สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำภาพลายน้ำดิจิตอล

DIGITAL IMAGE WATERMARKING

โดย

นายปฤวัติ คงสุวรรณ

นางสาวปิยะนุช สุจินตนารัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62043
วัน,เดือน,ปี 27 ก.ค. 2549
b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL IMAGE WATERMARKING

BY

MR. PATIWAT KHONGSUWAN

MRS. PIYANUCH SUJINTANARAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การทำภาพลายน้ำดิจิตอล Digital Image Watermarking	
ชื่อนักศึกษา	นายปฏิวัติ คงสุวรรณ	รหัสนักศึกษา 44010276
	นางสาวปิยะนุช สุจินตนารัตน์	รหัสนักศึกษา 44010304
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิทวัส วิทยชำนาญกุล	
	ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2547	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(อาจารย์วิทวัส วิทยชำนาญกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การทำภาพลายน้ำดิจิตอล	
ชื่อนักศึกษา	นายปฏิวัติ คงสุวรรณ	รหัสนักศึกษา 44010276
	นางสาวปิยะนุช สุจินตนารัตน์	รหัสนักศึกษา 44010304
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิทวัส วิทยชำนาญกุล	
	ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการพิสูจน์การทำความผิดที่เกี่ยวข้องกับการละเมิดลิขสิทธิ์รูปภาพ โดยให้คุณภาพของภาพลดลงน้อยที่สุดหลังจากที่ใส่ภาพลายน้ำลงไปแล้ว ไม่ว่าจะผ่านการประมวลผลรูปภาพแบบต่างๆ เช่น การกรองความถี่ต่ำผ่าน การดึงเอาบางส่วนของภาพออก การเปลี่ยนขนาดของภาพ การบีบอัดรูปภาพ เมื่อทำการแยกลายน้ำกลับคืนมาก็จะยังคงอยู่แม้อาจจะสูญเสียไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Digital Image Watermarking	
Student	Mr. Patiwat Khongsuwan	ID. 44010276
	Miss Piyanuch Sujintanarat	ID. 44010304
Advisor	Mr. Withawat Withayachumnankul	
	Dr. Somkait Udomhunsakul	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2004	

Abstract

This project presents a digital image watermarking technique used to prove illegality in right reserved image. The proposed embeds a watermark into an image without affecting the perceptual quality of the underlying host image. In addition, the watermark persists in the case that the image undergoes, some lossy image processing operations such as low-pass filtering, resampling, reaquantization, compression.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้เกิดขึ้นมาจากการพัฒนาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล และได้สำเร็จลุล่วงมาได้ก็เนื่องมาจากความช่วยเหลือจากคนหลายๆ คนด้วยกัน

ผู้จัดทำขอขอบคุณบิดา มารดา ผู้ให้โอกาสในการศึกษา และคอยให้กำลังใจอยู่ทุกเมื่อ ขอบคุณอาจารย์วิทวัส วิทยชำนาญกุล และดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำชี้แนะ และการสนับสนุนต่างๆ ขอบคุณก๋อง เพื่อนที่คอยให้คำปรึกษาแก้ไขปัญหาต่างๆ ครั้งแล้วครั้งเล่า และทุกๆท่าน ที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความร่วมมือไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม จนสามารถทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จออกมาด้วยดี

สุดท้ายนี้ หากมีประโยชน์ใดๆ ที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้จัดทำขอมอบความดีให้แก่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ไว้ในโอกาสนี้

นายปฏิวัติ คงสุวรรณ
นางสาวปิยะนุช สุจินตนารัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดเริ่มต้นในการทำโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	2
บทที่ 2 ลายน้ำดิจิตอล	3
2.1 ประวัติความเป็นมา	3
2.2 คำจำกัดความ	4
2.3 ประเภทของลายน้ำ	4
2.3.1 ลายน้ำที่เปิดเผย (Visible Watermark)	4
2.3.2 ลายน้ำที่ไม่เปิดเผย (Invisible Watermark)	5
2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำดิจิตอล	5
2.5 ประเภทของสื่อต้นฉบับ	6
2.5.1 ตัวอักขระ	6
2.5.2 ภาพนิ่ง	6
2.5.3 เสียง	6
2.5.4 ภาพกราฟฟิกและภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น	7
2.5.5 วีดีทัศน์	7
2.6 องค์ประกอบของระบบลายน้ำ	7
2.6.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.2 การตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection)	8
2.6.3 การถอดลายน้ำ (Watermark Extraction)	9
2.7 การโจมตี	9
2.8 การประยุกต์ใช้ลายน้ำ	10
2.9 คุณสมบัติของระบบการมองภาพที่เกี่ยวกับการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอล	12
2.10 แบบจำลองของสีที่ใช้ในการอ้างอิงและแสดงผล	13
2.11 รูปแบบของไฟล์ภาพที่ใช้ในการทดลอง	14
2.12 ประเภทของการทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล	15
2.12.1 การทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)	15
2.12.2 การทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)	16
2.12.3 การทำลายน้ำในส่วนคลื่น (Wavelet-domain techniques)	16
2.13 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพที่ใช้ในการทดลอง	17
2.13.1 การทำสเกลลิ่ง (Scaling)	17
2.13.2 ควอดทรี พาร์ติชั่น (Quadtree Partition)	18
2.13.3 ค่าความแปรปรวน (Variance)	20
บทที่ 3 การแทรกลายน้ำ	21
3.1 ขั้นตอนการทำงาน	21
3.1.1 การแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น	22
3.1.2 การสลับตำแหน่งพิกเซลลายน้ำ	22
3.1.3 การฝังลายน้ำลงในภาพต้นแบบ	23
3.1.4 การถอดลายน้ำ	25
3.2 โฟลว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการทำงาน	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	28
4.1 ภาพต้นแบบเป็นภาพสี ภาพลายน้ำเป็นภาพขาวดำ	29
4.2 ภาพต้นแบบและภาพลายน้ำเป็นภาพสี	35
บทที่ 5 สรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ	41
5.1 สรุป	41
5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 การแทรกลายน้ำลงในสื่อต้นฉบับ	8
รูปที่ 2.2 การตรวจหาลายน้ำที่อาจแฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้าน	9
รูปที่ 2.3 การถอดลายน้ำออกจากสื่อเจ้าบ้าน	9
รูปที่ 2.4 การจัดการด้านลิขสิทธิ์	12
รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบความไวของสีต่อสายตา	13
รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติในการผสมสี	14
รูปที่ 2.7 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)	15
รูปที่ 2.8 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)	16
รูปที่ 2.9 ภาพก่อนทำ Scaling	17
รูปที่ 2.9ก Histogram ก่อนทำ Scaling	17
รูปที่ 2.10 ภาพหลังทำ Scaling	17
รูปที่ 2.10ข Histogram หลังทำ Scaling	17
รูปที่ 2.11 วิธีการแบ่งบล็อกด้วยวิธี ควอดทรี พาร์ติชั่น	18
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น	19
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงาน	21
รูปที่ 3.2 การแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น	22
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการสุ่มด้วยค่าคงที่เท่ากับ 7	22
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดลำดับความเข้มแสงภายในบล็อก	23
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของบล็อกภาพต้นแบบที่แบ่งบล็อกโดยวิธีควอดทรี พาร์ติชั่น	24
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งพิกเซลของภาพลายน้ำที่ทำการสลับพิกเซลแล้ว	24
รูปที่ 4.1.1A ภาพต้นแบบ A	29
รูปที่ 4.1.2A ภาพต้นแบบ A ที่แบ่งบล็อกแล้ว	29
รูปที่ 4.1.3 ภาพลายน้ำ	29
รูปที่ 4.1.4A ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ Mr. Chang- Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ค่า MSE=25.3625	29
รูปที่ 4.1.5A ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ บวก-ลบ ทุกพิกเซล ค่า MSE=5.3305	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.1.1B ภาพต้นแบบ B	32
รูปที่ 4.1.2B ภาพต้นแบบ B ที่แบ่งบล็อกแล้ว	32
รูปที่ 4.1.3 ภาพลายน้ำ	32
รูปที่ 4.1.4B ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ Mr. Chang- Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ค่า MSE=224.836	32
รูปที่ 4.1.5B ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ บวก-ลบ ทุกพิกเซล ค่า MSE=42.1395	32
รูปที่ 4.2.1A ภาพต้นแบบ A	35
รูปที่ 4.2.2A ภาพต้นแบบ A ที่แบ่งบล็อกแล้ว	35
รูปที่ 4.2.3 ภาพลายน้ำ	35
รูปที่ 4.2.4A ภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว ค่า MSE=6.3796	35
รูปที่ 4.2.1B ภาพต้นแบบ B	38
รูปที่ 4.2.2B ภาพต้นแบบ B ที่แบ่งบล็อกแล้ว	38
รูปที่ 4.2.3 ภาพลายน้ำ	38
รูปที่ 4.2.4B ภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว ค่า MSE=44.6558	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงและเปรียบทียบผลการทดลองภาพ A	30
ตารางที่ 2 แสดงและเปรียบทียบผลการทดลองภาพ B	33
ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองภาพ A	36
ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองภาพ B	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดเริ่มต้นในการทำโครงงาน

เนื่องจากการเจริญเติบโตของเทคโนโลยีการสื่อสารในปัจจุบันที่เรียกว่าอินเตอร์เน็ต ทำให้ภาพจากแหล่งหนึ่งสามารถแพร่กระจายไปอีกแหล่งได้อย่างรวดเร็ว และหากภาพนั้นๆถูกคัดลอกและเผยแพร่ต่อไปโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของภาพก่อน จะทำให้เจ้าของภาพที่แท้จริงเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับ ดังนั้นการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์เพื่อยับยั้งการกระทำดังกล่าว จึงมีการทำภาพลายน้ำซ้อนลงไปในภาพต้นแบบ และเมื่อมีการคัดลอกภาพเกิดขึ้น ภาพลายน้ำดังกล่าวจะติดไปกับข้อมูลที่ถูกทำการคัดลอกด้วย ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการสืบหาแหล่งกำเนิดของการคัดลอกภาพ หรือใช้ในการบ่งบอกถึงบุคคลที่เป็นเจ้าของภาพที่แท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำเสนอวิธีการทำลายน้ำดิจิตอลสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์ภาพ
2. เพื่อแสดงการไม่สามารถสังเกตเห็นได้ของลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่ในภาพต้นแบบ
3. เพื่อแสดงให้เห็นถึงความคงทนของลายน้ำดิจิตอลที่ใส่ในภาพต้นแบบ
4. เพื่อนำความรู้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพให้กับการทำลายน้ำดิจิตอล

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษา และฝังลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพต่างๆ บน Spatial Domain

2. ตรวจสอบคุณภาพของรูปที่ได้ด้วยการวัดการค่า Mean Square Error (MSE) และ Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) ระหว่างรูปที่นำมาฝังลายน้ำดิจิตอล (Host Image) และรูปที่ได้จากการฝังลายน้ำดิจิตอล (Watermarked Image)

3. ทำการปรับค่าของการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อให้คุณภาพของรูปที่ได้เป็นไปตามความเหมาะสมและเพื่อการนำไปใช้งาน

4. ทำการทดสอบความคงทนของลายน้ำดิจิตอล ด้วยการเปลี่ยนแปลงรูปภาพ (Distortions and Attacks) ที่ผ่านการฝังลายน้ำมาแล้วตามแบบต่างๆ เช่น ตัด(Cropping) หมุน (Rotating) ย่อ-ขยาย (Resizing) การทำฟิลเตอร์ (Filtering) หรือการบีบอัด (Compression)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วัดค่า MSE และ PSNR ของลายน้ำที่ตรวจสอบได้ กับลายน้ำดิจิตอลต้นฉบับเพื่อดูคุณภาพของลายน้ำว่าใช้ระบุตัวรูปภาพได้หรือไม่

6. นำรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอล และทดสอบแล้ว ไปเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต แล้วนำมาตรวจสอบ และทดสอบคุณภาพของลายน้ำดิจิตอล

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อยืนยันลิขสิทธิ์ของบุคคล หรือหน่วยงานที่เป็นเจ้าของภาพได้
2. เพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของภาพต้นแบบที่ลดลงไปเพียงเล็กน้อย
3. เพื่อเป็นทางเลือกในการทำภาพลายน้ำดิจิตอลโดยกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน แต่ยังคงประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดี
4. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคต

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1. ฮาร์ดแวร์
   - เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม จำนวน 1 เครื่อง
2. ซอฟท์แวร์
   - โปรแกรม MATLAB 6.xx เป็นภาษาในการพัฒนาโปรแกรม

1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1. ศึกษาโครงสร้างการทำงานของรูปภาพแบบต่างๆ และการประมวลผลภาพ เพื่อให้สามารถเลือกวิธีในการทำลายน้ำดิจิตอลได้อย่างเหมาะสม
2. ศึกษาการทำลายน้ำดิจิตอล บน Spatial Domain และเปรียบอัลกอริทึมแบบต่างๆ เพื่อนำมาปรับใช้ ในการทำงานจริง
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแมทแลบ และฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวกับรูปภาพ และการประมวลผลภาพ
4. พัฒนาโปรแกรม ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น และปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมให้เหมาะสม
5. ทดลองฝังลายน้ำดิจิตอลลงบนภาพสี วัดคุณภาพของภาพ และเก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ลายน้ำดิจิตอล

