ปีการศึกษา 2532

การปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์

(Enhancement of Radiographs)

โดย

นาย บริสุทธิ์ พันธ์มา

นาย พรเทพ สุรัตนาวงศ์กูร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศจ. ดร. ไพรัช ธัชยพงษ์

อาจารย์ กวิน สนธิเพิ่มพูน

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา คอมพิวเตอร์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์

ผู้จัดทำ

1. นาย บริสุทธิ์ พันธ์มา 29-1104

2. นาย พรเทพ สุรัตนาวงศ์กูร 29-1144

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศจ. ดร. ไพรัช ธชัยพงษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ กวิน สนธิเพิ่มพูน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์

พรเทพ สุรัตนาวงค์กูร
บริสุทธิ์ พันธ์มา

ศจ.ดร. ไพรัช ธัชยพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. กวิน สนธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโดย วิธีที่ใช้จะเป็นวิธีทางด้านสปาเชียนโดเมนเท่านั้น (Spatial-Domain methods) ซึ่งจะประกอบด้วยวิธีการขจัดสิ่งรบกวนในภาพหรือการทำภาพให้กลมกลืน (smoothing) การหาขอบภาพและการทำภาพให้คมชัด (Edge detection and sharpening) การปรับปรุงฮิสโตแกรมของภาพ(Histogram modification) อีกทั้งยังมีการหาค่าเทรสโฮว์ (Threshold)ของภาพ เพื่อใช้ในแยกวัตถุและพื้นของภาพ ซึ่งรายละเอียดของแต่ละวิธีได้แสดงไว้ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้แล้ว

Enhancement of Radiographs

Phornthep Surattanavongkur
Borisuit Puntma

Prof. Dr. Pairash Tachayapong Advisor
Kawin Sonthipaumpoon Advisor
1989

Abstract

This thesis deals with enhancement of Radiographs in order to encourage diagnosis by using spatial domain method only that consists of image smoothing, image sharpening, edge detection and histogram-modification techniques. Futhermore, to extract objects from a background, this thesis include some methods for automatic threshold selection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ประวัติและความเป็นมา	1
	1.2 ส่วนประกอบของการประมวลภาพดิจิตอล	4
	1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	7
	1.4 เนื้อหาวิทยานิพนธ์	7
บทที่ 2	ทฤษฎี	
	2.1 ทฤษฎีเบื้องต้น	8
	2.2 การทำภาพให้กลมกลืน	12
	2.3 การปรับปรุงฮิสโตแกรม	16
	2.4 การทำให้ภาพคมชัด	31
	2.5 การแยกภาพ	40
	2.6 เทรสโชวด์ดิ้ง	44
	2.7 ลักษณะของภาพรังสีเอ็กซ์เรย์	55
บทที่ 3	การเขียนโปรแกรม	
	3.1 การ์ดทาก้าเอ็ม 8	57
	3.2 การเขียนโปรแกรม	67
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	
	4.1 การทดลอง	96
	4.2 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	98
	4.3 หลักในการพิจารณาผลการทดลอง	99
	4.4 ผลการทดลอง	99
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	
	5.1 สรุป	131
	5.2 วิจารณ์	132
	5.3 ข้อเสนอแนะ	132
ภาคผนวก		133
กิตติกรรมประกาศ		135
เอกสารอ้างอิง		136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงตัวอย่างเทคนิคต่าง ๆ ของการประมวลผลภาพดิจิตอล	4
รูปที่ 1.2	การดิจิไตซ์ภาพดิจิตอล	5
รูปที่ 1.3	ระบบประมวลผลภาพดิจิตอล	6
รูปที่ 2.1.1	แสดงตัวอย่างวินโดว์ขนาด 3x3	8
รูปที่ 2.1.2	แสดงฟังก์ชันการแปลงของระดับความเข้ม	9
รูปที่ 2.1.3	แสดงมาส์กขนาด 3x3	10
รูปที่ 2.2.1	แสดงผลของการเฉลี่ยรอบจุด	13
รูปที่ 2.2.2	แสดงผลการใช้ค่าเทรสโชว์ช่วยในการเฉลี่ยรอบจุด	14
รูปที่ 2.2.3	แสดงผลการใช้ค่ากลาง กับการเฉลี่ยรอบจุดในการลดสัญญาณรบกวน	16
รูปที่ 2.3.4	แสดงภาพฟังก์ชั่นการแปลง	17
รูปที่ 2.3.5	แสดงระดับความเข้มของ ฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	18
รูปที่ 2.3.6	แสดงวิธีการทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น	21
รูปที่ 2.3.7	แสดงภาพหลังการทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น	23
รูปที่ 2.3.8	แสดงวิธีการปรับปรุงโดยการกำหนดฮิสโตแกรม	24
รูปที่ 2.3.9	แสดงภาพที่ได้จากวิธีการกำหนดฮิสโตแกรม	28
รูปที่ 2.3.10	แสดงภาพที่ได้จากการทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่นเฉพาะส่วน	29
รูปที่ 2.5.1	แสดงมาสก์ 3x3	41
รูปที่ 2.5.2	แสดงมาสก์การหาจุด	42
รูปที่ 2.5.3	แสดงมาส์กการหาเส้น	42
รูปที่ 2.5.4	แสดงความสัมพันธ์ของการอนุพันธ์อันดับ 1 และ 2	43
รูปที่ 2.6.1	แสดงจุดเทรสโชว์ต่าง ๆ	44
รูปที่ 2.6.2	แสดงการหาค่าโกลบอลเทรสโชว์	45
รูปที่ 3.2.1-3.2.15	แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม	79-95
รูปที่ 4.2.1	แสดงระบบการประมวลผลด้วยภาพที่ทำการทดลอง	97
รูปที่ 4.2.2	แสดงเมนูหลักของโปรแกรม	98
รูปที่ 4.4.1-4.4.28	แสดงภาพที่ได้จากการทดลอง	103-130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.3_1 แสดงฮิสโตแกรมของตัวอย่าง 20
ตารางที่ 2.3_2 แสดงค่าของฮิสโตแกรมที่กำหนดให้ 25
ตารางที่ 2.3_3 แสดงตารางการทำฮิสโตแกรมอิควอไลท์เซชั่น 25
ตารางที่ 2.3_4 แสดงผลที่ได้จากการปรับปรุง 27
ตารางที่ 3.1.1 แสดงตำแหน่งของพอร์ทรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการ์ด 59
ตารางที่ 3.1.2 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์โหมด I 60-61
ตารางที่ 3.1.3 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์โหมด II 63
ตารางที่ 3.1.4 แสดงการควบคุมรีจิสเตอร์เอ็มแปดท็อป 64
ตารางที่ 3.1.5 แสดงฟังก์ชั่นของรีจิสเตอร์การเขียน 65
ตารางที่ 4.4.1 แสดงเวลาในการลดสัญญาณรบกวน 100
ตารางที่ 4.4.2 แสดงเวลาในการทำให้ภาพคมชัดและการหาขอบภาพ 100
ตารางที่ 4.4.3 แสดงเวลาในการปรับปรุงฮิสโตแกรมของภาพ 101
ตารางที่ 4.4.4 แสดงเวลาในการหาค่าเทรสโชว์และการแบ่งภาพเป็นสองระดับ 101
ตารางที่ 4.4.5 แสดงสัญญาณและสัญญาณรบกวน 102
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าที่ใช้ในการเซ็ทค่ารีจิสเตอร์ในการแสดง 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การประมวลภาพดิจิตอล เป็นขบวนการที่ใช้คอมพิวเตอร์มาจัดการเกี่ยวกับภาพ โดยประวัติสั้นๆ มันถูกประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติทุกสาขาที่มีภาพมาเกี่ยวข้อง ซึ่งระดับความสำเร็จของแต่ละสาขาก็แตกต่างกันไป มีแฟคเตอร์หลายอย่างที่รวมกันที่บ่งบอกอนาคตของการประมวลผลภาพดิจิตอล แฟคเตอร์ใหญ่ คือราคาที่ลดลดอย่างมากของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ ทั้งหน่วยความจำและหน่วยประมวลผล แฟคเตอร์ที่สอง คือ จำนวนอุปกรณ์เก็บภาพ หรือ ดิจิไตเซอร์ และอุปกรณ์แสดงภาพก็มีราคาลดลงและยังมีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนการประมวลผลภาพดิจิตอล แฟคเตอร์ที่สามคือ ความสามารถในการประมวลผลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งมีประสิทธภาพมากขึ้น ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการประมวลผลภาพได้มาก

1.1 ประวัติและความเป็นมา

ข้อมูลต่างๆที่มนุษย์รับรู้ประมาณ 75% เป็นข้อมูลที่มนุษย์ได้รับจากการมองเห็น มนุษย์จะนำข้อมูลที่รับรู้เหล่านี้ไปตีความหมายเพื่อความเข้าใจ เช่นเดียวกันเมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูล หรือ ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็น เราเรียกว่าการประมวลผลข้อมูลภาพ (IMAGE PROCESSING)

การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างภาพที่คอมพิวเตอร์เข้าใจกับภาพที่มนุษย์เข้าใจ ทำได้โดยการให้คอมพิวเตอร์แปลงภาพในลักษณะที่มนุษย์เข้าใจไปเป็นข้อมูลตัวเลข และแปลงข้อมูลที่คอมพิวเตอร์คำนวณ และประเมินผลได้กลับมาเป็นภาพที่มนุษย์คุ้นเคย เทคนิคดังกล่าวนี้ต้องการความรู้ทางคอมพิวเตอร์ และคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างข้อมูลตัวเลขกับจุดต่าง ๆ ในภาพ

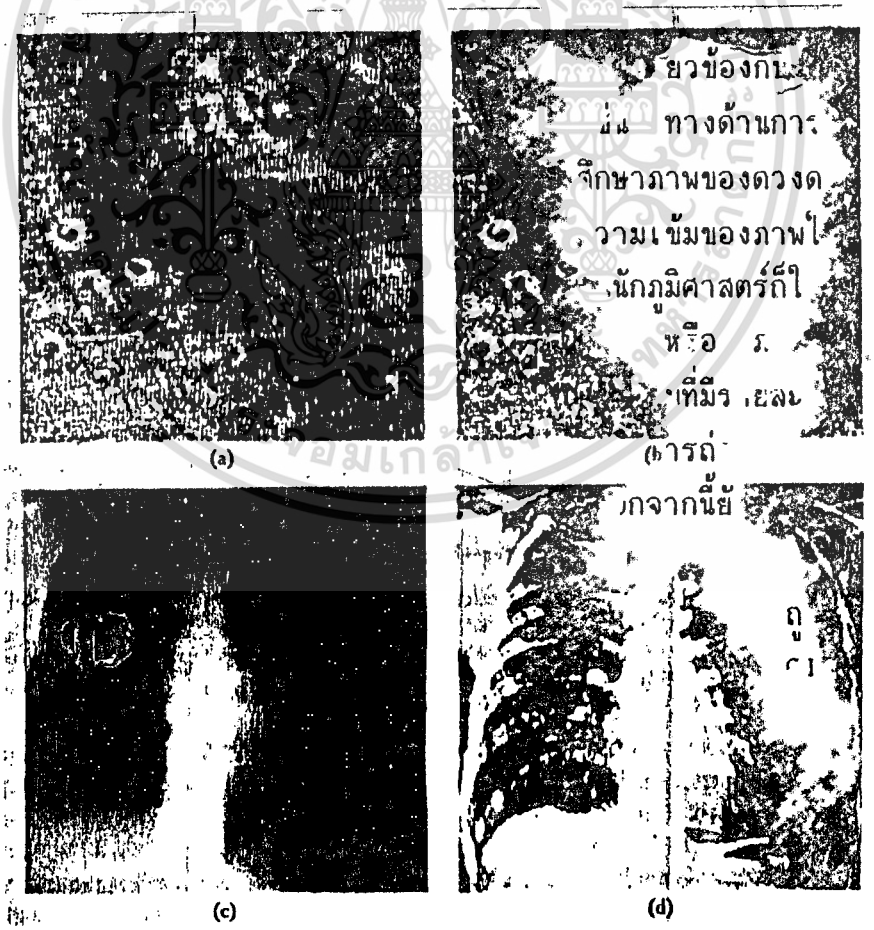
ความสนใจในเทคนิคการทำภาพในระบบดิจิตอล (DIGITAL IMAGE) ได้เกิดขึ้นครั้งแรกในงานส่งข่าวสาร เป็นภาพทางเคเบิลใต้น้ำ ระหว่างลอนดอนกับนิวยอร์ก ซึ่งเป็นการส่งภาพแบบบาร์ทเลนเคเบิล (Bartlane cable) ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครเวฟ (MICROWAVE RADIOTION)

โดยทั่วไปการใช้การประมวลผลภาพดิจิตอล มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุง พิสูจน์ หรือ แยกแยะข้อมูลที่สนใจในภาพ เช่น

- ทำให้ภาพชัดขึ้น (ENHANCEMENT), ขจัดสัญญาณรบกวนในรูปภาพ (FILTER)
- ปรับปรุงความคมชัด หรือคุณสมบัติที่มองเห็นให้เด่นชัด ONTRAST)
- แยกแยะสิ่งที่สนใจจากรูปภาพ (SEGMENTATION)
- ขยาย-ย่อ และเปลี่ยนมุมรูปภาพ (GEOMETRY)
- ขจัดเส้นรบกวนที่ปะปนมาในภาพ (RESTORATION)
- การเข้าระหัสสัญญาณภาพ เพื่อประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลภาพไว้ใช้อีก หรือ รับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่อง (ENCODE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างของเทคนิคต่างๆของการประมวลผลภาพดิจิตอล โดยภาพซ้ายเป็นภาพเดิม และ ภาพขวาเป็นภาพที่ได้จากการผ่านขบวนการทางคอมพิวเตอร์

โดยภาพ

(a) เป็นภาพพื้นผิวดาวอังคาร ซึ่งไม่ชัดเจนเนื่องจากถูกรบกวนในระหว่างที่ส่งสัญญาณภาพมายังโลกจะเห็นเส้นรบกวนเป็นแนว

(b) เมื่อผ่านขบวนการทางคอมพิวเตอร์แล้วสัญญารรบกวนหายไป

(c) และ (d) แสดงการปรับระดับความเข้มของภาพ ที่ได้จากการถ่ายเอ็กซ์เรย์ โดยใช้เทคนิคการปรับปรุงความเข้ม และเน้นขอบภาพ

(e) เป็นภาพไหว เนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของกล้องขณะเปิดหน้ากล้อง

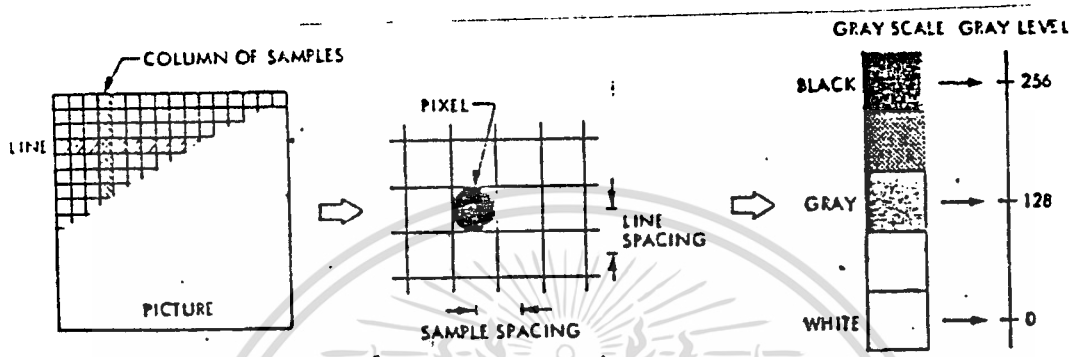
(f) เป็นผลที่ได้จากการเลื่อนจุดในภาพต้นแบบให้กลับเป็นภาพนิ่ง

1.2 ส่วนประกอบของการประมวลภาพดิจิตอล

โดยพื้นฐานแล้ว การประมวลภาพดิจิตอลต้องการคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลและในระบบจะต้องมีอุปกรณ์อินพุท คือ ดิจิไตเซอร์(digitizer) และอุปกรณ์เอาท์พุท คือ จอภาพที่ใช้ในการแสดงผล(display)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความจริงนั้นภาพที่มนุษย์มองเห็นทั่วๆไปไม่สามารถนำไปใส่ในคอมพิวเตอร์ได้เลย ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนภาพให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมก่อน ขบวนการเปลี่ยนภาพให้เป็นข้อมูลภาพนั้น คือ การดิจิไตซ์(digitize)



ภาพที่ 1.2 การดิจิไตซ์ภาพดิจิตอล

ภาพจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่เล็กๆ เรียกว่าส่วนประกอบภาพ (picture element) หรือ พิกเซล (pixel) แต่ละตำแหน่งพิกเซลความสว่างของภาพจะถูกสุ่มและควันไตซ์ (quantize) ขั้นตอนนี้เราก็จะได้ตัวเลขจำนวนเต็มที่แสดงความสว่างของภาพ ณ จุดนั้น เมื่อทำครบทุกๆ จุดตารางของตัวเลขที่ได้จะภาพจริงๆ ในธรรมชาติ แต่ละพิกเซลจะมีเลขตำแหน่ง (address) และระดับความสว่าง (gray level) ซึ่งตัวเลขเหล่านี้ เราจะนำมาใช้ในการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

วิธีที่ใช้ในการประมวลผลภาพมีได้หลายวิธี ในที่นี้จะอธิบายการทำงานหัวข้อใหญ่ๆ อย่างคร่าวๆ เพื่อประกอบความเข้าใจ

การปรับปรุงภาพ (Image Echancement) เป็นการปรับปรุงภาพให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมแก่การใช้ ซึ่งเป็นหัวข้อใหญ่ของรายงานฉบับนี้

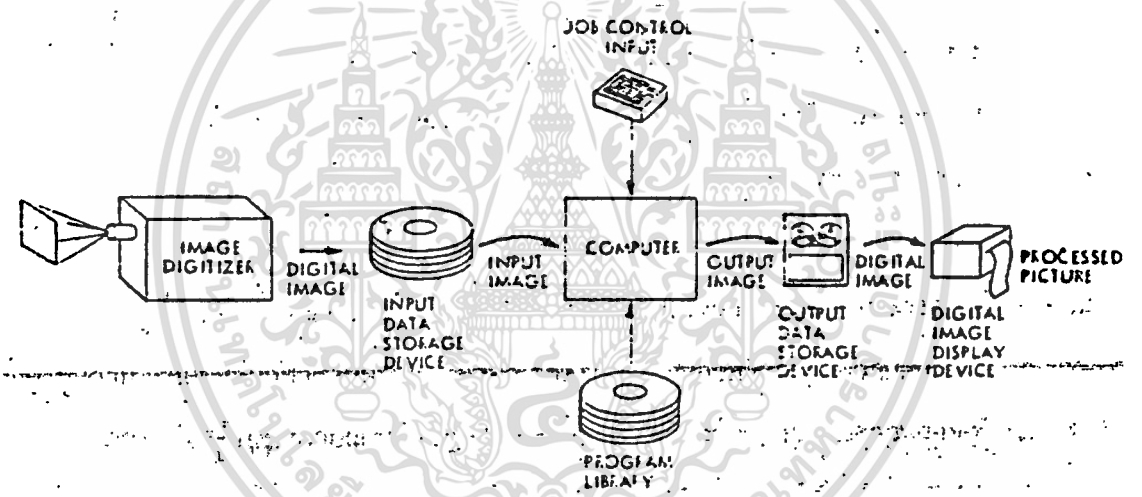
การสร้างภาพกลับคืน (Image Restoration) เป็นการขบวนการสร้างภาพกลับคืน โดยการหาค่า,ชดเชย และ แก้ความคลาดเคลื่อน เนื่องมาจากข้อมูลในภาพผิดพลาดไป หรือ เป็นขบวนการสร้างภาพกลับคืนจากภาพที่ถูกทำให้เสียไปเนื่องจากปรากฏการณ์ต่างๆ โดยหลักการทางพีชคณิต

การเข้าโค้ดข้อมูล (Image Encoding) เป็นการใช้เทคนิคต่างๆเข้าโค้ดข้อมูลเนื่องจากข้อมูลภาพที่ได้จะถูกเก็บในลักษณะเป็นจำนวนไบท์ ซึ่งถ้าภาพมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่ก็ต้องใช้พื้นที่ในการเก็บมาก ซึ่งเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนมากจะมีข้อจำกัดเรื่องหน่วยความจำมาก การใช้วิธีนี้จึงมีประโยชน์มาก ผลของการเข้าโค้ดข้อมูลนี้จะเรียกว่าเป็นการลดข้อมูล (data reduction) นอกจากนี้การเข้าโค้ดข้อมูลยังมีประโยชน์ในการช่วยลดปริมาณข้อมูลภาพ ที่ใช้ในระบบการสื่อสาร เช่นการส่งภาพถ่ายจากอวกาศมายังโลก

การสร้างภาพตัดขวาง (Image Reconstruction) เป็นวิธีการสร้างภาพตัดขวางวัตถุโดยไม่ต้องผ่าหรือทำลายวัตถุ เราเรียกการสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ว่าคอมพิวเตอร์โทโมกราฟฟี่ (Computer Tomography = CT) มีความสำคัญและประโยชน์เป็นอย่างสูงต่อวงการแพทย์ในด้านรังสีวิทยา (medical radiology)



ภาพที่ 1.3 ระบบประมวลภาพดิจิตอล

ภาพที่ 1.3 แสดงระบบที่ใช้ในการประมวลภาพ ภาพดิจิตอลที่ได้จากการดิจิไตซ์จะถูกนำเข้าสู่อุปกรณ์หน่วยความจำตามความเหมาะสม โดยการทำงานตามหน่วยควบคุมอินพุท(job control input) คอมพิวเตอร์จะทำการใช้โปรแกรมต่างๆทำการประมวลผล และ จะมีการนำผลไปเก็บไว้หรือทำการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาทฤษฎีต่าง ๆที่ใช้ในการปรับปรุงภาพ

2) เพื่อศึกษาวิธีการและขั้นตอนในการนำภาพเข้าเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์

3) เพื่อศึกษาวิธีการและขั้นตอนในการปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์

4) สามารถเขียนโปรแกรมใช้ในการปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์ เพื่อช่วยในการวินิจฉัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านการแพทย์

1.4 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

จุดประสงค์หลักของโครงงานนี้ ก็คือ จะทำการปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์โดยอาศัยทฤษฎีด้านการปรับปรุงภาพในแบบสปาเชี่ยลโดเมน เนื้อหาของวิทยานิพนธ์มีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงประวัติและความเป็นมาในด้านการประมวลผลรวมทั้งส่วนประกอบของการประมวลผลภาพ

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการทำงานทั่วไปที่ใช้

บทที่ 3 แสดงการใช้งานของการ์ดทาร์ก้า ซึ่งเป็นการ์ดที่ใช้ในงานด้านดิจิตอลอิมเมจ และแสดงการทำงานรวมทั้งวิธีที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

บทที่ 4 เป็นการทดลองและผลของการทดลองของการใช้โปรแกรมกับภาพ

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้น

จุดประสงค์ใหญ่ของการปรับปรุงภาพก็คือ การทำให้ภาพที่ปรับปรุงแล้วมีผลน่าพอใจที่สุดโดยใช้วิธีการใดวิธีหนึ่ง และวิธีที่กล่าวถึงนี้จะพบว่าเราไม่สามารถเจาะจงวิธีใดวิธีหนึ่งได้ ดังเช่น วิธีที่ใช้ในการปรับปรุงภาพรังสีเอ็กซ์เรย์อาจจะไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงภาพภาพถ่ายดาวเทียม

วิธีการปรับปรุงภาพดิจิตอล เราสามารถแบ่งได้ในสองแบบคือ สปาเชี่ยลโดเมน (spatial-domain) และ โดเมนความถี่ (frequency-domain)

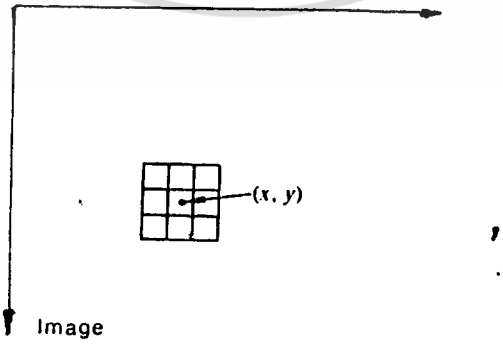
วิธีการสปาเชี่ยลโดเมน

วิธีการนี้เราจะทำการปรับปรุงภาพโดยตรงกับจุดในภาพ (pixels) ฟังก์ชั่นของการปรับปรุงภาพในวิธีนี้สามารถเขียนได้ดังนี้

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

ซึ่ง $f(x,y)$ ก็คือภาพที่จะนำมาใช้ประมวลผล $g(x,y)$ ก็คือภาพที่ประมวลผลแล้วและ T ก็คือตัวปฏิบัติการบน f ซึ่งถูกกำหนดในบริเวณ (x,y)

ในการกำหนดบริเวณ (neighborhood) ของจุด (x,y) เราจะสามารถกำหนดได้โดยใช้บริเวณสี่เหลี่ยมจตุรัสได้ดังรูปด้านล่างนี้ การกำหนดบริเวณของจุด (x,y) ยังมีการกำหนดรูปร่างอย่างอื่นด้วยเช่น วงกลม ฯลฯ แต่ไม่เป็นที่นิยม



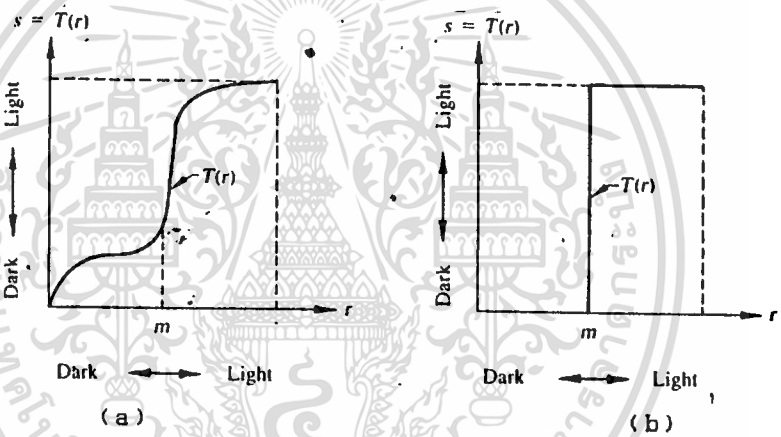
รูปที่ 2.1.1 แสดงบริเวณ 3x3 ล้อมรอบที่จุด (x,y) ในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ง่ายที่สุดของตัวปฏิบัติการ T มีบริเวณ 1x1 ในกรณีนี้ g จะขึ้นอยู่กับค่าของ f ที่ (x,y)เท่านั้น และ T จะกลายเป็นฟังก์ชั่นแปลง (Tranformation funtion) หรือ ฟังก์ชั่นการแมป (mapping funtion) ซึ่งจะอยู่ในรูป

$$s = T(r)$$

เมื่อ r และ s คือตัวแปรที่ใช้แทนค่าระดับความเข้มของ f(x,y) และ g(x,y) ที่จุด (x,y) ถ้า $T(r)$ มีรูปแบบในภาพที่ 2.1.2a ผลของการปรับปรุงภาพจะทำให้ภาพที่มีระดับความเข้มต่ำกว่า m ถูกบีบให้อยู่ในช่วงแคบ ๆ ของ s และจะมีผลตรงกันข้ามกันในช่วงที่มีระดับความเข้มสูงกว่า m เทคนิคนี้เราเรียกว่าการกระจายความแตกต่าง (*contrast stretching*) และถ้า $T(r)$ มีรูปแบบในภาพที่ 2.1.2b ผลของการทำก็จะให้ภาพที่ใช้ฟังก์ชั่นนี้มีระดับความเข้มสองระดับ



รูปที่ 2.1.2 แสดงฟังก์ชันการแปลงของระดับความเข้มสำหรับการปรับปรุงความคมชัด (contrast enhancement)

วิธีการหนึ่งที่มีการใช้กันมากวิธีหนึ่งคือการใช้มาส์ก(อาจเรียกว่า windows, templates, หรือ filters) โดยปกติแล้วมาส์กจะมีขนาดเล็ก (เช่น 3x3) และจะถูกเลือกในการใช้เพื่อให้ได้ผลที่ต้องการ ดังเช่นการที่เราเลือกใช้มาส์กในรูปที่ 2.1.3b จะเห็นได้ว่าค่าที่จุดศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ 8 ในการทำเราจะทำการคูณทุกๆ จุดในบริเวณมาส์กกับ ค่าจริงๆ ในภาพ จะได้ว่า ที่จุดศูนย์กลางจะถูกคูณด้วย 8 และบริเวณรอบๆ จะถูกคูณด้วย -1 ผลของการคูณจะนำมารวมกันทำให้ถ้าภาพบริเวณที่คูณมีค่าเท่ากันหมด(เช่นเป็นภาพพื้นหลัง) ก็จะทำให้ค่าผลคูณที่รวมกันมีค่าเป็นศูนย์ แต่ถ้าเป็นบริเวณขอบค่าผลคูณที่รวมกันจะไม่เท่ากับศูนย์และจะมีค่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026864

ในรูปที่ 2.1.3 ถ้าเราให้ $w_1, w_2, \ldots, w_9$ แทนค่าสัมประสิทธิ์ของมาส์ก และเราจะพิจารณาบริเวณรอบๆ ของจุด (x,y) เราอาจจะทำการเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} T[f(x,y)] &= w_1 f(x-1,y-1) + w_2 f(x-1,y) \\ &+ w_3 f(x-1,y+1) + w_4 f(x,y-1) \\ &+ w_5 f(x,y) + w_6 f(x,y+1) + w_7 f(x+1,y-1) \\ &+ w_8 f(x+1,y) + w_9 f(x+1,y+1) \end{aligned}$$

บนบริเวณ 3x3 ของ (x,y)

ในกรณีที่ มาส์ก มีขนาดใหญ่กว่านี้ก็จะสามารถเขียนได้ในแบบนี้เช่นกัน

w_1 $(x-1, y-1)$	w_2 $(x-1, y)$	w_3 $(x-1, y+1)$
w_4 $(x, y-1)$	w_5 (x, y)	w_6 $(x, y+1)$
w_7 $(x+1, y-1)$	w_8 $(x+1, y)$	w_9 $(x+1, y+1)$

(a)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

(b)

ภาพที่ 2.1.3 a),b) แสดงมาส์ก ขนาด 3 x 3

ทฤษฎีของสีและแสง

<u>คุณลักษณะการมองเห็นของมนุษย์</u>

คุณลักษณะการมองเห็นของคนเราขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหลายๆอย่างเช่น ตา, เส้นประสาทตา, สมอง คุณสมบัติเหล่านี้มีลักษณะที่ไม่คงที่ในภาวะต่างๆกัน และจากคุณสมบัติที่ไม่คงที่นี้เองที่เป็นคุณสมบัติที่มีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์

- ความสว่างและความยาวคลื่น (Brightness)

จากการศึกษาโดยใช้สายตาของผู้ที่ปกติดี สามารถสรุปได้ว่าตาของคนเรามีการตอบสนองสูงสุดในช่วง สีเหลือง - เขียว เช่น เราจะเห็นสีเหลืองสว่างกว่าสีฟ้า (ปริมาณความสว่างเท่า ๆ กัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสว่างของสีและต้นกำเนิดแสง (Luminance)

นอกจากความยาวคลื่นแล้ว ในการมองกันคนละมุม และ คนละระยะทาง ก็มีผลทำให้ลักษณะของภาพต่างกันด้วย (ไบท์แนส มักจะหมายถึงความสว่างที่คนเรามองเห็น แต่ลูมิแนนท์ มักจะหมายถึง ความสว่างทางกายภาพ หรือ ความสว่างที่สามารถคำนวณได้จากสูตร ,

Y (Luminance) = 0.3R + 0.59G + 0.11B

โดย R G B เป็นค่าความเข้มของสีในแบนด์ แดง เขียว และ น้ำเงินตามลำดับ บางทีเราอาจจะมองเห็นแสงสีที่มีลูมิแนนท์น้อยกว่าสีอีกอันหนึ่ง ซึ่งมีไบท์แนส มากกว่าก็ได้เพราะขึ้นอยู่กับสายตาของคนเรา)

การใช้ตารางลุกอัพเทเบิ้ล (Look up table)

สมมุติว่าภาพที่เราสนใจอยู่นั้นมีช่วงของสีอยู่ในช่วง 0-255 แต่ค่าช่วงที่ต้องการจะแสดงโดยจอภาพนั้นอยู่ในช่วง 0-63 ฉะนั้นในการแสดงภาพออกทางจอภาพ เราจะต้องเปลี่ยน สเกล ของสีใหม่ เช่น โดยการแบ่งสีของภาพออกเป็น 63 ช่วง โดยให้แต่ละช่วงห่างกันช่วงละ 4 สี (256 / 4) และแทนค่า 0 แทนสีดำ 63 แทนสีขาว

ถึงแม้เราจะทำการแบ่งสเกลของระดับความเข้มแล้ว แต่ก็อาจได้ภาพที่ไม่น่าพอใจนัก ภาพอาจจะดูไม่รู้เรื่อง หรือ บางส่วนของภาพมีระดับสีเดียวกันทั้งๆ ที่เป็นคนละส่วนกัน (มีค่าของสีก่อนแบ่ง สเกล แตกต่างกัน) สิ่งเหล่านี้เราอาจจะแก้ไขได้โดยใช้การเปิดตาราง

การใช้วิธีนี้จะมีประสิทธิภาพดีพอควร เมื่อเราต้องการเปลี่ยนลักษณะบางอย่างของภาพให้เปลี่ยนไปเช่น ความเข้ม ,ความสว่าง โดยเราจะใช้ค่าในตารางแสดงผลออกมาเท่านั้น (ไม่ใช่ค่าสีของภาพที่มีอยู่จริง ๆ) และ ตางรางก็ต้องการเนื้อที่ในหน่วยวามจำ (memory) สำหรับเก็บสีของมันเองเพียง 1 ระดับความเข้ม ต่อเนื้อที่ 1 หน่วยเท่านั้น (คือถ้ามี 63 ระดับความเข้มก็ใช้เนื้อที่ 63 หน่วยเท่านั้น) ในขณะที่การแปลงข้อมูลภาพวิธีที่กล่าวตอนแรกนั้นจะใช้เนื้อที่เก็บ 1 หน่วย/1 ฟิกเซล ซึ่งถ้าข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่แล้วก็จะต้องใช้เนื้อที่มากมายหรือไม่ก็เสียเวลาเป็นอย่างมากในการคำนวณ ข้อดีอีกอย่างของ ลุกอัพเทเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็คือ ขณะที่ใช้ลุกอัพเทเบิ้ลอยู่นั้น จะไม่มีข้อมูลภาพของเดิมหายไปเลย (เพราะค่าที่นำมาแสดงเป็นค่าใน ลุกอัพเทเบิ้ล ไม่ใช่ข้อมูลภาพจริง) แต่ปัญหาของวิธีนี้ก็คือ เราจะสามารถหาตารางลุกอัพเทเบิ้ลที่เหมาะสมแก่ภาพนั้น ๆ ได้อย่างไร และการที่จะจัดเก็บลุกอัพเทเบิ้ลแยกกับภาพ เราจะมีวิธีอะไรที่ทำให้ผู้ใช้รู้ว่าลูคอัพเทเบิ้ลอันนั้นใช้ได้กับภาพนั้น ๆ อีกอย่างที่เป็นปัญหาสำคัญก็คือ วิธีนี้จะเป็นเพียงการแปลงค่าของระดับความเข้มหนึ่งไปสู่ ความเข้มระดับหนึ่งเท่านั้น ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงภาพให้เห็นขอบชัดเจน หรือการลดสัญญายรบกวนอย่างใดอย่างหนึ่ง วิธีในการหาค่าตารางนี้จะมีได้หลายวิธี ซึ่งเนื้อหาในเล่มนี้จะมีการกล่าวถึงด้วย

2.2 การทำภาพให้กลมกลืน (Image Smoothing)

การทำภาพให้กลมกลืนจะถูกใช้ก็เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน(noise) หรือผลที่เกิดจากภาพ ถูกสุ่ม(sampling) มาไม่ดี การทำภาพให้กลมกลืนเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายแต่มีข้อจำกัดคือจะทำอย่างไรให้ภาพที่ได้ไม่มีลักษณะม้วหรือพร่า ซึ่งจากเหตุผลนี้ทำให้ต้องสนใจในการที่จะรักษาขอบภาพไว้ในขณะที่ทำทำภาพให้กลมกลืน ในหัวข้อนี้เราจะทำการพิจารณาแต่สปาเชี่ยล โดเมนเท่านั้น

การเฉลี่ยรอบจุด(Neighborhood Averaging (Mean))

ให้ภาพขนาด N x N ของภาพ f(x,y) เราจะทำโดยให้ได้ภาพกลมกลืน g(x,y) จาก การเฉลี่ยค่าระดับความเข้มที่ทุก ๆ จุด (x,y) จากบริเวณโดยรอบของจุด (x,y) ซึ่งเราจะเขียนได้

$$g(x,y) = 1/M \sum_{(n,m)\in s} f(n,m)$$

โดย x,y = 0,1,...,N-1. s เป็นเซ็ทของคู่ลำดับที่อยู่ในบริเวณของจุด (x,y) ซึ่งรวม (x,y) ด้วยและ M คือจำนวนจุดที่อยู่ในบริเวณ ซึ่งถ้าเป็นบริเวณ 3 x 3 เราก็จะสามารถเขียนอยู่ในรูปฟิลเตอร์เวท(filter weights) เป็น

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

square window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือในกรณีเรากำหนดให้ M อยู่ในรูปร่างแบบเลขบวกเราก็จะได้มาส์กดังนี้ (5x5)

$$\begin{matrix} & 1/5 & \\ 1/5 & 1/5 & 1/5 \\ & 1/5 & \end{matrix}$$

plus shaped window

จะเห็นได้ว่าวิธีนี้ จะมีผลข้างเคียงคือทำให้ภาพมีลักษณะมัว วิธีแก้ก็คือทำการกำหนดค่า T (threshold) ซึ่งจะทำโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

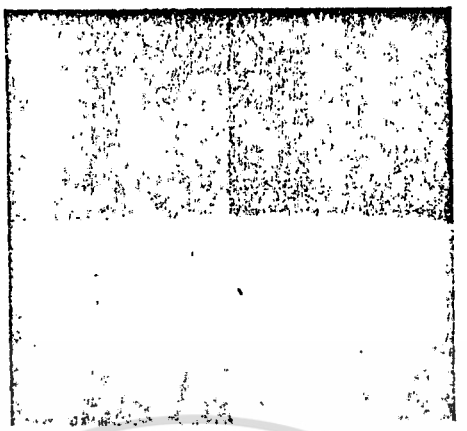
$$g(x,y) = \begin{cases} 1/M \sum_{(m,n)\in s} f(m,n) & \text{เมื่อ } |f(x,y) - 1/M \sum f(m,n)| < T \\ f(x,y) & \text{ค่าอื่น ๆ} \end{cases} \qquad 2.2_1$$

โดย T คือค่าที่ไม่เป็นลบ

(d) (e) (f)

ภาพที่ 2.2.1 แสดงผลของการใช้วิธีการเฉลี่ยรอบจุด a) แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวนและจะถูกปรับปรุง b) ถึง f) แสดงภาพที่ปรับปรุงแล้วโดยการใช้ขนาดของบริเวณ nxn ด้วย n = 3,5,9,15,และ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2.2 แสดงผลของการใช้สมการที่ 2.2.1 จากภาพที่ 2.1.1a โดยใช้ขนาด 9x9 และให้ T = 10 ให้ดูเปรียบเทียบกับภาพ 2.2.1d จะเห็นได้ว่าภาพนี้มีความคมชัดกว่า

<u>ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted mean)</u>

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ใช้บ่อยในกรณีที่ให้ค่าน้ำหนักของแต่ละจุด จากจุดศูนย์กลางไม่เท่ากัน สำหรับขนาด 3 X 3 ค่าที่ใช้อาจจะเป็นดังนี้

