นด้วยวิธีการที่เสนอไว้ใหน้หัวข้อ 5.2 กับภาพในรูปที่ 1.2
เมื่อ $L_0 = 7$ และ $\epsilon = 70$

- (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ซ้อนกับภาพต้นแบบรูปที่ 1.2
(c) สุ่มสีให้ก้นที่เริ่กเมเนต (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

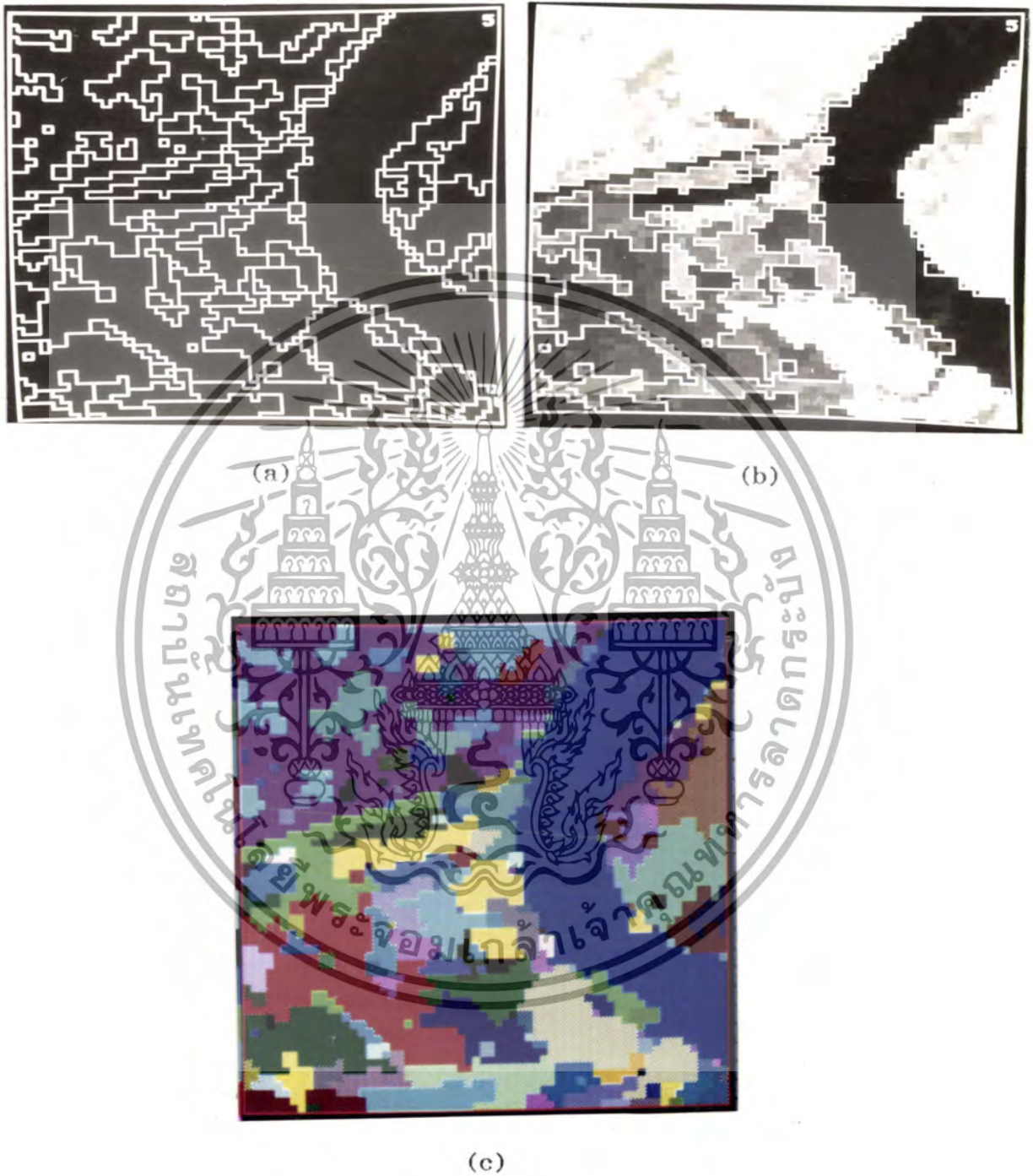


รูปที่ 5.7 เท็กซ์เจอร์แมตซ์ด้วยวิธีการที่เสนอไว้ไนตัวชัค 5.2 กับภาพไนรูปที่ 1.3
เมื่ $I_0 = 7$ และ $\epsilon = 72$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ซึ่ลบกับภาพต้นแบบรูปที่ 1.3

(c) สุ่มสีให้แก่มุมที่เท็กซ์เจอร์ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 เ็็กเมตเตชั่นด้วยวิธีการที่เสนอไว้ในหัวข้อ 5.2 กับภาพในรูปที่ 1.4
เมื่อ $I_0 = 6$ และ $\epsilon = 15$

- (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ที่ลบค่าเกณฑ์แบบรูปที่ 1.4
(c) สุ่มสีให้กับจุดที่เ็็กเมตเตชั่น (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

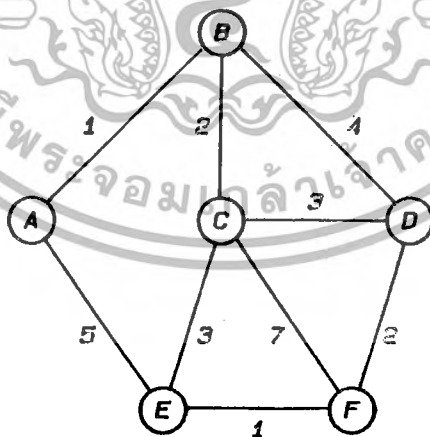
การทำเท็กเมนต์ที่ภาพโดยที่กตเตสทสเนกึ่งทรี (Image Segmentation by Shortest Spanning Tree)

จากการปรับปรุงกระบวนการ การแบ่งแยกและการรวบรวมภาพในบทที่ 5 นั้น ถึงแม้จะให้โอกาสของการรวบรวมภาพได้อย่างอิสระเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่จะให้ผลลัพธ์ที่เฉพาะที่ (Local Optimization) เท่านั้น ปัญหาที่ศึกษาทางการสแกนภาพสำหรับการรวบรวมภาพที่ยังคงมีอยู่ ในบทนี้ได้แก้ไขข้อเสียดังกล่าวโดยประยุกต์ทฤษฎีกราฟ จากการพัฒนาของบทความ [16],[17] ด้วยการเพิ่มค่าเชอริฟ โสลดความเป็นเนื้อเดียวกันให้กับพื้นที่บริเวณภาพ

6.1 ทฤษฎีกราฟ (Graph Theory)

การแทนภาพด้วยกราฟในบทนี้ต่างกับในบทที่ 4 โดยในบทที่ 4 นั้นใช้ Quartic Picture Tree เป็นโครงสร้างของข้อมูล ในบทนี้กล่าวถึง Shortest Spanning Tree ในการวิเคราะห์การเท็กเมนต์ภาพ

ให้กราฟ $G=(V, E)$ เป็นกราฟที่ประกอบด้วยเซตของจุดยอด V โดยที่จุดยอด V_1 และ V_2 เป็นจุดปลายที่ติดกันที่เชื่อมต่อดด้วยลิงค์ (Link) $E_{1,2}$ ส่วนน้ำหนัก (Weight) ของจุดยอด V_1 คือ v_1 และน้ำหนักของลิงค์ $E_{1,2}$ คือ $e_{1,2}$

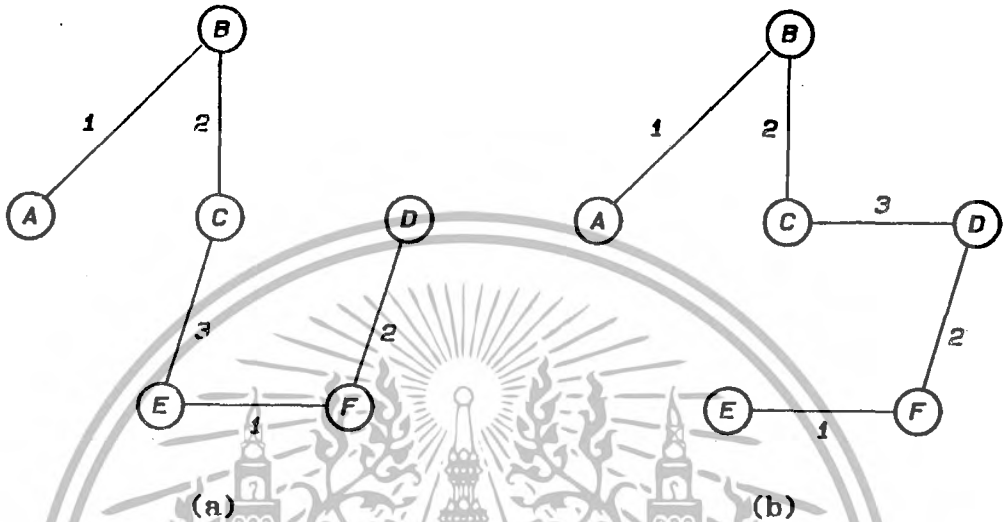


รูปที่ 6.1 กราฟ

ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 6.1 กราฟประกอบด้วยจุดยอด A, B, C, D, E และ F และมีน้ำหนักระหว่างจุดยอด (Link Weight) ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟย่อย (Partial Graph) เป็นกราฟที่มีจำนวนจุดยอดเท่ากับกราฟต้นแบบ (Original Graph) แต่จะมีลิงค์เป็นสับเซต (Subset) ของกราฟต้นแบบเท่านั้น ตัวอย่างเช่นในกราฟรูปที่ 6.2 (a) และ (b) เป็นกราฟย่อยของรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.2 แสดงที่ทดสอบสเปกตรัมของกราฟในรูปที่ 6.1

ลูกโซ่ (Chain) เป็นทางเดินของลิงค์ในกราฟ

ไซเคิล (Cycle) เป็นทางเดินลูกโซ่ และทางเดินจะสิ้นสุดเมื่อจุดยอดเริ่มต้น และจุดยอดปลายเป็นจุดยอดกันเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ทางเดิน A,B,C,E,A ในรูปที่ 6.1

ทรี (Tree) เป็นทางเดินของกราฟที่ไม่ครบวงจรมือไม้ครบไซเคิล ดังนั้น ทรีที่เชื่อมต่อดำเนินจุดยอด N จุด จะมีลิงค์เท่ากับ N-1 ลิงค์

สเปกตรัมทรี (Spanning Tree) เป็นทรีซึ่งเป็นกราฟย่อย

ที่ทดสอบสเปกตรัมทรี (Shortest Spanning Tree) หรือ SST เป็น สเปกตรัมทรีซึ่งมีผลรวมน้ำหนักของลิงค์ที่มีค่าน้อยที่สุด SST นั้นไม่จำเป็นว่าจะต้องมีเพียง คำตอบเดียว ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 6.2 (a) และ (b) แสดงกราฟ SST ที่เป็นไปได้ 2 แบบ ซึ่งผลรวมของ weight = 9 ซึ่งให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุด เป็นต้น

6.2 การทำเครื่องหมายบนโคคาตักบนฐานทางทฤษฎีกราฟ

(Segmentation Based on Graph Theory)

การจำแนกภาพด้วยวิธีการทำเครื่องหมายบนภาพโดยอาศัยพื้นฐานทางทฤษฎีกราฟ เริ่มขึ้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 แปลงภาพให้อยู่ในรูปของกราฟ

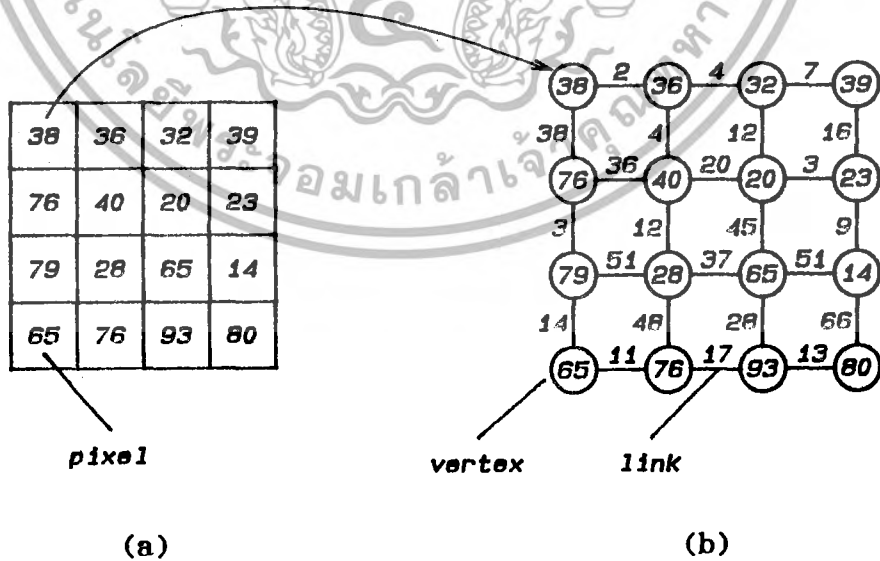
ในการใช้ทฤษฎีกราฟสำหรับการวิเคราะห์ภาพนั้น ก่อนอื่นต้องแปลงภาพให้อยู่ในรูปของกราฟเสียก่อน โดยทำการแปลงแต่ละจุดภาพให้อยู่ที่จุดยอดของกราฟ ในขั้นนี้ใช้ค่าระดับสีเทาของจุดภาพให้เป็นน้ำหนักที่จุดยอด ดังนั้นถ้าค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่ง (x,y) คือ $f(x,y)$ แล้ว น้ำหนักที่จุดยอดที่ได้คือ

$$v_i = f(x,y) \tag{6.1}$$

หลังจากที่คำนวณน้ำหนักที่ลิงค์ด้วยค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ของความแตกต่างระหว่างน้ำหนักที่จุดยอด ซึ่งหมายถึงการวัดความเหมือนหรือความคล้ายคลึง (Similarity) ระหว่างจุดภาพหรือจุดยอดข้างเคียงนั่นเอง ดังนั้นจะได้ว่า

$$e_{i,j} = |v_i - v_j| \tag{6.2}$$

เนื่องจากเราสนใจความคล้ายคลึงระหว่างจุดภาพข้างเคียงที่อยู่ใกล้ที่สุด ลิงค์ที่เชื่อมต่อกับจุดยอดจึงมีลักษณะเป็น 4 ทิศทาง จากรูปที่ 6.3 (a) เป็นตัวอย่างข้อมูลตัวเลขที่ให้ในขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 4 และรูปที่ 6.3 (b) เป็นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปของกราฟตามขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 6.3 การแปลงข้อมูลตัวเลขในรูป (a) ให้เป็นกราฟในรูป (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 หาโครงสร้างของกราฟโดยที่สแนมิ่งทรีมีน้ำหนักกราฟน้อยที่สุด (SST) ดังนี้