2.1 ประวัติความเป็นมา

ความหมายที่แท้จริงของภาพลายน้ำได้กำหนดขึ้นมาจากการสื่อสารระหว่างผู้รับและผู้ส่งที่กำหนดรหัสและวิธีการในการเข้าและถอดรหัส ซึ่งเรียกว่า Steganography ซึ่งมาจากภาษากรีกโบราณที่มีความหมายว่า " การสื่อสารลับ " ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการส่งความลับระหว่างสองฝ่าย ซึ่งมีใช้ก่อน พ.ศ.1000 ซึ่งปรากฏหลักฐานใน Homer's "Iliad" and "Histories of Herodotus" ซึ่งเขียนขึ้นในปี พ.ศ.440 แต่วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นการสื่อสารระหว่างบุคคลสองฝ่ายเท่านั้น เมื่อมีการพัฒนาการสื่อสาร ประกอบกับมีการสื่อสารแบบกระจายมากขึ้น ผู้ส่งข่าวสารจะต้องสามารถซ่อนข่าวสารมากับสื่อโดยไม่จำเป็นต้องกังวลว่าข่าวสารนั้นจะมีผู้อื่นทราบ โดยผู้ส่งข่าวสารจะต้องใช้วิธีการที่มีความปลอดภัยสูง หรือถึงแม้จะทราบขั้นตอนวิธีการขั้นตอนเหล่านี้ แต่การถอดข่าวสารออกมาจากสื่อต้นฉบับจะต้องใช้เวลานาน ใช้ทรัพยากรสูง หรือมีผลทำให้สื่อต้นฉบับเสียหาย จนทำให้บุคคลเหล่านั้นเลิกล้มความพยายามในที่สุด ซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้แก่ การเข้า/ถอดรหัส (Cryptography) การแทรกลายน้ำแบบอนาล็อกในระยะเริ่มแรก ตัวอย่างที่พบเห็นได้บ่อย คือ ภาพลายน้ำในแสตมป์เพื่อป้องกันการปลอมแปลง การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลเป็นวิธีเสมือนกับวิธีการที่จิตรกรที่มีฝีมือดีในยุคสมัยก่อนใช้ในการแสดงความเป็นเจ้าของต่อรูปภาพ โดยพวกเขาจะใส่สัญลักษณ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของตนเองไว้ในตัวรูปภาพโดยสัญลักษณ์ที่ใส่เข้าไปนั้นอาจจะมีลักษณะที่มองเห็นได้หรือไม่ได้ก็ได้ ดังนั้นพื้นฐานเบื้องต้นของการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลจึงเป็นการใส่สัญญาณที่มีลักษณะเฉพาะเข้าไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะแสดงถึงความเป็นเจ้าของต่อข้อมูลนั้นๆ จากพื้นฐานดังกล่าวเราอาจแบ่งประเภทของสัญญาณลายน้ำดิจิตอลออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณลายน้ำที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Watermark) และสัญญาณลายน้ำชนิดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (Invisible Watermark)

นอกเหนือจากนี้ลายน้ำ (Watermark) ถูกพัฒนาเป็นลายน้ำดิจิตอล(Digital Watermarking) ที่มีหลายรูปแบบ จะถูกนำมาแทรกในสื่อหลายประเภท ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตัวอักขระ ภาพนิ่ง ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวีดีทัศน์ สิ่งเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อแสดงความเป็นเจ้าของ ติดตามและป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คำจำกัดความ

การสื่อสารลับ (Steganography) คือเทคนิคที่ใช้ในการสื่อสารอย่างลับๆซึ่งส่วนมากจะเป็นการใส่หรือซ้อนข้อมูลลับลงในข้อมูลชนิดอื่นๆ โดยมิให้เป็นที่น่าสงสัยวิธีการของการสื่อสารลับนั้นจะอาศัยสมมุติฐานที่ว่าไม่มีใครรู้ว่าได้มีการใส่ข้อมูลลับลงไปในตัวข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอยู่ ดังนั้นวิธีการสื่อสารดังกล่าวจะไม่ค่อยมีความทนทานต่อการโจมตีแบบต่างๆ เท่าใดนัก กล่าวคือ ข้อมูลลับจะไม่สามารถถูกกู้กลับคืนมาได้หากว่ามีการกระทำใดๆ กระทบต่อตัวข้อมูลที่เป็นสื่อนั้น

ลายน้ำ (Watermark) คือ ข่าวสารที่ถูกซ่อนในสื่ออื่นเพื่อบอกถึงต้นกำเนิด สถานะ จุดหมายปลายทางของสื่อนั้น จะต่างกับการสื่อสารลับก็คือสัญญาณลับที่ซ่อนอยู่ภายในตัวข้อมูลจะต้องมีความทนทานต่อการโจมตีต่างๆ และถึงแม้ว่าบุคคลอื่นจะรู้ว่ามีสัญญาณลายน้ำซ่อนอยู่ในรูปภาพแต่จะมีความยากลำบากที่จะทำลายสัญญาณลายน้ำดิจิตอลดังกล่าวโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวข้อมูลโดยตรงหรืออีกนัยหนึ่งก็คือในขณะที่ข้อมูลของการสื่อสารลับอาจจะถูกกำจัดออกไปได้โดยง่าย แต่สัญญาณลายน้ำจะถูกกำจัดออกไปได้ยากกว่า ถึงแม้ว่าบุคคลนั้นจะรู้รูปแบบวิธีการที่ใช้ในการใส่หรือถอดสัญญาณลายน้ำก็ตาม

ภาพลายน้ำดิจิตอล (Digital Image Watermarking) คือ ลายน้ำที่ซ่อนอยู่ในสื่อต้นฉบับที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล

สื่อต้นฉบับ (Host) คือ สัญญาณที่ใช้เพื่อสื่อสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับ อาจจะอยู่ในรูปแบบของตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น เสียง และวีดีทัศน์

2.3 ประเภทของลายน้ำ

2.3.1 ลายน้ำที่เปิดเผย (Visible Watermark)

เป็นลายน้ำที่สามารถมองเห็นได้ เพื่อแสดงถึงสัญลักษณ์ หรือความหมายบางอย่างนอกเหนือจากตัวสื่อเอง การใส่ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นด้วยตาเปล่านั้นจะทำได้โดยการเขียนเติม หรือ แทรกตัวข้อมูลที่ต้องการลงไปในตัวรูปภาพโดยตรง ซึ่งประโยชน์ของการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลชนิดนี้ก็คือ เป็นการแสดงสิทธิ์ความเป็นเจ้าของในตัวข้อมูลนั้นโดยตรง บุคคลทั่วไปที่พบเห็นจะสามารถรู้โดยทันทีว่าภาพๆนั้นเป็นของผู้ใด นอกจากนี้ยังเป็นการยับยั้งการกระทำที่จะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูล เช่น มีความยากลำบากในการที่จะนำสัญญาณลายน้ำออกจากตัวรูปภาพก่อนที่จะนำไปเผยแพร่อย่างมิชอบ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีข้อด้อยอย่างหนึ่งคือ ข้อมูลมัลติมีเดียจะมีคุณภาพลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากสัญญาณลายน้ำจะไปบดบังรายละเอียดของข่าวสารที่อยู่ในตัวข้อมูล แต่ถึงอย่างไรการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในรูปแบบนี้ยังคงเป็นที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแสดงสิทธิ์ความเป็นเจ้าของ เพราะว่าสามารถดำเนินการได้ง่ายและไม่ซับซ้อน และในบางครั้งความพยายามที่จะกำจัดสัญญาณลายน้ำที่อยู่ในรูปภาพนั้นออก อาจส่งผลกระทบไปยังคุณภาพของรูปซึ่งอาจจะเสียหายและมีคุณภาพต่ำลงได้ ในปัจจุบันนี้ มีโปรแกรมใช้งานหลายชนิดที่มีความสามารถในการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลชนิดนี้ได้ ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม Adobe Photoshop เป็นต้น

2.3.2 ลายน้ำที่ไม่เปิดเผย (Invisible Watermark)

เป็นลายน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เพื่อให้คุณภาพของสื่อยังคงอยู่ใกล้เคียงกับสื่อเดิมมากที่สุด การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะเป็นกระบวนการที่เจ้าของข้อมูลทำการใส่สัญญาณลายน้ำลงไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย โดยใช้กุญแจรหัสลับเป็นส่วนประกอบในการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงแก้ไขจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยผู้ที่เป็นเจ้าของข้อมูลเท่านั้นที่จะรู้ว่ากุญแจรหัสลับนี้คืออะไร ดังนั้นบุคคลทั่วไปจึงไม่สามารถล่วงรู้ถึงสิ่งที่ซ่อนอยู่ภายในรูปภาพนั้นๆได้ แม้ว่าบุคคลนั้นจะรู้กลไกในการทำงานในการใส่และถอดสัญญาณลายน้ำออกก็ตาม

2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำดิจิตอล

<u>ลายน้ำดิจิตอลที่เปิดเผย</u> มีคุณสมบัติที่ต้องการดังนี้

- สามารถมองเห็นได้
- ลายน้ำต้องกระจายอย่างกว้างขวางในบริเวณที่สำคัญเพื่อป้องกันการถอดออก ในกรณีที่ลายน้ำเป็นภาพ แม้ว่าจะสามารถมองเห็นลายน้ำได้ แต่ลายน้ำจะต้องไม่บดบังรายละเอียดของภาพเจ้าบ้านมากเกินไป
- ต้องมีความยากที่จะถอดลายน้ำออก
- คุณภาพของสื่อเจ้าบ้านเสียไปเมื่อมีการถอดลายน้ำนั้น
- สะดวกต่อการแทรกและเป็นการแทรกแบบอัตโนมัติ

<u>ลายน้ำดิจิตอลที่ไม่เปิดเผย</u> มีคุณสมบัติที่ต้องการดังนี้

- ลายน้ำต้องไม่สามารถมองเห็นได้
- สื่อเจ้าบ้านที่มีการฝังลายน้ำ จะต้องไม่สูญเสียคุณสมบัติที่สำคัญ ตัวอย่างเช่น ภาพที่ได้จากการฝังลายน้ำจะต้องมีลักษณะเหมือน หรือใกล้เคียงกับภาพที่ไม่มีการฝังลายน้ำ
- สามารถซ่อนข่าวสารได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นคือ มีความจุ (Capacity) สูง
- ลายน้ำต้องมีความคงทนต่อการโจมตีเพื่อทำลาย
- ลายน้ำควรจะสามารถนำไปใช้เพื่อการแทรกเข้ากับสื่อหลายๆ รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นอกจากตัวเจ้าของผลงานเองแล้ว บุคคลอื่นต้องไม่สามารถถอดสัญญาณลายน้ำออกจากตัวข้อมูลได้

- การทำลายสัญญาณลายน้ำที่อยู่ภายในรูปภาพจนไม่สามารถใช้ประโยชน์ใดๆได้ อาจจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อรูปภาพที่มีสัญญาณลายน้ำนั้นอยู่ ถูกโจมตีด้วยวิธีการใดๆ จนคุณภาพของรูปภาพลดต่ำลงกว่ามาตรฐานในการใช้งานที่เป็นที่ยอมรับกันได้

2.5 ประเภทของสื่อต้นฉบับ

2.5.1 ตัวอักขระ

การแทรกข้อมูลลับลงในตัวอักขระมีมาช้านานแล้วโดยกระทำใน 2 รูปแบบ คือ การซ่อนลงในความหมายของข้อความ (Semantics) กล่าวคือ เมื่อพิจารนาข้อความโดยรวมจะสื่อความหมายในแนวทางหนึ่ง แต่ถ้านำข้อความลับออกมาจะได้ข้อความที่มีความหมายอีกแนวทางหนึ่ง และการซ่อนในรูปลักษณ์ (Format) เช่น การแทรกรหัสลับลงในตัวอักษรที่มีหางยาวกว่าปกติ เป็นต้น

2.5.2 ภาพนิ่ง

การแทรกลายน้ำลงในภาพนิ่งเป็นวิธีที่ได้รับความสนใจอย่างมาก ทั้งภาพนิ่งที่มีอยู่ในรูปแบบบิตแมป และเวคเตอร์ โดยทั่วไปขั้นตอนวิธีการแทรกมีลักษณะที่แตกต่างต่างกันใน 3 ประเด็นหลัก คือ

- ลักษณะของลายน้ำที่ใช้แทรก
- วิธีแทรก (เป็นแบบ Spatial Domain หรือ Frequency Domain)
- วิธีค้นหาและถอดลายน้ำ (ซึ่งโดยทั่วไปใช้วิธีการตรวจสอบความเหมือนโดยใช้ความสัมพันธ์แบบ Correlation)

อย่างไรก็ตาม การแทรกลายน้ำลงในภาพนิ่งยังคงต้องคำนึงถึงหลักการของระบบการมองเห็นของมนุษย์ (The Human Visual System (HVS)) เพื่อคุณภาพและความคงทนของภาพผลลัพธ์

2.5.3 เสียง

เสียงเป็นสื่อเจ้าบ้านที่มีจำนวนข้อมูลต่อหน่วยจำกัดกว่าสื่อลักษณะอื่นๆ อีกทั้งการแทรกลายน้ำลงในเสียงยังต้องคำนึงถึงความคงทนตามหลักการของ The Human Audio System (HAS) ซึ่งมีความไวมากกว่า HVS ดังนั้นการแทรกลายน้ำลงในเสียงจึงมีความยุ่งยากกว่าการกระทำในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น

สื่อชนิดนี้เป็นสื่อที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ในรูปแบบของภาพ 2 มิติ เช่น ภาพโครงร่างอาคารหรือเครื่องจักรกล (CAD-based Image) หรือ รูปทรง 3 มิติ เช่น แบบจำลองความจริงเสมือน (Virtual Reality Modeling Language (VRML) Scene) ทั้งที่ปรากฏนิ่งและเคลื่อนไหวได้

