สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การป้องกันลิขสิทธิ์ภาพด้วยการทำลายน้ำดิจิตอล

Copyright Protection with Digital Watermarking

นางสาว กนกกาญจน์ อาภาอภินันท์

นาย กฤษฎากร กุ่งอุบล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55111
วัน,เดือน,ปี - 8 มิ.ย. 2548

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

การป้องกันลิขสิทธิ์ภาพด้วยการทำลายน้ำดิจิตอล

Copyright Protection with Digital Watermarking

โดย

นางสาว กนกกาญจน์ อาภาอภินันท์

นาย กฤษฎากร กุ้งอุบล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.อำนาจ ขาวเน

ดร.อรฉัตร จิตรโสภักตร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การป้องกันลิขสิทธิ์ภาพด้วยการทำลายน้ำดิจิตอล

Copyright Protection with Digital Watermarking

คณะผู้จัดทำ นางสาว กนกกาญจน์ อาภาอภินันท์ รหัส 43010002

นาย กฤษฎากร กิ่งอุบล รหัส 43010013

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. อำนาจ ขาวเน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. อรฉัตร จิตรโสภักตร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล

นางสาว กนกกาญจน์ อาภาอภินันท์ 43010002
นาย กฤษฎากร กุ่งอุบล 43010013
อำนาจ ขาวเน อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. อรฉัตร จิตรโสภักตร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าไปมาก เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์สามารถให้ผู้ใช้ทำงานได้อย่างรวดเร็วและง่ายขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านรูปภาพดิจิตอล

เทคโนโลยีทางด้านรูปภาพดิจิตอล อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเผยแพร่ข้อมูลรูปภาพได้อย่างเสรี ผ่านทางคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ต อย่างไรก็ตามมีผู้ใช้บางกลุ่ม ได้นำเทคโนโลยีทางด้านรูปภาพดิจิตอลไปใช้ในทางที่ผิด อย่างเช่นการ คัดลอกรูปภาพดิจิตอลโดยไม่ได้รับอนุญาต ทำให้เกิดปัญหาสำหรับเจ้าลิขสิทธิ์ เทคโนโลยีลายน้ำดิจิตอล (Digital Watermarking) ช่วยให้เจ้าของลิขสิทธิ์สามารถตรวจสอบได้ว่ารูปภาพที่บุคคลอื่นนำไปใช้เป็นของตนหรือไม่

การทำลายน้ำดิจิตอล คือการฝังลายเซ็นต์ดิจิตอล (Digital Signature) เพื่อระบุความเป็นเจ้าของและลิขสิทธิ์ผลงานต่างๆ และซ่อนตัวอยู่ได้โดยไม่สามารถตรวจสอบหรือทำลายได้ด้วยวิธีการปกติทั่วไป แต่ต้องใช้วิธีการเฉพาะตามอัลกอริทึมที่ใช้ในการฝังภาพนั้น

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการศึกษาการพัฒนาโปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล (Copyright Protection with Digital Watermarking) ในระบบ Spatial domain และพยายามที่จะโจมตีรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อดูผลกระทบต่อลายน้ำดิจิตอล และได้ศึกษาซอฟแวร์ ที่ใช้ในการพัฒนาโครงงาน คือ โปรแกรม MATLAB เพื่อพัฒนา Graphical User Interface ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Copyright Protection with Digital Watermarking

Ms. Kanokkarn Arpaapinan
Mr. Kritsadakorn Kongubol
Mr. Amnach Khawne Advisor
Dr. Orachat Chitsobhuk Advisor
Academic Year 2003

Abstract

Within the past century, the growth of computer technology has been highly recognized. computer technology helps users work faster and easier in many kinds of applications, especially in digital image technology.

digital image technology helps users to distribute data freely through the computer and internet. However, some users misuse this technology, for example, copy digital image without authorization and cause problems for the product owners. Therefore, digital watermarking has been created for identifying the real digital image of owners'.

In making digital watermarking, digital signature is embedded to identify its owners and protect intellectual copy right and authorization. It is invisible and cannot be screened or destroyed easily unless use some specific algorithms for embedding and checking owners.