1/16	1/8	1/16
1/8	1/4	1/8
1/16	1/8	1/16

square window

ซึ่งมาร์กนี้จะมีชื่อว่า Guassian low-pass filter ซึ่งมันจะทำหน้าที่เป็น lowpass filter สำหรับ มาสก์ในรูปร่างเลขบวก (plus shaped window) ก็แสดงในด้านล่างนี้

	1/6	
1/6	1/3	1/6
	1/6	

plus shaped window

วิธีนี้จะได้ผลดีกว่าวิธีแรก คือภาพจะไม่มัวมากและเวลาที่ใช้ก็ใกล้เคียงกับวิธีแรก นอกจากมาสก์แบบนี้แล้วเราก็ยังมีมาสก์อีกชนิด ที่มีการใช้ก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1/33	1/33	1/33	1/33	1/33
1/33	2/33	2/33	2/33	1/33
1/33	2/33	1/33	2/33	1/33
1/33	2/33	2/33	2/33	1/33
1/33	1/33	1/33	1/33	1/33

pill box mask

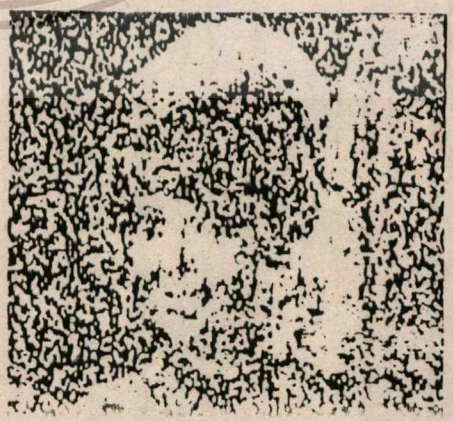
มีเดียนและโหมดฟิลเตอร์ (Median and Mode Filtering)

วิธีการในหัวข้อที่แล้วจะเห็นได้ว่าเกิดผลข้างเคียงคือ ภาพที่ใช้วิธีนั้นจะมีลักษณะมัวถึงแม้ว่าจะมีการใช้ค่าเทรสโชลด์(threshold) มาแก้แต่การที่เราจะเลือกค่าเทรสโชลด์ (threshold) ที่ดีนั้นก็มีข้อยุ่งยากในการพิจารณามาก วิธีการในหัวข้อนี้จะช่วยแก้ปัญหาของหัวข้อแรกได้ คือการที่เราใช้มีเดียนฟิลเตอร์วิธีการนี้จะทำการกำหนดบริเวณคล้ายหัวข้อแรก แต่แทนที่เราจะแทนค่าเฉลี่ยลงในจุดศูนย์กลางของมาส์กเราก็จะใช้ค่ากลางของบริเวณนั้นแทนเข้าไป วิธีนี้จะมีประสิทธภาพก็เมื่อภาพมีสัญญาณรบกวน ที่มีระดับความเข้มมากๆ เป็นจุดๆ(spikelike)

ข้อเสียของวิธีนี้คือ มีความช้า เพราะเราจะต้องทำการเรียงลำดับระดับความเข้มก่อนถึงจะได้ค่ากลาง อย่างไรก็ตาม วิธีก็เป็นวิธีหนึ่งที่ให้ผลในเรื่องการรักษาของภาพได้ดีมาก

อีกวิธีหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับวิธีนี้คือโหมดฟิลเตอร์ คือแทนที่เราจะแทนค่ากลางไปเราก็จะใช้ค่าที่เกิดขึ้นมากที่สุดในบริเวณนั้นแทน ซึ่งจะมีปรโยชน์ในการใช้เกี่ยวกับ การเข้าระหัสภาพ(coded images)

A



B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C

D

ภาพที่ 2.2.3 โดย a) แสดงภาพจริง b) แสดงภาพที่ถูกสัญญาณรบกวน c) ผลของการใช้ 5 x 5 เฉลี่ยรอบจุด d) ผลของการใช้ 5 x 5 มิเดียนฟิลเตอร์

2.3 การปรับปรุงฮิสโตแกรม (Histogram Modification Techniques)

การปรับปรุงภาพโดยวิธีปรับปรุงฮิสโตแกรม

เมื่อเราให้ตัวแปร r แทนระดับความเข้มของจุดในภาพที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้ง่ายเราจะกำหนดว่า r จะอยู่ในช่วง

$$0 <= r <= 1$$

โดย r = 0 แทนดำและ r = 1 แทนขาวในระดับความเข้ม

สำหรับ r ใด ๆ จะมีค่าอยู่ในช่วง [0,1] และเราจะสนใจรูปแบบการแปลงอยู่ในรูป

$$s = T(r) \qquad 2.3_1$$

โดยจะกำหนดทุกระดับของ s สำหรับค่า r ใดๆ ในภาพที่ต้องการปรับปรุงและเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะกำหนดว่าฟังก์ชั่นในสมการ 2.3_1 ข้างบนจะต้องอยู่ในเงื่อนไขดังต่อไปนี้ด้วย

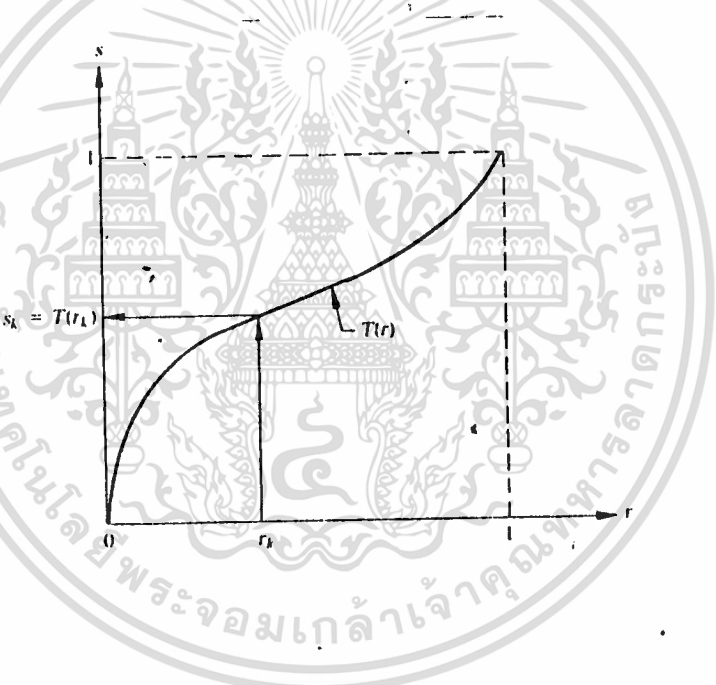
1) $T(r)$ จะเป็นฟังก์ชั่นหนึ่งต่อหนึ่ง (single-valued) และฟังก์ชันเพิ่ม (monotonically increasing ในช่วง $0 <= r <= 1$ และ

2) $0 <= T(r) <= 1$ สำหรับ $0 <= r <= 1$.

เงื่อนไขในข้อ 1) จะเป็นข้อกำหนดให้รักษาลำดับของระดับความเข้มดำและขาว

2) จะทำให้เมื่อทำการแมป(mapping) แล้วค่าที่ได้ยังอยู่ในช่วงที่กำหนด

ตัวอย่างของ $T(r)$ ที่ถูกต้องตามลำดับเงื่อนไขอยู่ในรูปที่ 2.3.4



รูปที่ 2.3.4 แสดงภาพฟังก์ชั่นการแปลง

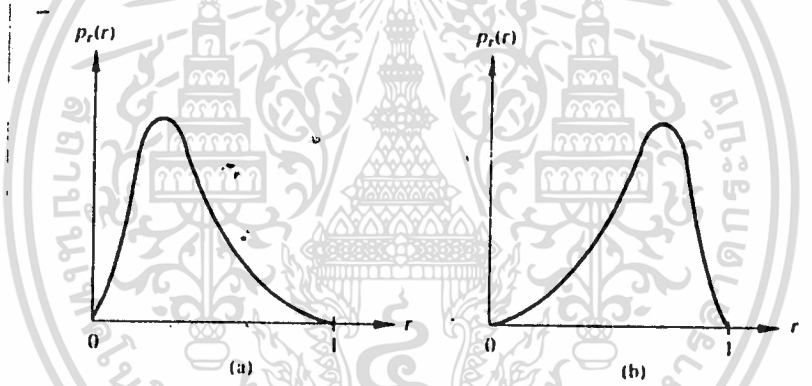
ในการทำ อินเวอร์สการแปลง (inverse transformation) จาก s กลับไป r เราจะนิยามโดย

$$r = T^{-1}(s) \quad , 0 <= s <= 1$$

โดยที่ $T^{-1}(s)$ ก็ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขในข้อหนึ่งและข้อสองของสมการ 2.3_1 ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความเข้มในภาพธรรมดาจะเป็นการกระจายแบบสุ่ม(random) อยู่ในช่วง [0,1] ถ้าเราสมมติว่ามันเป็นตัวแปรแบบต่อเนื่อง เราก็จะสามารถหาคุณลักษณะของฟังก์ชั่นการแปลงได้ โดยการกำหนดฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (probabilty density functions) $p_r(r)$ และ $p_s(s)$ ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้เราสามารถได้คุณสมบัติโดยทั่วไปของภาพได้ ดังเช่นภาพที่มีฟังก์ชั่นความหนาแน่นในรูปที่ 2.3.5a จะมีลักษณะภาพค่อนข้างมืดเพราะระดับความเข้มส่วนใหญ่อยู่ในด้านมืด และทางตรงกันข้ามภาพในรูป 2.3.5b จะมีลักษณะภาพค่อนข้างสว่างเพราะระดับความเข้มของภาพส่วนใหญ่อยู่ในด้านสว่าง



รูปที่ 2.3.5 แสดงระดับความเข้มฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น โดยรูป a ภาพจะค่อนข้างมืด รูป b ภาพจะสว่าง

จากทฤษฎีความน่าจะเป็นถ้าเราทราบ $p_r(r)$ และ $T(r)$ และ $T^{-1}(s)$ อยู่ภายใต้เงื่อนไขในข้อหนึ่ง เราก็จะสามารถหาฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแปลงโดย

$$p_s(s) = p_r(r)[dr/ds]_{r=T^{-1}(s)} \qquad 2.3_2$$

วิธีที่การปรับปรุงโดยวิธีแก้ไขฮิสโตแกรมนี้ จะเป็นการทำการปรับปรุงฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระดับความเข้ม โดยการควบคุมฟังก์ชั่นการแปลง (Transformation function $T(r)$)

ในรายงานนี้จะอธิบาย 4 วิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การทำให้อิสโตแกรมของภาพเท่ากัน
(Histogram Equalization)

2) การทำให้อิสโตแกรมของภาพมีค่าเท่าที่กำหนด
(Direct Histogram Specification)

3) การปรับปรุงอิสโตแกรมเฉพาะส่วน
(Local Enchancement)

4) การทำให้อิสโตแกรมของภาพให้เท่ากันโดย การคำนวณจาก บริเวณที่กำหนด (Regionally Histogram Equalization)

การทำให้อิสโตแกรมของภาพเท่ากัน(Histogram equalization)

พิจารณาฟังก์ชั่นการแปลง

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)dw \quad ,0 <= r <= 1 \qquad 2.3_3$$

โดย w เป็นตัวแปรของการอินทีเกต ทางด้านขวาของสมการ 2.3_3 จะเท่ากับเป็นฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม (comulative distribution function (CDF)) ของ r และเป็นไปตามข้อกำหนดของสมการ 2.3_3 ทั้งสองข้อเพราะ CDF จะเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 1 เหมือนฟังก์ชันของ r

จากสมการที่ 2.3_3 เราจะหาอนุพันธ์ของ s เทียบกับ r โดย

$$ds/dr = p_r(r)$$

แทน dr/ds ลงในสมการที่ 2.3_2 เราก็จะได้

$$p_s(s) = p_r(r)[1/p_r(r)]_{r=T^{-1}(w)}$$

$$= [1]_{r=T^{-1}(w)}$$

$$= 1 \qquad 0 <= s <= 1$$

ซึ่งก็จะทำให้ความหนาแน่นเท่ากันหมด (uniform density)ในช่วงที่กำหนดของการแปลง

ในกรณีที่ต้องการใช้ในระบบดิจอตอลซึ่งอยู่ในรูปฟังก์ชันที่ไม่ต่อเนื่อง สำหรับระดับความเข้มใด ๆ ก็จะหาฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นดังนี้

$$p_r(r_k) = n_k/n \quad ,0 <= r_k <= 1$$

$$,k = 0,1,...,L-1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย L คือจำนวนระดับความเข้ม, $p_r(r_k)$ เป็นความน่าจะเป็นที่ระดับความเข้มที่ k, n_k เป็นจำนวนของจุดที่มีระดับความเข้ม k และ n คือจำนวนจุดทั้งหมด ถ้าเราทำการวาดกราฟระหว่าง $p_r(r_k)$ กับ r_k แล้วกราฟที่ได้เราจะเรียกว่า ฮิสโตแกรม และเทคนิคที่เราจะใช้ในการทำให้ภาพที่มีฮิสโตแกรมเท่ากันหมด (uniform histogram) เราจะเรียกว่า วิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน (histogram equalization หรือ histogram linearization)

เราจะทำการแปลงสมการที่ 2.3_3 ให้อยู่ในรูปที่ไม่ต่อเนื่องโดย

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} n_j/n = \sum_{j=0}^{k} p_r(r_j) \qquad ,0 <= r_k <= 1$$

$$,k = 0,1,\ldots,L-1$$

อินเวอร์สการแปลง (inverse transformation) จะกำหนดโดย

$$r_k = T^{-1}(s_k) \qquad ,0 <= s_k <= 1$$

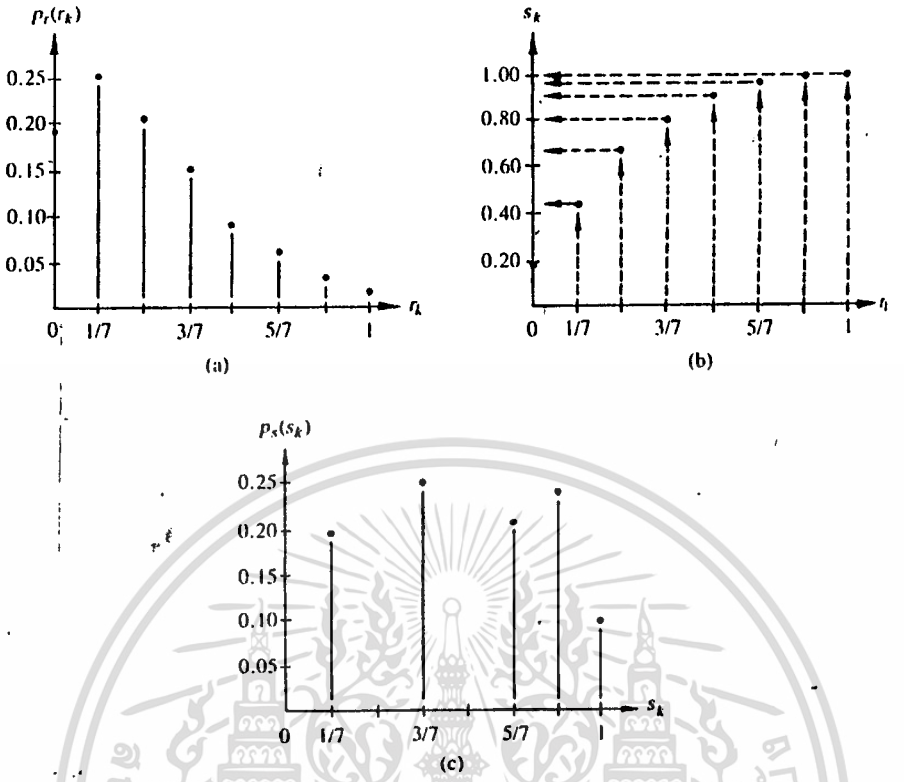
โดยทั้ง $T(r_k)$ และ $T^{-1}(s_k)$ ก็จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดของสมการที่ 2.3_1 ด้วย ถึงแม้ว่าในวิธีนี้จะไม่ใช้ $T^{-1}(s_k)$ แต่ในหัวข้อต่อไปจะมีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่าง</u> ถ้ามีภาพขนาด 64x64 มีระดับความเข้ม 8 ระดับ ซึ่งมีจำนวนจุดต่อระดับดังตารางข้างล่าง เราจะเขียนฮิสโตแกรมของระดับความเข้มได้ในรูปที่ 2.3.6

ตารางที่ 2.3_1

r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/n$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1/7$	1023	0.25
$r_2 = 2/7$	850	0.21
$r_3 = 3/7$	656	0.16
$r_4 = 4/7$	329	0.08
$r_5 = 5/7$	245	0.06
$r_6 = 6/7$	122	0.03
$r_7 = 1$	81	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3.6 แสดงวิธีทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน a) แสดงฮิสโตแกรมของภาพที่ยังไม่ปรับปรุง b) แสดงฟังก์ชั่นการแปลง c) ฮิสโตแกรมของภาพที่ปรับปรุงแล้ว (equalized histogram)

วิธีทำ ฟังก์ชั่นการแปลงจะหาได้จากสมการ

$$s_0 = T(r_0) = \sum_{j=0}^{0} p_r(r_j)$$
$$= p_r(r_0)$$
$$= 0.19$$

เช่นเดียวกันเราจะหา

$$s_1 = T(r_1) = \sum_{j=0}^{1} p_r(r_j)$$
$$= p_r(r_0) + p_r(r_1)$$
$$= 0.44$$

ดังนั้นจะได้

$$s_2 = 0.65 \quad , \quad s_3 = 0.81$$
$$s_4 = 0.89 \quad , \quad s_5 = 0.95$$
$$s_6 = 0.98 \quad , \quad s_7 = 1.00$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นการแปลงจะอยู่ในรูปที่ 2.3.6b

เพราะว่าในภาพนี้เรากำหนดว่ามีระดับความเข้มอยู่ 8 ระดับ ดังนั้นค่าที่จะทำการแปลงแล้วจะต้องอยู่ในระดับที่ว่านี่เท่านั้น เราจึงทำการหาค่าระดับที่ใกล้ที่สุดดังนั้นเราจะได้ว่า

$s_0 = 0.19 \cong 1/7$, $s_1 = 0.44 \cong 3/7$

$s_2 = 0.65 \cong 5/7$, $s_3 = 0.81 \cong 6/7$

$s_4 = 0.89 \cong 6/7$, $s_5 = 0.95 \cong 1$

$s_6 = 0.98 \cong 1$, $s_7 = 1.00 \cong 1$

ดังนั้นระดับความเข้มของเดิมจะถูกแปลงไปสู่ค่าใหม่ดังนี้

$r_0 \rightarrow s_0$ คือแปลงระดับความเข้ม 0 เป็น 1/7

$r_1 \rightarrow s_1$ คือแปลงระดับความเข้ม 1/7 เป็น 3/7

$r_2 \rightarrow s_2$ คือแปลงระดับความเข้ม 2/7 เป็น 5/7

$r_3 \rightarrow s_3$ คือแปลงระดับความเข้ม 3/7 เป็น 6/7

$r_4 \rightarrow s_4$ คือแปลงระดับความเข้ม 4/7 เป็น 6/7

$r_5 \rightarrow s_5$ คือแปลงระดับความเข้ม 5/7 เป็น 1

$r_6 \rightarrow s_6$ คือแปลงระดับความเข้ม 6/7 เป็น 1

$r_7 \rightarrow s_7$ คือแปลงระดับความเข้ม 1 เป็น 1

เพราะฉะนั้นเราจะได้ว่าที่ระดับความเข้มใหม่จะมีจำนวนจุดและได้ ความน่าจะเป็นของแต่ละระดับดังนี้

ที่ระดับ 1/7 มีจำนวนจุด 790 จุด ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.19

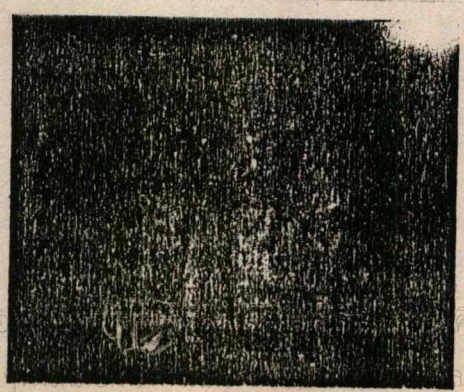
ที่ระดับ 3/7 มีจำนวนจุด 1023 จุด ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.25

ที่ระดับ 5/7 มีจำนวนจุด 850 จุด ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.21

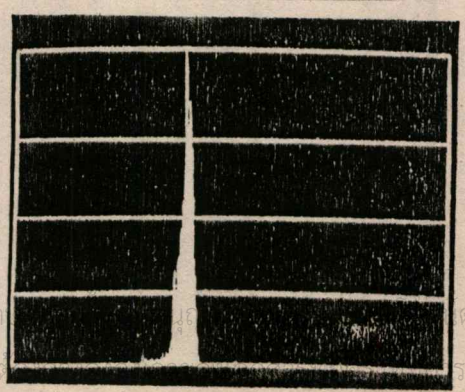
ที่ระดับ 6/7 มีจำนวนจุด 656+329 จุด ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.24

ที่ระดับ 1 มีจำนวนจุด 245+122+81 จุด ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.11

ซึ่งจะเขียนฮิสโตแกรมได้ดังรูปที่ 2.3.6c ซึ่งจะเสมือนว่าเราได้ค่า s ใหม่คือ s_0, s_1, s_2, s_3, s_4

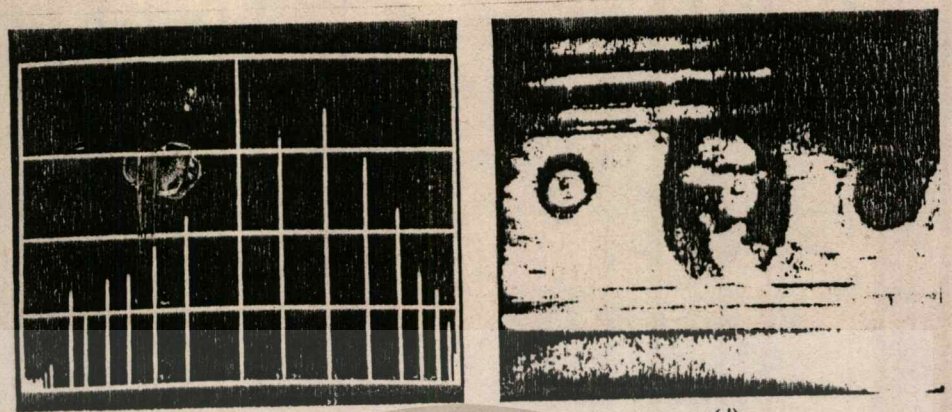


(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอ... ศึกษา... ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด... นำไปใช้



(c) (d)

ภาพที่2.3.7 แสดงการใช้วิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากันในการปรับปรุงโดย a) แสดงภาพก่อนที่จะปรับปรุง b) แสดงฮิสโตแกรมก่อนการปรับปรุง c) ฮิสโตแกรม ที่ปรับปรุงแล้ว d) ภาพที่ได้หลังการปรับปรุง

การปรับปรุงให้ฮีสโตแกรมของภาพเท่ากับที่ฮิสโตแกรมที่กำหนดให้ (Direct Histogram Specification)

ถึงแม้วิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน จะมีประโยชน์ในการปรับปรุงภาพทั่วไปแต่มันก็ยังมีข้อจำกัดคือ ภาพที่ทำการปรับปรุงแล้วจะมีลักษณะฮิสโตแกรมอย่างเดียว คือ ฮิสโตแกรมเท่ากันหมด (uniform histogram) ในการที่จะทำการเปลี่ยนให้ฮิสโตแกรมอยู่ในลักษณะอื่น ก็ทำได้โดยเราจะใช้วิธีใหม่นี้

วิธีที่จะทำนี้ก็ยังมีลักษณะคล้ายๆกันกับการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน โดยเมื่อเราพิจารณาจากสมการ

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)\, dw$$

ถ้าเรามีภาพที่ต้องการปรับปรุง ระดับความเข้มของมันจะถูกทำให้เท่าโดยใช้ฟังก์ชั่นการแปลงคือ

$$v = G(z) = \int_0^z p_z(w)dw$$

จะได้ว่าฟังก์ชั่นอินเวอร์ส คือ $z = G^{-1}(v)$

และเราจะได้ว่า $p_s(s)$ และ $p_v(v)$ มีค่าเท่ากันดังนั้นแทนที่เราจะใช้ v ในขบวนการอินเวอร์ส เราก็จะใช้ s แทนดังนั้นเราก็จะได้ว่า $z = G^{-1}(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็จะมีความหนาแน่นของความน่าจะเป็นที่ต้องการ เราจะสมมติว่า $G^{-1}(s)$ มีค่าเพียงค่าเดียวดังนั้นเราจะมีวิธีทำดังนี้

1) ทำให้ระดับความเข้มของภาพเท่ากัน

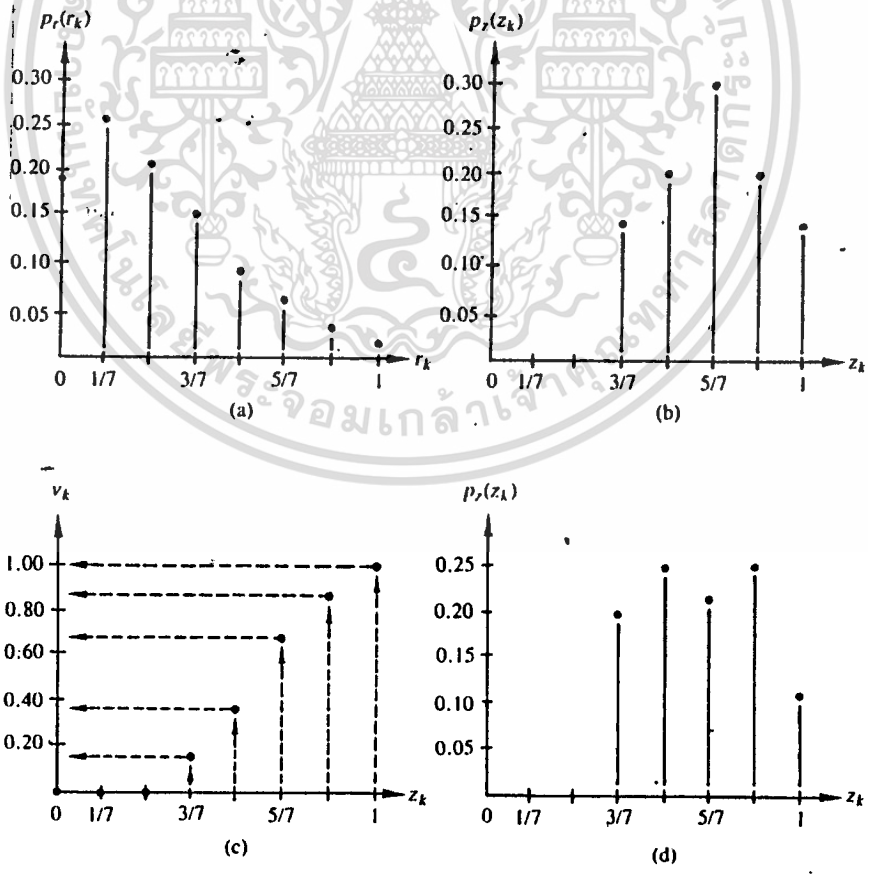
2) ทำการกำหนดฟังก์ชั่นความหนาแน่นที่ต้องการและหา $G(z)$ โดยใช้สมการที่ 2.3_3

3) ทำการอินเวอร์สฟังก์ชั่นการแปลง โดย $z = G^{-1}(s)$

จากข้างบนจะเขียนสมการคือ

$$z = G^{-1}(s)$$

<u>ตัวอย่าง</u> จากตัวอย่างก่อนถ้าเราต้องการจะใช้วิธีคุณสมบัติของฮิสโตแกรม โดยเราให้ฮิสโตแกรมที่ต้องการกำหนดอยู่ในรูปที่ 2.3.8b โดยมีค่าดังในตารางที่ 2.3_2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3.8 แสดงวิธีการใช้คุณสมบัติของฮิสโตแกรม a) แสดงฮิสโตแกรมก่อนปรับปรุง b) ฮิสโตแกรมที่กำหนดให้ c) ฟังก์ชั่นการแปลง d) ฮิสโตแกรมที่ได้

z_k	$p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00
$z_1 = 1/7$	0.00
$z_2 = 2/7$	0.00
$z_3 = 3/7$	0.15
$z_4 = 4/7$	0.20
$z_5 = 5/7$	0.30
$z_6 = 5/7$	0.20
$z_7 = 1$	0.15

ตารางที่ 2.3_2 แสดงค่าของฮิสโตแกรมที่กำหนด

ในขั้นแรกเราจะทำโดยใช้วิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากันก่อนซึ่งจะได้ดังตารางที่ 2.3_3

r_j	s_k	n_k	$p_s(s_k)$
r_0 ->	$s_0 = 1/7$	790	0.19
r_1 ->	$s_1 = 3/7$	1023	0.25
r_2 ->	$s_2 = 5/7$	850	0.21
r_3, r_4 ->	$s_3 = 6/7$	985	0.24
r_5, r_6, r_7 ->	$s_4 = 1$	448	0.11

ขั้นต่อไปเราจะทำการคำนวณหาฟังก์ชั่นการแปลงโดยใช้สมการที่ 2.3_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_k = G(z_k) = \sum_{j=0}^{k} p_z(z_j)$$

ดังนั้นเราก็จะได้ค่า v ดังนี้

$v_0 = G(z_0) = 0.00$ $\quad$ $v_4 = G(z_4) = 0.35$

$v_1 = G(z_1) = 0.00$ $\quad$ $v_5 = G(z_5) = 0.65$

$v_2 = G(z_2) = 0.00$ $\quad$ $v_6 = G(z_6) = 0.85$

$v_3 = G(z_3) = 0.15$ $\quad$ $v_7 = G(z_7) = 1.00$

ฟังก์ชั่นการแปลงจะอยู่ในรูปที่ 2.3_8c

จาก $z = G^{-1}(s)$ และ $G(z_3) = 0.15 \sim 1/7 = s_0$ ดังนั้น $z_3 = G^{-1}(s_0)$ ทำให้เราได้ว่า s_0 จะถูกแมปไปบนค่า z_3 และเช่นกันกับค่าอื่นๆ เราก็จะทำการแมปค่าที่เหลือทั้งหมดเช่นเดียวกัน เราก็จะได้ดังนี้

$s_0 = 1/7 \rightarrow z_3 = 3/7$

$s_1 = 3/7 \rightarrow z_4 = 4/7$

$s_2 = 5/7 \rightarrow z_5 = 5/7$

$s_3 = 6/7 \rightarrow z_6 = 6/7$

$s_4 = 1 \rightarrow z_7 = 1$

ซึ่งก็จะเห็นว่าถ้าเราทำการแมปโดยตรงเราก็จะได้ผลดังนี้

$r_0 = 0 \rightarrow z_3 = 3/7$

$r_1 = 0 \rightarrow z_4 = 4/7$

$r_2 = 0 \rightarrow z_5 = 5/7$

$r_3 = 0 \rightarrow z_6 = 6/7$

$r_4 = 0 \rightarrow z_6 = 6/7$

$r_5 = 0 \rightarrow z_7 = 1$

$r_6 = 0 \rightarrow z_7 = 1$

$r_7 = 0 \rightarrow z_7 = 1$

ซึ่งเราจะได้ฮิสโตแกรมในรูปที่ 2.3.8d และจะมีค่าดังตารางที่ 2.3_4

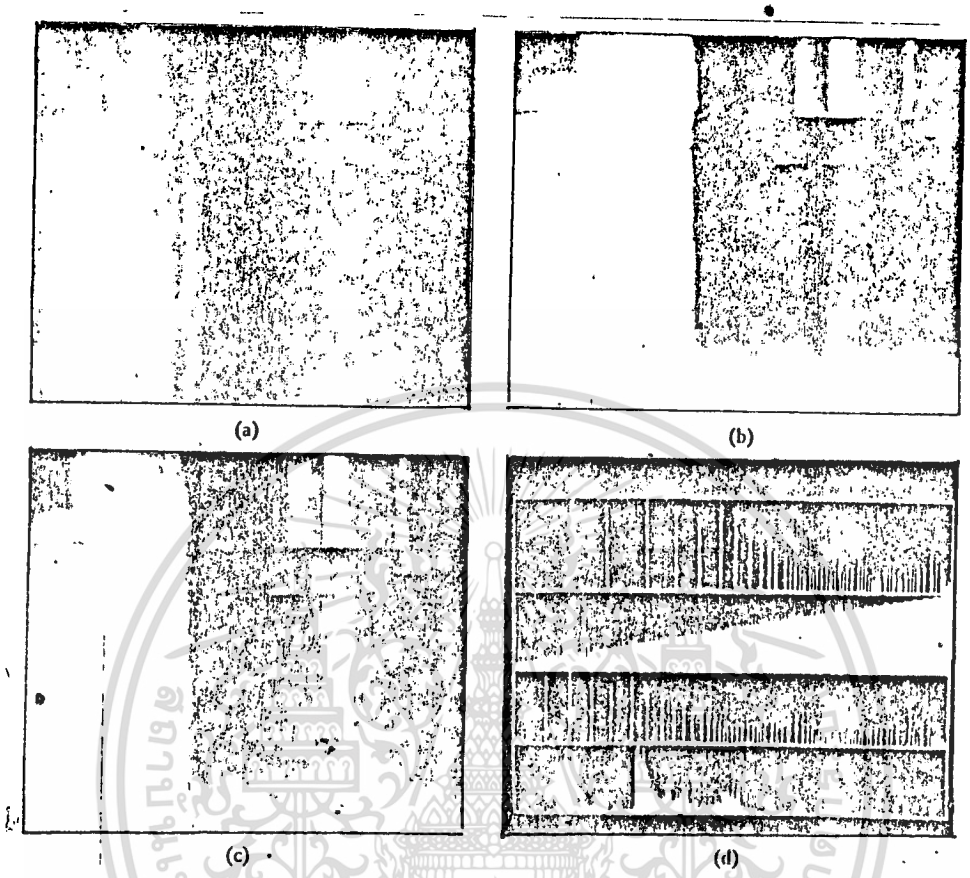
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

z_k	n_k	$p_x(z_k)$
$z_0 = 0$	0	0.00
$z_1 = 1/7$	0	0.00
$z_2 = 2/7$	0	0.00
$z_3 = 3/7$	790	0.19
$z_4 = 4/7$	1023	0.25
$z_5 = 5/7$	850	0.21
$z_6 = 6/7$	985	0.24
$z_7 = 1$	448	0.11

ตารางที่ 2.3_4 แสดงผลที่ได้จากการปรับปรุง

หมายเหตุ จะพบว่าผลของ ที่ได้จะไม่เหมือนกับที่เรากำหนดทั้งนี้จะเกิดขึ้นเมื่อค่าของระดับความเข้มไม่ต่อเนื่อง และจะมีความผิดพลาดมากยิ่งขึ้นในกรณีที่จำนวนระดับความเข้มลดลง อย่างไรก็ตามจะพบว่าผลที่ได้มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงภาพอย่างยิ่งซึ่งจะเห็นได้จากภาพตัวอย่างต่อไป ในหัวข้อนี้เราจะพบว่ามีปัญหาในการที่จะนำไปใช้งานจริงๆ ก็คือ เราจะกำหนดฮิสโตแกรมอย่างไรจึงจะได้ผลดีซึ่งก็มีทางแก้ไขสองประการคือ หนึ่ง สร้างฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (โดยใช้ Gaussian,Rayleigh,log-normal,etc) แล้วทำการสร้างฮิสโตแกรมโดยทำการดิจิไตซ์ฟังก์ชั่นดังกล่าว วิธีที่สองคือ ระบุฮิสโตแกรมโดยหาค่าเฉลี่ยของอุปกรณ์กราฟิคซึ่งผลของมันจะนำไปคำนวณ โดยใช้ฮิสโตแกรมอัลกอริทึมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3.9 แสดงภาพที่ได้จากวิธีฮิสโตแกรม a) ภาพก่อนการปรับปรุง b) ภาพที่ได้จากวิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน c) ภาพที่ได้จากวิธีการใช้คุณสมบัติของฮิสโตแกรม d) ฮิสโตแกรม

เพราะว่าความยืดยุ่นของการใช้วิธีนี้มีมาก เราจึงจะผลได้เสมอว่าวิธีนี้ใช้ผลที่เหนือกว่าวิธีการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน ถ้ามีการกำหนดฮิสโตแกรมที่เหมาะสม

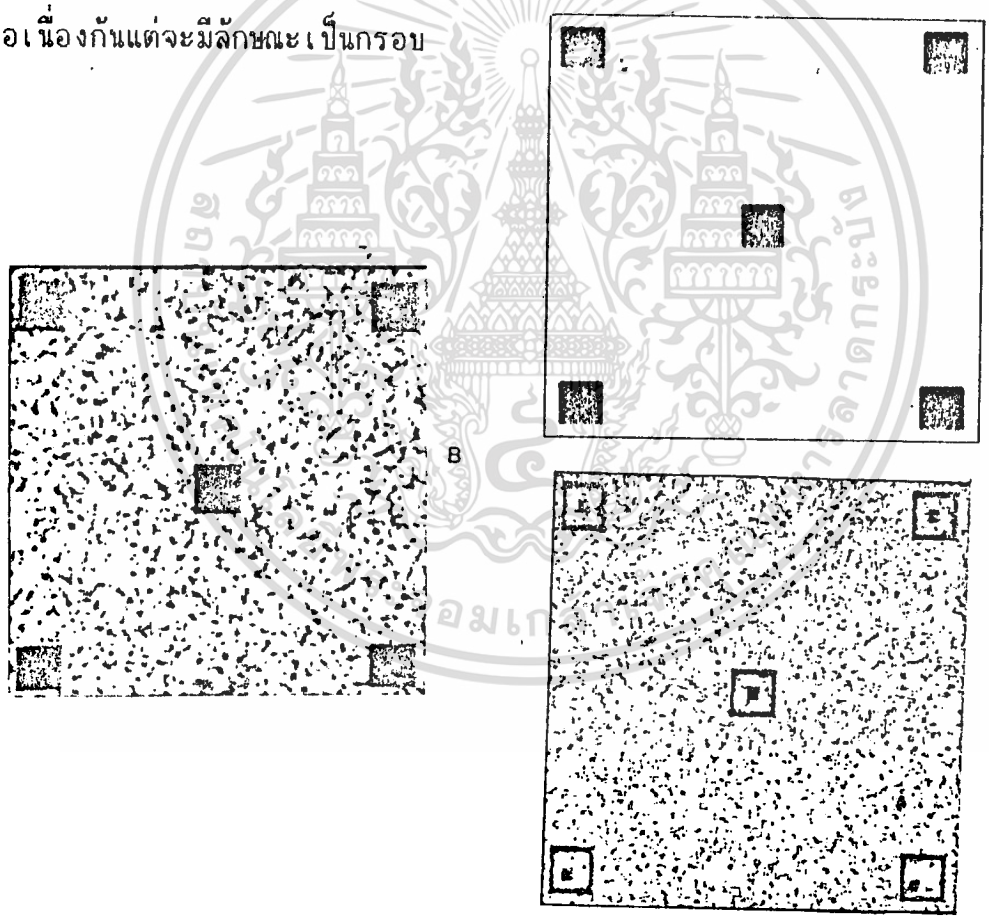
การปรับปรุงฮิสโตแกรมเฉพาะส่วน (Local enhancement)

วิธีนี้จะทำโดยการใช้วิธีทั้งสองข้างบนมาช่วย คือ แทนที่จะใช้วิธีปรับปรุงทั้งภาพ(global) ก็จะเปลี่ยนเป็นทำเฉพาะส่วนของภาพทั้งนี้จะพบเห็นโดยทั่วไปว่าบางกรณีจำเป็นจะต้องปรับปรุงเฉพาะส่วนเล็กๆ ของภาพเพราะถ้าทำการปรับปรุงโดยทำทั้งภาพแล้วส่วนเหล่านี้จะไม่ถูกปรับปรุงไปด้วย (ดังภาพตัวอย่าง)