2.5.5 วีดีทัศน์

เนื่องจากวีดีทัศน์ประกอบด้วยลำดับของภาพนิ่ง (ซึ่งเรียกว่าเฟรม) ดังนั้นวิธีการที่ใช้กับการแทรกลายน้ำในภาพนิ่งจึงยังสามารถนำมาใช้ได้ อย่างไรก็ตามภาพนิ่งและวีดีทัศน์มีสิ่งที่แตกต่างกัน เช่น นอกจากความสัมพันธ์ทางตำแหน่งระหว่างจุดภาพภายในแต่ละเฟรมแล้ว ยังต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรม รวมทั้งเทคนิคการบีบอัดข้อมูลโดยอาศัยความสัมพันธ์เหล่านี้ ดังนั้นการแทรกลายน้ำลงในวีดีทัศน์จึงต้องการขั้นตอนและวิธีที่แตกต่างออกไปในบางส่วน

2.6 องค์ประกอบของระบบลายน้ำ

ระบบลายน้ำมีองค์ประกอบหลักดังนี้ การแทรก การตรวจหา และการถอดลายน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

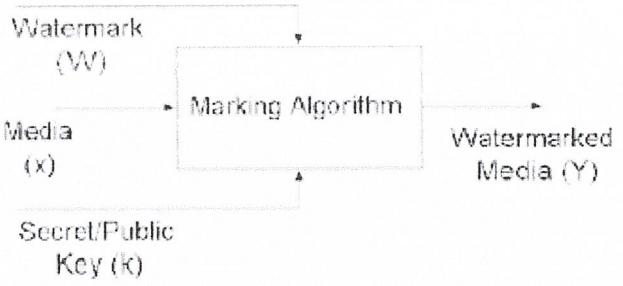
2.6.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)

การแทรกลายน้ำ คือ กระบวนการใส่ลายน้ำให้แฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้าน โดยให้มีจำนวนที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ทำให้คุณภาพของสื่อเจ้าบ้านเสียไป อีกทั้งจะต้องคงทนต่อการโจมตีทำลายทั้งที่ตั้งใจ และไม่ตั้งใจ การแทรกลายน้ำนี้อาจมีการเข้ารหัสด้วยหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นข้อมูลเข้า (Input) ขององค์ประกอบนี้คือ ลายน้ำ สื่อเจ้าบ้าน อาจมีรหัสลับ โดยลายน้ำ (w) จะเป็นฟังก์ชันของข่าวสาร (I) สื่อเจ้าบ้าน (x) และรหัสลับ (k) ดังนี้

$$w = f_e(I, x, k) \tag{2.1}$$

กระบวนการแทรกลายน้ำลงในสื่อเจ้าบ้านสามารถแสดงองค์ประกอบได้ในรูปที่ (2.1) นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การแทรกลายน้ำลงในสื่อต้นฉบับ

$$Y = f_1(x, w) \tag{2.2}$$

โดย Y เป็นสื่อผลลัพธ์ที่มีลายน้ำแฝงอยู่ (Watermarked Media) ลายน้ำที่แฝงอยู่ในภาพผลลัพธ์นี้อาจสามารถมองเห็นหรือไม่ก็ได้

2.6.2 การตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection)

การตรวจหาลายน้ำ คือ กระบวนการพิสูจน์ทราบว่ามีลายน้ำแฝงอยู่ในสื่อที่สนใจนั้นหรือไม่ ข้อมูลเข้าขององค์ประกอบนี้ คือ สื่อที่สงสัยว่าจะมีลายน้ำแทรกอยู่อาจมีรหัสลับ หรืออาจต้องมีสื่อเจ้าบ้านที่เป็นต้นฉบับด้วย ถ้า $\bar{I}$ เป็นลายน้ำที่ตรวจพบ Y เป็นสื่อผลลัพธ์ที่มีลายน้ำแฝงอยู่ สื่อเจ้าบ้าน (x) และรหัสลับ (k) จะได้

$$\bar{I} = g(x, Y, k) \tag{2.3}$$

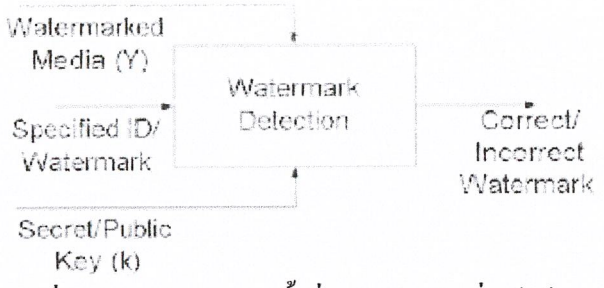
ซึ่งกระทำโดยใช้สื่อต้นฉบับ หรือ

$$\bar{I} = g(Y, k) \tag{2.4}$$

ซึ่งกระทำโดยไม่ใช้สื่อต้นฉบับ

องค์ประกอบของการตรวจหาลายน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การตรวจหาลายน้ำที่อาจแฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้าน

2.6.3 การถอดลายน้ำ (Watermark Extraction)

ในกรณีที่ตรวจสอบพบและต้องการถอดลายน้ำออกจากสื่อนั้น มีแนวทางปฏิบัติดังนี้ ตรวจหาและถอดลายน้ำโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลต้นฉบับ (Blind Watermarking) เกิดขึ้นเมื่อในบางกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลตั้งต้นได้ (สื่อหรือลายน้ำ) หรือข้อมูลตั้งต้นมีปริมาณมาก จนทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้ในช่วงเวลาที่จำกัด เช่น ข้อมูลในวีดีทัศน์

การตรวจหาและถอดลายน้ำที่ต้องใช้ข้อมูลต้นฉบับ (สื่อและ/หรือลายน้ำ) องค์ประกอบของการถอดลายน้ำออกมาจากสื่อเจ้าบ้านแสดงไว้ในรูปที่ (2.3) ข้างล่างนี้

รูปที่ 2.3 การถอดลายน้ำออกจากสื่อเจ้าบ้าน

2.7 การโจมตี

การโจมตี คือ การกระทำใดๆ ที่มีผลทำให้ลายน้ำเสียหาย หรือสูญหายไปจากสื่อเจ้าบ้าน การโจมตีอาจเกิดจากการกระทำพื้นฐานที่กระทำเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การแปลงสัญญาณของสื่อจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล หรือจากดิจิตอลเป็นอนาล็อก การกรอง (Filtering) การบีบอัด (Compression) เป็นต้น การโจมตีแบบนี้ผู้กระทำไม่ได้ตั้งใจทำลายลายน้ำ การโจมตีอีกแบบหนึ่งเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความตั้งใจของผู้กระทำที่ต้องการทำลายลายน้ำ อนึ่งการโจมตีทั้งสองแบบนี้สามารถแบ่งโดยใช้วิธีการโจมตีเป็นเกณฑ์ได้ดังนี้

Removal Attacks: เป็นการที่พยายามทำให้ลายน้ำที่ใส่เข้าไปในรูปภาพนั้นเสียไป โดยที่มิได้สนใจที่จะแยกลายน้ำออกมา ตัวอย่างเช่น การกรองสัญญาณแบบเชิงเส้น (Linear Filtering) การบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG และ MPEG การใส่สัญญาณรบกวน (Additional Noise) การเพิ่มค่า Offset การตัดภาพเป็นบางส่วน (Cropping) การทำ Quantization ใน Pixel Domain การแปลงภาพเป็นอนาล็อก (Conversion to Analog) การทำ Gamma Correction และ Collusion Attack ซึ่งทำลายลายน้ำโดยการหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สื่อตัวเดียวกันที่มีการแทรกลายน้ำแบบต่างๆ ลงไปหลายชุด

Geometrical Attacks: เป็นการโจมตีที่พยายามทำลายความสัมพันธ์ของลายน้ำ และทำให้ได้ลายน้ำที่มีค่าผิดพลาด ได้แก่ การขยายภาพ (Zooming) การหมุนภาพ (Rotation) การตัดภาพบางส่วน (Cropping) การสลับตำแหน่งจุดภาพ (Pixel Permutation) และการแทรก/ตัดแถวหรือคอลัมน์ของรูปภาพ (Jitter Attack)

Cryptographic Attacks: เป็นการโจมตีที่พยายามตรวจหาว่ามีลายน้ำอยู่ในสื่อนั้นหรือไม่ และอ่านข่าวสารลับนี้ เป็นการโจมตีที่มุ่งเน้นไปที่การเจาะทำลายระบบความปลอดภัยในสื่อนั้นๆ

Protocol Attacks: เป็นการโจมตีต่อแนวความคิดขั้นตอนวิธีของการแทรกลายน้ำลงในสื่อ ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น Ambiguity Attacks ซึ่งเป็นการโจมตีที่พยายามจะใส่ลายน้ำดิจิตอลของปลอมลงไปเพื่อให้เกิดความสับสน และ Copy Attack (หรือ Estimation-based Attack) ซึ่งพยายามที่จะประมาณ (Estimate) ค่าของลายน้ำหรือของสื่อต้นฉบับจากสื่อที่กำลังตรวจสอบ จากนั้นดัดแปลงข้อมูลที่ได้นี้เพื่อใช้ประโยชน์ใช้งานที่มีประสงค์ต่อไป

อย่างไรก็ตามในบางกรณีเจ้าของสื่ออาจไม่สนใจการโจมตีอีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์จากการโจมตีนี้ เราเรียกลายน้ำประเภทนี้ว่า Fragile Watermarking ซึ่งความเปราะบางต่อการโจมตีเพื่อใช้ตรวจสอบว่ามีความพยายามที่จะกระทำการใดๆ กับสื่อนั้นๆ หรือไม่ สื่อจะยังคงมีคุณค่าถ้าลายน้ำในสื่อนี้ไม่ถูกรบกวน

2.8 การประยุกต์ใช้ลายน้ำ

การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพอาจนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในธุรกิจสิ่งพิมพ์ เพราะหากสัญญาณลายน้ำดิจิตอลมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากระบบดิจิตอลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog) และจากระบบอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital) แล้วการที่จะพิมพ์หน้าปกหนังสือโดยใช้ภาพที่มีสัญลักษณ์ลายน้ำดิจิตอลอยู่ก็จะเป็นไปได้ เพื่อป้องกันการคัดลอกภาพนั้นไปใช้อย่างผิดกฎหมาย หรืออาจนำมาใช้ในการทำธุรกรรมบนอินเตอร์เน็ต (E-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Commerce) เพื่อที่จะป้องกันมิให้รูปภาพที่มีการเผยแพร่หรือจำหน่ายถูกคัดลอกและนำไปใช้อย่างผิดกฎหมาย เพราะบุคคลที่จะทำการคัดลอกก็ย่อมที่จะกลัวการถูกติดตามหรือฟ้องร้องอันเนื่องมาจากสัญญาณลายน้ำที่ซ่อนอยู่ภายในตัวรูปภาพ นอกจากนี้การใช้ภาพที่ไม่ทราบที่มาที่ไปของบุคคลทั่วไปก็จะมีความระมัดระวังมากขึ้นด้วย เพราะถ้าเจ้าของภาพนั้นมาพบและพิสูจน์โดยใช้สัญญาณลายน้ำดิจิตอลที่ซ่อนอยู่ในภาพถึงความเป็นเจ้าของที่ถูกต้องได้ ก็จะสามารถฟ้องร้องต่อบุคคลที่นำภาพดังกล่าวมาใช้งานได้

ในส่วนการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลกับสัญญาณเสียง อาจนำมาประยุกต์ใช้งานกับธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับดนตรี โดยหากทำการใส่สัญญาณลายน้ำที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเพลงที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบของ MP3 ได้ ก็จะสามารถยับยั้งปัญหาในการคัดลอกและเผยแพร่ข้อมูลเพลงเหล่านั้นอย่างผิดกฎหมายได้ในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการทำธุรกรรมทางอินเตอร์เน็ตให้มีความปลอดภัยมากขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในข้อมูลวิดีโอ (อาจพิจารณาเหมือนกับการนำรูปภาพหลายๆรูปมาเรียงต่อกัน) จะช่วยป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ได้ในหลายๆทาง ยกตัวอย่างเช่น ในธุรกิจภาพยนตร์ การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลจะช่วยลดปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์โดยการคัดลอกตัวข้อมูลลงในแผ่นซีดีหรือดีวีดีเพื่อเผยแพร่หรือจัดจำหน่ายอย่างผิดกฎหมาย เพราะหากเจ้าของผลงานค้นพบข้อมูลที่ถูกคัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาตมาก่อน ก็จะสามารถใช้ข่าวสารที่อยู่ภายในสัญญาณลายน้ำที่ติดมากับตัวข้อมูลที่ผิดกฎหมาย ในการตามจับตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษได้ ยิ่งไปกว่านั้นธุรกิจการส่งผ่านข้อมูลวิดีโอผ่านทางระบบเครือข่ายสื่อสาร ยังได้รับการคุ้มครองอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น วิดีโอออนดีมาน (Video-on-Demand)

ในกรณีของการเข้ารหัสลับข้อมูลเพื่อป้องกันบุคคลทั่วไปที่ไม่มีกุญแจรหัสลับเข้ามาใช้งานข้อมูลนั้น เมื่อใดก็ตามที่ข้อมูลได้ถูกถอดรหัสออกมาแล้ว ความปลอดภัยของข้อมูลนั้นก็จะลดลง เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวถูกทำการคัดลอกได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถป้องกันปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูลนั้นได้เลย ดังนั้นเราอาจนำเทคนิคการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลมาประยุกต์ใช้งานร่วมกันกับเทคนิคการเข้ารหัสลับเพื่อให้ข้อมูลมีความปลอดภัยมากขึ้นกว่าเดิม ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างบางส่วนของการประยุกต์ใช้งานลายน้ำในงานด้านต่างๆ