The objective of this thesis is to develop the copyright protection with digital watermarking applied for a spatial domain and attack the digital watermarking, looked for the effort of attacked watermarking. It has been done by using MATLAB tools to process digital watermarking and MATLAB program to create Graphical User Interfaces.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นได้เนื่องมาจากการทำงานร่วมกันในหลายๆ ส่วน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ อาจารย์อำนาจ ขาวเน และอาจารย์อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และช่วยเหลือเสมอเวลาเกิดปัญหา รวมไปถึงอาจารย์อื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ได้คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาจนคลายความข้องใจ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคล ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสมาถึงจุดนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง คอยให้กำลังใจและดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าเสมอมา พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ และบุคคลหนึ่งซึ่งก็ไม่อาจลืมได้เช่นกัน ก็คือ ผู้ทำปริญญานิพนธ์นี้ร่วมกับข้าพเจ้า ที่ไม่ทอดทิ้ง เคียงบ่าเคียงไหล่ ฝ่าอุปสรรคมาด้วยกัน และเพื่อนอีก หลาย ๆ คน ที่คอยให้คำปรึกษาแก้ไขวิกฤตการณ์ครั้งแล้วครั้งเล่า จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าดีใจ และจะรำลึกน้ำใจของทุก ๆ คนนี้ไว้ตลอดไป