2.1 ให้ $L = N-1$

เมื่อ L คือจำนวนลิงค์ทั้งหมดใน SST

N คือจำนวนจุดของภาพที่ใช้ในการประมวลผล

2.2 หาทรีที่มีน้ำหนักลิงค์น้อยที่สุดในกราฟ โดยที่ทางเดินของทรีมีลักษณะไม่ครบวงจร

2.3 เก็บค่าโคออร์ดิเนตของจุดยอด 2 จุดที่ถูกเชื่อมต่อด้วยลิงค์ในหัวข้อ 2.2 ลงในหน่วยความจำ

2.4 คำนวณค่าเฉลี่ยของจุดยอดสองจุดหรือบริเวรทั้งสองที่ถูกเชื่อมต่อด้วยลิงค์ในหัวข้อ 2.2

2.5 คำนวณน้ำหนักลิงค์ใหม่ด้วยสมการ (6.2)

2.6 ลดค่าจำนวนลิงค์ด้วยทั้งนี้

$$L = L-1$$

2.7 กระทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2.2 ถึง 2.6 จนกระทั่ง $L = 0$

รูปที่ 6.4 นี้เป็นตัวอย่งผลลัพธ์ SST ตามขั้นตอนที่ 2 เมื่อที่ข้อมูลภาพอินพุตมาจากรูปที่ 6.3 โดยเรียงลำดับจากลิงค์ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดไปหามากที่สุดคือ ลำดับ A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N และ O

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าแบริโกลด์ความเป็นแอ็ดเจซว (ϵ) ที่ต้องการให้บนพื้นที่บริเวณภาพ

ขั้นตอนที่ 4 ทำเท็กเมอจจาก SST ดังนี้

4.1 ให้ $I = N-1$ เหมือนขั้นตอนที่ 2.1

4.2 เคาค่าโคออร์ดิเนตที่เก็บไว้ในหน่วยความจำออกมาจากขั้นตอน 2.3 แบบเข้าไปก่อนและออกมาทีละ (First In First Out) หรือ FIFO

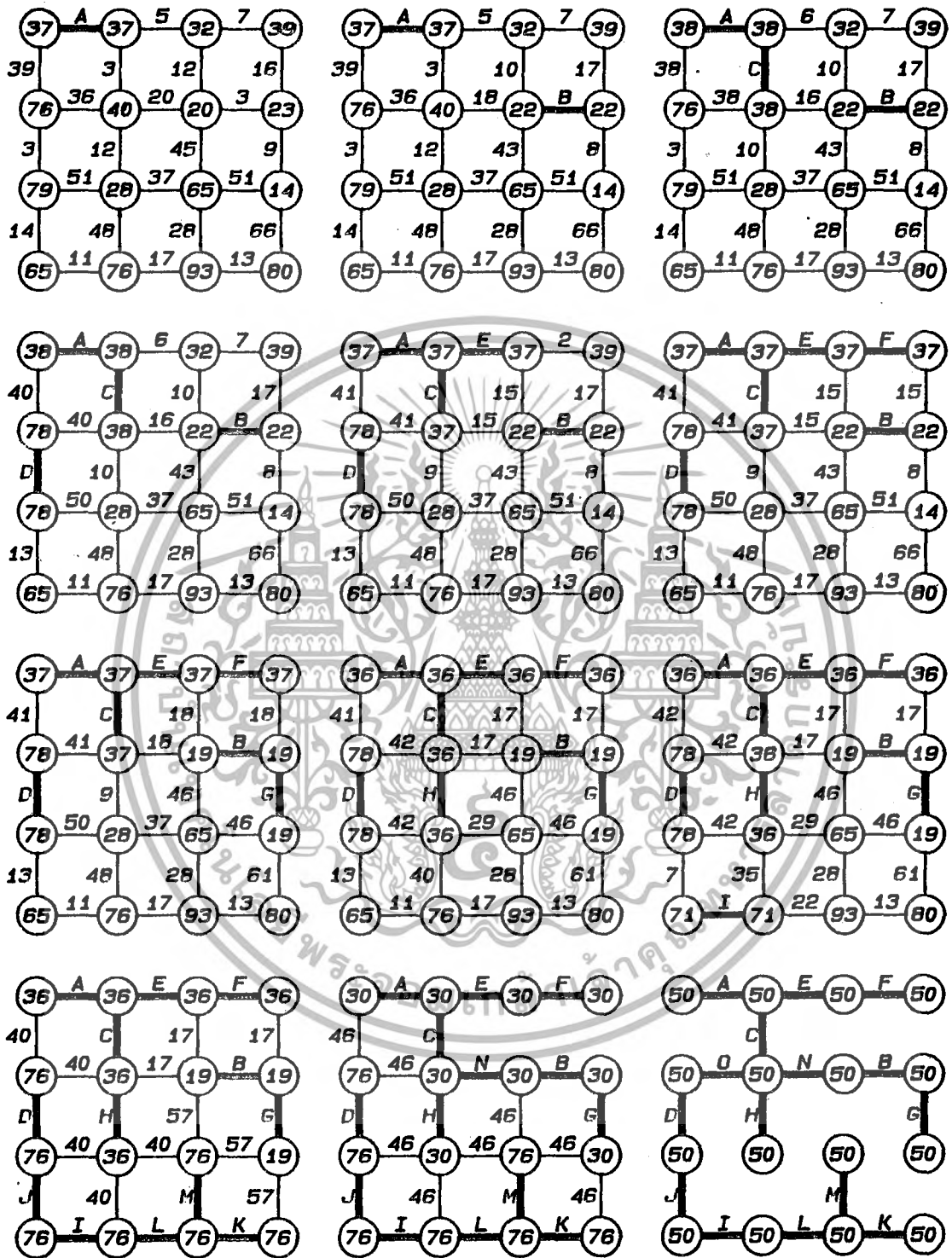
4.3 หาค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุด จากโคออร์ดิเนตของจุดยอดทั้ง 2 ในขั้นตอน 4.2 หรือจุดยอดที่เชื่อมต่อบริเวรพื้นที่สองบริเวณ

4.4 ตรวจสอบเงื่อนไขว่า ถ้าความแตกต่างของค่าระดับสีเทาสูงสุดและต่ำสุดจากขั้นตอนที่ 4.3 น้อยกว่าหรือเท่ากับ ϵ เป็นจริงแล้ว ให้ทำการรวบรวม (Merge) จุดยอดหรือพื้นที่ทั้งสองเข้าด้วยกัน มิฉะนั้นแล้วเงื่อนไขจะเป็นเท็จคือ แยกจุดยอดหรือพื้นที่ทั้งสองออกจากกัน

4.5 $I = I-1$

4.6 กระทำซ้ำขั้นตอนที่ 4.2 ถึง 4.5 จนกระทั่ง $I = 0$ เป็นอันสิ้นสุด

กระบวนการ



รูปที่ 6.4 แสดง SST ของรูปที่ 6.3 (b) ตามขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักศึกษาเห็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	1	1	1
2	1	3	3
2	1	4	3
2	2	5	5

(a)

38	36	32	39
76	40	20	23
79	28	65	14
65	76	93	80

(b)

รูปที่ 6.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 และ 4 เมื่อกำหนดให้ $\epsilon=20$

- (a) ลาเบล (Label) ของพื้นที่ต่าง ๆ
- (b) พื้นที่ต่าง ๆ ที่ถูกล้อมรอบขอบเขตด้วยเส้นประ

1	1	1	1
2	1	1	1
2	1	3	4
2	2	5	5

(a)

38	36	32	39
76	40	20	23
79	28	65	14
65	76	93	80

(b)

รูปที่ 6.6 แสดงผลลัพธ์ตามวิธีการของบทที่ 5 เมื่อ $\epsilon=20$

- (a) ลาเบลของพื้นที่ต่าง ๆ
- (b) พื้นที่ต่าง ๆ ที่ถูกล้อมรอบขอบเขตด้วยเส้นประ

จากรูปที่ 6.5 เป็นผลลัพธ์ที่ได้ตามขั้นตอนที่ 3 และ 4 จากการกำหนดให้ค่า $\epsilon=20$ โดยรูปที่ 6.5 (a) แสดงให้เห็นถึงบริเวณที่ถูกแบ่งแยกด้วยลาเบล และรูปที่ 6.5 (b) เป็นผลลัพธ์แสดงขอบเขตบนที่ล้อมตัวเลขที่สอดคล้องกับรูปที่ 6.3 (a) ส่วนรูปที่ 6.6 เป็นผลลัพธ์ตัวอย่างที่ได้เมื่อกะทำตามวิธีการของบทที่ 5 โดยที่ $\epsilon = 20$ เช่นกัน จากการพิจารณาถึงความเป็นเนื้อเดียวกัน จะพบว่าในบริเวณที่มีลาเบลเป็น 1 (หนึ่ง) ของรูปที่ 6.5 นั้น จะให้ค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าระดับสีเทาของจุดภาพในบริเวณนี้จะ

เท่ากับ 12 แต่ในกรณีของรูปที่ 6.6 บริเวณที่มีลาเบลเป็น 1 (หนึ่ง) จะให้ค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าระดับสีเทาเท่ากับ 20 นี้ก็แสดงให้เห็นให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าเทคนิคการเท็กเมนต์ที่แบบ SSB ให้ความเป็นเนื้อเดียวกันหรือความเหมือน (Similarity) ของบริเวณต่าง ๆ สูงกว่าเทคนิคอื่น ๆ ที่กล่าวมา

6.3 ผลลัพธ์จากการทดลอง

การประมวลผลที่ใช้ข้อมูลรูปที่ 1.1, 1.2, 1.3 และรูปที่ 1.4 เป็นภาพข้อมูลต้นแบบและให้เงื่อนไขเช่นเดียวกับการทดลองในบทที่ 4 และ บทที่ 5 โดยการตัดส่วนรูปที่ 1.1 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (25,2) และรูปที่ 1.2 เริ่มจากตำแหน่ง (x,y) ที่จุด (126,1) ให้เป็นภาพขนาด 128 x 128 รูปที่ 1.3 นั้นเป็นภาพขนาด 128 x 128 จุด ส่วนรูปที่ 1.4 เป็นภาพขนาด 64 x 64 จุด ผลลัพธ์ตัวอย่างที่หนึ่งและสองดังแสดงในรูปที่ 6.7 และรูปที่ 6.8 เมื่อกำหนดให้ $\epsilon = 70$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพที่ได้เท่ากับ 273 และ 383 ตามลำดับ ผลลัพธ์ตัวอย่างที่สามดังแสดงในรูปที่ 6.9 เมื่อกำหนดให้ $\epsilon = 72$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 103 และผลลัพธ์ตัวอย่างที่สี่แสดงในรูปที่ 6.10 เมื่อกำหนดให้ $\epsilon = 15$ จำนวนพื้นที่บริเวณภาพเท่ากับ 147 รูปที่ 6.7, 6.8, 6.9 และ 6.10(a) แสดง boundary regions ส่วนรูปที่ 6.7, 6.8, 6.9 และ 6.10(b) แสดงภาพต้นแบบที่ลดทอนรูป (a) ส่วนรูป (c) เป็นการผสมสีให้กับรูป (a) สำหรับรายละเอียดโปรดดูวิธีการทำงานของภาพปรับแต่งการรวมรวมนี้ สามารถได้ในภาคผนวก จ. และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละรูปดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

รูปที่	6.7	6.8	6.9	6.10
(ขั้นตอนที่ 1-2) ช.ม./นาที/วินาที	05/35/41	05/37/43	05/24/09	00/21/12
(ขั้นตอนที่ 3-4) ช.ม./นาที/วินาที	00/44/08	00/43/50	00/44/37	00/02/43

6.4 สรุป

การทำเท็กเมกเตชันภาพโดยอาศัยทฤษฎีกราฟพื้นฐานที่เรียกว่า ท็อดเตสทสแนนนิ่งทรี จะทำการรวบรวมภาพจากจุดยอดหรือบริเวณที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยที่สุดก่อน ผลลัพธ์ของการเท็กเมกทีโมแต่ละขั้นที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูงกว่าวิธีการที่เสนอไว้ในบทที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์รูปที่ 6.7 (b) กับ 5.5 (b) จะพบว่ารูปที่ 6.7 (b) ให้ผลลัพธ์ของการจำแนกภาพได้ดีกว่า เช่น ขอบเขตของตา คิ้ว ที่คาดผม นิ้ว ริมฝีปาก และขอบเขตของฉากหลัง (Background) ด้านล่างที่ขาหนีบ เก้มต้น เมื่อเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์รูปที่ 6.9 (b) กับ 5.7 (b) จุดที่สังเกตเห็นได้ชัดคือ เท็กเมกทีโมส่วนที่ขลิบออกมาทางด้านขวาเมื่อรูปที่ 6.9 ในขณะที่รูป 5.7 ไม่ปรากฏให้เห็นเท็กเมกทีโมส่วนนี้เลย และทำนองเดียวกันกับเส้นขอบด้านซ้ายมือซึ่งไม่ควรจะรวบรวมกลุ่มเข้ากับฉากหลังสำหรับภาพเท็กเมกทีโมผลรวมที่รูปที่ 6.8 (b) และ 6.10 (b) กับรูปที่ 5.6 (b) และ 5.8 (b) ก็เช่นกัน จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าการจับกลุ่มของข้อมูลรูปที่ 6.8 (b) และ 6.10 (b) มีการแยกแยะข้อมูลภาพได้ดีกว่า