- การป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์โดยแทรกข่าวสารที่ใช้แสดงความเป็นเจ้าของลงในสื่อ
- การติดตามการใช้ การปรับปรุงหรือการคัดลอกสื่อ
- การแทรกคำอธิบายของสื่อลงในสื่อนั้นเพื่อประโยชน์เฉพาะ เช่น ใช้ในการทำดัชนีภาพ
- การแทรกข่าวสารย่อยๆ ลงในสื่อหลัก

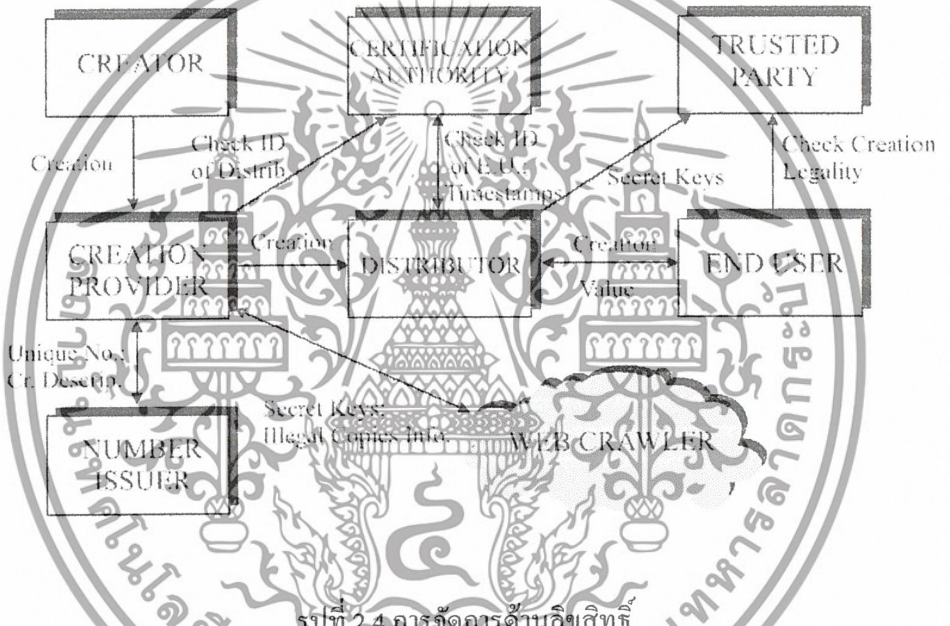
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเฝ้าระวังการกระจายสัญญาณภาพและเสียง (Broadcast Monitoring) เช่น เจ้าของสินค้าหรือบริการหลังการขายต้องการตรวจสอบเวลาการโฆษณา นักแสดงและนักดนตรีเฝ้าระวังผลงานที่ถูกเผยแพร่ และเจ้าของลิขสิทธิ์ตรวจสอบว่ามีการละเมิดหรือไม่

- การตรวจสอบยืนยังความเป็นเจ้าของ (Owner Identification) และพิสูจน์ความเป็นเจ้าของผลงาน (Proof of Ownership)

- การแทรกข้อความแสดงความเป็นเจ้าของลงในสื่อแบบกระจายและต้องการเอกลักษณ์เฉพาะชิ้นงาน (Transactional Watermarks หรือ Fingerprinting)

- การสื่อสารระหว่างกันโดยบุคคลอื่นไม่สามารถตรวจสอบพบ (Convert Communication)



รูปที่ 2.4 การจัดการด้านลิขสิทธิ์

2.9 คุณสมบัติของระบบการมองภาพที่เกี่ยวกับการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอล

คุณสมบัติที่นำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลที่สำคัญได้แก่ ความไวต่อความถี่ (Frequency Sensitivity) ความไวต่อความสว่าง (Luminance Sensitivity) ความไวต่อสี (Chrominance Sensitivity) และ Visual masking ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

- ความไวต่อความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกตาของมนุษย์จะมีประสาทสัมผัสที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ต่ำมากกว่าความถี่สูง ซึ่งในกรณีของรูปภาพ ความถี่จะวัดจากจำนวนพิกเซลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หรืออีกนัยหนึ่ง สายตาของมนุษย์จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปที่มีความละเอียด (Resolution) ต่ำๆ

- ความไวต่อความสว่าง

จะเป็นการวัดถึงสัญญาณรบกวนในฉากหลังว่ามีความเด่นชัดในระดับใด โดยพิจารณาความสว่างของแสง ซึ่ง สายตาของมนุษย์จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพที่มีค่าความสว่างต่ำๆ

- ความไวต่อสี

สำหรับสายตามนุษย์จะมีความไวต่อสีที่เป็นแม่สีหลักทั้ง 3 สีคือ แดง เขียว และน้ำเงิน ต่างกัน โดยสีที่ตาของมนุษย์มีความไวต่อการรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด คือสีน้ำเงิน ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ดังรูป (2.5) แสดงความไวต่อการรับรู้ของสายตามนุษย์ที่มีต่อแม่สีหลัก แดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันได้แก่ 560 530 และ 430 นาโนเมตร

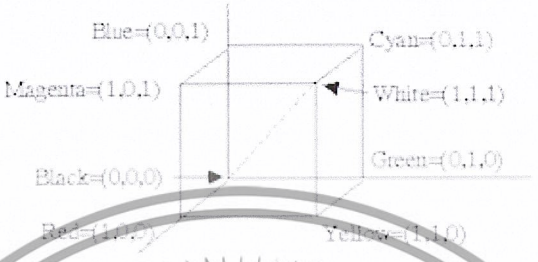
รูปที่ 2.5 เปรียบเทียบความไวของสีต่อสายตา

2.10 แบบจำลองของสีที่ใช้ในการอ้างอิงและแสดงผล

การที่จะแสดงระดับสีสำหรับรูปภาพใดๆจะต้องมีการเลือกใช้แบบจำลองของสี (Color Model) โดยแม่สีหลักนั้นจะแตกต่างกันไปตามแบบจำลองแต่ละชนิด ในการทดลองนี้ได้ใช้แบบจำลองของสีแบบ RGB โดยจะใช้แม่สีหลัก 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในการแสดงสีที่เหลืออยู่ทั้งหมดโดยสามารถแสดงคุณสมบัติในการผสมสีได้ดังรูป (2.6) โดยจุดกำเนิด (R,G,B) = (0,0,0) จะเป็นสีดำ ส่วนที่ตำแหน่ง (1,1,1)จะเป็นสีขาว ขณะที่ตัวเลขในแต่ละแกนก็จะแสดงปริมาณความเข้มของสีที่อยู่ระหว่างตัวเลข 0 ถึง 1 นั้นจะเป็นการแสดงค่าในรูปอัตราส่วนเพื่อที่จะทำให้สามารถแสดงค่าความเข้มของสีได้อย่างอิสระ สำหรับการแสดงสีระดับเทา (Gray Scale) นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสามารถแสดงได้จากเส้นทแยงมุมจากจุดกำเนิด (0,0,0) ที่มีสีดำมาที่ตำแหน่ง (1,1,1) ซึ่งมีสีขาว ส่วนใหญ่แล้วการผสมสีของแบบจำลองสีชนิด RGB นี้จะถูกนำมาใช้ในการแสดงผลทางจอภาพคอมพิวเตอร์ เพราะเป็นการผสมกันของแสงซึ่งตรงกับหลักการผสมกันของแสงสีซึ่งตรงกับหลักการผสมแสงสีเพื่อใช้ในการแสดงผลในจอภาพคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป



รูปที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติในการผสมสี

2.11 รูปแบบของไฟล์ภาพที่ใช้ในการทดลอง

ภาพดิจิตอลสามารถจัดเก็บเป็นไฟล์ได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะ หรือวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

- JPEG (Joint Photographic Experts Group)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บที่แบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาด 8x8 พิกเซล โดยคำนวณการแปลงค่าโคไซน์ ที่ประมาณการเลื่อนค่า Intensity และค่า Hue ภายในบล็อก JPEG ใช้การบีบอัดที่มีการสูญเสียค่อนข้างมาก แต่มีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้กับภาพถ่าย

- BMP (Microsoft Windows Bitmap)

สามารถใช้งานได้กับทุกแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ (Windows) ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับภาพที่ต้องทำงานในหลายๆ แอพพลิเคชั่น BMP เป็นรูปแบบไฟล์ที่ไม่มีการบีบอัดดังนั้นจึงมีขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับไฟล์แบบอื่นๆ

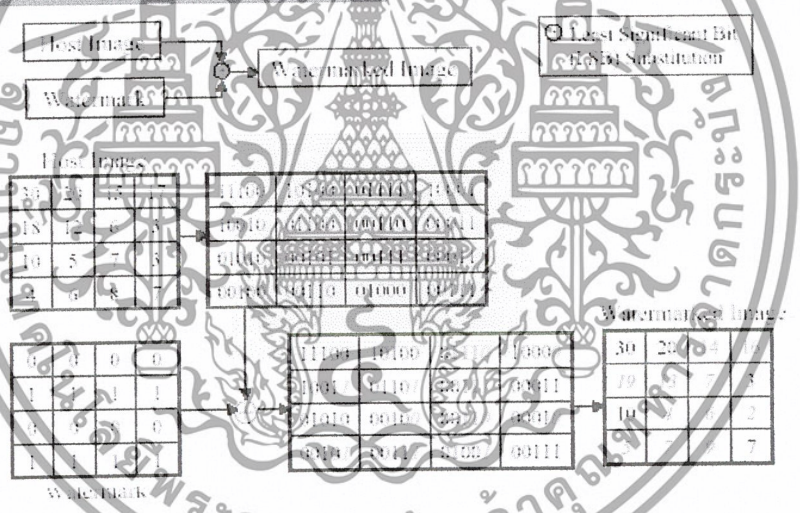
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ประเภทของการทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

อัลกอริทึม(Algorithm) ที่ใช้ในการทำลายน้ำ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.12.1 การทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)

กระทำโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มหรือค่าสีของบางพิกเซล โดยตรง ตัวอย่างง่ายๆ เช่น การสลับค่า LSB ของพิกเซลบางพิกเซล (วิธีนี้จะได้ผลมากถ้าหากภาพดังกล่าวไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไข) หรือมีการนำภาพอีกภาพหนึ่งมาเป็นลายน้ำ โดยวางซ้อนกับภาพเดิมและมีการเพิ่มความเข้มของพื้นที่บางส่วนของลายน้ำเพื่อให้เกิดรูปแบบ (Pattern) บางอย่างที่มีความหมาย ข้อเสียของการทำลายน้ำแบบนี้ คือ ลายน้ำจะถูกทำลายได้ด้วยวิธีการตัดบางส่วนของภาพออกมา หรือ ในบางเทคนิคนั้นลายน้ำไม่คงทน เมื่อภาพถูกบีบอัด หรือได้รับการรบกวนบางอย่าง เช่น JPEG Compression หรือ Gaussian Noise

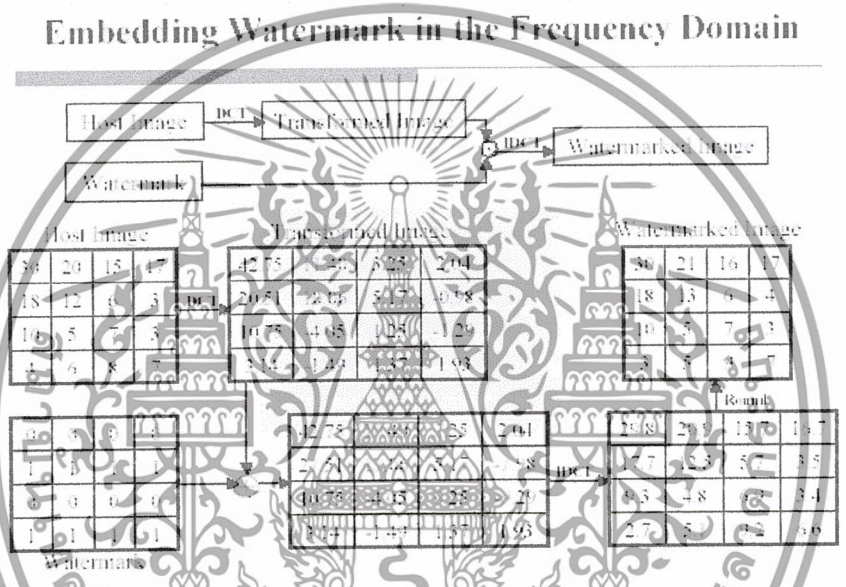


รูปที่ 2.7 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 การทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)

คือ การเปลี่ยนแปลงแก้ไข Transformed co-efficiency ของรูปภาพ เช่น Fast Fourier Transform (FFT) หรือ Discrete Cosine Transform (DCT) เช่นเดียวกับการทำลายน้ำดิจิตอล ใน Spatial Domain ค่าใน Frequency Domain จะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากว่าในกระบวนการ Compression ทำให้องค์ประกอบในย่าน High frequency บางส่วนหายหรือถูกลดทอนไป ลายน้ำจะถูกแทรกอยู่ในย่าน Low frequency หรือจะให้ดีว่านั้นคือแทรกลายน้ำ ในย่านความถี่ที่ถือได้ว่าเป็น Important information



รูปที่ 2.8 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)

2.12.3 การทำลายน้ำในส่วนคลื่น (Wavelet-domain techniques)