กนกกาญจน์ อาภาอภินันท์
กฤษฎากร กิ่งอุบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ลายน้ำดิจิตอล	3
2.1 ประวัติความเป็นมา	3
2.2 คำจำกัดความ	3
2.3 ประเภทของลายน้ำ	4
2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำดิจิตอล	4
2.5 ประเภทของสื่อเจ้าบ้าน	5
2.5.1 ตัวอักขระ	5
2.5.2 ภาพนิ่ง	5
2.5.3 เสียง	6
2.5.4 ภาพกราฟฟิกและภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น	6
2.5.5 วิดีทัศน์	6
2.6 องค์ประกอบของระบบลายน้ำ	6
2.6.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)	6
2.6.2 การตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection)	7
2.6.3 การถอดลายน้ำ (Watermark Extraction)	8
2.7 การโจมตี	8
2.8 การประยุกต์ใช้ลายน้ำ	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 3 การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล	11
3.1 ภาพในคอมพิวเตอร์	11
3.2 ภาพดิจิตอล	11
3.3 ระบบสี (Color System)	12
3.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ	15
3.5 การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล	16
3.5.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)	16
3.5.2 การถอดและการตรวจหาลายน้ำ (Watermark Extraction/Detection)	16
3.6 ประเภทของการทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล	17
3.7 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำบนภาพดิจิตอล	20
3.8 การโจมตีลายน้ำบนภาพดิจิตอล (Watermark Attacks)	21
บทที่ 4 เทคนิคที่ใช้ในการทำลายน้ำ	22
4.1 Least Significant Bit Modification	22
4.2 Patchwork	22
4.3 เทคนิคที่นำมาใช้ในการทดลอง	22
4.3.1 ลักษณะของอัลกอริทึม (Algorithm)	22
4.3.2 ขั้นตอนในการทำงาน	23
4.3.3 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)	23
4.3.4 การตรวจสอบลายน้ำ (Watermark Extraction)	25
4.3.5 การเลือกขนาดของบล็อก และปริมาณลายน้ำ	26
บทที่ 5 การประเมินผลลายน้ำ	28
5.1 การประเมินผลภาพที่ได้จากการแทรกลายน้ำ	28
5.1.1 มาตรวัดทางพิกเซล (Pixel Based Matrics)	28
5.1.2 มาตรวัดทางการมองเห็น (Perceptual Quality Metrics)	29
5.2 การประเมินผลลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบลายน้ำ	29
บทที่ 6 การออกแบบโปรแกรมทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล	31
6.1 ภาพรวมของโครงงาน	31
6.2 การออกแบบและการเขียนโปรแกรม	33
6.2.1 การเปิดรูปภาพ (Opening Image)	33
6.2.2 การฝังลายน้ำดิจิตอล (Adding Watermark)	34
6.2.3 การถอดลายน้ำดิจิตอล (Extracting Watermark)	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
6.2.4 การโจมตีลายน้ำดิจิตอล (Attacking Watermark)	35
6.2.5 คุณสมบัติของรูปภาพ (Image Property)	35
6.2.6 การจัดเก็บรูปภาพ (Saving Image)	36
6.3 แผนภาพต่างๆ ของการออกแบบระบบ (Diagram)	36
6.3.1 ยูสเครสไดอะแกรม (Use Case Diagram)	36
6.3.2 ซีเควนไดอะแกรม (Sequence Diagram)	39
บทที่ 7 การทดลอง และวิเคราะห์ผล	40
7.1 การเลือกขนาดบล็อกที่ใช้	40
7.2 การเลือกปริมาณลายน้ำที่ใช้	45
7.3 ผลของลายน้ำต่อภาพที่มีความแตกต่างกัน	49
7.4 ความคงทนต่อการโจมตี	50
7.5 สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง	60
บทที่ 8 บทสรุป และวิจารณ์	63
8.1 ปัญหาที่พบ และแนวทางแก้ไข	63
8.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ	63
ภาคผนวก การใช้โปรแกรม	64
แนะนำโปรแกรม	64
ส่วนของเปิดรูปภาพ(Open All Images)	65
ส่วนของการฝังลายน้ำดิจิตอล (Add Watermark)	66
ส่วนของการถอดลายน้ำดิจิตอล (Extract Watermark)	67
ส่วนของการโจมตีลายน้ำดิจิตอล (Utility to Attack Watermark)	68
ส่วนอำนวยความสะดวกของโปรแกรม (Main Utility Program)	69
ส่วนของการดูคุณสมบัติของรูปภาพ	70
บรรณานุกรม	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 การแทรกลายน้ำลงในสื่อเจ้าบ้าน	7
รูปที่ 2.2 การตรวจหาลายน้ำที่อาจแฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้าน	8
รูปที่ 2.3 การถอดลายน้ำออกจากสื่อเจ้าบ้าน	8
รูปที่ 2.4 การจัดการทางด้านลิขสิทธิ์	10
รูปที่ 3.1 ลูกบาศก์ในระบบอาร์จีบี	13
รูปที่ 3.2 ระบบสีแบบบวก และแบบลบ	14
รูปที่ 3.3 กรวยในระบบสีเอชเอสไอ	15
รูปที่ 3.4 การแทรกลายน้ำ	16
รูปที่ 3.5 การถอดและการตรวจหาลายน้ำ	17
รูปที่ 3.6 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)	18
รูปที่ 3.7 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)	18
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนในการทำงาน	23
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนในการแทรกลายน้ำ	24
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนในการตรวจสอบลายน้ำ	25
รูปที่ 6.1 แสดงภาพกระบวนการการเพิ่มลายน้ำดิจิตอล	32
รูปที่ 6.2 แสดงภาพกระบวนการการถอดลายน้ำดิจิตอล	32
รูปที่ 6.3 แสดงภาพกระบวนการการโจมตีลายน้ำดิจิตอล	33
รูปที่ 6.4 แสดงยูสเครสไดอะแกรมของระบบ	37
รูปที่ 6.5 แสดงซีเควนไดอะแกรมของระบบ	39
รูปที่ 7.1 ภาพต้นฉบับที่ใช้ในการทดลองขนาดบล็อก	40
รูปที่ 7.2ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 8x8	41
รูปที่ 7.2ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 8x8	41
รูปที่ 7.3 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 8x8	41
รูปที่ 7.4ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 4x4	42
รูปที่ 7.4ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 4x4	42
รูปที่ 7.5 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 4x4	42
รูปที่ 7.6ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 2x2	43
รูปที่ 7.6ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 2x2	43
รูปที่ 7.7 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 2x2	43
รูปที่ 7.8ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 1x1	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 7.8ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 1x1	44
รูปที่ 7.9 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 1x1	44
รูปที่ 7.10ก ภาพต้นฉบับในการทดลองปริมาณลายน้ำ	45