รูปที่ 6.7 เช็กเม้นต์ขึ้นด้วยวิธีการที่เสนอไว้ในบทนี้กับภาพในรูปที่ 1.1
เมื่อ $\epsilon = 70$

(a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ซ้อนทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.1

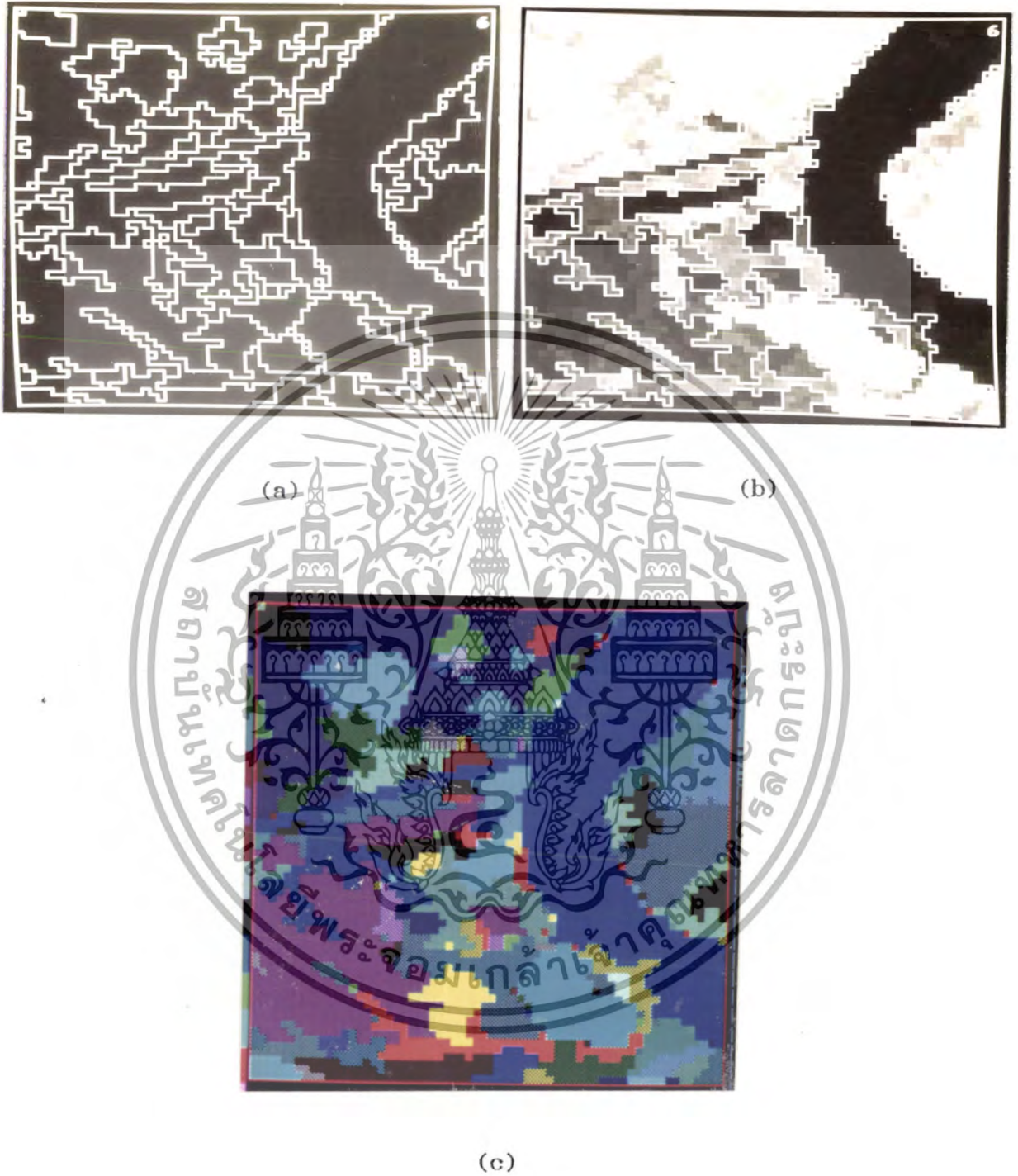
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(c) สวมสีให้กับพื้นที่ที่เช็กเม้นต์ (a) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 เ็็กเมตเต้นด้วยวิธีการที่เสนอไว้ในเทกซ์ที่ภาพในรูปที่ 1.3
เมื่อ $\epsilon = 72$

- (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง (b) รูป (a) ซ้อนทับภาพต้นแบบรูปที่ 1.3
(c) ส่วนสีให้ทับกันที่เซ็กเมนต์ (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 เช็กเมนเตชันด้วยวิธีการที่เสนอไว้โดยที่ $\epsilon = 15$

- (a) แสดงขอบเขตด้วยเส้นตรง
- (b) รูป (a) ที่ลดทอนภาพต้นแบบรูปที่ 1.4
- (c) สุ่มสีไว้ที่ทุกที่ที่เช็กเมน (a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทำเท็กเมเนตที่นภาพด้วยวิธีการแบ่งแยกและการรวบรวมของ Horowitz และ Pavlidis [14] ได้มีข้อจำกัดในการรวบรวมพื้นที่ต่างอิสระ เนื่องจากการแบ่งแยกและการรวบรวมค่าสี่ $Quartic$ Picture Tree เป็นโครงสร้างของข้อมูลภาพ ทำให้หมดโอกาสที่จะตรวจสอบผลคั้ง 4 ที่อยู่ถัดไป ซึ่งอาจสามารถทำการรวบรวมกันได้ จึงอาศัยข้อเสียนั้นมาพิจารณาถึงการรวบรวมตามทิศทางของการสแกนเป็น 2 กรณี คือ การสแกนจากบนลงล่าง-ซ้ายไปขวา และการสแกนจากที่ข้ไปขวา-บนลงล่าง โดยที่ การสแกนไปทางใดทางหนึ่งนั้นจะเพิ่ม ไม่ทีละ row และทีละ column ขณะที่วิธีการของ Horowitz และ Pavlidis จะเพิ่มไปทีละ 2 row และทีละ 2 column

จากเงื่อนไขตามทิศทางของการสแกนทั้ง 2 กรณีดังกล่าว ยังไม่ใช่วิธีทางการแก้ปัญหาได้เลย ถึงแม้ในกรณีใดกรณีหนึ่ง ใน 2 กรณีนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าก็ตาม และผลที่ได้จากทั้ง 2 กรณีให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันด้วย จึงได้นำเอาวิธีทั้ง 2 กรณีนี้รวมกับวิธีของ Horowitz และ Pavlidis มาพัฒนาแก้ไขเพิ่มเติมแล้วปรับปรุงที่แตกนของ กระบวนการในการรวบรวมใหม่ แทนที่จะตรวจสอบครั้งละ 4 บล็อก นำมาพัฒนาตรวจสอบครั้งละ 9 บล็อก ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการจำแนกข้อมูลภาพได้ดีกว่าตามลักษณะของข้อมูลภาพที่ได้มา ข้อเสียหลักใหม่ของการแบ่งแยกและการรวบรวมอยู่ที่การเลือกกระดัม cutset เริ่มต้น (ระดับ Lo) ที่อยู่ในช่วง $1 \leq Lo \leq Ln$ เมื่อเลือก Lo ค่าต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่เหมือนกันเลย เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติจึงควรเลือก Lo สูง ๆ ให้ใกล้เคียงกับค่า Ln ไว้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเท็กเมเนตที่รูปลี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ด้วย การแก้ไขข้อเสียทั้งหมดนี้ได้นำมาซึ่งการค้นคว้าวิธีการเท็กเมเนตที่ภาพใหม่โดยอาศัยทฤษฎีกราฟที่ เรียกว่า ชื่อตัดเตสทสแนกหนึ่งทวี การ merge จะเริ่มต้นจากน้ำหนักลิงค์ต่ำที่สุดก่อน แล้วเรียงลำดับความสำคัญของการรวบรวมบริเวณภาพ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ไม่เกี่ยวข้องกับทิศทางการรวบรวมจากการสแกนของภาพ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การทำเท็กเมเนตที่นภาพโดยชื่อตัดเตสทสแนกหนึ่งทวีให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด นั้นหมายถึง ได้รูปร่างของขอบเขตที่เด่นชัดที่สุด สำหรับปัญหาหลักของเท็กเมเนตที่นภาพ อยู่ที่การกำหนดค่าเท็ทโซลด์ความเป็นเนื้อเดียวกัน (ϵ) เนื่องจากค่า ϵ เ็ทตัวนี้บดบังรายละเอียดของเท็กเมเนตที่ต้องการ ซึ่งการกำหนดค่า ϵ ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์มักมีค่าต่ำจากการทดลองกับแต่ละภาพเท่านั้น

การกำจัดสัญญาณรบกวนเพื่อเป็น preprocessing ให้กับการทำเท็กเมเนตที่นภาพนั้น ค่าสี่หลักการ smoothing โดยการแทนค่าเฉลี่ยของพ้ต่างที่ให้ค่าความผันผวน (Variance) ต่ำสุด ด้วยวิธีที่เรียกว่า Image Smoothing with Preserving Edge ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะกลุ่มกัน ในลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) จึงเป็นข้อดีสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำเท็กเมนเตชั่นภาพอย่างมาก ส่วนผลลัพธ์ของวิธีการทำ smoothing แบบเฉลี่ยจุดข้างเคียงนี้ จะเห็นว่าภาพเบลลและขอบภาพต่าง ๆ ถูกทำลายไป ในทางปฏิบัติแล้วไม่ควรนำเอาวิธีนี้ไปทำการเท็กเมนเตชั่นภาพ

แต่เนื่องจากจากการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิคของ Image Smoothing with Preserving Edge นี้กินเวลาในการประมวลผลภาพสูง ทั้งนี้เป็นเพราะต้องมีการคำนวณค่าความผันผวนของพิกเซลต่างทั้ง 9 รูปแบบ เพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งหน้าต่างที่มีความผันผวนต่ำสุด ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงได้หาวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบใหม่ที่จะยังคงรักษาไว้ซึ่งคุณสมบัติความถี่ขอบในภาพ พบว่าตัวกรองที่ให้คุณสมบัติดังกล่าว คือ ตัวกรอง max/median ตัวกรองดังกล่าวจะประกอบไปด้วยโครงสร้างที่คอย 4 ลักษณะคือ ลักษณะแบบแนวทอน แนวตั้ง และแนวทแยงทั้งสอง จากการทดลองพบว่าตัวกรอง max/median จะสามารถรักษาขอบได้ดีในบริเวณที่มีค่าระดับสีเทาสูงมากเมื่อเทียบกับจากหลังเท็กเมนเตชั่น ส่วนบริเวณที่ขอบจะถูกทำลาย เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องดังกล่าว จึงได้ใช้ตัวกรองสัญญาณมีทฤษฎีฐาน 3 ระดับ โดยตัวกรองชนิดนี้จะสามารถรักษาคุณสมบัติความถี่ขอบได้ทุกกรณี ไม่ว่าจะจากหลังจะมีลักษณะเป็นอย่างไร ทำให้คุณสมบัติความถี่ geometrical information ของภาพยังคงปรากฏอยู่ หลังจากได้ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนทิ้งไป

การวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เขียนโปรแกรมในการทำงานเป็นภาษา PASCAL บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ PC/AT 80386SX (20 Mhz) จากภาพเท็กเมนเตชั่นนี้เราสามารถนำไปใช้ในการจำแนก (Classified) ข้อมูลภาพเพื่อนำไปตีความหมาย อย่างเช่น ข้อมูลภาพที่คนสามารถจำแนกข้อมูลเป็นส่วน ๆ ได้ขอบเขตของตัว ตา หัน ริมฝีปาก ขอบเขตของเส้นผมและเสื้อผ้า สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้น ไม่สามารถระบุได้ว่าขอบเขตของแต่ละพื้นที่คืออะไร เนื่องจากไม่ได้บอกสนาม (Field) ไปค้นหาข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information)

ข้อเสนอแนะ

การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีที่เรียกว่า Edge Preserving Smoothing ของการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ อาจเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจทำการวิจัย เพื่อสร้างเท็กเมนเตชั่นลักษณะต่าง ๆ สำหรับการเลือกค่าความผันผวนต่ำสุด และตัวกรองสัญญาณมีทฤษฎีฐาน 3 ระดับนั้น อาจเป็นแนวทางเพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงความยาว (k) ของหน้าต่างได้อย่างอัตโนมัติ

การจำแนกภาพด้วยเท็กเมนเตชั่น โดยอาศัยที่อัตราส่วนเชิงทรีโงให้ได้อptimizatoin นี้ทำได้โดยการเรียงลำดับความสำคัญของการรวบรวมเท็กเมนเตชั่นที่น้อยที่สุดนั่นเอง ตัวอย่างเช่นกรณีที่มีพิกเซลที่มีค่าต่ำสุดเท่ากันหลาย ๆ ลิงค์ แนวทางหนึ่งที่ทำ

ได้คือ เลิกยลิ่งค์จากหารตรวจสอบความแตกต่างทงค้าระดบสี่เทาสูงสุดและต่ำสุดจากจุดชอดหรือเพ้เก้กั 2 ที่ถูกเชื่อมต่อด้วยลิ่งค์ ซึ่ให้ค่าน้อยที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ
(ACKNOWLEDGMENT)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร. นุศิภัต์ ชิวสุวิทย์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีค่าและชี้แนวทางที่เบี่ยงประโยชน์ในการแก้ปัญหาการทำวิจัย ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาค้นคว้า ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณแก่แม่อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย ตลอดจน รศ.ถวิล นิ่งมา ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยมาโดยตลอด

นอกจากนี้ขอแสดงความขอบคุณ คุณสมจิตต์ ว่องวัตรโรจน์ คุณเชาวลิต เบญจางค ประเสริฐ คุณไพศาล สิทธิไภยมาสกุล คุณณงลักษณ์ สุมานันต์ และคุณสภาวะเนตร ศัลแดนจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในสิ่งต่าง ๆ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง
(REFERENCES)

- [1] R.C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", 2 nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1987.
- [2] C.R. Brice and C.L. Fennema, "Scene Analysis Using Regions", Artificial Intelligence, Vol. 1, pp.205-226, 1970.
- [3] T.Pavlidis, "Structure Pattern Recognition", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1977.
- [4] A. Rosenfeld and A.C.kak, "Digital Picture Processing", Vol.2, 2 nd Ed., Academic Press, 1982.
- [5] R.O. Duda and P.E. Hart , " Pattern Classificate and Scence Analysis ", John Wiley & Sons, New York, 1973.
- [6] F. Tomita and S. Tsuji, "Extraction of Multiple Regions by Smoothing in Selected Neighborhoods" IEEE, Transactions on System, Cybernetics., Vol. SMC-7, pp.107-109, 1977.
- [7] N. Makoto and M. Takashi, "A Structural Analysis of Complex Aerial Photographs", Plenum Press, New York and London, 1980.
- [8] ชุดที่ ๓ ปรมาภิเษกนิพนธ์ และ พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ " การจำกัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพเชิงตัวเลขโดยอาศัยคุณสมบัติทางสถิติ " การประชุมทางวิชาการ วิศวกรรมไฟฟ้า ๑ สถาบัน ครั้งที่ 11 ณ คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วันที่ 16-17 ธันวาคม 2531
- [9] W.K. Pratt, "Digital Image Processing", A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 1978.