แปลงภาพโดยใช้ DWT (Discrete Wavelet Transform) ซึ่งแบ่งภาพออกเป็นภาพที่มีรายละเอียด (Resolution) น้อยลง ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน เพื่อให้สามารถแทรกลายน้ำได้มาขึ้นในพื้นที่ที่มีผลกระทบน้อยๆ (Less sensitive) ซึ่งเพิ่มความแข็งแรงให้กับลายน้ำ เป็นเทคนิคที่ค่อนข้างแม่นยำกว่า DFT และ DCT ในเรื่องมุมมอง (Aspect) ของภาพ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นที่ค่า Coefficient ของภาพที่แปลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.13 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพที่ใช้ในการทดลอง

2.13.1 การทำสเกลลิ่ง (Scaling)

เนื่องจากภาพระดับสีเทา (Gray Scale) จะแสดงค่าได้อยู่ในช่วง [0 255] และการทำ Scaling ก็คือการกระจายขอบเขต (Length) ของภาพ ให้อยู่ในช่วง [0 255] โดยใช้สูตร

$$I'(x,y) = [I(x,y)+a]*b \qquad (2.5)$$

โดยที่ $a = -\min(I)$

$b = 255/[\max(I)-\min(I)]$

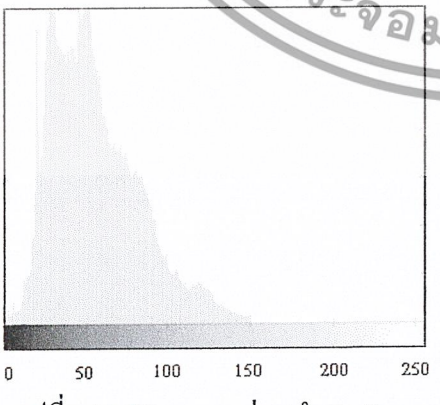
$I'(x,y)$ = ภาพ Output

$I(x,y)$ = ภาพ Input

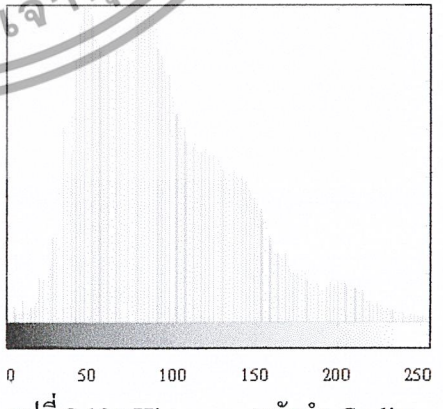
ตัวอย่างการทำ Scaling

รูปที่ 2.9 ก่อนทำ Scaling

รูปที่ 2.10 หลังทำ Scaling



รูปที่ 2.9ก Histogram ก่อนทำ Scaling

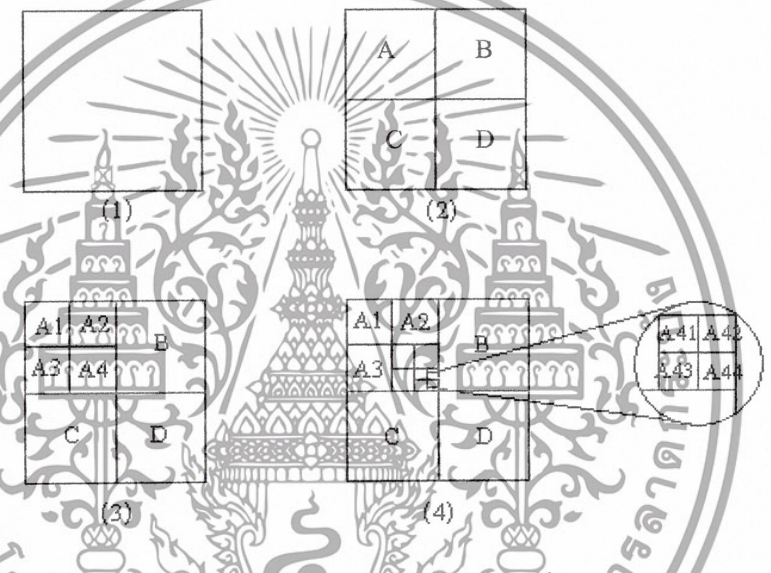


รูปที่ 2.10ข Histogram หลังทำ Scaling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62043

2.13.2 ควอดทรีพาร์ติชั่น (Quadtree Partition)

คือเทคนิคการแบ่งบล็อกของภาพออกเป็นกลุ่มๆ ตามค่าความแปรปรวนที่กำหนดไว้ เช่น ภาพๆหนึ่ง มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ภาพก็จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ทำให้ได้บล็อก 4 บล็อก จากนั้นนำภาพในแต่ละบล็อกที่ได้มาหาค่าความแปรปรวนอีกโดยเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้เช่นเดิม และถ้าภาพในบล็อกใดมีค่าความแปรปรวนสูงกว่าที่กำหนดไว้ บล็อกนั้นๆก็จะต้องแบ่งย่อยออกไปอีก 4 บล็อก และนำไปหาค่าความแปรปรวนเพื่อเทียบกับค่าที่กำหนดไว้อีก ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าความแปรปรวนในแต่ละบล็อกจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ บล็อกนั้นๆ ก็จะไม่ถูกแบ่งอีกต่อไป แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้



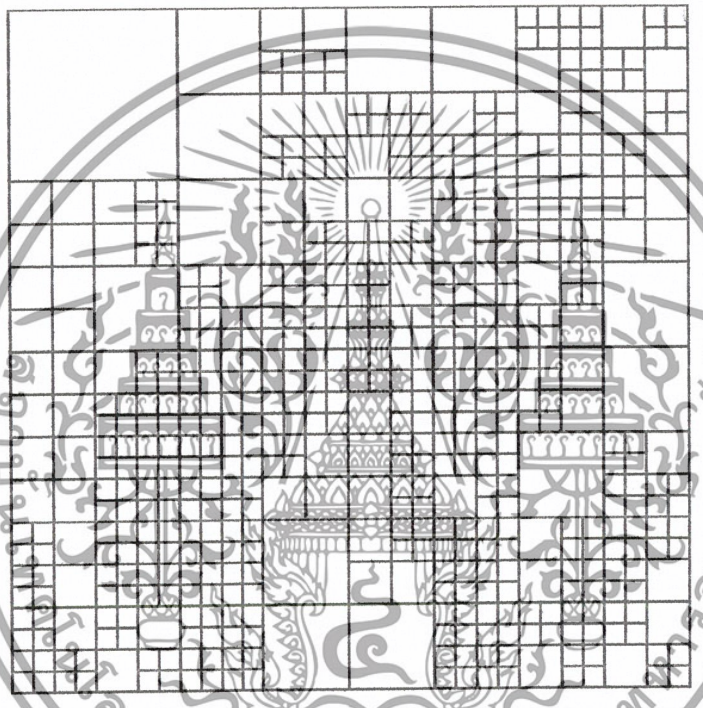
รูปที่ 2.11 วิธีการแบ่งบล็อกด้วยวิธี ควอดทรี พาร์ติชั่น

จากรูป สมมติให้ค่าความแปรปรวนที่กำหนดไว้มีค่าเป็น 150 และจากรูปที่ 1 สมมติให้เป็นภาพขนาด 16x16 พิกเซล ที่มีค่าความแปรปรวนเป็น 250 ซึ่งสูงกว่าค่าทีกำหนดไว้ จึงต้องถูกแบ่งออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆ กันดังรูปที่ 2 คือ A, B, C และ D โดยแต่ละบล็อกจะมีขนาด 8x8 พิกเซล จากนั้นหาค่าความแปรปรวนของแต่ละบล็อก สมมติให้ค่าความแปรปรวนของแต่ละบล็อกที่ได้มีค่าดังนี้ A=225, B=120, C=90 และ D=135 แล้วนำมาเทียบกับค่าที่กำหนดไว้คือ 150 จะเห็นว่ามีบล็อก A เพียงบล็อกเดียวเท่านั้นที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่า 150 จึงต้องแบ่งบล็อก A ออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆ กันดังรูปที่ 3 คือ A1, A2, A3 และ A4 ทำการหาค่าความแปรปรวนของแต่ละบล็อกเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความแปรปรวนที่กำหนดไว้อีกครั้ง ซึ่งพบว่ามีเพียงบล็อก A4 เท่านั้นที่มีค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรปรวนสูงกว่า 150 จึงทำการแบ่งบล็อก A4 ออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆกันคือ A41, A2, A43 และ A44 ดังรูปที่ 4 ทำการหาค่าความแปรปรวนของบล็อกทั้ง 4 อีกครั้ง เมื่อพบว่าไม่มีบล็อกใดแล้วที่มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้คือ 150 จึงเป็นการสิ้นสุดกระบวนการการแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรีพาร์ติชั่น แล้วนั่นเอง

ในการทำภาพลายน้ำ เราจะทำการแบ่งภาพต้นแบบออกเป็นบล็อกๆ โดยใช้เทคนิค ควอดทรีพาร์ติชั่น นี้ โดยเราจะหาค่าความแปรปรวนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้จำนวนบล็อกมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนพิกเซลของภาพลายน้ำเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.3 ค่าความแปรปรวน

$$V = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Xi - \overline{X}\right)^2 \qquad (2.6)$$

โดยที่ V คือ ค่าความแปรปรวน (Variance)

Xi คือ ค่าความเข้มของพิกเซลแต่ละตัว

X คือ ค่าเฉลี่ยพิกเซลในกลุ่ม

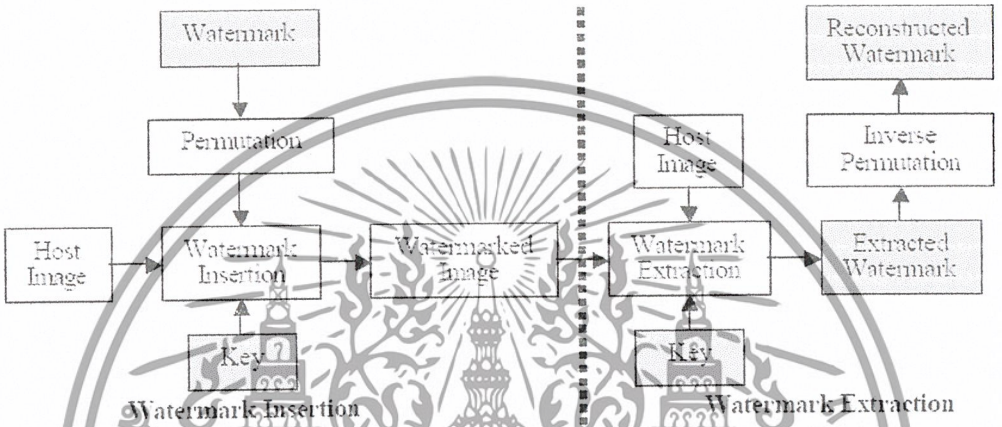
n คือ จำนวนพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การแทรกลายน้ำ

3.1 ขั้นตอนการทำงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงาน

จากรูป อธิบายเป็นขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. นำภาพต้นแบบไปแบ่งเป็นบล็อกๆ ให้มีจำนวนบล็อกมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนพิกเซลของภาพลายน้ำเพียงเล็กน้อย โดยแบ่งแบบควอดทรี พาร์ติชั่น ที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ขั้นตอนที่ 2. นำภาพลายน้ำมาทำการสลับตำแหน่งพิกเซล (Permutation) ก่อนที่จะทำการฝังลงไปในภาพต้นแบบ เพื่อความยากในการถอดรหัสกลับคืน

ขั้นตอนที่ 3. เข้าสู่กระบวนการฝังลายน้ำลงบนภาพต้นแบบ (Insertion) โดยจะมีรหัสลับ (Key) เพื่อใช้เป็นตัวป้องกัน และภาพที่ได้จะต้องมีความเปลี่ยนแปลงทางสายตาน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4. เป็นกระบวนการถอดลายน้ำ (Extraction) โดยเราจะใช้ภาพต้นแบบ และรหัสลับเป็นตัวถอดลายน้ำกลับคืนมา

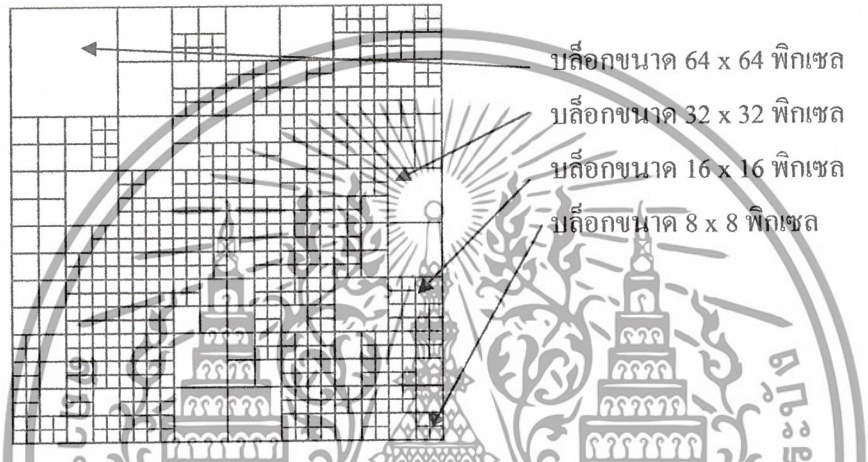
ขั้นตอนที่ 5. เมื่อได้ภาพลายน้ำมาแล้ว จะต้องทำการสลับตำแหน่งพิกเซลกลับคืน (Inverse-Permutation) จึงจะได้ภาพลายน้ำที่ถูกต้องกลับคืนมา

ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น

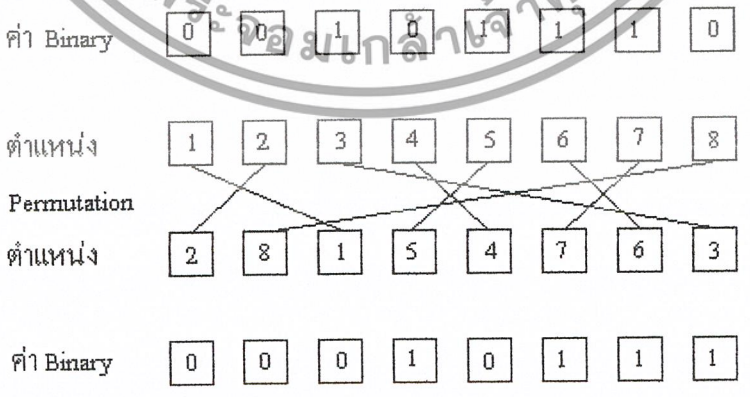
วิธีนี้จะใช้ค่าความแปรปรวน ในการแบ่งบล็อก คือถ้าบริเวณไหนมีค่าความแปรปรวนมาก บล็อกที่ได้ก็จะเล็ก และถ้าบริเวณไหนมีค่าความแปรแรวนน้อย บล็อกที่ได้ก็จะใหญ่ โดยถ้าเราแบ่งเป็นบล็อกใหญ่ จะทำให้ภาพที่ใส่ลายน้ำแล้วมีความเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัด แต่จะมีความคงทนต่อการโจมตีสูง ในทางตรงกันข้ามถ้าบล็อกที่แบ่งมีขนาดเล็กภาพที่ได้จะมีความเปลี่ยนแปลงน้อย แต่จะมีความคงทนต่อการโจมตีต่ำ และจากการทดลองพบว่าค่าที่เหมาะสมคือให้บล็อกที่ใหญ่ที่สุดมีขนาด 64x64 พิกเซล และบล็อกที่เล็กที่สุดมีขนาด 8x8 พิกเซล



รูปที่ 3.2 การแบ่งบล็อกแบบ ควอดทรี พาร์ติชั่น

3.1.2 การสลับตำแหน่งพิกเซลลายน้ำ

ก่อนทำการฝังลายน้ำลงในภาพต้นแบบ เพื่อความปลอดภัยและยากต่อการถูกถอดรหัสลายน้ำ เราจึงต้องป้องกันโดยการสลับตำแหน่งพิกเซลลายน้ำเสียก่อน (Permutation) โดยกำหนดค่าคงที่เพื่อใช้ในการสุ่ม (Randoim) และใช้ค่าคงที่นั้นในการสลับตำแหน่งลายน้ำกลับคืนมา



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการสุ่มด้วยค่าคงที่เท่ากับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การฝังภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบ

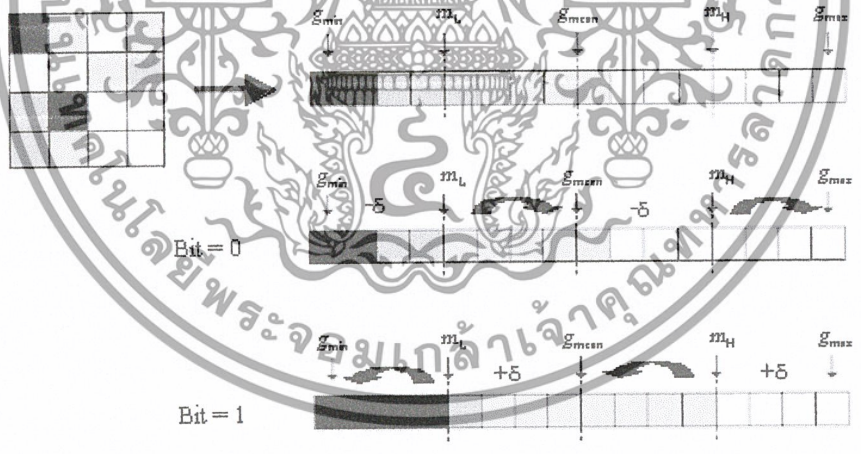
ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งประเภทของภาพต้นแบบและภาพลายน้ำออกเป็น 2 แบบ คือ

1. ภาพต้นแบบเป็นภาพสี ภาพลายน้ำเป็นภาพขาวดำ
2. ภาพต้นแบบและภาพลายน้ำเป็นภาพสี

วิธีการฝังภาพลายน้ำ ใช้วิธีของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE An adaptive digital image watermarking technique for copyright protection ดังนี้

1. จัดเรียงค่าความเข้มแสงในแต่ละบล็อกจากน้อยไปหา
2. คำนวณหาค่า g_{min}, m_L, g_{mean}, m_H, และ g_{max} ของความเข้มแสงในแต่ละบล็อก
3. ปรับค่าความเข้มแสงในแต่ละบล็อก โดยแบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้
   - บล็อกใดตรงกับบิต 0 ของภาพลายน้ำ ให้ทำการปรับค่าความเข้มแสงลดลงในระดับที่สายตามนุษย์ไม่สามารถเห็นได้
   - บล็อกใดตรงกับบิต 1 ของภาพลายน้ำ ให้ทำการปรับค่าความเข้มแสงเพิ่มขึ้นในระดับที่สายตามนุษย์ไม่สามารถเห็นได้

วิธีปรับความเข้มแสง



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดลำดับความเข้มแสงภายในบล็อก

บิต 0 $g_{new} = g_{mean}$ ถ้า $m_L < g < g_{mean}$

$g_{new} = g_{max}$ ถ้า $m_H < g < g_{max}$

$g_{naw} = g-\delta$ ถ้า g ไม่อยู่ในช่วงทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 1 $g_{new} = g_{min}$ ถ้า $g_{min} < g < m_L$

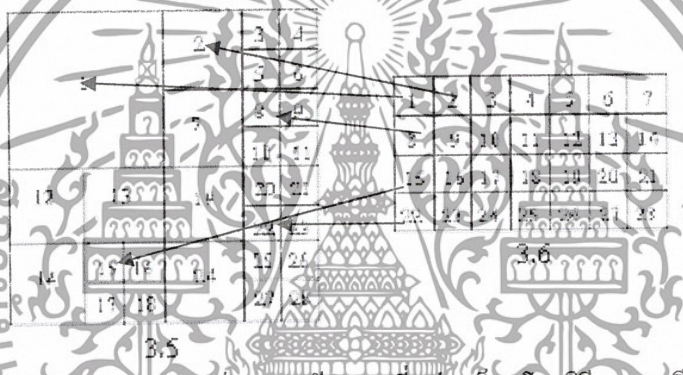
$g_{new} = g_{mean}$ ถ้า $m_L < g < g_{mean}$

$g_{naw} = g+\delta$ ถ้า g ไม่อยู่ในช่วงทั้งสอง

โดย δ คือค่าความเข้มสูงสุดที่จะเปลี่ยนได้ โดยที่

$$\delta = \max [Cmin, \alpha(g_{max}-g_{min})]$$

ในขั้นตอนนี้ เราจะต้องรู้ตำแหน่งของบล็อกในภาพต้นแบบว่า จะนำพิกเซลในตำแหน่งใดของภาพลายน้ำมาทำการซ้อนลายน้ำ โดยเรียงตำแหน่งบล็อกในภาพต้นแบบจากซ้ายไปขวา - จากบนลงล่าง และนำภาพลายน้ำที่มีตำแหน่งตรงกับภาพต้นแบบมาทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของภาพต้นแบบ



รูปที่ 3.5 คือ ตำแหน่งของบล็อกภาพต้นแบบที่แบ่งบล็อกโดยวิธีควอดทรี พาร์ติชั่น

รูปที่ 3.6 คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพลายน้ำที่ทำการสลับพิกเซลแล้ว

วิธีของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee นั้นภาพต้นแบบที่ใช้จะเป็นภาพระดับสีเทา และภาพลายน้ำเป็นภาพขาวดำ

จากการทดลองกับภาพต้นแบบที่เป็นภาพสีพบว่า วิธีของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee นั้น ภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดถ้าค่าความเข้มของแสงที่ปรับไปให้เท่าค่า g_{min}, g_{mean} หรือ g_{max} มีค่าต่างกับ g_{min}, g_{mean} หรือ g_{max} มาก จึงทำการปรับใหม่ คือ ถ้าภาพต้นแบบตรงกับบิตที่เป็น 1 ของภาพลายน้ำ ให้ $g_{new} = g+\delta$ และถ้าตรงกับบิตที่เป็น 0 ให้ $g_{new} = g-\delta$ โดย δ คือค่าความเข้มสูงสุดที่จะเปลี่ยนได้หาได้ดังนี้

$$\delta = \max [Cmin, \alpha(g_{max}-g_{min})]$$

โดยที่ Cmin มีค่าเท่ากับ 1 และ α มีค่าเท่ากับ 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสายตาน้อยกว่า เรียกว่าวิธีบวก-ลบ ทุกพิกเซล โดยจะใช้หลักการและวิธีการฝังภาพลายน้ำเช่นเดียวกันกับภาพในระดับสีเทา ต่างกันที่ใช้วิธีการฝังภาพลายน้ำแบบ วิธีบวก-ลบทุกพิกเซล และเนื่องจากภาพสีประกอบด้วย ชั้น (layer) 3 ชั้น คือ ชั้นที่เป็นสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) เรียกสั้นๆ ว่า RGB ซึ่งต่างจากภาพระดับสีเทาที่มีเพียงชั้นเดียว โดยวิธีการที่ทำคือ จะทำการฝังลายน้ำลงไปในภาพต้นแบบเพียงชั้นเดียว ในกรณีที่ภาพลายน้ำเป็นภาพขาวดำ โดยเราเป็นคนเลือกว่าจะฝังลงไปในชั้นไหน และตามทฤษฎีแล้วควรจะฝังลงไปในชั้นสีน้ำเงินเนื่องจาก สายตาของมนุษย์จะไวต่อสีน้ำเงินน้อยที่สุด จึงจะทำให้ภาพที่ได้มีความเปลี่ยนแปลงต่อสายตาน้อยที่สุด และในกรณีที่ภาพลายน้ำเป็นภาพสี ซึ่งภาพลายน้ำจะมี 3 ชั้น เช่นเดียวกับภาพต้นแบบ เราจะทำการฝังภาพลายน้ำในชั้นที่ 1 ลงในชั้นที่ 1 ของภาพต้นแบบ ,ฝังลายน้ำในชั้นที่ 2 ลงในชั้นที่ 2 ของภาพต้นแบบ และฝังลายน้ำชั้นที่ 3 ลงในชั้นที่ 3 ของภาพต้นแบบ โดยภาพลายน้ำจะมีเพียง 8 สี คือ สีดำ (0,0,0) , สีน้ำเงิน (0,0,255) ,สีเขียว (0,255,0) ,สีฟ้า (0,255,255) ,สีแดง (255,0,0) ,สีม่วง (255,0,255) ,สีเหลือง (255,255,0) และสีขาว (255,255,255)

3.1.4 การถอดภาพลายน้ำ

เนื่องจากภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้วจะมีค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลเปลี่ยนไป ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถนำค่าความต่างนี้มาเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบเดิมเพื่อให้ได้ภาพลายน้ำออกมา

1. นำภาพที่ใส่ลายน้ำแล้วมาทำการแบ่งบล็อกให้มีขนาดเท่ากันกับภาพต้นแบบ แล้วนำค่าผลรวมความเข้มแสงของแต่ละบล็อกมาเปรียบเทียบกัน จะทำให้รู้ว่าค่าไบนารี่ของภาพลายน้ำ ณ ตำแหน่งนั้น ว่ามีค่าเป็น 0 หรือ 1 โดยถ้าผลรวมความเข้มแสงของภาพที่ใส่ลายน้ำแล้วมีค่ามากกว่าภาพต้นแบบเดิม แสดงว่า ณ ตำแหน่งนั้นภาพลายน้ำมีค่าเป็น 1 แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจะเป็น 0
2. ตำแหน่งพิกเซลลายน้ำที่ได้มาจะยังไม่ถูกต้อง เราต้องทำการสลับตำแหน่งของค่าพิกเซลลายน้ำกลับคืนเสียก่อน (Inverse Permutation) จึงจะได้ภาพลายน้ำที่ถูกต้องสมบูรณ์

เปรียบเทียบความแตกต่างของภาพที่ได้ใส่ลายน้ำแล้วกับภาพต้นฉบับได้โดยใช้ค่า MSE (Mean Square Error) โดยถ้าค่า MSE น้อย แสดงว่าภาพทั้ง 2 ภาพมีความเหมือนกันมาก แต่ถ้าค่า MSE มาก แสดงว่าภาพทั้ง 2 มีความเหมือนกันน้อย

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|XNi - XOi\right|$$

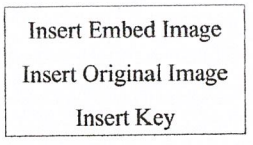
โดยที่ XO คือ ภาพต้นแบบเดิม
XN คือ ภาพที่ใส่ลายน้ำแล้ว
n คือ จำนวนพิกเซล

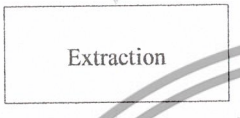
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

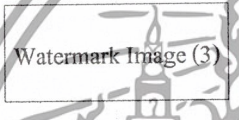
3.2 โฟลว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการทำงาน

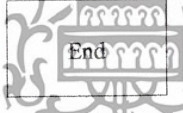
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 ถอดลายน้ำ
(Extraction)