วิธีการปรับปรุงเฉพาะส่วน นี้จะเราจะทำการกำหนดบริเวณ n x m และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการเลื่อนจุดศูนย์กลางของภาพนี้ไปจุดต่อจุด ซึ่งในแต่ละพื้นที่เราก็ทำการคำนวณหา ฮิสโตแกรมของบริเวณ n x m นี้ไปและจะทำการใช้วิธีปรับปรุงโดยวิธีทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน หรือ วิธีการใช้คุณสมบัติของฮิสโตแกรม ก็แล้วแต่ ซึ่งค่าของฟังก์ชั่นการแปลงก็จะถูกใช้ในการให้ค่าใหม่แก่จุดศูนย์กลางของภาพ เพราะว่าเราจะพบว่าในการเลื่อนจุดศูนย์กลางแต่ละครั้ง เราก็จะได้บริเวณพื้นที่ใหม่โดยที่จะพบว่าพื้นที่ใหม่นี้ คือ การเปลี่ยนแค่แถวหรือคอลัมน์ใหม่แค่แถวเดียวดังนั้นเราจึงไม่จำเป็นจะต้องทำการคำนวณ ฮิสโตแกรมใหม่ทั้งหมดเพียงแต่เปลี่ยนค่าบางค่าเท่านั้น ซึ่งจะทำให้การคำนวณเร็วขึ้น อีกวิธีหนึ่งที่มีการใช้กันก็ คือ เราจะให้พื้นที่แต่ละพื้นที่ไม่คาบเกี่ยวกัน (คือการเลื่อนจุดศูนย์ทีละเท่ากับจำนวนความยาวขอบ) ซึ่งจะทำให้มีความเร็วขึ้นอีก แต่ก็อาจให้ผลที่เราไม่ต้องการก็ได้ คือ อาจเกิดผลกระทบ ที่เรียกว่า เช็คบอร์ด (checkboard effect) ซึ่งก็คือภาพจะมีลักษณะไม่ต่อเนื่องกันแต่จะมีลักษณะเป็นกรอบ



ภาพที่ 2.3.10 แสดงภาพ a) ภาพที่ใช้ในการปรับปรุง b) ผลของภาพโดยการใช้วิธี ทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน c) การใช้วิธีทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากันเฉพาะส่วนโดยกำหนดบริเวณ 7 x 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปภาพตัวอย่างนี้ ก็จะเห็นได้ชัดว่าในกรณีนี้ ถ้าใช้การปรับปรุงแบบภาพทั้งหมด ก็จะไม่สามารถทำการปรับปรุงบริเวณที่เป็นกรอบสีดำได้ และยังเป็นการเพิ่มความคมชัดให้แก่มันด้วย

ในการปรับปรุงฮีสโตแกรมเฉพาะส่วนนี้ นอกจากจะใช้วิธีฮิสโตแกรมแล้วยังสามารถใช้วิธีอย่างอื่นได้ เช่น ใช้ความเข้มเฉลี่ย และ ความแปรผัน (intensity mean and variance) ก็ได้ ซึ่งก็คือ ระดับความสว่างเฉลี่ยและความแปรผันของความเข้ม

ในการเขียนโปรแกรม ในหัวข้อนี้จะเป็นวิธีการปรับปรุงฮีสโตแกรมของภาพในบริเวณที่กำหนดให้เท่ากัน (local histogram equalization) ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดบริเวณที่ต้องการทำได้

การทำให้ฮิสโตแกรมของภาพให้เท่ากันโดย การคำนวณจากบริเวณที่กำหนด (Regionally Histogram Equalization)

วิธีนี้เป็นการประยุกต์การทำให้ฮิสโตแกรมของภาพเท่ากัน โดยแทนที่เราจะทำการคำนวณโดยนำทั้งภาพมาคือหาลูคอัฟเทเบิ้ล เราก็เพียงแต่ให้ผู้ใช้กำหนดบริเวณที่ต้องการนำมาคำนวณและก็ทำการหาลูคอัพเทเบิ้ลนั้น และนำมาเปลี่ยนค่าระดับความเข้มทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การทำให้ภาพคมชัด (SHARPENNING)

การทำให้ภาพมัว (Burring) ทำได้โดยการเฉลี่ยหรือการอินทีเกรต จะตรงข้ามกับการทำให้ภาพคมชัด ซึ่งจะใช้การหาอนุพันธ์ การทำให้ภาพมัวจะให้ผลน้อยบริเวณความถี่สูง ซึ่งตรงข้ามกับการทำให้ภาพคมชัด

การทำให้ภาพคมชัดมี 3 วิธี คือ

1) ดิฟเฟอเรนเชียล โอเปอเรชั่น (Differentiation operation)
2) ลาปลาเชียน โอเปอเรชั่น (Laplacian operation)
3) ตัวกรองความถี่สูง (High-emphasis spatial frequency filtering)

แต่เราจะใช้แค่ 2 วิธีแรกเท่านั้น เพราะวิธีที่ 3 เป็นการทำในโดเมนความถี่

ดิฟเฟอเรนเชียล โอเปอเรชั่น (Differentiation operation)

โอเปอเรเตอร์การหาอนุพันธ์ย่อย กำหนดโดย

$$D = \partial^n / \partial x^k \partial y^{n-k}$$

โอเปอเรเตอร์ D จะเป็นโอเปอเรเตอร์เชิงเส้น ค่าของภาพ f(x,y) จะหาในบริเวณเล็กๆรอบ (x,y)เท่านั้น ในส่วนนี้เราจะสมมุติว่า ทุกอนุพันธ์ของ f หาค่าได้ และ มีความต่อเนื่องเราจะพิจารณาว่าโอเปอเรเตอร์การหาอนุพันธ์นี้เป็นไอโซโทรปิค (Isotropic) หรือไม่ เช่น คงที่ต่อการหมุน (rotation invariant คือเมื่อเราหมุนภาพ แล้วกระทำโอเปอเรชั่นต่อ f จะให้ผลเหมือนกับเรากระทำโอเปอเรชั่นต่อ f แล้วจึงหมุนภาพผลลัพธ์) เราต้องการโอเปอเรเตอร์ซึ่งไอโซโทรปิค ก็เพราะว่าจะสามารถทำให้ชัด,ทำให้มัว,ได้ในทุกๆทิศทาง

การหมุนนิยามโดยใช้สมการการแปลงโคออดิเนตดังนี้

$$X = X'\cos\theta - Y'\sin\theta \ , \ Y = X'\sin\theta + Y'\cos\theta$$

เมื่อ (x,y) คือ โคออดิเนตก่อนหมุน (X',Y') คือ หลังจากหมุนแล้ว อนุพันธ์อันดับที่ 1 ของ f(x,y) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial f}{\partial x'} = \frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial x'} + \frac{\partial f}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial x'} = \frac{\partial f}{\partial x}\cos\theta + \frac{\partial f}{\partial y}\sin\theta$$

$$\frac{\partial f}{\partial y'} = \frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial y'} + \frac{\partial f}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial y'} = -\frac{\partial f}{\partial x}\sin\theta + \frac{\partial f}{\partial y}\cos\theta$$

แสดงว่าการหาอนุพันธ์ไม่คงที่ต่อการหมุน แต่ถ้าเราดูผลบวกกำลัง 2 จะคงที่เพราะ

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x'}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y'}\right)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2$$

เราจึงกล่าวได้ว่า ผลบวกกำลัง 2 เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดสำหรับไอโซโทรปิคโอเปอเรเตอร์การหาอนุพันธ์

การหาอนุพันธ์ของภาพ f ในทิศทางที่กำหนด จะเท่ากับ ผลรวมเชิงเส้นของมันในทิศทาง x และ y เราสามารถหาทิศทาง ซึ่งการหาอนุพันธ์ของ f จะมีค่ามากที่สุดโดยดิฟเฟอเรนเชียล f ให้ผลลัพธ์มีค่าเป็น 0 และ แก้สมการหาค่า θ

$$-\frac{\partial f}{\partial x}\sin\theta + \frac{\partial f}{\partial y}\cos\theta = 0$$

เราจะได้ว่าทิศทางคือ

$$\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{\partial f}{\partial y}\Big/\frac{\partial f}{\partial x}\right)$$

$\theta_n + \pi$ เป็นคำตอบของสมการ ดังนั้น จึงให้ทิศทางที่ f มากที่สุดด้วย

จาก θ_n เราจะได้ x'

$$\cos\theta_n = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\theta_n}} = \frac{\partial f}{\partial x}\Big/\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

$$\sin\theta_n = \sqrt{1-\cos^2\theta_n} = \frac{\partial f}{\partial y}\Big/\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

ดังนั้น ค่าสูงสุดของ $\frac{\partial f}{\partial x'}$ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial f}{\partial x}\cos\theta_n + \frac{\partial f}{\partial y}\sin\theta_n = + \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

เวคเตอร์ซึ่งมีขนาดเป็น $\sqrt{(\partial f/\partial x)^2+(\partial f/\partial y)^2}$ และทิศทางคือ θ_n เรียกว่าเกรเดียนท์ (gradient)ของ f เราจะเห็นว่าขนาดของเกรเดียนท์คงที่ต่อการหมุนสำหรับโอเปอเรเตอร์การหาอนุพันธ์ (rotation derivative operator)

ในระบบดิจิตอล เราจะใช้ผลต่างแทนการหาอนุพันธ์ ผลต่างอันดับที่ 1 ในทิศทาง x และ y คือ

$$\Delta_x f(i,j) = f(i,j) - f(i-1,j)$$

$$\Delta_y f(i,j) = f(i,j) - f(i,j-1)$$

ผลต่างอันดับ 1 ในทิศทางอื่นๆ สามารถนิยามได้จากผลรวมเชิงเส้น ของผลต่าง x และ y

$$\Delta_\theta f(i,j) = \Delta_x f(i,j)\cos\theta + \Delta_y f(i,j)\sin\theta$$

โดยนิยามเราจะได้ว่าค่าความแตกต่างมากที่สุดที่เรียกว่า ดิจิตอลเกรเดียนท์ (digital gradient) มีขนาดและทิศทางดังนี้

ขนาดคือ $\sqrt{(\Delta_x f)^2 + (\Delta_y f)^2}$

ทิศทางคือ $\tan^{-1}(\Delta_y f/\Delta_x f)$

ผลต่างอันดับสูง สามารถหาได้จากการใช้นิยามผลต่างอันดับ 1

$$\begin{aligned}\Delta^2_x f(i,j) &= \Delta_x f(i+1,j) - \Delta_x f(i,j)\\ &= [f(i+1,j) - f(i,j)] - [f(i,j) - f(i-1,j)]\\ &= f(i+1,j) + f(i-1,j) - 2f(i,j)\end{aligned}$$

กรณีเดียวกัน

$$\Delta^2_y f(i,j) = f(i,j+1) + f(i,j-1) - 2f(i,j)$$

ลาปลาเซียน โอเปอเรชั่น (Laplacian operation)

ลาปลาเซียนเป็นโอเปอเรเตอร์สำหรับอนุพันธ์เชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

เราสามารถแสดงได้ว่าโอเปอเรเตอร์นี้คงที่ต่อการหมุน ลาปลาเซียนจะทำให้ความมัวของภาพหายไปโดยใช้ขบวนการกระจาย ซึ่งเราเขียนเป็นสมการอนุพันธ์ย่อยได้ดังนี้

$$\frac{\partial g}{\partial t} = k\nabla^2 g$$

g เป็นฟังก์ชันของ x,y และ t(เวลา) และ k เป็นค่าคงที่มากกว่า 0 ที่ $t=0$ $g(x,y,0)$ เป็นภาพปกติ $f(x,y)$ ที่ $t = > 0$ เราจะได้ภาพที่มัว $g(x,y,)$ ถ้าเราเขียน $g(x,y,t)$ ในรูปของอนุกรม Taylor รอบจุด $T = \tau$

$$g(x,y,0) = g(x,y,\tau) - \frac{\tau g}{,\partial t}(x,y,\tau) + \frac{\tau^2}{2}\frac{\partial^2 g}{\partial t^2}(x,y,\tau)$$

เราจะตัดเทอมที่มีกำลังสูงออกไป แทน $g(x,y,0)$ ด้วย f และ $k\nabla^2 g$ ด้วย g เราจะได้ว่า

$$f = g - k\tau\nabla^2 g$$

เป็นการประมาณอันดับแรก เราสามารถเก็บภาพปกติของ f โดยการเอาค่าบวกคูณกับลาปลาเซียนของ g และ ลบออกจาก g ส่วนการประมาณในอันดับที่สูงกว่านี้ก็สามารถทำได้โดยใช้อนุกรมของ Taylor เช่นกัน

การกระจายจะไม่ดีถ้าเราหาโมเดลที่เหมาะสมไม่ได้ แต่จากที่ผ่านมาเราสามารถทำให้ภาพชัด โดยการลบออกจากลาปลาเซียนของมัน เรื่องอื่นๆเราจะกล่าวภายหลัง ตอนนี้เราจะมาคำนึงถึงโมเดลของการกระจายจุดในภาพ จะทำให้มัวด้วยการทำความสว่างให้น้อยลง โดยการใช้การกระจายแบบ Gaussian ซึ่งจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับ k เราสามารถประมาณ k โดยใช้ Gaussian ในการใช้วิธีการของ Laplacian แทนที่เราจะใช้อนุพันธ์อันดับ 2 ในทิศทาง ϕ_n ของเกรเดียนท์เราจะใช้อนุพันธ์อันดับ 2 ใน 2 ทิศทาง ϕ_n และ ϕ_t ซึ่ง ϕ_t นี้สามารถกำหนดความกลมกลืน (smooth) ของภาพในทิศทางต่างๆได้ และในเวลาเดียวกันก็จะทำให้ขอบชัดขึ้นด้วย

ในระบบดิจิตอล ลาปลาเซียนจะกำหนดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\nabla^2 f(i,j) = \Delta^2_x f(i,j) + \Delta^2_y f(i,j)$$

$$= [f(i+1,j) + f(i-1,j) + f(i,j+1) + f(i,j-1) - 4f(i,j)$$

ถ้าเราคูณด้วย -1/5 เราจะได้

$$f(i,j)-(1/5)[f(i+1,j)+f(i-1,j)+f(i,j)+f(i,j+1)+f(i,j-1)]$$

เป็นความแตกต่างระหว่างระดับความเข้ม f(i,j) กับความเข้มเฉลี่ยรอบๆจุด f(i,j) ซึ่งรอบจุด (i,j) จะประกอบด้วย 4 จุดรอบ (i,j) ทางแนวนอนและแนวตั้ง เราจะเห็นว่าลาปลาเซียนในระบบดิจิตอลของภาพ f คือ การคูณค่าคงที่แล้วลบออกจากความมัว

ดิจิตอลลาปลาเซียน สามารถนิยามโดยใช้ ค่าความแตกต่างระหว่างจุดรอบๆ (ถ้าเป็น 3x3 จุดรอบๆ (i,j) จะมี 8 ตัว ทั้งแนวตั้ง แนวนอน และ แนวทะแยง) หรือใช้น้ำหนักเฉลี่ยรอบๆจุด ลาปลาเซียนสามารถรวมภาพเดิมกับภาพที่มัวได้โดยการใช้วิธีต่างๆ เช่น การหารโดยภาพมัวแทนที่จะลบ วิธีการแบบนี้เรารู้จักในชื่อว่า "unsharp masking"

ผลที่เกิดจากลาปลาเซียน เราจะเข้าใจโดยใช้ตัวอย่างง่ายๆขนาด 1 มิติ โดยสมมติภาพดิจิตอล 1xn ซึ่งมีระดับความเข้มดังนี้

...0,0,0,1,2,3,4,5,5,5,5,5
5,6,6,6,6,6,6,3,3,3,3,...

เราจะได้ $\Delta^2_x f$ คือ

...0,0,1,0,0,0,0,-1,0,0,0,0
1,-1,0,0,0,0,-3,3,0,0,0,...

ค่าที่เป็น 0 แสดงว่าเป็นช่วงคงที่ หรือ ช่วงเปลี่ยนซึ่งเป็นความเหมาะสมของโอเปอเรเตอร์ของ อนุพันธ์อันดับ 2 และจะไม่เป็น 0 ที่บนและล่างของช่วงเปลี่ยน หรือ แต่ละด้านของขั้น (step) ถ้าเราเอา $\Delta^2_x f$ ลบออกจาก f จุดต่อจุดเราจะได้

...0,0,-1,1,2,3,4,6,5,5,5,5,
4,7,6,6,6,6,9,0,3,3,3,...

เราสามารถสร้างระดับความเข้มอันเดอร์ชูท (undershoot) ที่ด้านบนของช่วงเปลี่ยน และ ด้านสูงของขอบ ผลกระทบของการเพิ่มค่าเฉลี่ยช่วงเปลี่ยนจะต่ำลง และจะมีการเพิ่มความแตกต่าง (constrast) ที่ขอบ เราสามารถยืนยันในกรณีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ โดยการลบลาปลาเชียน ออกจากภาพจะทำให้ภาพชัดขึ้น

ใน 2 มิติ $f(i,j) - \nabla^2 f(i,j)$ คือ

$$5f(i,j) - [f(i+1,j) + f(i-1,j) + f(i,j+1) + f(i,j-1)]$$

เรามี $f-\nabla^2 f = f$ เมื่อ (i,j) คือ จุดกึ่งกลาง ของช่วงเปลี่ยนหรือช่วงคงที่ ถ้า (i,j) เป็นจุดล่างของช่วงเปลี่ยน หรือ อยู่ด้านล่างของขอบแล้ว ความเข้มของรอบๆจุดจะสูงกว่า $f(ij)$ เราได้ $(f-\nabla^2 f)<f$ ที่ (i,j) ซึ่งจะสร้างอันเดอร์ชูท (undershoot) ในกรณีเดียวกันค่ามากสุดของช่วงเปลี่ยน หรือด้านบนของขอบจะไม่มีระดับความเข้มของช่วงเปลี่ยน หรือ ด้านบนของขอบจะไม่มีระดับความเข้มของรอบๆจุดที่สูงกว่า $f(i,j)$ ดังนั้น $(f -\nabla^2 f)>f$ ที่ (i,j) จะสร้างโอเวอร์ชูท (overshoot) เราสามารถเข้าใจว่าทำไมต้องลบลาปลาเชียลของภาพออกจากภาพถึงจะทำให้ภาพชัด สมมติว่า ภาพเริ่มต้น f ซึ่งมัวโดยการบวกระดับความเข้มเข้าไปแต่ละจุดด้วยค่า ซึ่งเป็นผลรวมของจุดรอบๆ 4 จุด ภาพที่มัวกำหนดโดย

$$g(i,j) = f(i,j) + s(i,j)$$

เมื่อ $s(i,j) = f(i+1,j) + f(i-1,j) + f(i,j+1) + f(i,j-1)$

การประมาณค่า เกรเดียน และ ลาปาเชี่ยน

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการทำให้กลมกลืน จำเป็นต้องทราบถึงโอเปอเรเตอร์ 2 ตัวก่อนคือ เกรเดียน และ ลาปาเชี่ยน ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอิมเมจโปรเซสซิ่ง

กำหนดฟังก์ต่อเนื่อง $f(x,y)$ จะได้ว่า

เกรเดียน : $\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} i + \frac{\partial f}{\partial y} j$

ลาปลาเชี่ยน : $\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$

ซึ่ง i,j เป็น ยูนิต เวกเตอร์ ในทิศทางของ x และ y ตามลำดับ

เกรเดียนท์

การประมวลผลสัญญาณภาพโดยทฤษฎีดิฟเฟอเรนเชี่ยล วิธีหนึ่งที่นิยมกันคือวิธีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรเดียนท์ โดยกำหนด ฟังก์ชั่น f(x,y) เกรเดียนของฟังก์ชั่น f ที่จุด x,y นิยามด้วย เวกเตอร์

$$G[f(x,y)] = \begin{bmatrix} \partial f/\partial x \\ \partial f/\partial f \end{bmatrix}$$

คุณสมบัติของ เกรเดียนท์ ที่สำคัญมี 2 ประการคือ

1) เวคเตอร์ G[f(x,y)] แสดงถึงทิศทางการเพิ่มขึ้นของฟังก์ชั่น f(x,y) สูงสุด

2) ขนาดของ G[f(x,y)] กำหนดโดย

$$G[f(x,y)] = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \right]^{1/2}$$

ซึ่งเท่ากับอัตราการเพิ่มของฟังก์ชั่น f(x,y) ต่อหน่วยระยะทางในทิศทางของ G สำหรับภาพ ดิจิตอล ประมาณค่าได้ด้วย

$$G[f(x,y)] = [\,[f(x,y)-f(x+1,y)]^2+[f(x,y)-f(x,y+1]^2\,]^{1/2}$$

สามารถประมาณโดยค่าสัมบูรณ์ ได้ดังนี้

$$G[f(x,y)] = |f(x,y)-f(x+1,y)| + |f(x,y)-f(x,y+1)|$$

นอกจากนี้ยังมีการประมาณค่าที่สำคัญอีกแบบคือ โรเบิรต์ เกรเดียนท์ (Roberts Gradient) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$G[f(x,y)] = [[f(x,y)-f(x+1,y+1)]^2+[f(x+1,y)-f(x,y+1)]^2]^{1/2}$$

หรือประมาณด้วย ค่าสัมบูรณ์ ได้ดังนี้

$$G[f(x,y)] = |f(x,y)-f(x+1,y+1)| + |f(x+1,y)-f(x,y+1)|$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าการประมาณค่าข้างต้น เป็นค่าของเกรเดียนท์ที่เป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของระดับความเข้มระหว่างจุดภาพใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าเกรเดียนท์จะมีค่าค่อนข้างมากที่บริเวณขอบภาพ หรือ บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้ม และจะมีค่าน้อยที่บริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเปลี่ยนแปลงน้อย

การหาค่าเกรเดียนท์อาจจะหาได้จากการใช้ดิจิตอลคอนโวลูชั่น โดยมี วินโดว์ 2 วินโดว์ กับภาพ อิมเมจ วินโดว์หนึ่งจะเป็น Y คอมโพแนนท์ แทนด้วย g_x อีกอันหนึ่งจะเป็น Y คอมโพแนนท์ แทนด้วย g_y

$g_x(i,j)$ = มาสก์$_x$ $n(i,j)$

$g_y(i,j)$ = มาสก์$_y$ $n(i,j)$

โดย $n(i,j)$ เป็นจุดรอบ ๆ ของ (i,j)

แทนผลรวมของทุกเทอม

มาสก์ ที่ง่ายที่สุดคือ

มาสก์ = $\begin{matrix} -1 & 1 \end{matrix}$ มาสก์ = $\begin{matrix} -1 \\ 1 \end{matrix}$

ซึ่งแทนลงไปจะได้ว่า

$g_x(i,j) = v(i,j+1) - v(i,j)$

$g_y(i,j) = v(i+1,j) - v(i,j)$

มาสก์นี้จะให้เอาท์พุทที่จุด $(i,j+1/2)$ มาสก์ให้ค่าเอาท์พุทที่จุด $(i+1/2,j)$

เพื่อที่จะให้ได้ เอาท์พุท ที่จุด (i,j)

$g_x(i,j) = v(i,j+1) - v(i,j-1)$

$g_y(i,j) = v(i+1,j) - v(i-1,j)$

มาสก์ ที่ใช้จะเป็น

มาสก์ = $\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \end{matrix}$ มาสก์ = $\begin{matrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{matrix}$

มาสก์ อื่น ๆ ที่สำคัญคือ

มาสก์ = $\begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix}$ มาสก์ = $\begin{matrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$

ซึ่งเรียกว่า โซเบล โอเปอเรเตอร์ (Sobel Operators)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{มาสก์} = \begin{matrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{matrix} \qquad \text{มาสก์} = \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

ซึ่งเรียกว่า พรีวิท โอเปอร์เรเตอร์ (Prewitt Operators)

บางครั้งเราต้องการหาขนาด g_m และมุม g_α สามารถคำนวณได้จากค่า

$g_m(i,j) = (g_x + g_y)$ หรือ $g_m(i,j) = |g_x| + |g_y|$

$g_\alpha(i,j) = \tan^{-1}(g_y/g_x)$

ลาปาเชี่ยน

นิยาม $\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$

การหาลาปาเชี่ยนในมิติเดียวคำนวณได้จาก ดิจิตอลคอนโวลูชั่นของมาสก์ และภาพอิมเมจ ซึ่งมาสก์สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณต่อเนื่อง และสัญญาณดิจิตอล ดังนี้

ต่อเนื่อง	ดิจิตอล
$f(x)$	$v(i)$
$f'(x)$	$v'(i) = v(i) - v(i-1)$
$f''(x) = \nabla^2 f(x)$	$v''(i) = v(i) - v(i-1)$
	$= [v(i)-v(i-1)]-[v(i-1)-v(i-2)]$
	$= v(i-2) - 2v(i-1) - v(i)$
	$= (1 \ -2 \ \ 1)(v(i-2) \ v(i-1) \ v(i))$

ซึ่งจะได้มาสก์เป็น $(1 \ \ -2 \ \ 1)$ ในกรณีนี้ค่ากึ่งกลางจะอยู่ที่ $i-1$ ถ้าต้องการได้ค่าที่สมมาตรกันจะต้องปรับค่ามาสก์ใหม่โดยการ เลื่อน

$$\begin{matrix} (1 & -2 & 1) & (v(i-1) & v(i) & v(i+1)) \\ (-1 & 2 & -1) & (v(i-1) & v(i) & v(i+1)) \end{matrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามาสก์ที่ได้นี้จะเป็นค่าทั่วๆไปของ ดิจิตอลลาปาเชี่ยน ในมิติเดียว เมื่อขยายมาสก์ให้เป็นแบบ 2 มิติ ค่า มาสก์ มาตราฐานจะเป็น

$$\begin{matrix} & -1 & \\ -1 & 4 & -1 \\ & -1 & \end{matrix} \qquad \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

ค่าที่ได้นี้จะเป็นค่าลาปาเชี่ยนลบในทางคณิตศาสตร์ ค่ามาสก์ที่ใช้ในการหาเกรเดียนท์ และ ลาปลาเชี่ยน ในที่นี้จะเป็นค่ามาตราฐาน แต่ในโอเปอเรเตอร์ตัวอื่นอาจกำหนดขนาดของวินโดว์เป็นค่าอื่นเช่น 5X5 จากการสังเกตจะเห็นว่าเกรเดียนท์ นั้นจะให้ทั้งขนาดและทิศทาง ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงฟิกเซลที่จุดนั้น ส่วน ลาปาเชี่ยน จะเป็นปริมาณ สเกลาร์ ที่ให้แต่ขนาดเท่านั้น ในขบวนการทางดิจิตอล ลาปาเชี่ยน จะแทนด้วย

$$\nabla^2 f(i,j) = \Delta_x^2 f(i,j) + \Delta_y^2 f(i,j)$$
$$= [f(i+1,j)+f(i-1,j)+f(i,j+1)+f(i,j-1)]-4f(i,j)$$

2.5 การแยกภาพ (Image segmentation)

เซกเมนต์เตชั่น เป็นวิธีการที่ใช้แบ่ง หรือ แยกภาพออกเป็นส่วนๆทั้งนี้จะทำให้สามารถวิเคราะห์ภาพออกมาเป็นส่วนได้ และวิธีนี้ก็เป็นวิธีที่สำคัญในการประมวลผลภาพอีกวิธีหนึ่ง

เซกเมนต์เตชั่นอัลกอริทึ่ม โดยปกติแล้วจะอาศัยคุณสมบัติพื้นฐานอยู่สองประการของระดับความเข้มคือความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity) และ ความเหมือน (similarity) เราจะสนใจกับ การหาจุด การหาเส้น และการหาขอบภาพ

การหาส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง(The detection of discontinuities)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_1	W_2	W_3
W_4	W_5	W_6
W_7	W_8	W_9

รูปที่ 2.5.1 3X3 มาส์ก

$W_1, W_2, \ldots, W_9$ คือ สัมประสิทธิ์ของมาส์กขนาด 3x3 $x_1, x_2, \ldots, x_9$ คือระดับความเข้มของแต่ละจุดในมาส์กเราสามารถเขียน w และ x ในรูปของเวกเตอร์ได้เป็น

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_9 \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_9 \end{bmatrix}$$

ผลคูณภายในระหว่าง w กับ x คือ

$$w'x = w_1x_1 + w_2x_2 + \ldots + w_9x_9$$

เครื่องหมาย (') คือ vector transposition

การหาจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5.2

มาส์กที่ใช้ในการหาจุดใดๆ

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

มาส์กพื้นฐานที่ใช้ในการหาจุดในภาพ แสดงดังในรูป 2.5.2 จุดกึ่งกลางของมาส์กจะเลื่อนจากพิกเซลหนึ่งไปอีกพิกเซลหนึ่งในภาพ แต่ละตำแหน่งของมาส์กเราจะคำนวณหาผลคูณภายในโดย

$$w'x = -x_1 - x_2 - x_3 - x_4 + 8x_5 - x_6 - x_7 - x_8 - x_9$$

ในบริเวณนี้ถ้าระดับความเข้มคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น 0 แต่ถ้าเป็นจุดซึ่งจะมีความสว่างกว่าฉากหลังแล้วผลลัพธ์จะมากกว่า 0 เราจึงเขียนสมการได้เป็น

$$|w'x| > T$$

เมื่อ T เป็นเทรสโชลด์มีค่าไม่เป็นลบ

การหาเส้น

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

รูปที่ 2.5.3

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาส์กที่ใช้ในการหาเส้นแสดงดังรูป 2.5.3 มาส์กอันแรกใช้หาเส้นตามแนวนอน คือ ผลลัพธ์จะให้ค่ามากที่สุดเมื่อเส้นผ่านกึ่งกลางของมาส์ก มาส์กอันที่ 2 จะตอบสนองกับเส้นตรงซึ่งทำมุม 45 องศา มาส์กที่ 3 ตรวจสอบเส้นแนวตั้ง มาส์กที่ 4 หาเส้นตรงซึ่งทำมุม -45 องศา

w_1, w_2, w_3, w_4 เป็นมาส์กขนาด 3x3 มิติ เราจะรู้ว่าภาพที่ตรวจสอบเป็นเส้นลักษณะไหนก็ต่อเมื่อผลลัพธ์ของผลคูณภายในจะมากที่สุด ตามสมการ

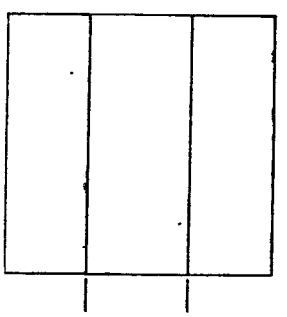
$$w_i'x > w_j'x$$

เมื่อ $i = 1,2,3,4$ $j = 1,2,3,4$ และ $i = j$

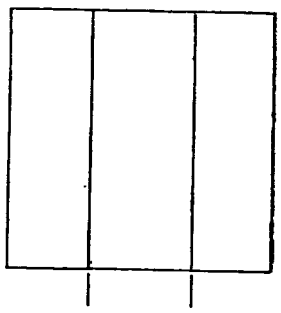
การหาขอบภาพ

แม้ว่าการหาจุด และ เส้นจะเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบภาพ แต่การหาขอบภาพจะมีความสำคัญกว่าในกรณีที่ภาพมีความเข้มไม่ต่อเนื่องกัน เพราะว่าเราจะพบจุดเดี่ยวๆหรือ เส้นที่บางๆได้ไม่บ่อยนักในภาพที่เราสนใจ

เราจะนิยามขอบว่าเป็นบริเวณระหว่างพื้นที่ 2ส่วนซึ่งมีระดับความเข้มต่างกันซึ่งนิยามนี้เราก็จะได้วิธีค้นหาขอบภาพที่สำคัญ คือการใช้อนุพันธ์ ซึ่งเราจะแสดงให้เห็นง่ายๆในรูปที่ 2.5.4 รูปแรกมีวัตถุ ซึ่งสว่างอยู่บนฉากซึ่งมืดกว่าระดับความเข้มของภาพเป็นดังรูป เมื่อเราหาอนุพันธ์อันดับ 1 และ 2 เราจะเห็นว่าส่วนที่เป็นขอบภาพคือส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากๆ (ดูจากอนุพันธ์อันดับ 2) แต่รูปจำลองนี้แสดงให้เห็นขอบภาพในระบบดิจิตอลเท่านั้น ภาพจริงจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากขนาดนี้



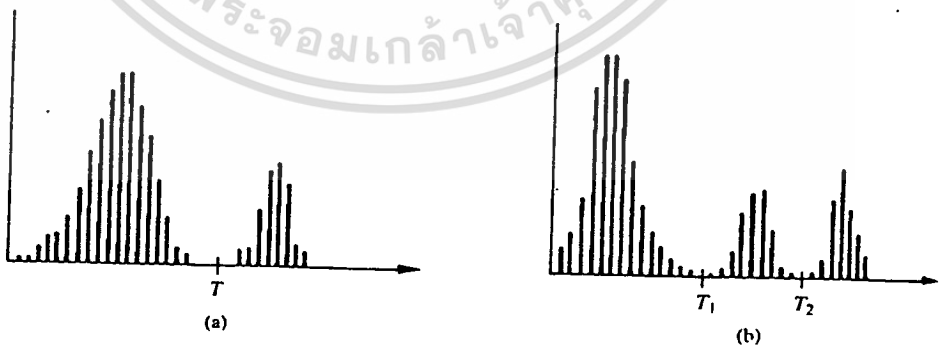
รูปที่ 2.5.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาอนุพันธ์อันดับ 1 เราได้ค่า 0 ในบริเวณที่มีความเข้มคงที่ อนุพันธ์อันดับ2 จะได้ผลลัพธ์ที่เป็น 0 หมด ยกเว้นบริเวณขอบภาพเท่านั้น อนุพันธ์อันดับ 1 จะใช้ในการหาขอบภาพ เครื่องหมายของอนุพันธ์อันดับ 2 จะบอกว่าขอบภาพติดกับด้านที่สว่างหรือมืด

2.6 เทรสโฮลดิ้ง (Thresholding)



รูปที่ 2.6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าระดับความเข้มแสดงดังภาพ 2.6.1(a) แสดงว่าภาพ f(x,y) ประกอบด้วยวัตถุที่สว่าง ฉากหลังที่มืด วัตถุและฉากหลังมีกลุ่มระดับความเข้มของตัวเองที่แยกจากกัน เราต้องเลือกเทรสโฮลด์ T ซึ่งจะแบ่งความเข้มทั้ง 2 กลุ่มออกจากกัน ทุกๆจุด (x,y) ซึ่ง f(x,y) > T เราจะเรียกว่า วัตถุที่เหลือคือฉากหลัง แต่ในรูป 2.6.1(b) จะมีกลุ่มระดับความเข้ม 3 กลุ่ม (เช่น วัตถุ 2 กลุ่ม ฉากหลัง 1 กลุ่ม) เราสามารถสรุปได้ว่า (x,y) ใดๆ วัตถุแรกคือ $T_1 < f(x,y) <= T_2$ วัตถุสองคือ $f(x,y) > T_2$ ฉากหลังคือ $f(x,y) <= T_1$ ลักษณะแบบนี้เราเรียกว่าเทรสโฮลด์หลายระดับ (multilevel thresholding) เราสามารถแสดงฟังก์ชั่น T ได้ดังในรูป

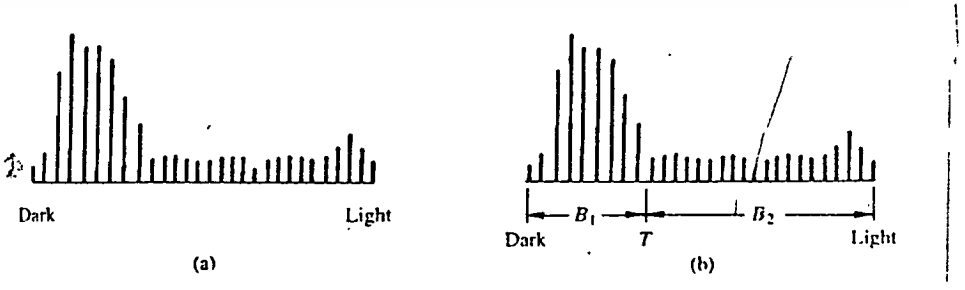
$$T = T(x, y, p(x,y), f(x,y))$$

เมื่อ f(x,y) คือระดับความเข้มที่จุด (x,y) p(x,y) คือคุณสมบัติเฉพาะของจุดนั้น เช่น ระดับความเข้มเฉลี่ยรอบจุดศูนย์กลาง (x,y) เราสร้างเทรสโฮลด์ของภาพ g(x,y) โดยนิยาม

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อ } f(x,y) > T \\ 0 & \text{เมื่อ } f(x,y) <= T \end{cases}$$

นั่นก็คือวัตถุจะมีระดับความเข้มเป็น 1 ฉากหลังจะเป็น 0 ถ้า T ขึ้นกับ f(x,y) อย่างเดียว เทรสโฮลด์นี้จะเรียกว่าโกลบอล (global) แต่ถ้า T ขึ้นกับ f(x,y) และ p(x,y) เทรสโฮลด์นี้จะเรียกว่าโลคอล (local) ถ้า T ขึ้นกับสปาเชียล โคออดิเนต (x,y) เราจะเรียกว่าไดนามิก เทรสโฮลด์ (dynamic threshold)

โกลบอล เทรสโฮลด์ (Global Thresholding Technique)



รูปที่ 2.6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติระดับความเข้มของฟังก์ชั่น $f(x,y)$ เป็นฮิสโตแกรมดังรูป ค่าตัวเลขมากๆใน $f(x,y)$ จะแสดงว่ามีพิกเซลที่เหลือกระจายอย่างยุติธรรม ฮิสโตแกรมนี้แสดงคุณสมบัติของภาพว่ามีวัตถุอยู่บนฉากหลังที่มืด เราจะแยกฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ส่วนโดยใช้เทรสโชลด์ T B_1 จะเป็นฉากหลัง B_2 จะเป็นส่วนของวัตถุ ภาพจะถูกสแกนทั้งแนวตั้งและแนวนอน เพื่อแยกระดับความเข้มออกเป็น 2 ส่วน B_1 และ B_2 เราจะหาได้จาก

Pass 1 ในแต่ละแถวของภาพ $f(x,y)$ $(x = 0,1,2,\ldots,N-1)$ สร้างแถวซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันให้อยู่ใน $g_1(x,y)$ $(y = 1,2,\ldots,N-1)$

$$g_1(x,y) = \begin{cases} L_E & \text{ถ้าระดับความเข้มของ } f(x,y) \text{ และ } f(x,y-1) \\ & \text{อยู่คนละกลุ่มระดับ} \\ L_B & \end{cases}$$

เมื่อ L_E และ L_B คือค่าของขอบภาพและฉากหลังตามลำดับ

Pass 2 แต่ละคอลัมน์ใน $f(x,y)$ $(y = 0,1,2,\ldots,N-1)$ สร้างคอลัมน์ซึ่งมีลักษณะเดียวกันใน $g_2(x,y)$ $(x = 1,2,\ldots,N-1)$

$$g_2(x,y) = \begin{cases} L_E & \text{ถ้าระดับความเข้มของ } f(x,y) \text{ และ } f(x-1,y) \\ & \text{อยู่กันคนละกลุ่ม} \\ L_B & \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

เราจะแยกจุดบนภาพที่เป็นขอบวัตถุออกจากฉากหลังโดยใช้สมการต่อไปนี้

$x,y = 0,1,2,\ldots,N-1$

$$g(x,y) = \begin{cases} L_E & \text{ถ้า } g_1(x,y) \text{ หรือ } g_2(x,y) \text{ เท่ากับ } L_E \\ L_B & \text{กรณีอื่น} \end{cases}$$

การหาเทรสโชลด์ที่ดีที่สุด (Optimal Thresholding)

สมมติว่าภาพมีเพียงกลุ่มความเข้ม 2 กลุ่มเท่านั้น ฮิสโตแกรมของภาพสามารถแทนด้วยฟังก์ชั่นของความหนาแน่น $p(x)$ ฟังก์ชั่นนี้จะรวมทั้ง 2 ส่วนของภาพคือ ส่วนที่สว่าง และ มืด พารามิเตอร์ ของภาพจะแปรไปตามพื้นที่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละส่วน ถ้าเรารู้แบบของความหนาแน่นเราจะหาค่าเธรสโฮลด์ที่ดีที่สุดได้ ซึ่งจะแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน สมมติว่าภาพประกอบด้วย 2 ค่า ซึ่งมีสัญญาณรบกวนของ Gaussian อยู่ ฟังก์ชั่น ความหนาแน่นจะกำหนดโดย

$$p(x) = P_1 p_1(x) + P_2 p_2(x)$$

เป็นกรณีของ Gaussian

$$p(x) = \frac{P_1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} * \exp\left[\frac{-(x-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right] + \frac{P_2}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} * \exp\left[\frac{-(x-\mu_2)^2}{2\sigma^2}\right]$$

μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยของความสว่างของแต่ละส่วน σ_1 , σ_2 คือส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน P_1 และ P_2 คือความน่าจะเป็นที่กลุ่ม 1 หรือ 2 จะมาก่อนตามลำดับ เราจะได้ว่า

$$P_1 + P_2 = 1 \qquad \text{(เพราะมีเพียง 2 กลุ่ม)}$$

เราเห็นว่ามีตัวแปรอยู่ 5 ตัวที่ไม่ทราบ ถ้าเรารู้ก็สามารถหาเทรสโฮลด์ที่ดีที่สุดได้โดยง่าย

สมมติว่าส่วนที่มืดคือ ฉากหลัง ส่วนแสงสว่างคือ วัตถุ ในกรณีนี้ $\mu_1 < \mu_2$ และเราจะนิยามค่าเทรสโฮลด์ T ที่ระดับความเข้มน้อยกว่า T จะเป็นฉากหลัง ระดับความเข้มมากกว่า T จะเป็นวัตถุ

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด ที่จะคิดว่าวัตถุเป็นฉากหลังคือ

$$E_1(T) = \int_{-\infty}^{T} p_2(x)dx$$

ความน่าจะเป็นที่จะเอาฉากหลังไปเป็นวัตถุ คือ

$$E_2(T) = \int_{T}^{\infty} p_1(x)dx$$

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดรวม คือ

$$E(T) = P_2 E_1(T) + P_1 E_2(T)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราจะหาเทรสโชลด์ซึ่งจะทำให้ผิดพลาดน้อยที่สุด เราต้องดิฟเฟอเรนชิเอต E(T) เทียบกับ T ให้ผลลัพธ์เป็น 0 เราจะได้ว่า

$$P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T)$$

เอาผลลัพธ์ใส่ในสมการความหนาแน่นของ Gaussian หลังจากทำลอกการิทึ่ม และทำให้เป็นรูปง่ายเราจะได้

$$AT^2 + BT + C = 0$$

เมื่อ

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2$$

$$B = 2(\mu_1\sigma_2^2 - \mu_2\sigma_1^2)$$

$$C = \sigma_1^2\mu_2^2 - \sigma_2^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln(\sigma_{21}P_1/\sigma_{12}P_2)$$

เป็นไปได้ที่จะมี 2 คำตอบ นั่นคืออาจมีเทรสโชลด์ 2 ค่าซึ่งจะให้คำตอบที่ดีที่สุด ถ้าเราให้ความแปรปรวนเท่ากัน $\sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ เราจะได้เทรสโชลด์ 1 ค่าคือ

$$T = \frac{\mu_1+\mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1-\mu_2} \ln(P_2/P_1)$$

ถ้าความน่าจะเป็นของการมาเท่ากัน $P_1 = P_2$ เทรสโชลด์ที่ดีที่สุดจะเป็นค่าเฉลี่ยของ μ_1 และ μ_2 ซึ่งจะให้ผลเช่นเดียวกับกรณี $\sigma = 0$ การหาเทรสโชลด์ จะทำได้ง่ายมาก ถ้าเรารู้รูปแบบของการกระจาย

พารามิเตอร์ต่างๆจากฮิสโตแกรมของภาพ ก็อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดหรือมากที่สุดได้ เช่น ค่าความผิดพลาดกำลัง 2 เฉลี่ย ระหว่างความหนาแน่น p(x)และ ฮิสโตแกรม ln(x) คือ

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} [p(x_i) - h(x_i)]^2$$

N คือ จำนวนจุดในฮิสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีทั่วไปไม่ง่ายที่จะหาพารามิเตอร์ที่จะทำให้ ค่าผิดพลาดกำลัง 2 เฉลี่ยน้อยที่สุด ในกรณีของ Gaussian เราก็ใช้การหาอนุพันธ์ย่อย แล้วจึงใช้วิธีการทางนิวเมอริคอล (numerical) ต่อ หรือ วิธีการของ Newton สำหรับสมการไม่เชิงเส้นก็อาจใช้หาค่า M ได้ วิธีการหาซ้ำโดยเริ่มที่ค่าเฉพาะ เช่น ค่าความน่าจะเป็นของการมาก่อนมีค่าเท่ากันเราก็จะหาค่าเริ่มต้น สำหรับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน โดยดูจากฮิสโตแกรม หรือ แบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 ส่วน บริเวณค่าเฉลี่ย แล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน โดยใช้ค่าเริ่มต้น

การหาค่าเทรสโชลด์ในภาพเชิงดิจิตอลโดยวิธีรักษาค่าโมเมนต์ของภาพ (Moment-Preserving Thresholding)

การประมวลสัญญาณภาพเชิงดิจิตอล บางครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องแยกวัตถุออกจากฉากหลังของภาพ วิธีการหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและนิยมกันมากก็คือ การหาค่าเทรสโชลด์ของภาพ แล้วใช้ค่าเทรสโชลด์นี้แบ่งภาพออกเป็นสองส่วน คือ ขาวและดำถ้าฮิสโตแกรมของภาพมีลักษณะเป็นหุบเหวที่มีด้านสองข้างสูง ค่าเทรสโชลด์ที่นำมาใช้จะเป็นค่าที่อยู่ต่ำสุด แต่ในความเป็นจริงแล้วบ่อยครั้งภาพที่ใช้หาจะมีฮิสโตแกรมที่มีลักษณะสม่ำเสมอกัน หรือมีสัญญาณรบกวนมาก ทำให้วิธีการดังกล่าวไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ส่วนนี้จะกล่าวถึงวิธีการหาค่าเทรสโชลด์โดยไม่คำนึงถึงลักษณะของฮิสโตแกรมแต่จะใช้หลักการคงไว้ซึ่ง ค่าโมเมนต์ของภาพต้นแบบ

ค่าเทรสโชลด์ที่แบ่งภาพออกเป็น 2 ระดับ (Bilevel Threshold)

กำหนดให้ภาพ $f(x,y)$ มีจำนวนจุดทั้งหมดเท่ากับ n ค่าความสว่างที่จุด (x,y) แทนด้วย $f(x,y)$ โมเมนต์ ที่ i (m_i) ของ f กำหนดโดย

$$m_i = (1/n)\Sigma_x\Sigma_y f^i(x,y), \quad i=1,2,3,... \qquad 2.6_1$$

หรือ $$m_i = (1/n)\Sigma_j n_j (z_j)^i$$

$$= \Sigma_j p_j (z_j)^i, \qquad 2.6_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ n_j = จำนวนจุดทั้งหมดที่มีค่าความสว่าง z_j

$p_j = n_j/n$

โดยกำหนดให้ $m_0 = 1$

ภาพ f จะถูกมองเป็นภาพที่มัวของภาพสองระดับ ที่มีค่าความสว่าง z_0 และ z_1 ซึ่ง z_0 น้อยกว่า z_1 จุดประสงค์ของการรักษาค่าโมเมนต์ คือการหาค่าเทรสโชลด์ ที่เมื่อแทนค่าความสว่างที่น้อยกว่าค่าเทรสโชลด์ด้วยค่า z_0 และค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรสโชลด์ด้วยค่า z_1 แล้วค่าโมเมนต์สามค่าแรกของภาพ f จะมีค่าเท่ากับ โมเมนต์ สามค่าแรกของภาพ g ซึ่งมีเพียง 2 ระดับ

ให้ p_0 และ p_1 เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดที่น้อยกว่าค่าเทรสโชลด์และจำนวนจุดที่มากกว่า หรือ เท่ากับค่าเทรสโชลด์ต่อจำนวนจุดทั้งหมด ตามลำดับ ค่าโมเมนต์ สามค่าแรกของ g คือ

$$m_i' = \Sigma\, p_j\, (z_j)^i, \quad i = 1,2,3,\ldots$$

จากทฤษฎีจะได้ว่า

$$m_i' = m_i, \quad i = 1,2,3,\ldots$$

โดยที่ $p_0 + p_1 = 1,$

จาก 2 สมการบนจะได้ว่า

$$p_0 z_0^0 + p_1 z_1^0 = m_0,$$
$$p_0 z_0^1 + p_1 z_1^1 = m_1,$$
$$p_0 z_0^2 + p_1 z_1^2 = m_2,$$
$$p_0 z_0^3 + p_1 z_1^3 = m_3,$$

ซึ่งค่า m_i หาได้จากสมการ 2.6_1 หรือ 2.6_2 และ $m_0 = 1$
การหาค่า เทรสโชลด์ (t) จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไข

$$p_0 = (1/n)\, \Sigma\, n_j,$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเทรสโชลด์ที่แบ่งภาพออกเป็นหลายระดับ (Multilevel Threshold)

ในกรณีทั่วๆ ไปถ้าต้องการแบ่งภาพออกไปมากกว่า 2 ส่วน กำหนดให้เป็น N ส่วน เราจะต้องใช้ค่าเทรสโชลด์ทั้งหมด N-1 ค่า คือ $t_1, t_2, t_3, \ldots, t_{N-1}$

ให้ z_i เป็น ค่าความสว่างในกลุ่มที่ i

p_i เป็น อัตราส่วนของจำนวนจุดในกลุ่มที่ i ต่อจำนวนจุดทั้งหมด

ในการหาค่าเทรสโชลด์จะต้องรักษาค่าโมเมนต์ 2N-1 ค่า ของภาพต้นแบบและภาพผลลัพธ์ให้เท่าเดิม ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$p_0 z_0^0 + p_1 z_1^0 + \ldots + p_N z_N^0 = m_0$$
$$p_0 z_0^1 + p_1 z_1^1 + \ldots + p_N z_N^1 = m_1$$
$$\ldots$$
$$p_0 z_0^{2N-1} + p_1 z_1^{2N-1} + \ldots + p_N z_N^{2N-1} = m_{2N-1}$$

สมการที่ได้จะเรียกว่าสมการรักษาค่าโมเมนต์ (Moment Preserving Equation)

การหาค่าเทรสโชลด์ด้วยวิธีนี้หลักการก็คือ ภาพที่ได้จากการทำเทรสโชลด์จะต้องมีค่า โมเมนต์ 3 ค่าแรก (กรณีที่เป็นเทรสโชลด์ 2 ระดับ) เท่ากับภาพต้นแบบ และค่าเทรสโชลด์ที่นำมาใช้จะไม่แบ่งภาพออกเป็นขาวและดำ แต่จะแทนค่าความสว่างที่น้อยกว่าค่าเทรสโชลด์ด้วยค่า z_0 และค่าความสว่าง ที่มากกว่า หรือเท่ากับค่าเทรสโชลด์ด้วยค่า z_1 โดยที่ $z_0 < z_1$

การหาค่าเทรสโชลด์ของภาพเชิงดิจิตอลโดยการใช้ค่าเอนโทรปี
(Grey-Level Picture Thresholding Using The entropy Of The Histogram)

กำหนดภาพที่มีระดับความสว่างทั้งหมด = n ระดับ จำนวนจุดทั้งหมด ที่ระดับ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนด้วย N_i และจำนวนจุดทั้งหมด $N = N_1 + N_2 + N_3 + \ldots + N_n$

ความน่าจะเป็นที่จะพบความสว่างที่ระดับ i แทนด้วย p_i โดย

$$P_i = N_i/N >= 0 \ , \ \sum_{i}^{n} P_i = 1$$

เราจะกำหนดค่า Information ซึ่งสัมพันธ์กับค่า i ได้ดังนี้

$$I_i = -\log_2(p_i) = -lb(p_i)$$

ค่าเอนโทรปีกำหนดโดย

$$H = E[I_i] = -\sum_{i}^{n} p_i . lb(p_i) \qquad 2.6_3$$

หลังจากการทำเทรสโฮลด์แล้ว ภาพจะถูกแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ดำและขาว จำนวนจุดในแต่ละระดับแทนด้วย N_b' และ N_w' ตามลำดับ หรือ ความน่าจะเป็นที่จะพบจุดขาว และ ดำ แทนด้วย P_w' และ P_b' ดังนั้นเอนโทรปี ของภาพที่ทำเทรสโฮลด์แล้วแทนด้วย

$$H' = -P_w' . lb(P_w') - P_b' . lb(P_b') \qquad 2.6_4$$

ถ้าให้ s เป็นค่าของเทรสโฮลด์ที่ใช้ จะได้ว่า

$$N_w' = \sum_{i}^{s} N_i \quad , \quad N_b' = \sum N_i$$

และ $P_w' = N_w'/N \ , \quad P_b' = N_b'/N$

เราจะกำหนดเอนโทรปี ของแต่ละส่วนดังนี้

$$H_w = -\sum_{i}^{s} p_i . lb(P_i) \qquad 2.6_5$$

$$H_b = -\sum_{s+1} p_i . lb(P_i) \qquad 2.6_6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_w' = - P_w' \cdot lb(p_w')$$
$$H_b' = - P_b' \cdot lb(p_b')$$

จากสมการ 2.6_3, 2.6_4 ได้ว่า

$$H = H_w + H_b \ , \ H' = H_w' + H_b'$$

ในการหาค่าเทรสโฮลด์เราจะแบ่งค่าเอนโทรปี H ออกเป็น 2 ส่วนคือ H_b และ H_w โดยกำหนดว่า

$$H_w = \alpha H \ , \ H_b = (1- \alpha)H \ , \ 0 <= \alpha <= 1$$

จากสมการ 2.6_5, 2.6_6 จะได้ว่า

$$\sum_{i}^{m} P_i \cdot lb(p_i) = \alpha \sum_{i}^{m} p_i \cdot lb(p_i)$$

$$= -\alpha H \qquad 2.6_7$$

ค่าขอบเขตบนของสมการด้านซ้ายจะเป็น

$$\sum_{i}^{m} P_i \cdot lb(p_i) <= \sum_{i}^{m} [p_i . lb(\max \{p_i ... p_m\})]$$

$$= lb[\max\{p_i ... p_m\}] \cdot [\sum_{i} p_i]$$

สำหรับทุกค่าของ i , P_i <= 1 ทำให้ค่า $lb(\max\{P_i ... P_m\})$ มีค่าเป็นลบ เราจะหลีกเลี่ยงเงื่อนไขที่ $lb(\max\{P_i ... P_m\}) = 0$

$$\sum_{i}^{m} P_i <= \sum_{i}^{m} \{p_i . lb(p_i)\} / lb(\max\{p_i ... p_m\})$$

$$= -\alpha H / lb(\max\{P_i ... P_m\}) \qquad 2.6_8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีเดียวกันจะได้ว่า

$$\sum_{i=s+1}^{n} P_i <= \sum_{i=s+1}^{n}\{p_i . lb(p_i)\} / lb(\max\{p_{s+1}...p_n\})$$

$$= -(1-\alpha)H / lb(\max\{P_{s+1}...P_n\}) \qquad 2.6_9$$

จากสมการ 2.6_4 จะได้ว่า

$$-H' = p_w' . lb(p_w') + p_b' . lb(p_b')$$

$$= (\sum_{i=1}^{s} P_i).lb(\sum_{i=1}^{s} P_i) + (\sum_{i=s+1}^{n} P_i) . lb(\sum_{i=s+1}^{n} P_i)$$

จากค่าขอบเขตบนของสมการ 2.6_8, 2.6_9 จะได้

$$H' <= -\alpha H .lb(\sum_{i=s+1}^{n} P_i) / lb [\max \{p_1...p_s\}]$$

$$+ (1-\alpha)H.lb(\sum_{i=s+1}^{n} p_i) / lb [\max \{p_{s+1}...p_n\}]$$

$$H' >= H (\alpha.lb(\sum_{i=1}^{s} p_i) / lb [\max \{P_1...P_s\}]$$

$$+ (1-\alpha) lb(\sum_{i=s+1}^{n} p_i)/lb[\max\{P_{s+1}...P_n\}]) \qquad 2.6_10$$

$$H' >= Fe(\alpha) . H$$

ซึ่ง Fe(α) = Evaluation function ของ H'

s = Entropic Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ลักษณะของภาพรังสีเอ็กซ์เรย์

ถึงแม้ว่าในปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นการนำผลของการเอ็กซ์เรย์ หรือภาพรังสีเอ็กซ์เรย์ มาปรับปรุง แต่เพื่อความเข้าใจเราก็จะทำการศึกษาว่าลักษณะของภาพเป็นอย่างไร มีที่มาอย่างไร

รังสีเอ็กซ์เรย์เป็นการสั่นสะเทือนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงมีหลักการเช่นเดียวกับคลื่นแสง คลื่นความร้อนและคลื่นวิทยุ รังสีเอ็กซ์มีความยาวคลื่น 5-0.01 A(อังสตรอม) การเกิดจะเกิดขึ้นเมื่ออิเลคตรอนซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงไปกระทบกับวัตถุและความเร็วถูกทำให้เล็กลง จะทำให้เกิดรังสีเอ็กซ์ขึ้น ช่วงคลื่นของรังสีเอ็กซ์ขึ้นอยู่กับความเร็วของอิเล็คตรอน ซึ่งไปกระทบเป้าและยังขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุที่เป็นเป้า หรือรังสีเอ็กซ์อาจเกิดจากวิธีการทางกัมมันตภาพรังสีอีกด้วย

คุณสมบัติที่สำคัญของรังสีเอ็กซ์

1. มีอำนาจการทะลุทะลวง(Penetrating power)
2. มีผลทำให้สารต่าง ๆ เปล่งแสงได้(Luminescent effect)
3. มีผลทำให้ถ่ายรูปได้(Photographic effect)
4. มีผลทำให้ก๊าซไอโอไนซ์ได้(Ionizing effect)
5. มีผลในทางชีววิทยา (Biological effect)

ในที่นี้เราจะพิจารณาถึงผลที่ทำให้ถ่ายรูปได้

ผลที่ทำให้ถ่ายรูปได้

1. เช่นเดียวกับแสง คือรังสีเอ็กซ์มีผลต่อ photographic emulsion คือ emulsion จะแสดง blackening หรือ photographic density ซึ่งเป็นพื้นฐานของการถ่ายรูป photographic emulsion มี silver bromide อยู่ เมื่อได้รับพลังงานจากรังสีเอ็กซ์ emulsion จะปล่อย silver ออกมา และทำฟิลม์ให้เป็นสีดำ ส่วนที่ไม่ถูกกับรังสีเอ็กซ์ จะถูกล้างออกไปโดย sodium thiosulphate ฟิลม์บริเวณนั้นจึงใส แต่จะมีความแตกต่างกันกับแสงธรรมดาคือ รังสีเอ็กซ์นั้นแม้มีจำนวนน้อยก็สามารถมีผลต่อ silver bromide grain ได้ เพราะ รังสีเอ็กซ์ถูกดูดได้น้อยมากใน emulsion แต่แสงธรรมดาที่มีความเข้มน้อยจะไม่มีผลต่อ silver bromide grain

2. Intesifying screen

โดยอาศัยคุณสมบัติที่ร่วมกับการที่รังสีเอ็กซ์ทำให้มีการเปล่งแสงได้ ก็สา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มารถใช้ film emulsion ที่ไวต่อช่วงคลื่นของแสงที่เปล่งออกมา จึงสามารถเพิ่มความไวได้มากกว่าที่ใช้เอ็กซ์เรย์ฟิลม์อย่างเดียว ทำได้โดยการเคลือบสารที่สามารถเปล่งแสงได้ลงบนฉาก ที่เรียกว่า intensifying screen โดยมากใช้ calcium tungstate หรือสารที่มีคุณสมบัติทำนองเดียวกัน

ลักษณะของภาพ

จะเป็นภาพขาวดำ มีลักษณะขาวหรือดำเป็นกลุ่มก้อนซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน และขึ้นอยู่กับว่าเป็นส่วนใดของร่างกาย เช่นถ้าเป็นการถ่ายกระดูกขา ภาพก็จะมีลักษณะเป็นสีดำหมดยกเว้นส่วนของกระดูกที่ต้องการดู ซึ่งจะต่างจากภาพทั่ว ๆ ไปที่มีการกระจายของระดับความเข้มกระจายทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การเขียนโปรแกรม

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ PC AT(80286)พร้อม Co-Processor (80287) ซึ่งมีหน่วยความจำหลัก 640 กิโลไบท์ และทำงานที่ความเร็ว 12 MHz

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือ Turbo C version 2.0

การ์ด(Card) ที่ใช้ในการประมวลผลภาพคือ การ์ดทาก้าเอ็ม 8 (Targa M8 Card) รวมทั้งกล้องซีซีดี วิดีโอ ที่ใช้ในการถ่ายภาพ

จอมอนิเตอร์ในการแสดงภาพและอักษร

3.1 การ์ด Targa M8

3.1.1 ลักษณะของการ์ด

- สามารถแสดงผลได้จุดละ 256 ระดับความเข้ม
- ความละเอียดของภาพสูงสุดได้ 512x512 จุดต่อภาพ
- หน่วยความจำที่ใช้ในการแสดงผล(Display Memory) เป็นแบบพอร์ทสองทาง(Dual-ported) ดังนั้นจึงสามารถทั้งอ่านและเขียนข้อมูลในระหว่างที่การ์ดทำการแสดงผล
- การ์ดนี้ใช้เนื้อที่เพียงหนึ่งสล็อด(slot) ในเครื่องคอมฯ เท่านั้น
- สามารถทำการขยายภาพ(zoom) และทำการเลื่อนภาพหลังจากทำการขยายภาพได้(pan)
- สามารถทำการโปรแกรมอัตราขยาย (gain)และ สัมประสิทธ์ (offset) สำหรับการแปลงจากสัญญาณแอนนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital converter)
- มีรูปแบบในการแสดงผลได้หลายแบบโดยการโปรแกรม ริจิสเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล(display register)
- มีโหมดในการแสดงได้หลายโหมด (Display Modes)

3.1.2 การใช้งานการ์ด

การควบคุมการ์ทาก้านี้จะทำโดยการโปรแกรม รีจิสเตอร์ (register) ของการ์ดซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสามกลุ่ม คือ

- กลุ่มควบคุม (Control register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดของการ์ด และยังใช้ในการเขียนค่าลงในรีจิสเตอร์อีกสองกลุ่มด้วย

- กลุ่ม M8 Top register

เป็นริจิสเตอร์ที่ใช้ในการเขียนได้อย่างเดียวและ ใช้ในการตั้งค่าอัตราขยายและสัมประสิทธิ์ (gain and offset) ,การเลื่อนภาพในแนวตั้งและการเซ็ทสีของขอบภาพ

- กลุ่มที่ใช้ในการแสดงผล(Display register)

ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 22 ตัวซึ่งแต่ละตัวมีขนาด 9 บิทใช้ในควบคุมเกี่ยวกับการแสดงผลรวมทั้งการเลื่อนภาพทางแนวนอนด้วย

ถึงแม้ว่าเราจะสามารถแบ่งการทำงานได้เป็นสามกลุ่มแต่ในการทำงานจริงแล้ว การเซ็ทค่ารีจิสเตอร์ทั้งสามกลุ่มก็ต้องทำร่วมกัน จากรีจิสเตอร์ทั้ง 3 กลุ่มนี้เราจะนำมาอธิบายอย่างละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มควบคุม

การ์ดจะทำการควบคุมรีจิสเตอร์โดยผ่านทางพอร์ทอินพุทและพอร์ทเอ้าท์พุท (Input and Output port)ของเครื่องไมโครฯ ซึ่งเราจะแสดงตำแหน่งของริจิสเตอร์ทั้งหมดได้ดังตาราง 3.1.1 นี้

จากตารางเราจะเห็นว่าการอ้างตำแหน่งของรีจิสเตอร์ จะเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีการตั้งตำแหน่งพื้นฐาน(base i/o address) ของการ์ดใหม่ แต่ถ้าไม่มีการเปลี่ยนเราก็สามารถอ้างตำแหน่งได้ดังค่า default address

ต่อจากนี้จะเป็นการอธิบายถึงการใช้งานของรีจิสเตอร์ ที่มีกวรใช้ในโปรแกรมในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Default Address	Relative Address	รายละเอียด (Description)
0xE20(I) 0xE21(II)	0xC00 0xC01	รีจิสเตอร์โหมด(Mode register I and II) - ถ้าอ่านค่าจากรีจีสเตอร์โหมดหนึ่งก็จะได้ค่าแถวใน NTSC frame
0xE22	0xC02	Video status register(read only)
0xA20	0x800	Mask register
0xA22 0xA23	0x802 0x803	Page select lower Page select upper
0xA22	0x802	M8 top read register
0x620	0x400	M8 control register
0x621	0x401	Control write register
0x622	0x402	M8 top write register
0x623	0x403	Vertical pan register
0x220	0x000	Border color register

ตารางที่ 3.1.1 แสดงตำแหน่งพอร์ทของรีจีสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รีจีสเตอร์โหมด Iและ II(Mode Registers I&II)

ทั้งสองรีจีสเตอร์โหมดจะใช้ ในการควบคุมการทำงานของการ์ดดัง ตาราง 3.1.2 และ ตาราง 3.1.3

รีจีสเตอร์ โหมด I บิทที่ 7654 3210	รายละเอียด (Description)
---- --xx	ใช้ในการเลือกหน่วยความจำ โดย 00 ไม่สามารถเซ็ทหน่วยความจำ 01 เหมือน 00 10 สามารถเซ็ทหน่วยความจำได้ 11 ไม่มีการใช้งาน
---- -x-- *	บิทอินเทอเรส(Interlace bit) โดย ถ้าแสดงแบบอินเทอเรส จะเท่ากับ 0 เสมอ ถ้าแสดงแบบไม่อินเทอเรส จะเท่ากับ 0 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับความละเอียดในการแสดงผล
--xx x--- *	ความละเอียดและจอภาพที่ถูกเลือก โดย 000 - 512x512 จุด 010 - 512x256 จุด จอภาพที่ 0 011 - 512x256 จุด จอภาพที่ 1 100 - 256x256 จุด จอภาพที่ 0 101 - 256x256 จุด จอภาพที่ 1 110 - 256x256 จุด จอภาพที่ 2 111 - 256x256 จุด จอภาพที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์ โหมด I บิทที่ 7654 3210	รายละเอียด (Description)
-x-- ----	บิทที่ใช้ในเลือกโหมดการเขียนค่าลงในรีจิสเตอร์ที่ใช้เขียน (write) โดย 0 - เป็นการเซ็ทค่าดรรชนีของรีจีสเตอร์ในการแสดงผล 1 - เป็นการเซ็ทค่าของรีจีสเตอร์ในการแสดงผล
x--- ----	เป็นค่าของบิทที่ 9 ในการเขียนค่าในรีจีสเตอร์ในแสดงผล

ตาราง 3.1.2 แสดงรายละเอียดรีจีสเตอร์โหมด I

* ให้เปลี่ยนแปลงค่า ในระหว่างที่อยู่ในช่วงว่างในการสแกนแนวตั้ง(vertical blanking หรือ ช่วงขอบภาพ(border region) ซึ่งเช็คโดยอ่านค่าจากรีจิสเตอร์โหมดหนึ่ง ถ้าเท่ากับ 0 ก็คืออยู่ในช่วงว่างในการสแกนภาพแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ โหมด 11 บิทที่ 7654 3210	รายละเอียด (Description)
---- --xx *	บิทแท็ป (RARAM Tap bit)ซึ่งจะใช้ในการเลื่อนภาพในแนวนอน
---- xx-- *	ค่าในขยายภาพ(Zoom factor) โดย 00 - ขนาดปกติ 01 - ขยาย 2 เท่า 10 - ขยาย 4 เท่า 10 - ขยาย 8 เท่า
--xx ----	โหมดในการแสดงผล โดย 00 - โหมดในการแสดงผลปกติ (Normal display mode) 01 - แสดงภาพจากกล้องแบบมีกรอบภาพ 10 - นำสีของกรอบมาแสดงภาพ 11 - แสดงภาพจากกล้องแบบไม่มีกรอบภาพ
-x-- ----	บิทที่ใช้แสดงว่าต้องการเก็บภาพจากกล้องหรือไม่ (Capture bit) 1 - แสดงว่าต้องการเก็บไว้ในหน่วยความจำ 0 - ไม่ต้องการเก็บในหน่วยความจำ
x--- ----	Genlock(Synchronization) mode 0 - ทำงานมาสเตอร์โหมด 1 - ทำงานสลาฟโหมด หมายเหตุ การ์ดจะอยู่ใน มาสเตอร์โหมด ถ้าไม่มีสัญญาณวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง.3.1.3 แสดงรายละเอียดของรีจีสเตอร์โหมด 11

* ให้เปลี่ยนแปลงค่า ในระหว่างที่อยู่ในช่วงว่างในการสแกนแนวตั้ง(vertical blanking หรือ ช่วงขอบภาพ(border region) ซึ่งเช็คโดยอ่านค่าจากรีจิสเตอร์โหมดหนึ่ง ถ้าเท่ากับ 0 ก็คืออยู่ในช่วงว่างในการสแกนภาพแนวตั้ง

หมายเหตุ บิทที่ใช้จับภาพ (capture bit) ในคู่มือไม่ได้กำหนดให้เซ็ทในระหว่างขอบภาพแต่จากการทดลองเขียนโปรแกรม ถ้าเราจับภาพในช่วงที่ไม่ใช่ช่วงขอบภาพ ภาพที่ได้อาจจะมีลักษณะเป็นเส้นขึ้น ดังนั้นการที่จะใช้ในการจับภาพจึงต้องเซ็ทในระหว่างช่วงขอบภาพด้วย

กลุ่ม M8 Top register

จะประกอบด้วย รีจีสเตอร์ควบคุมเอ็มแปดท็อป(M8 Top control,รีจิสเตอร์การอ่าน (M8 Top read),รีจีสเตอร์การเขียน (M8 Top write) ซึ่งรีจีสเตอร์ควบคุมเอ็มแปดท็อป จะเป็นตัวควบคุมว่าจะเป็นการอ่าน หรือเขียนข้อมูลลงในรีจีสเตอร์เอ็มแปดท็อป

การควบคุมรีจิสเตอร์เอ็มแปดท็อปแสดงในตารางที่ 3.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ M8 control บิทที่ 7654 3210	รายละเอียด (Description)
---- --xx	บิทที่ใช้ในการเลือกโหมดของ M8 Top 00 - Pass throught mode 01 - Mix-throught mode 10 - Normal targa display mode 11 - Overlay mode หมายเหตุ หลังจากเปิดเครื่องจะเป็น 00
---- -x--	ไม่มีการใช้งาน
---- x---	บิทการอ่านภาพจากกล้องเกินส่วนที่แสดงออกจอ 0 - มีการอ่านภาพเกินถึงแม้จะมองไม่เห็น 1 - ไม่มีการอ่านภาพเกินกว่าที่แสดง
xxxx ----	ใช้ในการเลือกฟังก์ชั่น(0-15) ในการเขียนค่าลงในรีจิสเตอร์ M8 Top write ค่าฟังก์ชั่นต่าง ๆ ที่มี การใช้ในโปรแกรมแสดงดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง 3.1.4 แสดงการควบคุมรีจิสเตอร์เอ็มแปดท็อป

หมายเหตุ การ์ดทาก้าเอ็ม 8 นี้มีสองรุ่นคือ รุ่นที่มีความสามารถอ่านภาพได้เต็มความละเอียดของภาพที่เราใช้(overscan) กับรุ่นที่อ่านภาพได้เฉพาะส่วนที่สามารถแสดงภาพได้ เช่นในรุ่นหลังนี้ถ้าเราเลือกโหมดความละเอียด 256x256 จุด เครื่องจะสามารถทำการอ่านภาพและแสดงเข้าได้เพียง 256x241 จุด แกนที่หายไปคือแกนตั้งโดยผู้ใช้จะไม่สามารถรู้ได้เลยว่า อ่านภาพไม่ครบซึ่งจะทำให้การปรับปรุงภาพไม่เป็นไปตามความต้องการ วิธีแก้ไขคือทำการตัดส่วนที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอ่านภาพเข้ามาได้ออกไปจากการปรับปรุง ดังนั้นในการเขียนโปร
ในโครงงานนี้การ์ดที่ใช้จะเป็นการ์ดในรุ่นหลัง
แกรมก็จะทำการตัดส่วนบนของภาพทิ้งไป 15 แถว

ค่าฟังก์ชั่น (Index function)	ฟังก์ชั่นที่ใช้และการเซ็ทค่าใน M8 top write
3	ฟังก์ชั่นในการเลือกสัญญาณภาพที่เข้ามา บิท 3-0 ไม่มีการใช้ บิท 5-4 ใช้ในการเลือกสัญญาณที่ต้องการให้เข้า (0-4) บิท 6 VCR bit ถ้า 0 (off) แสดงว่าสัญญาณเข้าจากกล้อง ถ้า 1 (on) แสดงว่าสัญญาณเข้าจากวีดีโอ
4	ฟังก์ชั่นในการเซ็ทอัตราขยายที่ใช้ในการนำภาพเข้ามา ค่าที่ให้จะต้องอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดย 0 จะให้ภาพที่มืด 1 จะให้ภาพที่สว่าง
5	ฟังก์ชั่นในการเซ็ทค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการนำภาพเข้า ค่าที่ให้จะต้องอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดย 0 จะเป็นสัมประสิทธิ์ที่เป็นบวก ภาพจะสว่าง 1 จะเป็นสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบ ภาพจะมืด

ตาราง 3.1.5 แสดงฟังก์ชั่นของรีจิสเตอร์การเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รีจีสเตอร์ที่ใช้ในเลื่อนภาพในแนวตั้ง(Vertical panning register)

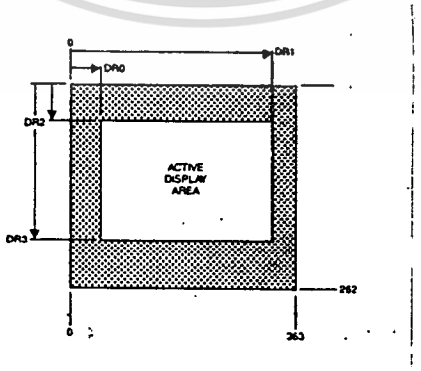
เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการเลื่อนภาพ ซึ่งเราสามารถเลื่อนได้แม้จะไม่ได้ขยายภาพ การเลื่อนก็โดยเราป้อนค่าแถวบนสุดของส่วนที่เราต้องการแสดงในจอภาพเข้าไปใน รีจีสเตอร์นี้ โดยค่าที่ใส่จะต้องอยู่ในระหว่าง 0 ถึง 255 และการป้อนค่าจะต้องทำในช่วงขอบภาพ ในเรื่องการอ้างอิงถึงระบบจอภาพของจอท้าก้าจะพูดอีกครั้งต่อไป

-รีจีสเตอร์ที่ใช้ในการตั้งสีขอบภาพ

เป็นรีจีสเตอร์ 8 บิท ที่ใช้ในการเซ็ทสีของขอบภาพ ซึ่งเราสามารถเซ็ทค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (0 คือสีดำ ,255 คือขาว)

กลุ่มรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล

ประกอบด้วยรีจีสเตอร์ที่ ใช้กำหนดรูปแบบของจอภาพในการแสดงผลซึ่งเราสามารถแสดงการเซ็ทค่าได้ดังตาราง ซึ่งตัวที่สำคัญก็คือ Dr0-Dr3 ซึ่งเป็นตัวที่ใช้กำหนดว่าขนาดจอภาพที่ใช้แสดงว่าจะเริ่มและสิ้นสุดที่จุดใด ,Dr8 เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเลื่อนภาพในแนวนอน ซึ่งจะเห็นได้ว่า การ์ดทาก้านี้ไม่สนับสนุนการเลื่อนภาพในแนวนอนถ้าภาพไม่ถูกขยาย ,Dr10-Dr11 เป็นการกำหนดบริเวณที่ต้องการเลื่อนภาพ ซึ่งเราควรกำหนดให้เลื่อนได้ทั้งจอภาพคือกำหนดให้เท่ากับ Dr2-Dr3 ตามลำดับ (ค่าที่ใช้เซ็ทการ์ดให้ดูในภาพผนวก)
ในระบบการอ้างอิงถึงจอภาพการ์ดท้าก้าจะอ้างอิงตามรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 3.1 แสดงการอ้างอิงตำแหน่งของจอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รีจีสเตอร์ในการเลื่อนภาพในแนวนอน(Horizontal panning register)

รีจีสเตอร์ที่ใช้ในการนี้ก็คือ รีจีสเตอร์ในการแสดงผลตัวที่ 8 และ บิทแท็ป (RaRam tap bit)ในโหมดรีจีเตอร์(ดูตาราง) ในการเลื่อนภาพแนวนอนนี้ถ้าภาพไม่ถูกขยายจะไม่สามารถเลื่อนได้ การเซ็ทค่าของรีจีสเตอร์นี้จะต้องทำประกอบกันคือ

1) ให้ทำการเซ็ทค่าบิทแท็ปก่อนโดยค่านี้ได้จากการเอา คอลัมน์ที่ต้องต้องการให้เริ่มแสดงในจอภาพหารด้วย 64 ก็จะได้ค่า บิทแท็ป

2) ทำการเซ็ทค่ารีจีสเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลตัวที่ 8 โดยเราจะใส่ตามสูตรดังนี้

ค่าที่ใส่ให้รีจีสเตอร์ตัวที่แปด = รีจีสเตอร์ตัวที่ศูนย์ -
(คอลัมน์ที่เริ่มแสดง-64*บิทแท็ป)

<u>หมายเหตุ</u> คอลัมน์ที่เริ่มแสดงหรือคอลัมน์ซ้ายสุดนี้ จะต้องมีค่าอยู่ในช่วงมากกว่าศูนย์และจะต้องน้อย (256-(256/ขนาดที่ขยายภาพ))

ถ้าภาพไม่ถูกขยาย รีจีสเตอร์แสดงผลตัวที่ 8 นี้ควรมีค่าเท่ากับ รีจีสเตอร์ตัวที่ 0

3.2 การเขียนโปรแกรม

การอธิบายจะอธิบายถึง การทำงานของโปรแกรมเป็นโปรแกรมย่อย ๆ (Procedure) ตามที่มีการเรียกใช้งาน

ความสามารถของโปรแกรม

- สามารถปรับปรุงภาพได้ ตามทฤษฎี
- สามารถนำภาพจากหน่วยความจำของการ์ดมาแสดงผลได้ทั้งหมด (การ์ดท้าก้ามีหน่วยความจำ 4x64 เคไบท์หรือแสดงภาพได้ 4 จอ(จอ 0-3) และสามารถแสดงชื่อภาพให้ผู้ใช้ทราบ และผู้ใช้จะสามารถเลือกจอภาพ ที่ต้องการได้อย่างสะดวกและมีความรวดเร็ว
- สามารถนำภาพทั้งหมดมาทำการย่อและ แสดงผลในจอเดียวกันเพื่อให้ผู้ใช้เลือก รวมทั้งทำการเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเขียนข้อความลงบนภาพได้

- เมนูการทำงานของโปรแกรมจะ เป็นแบบพูลดาวน์เมนู (pulldown menu) ซึ่งจะมีข้อความช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมได้ง่าย

- แสดงเวลาที่ใช้ในการทำแต่ละวิธีเป็นหน่วย วินาที (เวลานี้จะเป็นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละวิธี ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการนำภาพออกแสดงบนจอซึ่งจะใช้เวลาเท่ากันในทุก ๆ ภาพ เพราะขนาดภาพเท่ากันตลอด)

- สามารถทำการขยายภาพ และเลื่อนภาพได้ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง

- สามารถอ่านข้อมูลภาพ จากกล้องได้และปรับค่าอัตราขยายและสัมประสิทธิ์ได้

การทำงานของโปรแกรมแกรมหลัก

1. เมื่อเริ่มการทำงานจะทำการจองหน่วยความจำเพื่อใช้ทำงานเป็น บัฟเฟอร์จำนวนสองบัฟเฟอร์ โดยขนาดของบัฟเฟอร์จะเท่ากับ 64 เค ซึ่งจะใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับการประมวลผลภาพและเก็บภาพ โดยทั้งสองจะมีการทำงานสลับกันไปเรื่อย ๆ ในกรณีที่จำนวนหน่วยความจำไม่พอก็จะมีการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบด้วยและโปรแกรมจะหยุดการทำงาน