- [10] T.S. Huang, "Two Dimensional Digital Signal Processing II", Springer-verlag, New York, 1981.
- [11] N.C. Gallagher and G.L. Wise, "A Theoretical Analysis of the Properties of Median Filters", IEEE, Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. ASSP-29.No.6, Dec.1981.
- [12] G.R. Arce and M.P. McLoughlin, "Theoretical Analysis of the Max/Median Filter", IEEE, Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. ASSP-35, No.1, Jan. 1987.
- [13] A. Nieminen, P. Heinonen and Y. Neuvo, "A New Class of Detail-Preserving Filters for Image Processing", IEEE, Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-9, No. 1, Jan. 1987.
- [14] S.L. Horowitz and T. Pavlidis, "Picture segmentation by a directed split-and-merge procedure", Proc. 2nd International Joint Conference on Pattern Recognition, Copenhagen, Aug. 13-15, pp. 424-433, 1974.
- [15] Y. Pramotepipop and F. Cheevasuvit, "Modification of split-and-merge algorithm for image segmentation", The 9th Asian Conference on Remote Sensing, Bangkok, Thailand, Nov. 23-29, 1988.
- [16] O.J. Morris, M. de J. Lee and A.G. Constantinides, "Graph Theory for Image Analysis : An Approach Based on The Shortest Spanning Tree", IEE Proceeding, Vol.133, Pt.F, No.2, Apr. 1986.
- [17] D. Cheriton and R.E. Tarjan, "Finding Minimum Spanning Tree", SIAM J. Comput, Vol.5, pp.724-42, 1976.

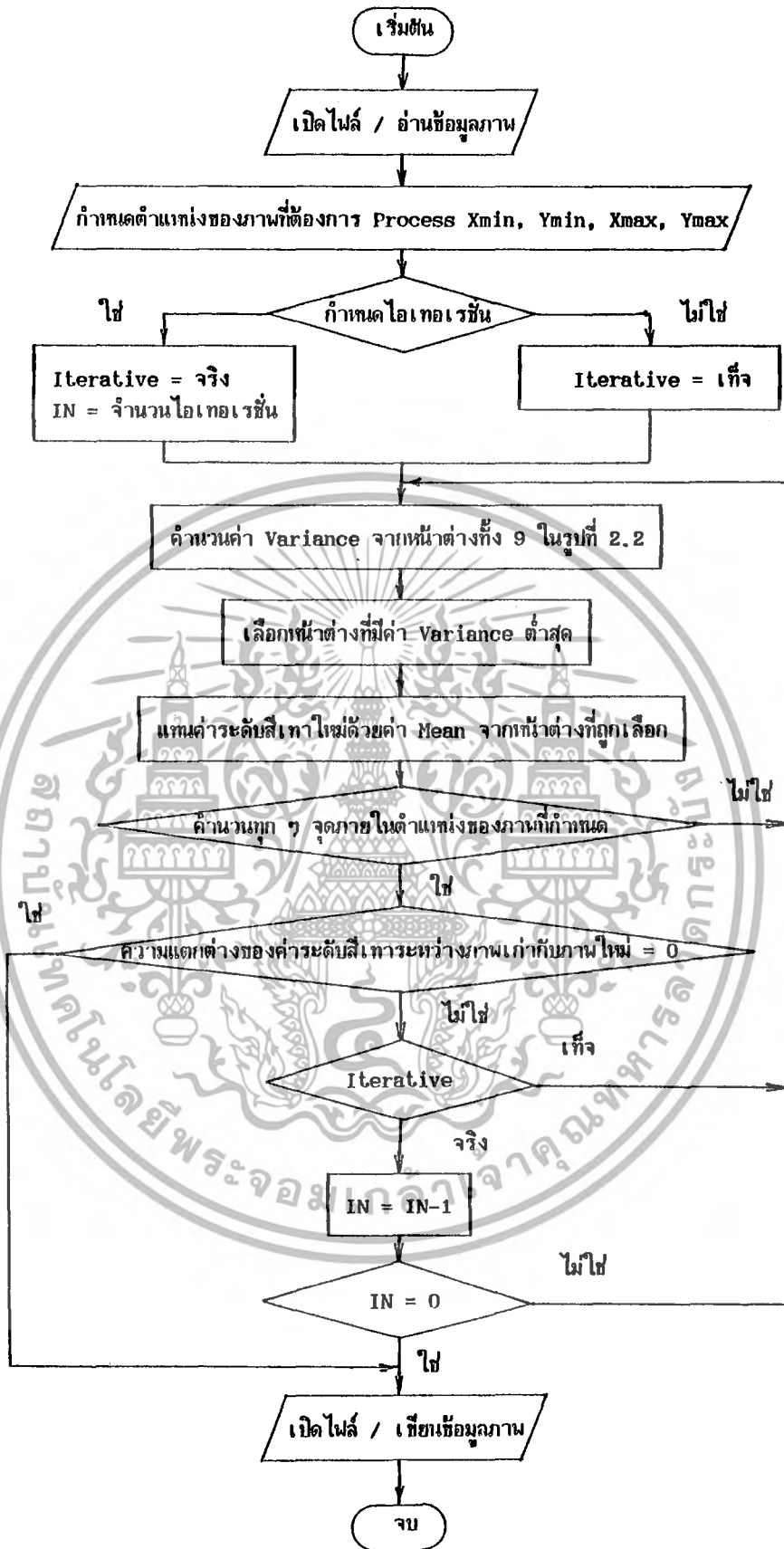
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไฟล์ชาร์ตมีดังต่อไปนี้

1. เปิดไฟล์แล้วอ่านข้อมูลภาพที่ต้องการทำ Smoothing
2. กำหนดตำแหน่งของภาพที่ต้องการประมวลผล โดยที่ X_{min} , Y_{min} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x,y) อยู่มุมบนซ้ายมือ และ X_{max} , Y_{max} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x,y) อยู่มุมล่างขวามือ
3. กำหนดไอเทอเรชัน (Iteration) หรือไม่ ถ้าหากมีการกำหนดไอเทอเรชันโปรแกรมจะสิ้นสุดเมื่อ $IN = 0$ ถ้าหากไม่มีการกำหนดไอเทอเรชันแล้วโปรแกรมจะสิ้นสุดเมื่อความแตกต่างของระดับสีเทาระหว่างภาพเก่ากับภาพใหม่เท่ากับศูนย์ (0) มีค่าเป็นจริง
4. ปิดไฟล์ เก็บกข้อมูลภาพผลลัพธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ไฟล์ชาร์ตการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยตัวกรองมีพื้นฐานแบบภาคบาท จัตุรัส
Max/Median และ 3 ระดับของบทที่ 3