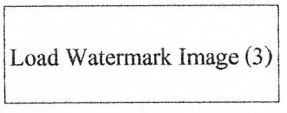


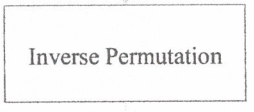


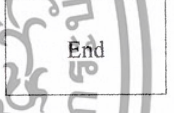




ขั้นตอนที่ 5 สลับพิกเซลลายน้ำคืน
(Inverse Permutation)







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

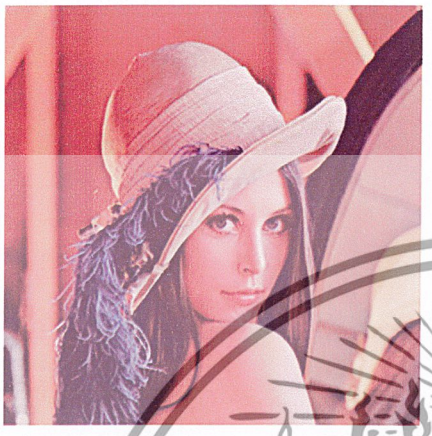
ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของการทำภาพลายน้ำดิจิตอล โดยผ่านการโจมตีแบบต่างๆ ได้โดย

1. นำภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้ว ไปผ่านการประมวลผลแบบต่างๆ ดังนี้
   - ปรับขนาดภาพ (Resize)
   - หมุนภาพ (Rotation)
   - ตัดภาพ (Cropping)
   - บีบอัดภาพแบบ JPEG 75%
   - บีบอัดภาพแบบ JPEG 50%
   - บีบอัดภาพแบบ JPEG 25%
   - ทำภาพเบลอแบบ Gaussian (Blur)
2. นำภาพที่ผ่านการประมวลผลแบบต่างๆ แล้ว (จากข้อ 1) มาทำการถอดภาพลายน้ำ แล้วเปรียบเทียบดูว่า ภาพลายน้ำที่ถอดออกมาได้มีความถูกต้องกี่เปอร์เซนต์ โดยเปรียบเทียบกับลายน้ำต้นฉบับ

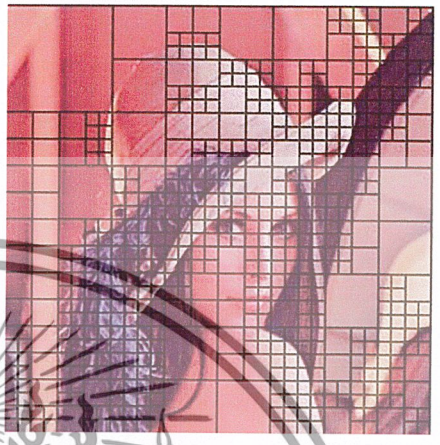
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ภาพต้นแบบเป็นภาพสี ภาพลายน้ำเป็นภาพขาวดำ

เปรียบเทียบ 2 วิธี ระหว่างวิธีของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee กับวิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล



4.1.1A



4.1.2A

รูปที่ 4.1.1A ภาพต้นแบบ A

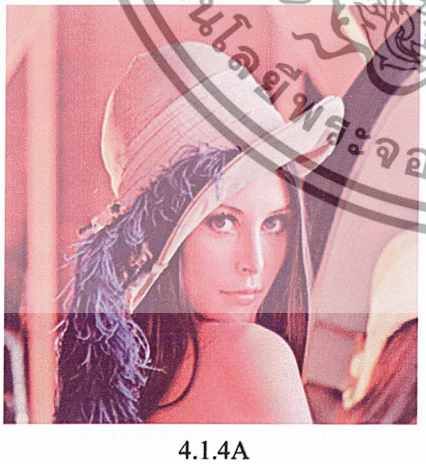
รูปที่ 4.1.2A ภาพต้นแบบ A ที่แบ่งบล็อกแล้ว

รูปที่ 4.1.3 ภาพลายน้ำ

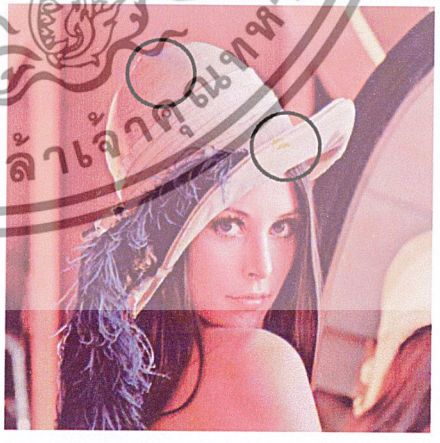
รูปที่ 4.1.4A ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ Mr. Chang- Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ค่า MSE=25.3625

รูปที่ 4.1.5A ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ บวก-ลบ ทุกพิกเซล ค่า MSE=5.3305

4.1.3



4.1.4A

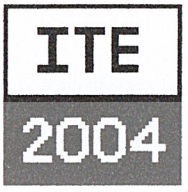
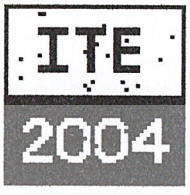
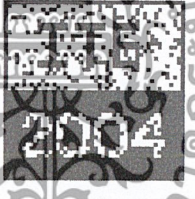
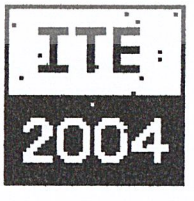


4.1.5A

โดยจุดที่วงไว้คือ จุดที่ภาพแตกต่างจากภาพต้นแบบไปมากอย่างเห็นได้ชัด

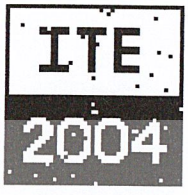
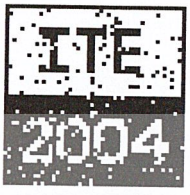
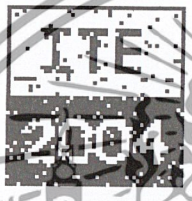
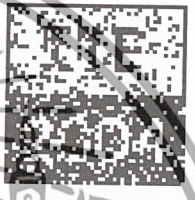
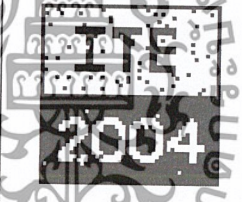
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงและเปรียบทียบผลการทดลองภาพ A

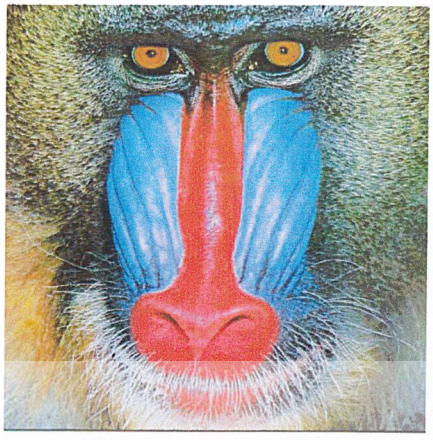
รูปแบบการโจมตี	วิธี Mr. Chang และ Mr. Yeuan		วิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล	
	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
ปรับขนาดภาพ (256x256)		100%		98.96%
หมุนภาพ 27° (512x512)		99.91%		98.35%
ตัดภาพ (512x365)		91.10%		90.28%
ตัดภาพ (369x380)		82.07%		81.77%
บีบอัดแบบ JPEG 75% (512x512)		99.91%		99.39%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

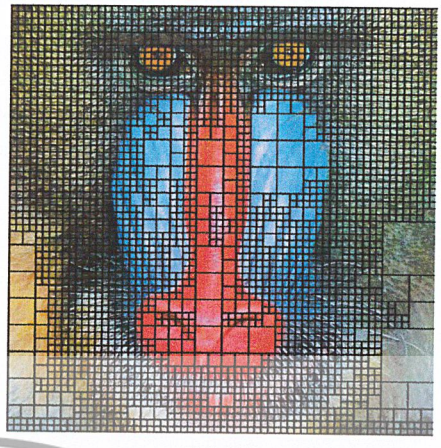
ตารางแสดงและเปรียบเทียบผลการทดลองภาพ A (ต่อ)

รูปแบบการโจมตี	วิธี Mr. Chang และ Mr. Yeuan		วิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล	
	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
บีบอัดแบบ JPEG 50% (512x512)		98.57%		93.40%
บีบอัดแบบ JPEG 25% (512x512)		93.10%		80.77%
ทำภาพเบลอแบบ Gaussian (512x512)		99.57%		96.61%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.1.1B



4.1.2B

รูปที่ 4.1.1B ภาพต้นแบบ B

รูปที่ 4.1.2B ภาพต้นแบบ B ที่แบ่งบล็อกแล้ว

รูปที่ 4.1.3 ภาพลายน้ำ

รูปที่ 4.1.4B ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ Mr. Chang- Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ค่า MSE=224.836

รูปที่ 4.1.5B ภาพที่ฝังลายน้ำแบบ บวก-ลบ ทุกพิกเซล ค่า MSE=42.1395

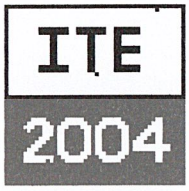
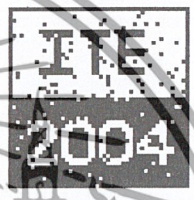
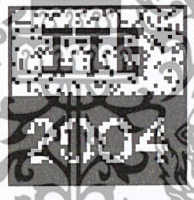
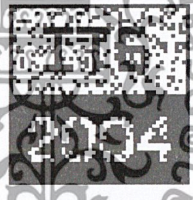
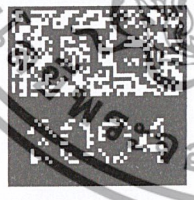
4.1.3

4.1.4B

4.1.5B

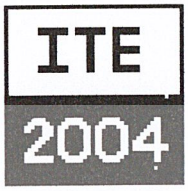
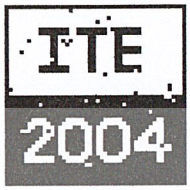
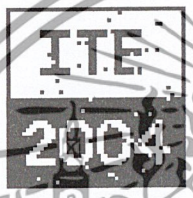
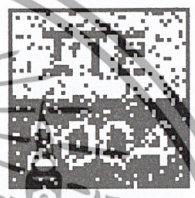
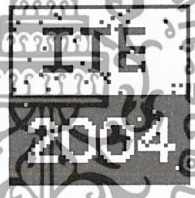
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงและเปรียบทียบผลการทดลองภาพ B

รูปแบบการโจมตี	วิธี Mr. Chang และ Mr. Yeuan		วิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล	
	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
ปรับขนาดภาพ (256x256)		100%		99.82%
หมุนภาพ 27° (512x512)		99.91%		94.70%
ตัดภาพ (512x365)		89.97%		87.93%
ตัดภาพ (369x380)		76.95%		77.52%
บีบอัดแบบ JPEG 75% (512x512)		100%		99.95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

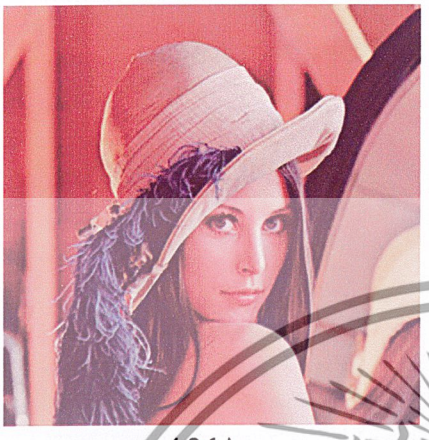
ตารางแสดงและเปรียบเทียบผลการทดลองภาพ B (ต่อ)

รูปแบบการโจมตี	วิธี Mr. Chang และ Mr. Yeuan		วิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล	
	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
บีบอัดแบบ JPEG 50% (512x512)		99.91%		98.43%
บีบอัดแบบ JPEG 25% (512x512)		97.91%		87.36%
ทำภาพเบลอแบบ Gaussian (512x512)		99.52%		97.61%

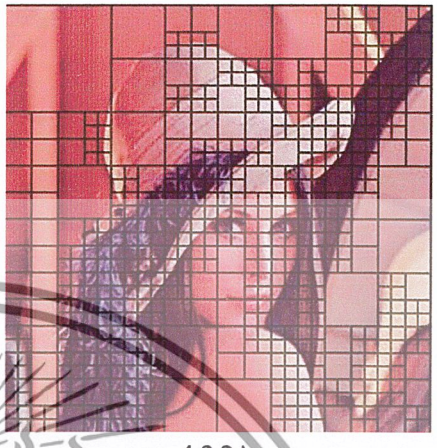
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ภาพต้นแบบและภาพลายน้ำเป็นภาพสี

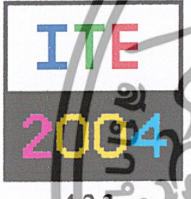
ใช้วิธีบวก-ลบ ทุกพิกเซล



4.2.1A



4.2.2A



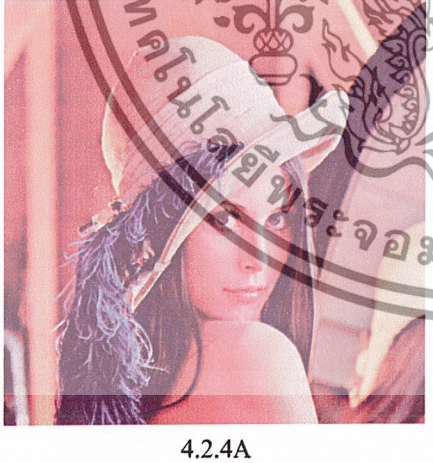
4.2.3

รูปที่ 4.2.1A ภาพต้นแบบ A

รูปที่ 4.2.2A ภาพต้นแบบ A ที่แบ่งบล็อกแล้ว

รูปที่ 4.2.3 ภาพลายน้ำ

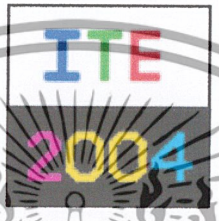
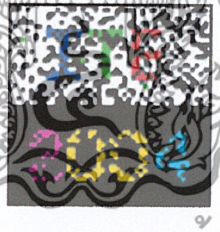
รูปที่ 4.2.4A ภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว ค่า MSE=6.3796