2. หลังจากก็จะเป็นการเซ็ทค่าต่าง ๆ ให้กับการ์ดท้าก้าให้ทำงานในแบบที่ต้องการ เช่น เซ็ทค่าในรีจิสเตอร์การแสดงผลว่าต้องการแสดงผล ในตำแหน่งของจอท้าก้าที่ตำแหน่งใด ,เซ็ทอัตราขยายและสัมประสิทธิ์, เซ็ทว่าจะแสดงภาพในโหมดใน, ความละเอียดที่ต้องการใช้(256x256) ,การเคลียร์จอภาพและการเซ็ทสีของพื้นจอ

3. หลังจากทำการเซ็ทค่าเสร็จแล้วก็จะเป็นการเซ็ทค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะใช้ในโปรแกรมเช่นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดจอที่กำลังแสดงผล (Scr_no) ให้เท่ากับ สาม เป็นต้น

4. จะทำการแสดงเมนู ให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการทำอะไร เมื่อผู้ใช้เลือกเสร็จแล้วก็จะทำการเช็คว่า ผู้ใช้ต้องการทำตัวเลือกอะไรและก็ทำตามที่ผู้ใช้เลือก

5. ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการออกจากการทำงานของโปรแกรม ก็จะทำการปล่อยหน่วยความจำที่ทำการจองไว้ และออกจากการทำงาน

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงภาพวิธีปรับปรุงให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน

จะเป็นการวิธีที่ใช้ในการปรับปรุงภาพ ให้มีฮิสโตแกรมมีจำนวนเท่ากันแต่เนื่องจากฮิสโตแกรมของภาพจริง ไม่มีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นต่อเนื่องจิงไม่อาจทำให้ฮิสโตแกรมของภาพเท่ากันหมดได้ แต่เราจะทำได้ให้มีจำนวนใกล้เคียงกันเท่านั้น การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มที่การหาฮิสโตแกรมของภาพที่ต้องการทำ โดยเราจะนับจำนวนจุดต่าง ๆ ที่มีในแต่ละระดับความเข้มแล้วทำการเก็บไว้ในตัวแปรแบบอาร์เรย์ที่ใช้เก็บฮิสโตแกรม(hist[i] โดย i คือระดับความเข้มนั้น) หลังจากนั้นก็จะทำการหาค่าความน่าจะเป็นสะสม ของแต่ละระดับความเข้ม (cdf) เราก็สามารถจะคำนวณหาตารางที่ใช้ในการเปลี่ยนค่าระดับความเข้มได้(look up[gray level]) โดย

look up [old gray level] = cdf ที่ตำแหน่งนั้น x range

ซึ่ง range คือค่า gray level สูงสุดที่มีได้ ในที่นี้คือ 255

หลังจากที่เราได้ตารางแล้ว เราก็สามารถนำมาใช้ในการเปลี่ยนระดับความเข้มเก่าไปสู่ระดับความเข้มใหม่ได้ ซึ่งเราจะนำไปแสดงผลและแสดงกราฟให้ผู้ใช้ดูว่า ก่อนทำการเปลี่ยนแปลงและหลังทำการเปลี่ยนแปลง ฮิสโตแกรมต่างกันอย่างไร

หมายเหตุ การแสดงกราฟฮิสโตแกรม เนื่องจากจำนวนจุดของภาพมีมากจึงแสดงอยู่ในรูปของการเปรียบเทียบกับฮิสโตแกรมสูงสุด

ให้ดูการโฟล์ชาร์ตรูป 3.2.2

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงภาพวิธีปรับปรุงให้ฮิสโตแกรมเท่ากันในบริเวณที่กำหนด

วิธีนี้จะมีการทำงานคล้ายกับโปรแกรมการทำฮิสโตแกรม ให้เท่ากันแต่จะแตกต่างกันที่ ผู้ใช้จะสามารถกำหนดบริเวณที่ต้องการทำได้โดยเราจะเริ่มด้วยการให้ผู้ใช้ทำการเลือกตำแหน่งของภาพที่ต้องการปรับปรุง การเลือกจะทำงานโดยเราจะแสดงจุดให้ผู้ใช้ เลือกตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการกำหนดเมื่อผู้ใช้เลือกจุดที่จะเริ่มในการสร้างบริเวณแล้ว โปรแกรมก็จะแสดงกรอบให้ผู้ใช้เลือกขนาดที่ต้องการปรับปรุง ในการเลือกผู้ใช้สามารถทำการยกเลิกจุดที่เลือกได้ในการทำจุดหรือกรอบบนจอท้าก้า จะทำโดยเราจะใช้นำค่าระดับความเข้มที่จุดนั้น ๆ มาทำการ เอ็กคูซีส ออร์ (exclusive or) ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้เห็นจุด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นอย่างชัดเจนเมื่อผู้ใช้ทำการเลื่อนจุดหรือกรอบไป เราก็จะทำการเอ็กคูซีสออร์ซ้ำซึ่งเราก็จะได้ค่าเก่าตามเดิมดังนั้นผู้ใช้จะรู้สึกว่าจุดนั้นหายไป

หลังจากผู้ใช้กำหนดบริเวณแล้วขั้นตอนในการทำ ก็จะทำการหาฮีสโตแกรมของบริเวณที่กำหนด, ความน่าจะเป็นสะสม และสุดท้ายก็จะหาตารางที่ใช้ในการเปลี่ยน ซึ่งเราก็จะนำตารางนั้นไปใช้ในการเปลี่ยนระดับความเข้มบริเวณที่กำหนดเท่านั้น การทำงานของวิธีนี้จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อผู้ใช้เลือกบริเวณที่มีลักษณะของภาพที่มีระดับความเข้มอยู่เป็นกลุ่ม ซึ่งทำให้ภาพส่วนนั้นมีลักษณะขาวหรือดำไป

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.3

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงภาพโดยวิธีปรับปรุงฮีสโตแกรมโดยกำหนดฮีสโตแกรมที่ต้องการ

วิธีนี้จะเป็นการปรับปรุงให้ ภาพมีฮีสโตแกรมตามที่ผู้ใช้ต้องการ วิธีนี้ก็เช่นเดียวกันกับการปรับปรุงฮีสโตแกรมคือ เราไม่สามารถปรับปรุงให้มีฮีสโตแกรมเท่ากันทุกประการแต่ สามารถปรับปรุงให้มีความใกล้เคียงเท่านั้น วิธีนี้จะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ใน การนำฮีสโตแกรมที่ต้องการทำมาใช้อย่างเหมาะสมกับภาพนั้น ๆ หรือเปล่า การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มด้วยการให้ผู้ใช้เลือกว่าจะสร้างฮีสโตแกรมหรือนำของเก่าที่เก็บในไฟล์มาใช้ ถ้าผู้ใช้ต้องการสร้างก็จะขึ้นจอเป็นรูปกราฟ ให้ผู้ใช้ทำการสร้างตารางฮีสโตแกรมขึ้น แต่เนื่องจากจำนวนฮีสโตแกรมสูงสุดของภาพ ในหนึ่งระดับความเข้มคือจำนวนจุดสูงสุด(ในที่นี้คือ 65536 จุด) ซึ่งเป็นการยากที่ผู้ใช้จะทำการสร้าง จึงได้เขียนโปรแกรมให้ผู้ใช้สามารถกำหนดฮีสโตแกรม เป็นค่าของความน่าจะเป็นซึ่งสูงสุดก็คือ 1.0 ต่ำสุดก็คือ 0 และผลรวมความน่าจะเป็นก็คือ 1 ซึ่งโปรแกรมก็จะออกจากการสร้าง และจะทำการเก็บค่าของตารางความน่าจะเป็นนี้ลงไปในไฟล์เพื่อผู้ใช้ต้องการใช้อีก ส่วนในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ต้องการสร้างไฟล์ก็ได้เขียนโปรแกรมให้อ่านไฟล์จากดิสส์ ที่เก็บตารางความน่าจะเป็นของฮีสโตแกรมไว้

หลังจากที่ได้ตารางของความน่าจะเป็นของฮีสโตแกรมแล้ว ก็จะทำการหาค่าความน่าจะเป็นสะสมของความน่าจะเป็นนั้น ๆ แล้วทำการคูณด้วยระดับความเข้มสูงสุดที่มีได้ (range) เราก็จะได้ค่าของตารางที่ใช้ในการแปลงให้ระดับความเข้มมีระดับความเข้มตามที่ต้องการ (ถ้าความน่าจะเป็นเท่ากันหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกตัว เราก็จะได้ตารางการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ฮีสโตแกรมเท่ากันหมด เหมือนโปรแกรมย่อยก่อนหน้านี้) แต่วิธีนี้ยังใช้ไม่ได้เพราะเราต้องนำมาเปรียบเทียบกับตารางของการเปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมให้เท่ากันก่อน ซึ่งถ้าผลต่างของตารางในการเปลี่ยนแปลงให้ฮีสโตแกรมเท่ากัน ณ ระดับความเข้มที่ต้องการเปลี่ยน(look up equal[i] โดย i คือ ระดับความเข้ม) กับ ตารางการที่ได้จากผู้ใช้(cdf_spec_level[j] โดย j คือระดับความเข้ม) มีค่าน้อยกว่า ผลต่างของตารางการเปลี่ยนให้ฮีสโตแกรมเท่ากันกับตารางที่ได้จากผู้ใช้ในตำแหน่งต่อไปแล้ว เราก็จะได้ตารางการเปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนระดับความเข้มจาก i เป็น j ทำอย่างนี้จนกระทั่ง i เท่ากับ 255 ก็จะได้ตารางการเปลี่ยนแปลงทุกตำแหน่ง ซึ่งถ้านำไปใช้เปลี่ยนแปลงทุก ๆ จุดของภาพก็จะได้ ภาพที่ต้องการ

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงภาพเสร็จ ก็จะเป็นการนำภาพออกแสดงและจะมีการหาค่าฮีสโตแกรมใหม่ เพื่อใช้ในการแสดงกราฟให้ผู้ใช้เปรียบเทียบผลของฮีสโตแกรมที่เปลี่ยนแปลงไป

<u>หมายเหตุ</u> การแสดงกราฟฮีสโตแกรม เนื่องจากจำนวนจุดของภาพมีมากจึงแสดงอยู่ในรูปของการเปรียบเทียบกับฮีสโตแกรมสูงสุด

ดูรูป 3.2.4

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงภาพวิธีปรับปรุงให้ฮีสโตแกรมเท่ากันโดยกำหนดบริเวณที่ต้องการนำมาใช้ในการสร้างตารางที่ใช้ในการปรับปรุง

วิธีนี้เราจะสามารถทำการปรับปรุงภาพทั้งภาพ โดยที่เรากำหนดบริเวณที่เราจะใช้ในการคำนวณหาตารางการเปลี่ยนแปลงเอง ซึ่งจะมีประโยชน์เพราะในภาพรังสีเอ็กซ์เรย์จะมีส่วนของพื้นภาพมาก(สีดำ) ซึ่งจะทำให้เมื่อนำทั้งภาพมาหาตารางแล้วจะทำให้ภาพใหม่มีลักษณะขาวเกินไป แต่ถ้าเรานำข้อมูลส่วนที่ดำมากออกไปแล้วในการคำนวณตาราง จะได้ภาพที่มีลักษณะดีขึ้น

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มที่ให้ ผู้ใช้กำหนดส่วนของภาพที่จะนำมาใช้ ส่วนที่กำหนดนี้ควรมีลักษณะเป็นบริเวณที่มีระดับความเข้มหลายระดับ ซึ่งสามารถเป็นตัวแทนของภาพนั้นได้ยิ่งดี เสร็จแล้วก็จะเป็นการหา ฮีสโตแกรม, หาความน่าจะเป็นสะสมของระดับความเข้ม หลังจากนั้นก็จะสามารถหาตารางซึ่งใช้เปลี่ยนแปลงฮีสโตแกรมให้บริเวณนั้นเท่ากัน นำเอาตารางนั้นมาใช้เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงทั้งภาพ แล้วก็นำไปแสดงผลรวมทั้งกราฟฮีสโตแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงของฮีสโตแกรมก่อนและหลังการทำ

หมายเหตุ การแสดงกราฟฮีสโตแกรม เนื่องจากจำนวนจุดของภาพมีมากจึงแสดงอยู่ในรูปของการเปรียบเทียบกับฮีสโตแกรมสูงสุด
หมายเหตุ ดูรูป 3.2.5

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงวิธีหาค่ากลางของบริเวณที่กำหนด(Median) โดยวิธีเรียงลำดับข้อมูล

เป็นโปรแกรมย่อยหนึ่ง ที่ใช้ในการลดสัญญาณรบกวน(noise) ของภาพลง ในการทำงานของโปรแกรมจะทำการกำหนดบริเวณที่เราต้องการทำ (ขนาด 3x3) ซึ่งเราจะเริ่มทำที่ตำแหน่งแรกทางซ้ายบนสุดของจอภาพ (แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 1) โดยเราจะนำค่าในบริเวณนั้นมาทำการเรียงลำดับข้อมูล แล้วเราก็นำเอาค่ากลางของบริเวณที่กำหนด มาแทนที่ตำแหน่งกึ่งกลางของบริเวณ หลังจากทำเสร็จ ก็จะทำการเลื่อนบริเวณนั้นไปทางขวามือ(เพิ่มค่าคอลัมน์ไป 1) เมื่อทำจนครบแถวที่ 1 แล้วก็เพิ่มแถวต่อไป ทำอย่างนี้จนกระทั่งครบทั้งจอภาพ
หมายเหตุ ดูรูป 3.2.6

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงวิธีหาค่ากลางของบริเวณที่กำหนด(Quick Median) โดยวิธี ใช้ค่าของฮีสโตแกรมช่วย(ขนาด 3x3,5x5)

วิธีนี้เป็นการการปรับปรุงการหาค่ากลาง จากวิธีเรียงลำดับข้อมูลเพราะการที่เราจะเรียงข้อมูลในบริเวณที่กำหนดจะช้า การทำงานของโปรแกรมย่อยนี้จะมีหลักการทำงานคือ พยายามให้มีการคำนวณและการตรวสสอบค่าน้อยที่สุด และในการทำงานเราจะอาศัยการนับฮีสโตแกรมช่วยซึ่งเราจะเริ่มนับ จากฮีสโตแกรมตัวที่น้อยที่สุดที่อยู่ในบริเวณที่เรากำหนด และถ้าเรานับได้ถึงตำแหน่งตรงกลางของจำนวนจุดในบริเวณนั้น(เช่น ถ้าบริเวณ 3x3 ตำแหน่งตรงกลางก็คือ 5) เราก็จะได้ว่าค่ากลางของบริเวณนั้นคือ ค่าของฮีสโตแกรม ณ ตำแหน่งที่กำลังนับอยู่ และในการเลื่อนบริเวณที่กำหนดหลังจากหาค่ากลางเสร็จแล้ว เราจะไม่ทำการเซ็ทค่าบริเวณนั้นใหม่หมด แต่เราจะทำโดยการเพิ่มข้อมูลใน แถวที่เข้ามาใหม่(แถวทางขวา) และนำข้อมูลในแต่ละแถวที่ไม่ใช้ออกไป(แถวทางซ้าย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในที่นี้ก็หมายถึงค่าฮิสโตแกรมในตำแหน่งนั้น
หมายเหตุ ดูรูป 3.2.7

การหาค่าเทรสโชว์โดยวิธี รักษาค่าโมเมนต์

การคำนวณ

สำหรับ Bilevel Threshold เราสามารถหาค่า z_1 และ p_1 ได้ดังนี้

$$c_d = \begin{vmatrix} m_0 & m_1 \\ m_1 & m_2 \end{vmatrix}$$

$$c_0 = (1/c_d) \begin{vmatrix} -m_2 & m_1 \\ -m_3 & m_2 \end{vmatrix}$$

$$c_1 = (1/c_d) \begin{vmatrix} m_0 & -m_2 \\ m_1 & -m_3 \end{vmatrix}$$

$$z_0 = (1/2) \left[-c_1 - (c_1^2 - 4c_0)^{1/2} \right]$$

$$z_1 = (1/2) \left[-c_1 + (c_1^2 - 4c_0)^{1/2} \right]$$

$$p_d = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ z_0 & z_1 \end{vmatrix}$$

$$P_0 = (1/P_d) \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ m_1 & z_1 \end{vmatrix}$$

$$P1 = 1 - P_0$$

ในโปรแกรมที่เขียนจะเป็นการหาค่าเทรสโชว์ที่ใช้แบ่งภาพเป็นสองระดับเท่านั้น โดยเราจะทำการคำนวณหาค่า $c_d, c_0, c_1, z_0, z_1, p_d, p_0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

, p_1 ตามลำดับ (ค่าโมเมนต์หาได้จากทฤษฎีในบทที่ 2) เมื่อเราได้ค่า p_0 เราก็จะสามารถหาค่าเทรสโชว์ได้ โดยการหาผลรวมของความน่าจะเป็นในระดับต่าง ๆ ถ้าผลรวม ณ ตำแหน่งนั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า p_0 แล้วค่าเทรสโชว์ที่ได้ก็คือ ค่าระดับความเข้มที่ระดับนั้น และเราจะใช้ค่าเทรสโชว์นั้นมาทำการแบ่งภาพออกเป็นภาพที่ระดับความเข้ม z_0 , z_1 ตามลำดับ แต่ก่อนที่จะทำการเปลี่ยนแปลง จะมีการแสดงฮิสโตแกรมของภาพนั้นและชี้จุดเทรสโชว์ที่หาได้

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.8

การหาค่าเทรสโชว์โดยวิธี หาค่าเอนโทรปี้

การคำนวณ

ในการหาค่า Entropy Threshold (s) นั้นมีขั้นตอนดังนี้

1 หาค่า เอนโทปรี (H) ของภาพ
2 เริ่มต้นคำนวนโดยกำหนดค่า α ที่มีค่าใกล้ศูนย์(กำหนดให้ = 0.01)
3 หาค่า s (ดูการหาจากบทที่ 2)
4 คำนวนหาค่า ฟังก์ชั่น Fe(α)
5 เพิ่มค่า α ขึ้น
6 กลับไปทำ ขั้นที่ 2 จนค่า α เป็น 1
7 หาค่า α ที่ทำให้ Fe(α) มีค่าสูงสุด ซึ่งจากค่านั้นเราก็จะหาค่า s ซึ่งก็คือค่าเทรสโชว์ได้

ค่า เอนโทรปิคเทรสโชว์ หาได้จากการหาค่า s ที่ทำให้เกิดค่า Fe(α) สูงสุด

ในโปรแกรมจะเป็นการหาค่าเทรสโชว์ ที่ใช้แบ่งภาพออกเป็นสองระดับคือขาวและดำ และเราจะมีการแสดงฮิสโตแกรมของภาพนั้นและชี้จุดเทรสโชว์ที่หาได้

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.9

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในปรับปรุงภาพที่ใช้มาสก์ในการคำนวณอันเดียว

เช่นพวกการทำให้ภาพกลมกลืน(smoothing)ยกเว้นวิธีหาค่ากลาง หรือการทำให้ภาพคมชัดขึ้นจำพวกที่ใช้มาสก์ในการคำนวณเพียงอันเดียว การเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะทำโดยเอาค่าในบริเวณวินโดร์ หรือที่กำหนดนั้นไปคูณด้วยค่าของมาสก์ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ แล้วทำการหาผลบวกของผลคูณ ซึ่งเราก็จะได้ค่าที่ใช้แทนในตำแหน่งตรงกลางของมาสก์นั้น ๆ ซึ่งถ้าเราทำการเลื่อนวินโดว์ไปจนครบทั้งภาพเราก็จะได้ภาพใหม่ขึ้นมา

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.10

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในปรับปรุงภาพที่ใช้มาสก์ในการคำนวณสองอัน (สองแกน)

จะเป็นการวิธีที่คล้ายกับวิธีที่ใช้มาสก์อันเดียว เพียงแต่เราจะทำการคำนวณโดยจะนำค่าที่อยู่ในวินโดว์คูณกับค่าของมาสก์ แล้วหาผลรวมของแต่ละมาส์กนำเอามาทำเป็นค่าสัมบูรณ์แล้วนำมาบวกกันเราก็จะได้ ค่าระดับความเข้ม ณ ตำแหน่งที่ระบุไว้ของมาสก์นั้น ๆ ซึ่งถ้าเราทำการเลื่อนวินโดว์ไปจนครบทั้งภาพเราก็จะได้ภาพใหม่ขึ้นมา

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.11

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการอ่านภาพจากกล้อง

จะเป็นโปรแกรมที่สั่งให้การ์ดทำการนำสัญญาณจากกล้อง ซึ่งเป็นสัญญาณแอนนาลอก ไปทำการแปลเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำเข้าหน่วยความจำของการ์ด เนื่องจากหน่วยความจำของการ์ดถูกแบ่งเป็น 4 จอภาพ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดด้วยว่าต้องการ ให้ทำการแปลงสัญญาณและเก็บเข้าที่ไหน ในการสั่งให้การ์ดทำการเก็บสัญญาณจะทำการสั่งโดยผ่านทางบิทจับภาพ ซึ่งเราจะเซ็ทให้ทำงาน (เท่ากับหนึ่ง) หลังจากนั้นก็จะเปลี่ยนโหมดในการทำงานของจอภาพเป็นการแสดงข้อมูลที่อ่านได้จากกล้อง (LIVE_FIXED_MODE) ซึ่งเมื่อทำการเซ็ทแล้วผู้ใช้ก็จะสามารถเห็นภาพที่ต้องการเก็บได้ ซึ่งระหว่างนี้การ์ดจะทำการเก็บข้อมูลที่อ่านจากกล้องเข้ามาเรื่อย ๆ ทำให้ผู้ใช้สามารถทำการปรับโฟกัสและจำนวนแสดงที่เข้าของกล้องได้จนกว่าจะชัด และเมื่อทำการปรับแล้วยังไม่ได้ภาพที่คมชัดก็สามารถปรับอัตราขยายและสัมประสิทธิ์ ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณจากแอนนาลอกเป็นดิจิตอลได้ ซึ่งถ้าปรับให้อัตราขยายมีค่ามากจะทำให้ภาพขาว ในขณะที่ถ้าทำการปรับให้สัมประสิทธิ์มีค่ามากจะทำให้ภาพดำ

เมื่อปรับภาพได้คมชัดแล้ว ถ้าต้องการจะทำการเก็บภาพก็จะทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่งให้บิทจับภาพให้หยุดทำงาน (เท่ากับ 0) ,ทำการเซ็ทโหมดการแสดงผลให้ทำงานอย่างเดิมคือ แสดงผลแบบมีกรอบภาพ (DISPLAY_FIXED_MODE) และทำการอ่านชื่อภาพจากผู้ใช้ ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ใส่ชื่อภาพ โปรแกรมก็จะทำการใส่ No Name ให้ภาพนั้น

หมายเหตุ เราสามารถอ่านภาพเข้าได้เพียงความละเอียด 256x241 จุดเท่านั้น

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.12

โปรแกรมย่อยที่ใช้เขียนข้อความลงบนภาพ

โปรแกรมนี้จะทำการเขียนข้อความลงบนภาพ ซึ่งทำให้เราสามารถทำใส่หมายเลขหรือชื่อภาพลงไปได้ ในการเขียนนี้ จำนวนตัวอักษรที่เขียนได้สูงสุดในหนึ่งบรรทัดคือ 32 ตัว(ตัวหนึ่งใช้ขนาด 8x8 จุด) การทำงานสามารถอธิบายได้คร่าว ๆ ดังนี้คือ

เริ่มแรกให้ผู้ใช้ป้อนข้อความที่ต้องการเขียนลงมา โปรแกรมจะทำการเช็คว่าข้อความนั้นมีหรือไม่และเกิน 32 ตัวหรือเปล่า ถ้าไม่มีข้อความหรือความยาวเกินก็จะออกจากโปรแกรม โดยไม่ทำการเขียนอะไรใส่ภาพ แต่ถ้าไม่เกินก็จะทำการแสดงกรอบซึ่งมีขนาดเท่ากับข้อความ และให้ผู้ใช้เลือกตำแหน่งที่ต้องการเขียนลง เมื่อผู้ใช้เลือกตำแหน่งเสร็จโปรแกรมก็จะทำการนำตัวอักษรแต่ละตัวไปหา ฟอนต์ตัวอักษร(Font) จากรอมของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ ในการเขียนตัวอักษรลงบนจอ ในการเขียนลงบนภาพจะเขียนได้เฉพาะภาพอังกฤษเท่านั้น

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.13

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการขยายและเลื่อนภาพ

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการขยายและเลื่อนภาพ ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถดูรายละเอียดของภาพได้ละเอียดยิ่งขึ้น การทำงานของโปรแกรมย่อยนี้สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 3 อย่างคือ การขยายภาพ, การเลื่อนภาพแนวนอน และการเลื่อนภาพแนวตั้ง ซึ่งสองหัวข้อหลังได้ทำการอธิบายแล้ว ส่วนการขยายภาพทำได้โดยการเซ็ทค่าที่จะใช้ในการขยายภาพให้แก่ บิทที่ใช้ขยายภาพในริจิสเตอร์โหมด II โดยค่าเซ็ทได้คือ 0-3 ซึ่งจะทำการขยาย 1 เท่า 2 เท่า 4 เท่าและ 8 เท่าตามลำดับ

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการเลือกจอภาพทั้งแบบแสดงภาพทั้งหมด (Display & switch) และแบบไม่แสดง (Alternate screen)

แบบแสดงภาพทั้งหมดจะทำการนำภาพในหน่วยความจำทั้ง 4 จอภาพมาทำการย่อและแสดงผลบนจอเดียว โดยการคำนวณจะคำนวณโดยนำ ภาพจอเดิม 4 จุดมาทำการย่อให้เหลือจุดเดียวโดยนำค่าทั้งหมดมาเฉลี่ยกัน ส่วนตำแหน่งที่จะใส่ในจอใหม่จะอ้างอิงกับค่าของจอที่กำลังทำงานอยู่ปัจจุบัน ซึ่งจะอยู่ทางมุมซ้ายสุดส่วนจอต่อไปจะอยู่ทางมุมขวาบน และจะเรียงวนตามเข็มนาฬิกาไปจนครบทั้ง 4 จอ ภาพที่สร้างมาใหม่นี้จะถูกสร้างอยู่บนหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และ จะนำไปใส่ในหน่วยความจำของการ์ดท้าก้าชั่วคราวเพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นจอทั้งหมดเท่านั้น จะไม่มีการเก็บจอภาพนี้ลงจอท้าก้าเมื่อใช้งานเสร็จจะถูกลบไปทันที (เพราะท้าก้ามีหน่วยความจำเพียง 4 จอเท่านั้น การที่เราสร้างภาพนี้ขึ้นเท่ากับเราได้กำหนดจอที่ 5 ขึ้นซึ่งการ์ดท้าก้าไม่สามารถเก็บได้จึงต้องมีการลบทิ้ง)

เมื่อทำการแสดงภาพทั้งหมดแล้วก็จะให้ผู้ใช้ ทำการเลือกภาพที่ต้องการดูโดยการใช้คีย์ลูกศร (Cursor keys) ในการเลือก ภาพที่ถูกเลือกจะมีกรอบขึ้นที่ภาพนั้น ซึ่งเมื่อเลือกเสร็จก็ให้กดคีย์เอ็นเทอร์ (Enter key) แล้วโปรแกรมก็จะทำการนำจอภาพที่ถูกเลือกนั้นมาแสดงให้ผู้ใช้ ตามต้องการ ในการเลือกจอภาพของการ์ดท้าก้านี้ทำได้โดยการเลือกกำหนด บิทที่ใช้เลือกความละเอียดและจอของรีจิสเตอร์โหมด I ในที่นี้เราใช้ความละเอียด 256x256 ดังนั้นค่าจึงจะต้องอยู่ในระหว่าง 4-7 ซึ่งจะเลือกจอภาพ 0-3 ตามลำดับ หลังจากทำการเลือกจอภาพที่ต้องการได้แล้ว โปรแกรมก็จะทำการอ่านค่าจากหน่วยความจำของการ์ดมาเก็บที่หน่วยความจำของเครื่อง เพื่อใช้ในการคำนวณและประมวลผลต่อไป

แบบไม่แสดงภาพให้เลือก แบบนี้จะทำงานได้เร็วกว่า เพราะภาพที่จะเลือกนั้นมีอยู่ในหน่วยความจำเครื่องอยู่แล้ว เราเพียงแต่ทำการสั่งให้การ์ดนำภาพนั้นแสดงขึ้นจอเท่านั้น โดยการเราจะทำการเลือกที่ บิทที่ใช้ในการเลือกความละเอียดและจอของรีจิสเตอร์โหมด I และทำการอ่านค่าจากหน่วยความจำของเครื่อง มาทำการเก็บในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์

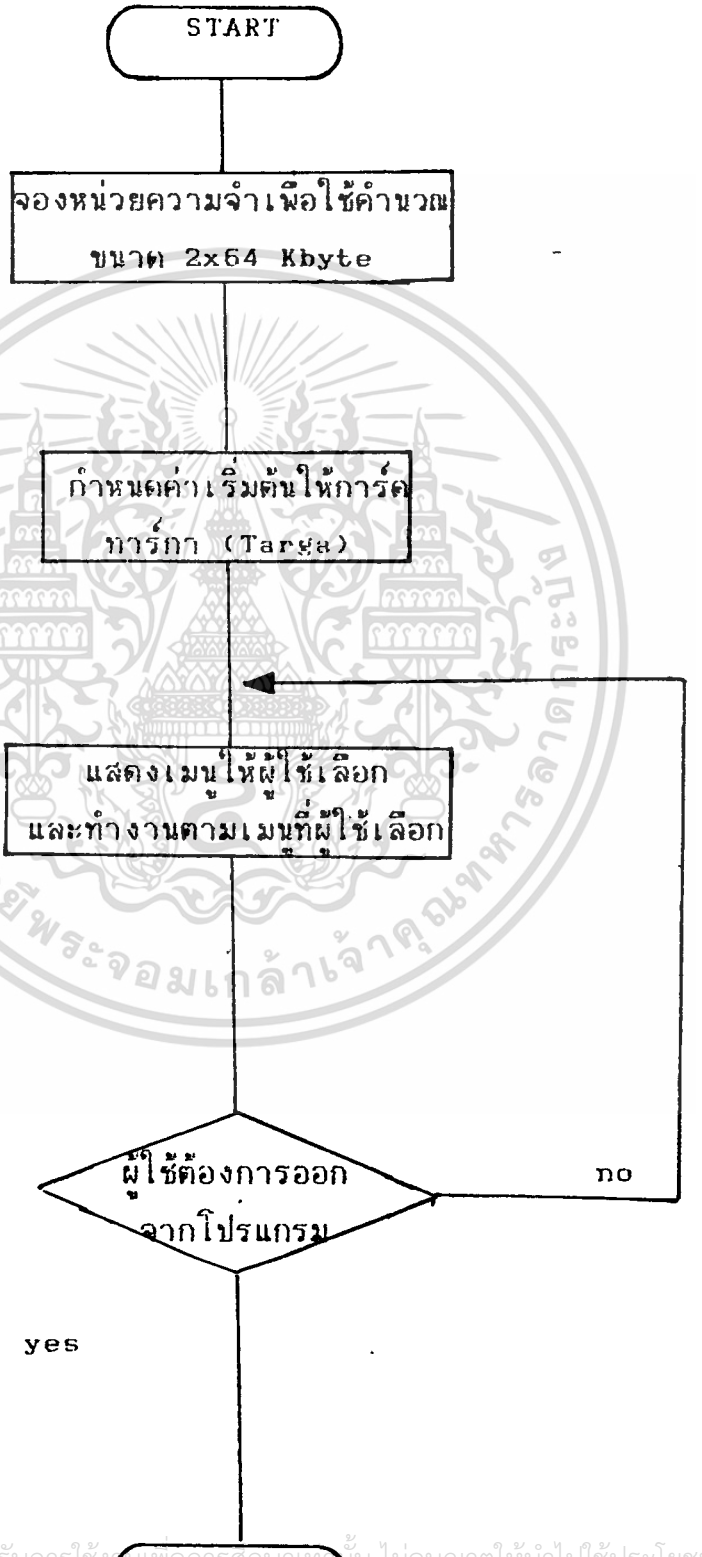
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไป

หมายเหตุ ดูรูป 3.2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

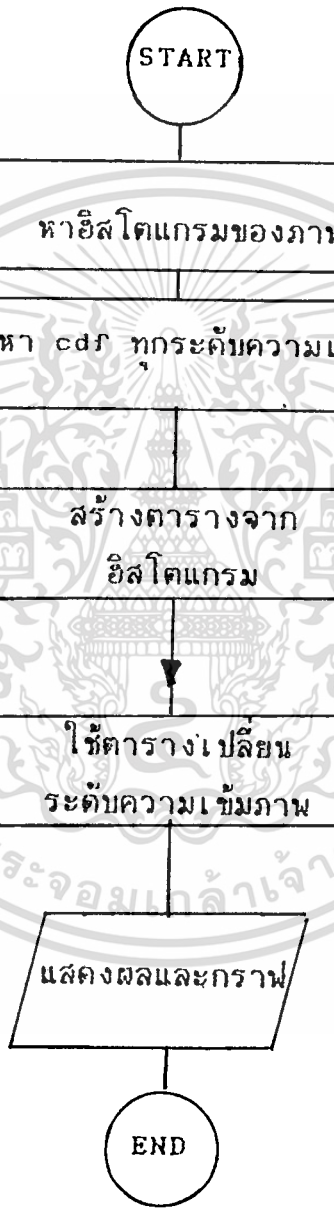
โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมหลัก



รูปที่ 3.2.1

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

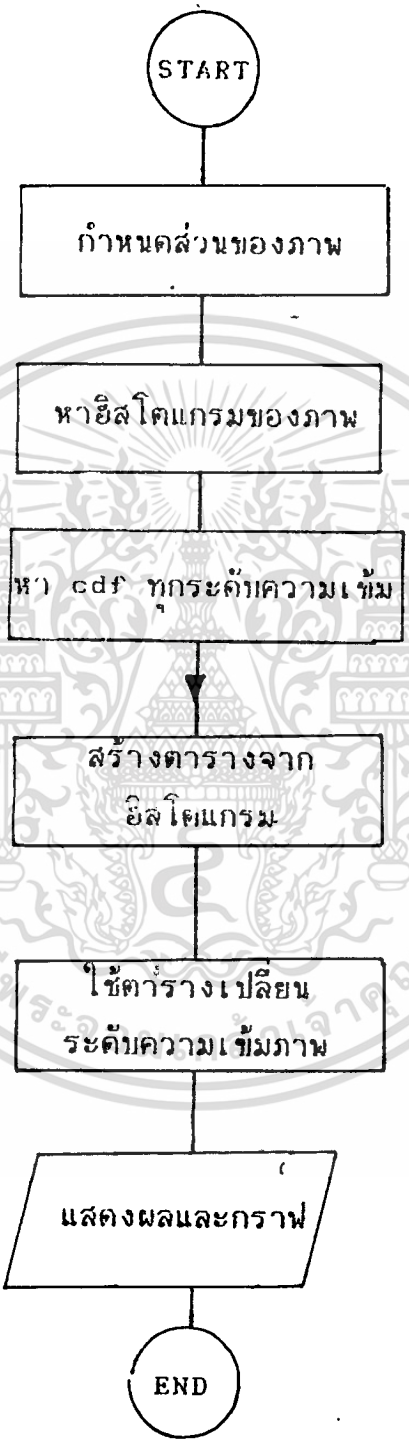
โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการปรับปรุงภาพวิธีปรับปรุงให้อิสโตแกรมเท่ากัน



รูปที่ 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

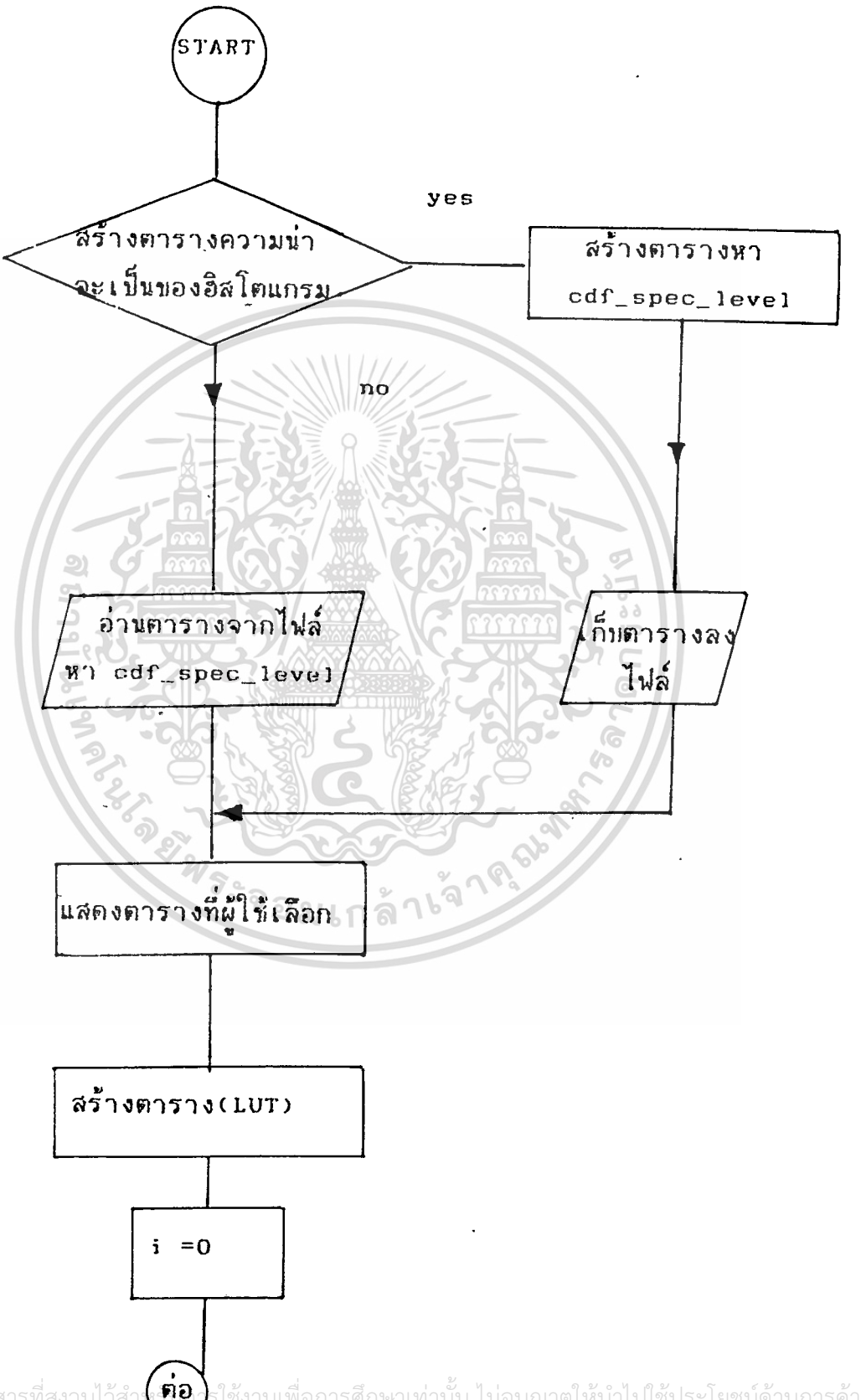
โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีปรับปรุงให้ฮิสโตแกรมเท่ากันในบริเวณที่กำหนด