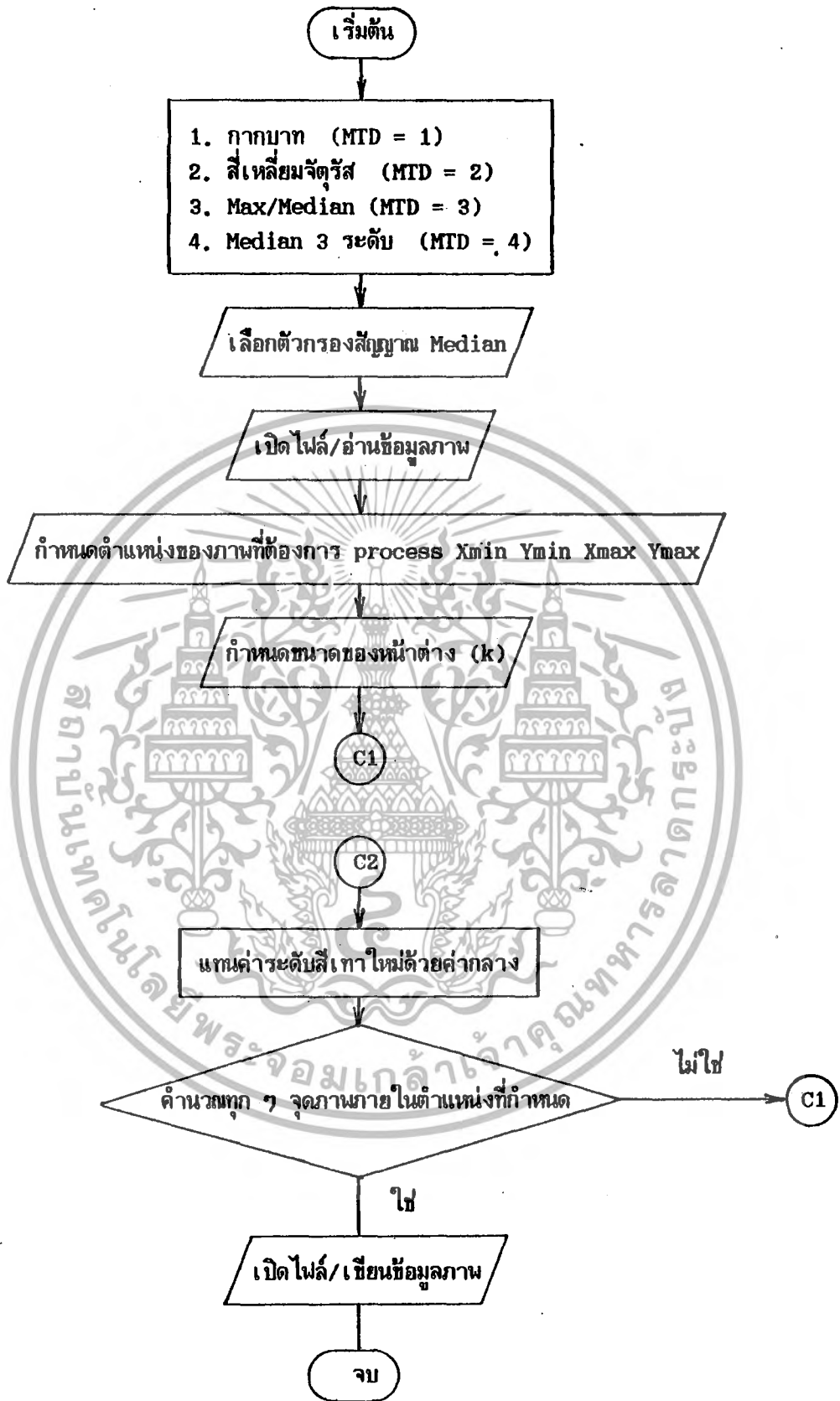


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

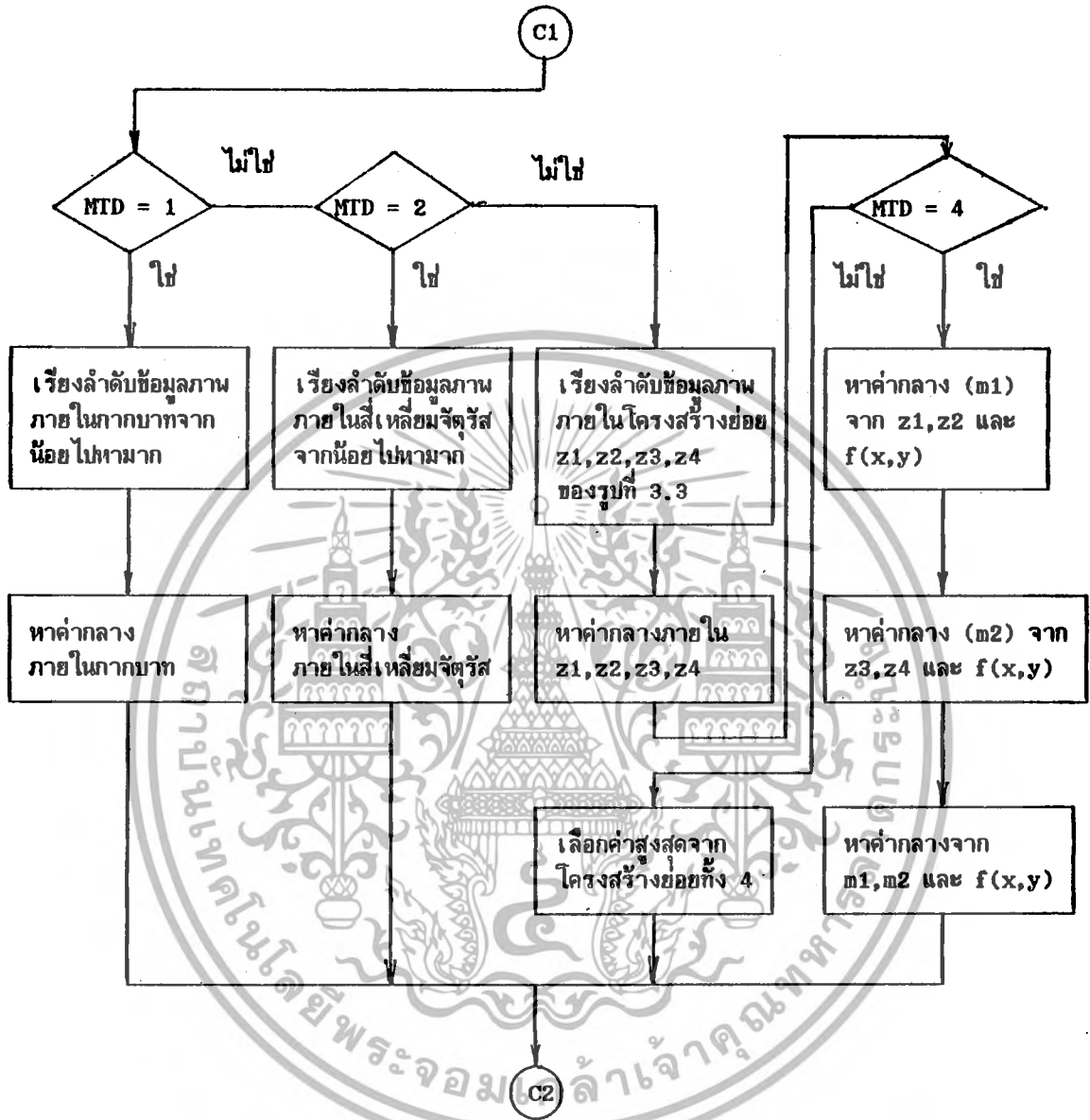
การทำงานของโปรแกรมที่มีดังต่อไปนี้

1. เลือกตัวทรงที่มีพื้นฐานที่ต้องการประมวลผลทั้งหมด 4 แบบคือ
 - 1.1 กากบาท
 - 1.2 สี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - 1.3 Max/median
 - 1.4 มีพื้นฐาน 3 ระดับ
2. เปิดไฟล์แล้วกำหนดพิกัดของภาพที่ต้องการประมวลผล
3. กำหนดตำแหน่งของภาพที่ต้องการประมวลผล โดยที่ X_{min} , Y_{min} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x, y) ของมุมบนซ้าย และ X_{max} , Y_{max} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x, y) ของมุมล่างขวา
4. กำหนดขนาดของหน้าต่างที่ต้องการ (k)
5. โปรแกรมจะสิ้นสุดเมื่อคำนวณทุก ๆ จุดภาพภายในตำแหน่งที่กำหนดเอาไว้
6. ปิดไฟล์ที่เก็บข้อมูลภาพผลลัพธ์





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ไฟล์ชาร์ตการทำเท็กเมนต์ชั้นภาพโดยการแบ่งแยกและการรวบรวมของบทที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไฟล์ชาร์ตมีดังต่อไปนี้

1. เปิดไฟล์แล้วอ่านข้อมูลภาพ
2. กำหนดขนาดของภาพที่ต้องการประมวลผล ($N_p \times N_p$)
3. กำหนดระดับเริ่มต้น (Lo) ของควอดทรีที่ต้องการ merge และ split
4. กำหนดค่าเชอร์รี่ไฮลด์ความเป็นเนื้อเดียว (ϵ)
5. การทำงานของกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมซึ่งมี 5 ขั้นตอนด้วย

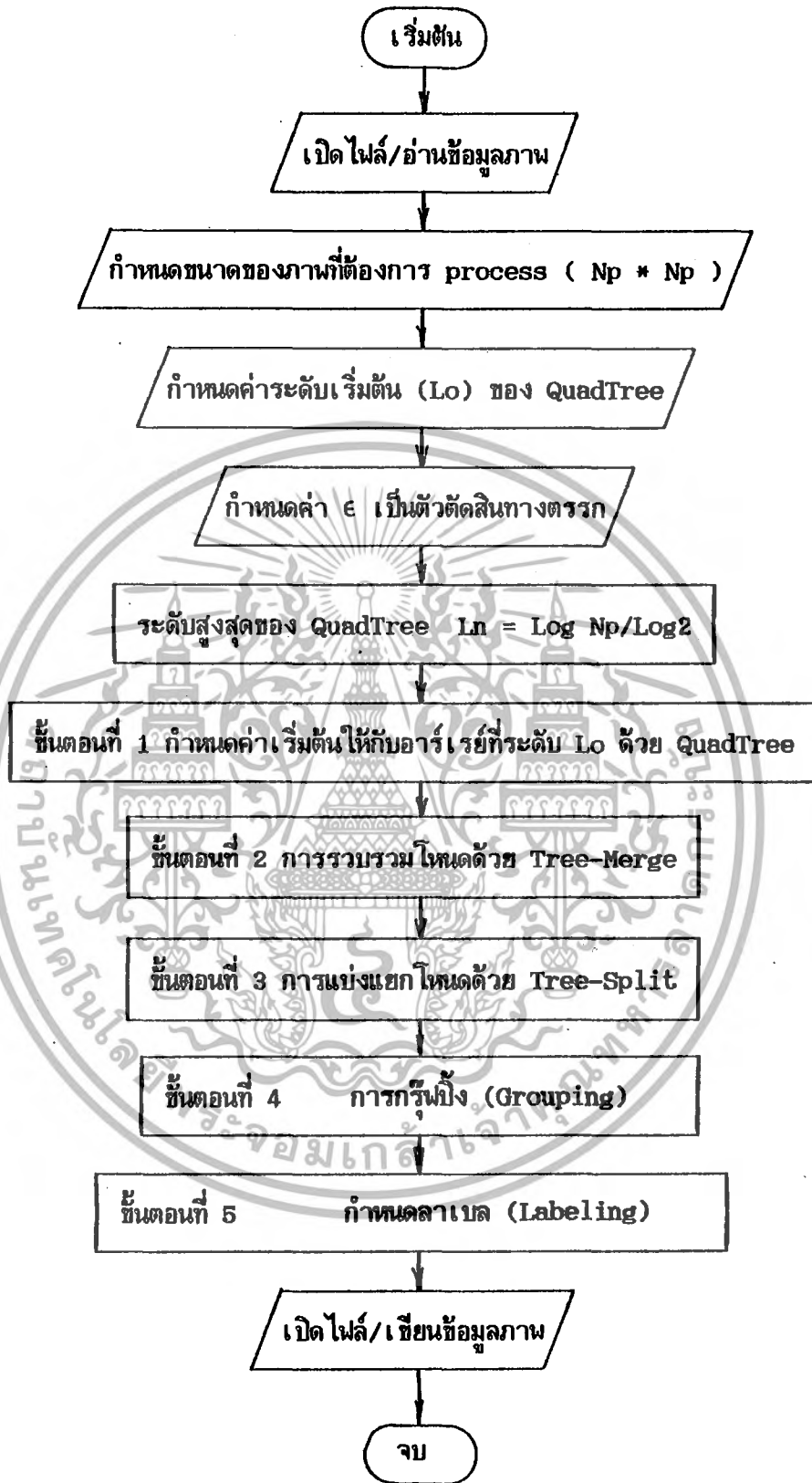
กันคือ

- 5.1 กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอาร์เรย์ที่ระดับ Lo ด้วยควอดทรี
- 5.2 การรวบรวมโหนดด้วย Tree-Merge
- 5.3 การแบ่งแยกโหนดด้วย Tree-Split
- 5.4 การกรู๊ปिंग (Grouping)
- 5.5 กำหนดเลเบล (Labeling)

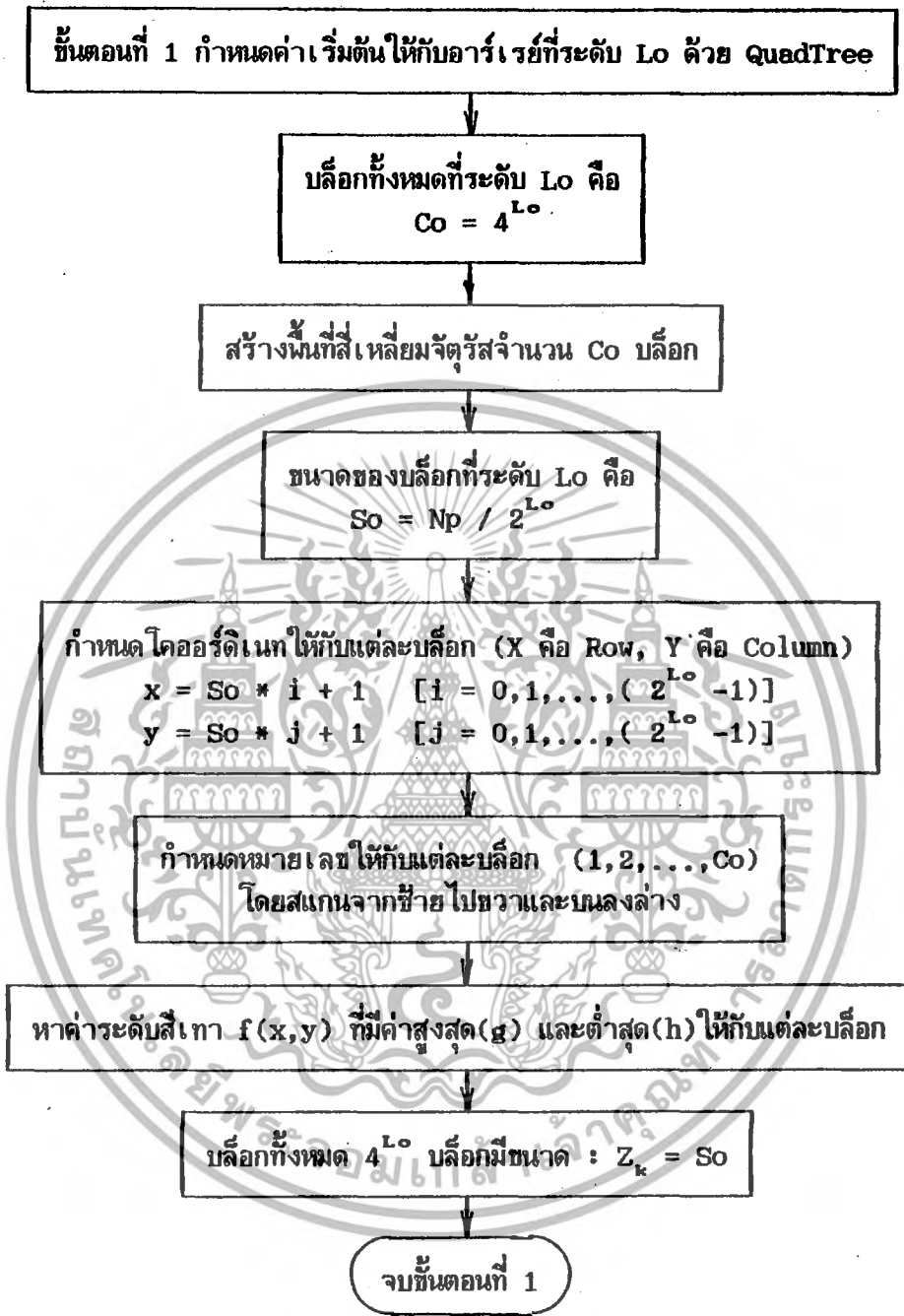
โดยรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนนั้นจะอยู่ในไฟล์ชาร์ตหน้าถัดไป

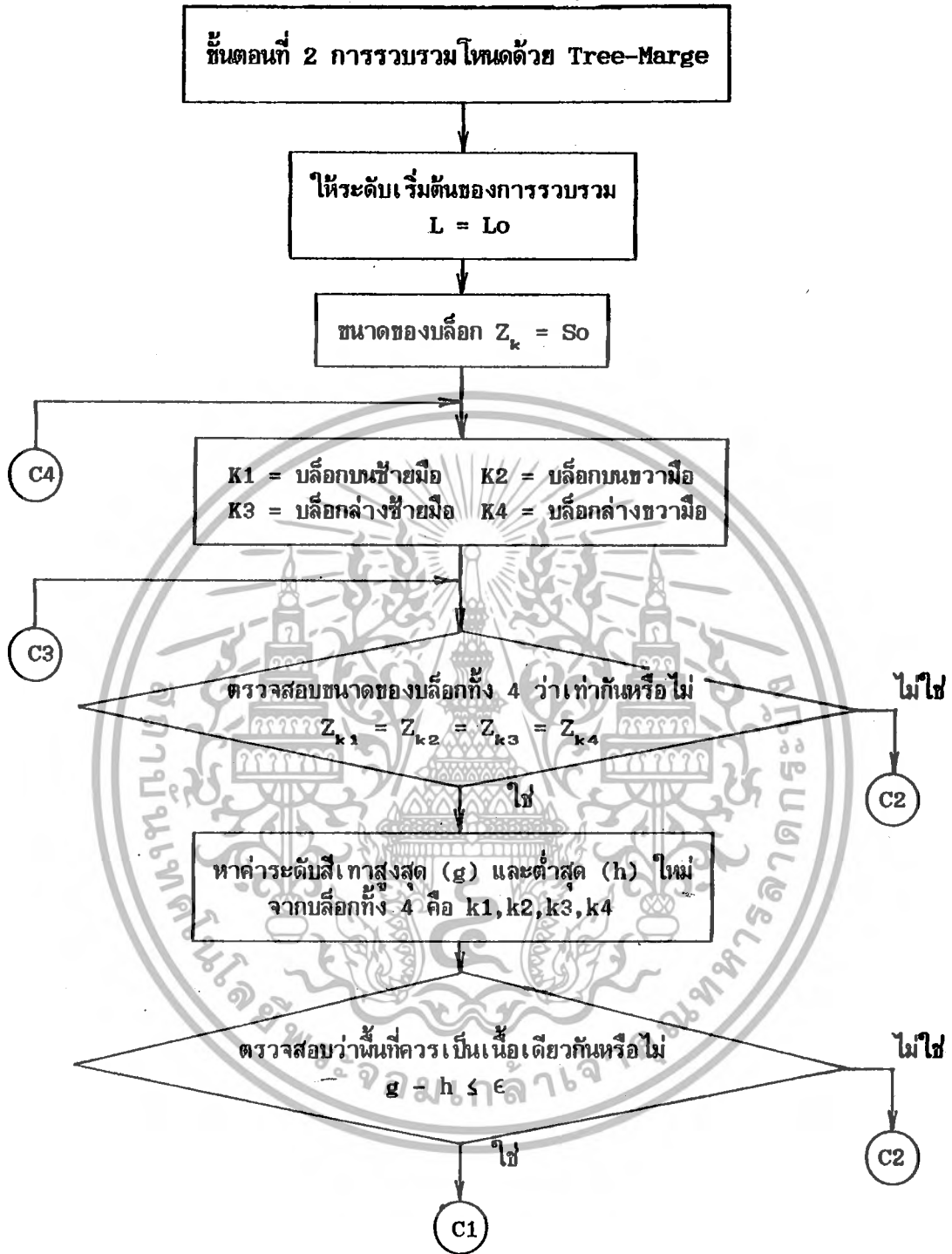
6. ปิดไฟล์เขียนข้อมูลภาพทิ้งเก็บเป็นหมายเลขเลเบล (Label)