รูปที่ 7.10ข ภาพลายน้ำที่ใช้ในการทดลองปริมาณลายน้ำ	45
รูปที่ 7.11ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 100%	46
รูปที่ 7.11ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (100%)	46
รูปที่ 7.12ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 80%	46
รูปที่ 7.12ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (80%)	46
รูปที่ 7.13ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 40%	47
รูปที่ 7.13ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (40%)	47
รูปที่ 7.14ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 20%	47
รูปที่ 7.14ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (20%)	47
รูปที่ 7.15 ภาพลายน้ำที่ใช้ทดลอง	49
รูปที่ 7.16ก ภาพต้นฉบับ Lena	49
รูปที่ 7.16ข ภาพ Lenaที่ผ่านการแทรกลายน้ำ	49
รูปที่ 7.17ก ภาพต้นฉบับ Baboon	49
รูปที่ 7.17ข ภาพ Baboon ที่ผ่านการแทรกลายน้ำ	49
รูปที่ 7.18ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.1)	50
รูปที่ 7.18ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการตัดภาพ	50
รูปที่ 7.19ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.1)	51
รูปที่ 7.19ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.1)	51
รูปที่ 7.20ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.2)	51
รูปที่ 7.20ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการเปลี่ยนขนาดภาพ	51
รูปที่ 7.21ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.2)	52
รูปที่ 7.21ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.2)	52
รูปที่ 7.22ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.3)	52
รูปที่ 7.22ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการหมุนภาพ	52
รูปที่ 7.23ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.3)	53
รูปที่ 7.23ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.3)	53
รูปที่ 7.24ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.4)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 7.24ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงเป็นภาพขาวดำ	53
รูปที่ 7.25ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.4)	54
รูปที่ 7.25ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.4)	54
รูปที่ 7.26ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.5)	54
รูปที่ 7.26ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการบีบอัดแบบ JPEG	54
รูปที่ 7.27ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.5)	55
รูปที่ 7.27ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.5)	55
รูปที่ 7.28ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.6)	55
รูปที่ 7.28ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการกรองสัญญาณ	55
รูปที่ 7.29ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.6)	56
รูปที่ 7.29ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.6)	56
รูปที่ 7.30ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.7)	56
รูปที่ 7.30ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงภาพแบบ GIF	56
รูปที่ 7.31ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.7)	57
รูปที่ 7.31ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.7)	57
รูปที่ 7.32ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.8)	57
รูปที่ 7.32ข ภาพที่ถูกโจมตีแบบผสม	57
รูปที่ 7.33ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.8)	58
รูปที่ 7.33ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.8)	58
รูปที่ 7.34ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.9)	58
รูปที่ 7.34ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแทรกลายน้ำสองครั้ง	58
รูปที่ 7.35ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.9)	59
รูปที่ 7.35ข ภาพลายน้ำที่ใช้โจมตี	59
รูปที่ 7.36ก ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ, ไม่สุ่ม (การทดลอง 7.4.9)	59
รูปที่ 7.36ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ, สุ่ม (การทดลอง 7.4.9)	59
(ภาคผนวก)	
รูปที่ 1 แสดงภาพของโปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล	64
รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างผลของการเปิดรูปภาพต้นฉบับ	65
รูปที่ 3 แสดงภาพผลของการฝังลายน้ำดิจิตอล	66
รูปที่ 4 แสดงภาพผลของการถอดลายน้ำดิจิตอล	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 5 แสดงภาพตัวอย่างผลของการโจมตีรูปที่ฝังลายน้ำดิจิตอลโดยวิธีการ Crop	68
รูปที่ 6 แสดงภาพตัวอย่างผลของการใช้คำสั่ง PSNR และ MSE	69
รูปที่ 7 แสดงภาพตัวอย่างผลของการใช้ปุ่ม อิมเมจ อินโฟ(Imge info)	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 3.1 เวลาในการทำงาน (วินาที)	19
ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขในการวัดระดับการมองเห็นของลายน้ำ	20
ตารางที่ 3.3 ความต้องการพื้นฐานของความคงทนแต่ละระดับ	20
ตารางที่ 4.1 สรุปคุณภาพของภาพตามขนาดของบล็อก	26
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณภาพของภาพ ตามจำนวนบล็อกที่สุ่ม	27
ตารางที่ 7.1 เปรียบคุณภาพตามขนาดบล็อก	45
ตารางที่ 7.2 เปรียบเทียบปริมาณลายน้ำ	48
ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบลายน้ำจากการโจมตี	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การเติบโตอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางด้านอินเทอร์เน็ต มีผลให้การส่งข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น รวมไปถึงข้อมูลที่เป็นสื่อทางดิจิตอล(Digital Media) ต่าง ๆ เช่น อักขระ ภาพนิ่ง เสียง วิดีทัศน์ ภาพกราฟฟิก และภาพเคลื่อนไหว การคัดลอกหรือสำเนาข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวกและง่ายดาย มีผลให้สื่อต่างๆ ถูกทำขึ้นโดยไม่ได้รับอนุญาต เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้เป็นเจ้าของ ดังนั้นการป้องกันลิขสิทธิ์ของทรัพย์สินทางปัญญาจึงมีความสำคัญ และเพิ่มบทบาทขึ้นในโลกดิจิตอล