รูปที่ 3.2.3

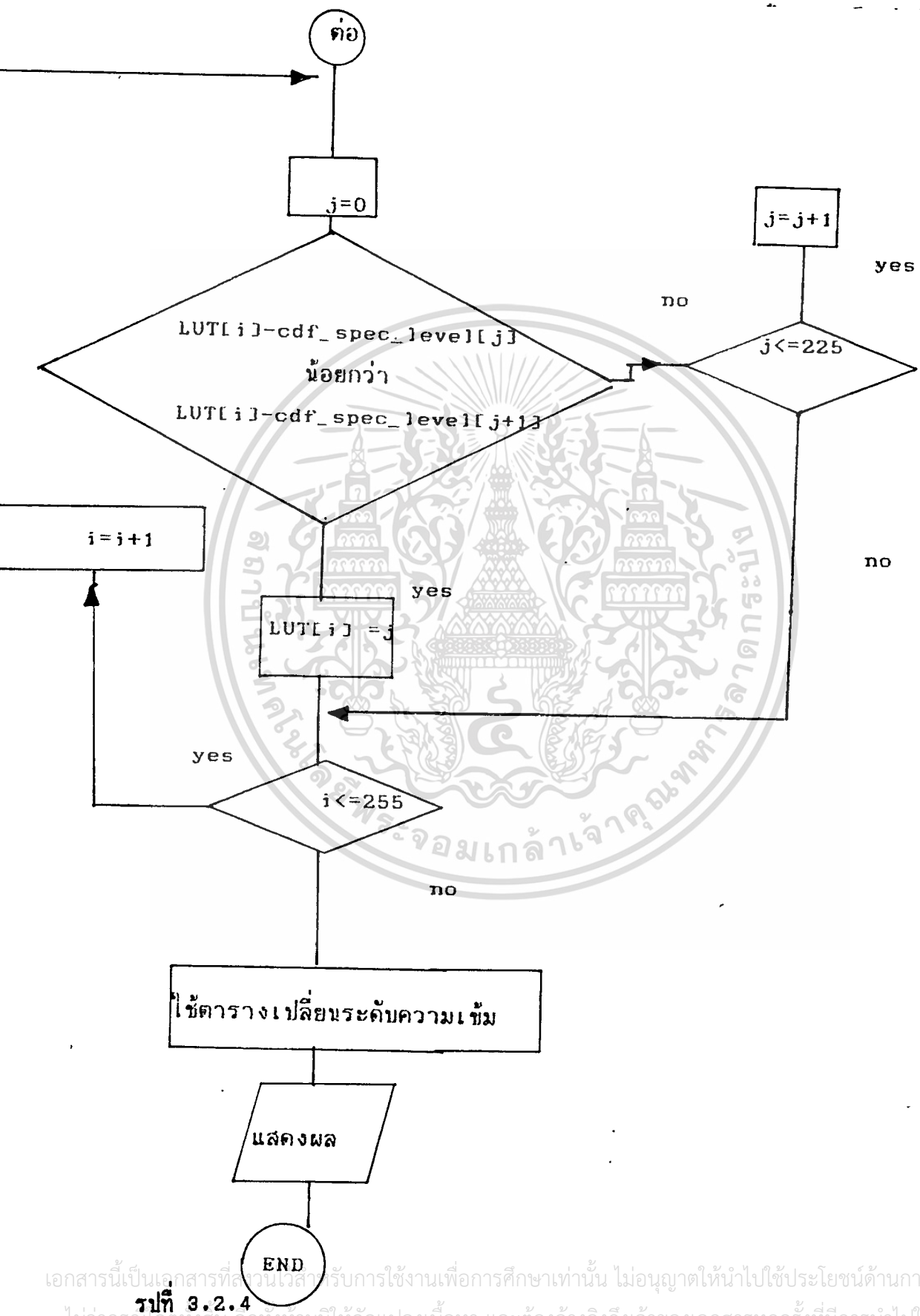
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีปรับปรุงฮิสโตแกรมโดยกำหนดฮิสโตแกรมที่ต้องการ



รูปที่ 3.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.4

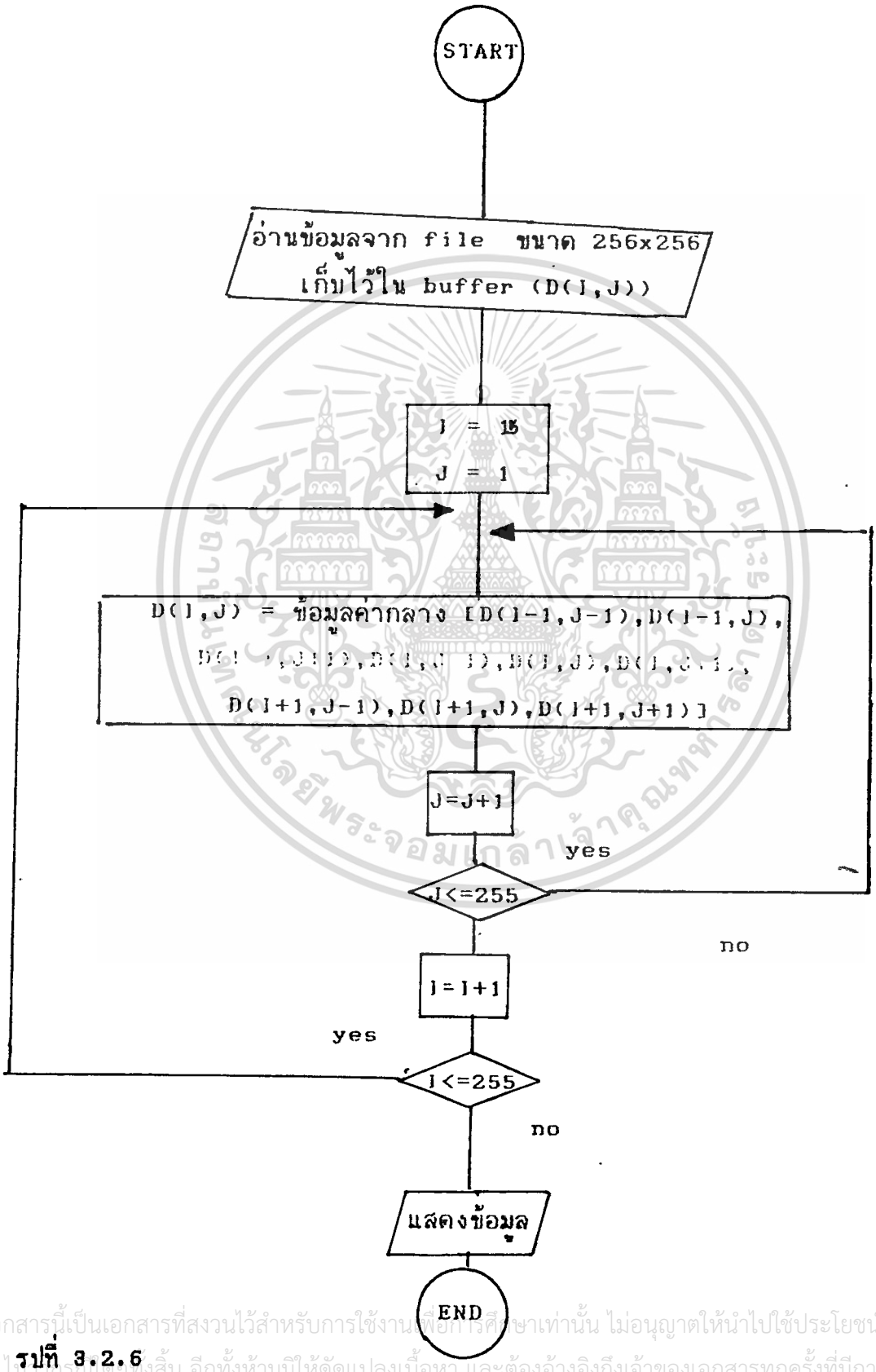
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีปรับปรุงให้ฮิสโตแกรมเท่ากันโดยกำหนดบริเวณที่ต้องการนำมาใช้ในการสร้างตารางที่ใช้ในการปรับปรุง

รูปที่ 3.2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

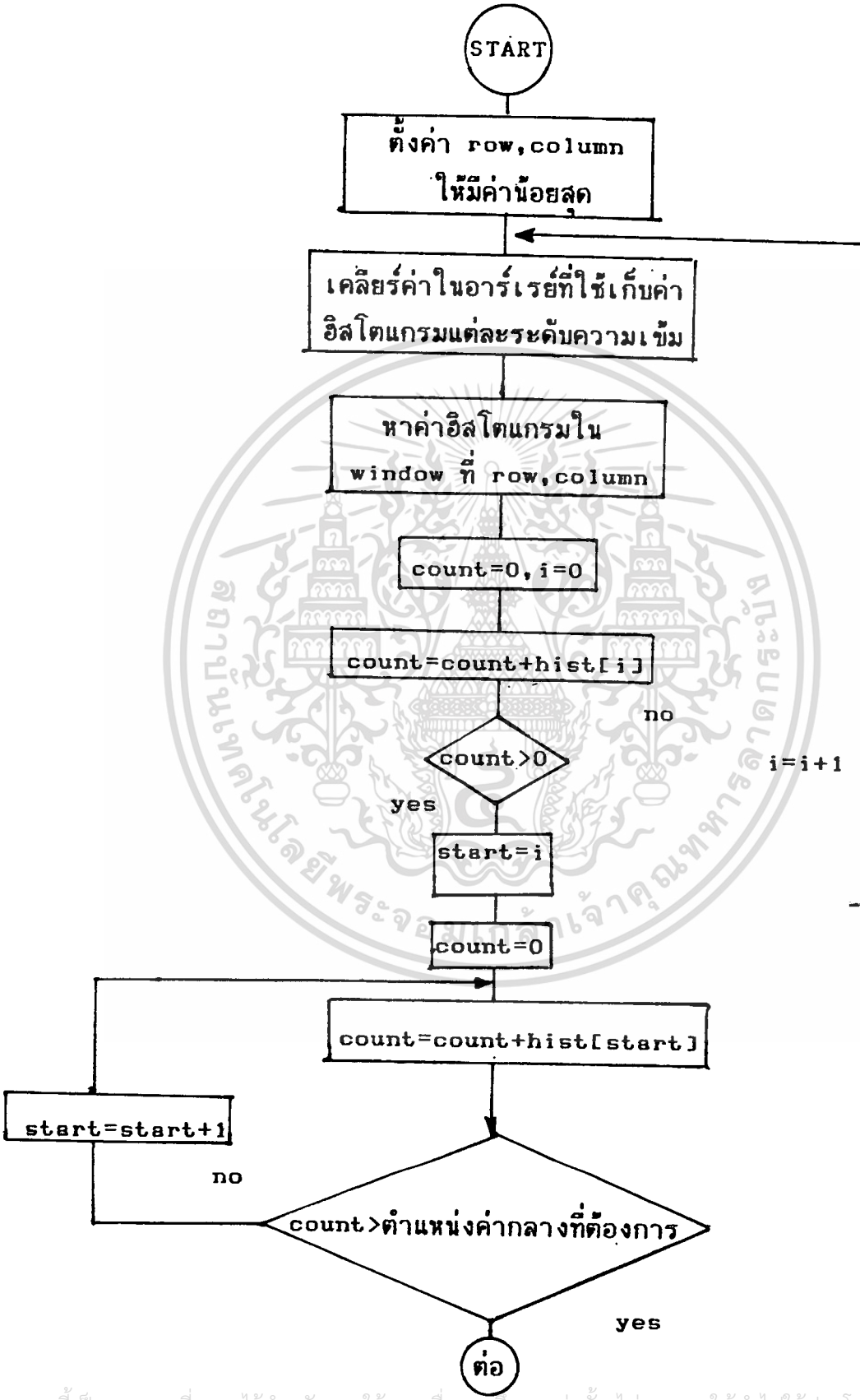
โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงภาพโดยใช้วิธีมีเดียน (median(3x3))



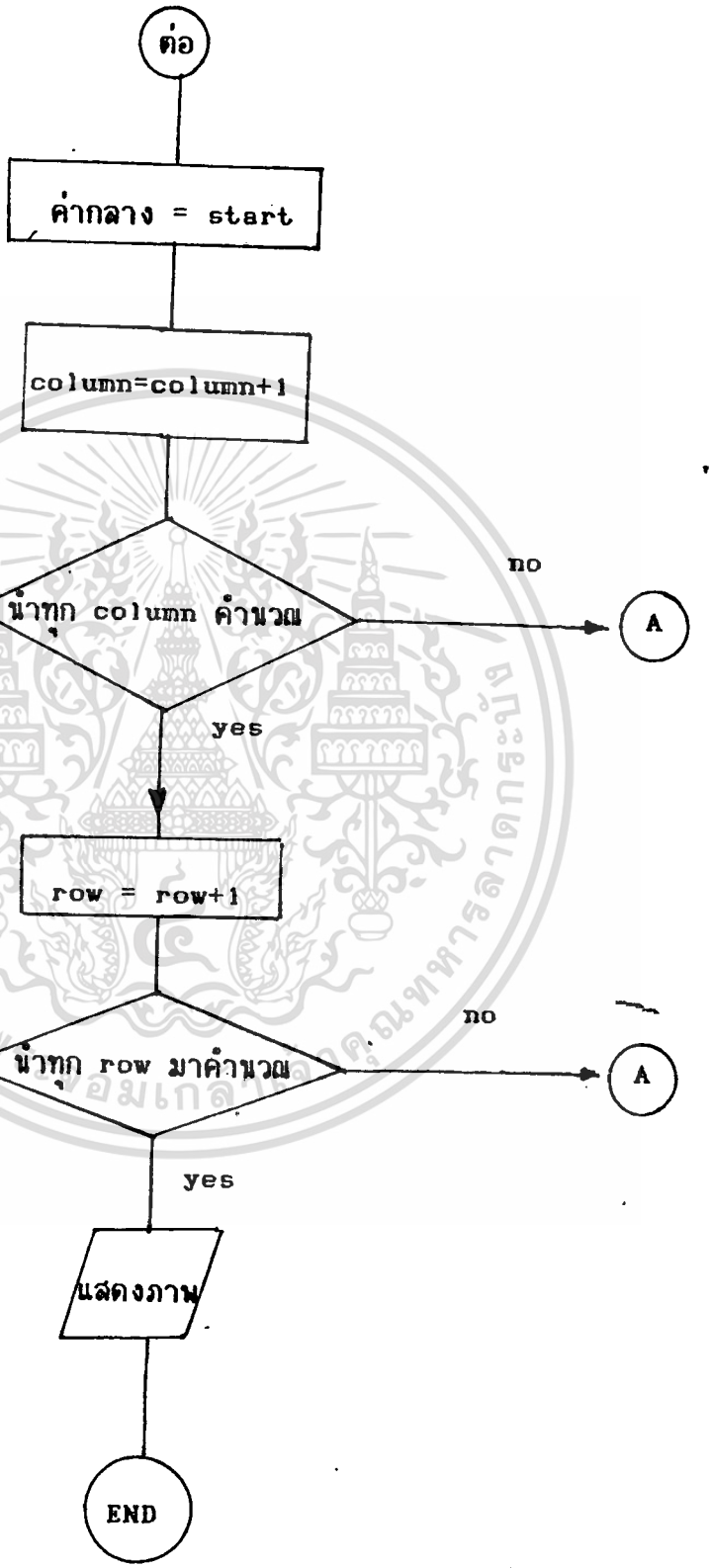
รูปที่ 3.2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงภาพโดยใช้วิธีหาค่ากลางโดยหาจากฮิสโตแกรม



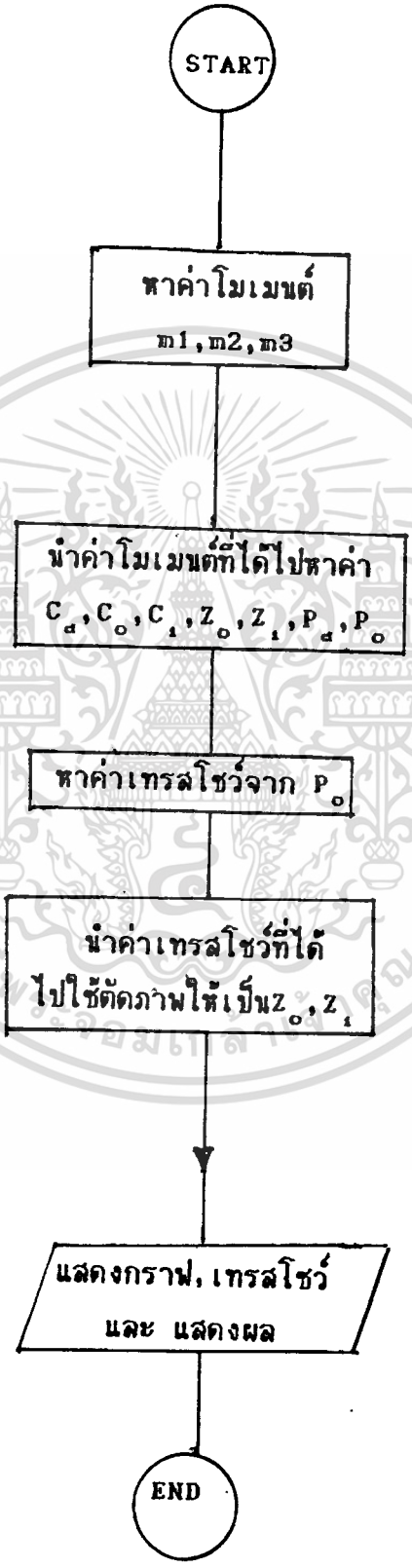
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.7

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

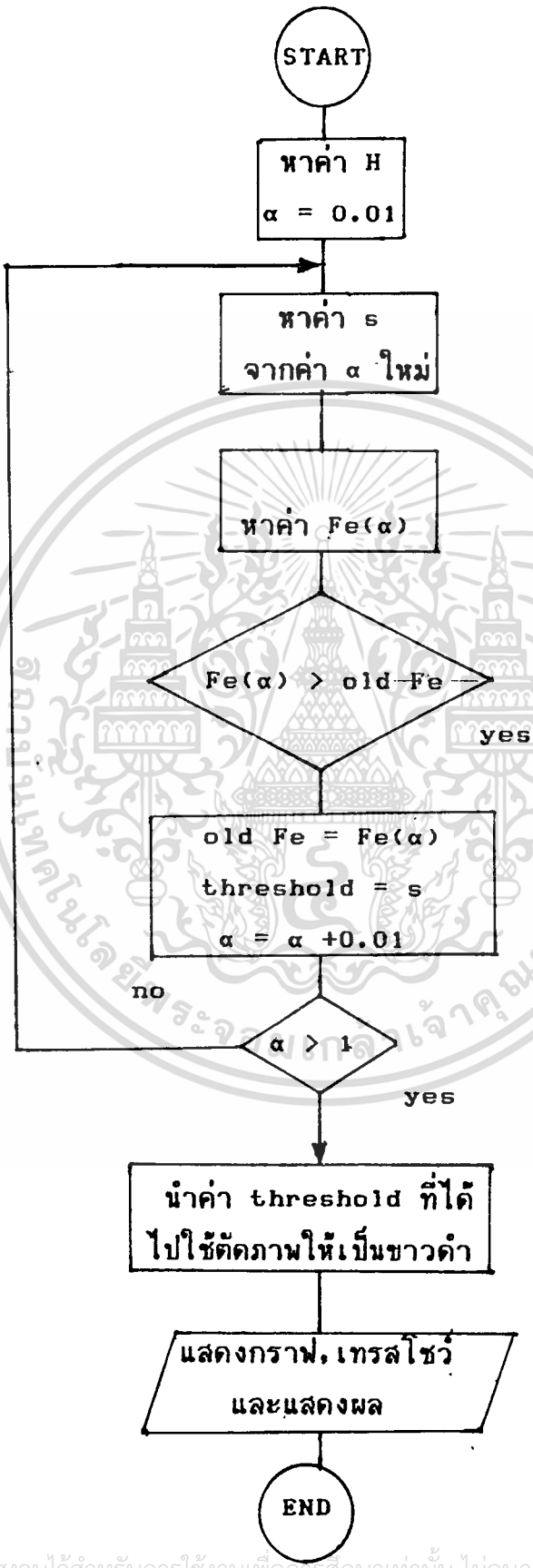
โปรแกรมย่อย การหาค่าเทรสโชว์โดยการรักษาค่าโมเมนต์



รูปที่ 3.2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

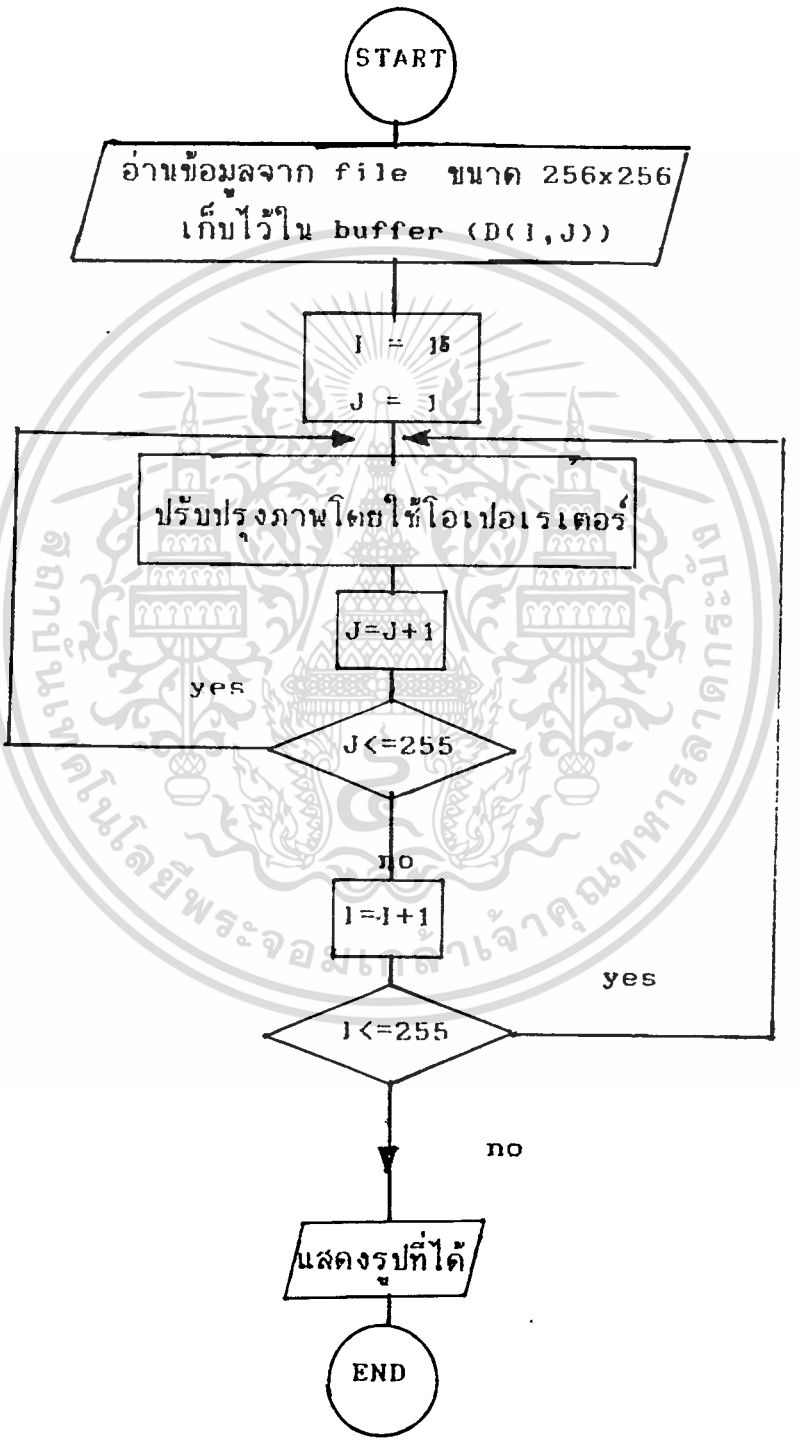
โปรแกรมย่อยการหาค่าเทรสโชว์ โดยการใช้ค่าเอนโทรปี้



รูปที่ 3.2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

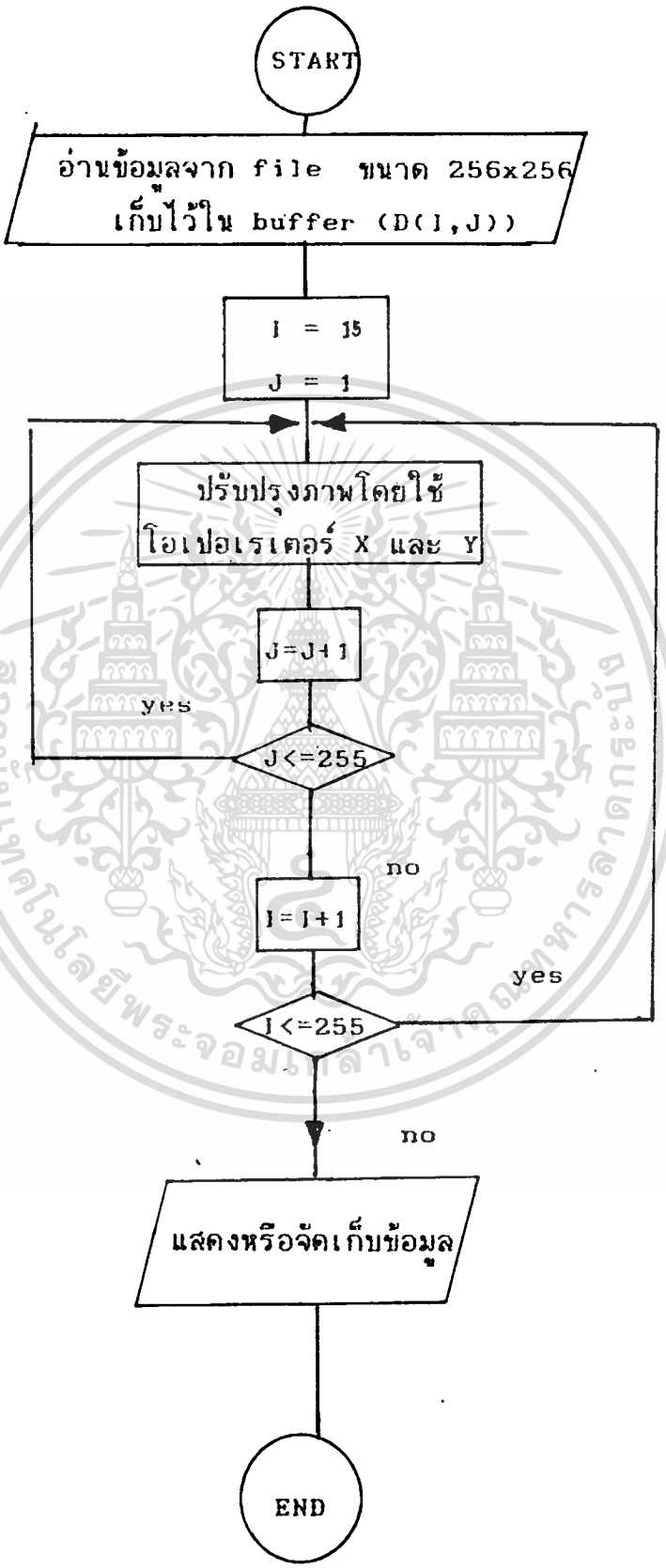
โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงภาพโดยใช้โอเปอเรเตอร์ 1 มิติ



รูปที่ 3.2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

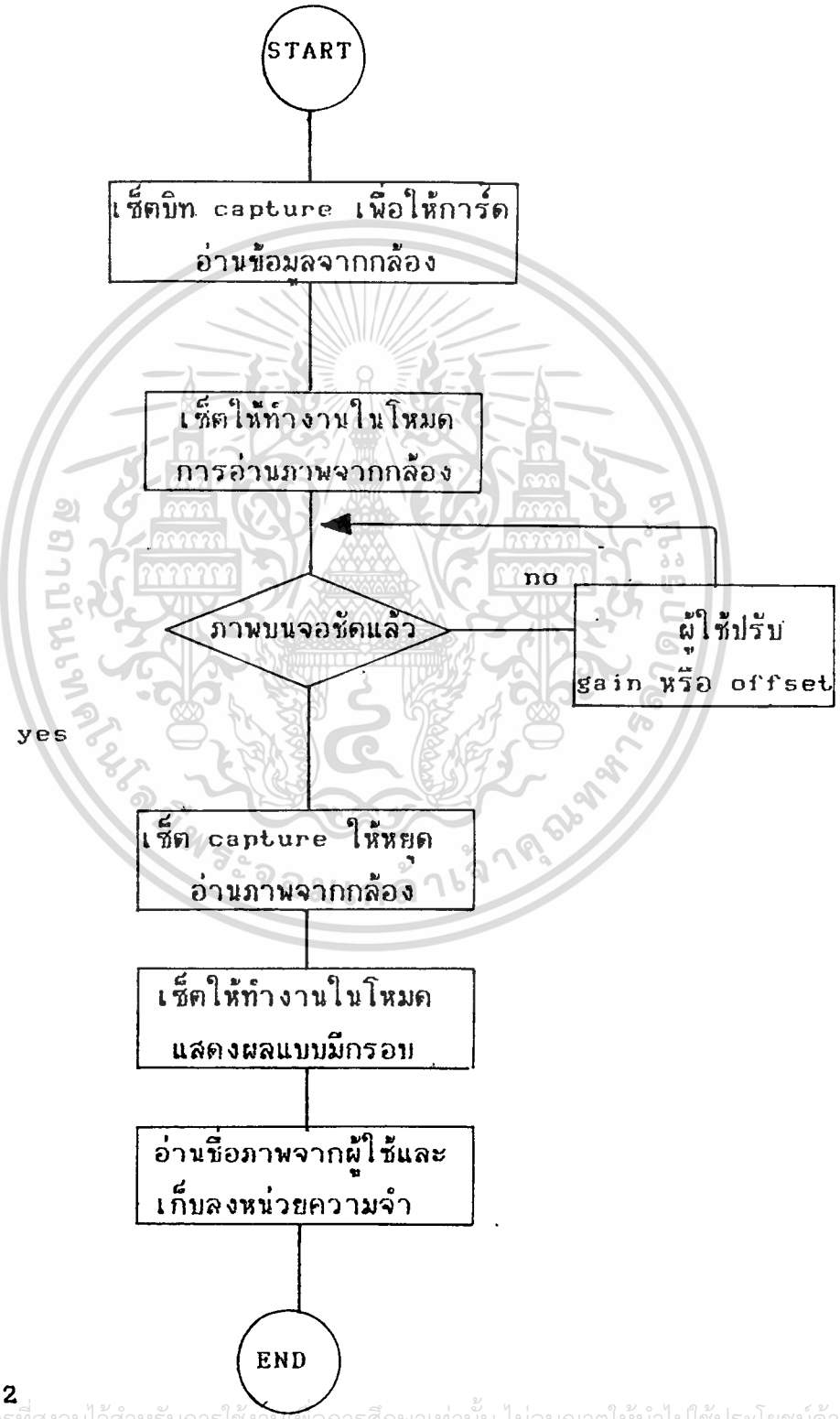
โฟลว์ชาร์ตแสดงการปรับปรุงภาพโดยใช้โอเปอเรเตอร์ 2 มิติ



รูปที่ 3.2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

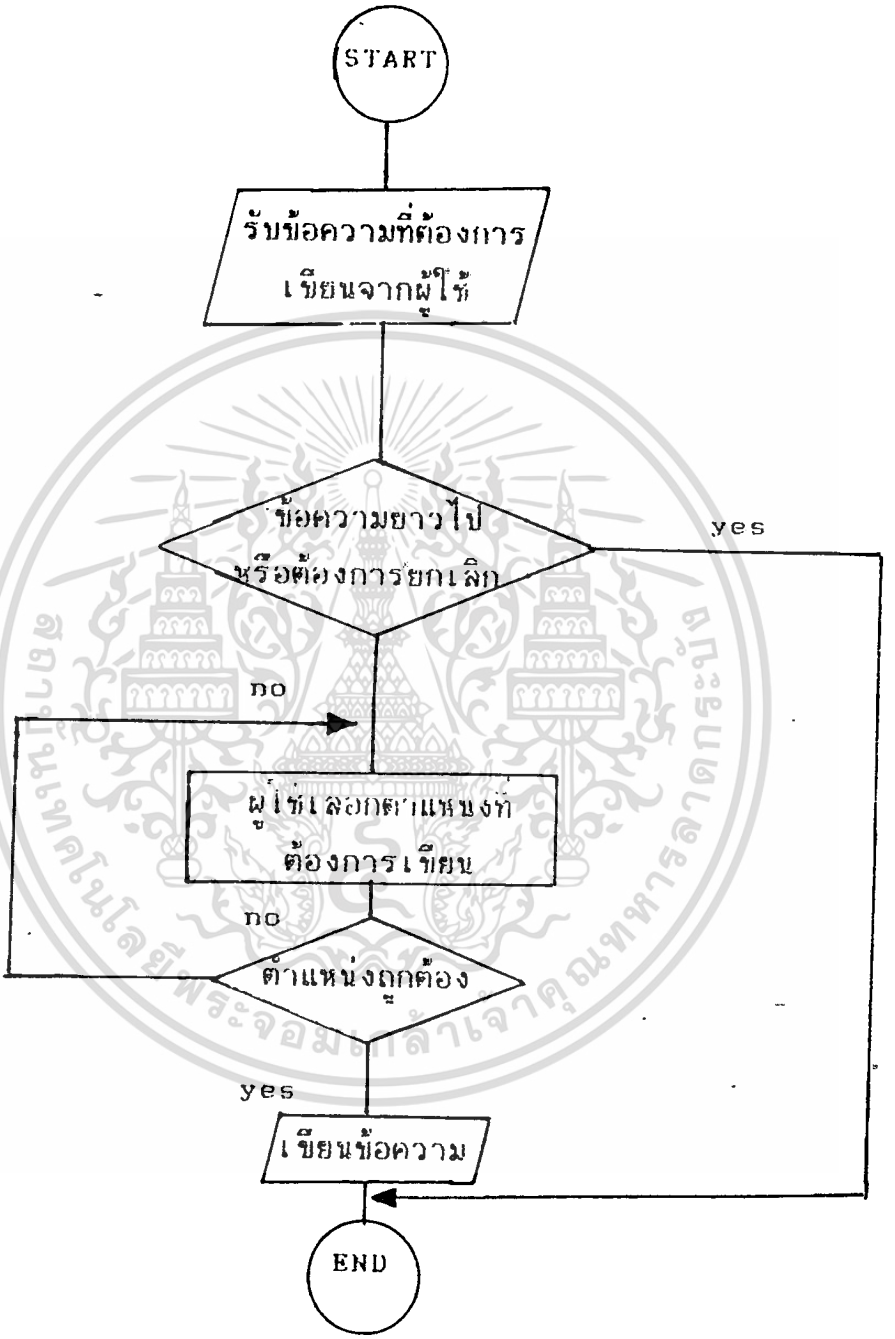
โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการอ่านภาพจากกล้อง



รูปที่ 3.2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

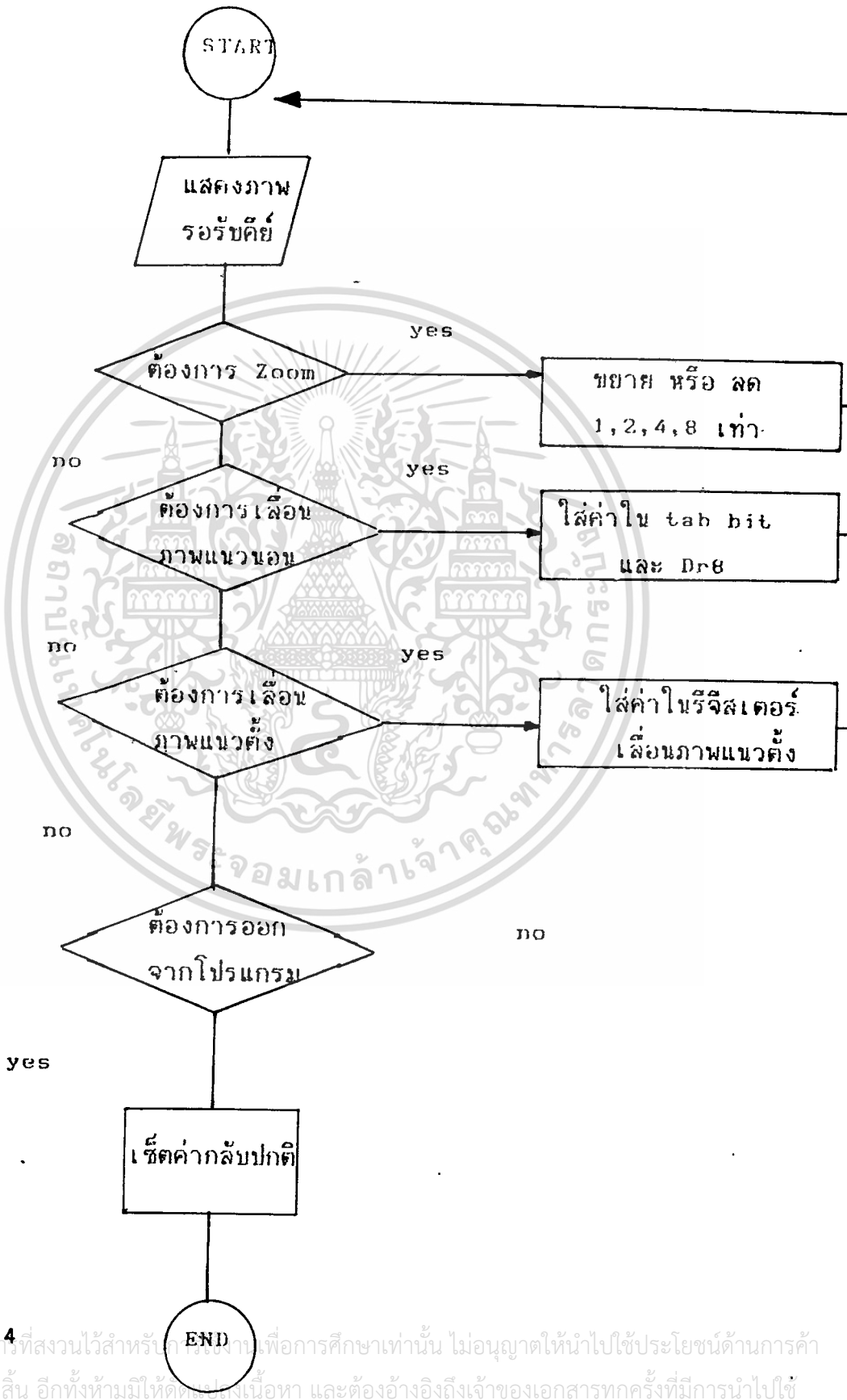
โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยที่ใช้เขียนข้อความลงบนภาพ



รูปที่ 3.2.13

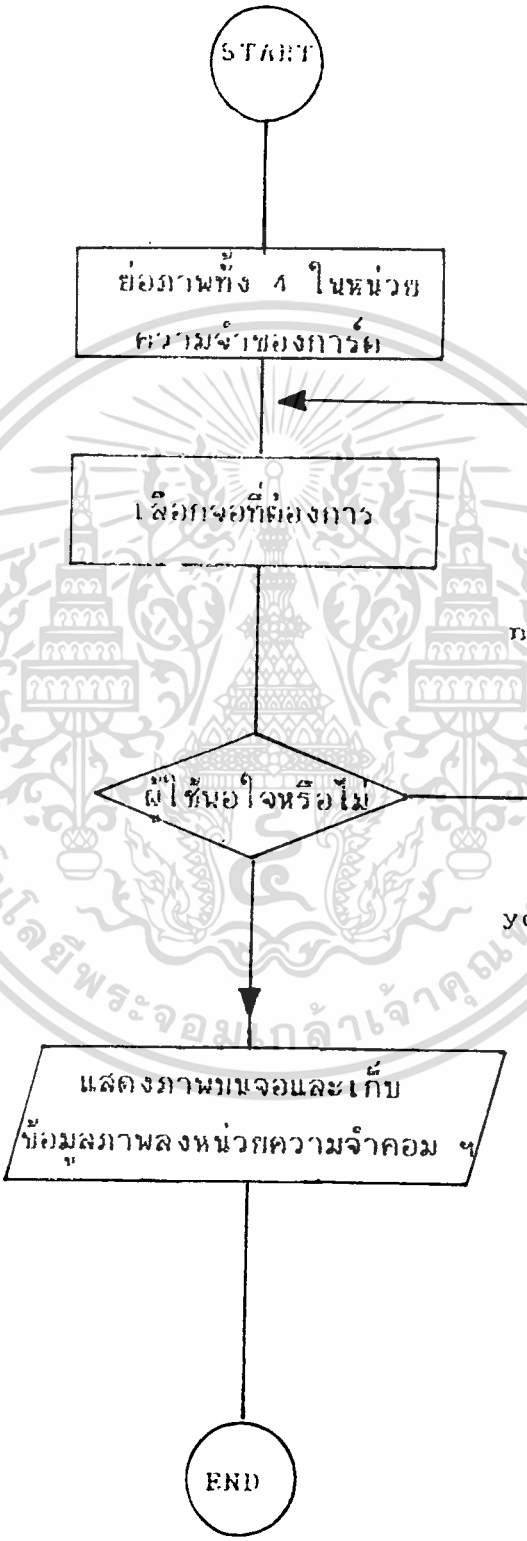
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการขยายและเลื่อนภาพ