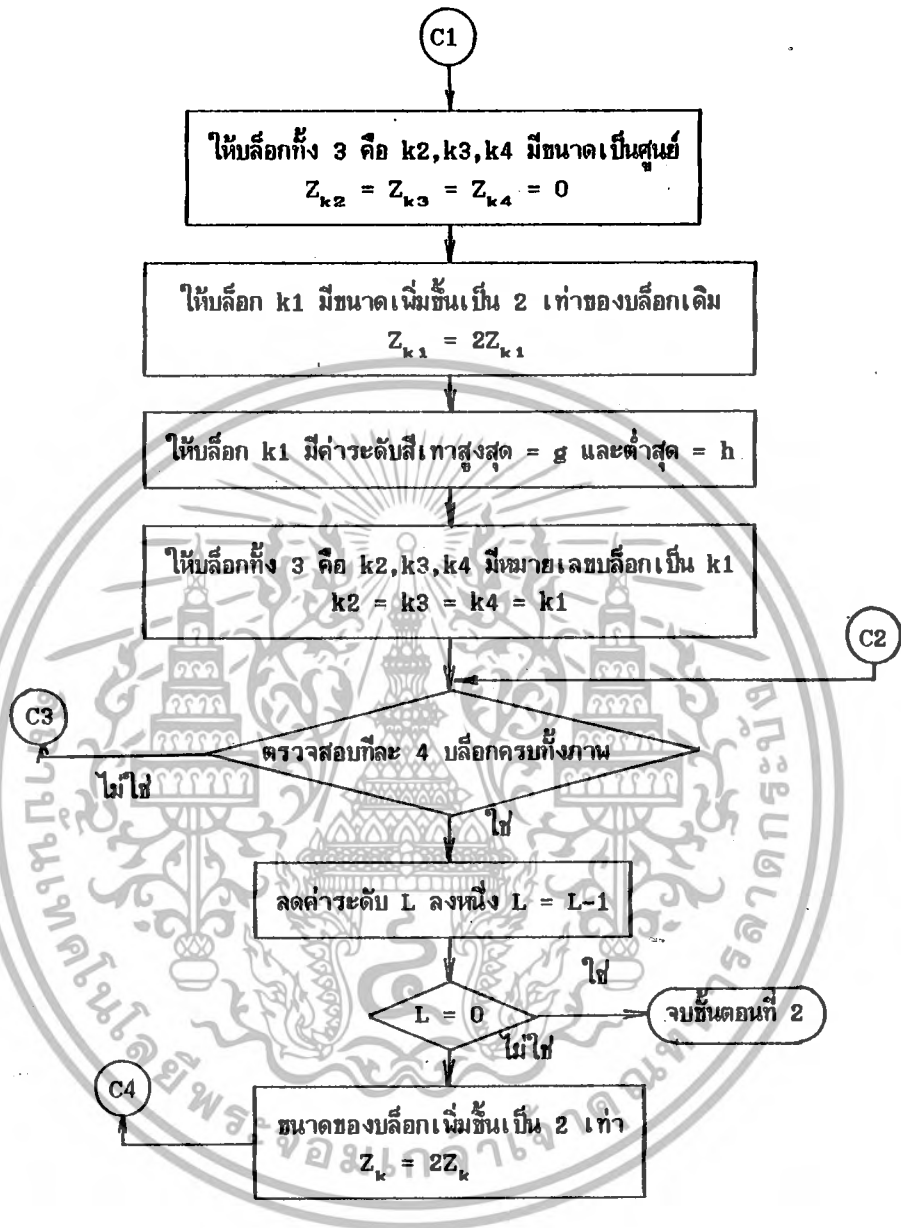


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

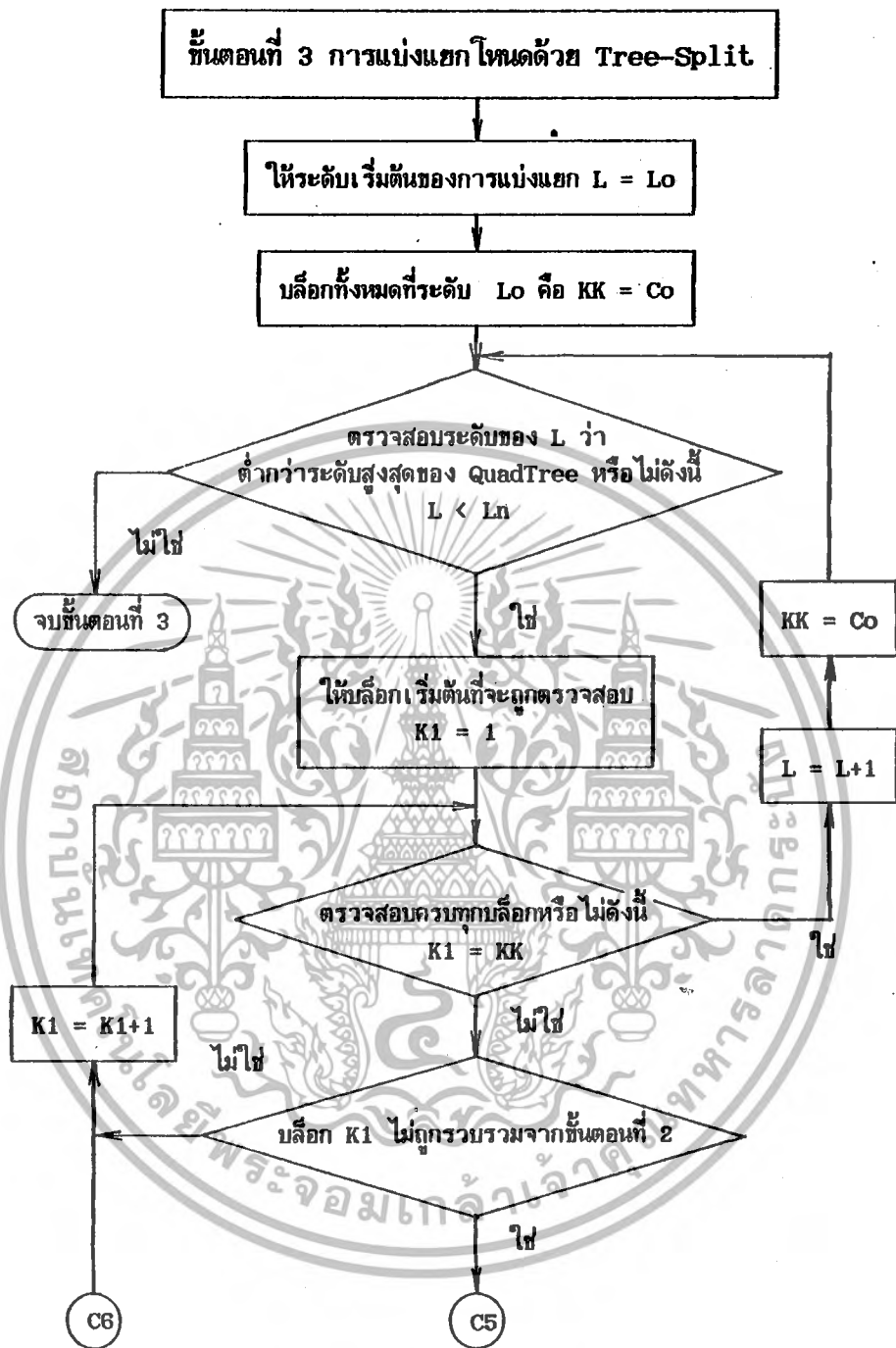




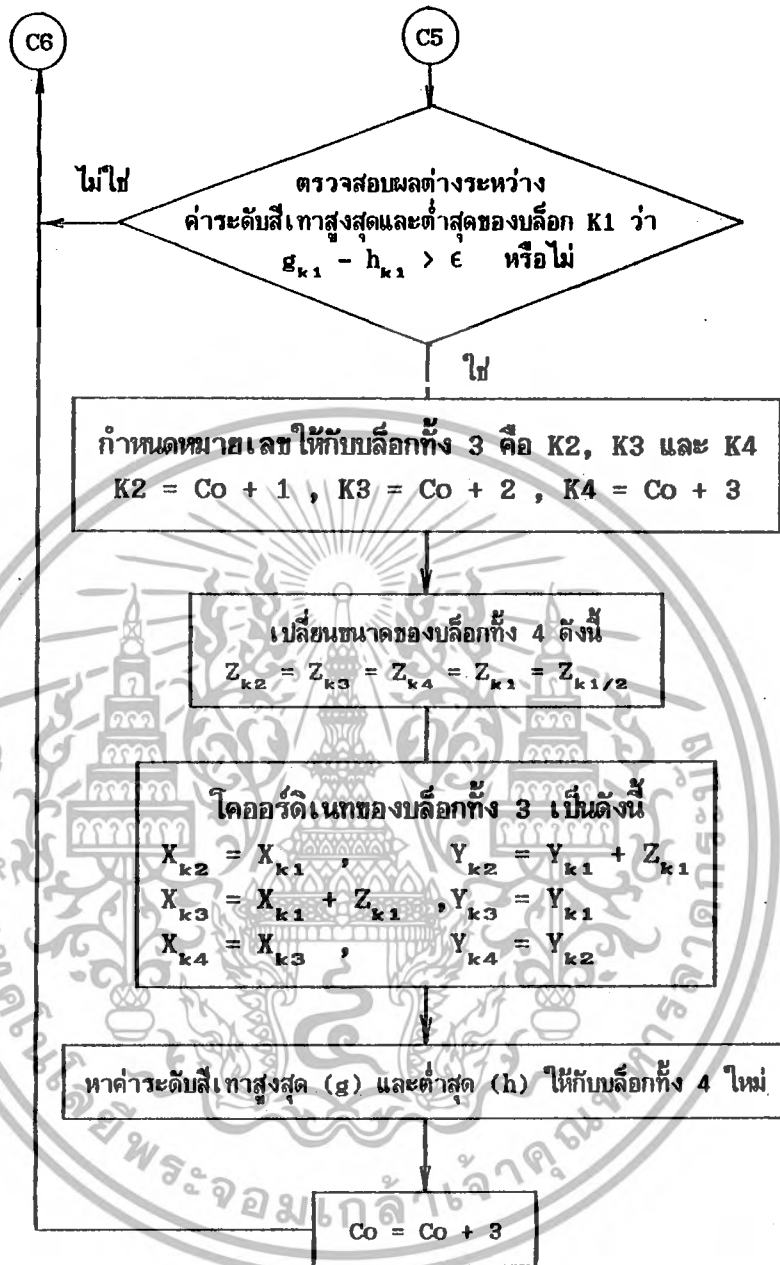
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