4.2.4A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองภาพ A

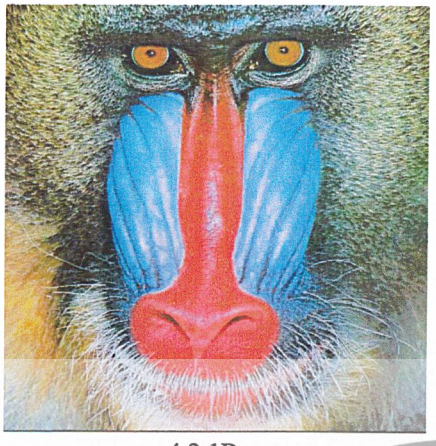
รูปแบบการโจมตี	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
ปรับขนาดภาพ (256x256)		98.57%
หมุนภาพ 90° (512x512)		100%
ตัดภาพ (512x365)		89.54%
ตัดภาพ (369x380)		80.19%
บีบอัดแบบ JPEG 75% (512x512)		97.83%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

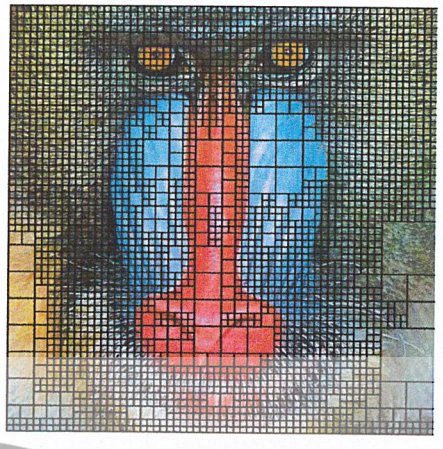
ตารางแสดงผลการทดลองภาพ A (ต่อ)

รูปแบบการโจมตี	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
Jpeg 50% (512x512)		90.63%
Jpeg 25% (512x512)		72.96%
ทำภาพเบลอ แบบ Gaussian (512x512)		93.23%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

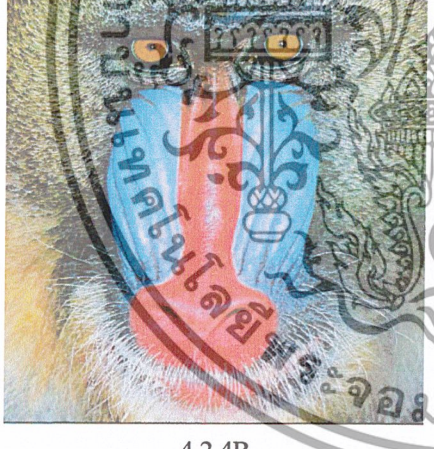


4.2.1B



4.2.2B

4.2.3



4.2.4B

รูปที่ (4.2.1B) ภาพต้นแบบ B

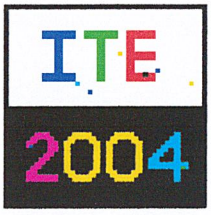
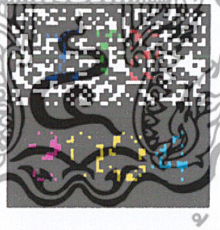
รูปที่ (4.2.2B) ภาพต้นแบบ B ที่แบ่งบล็อกแล้ว

รูปที่ (4.2.3) ภาพลายน้ำ

รูปที่ (4.2.4B) ภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว ค่า MSE=44.6558

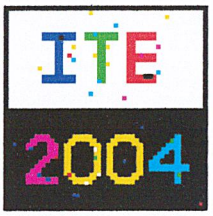
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองภาพ B

รูปแบบการโจมตี	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
ปรับขนาดภาพ (256x256)		99.65%
หมุนภาพ 27° (512x512)		85.72%
ตัดภาพ (512x365)		84.72%
ตัดภาพ (369x380)		67.40%
บีบอัดแบบ JPEG 75% (512x512)		99.91%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองภาพ B (ต่อ)

รูปแบบการโจมตี	ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืน	เปอร์เซนต์ความถูกต้อง
Jpeg 50% (512x512)		98.18%
Jpeg 25% (512x512)		93.23%
ทำภาพเบลอ แบบ Gaussian (512x512)		96.14%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อ

5.1 สรุป

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้รับการฝังลายน้ำแล้ว มีความคงทนค่อนข้างสูง เมื่อผ่านการประมวลผลรูปแบบต่างๆ

เปรียบเทียบระหว่างวิธี Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee กับวิธี บวก-ลบ ทุกพิกเซล พบว่า วิธีของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee นั้นภาพลายน้ำจะมีความคงทนมากกว่า แต่ก็จะมีความเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า เมื่อเทียบกับภาพต้นแบบด้วย โดยเปรียบเทียบด้วยค่า MSE และโดยเฉพาะในบางจุดจะสังเกตเห็นได้ด้วยสายตาอย่างชัดเจน

สาเหตุที่ไม่สามารถถอดภาพลายน้ำกลับคืนมาได้ถูกต้อง 100%

- การปรับขนาดภาพ, หมุนภาพ

เนื่องจากเวลาลดขนาดภาพ หรือหมุนภาพ จะทำให้เกิดความสูญเสียในรายละเอียดของแต่ละพิกเซลของภาพ โดยในส่วนที่สูญเสียไปทำให้ไม่สามารถถอดลายน้ำกลับคืนมาได้อย่างสมบูรณ์

- การตัดภาพ

เนื่องภาพได้ถูกตัดหายไปบางส่วน เมื่อถอดภาพลายน้ำออกมา จุดที่เป็นสีดำกระจายอยู่ก็คือส่วนของภาพที่ถูกตัดออกไป

- การบีบอัด JPEG

การบีบอัดภาพแบบ JPEG กระทำโดยการแปลง DCT (Discrete Cosine Transform)โดยจะเก็บเฉพาะรายละเอียดที่สำคัญๆ ของภาพไว้ (ค่า Coefficience สูงๆ) และจะตัดส่วนที่เหลือออก โดยส่วนที่ถูกตัดออกทำให้ไม่สามารถถอดลายน้ำกลับคืนมาได้อย่างสมบูรณ์

JPEG 75% คือ การเก็บรายละเอียดไว้ 3 ใน4 ของภาพ (ทิ้ง 1 ส่วน)

JPEG 50% คือ การเก็บรายละเอียดไว้ 2 ใน4 ของภาพ (ทิ้ง 2 ส่วน)

JPEG 25% คือ การเก็บรายละเอียดไว้ 1 ใน4 ของภาพ (ทิ้ง 3 ส่วน)

- การทำภาพเบลอ

เป็นการนำมาส์ค (mask) แบบ Lowpass Filter ไปวิ่งบนรูป ทำให้รายละเอียดของภาพเปลี่ยนไป เป็นผลให้ไม่สามารถถอดลายน้ำกลับคืนมาได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. ทำการศึกษาการทำภาพลายน้ำดิจิตอลหลายๆ วิธี และนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อให้ภาพลายน้ำมีความคงทนมากขึ้น และควรให้มีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ

2. ในขั้นตอนการฝังลายน้ำลงในภาพต้นแบบนั้น นอกจากจะทำการสลับพิกเซลลายน้ำแล้ว อาจทำการเข้ารหัส (Encode) ต่อด้วย ก็จะสามารถเพิ่มความยากแก่การถอดลายน้ำมากขึ้น

3. จะเป็นการดีกว่านี้ ถ้าหากไม่ต้องใช้ภาพต้นแบบในกระบวนการถอดภาพลายน้ำ เพราะจะทำให้สะดวก และดูน่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Mr. Chang-Hsing Lee and Mr. Yeuan-Kuen Lee : "An adaptive digital image watermarking technique for copyright protection" ,IEEE Transactions on Costumer Electronics, Vol.45, No.4, November 1999

[2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods : "Digital Image Processing" 2nd , New Jersey, Prentice Hall, Inc.2001

[3] มนัส สังวรศิลป์, วรรัตน์ ภัทรอมรกุล : "คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์", กรุงเทพฯ, อินโฟเพลส, 2543

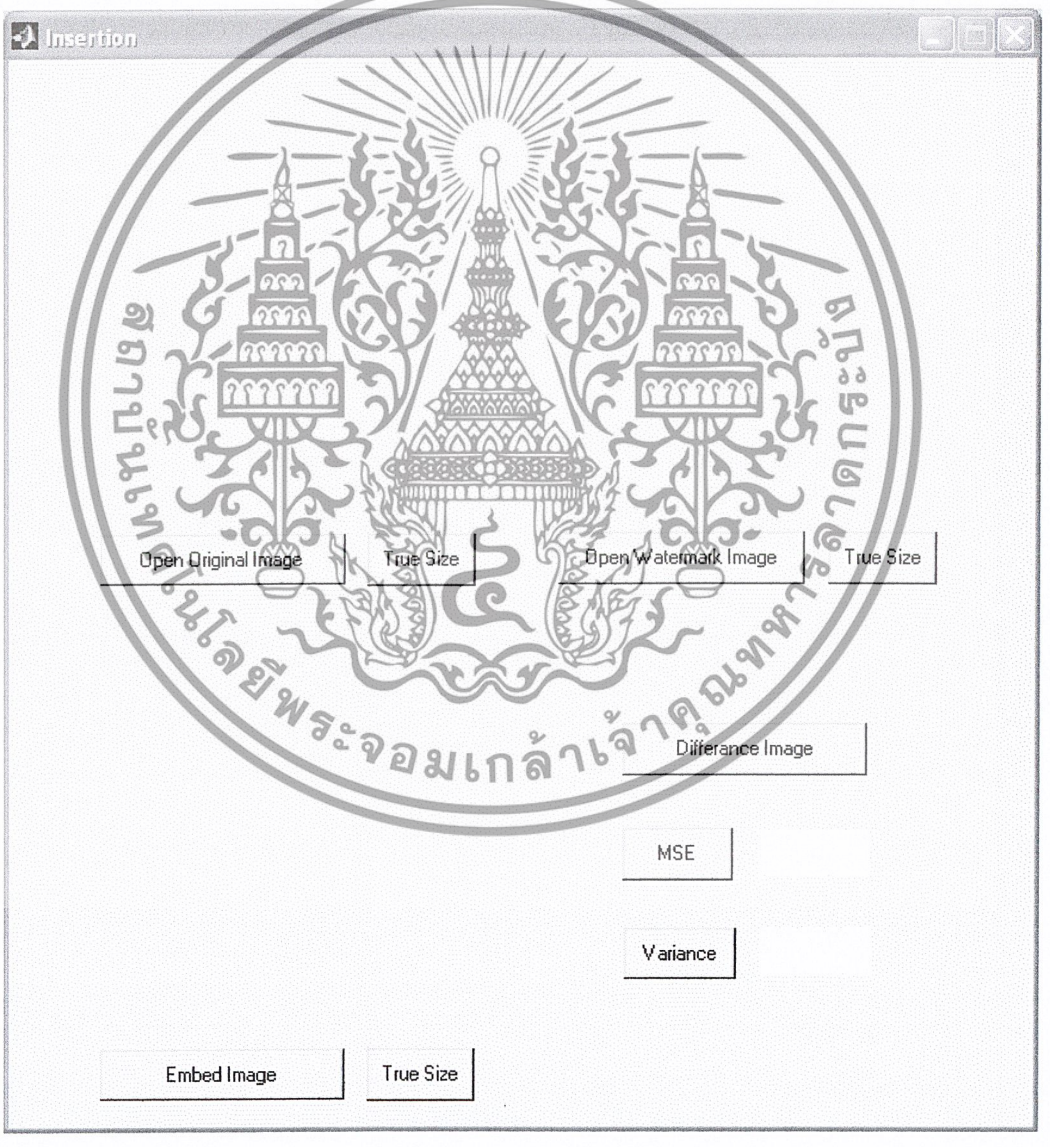
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
ส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้

เขียนด้วยภาษาแมตแลป ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การฝังภาพลายน้ำ
2. การถอดภาพลายน้ำ

1. การฝังภาพลายน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายการใช้งาน

1. กดปุ่ม Open Original Image ทำการเลือกเปิดภาพต้นแบบ (กดปุ่ม True Size เพื่อดูขนาดภาพจริง)

2. กดปุ่ม Open Watermark Image ทำการเลือกเปิดภาพลายน้ำที่จะฝัง (กดปุ่ม True Size เพื่อดูขนาดภาพจริง)

3. กดปุ่ม Embed Image เพื่อดูภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว (กดปุ่ม True Size เพื่อดูขนาดภาพจริง)

4. กดปุ่ม Difference Image เพื่อดูความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ กับภาพที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว

5. กดปุ่ม MSE เพื่อดูค่า MSE (Mean Square Error)

6. กดปุ่ม Variance เพื่อดูค่าความแปรปรวน

2. การถอดภาพลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายการใช้งาน

1. กดปุ่ม Open Original Image ทำการเลือกเปิดภาพต้นแบบ (กดปุ่ม True Size เพื่อดูขนาดภาพจริง)

2. กดปุ่ม Embed Image ทำการเลือกเปิดภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว (กดปุ่ม True Size เพื่อดูขนาดภาพจริง)

3. ใส่ค่าความแปรแรวนในบล็อก Insert Variance Value

4. กดปุ่ม Watermark Image เพื่อดูภาพลายน้ำที่ถอดออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้