รูปที่ 3.2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

4.1.1 การทดลองเก็บภาพ

1) นำภาพรังสีเอ็กซ์มาทำการดิจิไตซ์ โดยใช้กล้องถ่ายภาพสัญญาณโทรทัศน์และการ์ดทาก้า เพื่อเปลี่ยนภาพให้อยู่ในรูปข้อมูลดิจิตอล

2) ทำการอ่านข้อมูลภาพเอ็กซ์เรย์ และนำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการจัดเก็บไว้ในไฟล์ต่อไป

4.1.2 การทดลองนำภาพมาทำการปรับปรุงโดยใช้ โปรแกรมย่อยการปรับปรุงภาพโดยวิธีปรับปรุงฮิสโตแกรม ซึ่งประกอบด้วยวิธี

- Histogram Equalization
- Direct Histogram Spectificaion
- Local Histogram Equalization Enhancement
- Regionally Histogram Equalization Enhancement

1) นำภาพที่เก็บไว้ในไฟล์ในการทดลอง 4.1 มาทำการทำการปรับปรุงโดยใช้วิธีทั้งสี่ข้างบน ตามลำดับ

4.1.3 การทดลองนำภาพมาทำการปรับปรุงโดยใช้ โปรแกรมย่อยการปรับปรุงภาพโดยวิธี ทำภาพให้กลมกลืน ซึ่งประกอบด้วยวิธี

- ทำการเฉลี่ยภาพ ขนาด 3x3
- ใช้มาสก์ที่มีน้ำหนักในมาส์กไม่เท่ากัน (Guassian low-pass filter,pill box mask)
- หาค่ากลางของบริเวณที่กำหนด (ขนาด 3x3,5x5)

1) นำภาพที่ต้องการปรับปรุง ทำการปรับปรุงโดยใช้วิธีข้างบน

2) พิจารณาผลที่ได้และทำการเก็บไว้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

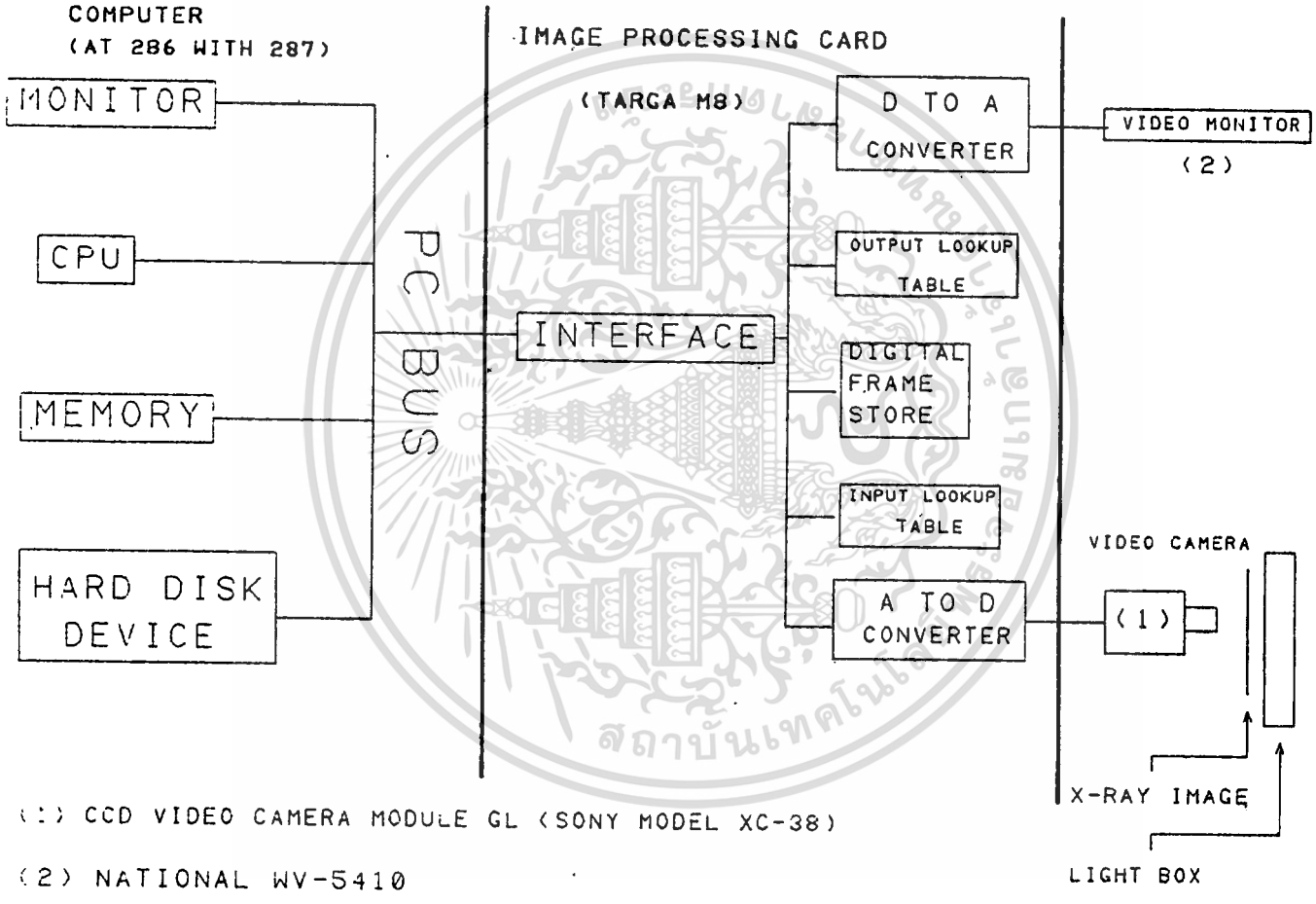


FIG 4.2.1 BLOCK DIAGRAM OF A IMAGE PROCESSOR SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การทดลองนำภาพมาทำการปรับปรุงโดยใช้ โปรแกรมย่อยการปรับปรุงภาพโดยวิธี หาขอบภาพ ซึ่งประกอบด้วยวิธี

- ใช้เกรเดียน โอเปอร์เรเตอร์ ซึ่งที่ใช้คือ โรเบิรต์ ,โซเบล, พรีวิท โอเปอร์เรเตอร์
- ใช้มาสก์ลาปาเซี่ยน ซึ่งมาสก์ที่ใช้มีสองแบบคือแบบรูปเครื่องหมายบวกและขนาด 3x3
- ใช้มาสก์ซับลาปาเซี่ยน (sub laplacian) ทั้งสองรูปแบบ
- ใช้มาสก์การหาเส้น

4.1.5 การทดลองหาค่าเทรสโชว์ในการแบ่งพื้นผิวกับวัตถุ ซึ่งใช้วิธีในการหาค่าเทรสโชว์สองวิธีคือ

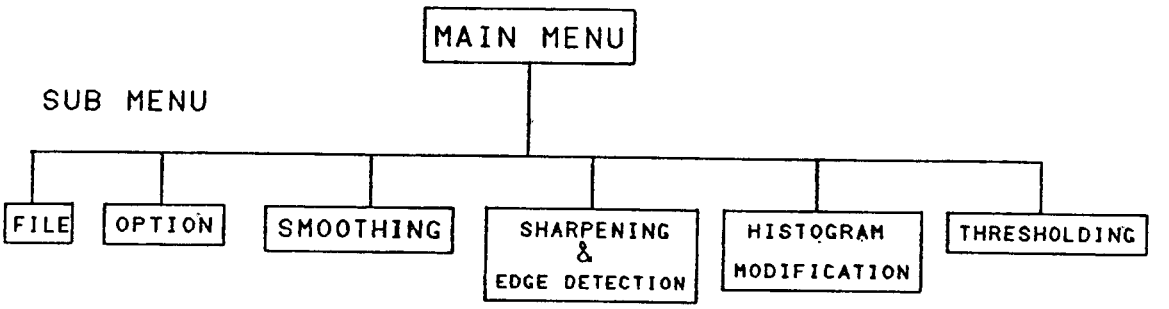
- หาค่า เอนโทปี้ของภาพ
- รักษาค่าโมเมนต์ของภาพ

4.1.6 ทำการสรุปผลของแต่ละวิธีและหาวิธีทำภาพให้ได้ชัดเจนที่สุด

4.2 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เราสามารถแสดงอุปกรณ์และ หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวในการทดลองนี้ดังรูป 4.2.1 นี้ และแสดงรูป 4.2.2 แสดงเมนูหลักในการทำงาน

ส่วนข้อมูลที่ใช้ ก็เป็นภาพเอ็กซ์เรย์ทั่วไป เช่นภาพเอ็กซ์เรย์ช่วงอก, ภาพเอ็กซ์เรย์กระดูกขา, ภาพเอ็กซ์เรย์ช่วงท้องเป็นต้น



รูปที่ 4.4.2 เมนเมนู(Main menu)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 หลักในการพิจารณาผลการทดลอง

นอกเหนือจากการพิจารณาด้วยสายตา อันเป็นการพิจารณาที่ไม่หลักในการวัด และเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสูงสุดในการปรับปรุงภาพเพื่อให้ผู้ใช้พอใจแล้ว เราจะพิจารณาถึงด้านปริมาณ(Quantity) ซึ่งจะพิจารณาโดยอาศัยการจับเวลาที่ใช้หรือการวัดสัญญาณต่อสิ่งรบกวน(signal-to-noise ratio) เมื่อทำการปรับปรุงภาพโดยวิธีการทำภาพให้กลมกลืน ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดสัญญาณรบกวนลงโดยเราจะหาค่า

สัญญาณ(signal) = ระดับความเข้มสูงสุด-ระดับความเข้มต่ำสุด

สัญญาณรบกวน(noise) = ความเบี่ยงเบนมาตราฐาน(Standard Deviation)ของบริเวณที่กำหนดซึ่งหาได้จากสูตร

$$S.D. = \Sigma (x_i - x)^2/(N-1)$$

โดย N คือจำนวนจุดในบริเวณที่ทำการหา

x คือค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มในบริเวณที่กำหนด

4.4 ผลการทดลอง

เราจะแสดงผลการทดลองเป็นภาพซึ่งทำการปรับปรุงแล้ว โดยทำการเปรียบเทียบกับภาพก่อนการปรับปรุง ดังรูปที่ 4.4.1-4.4.28

ภาพที่แสดงในรายงานได้จากการพิมพ์โดยใช้ เครื่องพิมพ์เลเซอร์ซึ่งมีระดับความเข้มได้เพียง 32 ระดับความเข้มขณะที่ภาพที่ได้บนจอสามารถแสดงได้ถึง 256 ระดับความเข้มดังนั้น ภาพที่แสดงบางภาพอาจจะไม่ชัดเจนนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ในการปรับปรุงจะแสดงในตารางที่ 4.4.1-4.4.4

ตาราง 4.4.1 เวลาในการทำภาพให้กลมกลืน(smoothing)

โปรเซสในการปรับปรุง	เวลา(วินาที)
การเฉลี่ยรอบจุด (3x3)	3
การหาค่ากลาง(median) ขนาด 3x3	66
การหาค่ากลางขนาด 3x3 โดยวิธี นับฮีสโตแกรม	25
การหาค่ากลางขนาด 5x5 โดยวิธี นับฮีสโตแกรม	27
การหาค่าโดยใช้เกาซเซียน โลว์พาสฟิวเตอร์	3
การหาค่าโดยพิวบอก์โอเปอร์เรเตอร์(pillbox)	7

ตาราง 4.4.2 เวลาการทำภาพให้คมชัดและการหาขอบ

โปรเซสในการปรับปรุง	เวลา(วินาที)
การใช้โรเบริต์ เกรเดียนโอเปอร์เรเตอร์	2
การใช้โซเบล เกรเดียนโอเปอร์เรเตอร์	5
การใช้พริเวท เกรเดียนโอเปอร์เรเตอร์	4
การหาเส้น	11
การหาค่าลาปาเซียน(ขนาด 3x3)	3
การหาค่าลาปาเซี่อนโดยใช้มาสก์รูปร่างเลขบวก	2
ซับลาปาเซี่ยน(ขนาด 3x3)	3
ซับลาปาเซี่ยนโดยใช้มาสก์รูปล่างเลขบวก	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4.3 เวลาการปรับปรุงฮิสโตแกรมของภาพ

โปรเซสในการปรับปรุง	เวลา(วินาที)
ฮิสโตแกรมอิควอทไลท์เซชั่น	1
การกำหนดฮิสโตรแกรมให้ภาพ	4
ฮิสโตแกรมอิควอทไลท์เซชั่นเฉพาะบริเวณที่กำหนด	--

ตาราง 4.4.4 เวลาการหาค่าเทรสโชว์และการแบ่งภาพเป็นสองระดับ

โปรเซสในการปรับปรุง	เวลา(วินาที)
โดยวิธีรักษาค่า โมเมนต์	5
โดยวิธีหาค่าเอนโทรปี้	10

-- เวลาขึ้นอยู่กับขนาดที่ผู้ใช้เลือก

เวลาที่ได้ในตารางนี้ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการนำข้อมูลไปแสดงที่ จอภาพในการแสดงผลของการ์ดทาก้าซึ่งกินเวลาประมาณ 2 วินาที

การหาค่า สัญญาณรบกวน(noise)เพื่อใช้ในการพิสูจน์ว่าเราสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ แสดงในตาราง 4.4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4.5 แสดงสัญญาณรบกวน และสัญญาณ

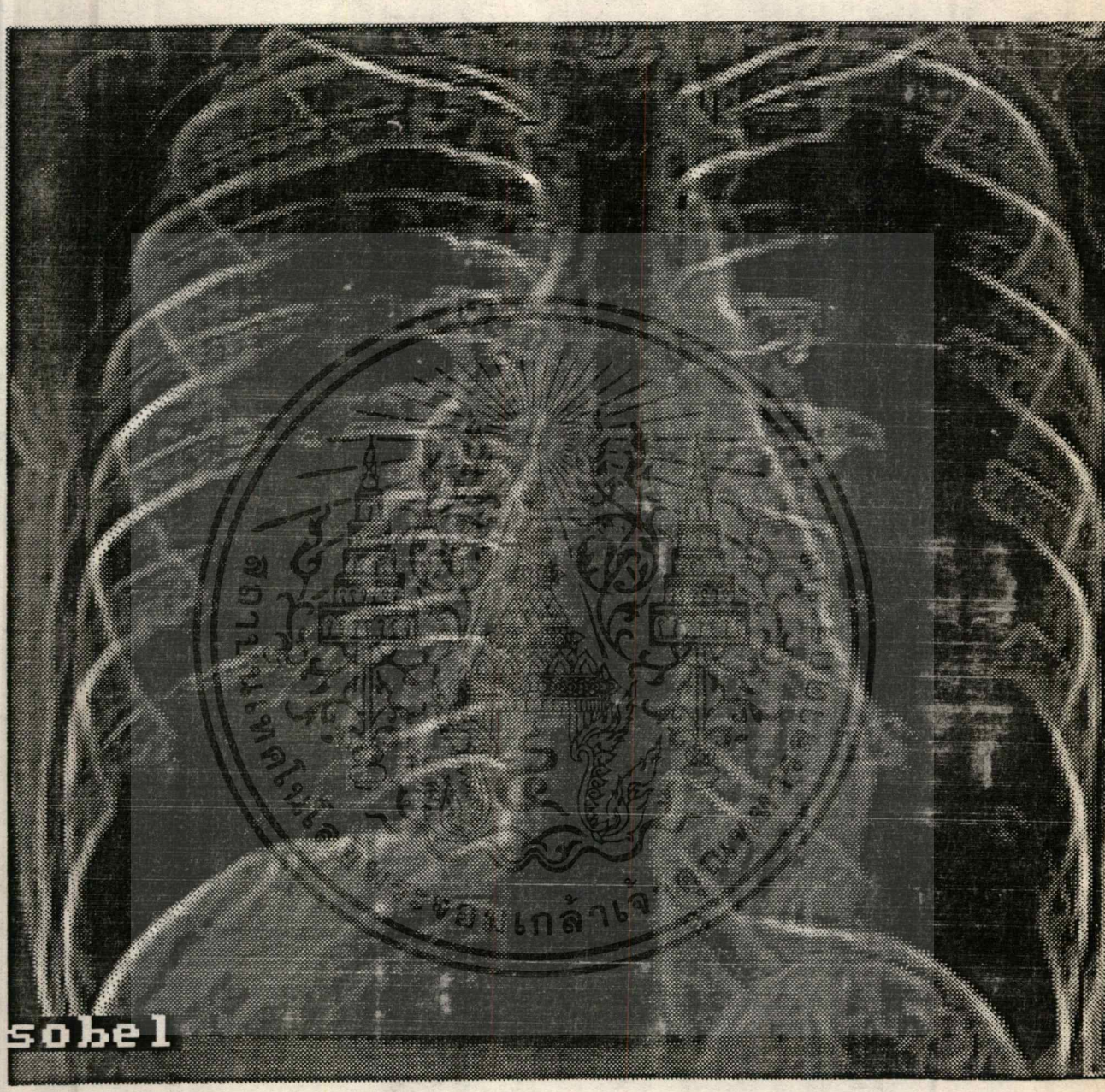
ภาพ	สัญญาณ	สัญญาณรบกวน
ก่อนการปรับปรุง	162	41.438
หลังการปรับปรุงโดยวิธีหาค่ากลาง (3x3)	162	41.315
หลังการปรับปรุงโดยวิธีหาค่ากลาง (5x5)	162	41.246
หลังการปรับปรุงโดยวิธีหาเฉลี่ย(3x3)	160	41.090
หลังการปรับปรุงโดยมาสก์เกาส์เซียน	161	41.163
หลังการปรับปรุงโดยมาสก์นิวบอกส์	159	40.836

บริเวณที่ใช้วัดคือ จุด (128,100) - (98,79)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

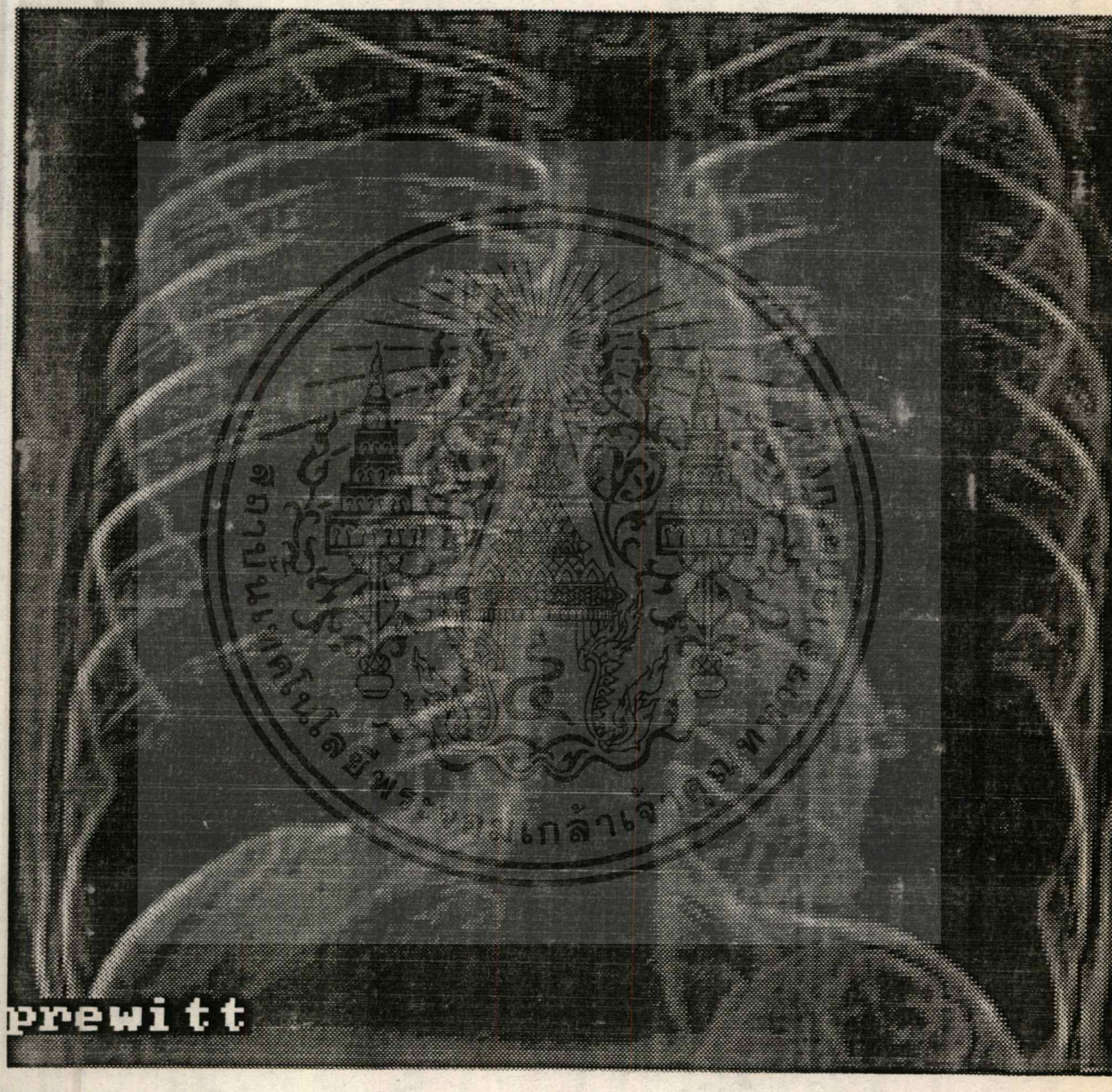
รูปที่ 4.4.1 แสดงรูปเอ็กซ์เรย์ทรวงอก ก่อนการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.2 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้โซเบล โอเปอร์เตอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.3 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้พริวิท โอเปอร์เตอร์)

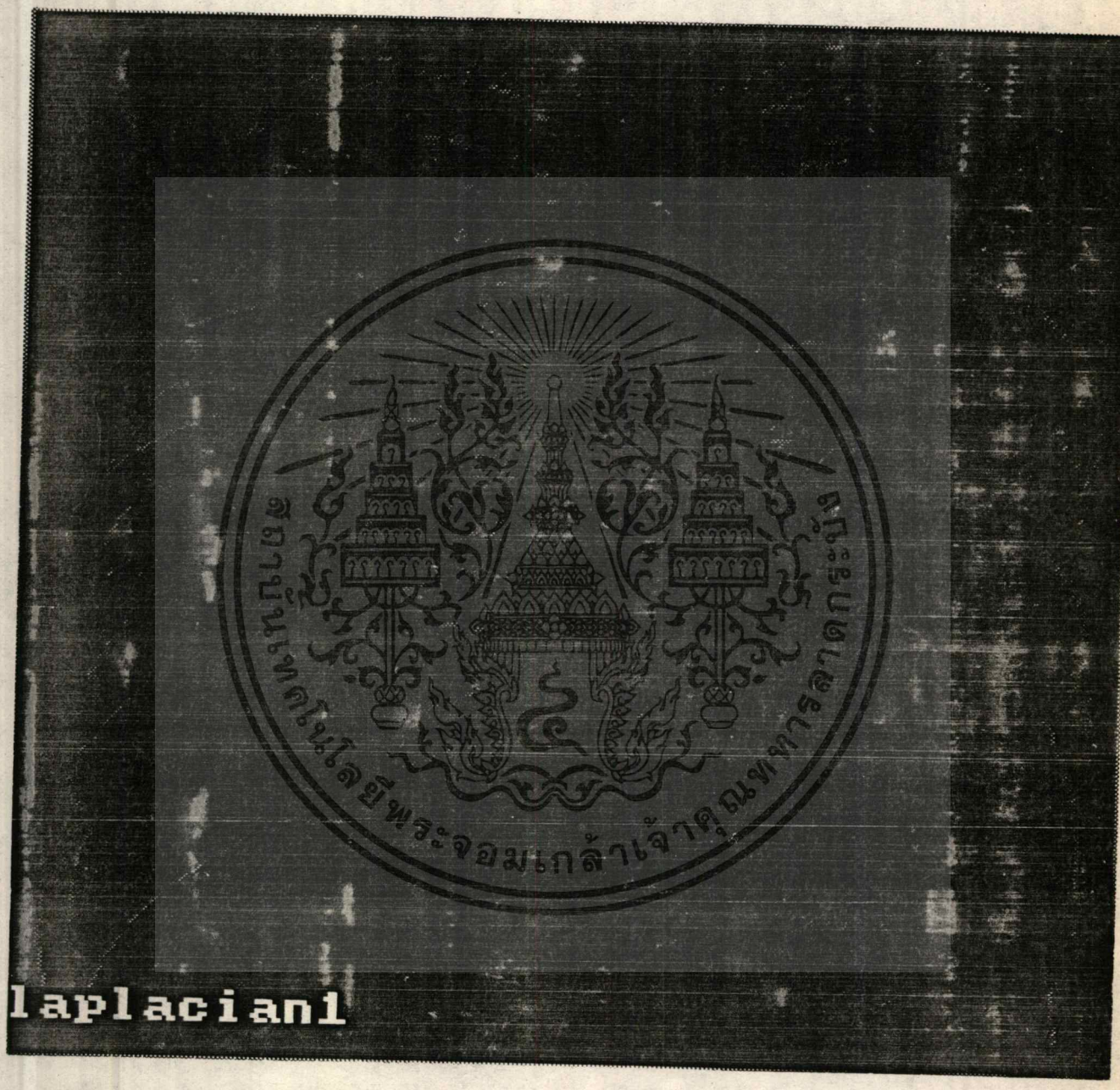
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.4 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้โรเบิร์ต โอเปอร์เตอร์)

เอกสารนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.5 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้มาส์กการหาเส้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.6 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้มาส์กลาปาเซียน แบบเครื่องหมายเลขบวก)

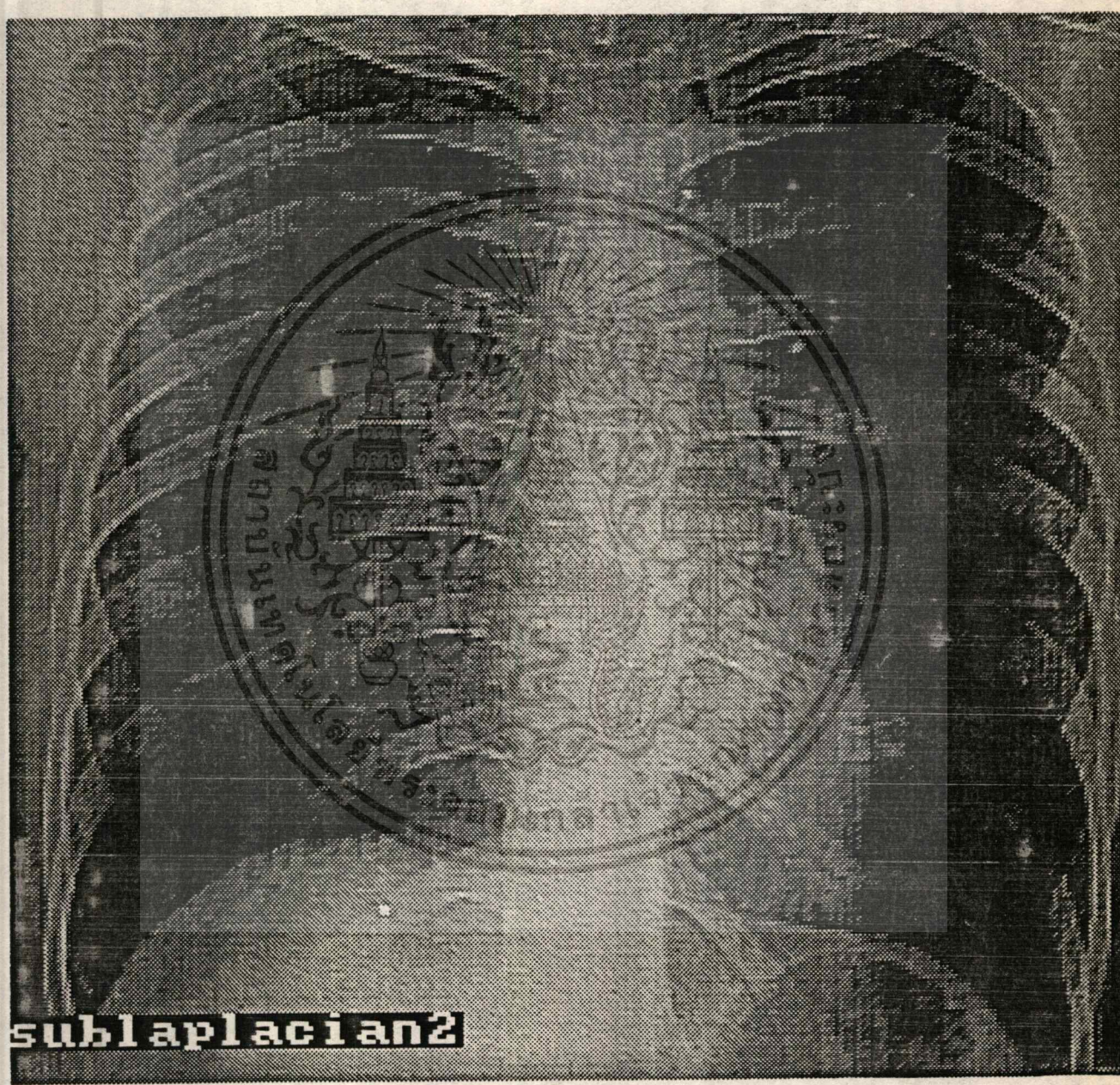
เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.7 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีหาขอบภาพ (ใช้มาส์กลาปาเซียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

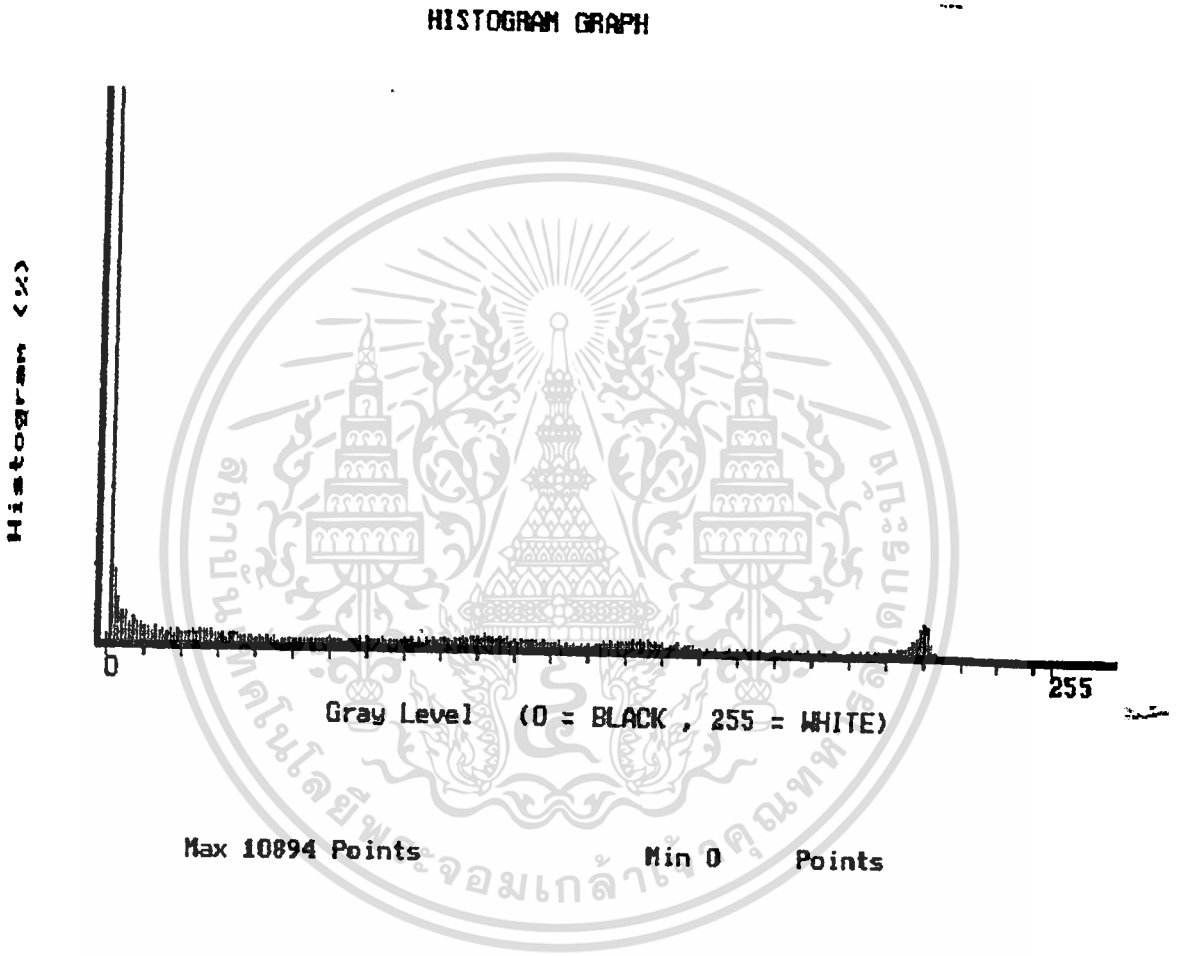
รูปที่ 4.4.8 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีทำภาพให้คมชัด (ใช้มาส์กซับลาปาเซียนแบบเครื่องหมายเลขบวก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.9 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีทำภาพให้คมชัด (ใช้มาส์กซับลาปาเซียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

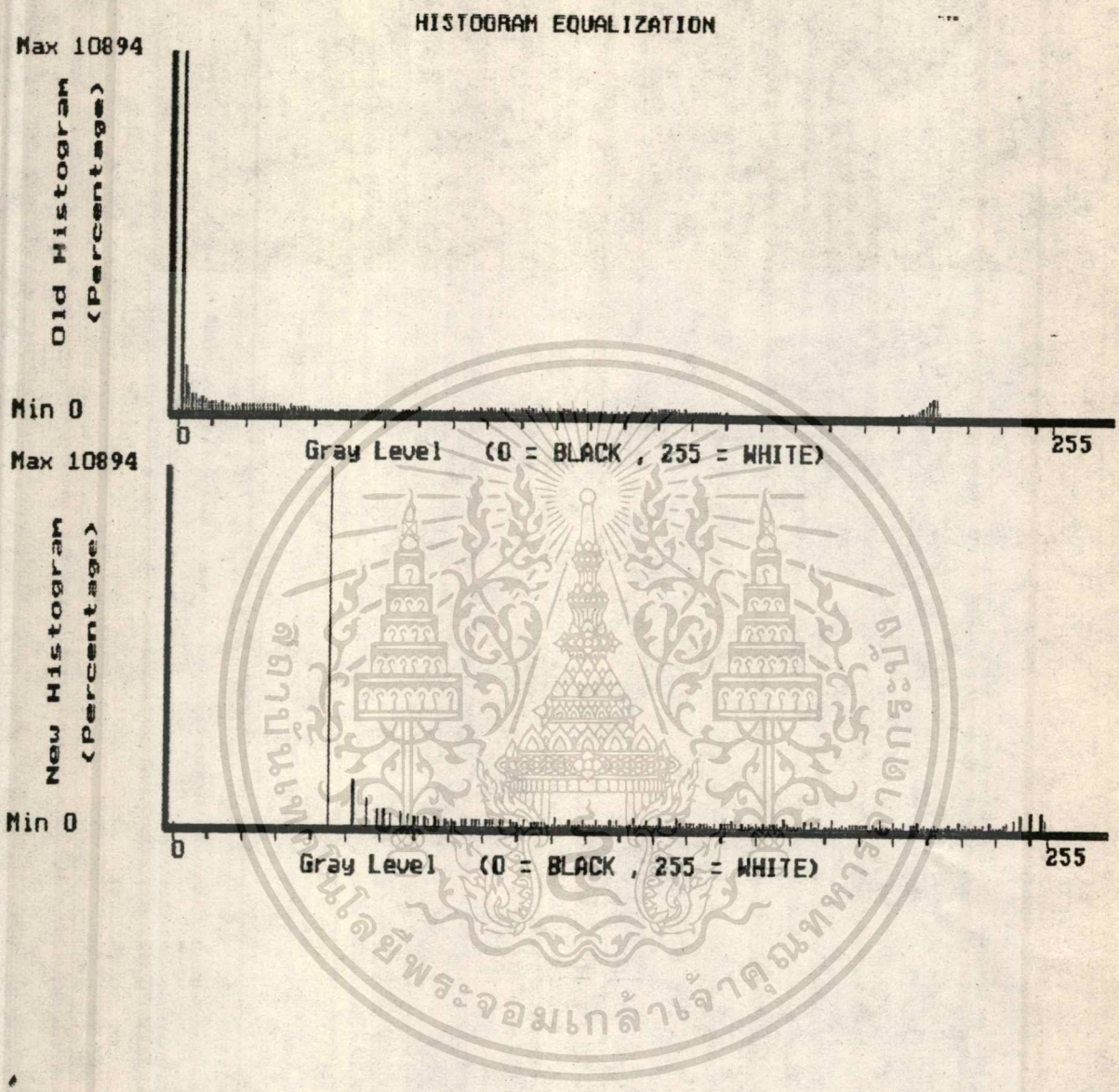


รูปที่ 4.4.10 กราฟแสดงฮิสโตแกรมของภาพที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.11 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีปรับปรุงให้ภาพมีฮีสโตแกรมเท่ากัน (histogram equalization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

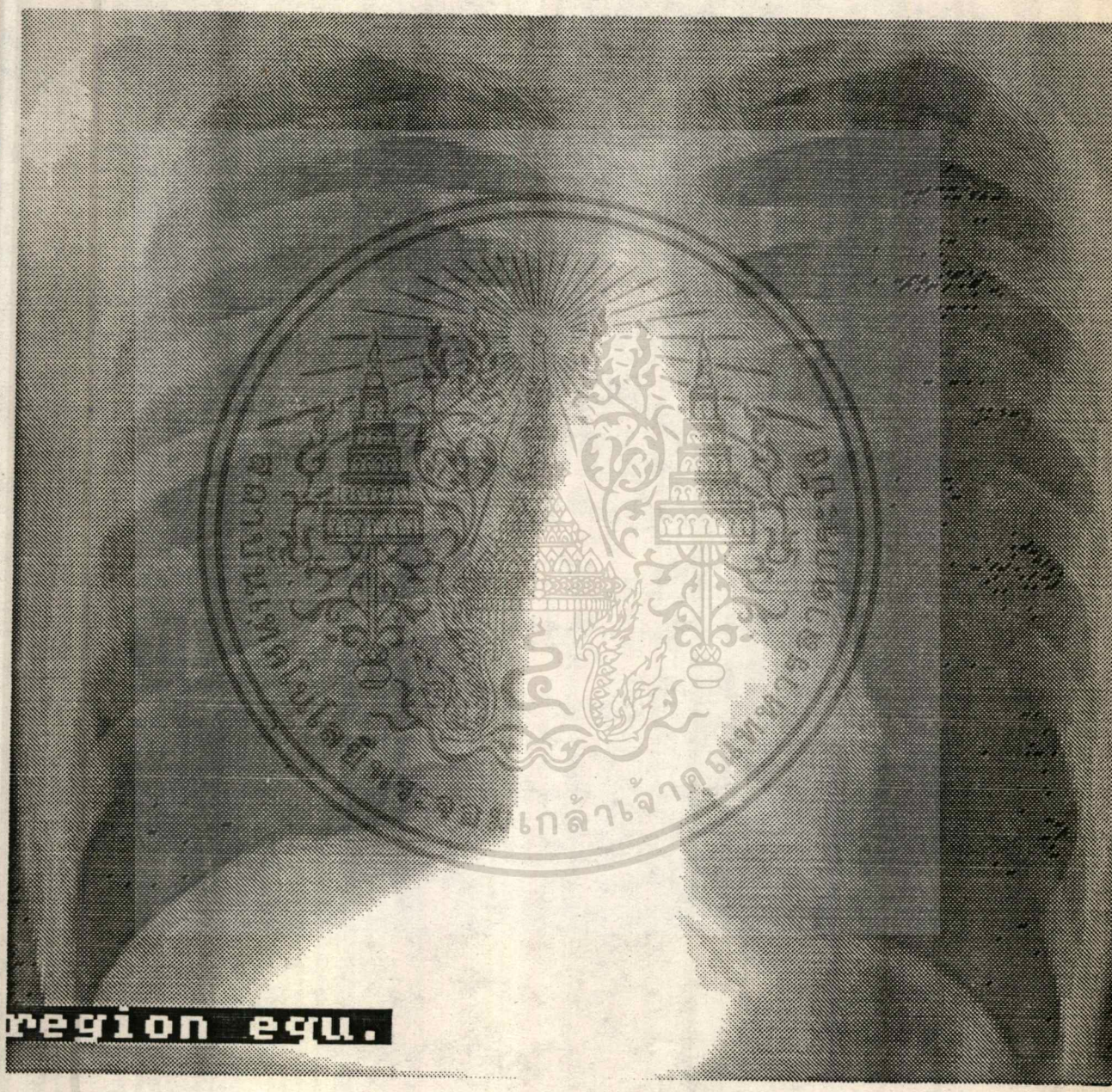


รูปที่ 4.4.12 กราฟแสดงฮิสโตแกรมก่อนและหลังการปรับปรุงโดยวิธีฮิสโตแกรมอิควอลไลซ์เซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