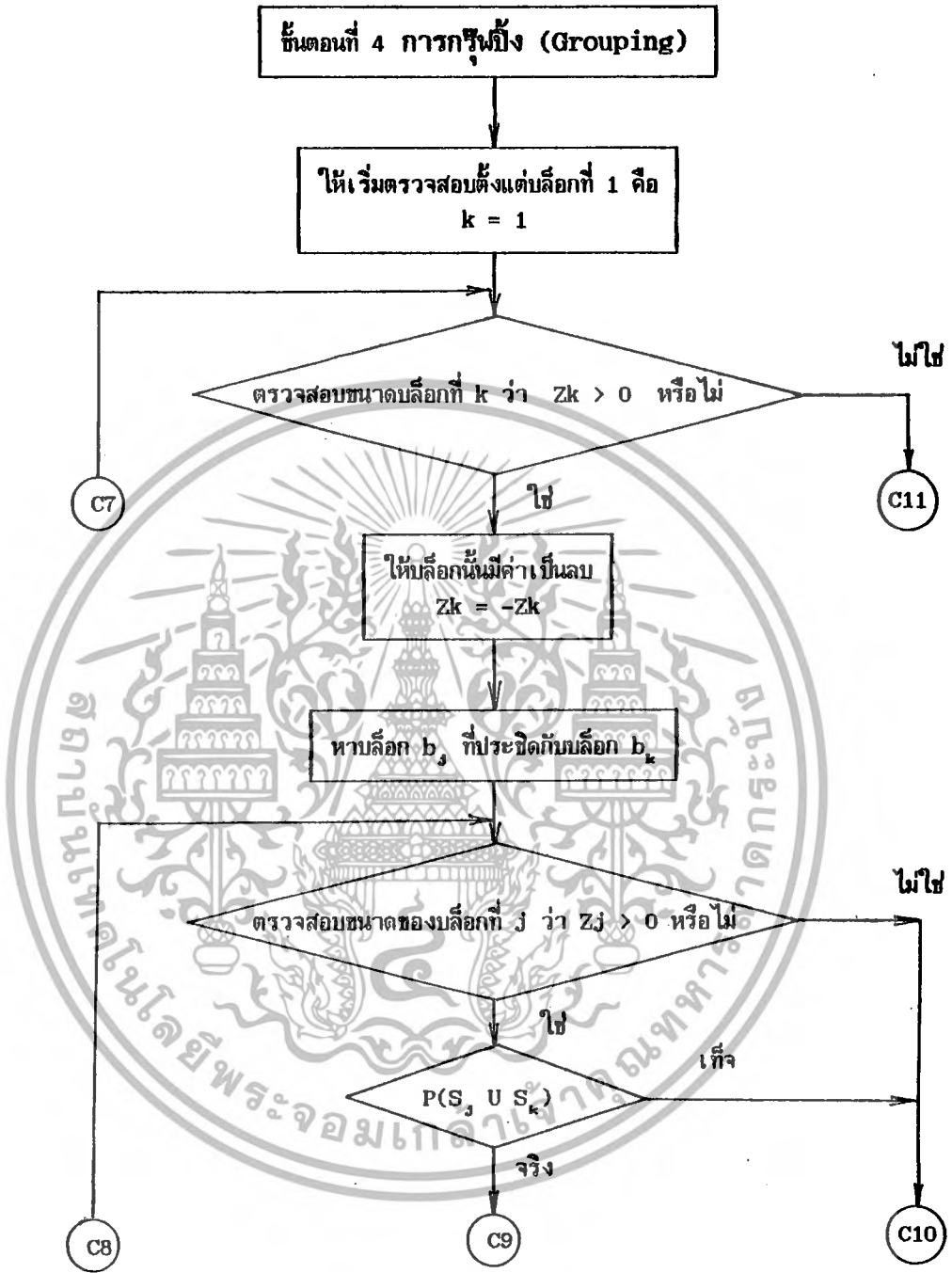
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



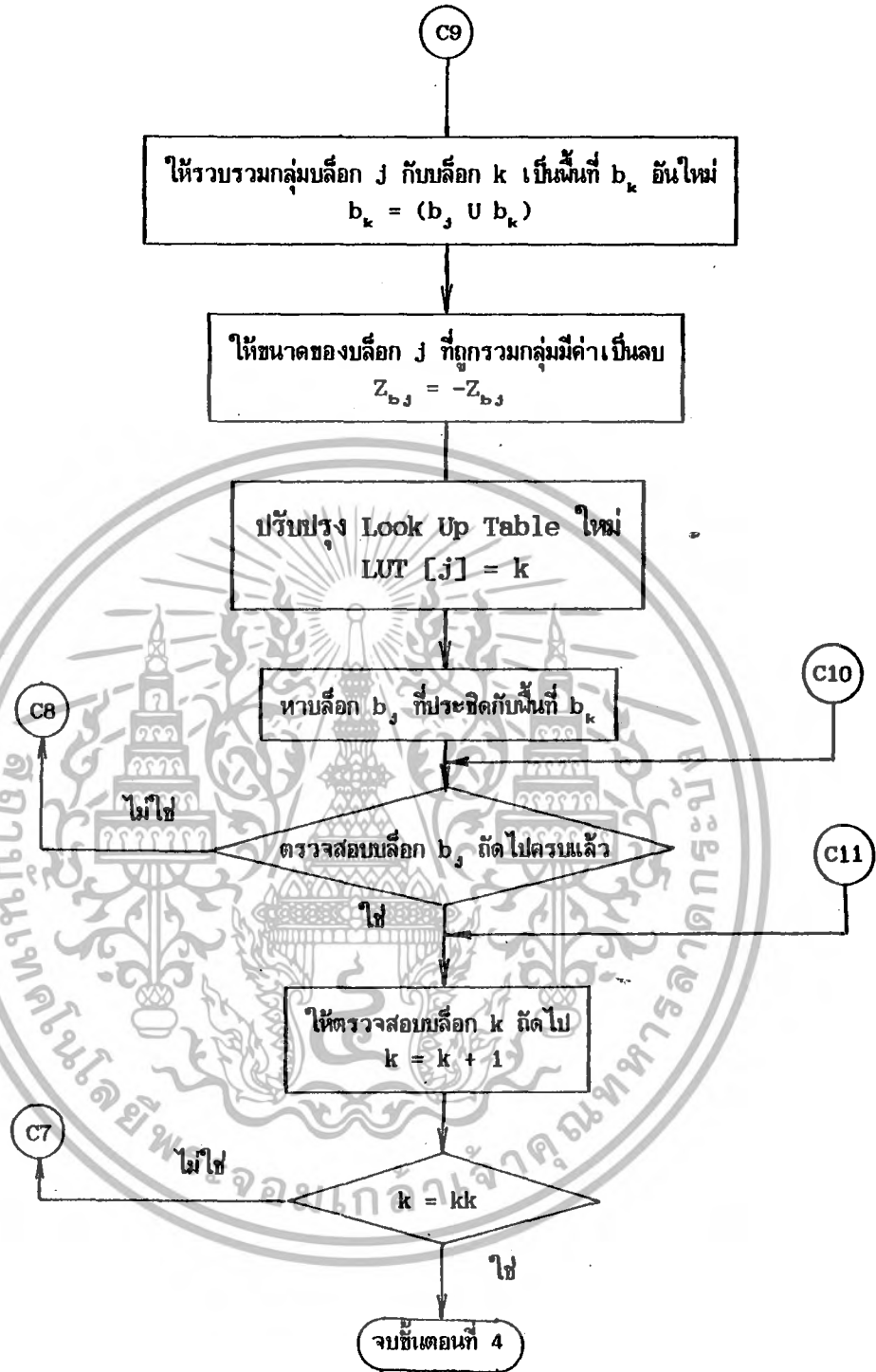
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ไฟล์ชาร์ตการรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวม
สำหรับการเช็คเงินเดือนในภาพของบทที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไฟล์ชาร์ตมีดังต่อไปนี้

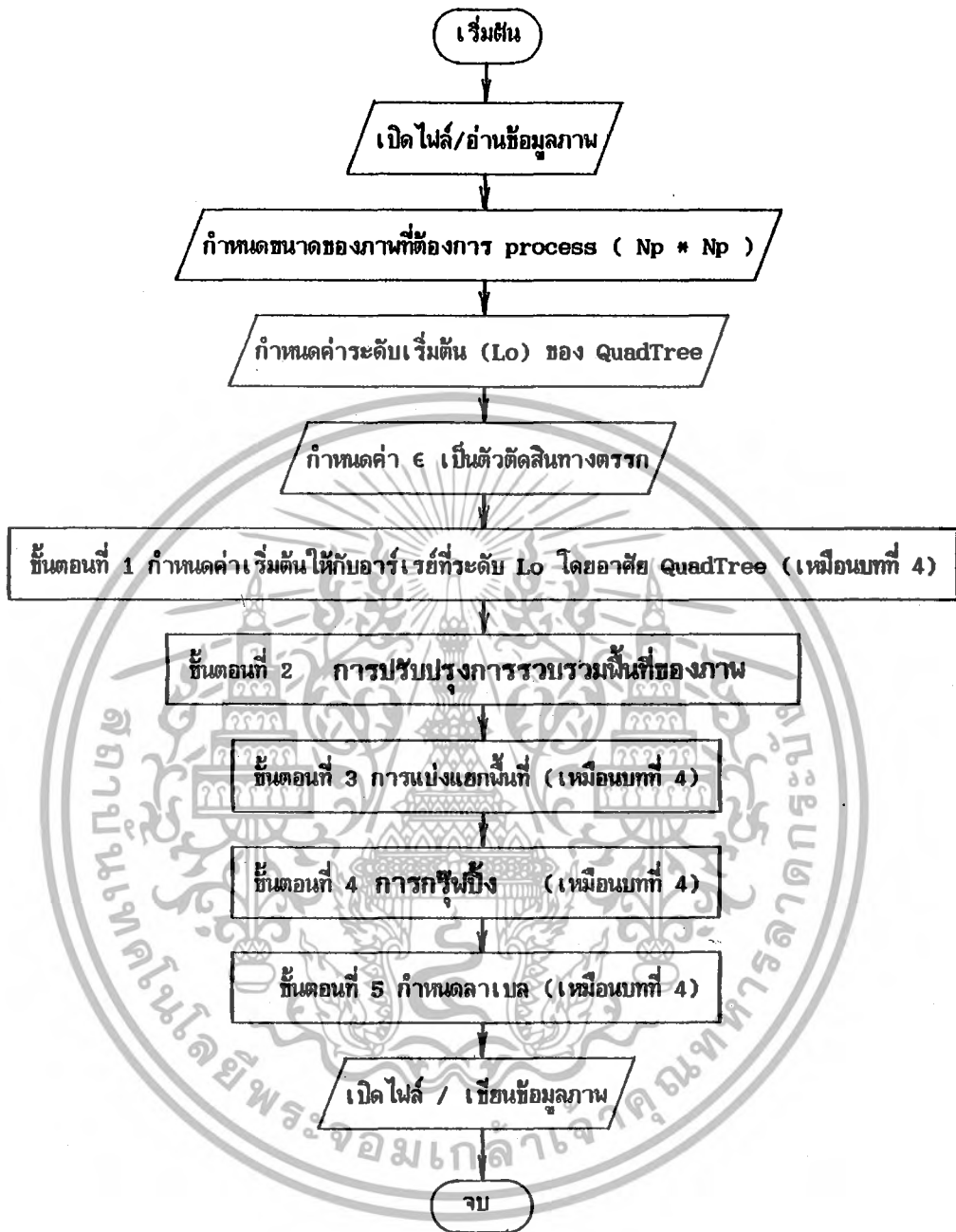
1. เปิดไฟล์แล้วอ่านข้อมูลภาพ
2. กำหนดขนาดของภาพที่ต้องการประมวลผล ($N_p \times N_p$)
3. กำหนดระดับเริ่มต้น (Lo) ของควอดทรีที่ต้องการ merge และ split
4. กำหนดค่าเซรีฟโวลด์ความเป็นเนื้อเดียว (ϵ)
5. การปรับปรุงกระบวนการการแบ่งแยกและการรวบรวมมีขั้นตอนดังนี้คือ
 - 5.1 กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอาร์เรย์ที่ระดับ Lo ด้วยควอดทรี
 - 5.2 การปรับปรุงการรวบรวมพื้นที่ของภาพ
 - 5.3 การแบ่งแยกพื้นที่
 - 5.4 การกรู๊ป
 - 5.5 กำหนดลาเบล

โดยที่หัวข้อ 5.1, 5.3, 5.4 และ 5.5 จะเหมือนในไฟล์ชาร์ตของภาคผนวก

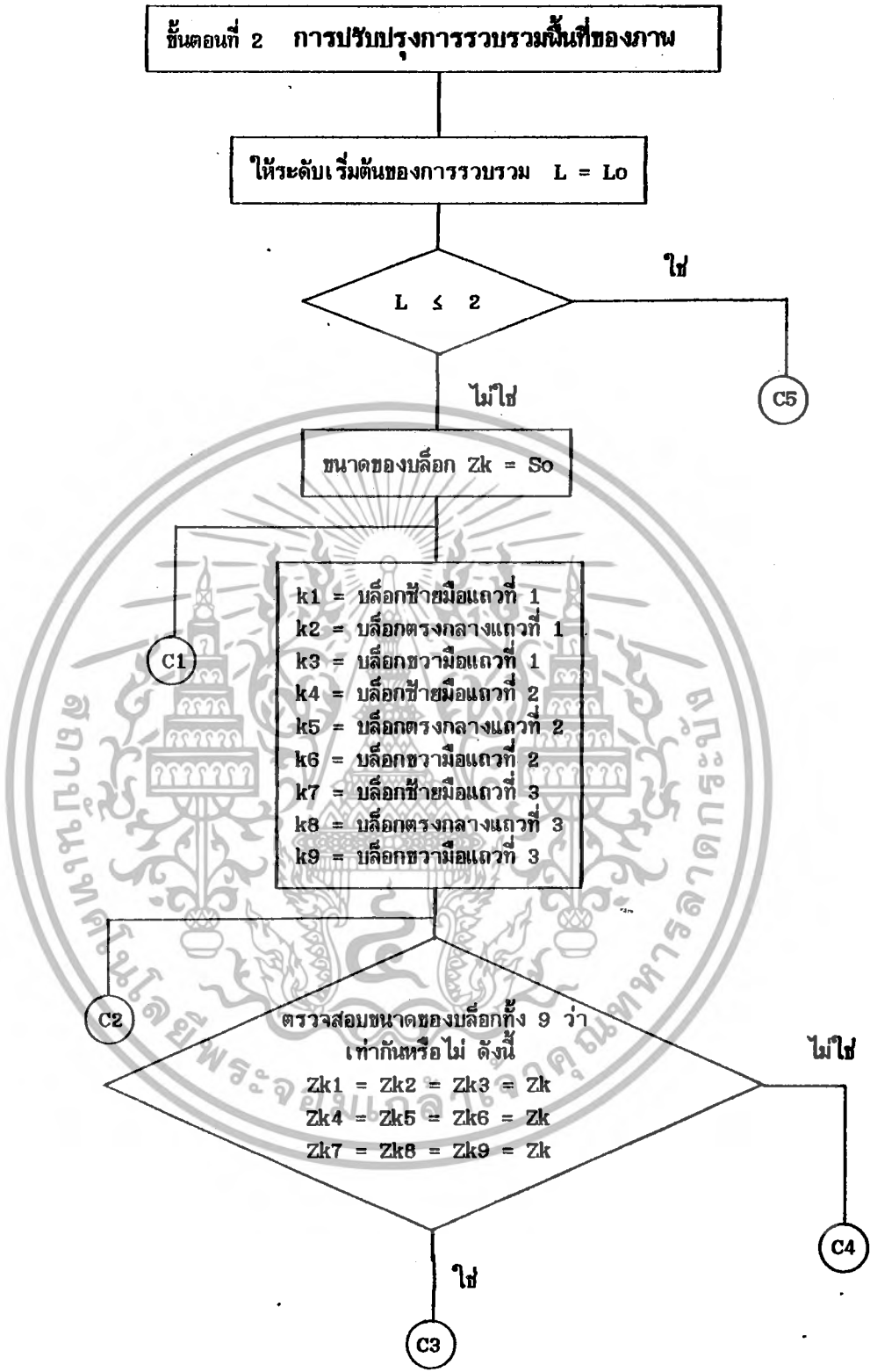
ค.

6. ปิดไฟล์เขียนข้อมูลภาพทิ้งเก็บเป็นหมายเลขลาเบล

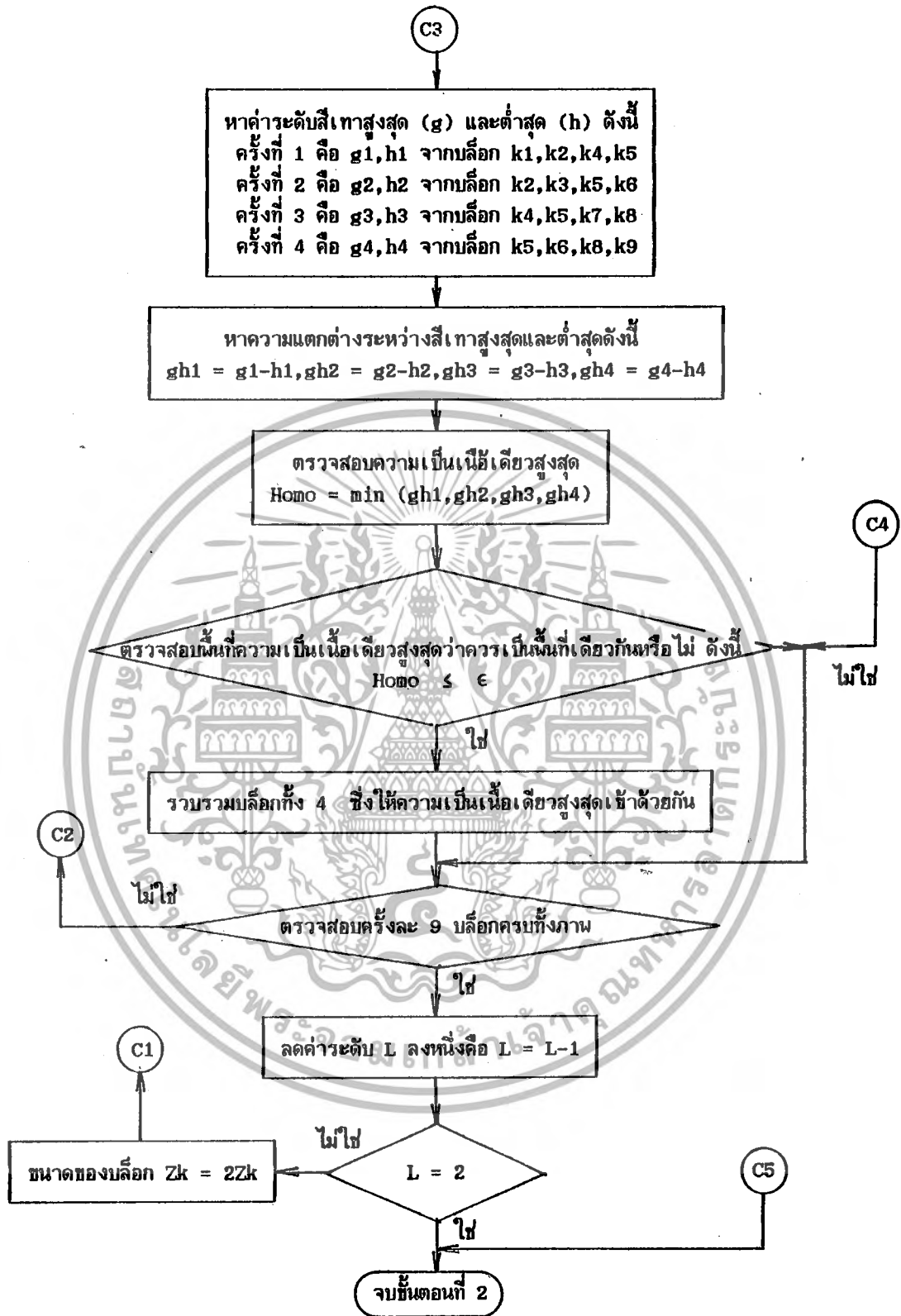
หมายเหตุ การปรับปรุงการรวบรวมพื้นที่ของภาพในหัวข้อที่ 5.2 นั้นจะตรวจสอบครั้งละ 9 บล็อก และทำการรวบรวมตามทิศทางการสแกนของภาพในลักษณะปกติคือจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ไฟล์ข่าวรื้ออาคารทำเช็กเกมเต็ง่านาน โดยซื้อตเตสทสแณ่งทรีของบทที่ ๘

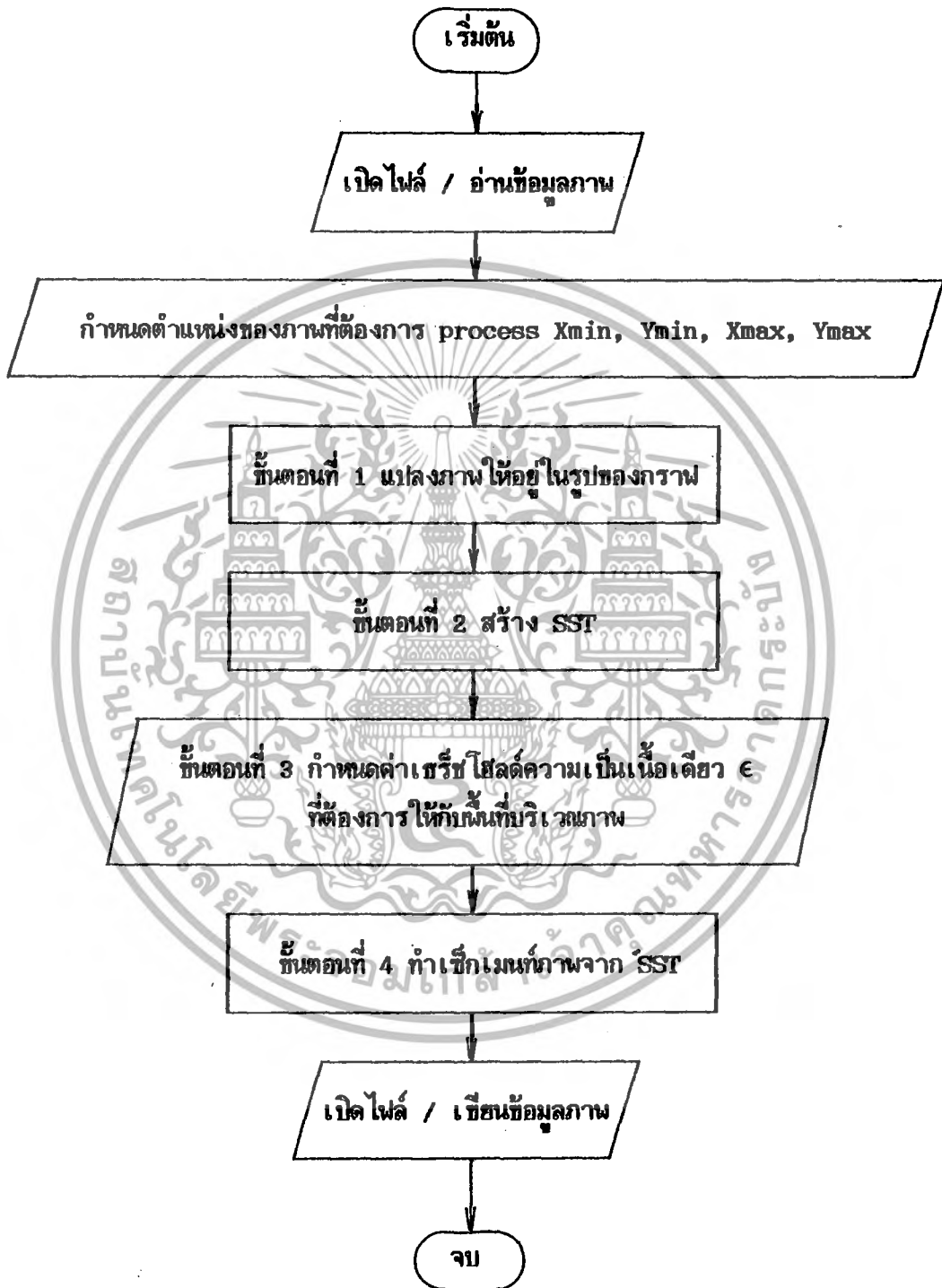


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไฟล์ชาร์ตมีดังต่อไปนี้

1. เปิดไฟล์แล้วอ่านข้อมูลภาพ
2. กำหนดตำแหน่งของภาพที่ต้องการประมวลผล โดยที่ X_{min} , Y_{min} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x,y) อยู่มุมบนซ้ายมือ และ X_{max} , Y_{max} คือตำแหน่งโคออร์ดิเนต (x,y) อยู่มุมล่างขวามือ
3. แปลงภาพให้ในรูปของกราฟ
4. สร้างที่ोटทดสอบสแกนนิ่งทีรี (SST)
5. กำหนดค่าเทรชโฮลด์ความเป็นเนื้อเดียวกัน (ϵ)
6. ทำเช็กเม้นท์ภาพจาก SST
7. ปิดไฟล์เขียนข้อมูลภาพซึ่งเก็บหมายเลขเวลาเบล

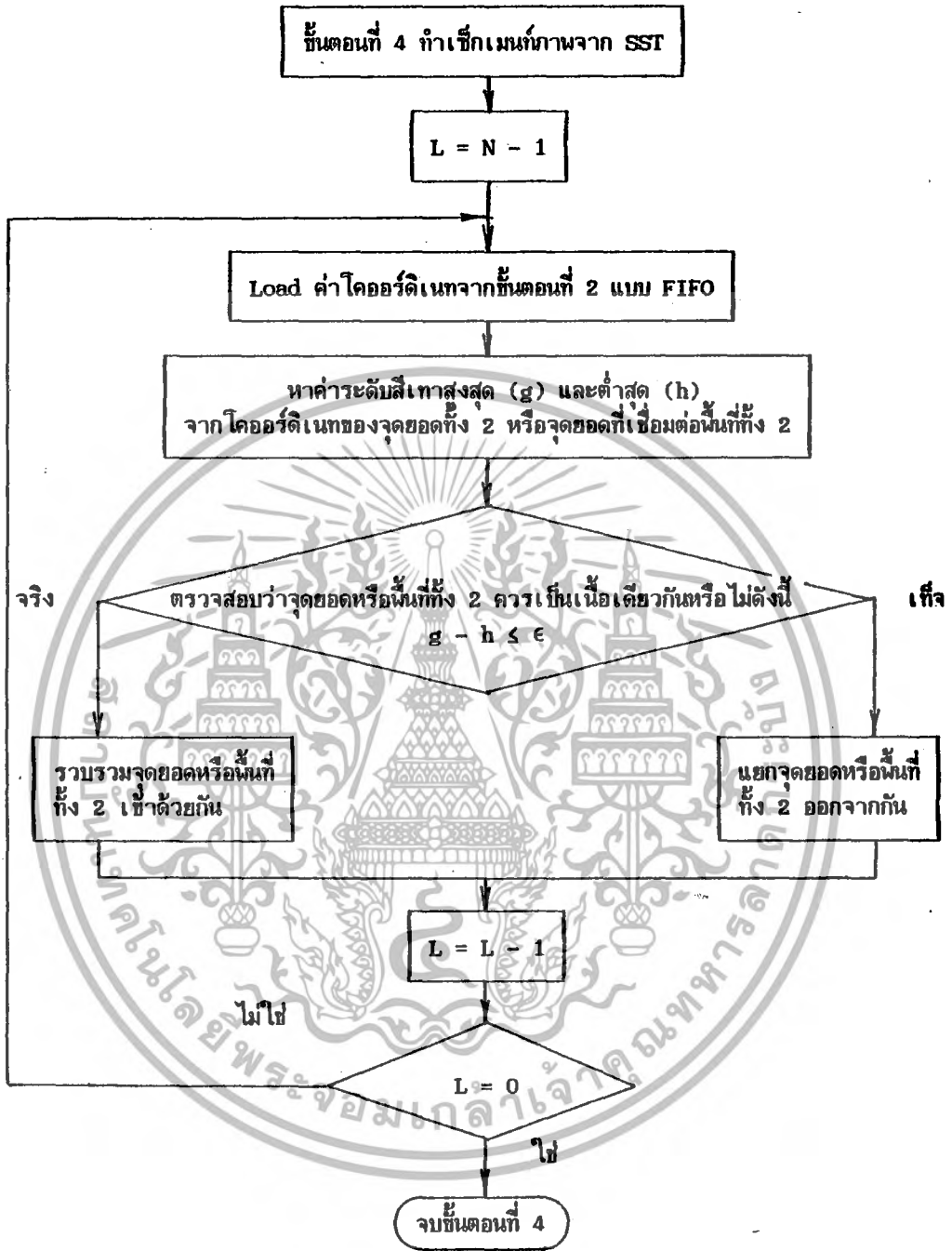
หมายเหตุ FIFO หรือ First In First Out นี้หมายถึงเข้าก่อนออกก่อน ในที่นี้ ลำดับของการ Save ค่าโคออร์ดิเนต (ขั้นตอนที่ 2 ในไฟล์ชาร์ต) จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อ Load ค่าโคออร์ดิเนตออกมา (ขั้นตอนที่ 4 ในไฟล์ชาร์ต) จะมีลำดับเหมือนับตอน Save เช่น ลำดับของการ Save ครั้งแรกจะถูก Load ออกมาก่อนเป็นครั้งแรก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้