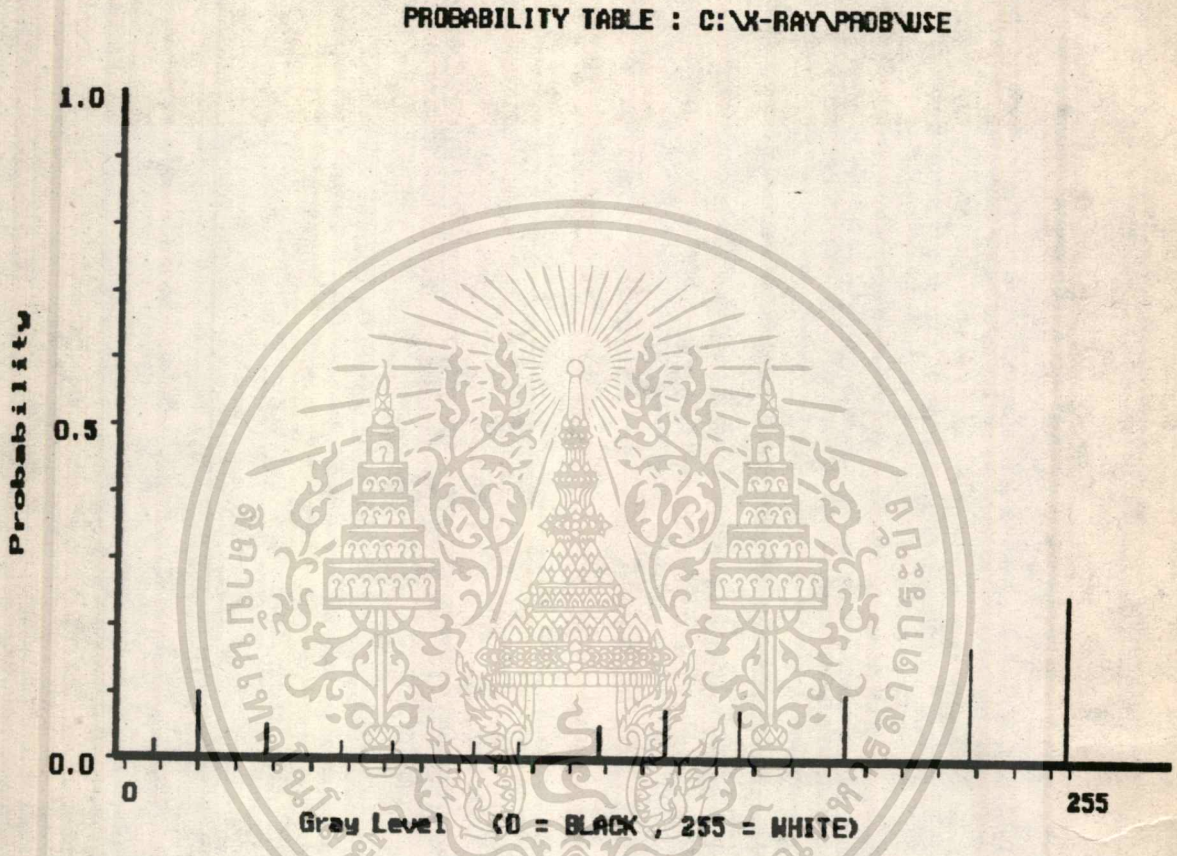
รูปที่ 4.4.13 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีปรับปรุงให้ภาพมีฮิสโตแกรมเท่ากันในบริเวณที่กำหนด (local histogram equalization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



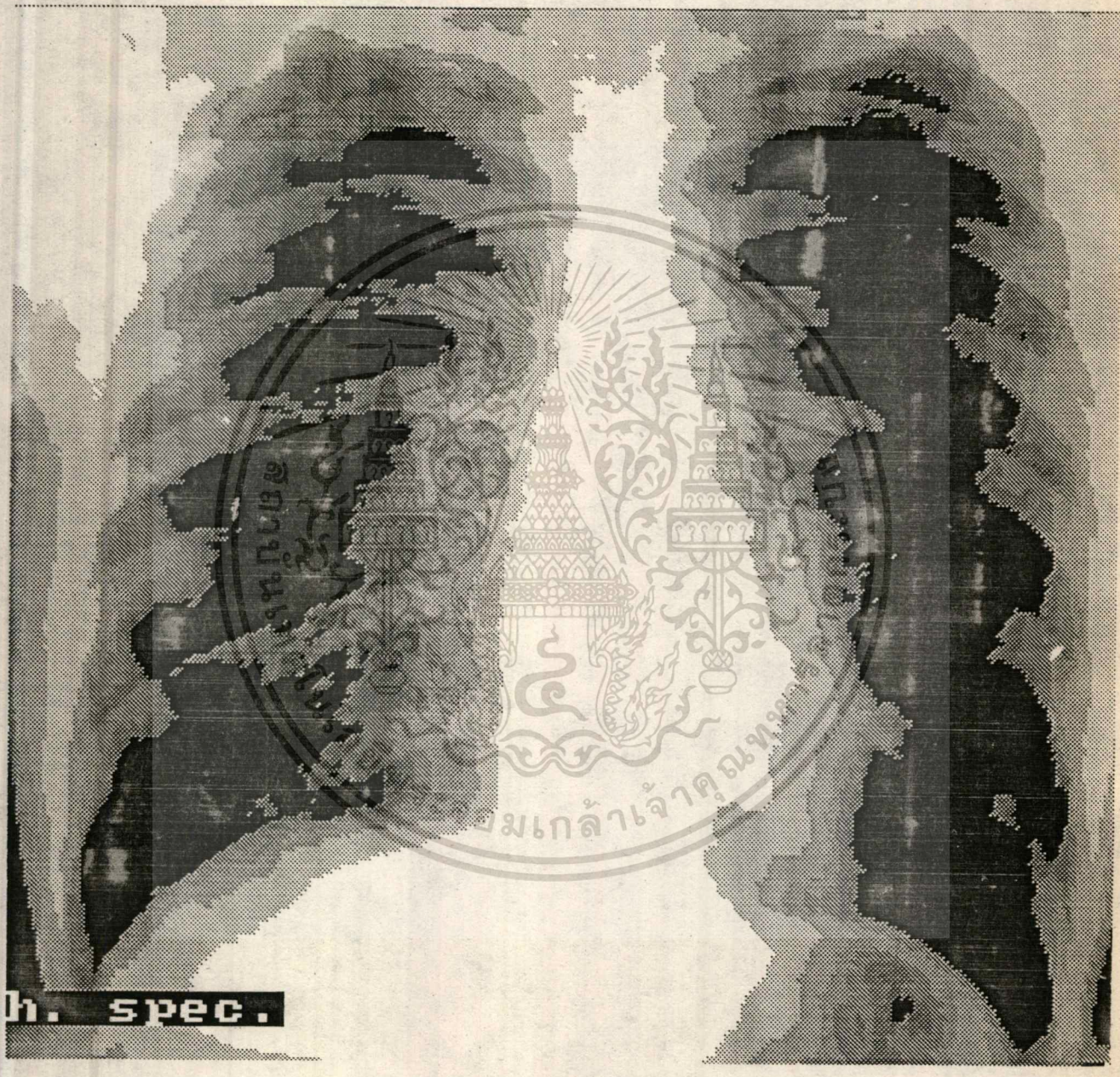
รูปที่ 4.4.14 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีปรับปรุงให้ภาพมีฮิสโตแกรมเท่ากันจากการกำหนดบริเวณ(regionally historgram equalization)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



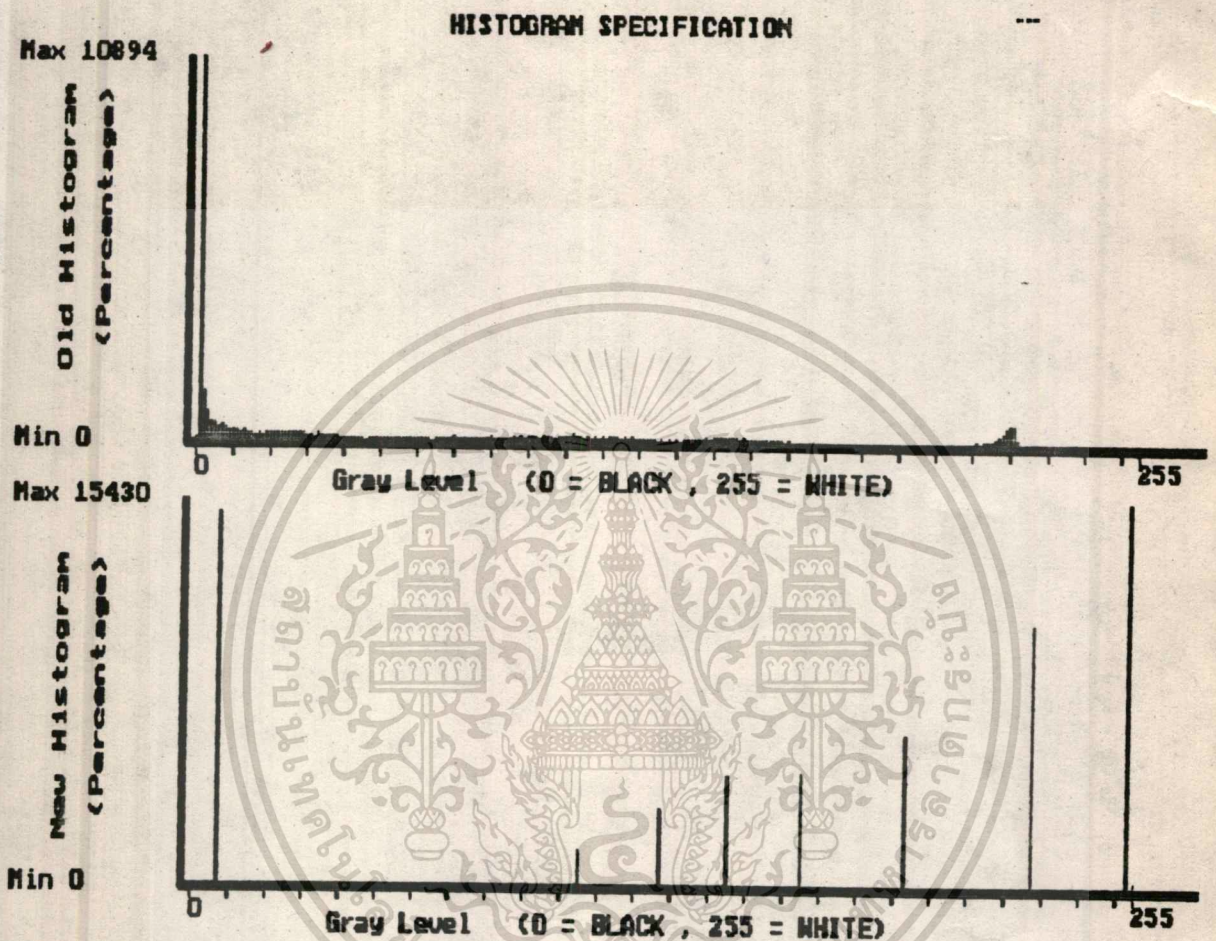
รูปที่ 4.4.15 กราฟแสดงความน่าจะเป็นของฮิสโตแกรมที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.16 แสดงภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยวิธีปรับปรุงให้ภาพมีฮีสโตแกรมเท่ากับที่ต้องการ(histogram specification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.17 กราฟแสดงฮิสโตแกรมก่อนและหลังการปรับปรุง

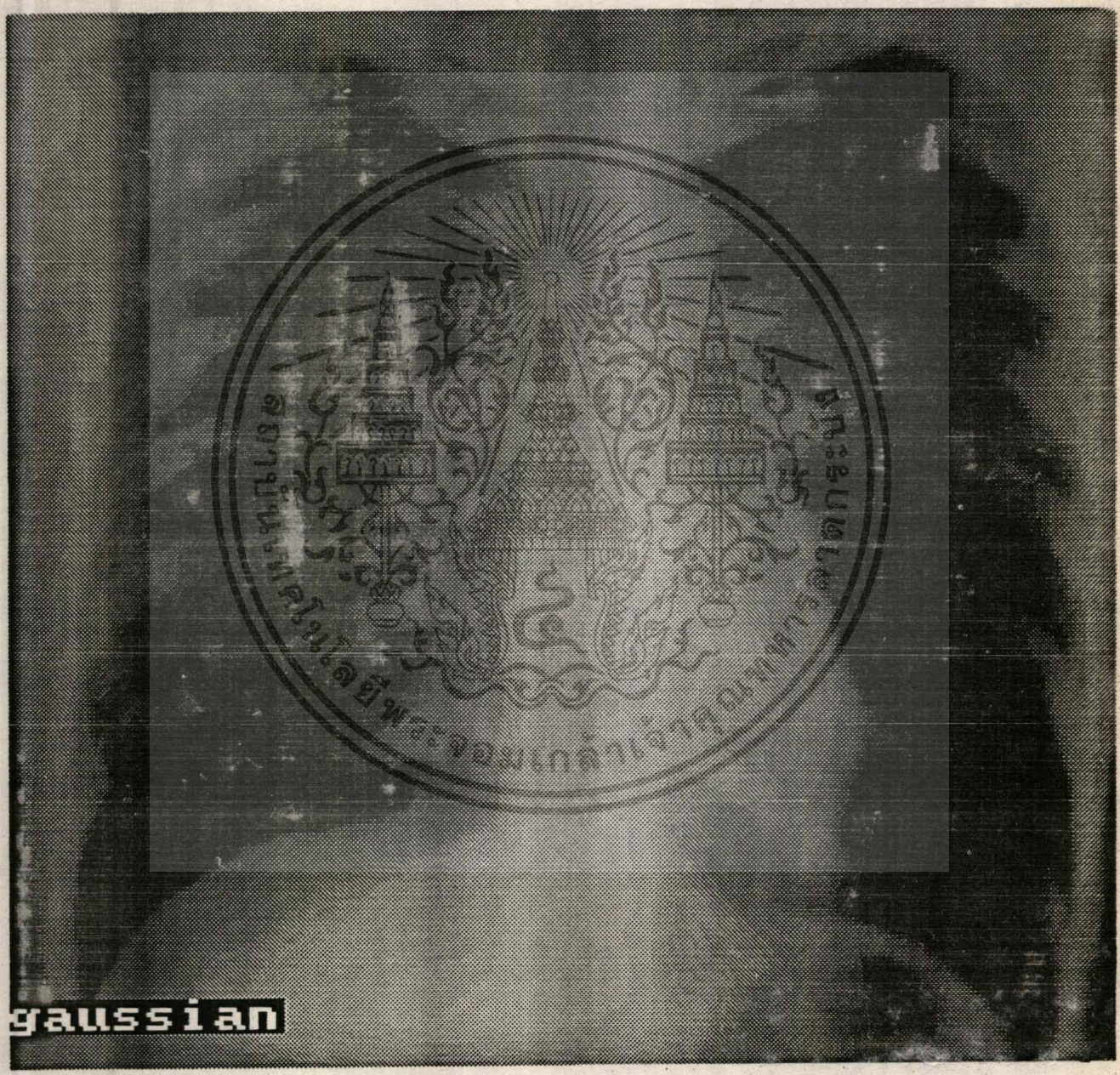
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.18 แสดงภาพหลังปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพ โดยใช้ค่ากลาง(3x3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.19 แสดงภาพหลังการปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพ โดยใช้ค่ากลาง(5x5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

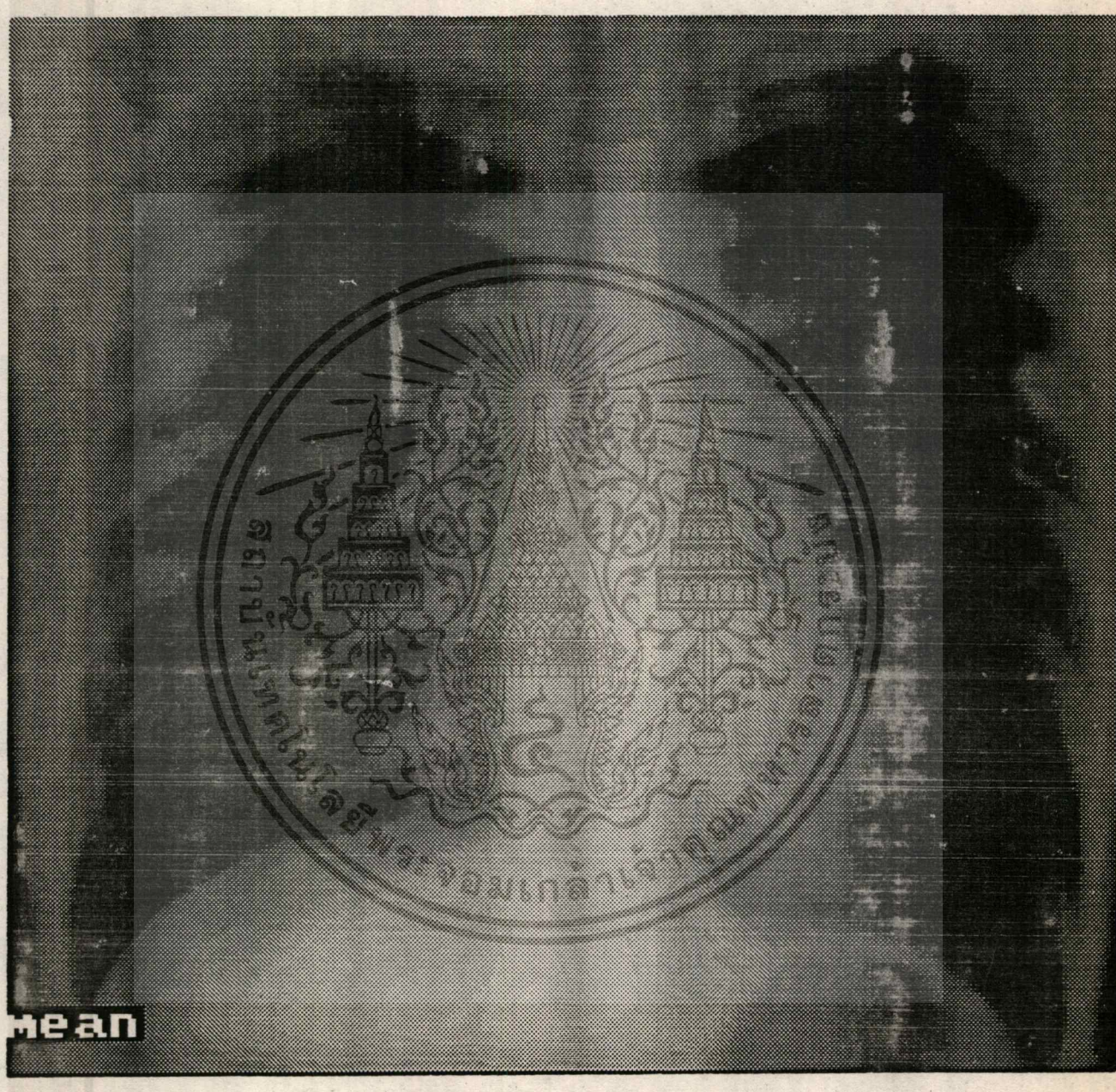


รูปที่ 4.4.20 แสดงภาพหลังการปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยใช้มาสก์เกาส์เซียนโลว์พาส

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

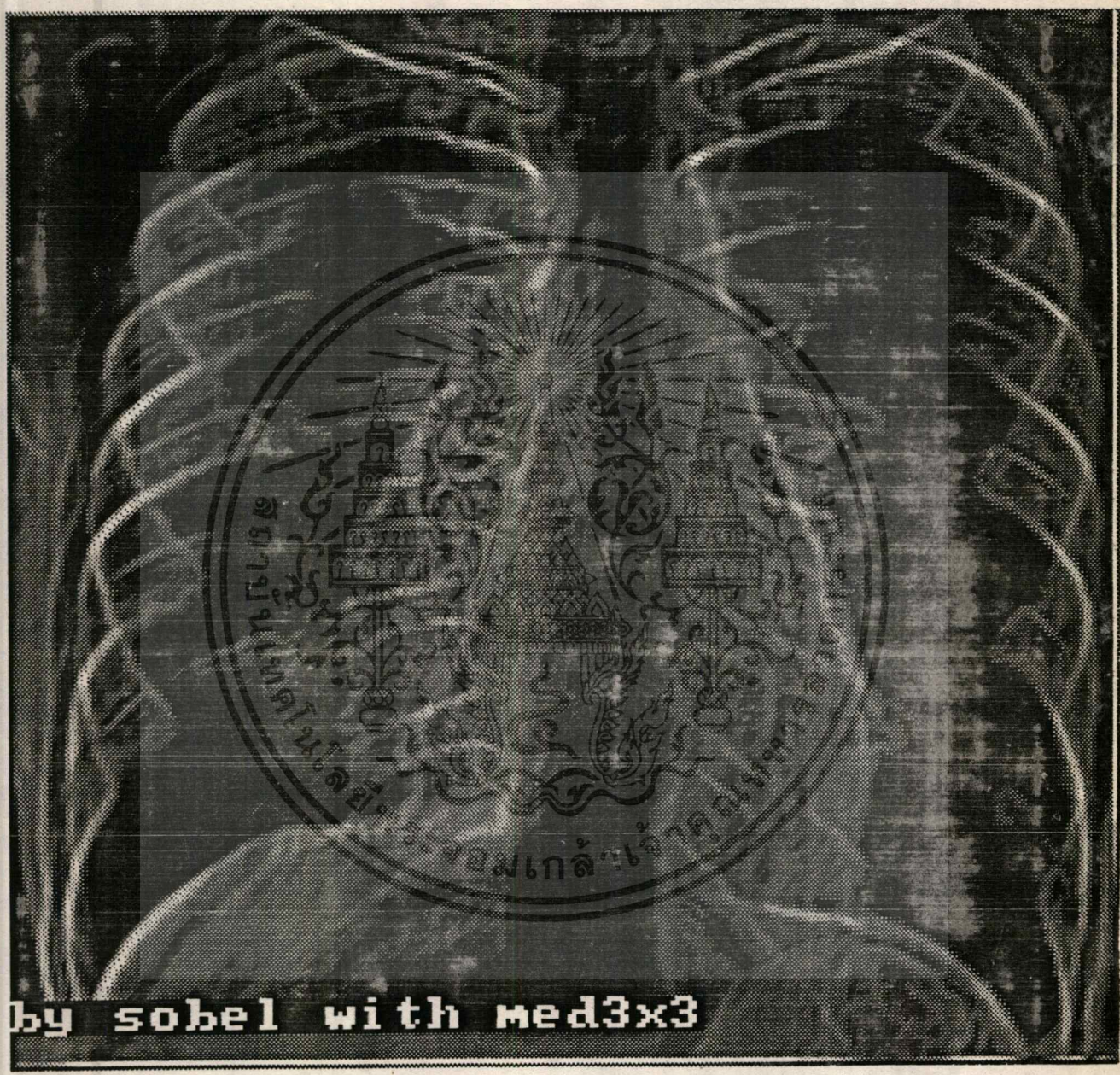
รูปที่ 4.4.21 แสดงภาพหลังการปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพโดยใช้มาสก์พิวบอก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.22 แสดงภาพหลังการปรับปรุงเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพ โดยการเฉลี่ยรอบจุด(3x3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.23 แสดงการปรับปรุงโดยทำการขจัดสัญญาณรบกวนโดยการหาค่ากลาง (3x3) แล้วทำการปรับปรุงโดยใช้ โซเบล โอเปอร์เรเตอร์

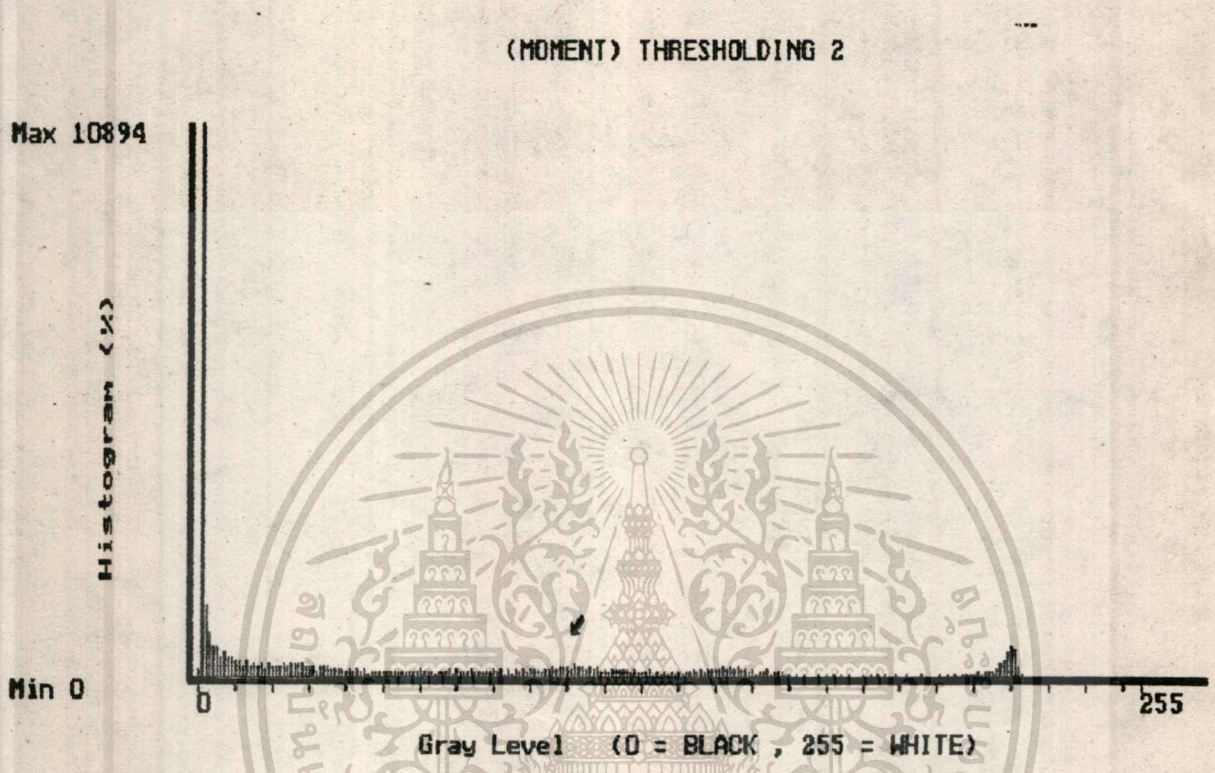
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.24 แสดงภาพการปรับปรุง โดยการขจัดสัญญาณรบกวนโดยการหาค่ากลาง (3x3) แล้วทำการปรับปรุงโดยการทำ ฮิสโตแกรมอิควอล์ไลเซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.25 ภาพที่ได้จากการใช้ค่าเทรสโชว์ที่ได้จากวิธีการรักษาค่า โมเมนต์ เพื่อทำการแยกวัตถุกับพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.26 แสดงฮิสโตแกรม และจุดเทรสโชว์โดยวิธีรักษาค่า โมเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.27 ภาพที่ได้จากการใช้ค่าเทรสโชว์ ที่ได้จากการหาค่าเอนโทรปี้ของภาพ เพื่อทำการแยกวัตถุกับพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4.28 แสดงฮิสโตแกรม และจุดเทรสโชว์โดยการหาค่าเอนโทรปี้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุป

โครงงานนี้ เป็นการปรับปรุงภาพเอ็กซ์เรย์ เพื่อช่วยในการวินิจฉัย โดยผลจากการทดลองปรับปรุง พบว่าภาพที่ได้มีความคมชัดมากขึ้นและสามารถแสดงบางส่วนของภาพที่ผู้ใช้สังเกตุเห็นได้ยากออกมาได้

การทำงานของการปรับปรุงจะประกอบด้วยการปรับปรุงหัวข้อใหญ่ และจะสรุปวิธีที่ได้ผลมากที่สุดของแต่ละวิธี ได้ดังนี้

- วิธีการปรับปรุงโดยทำภาพให้กลมกลืนหรือ การลดสัญญาณรบกวนของภาพ วิธีที่ได้ผลดีที่สุดคือ การหาค่ากลาง(3x3) เพราะภาพที่ได้จะมีความมัวน้อยที่สุดแต่มีข้อเสียในด้านเวลาบ้าง วิธีที่ได้ผลดีรองลงมาก็คือการใช้มาสก์เกาส์เซียนโลว์พาสฟิวส์เตอร์ซึ่ง ถ้าพิจารณาด้านเวลาเข้าไปแล้วก็จะพบว่ามีความเหมาะสม ส่วนที่ได้ผลไม่ดีเลยก็คือ การเฉลี่ยรอบจุด ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วจะพบว่าทำให้ภาพมัวมาก (ให้เปรียบเทียบรูปที่4.4.22กับภาพที่ 4.4.1 ตรงกระดูกไขสันหลังจะพบว่ารูปที่ 4.4.22 แทบจะมองไม่เห็นเลย)
- วิธีการปรับปรุงโดยการหาขอบภาพ วิธีที่ได้ผลดีที่สุดคือ การใช้มาสก์โซเบลโอเปอร์เรเตอร์,พริวิท โอเปอร์เรเตอร์,โรเบริต์ โอเปอร์เรเตอร์, การใช้มาส์กหาเส้นในแนวต่าง ๆ และ ลาปาเซียน ตามลำดับ(ดูรูปประกอบ)
- วิธีการทำให้ภาพคมชัด ลาปาเซียนชนิดที่มาสก์เป็น 3x3 จะดีกว่ามาส์กรูปร่างเครื่องหมายเลขบวก (ดูรูปประกอบ)
- วิธีการปรับปรุงภาพโดยการปรับปรุงฮิสโตแกรม เราจะพบว่าการปรับปรุงฮิสโตแกรมเฉพาะที่ ,การปรุบปรุงให้ฮิสโตแกรมเท่ากัน,การกำหนดฮิสโตแกรมให้กับภาพ และการทำให้ฮิสโตแกรมเท่ากันจากบริเวณที่เรากำหนด ได้ผลดีที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้จากการปรับปรุงฮิสโตแกรมเฉพาะที่จะเห็นผลได้ชัดจากรูปที่ 4.4.13 เราสามารถทำให้กระดูกช่วงอกสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนวิธีการปรับปรุงฮิสโตแกรมให้เท่ากันนั้นก็ได้ผลดีมาก ส่วนวิธีสองอันหลังมีข้อจำกัดที่ เราจะต้องกำหนดฮิสโตแกรมหรือบริเวณที่ต้องการคำนวณเอง ซึ่งถ้าไม่เหมาะสมก็จะทำให้ได้ผลไม่ดีนัก ส่วนเรื่องเวลาวิธีการปรับปรุงฮิสโตแกรมมีความเหมาะสมมากเพราะใช้เวลาน้อยทุกวิธี
- การหาค่าเทรสโฮว์ทั้งสองวิธีมีผลที่ใกล้เคียงกัน โดยสามารถแยกวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพื้นได้อย่างดี

- จากรูป 4.4.23-4.4.24 จะสรุปได้ว่าถ้าทำการขจัดสัญญาณรบกวนในภาพก่อนนำไปปรับปรุงด้วยวิธีการหาขอบภาพ หรือการปรับปรุงฮิสโตแกรมแล้ว เราจะพบว่าจะได้ภาพดีขึ้น(ให้พิจารณารูปที่ทำการหาขอบภาพโดยไม่กำจัดสัญญาณรบกวนเปรียบเทียบ)

5.2 วิจารณ์

- ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเขียนโปรแกรมก็คือ การใช้การ์ดทาก้านี้มีวิธีการใช้ค่อนข้างยุ่งยาก มีรายละเอียดค่อนข้างมากในขณะที่มีคู่มือการใช้งานอยู่เพียงเล่มเดียวซึ่งมีข้อผิดพลาด หรือไม่มีคำอธิบายในการเซ็ทค่าต่าง ๆ ในการควบคุมการ์ด นอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขนาด 640 กิโลไบต์ ทำให้มีปัญหาเรื่องการรันและตรวจสอบโปรแกรมบ้าง

- ในการที่จะบอกว่า ภาพหนึ่งดีกว่าภาพหนึ่งควรจะมีหลักตายตัวในการบอกมิใช่ใช้แต่ตาดู ในเรื่องนี้เท่าที่ทำการศึกษาทางทฤษฎียังไม่มีการกำหนดตายตัว ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการปรับปรุงภาพเป็นการปรับปรุงตามที่ผู้ใช้ต้องการ ดังนั้นการกำหนดตายตัวอาจไม่เป็นการเหมาะสม ส่วนเรื่องการหาค่าสัญญาณภาพต่อสัญญาณรบกวนเราสามารถใช้ในการแสดงว่า ภาพนั้นมีการกระจายของระดับความเข้มอย่างไร ไม่สามารถบอกได้ว่าภาพไหนดีกว่าภาพไหนได้

- ในการทำโครงงานนี้เป็นเพียงการหาว่า มีวิธีใดเหมาะสมในการใช้ปรับปรุงภาพเอ็กซ์เรย์และแสดงผลที่ได้ในการเปรียบเทียบ แต่เนื่องจากหัวข้อมีความกว้างมาก จึงไม่ได้เจาะจงวิธีในการปรับปรุงภาพในแต่ละส่วนอย่างละเอียดซึ่ง ถ้ามีการหาวิธีทำเป็นการปรับปรุงเฉพาะส่วนแล้ว เช่นหาวิธีในการปรับปรุงภาพเอ็กซ์เรย์เฉพาะทรวงอก แล้วผลที่ได้จะมีความสมบูรณ์กว่านี้

- ผลที่ทำการสรุปในข้างต้นเป็นการสรุปอย่างกว้าง ๆ ว่าส่วนมากจะได้ผลเช่นนี้มิได้เจาะจงว่าผลของการทำทุกภาพจะได้ดีเช่นนั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

- สำหรับการพัฒนาขั้นต่อไปผู้ทำการพัฒนาควรจะค้นคว้า หาวิธีการใหม่ในการทำ เพราะเท่าที่ทำการศึกษาพบว่าการศึกษาด้านนี้มีความก้าวหน้ารวดเร็วซึ่งในอนาคต อาจจะมีวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงภาพที่ดีกว่านี้ และแน่นอนจะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์และการ์ดที่ใช้ทางด้านการประมวลผลภาพ ซึ่งมีความสามารถมากขึ้นซึ่งจะทำให้การปรับปรุงภาพทำอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Description
DR0	**Active Window- Horizontal Start:** DR0 = Starting Column of Visible Field Default = 85 (If Overscan Mode is Off) If Overscan Mode is On, DR0 must equal 64. Constraints: 75 <= DR0 <= 95
DR1	**Active Window- Horizontal Stop:** DR1 - 1 = Last Column of Visible Field Default = 341 (If Overscan Mode is off.) In Overscan Mode, DR1 must equal 363. Constraints: DR0 < DR1 <= DR0+256
DR2	**Active Window- Vertical Start:** DR2 = First (Top) Row of Visible Field Default = 40 (200-Line Screen Display) Constraints: 20 <= DR2 < DR3
DR3	**Active Window- Vertical Stop:** DR3 -1 = Last (Bottom) Row of Visible Field Default = 240 (200-Line Screen) DR2 < DR3 <= 261
DR4	DR4 MUST EQUAL 352 (OVERSCAN MODE OFF). DR4 MUST EQUAL 363 (OVERSCAN MODE ON).
DR5	DR5 MUST EQUAL 1 (OVERSCAN MODE OFF). DR5 MUST EQUAL 17 (OVERSCAN MODE ON).
DR6	DR6 MUST EQUAL 0.
DR7	DR7 MUST EQUAL 511.
DR8	**Horizontal Panning Register:** DR8 = Column to begin pixel clock if panning screen. Default: DR8 = DR0 (Pan off) Constraints: (Zoom = 2X, 4X, 8x) DR0 - 63 <= DR8 <= DR0 (Zoom = 1X) DR8 = DR0
DR9	DR9 MUST EQUAL DR0.
DR10	DR10 MUST EQUAL DR2.
DR11	DR11 MUST EQUAL DR3.
DR12	DR12 MUST EQUAL 20.
DR13	DR13 MUST EQUAL 22.
DR14	DR14 MUST EQUAL 0.
DR15	DR15 MUST EQUAL 511.
DR16	DR16 MUST EQUAL 0.
DR17	DR17 MUST EQUAL 0.
DR18	DR18 MUST EQUAL 0.
DR19	DR19 MUST EQUAL 3.
DR20	**Display Format Register:** Select Display Format 0 — 262 1/2 Lines - Interlaced Scan 1 — 261 1/2 Line - Interlaced Scan 2 — 263 Lines - Non-Interlaced 3 — 262 Line - Non-Interlaced Default: DR20 = 0 Constraints: (512x512 Display) DR20 must equal 0 or 1.
DR21	Reserved.

ตาราง 6.1 แสดงค่าที่ใช้ในการเซ็ท รีจิสเตอร์การแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ต้องขอขอบคุณ อ.กวิน สนธิเพิ่มพูนที่ให้คำแนะนำตลอดจนข้อมูลและอื่น ๆ ในการทำงานครั้งนี้เป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้ที่ช่วยกรุณาช่วยเหลือทั้งด้าน คำแนะนำ การจัดหาอุปกรณ์ ตำราและเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนการช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

ศจ.ดร. ไพรัช ธัชยพงษ์
อ. อัครินทร์ คุณกิตติ
คุณ มานัส ปัญญาดิลก
คุณ ปกรณ์ นันทศรี
คุณ สุวัฒน์ หงษ์วิวัฒน์
คุณ วีระศักดิ์ วิทวัสกุล
คุณ สมบูรณ์ แซ่ลิ้ม
และเพื่อน ๆ ทุกคน

จึงกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1) Baxes,Gregory A."Digital Image Processing A Practical Primer",Prentice Hall Inc.,1984

2) Castleman,Kenneth R."Digital Image Processing",Prentice Hall,1979

3) Daponte,John S."Enhancement of Chest Radiographs with Gradient Operators" IEEE Trans. on Medical Imgae.,Vol 7. No 2, 1988. pp 109-117

4) Gonzalez,Rafael G. and Wintz, Paul. "Digital Image Processing" ,Second Edition,Addison-Wesley ,1987

5) Hall,Ernest L."Computer Image Processing and Recogition" , Academic Press,1979

6) Niblack,Wayne. "An Introduction to Digital Image Processing", Prentice Hall,1986

7) Pratt, William K."Digital Image Processing",John Wiley & Sons, 1979

8) Pun,Thierry "A New Method for Grey-level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", Signal Processing 2 ,1980 ,pp 223-237

9) Rosenfeld,Azriel and Kak,Avinash C."Digital Picture Processing",Second Edition ,Vol 1,Academic Press,1982

10) Seeram, Euclid "Computed Tomography technology" W.B. Saunders company , 1982.

11) Sherrier,Robert H. "Regionally Adaptive Histogram Equalization of the Chest"IEEE Trans. on Medial Image. ,Vol MI-6 No 1,pp 1-7,March 1987.

12) Tsai,Wen-Hsiang "Moment-Preserving Thresholding" Computer vision, graphics and image processing 29, 1985,y pp 377-393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้