นอกจากความเสี่ยงทางด้านกฎหมายที่อาจได้รับแล้ว การละเมิดลิขสิทธิ์ ยังเป็นส่วนหนึ่งที่หยุดยั้งการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง และเป็นอุปสรรคในการพัฒนาความรู้ และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ ปัจจุบันที่การละเมิดลิขสิทธิ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาวิธีการป้องกันเพื่อให้มีประสิทธิภาพและเข้ากับเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น

วิธีการหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้คือการทำลายน้ำดิจิตอล โดยแทรกข่าวสารที่เรียกว่าลายน้ำดิจิตอลทั้งชนิดที่สามารถมองเห็นได้ และไม่สามารถมองเห็นได้ลงไปในสื่อต่างๆ เพื่อใช้ระบุความเป็นเจ้าของและแสดงสิทธิ์ในรูปภาพ รวมถึงป้องกันการนำรูปภาพไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึง การปกป้องลิขสิทธิ์ด้วยการทำลายน้ำดิจิตอล คำจำกัดความ รูปแบบต่างๆ ในการทำลายน้ำดิจิตอล การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ฝังลายน้ำดิจิตอลลงในรูปภาพ ตัวอย่างและผลการทดลอง และแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการทำลายน้ำดิจิตอลในรูปแบบต่างๆ และนำความรู้ไปใช้พัฒนาโปรแกรมเพื่อฝังลายน้ำดิจิตอลบนรูปภาพแบบต่างๆ เป็นการลดการละเมิดลิขสิทธิ์ และเป็นแนวทางในการศึกษาการฝังลายน้ำดิจิตอลในสื่ออื่นๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษา และฝังลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพต่างๆ บน Spatial Domain
2. ตรวจสอบคุณภาพของรูปที่ได้ด้วยการวัดการค่า Mean Square Error (MSE) และ Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) ระหว่างรูปที่นำมาฝังลายน้ำดิจิตอล(Host Image) และ รูปที่ได้จากการฝังลายน้ำดิจิตอล(Watermarked Image)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการปรับค่าของการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อให้คุณภาพของรูปที่ได้เป็นไปตามความเหมาะสม และเพื่อการนำไปใช้งาน

4. ทำการทดสอบความคงทนของลายน้ำดิจิตอล ด้วยการเปลี่ยนแปลงรูปภาพ (Distortions and Attacks) ที่ผ่านการฝังลายน้ำมาแล้วตามแบบต่างๆ เช่น ตัด(Cropping) หมุน(Rotating) ย่อขยาย(Resizing) การทำฟิลเตอร์(Filtering) หรือ การบีบอัด(Compression)

5. วัดค่า MSE และ PSNR ของลายน้ำที่ตรวจสอบได้ กับลายน้ำดิจิตอลต้นฉบับเพื่อดูคุณภาพของลายน้ำว่าใช้ระบุตัวรูปภาพได้หรือไม่

6. นำรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอล และทดสอบแล้ว ไปเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต แล้วนำมาตรวจสอบ และทดสอบคุณภาพของลายน้ำดิจิตอล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดและป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์รูปภาพผ่านอินเตอร์เน็ตได้
2. สามารถพัฒนาและออกแบบโปรแกรม โดยใช้ภาษาแมทแลบ (Matlab)
3. ทราบโครงสร้างการทำงานของรูปภาพดิจิตอล (Digital Image) ในแบบต่างๆ รวมถึงการประมวลผลภาพ(Image Processing)
4. สามารถนำต้นแบบ ไปประยุกต์ใช้ ในการทำงานจริง

1.5 วิธีการดำเนินงาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ลายน้ำดิจิตอล

2.1 ประวัติความเป็นมา

มนุษย์สามารถส่งข่างสารไปมาระหว่างคู่สื่อสารโดยป้องกันไม่ให้ข่าวสารนั้นเล็ดลอดไปสู่บุคคลอื่นได้มาเป็นเวลาช้านานแล้ว โดยในสมัยต้นๆ จะใช้วิธีที่ได้ตกลงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับว่าจะซ่อนและค้นหาข่าวสารลับนั้นได้อย่างไร และพยายามที่จะไม่ให้บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องทราบว่ามีข่าวสารหลบซ่อนอยู่ วิธีการนี้เรียกว่า Steganography และยังคงใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่เป็นการสื่อสารระว่างบุคคลสองฝ่ายเท่านั้น เมื่อวิทยาการด้านการสื่อสารได้พัฒนาขึ้น ประกอบกับความจำเป็นที่จะต้องมีการสื่อสารแบบกระจาย ผู้ส่งข่าวสารจะต้องสามารถซ่อนข่าวสารมากับสื่อได้โดยไม่จำเป็นต้องกังวลว่าบุคคลอื่นจะทราบหรือไม่ว่ามีการซ่อนข่าวสารมากับสื่อนั้นๆ โดยผู้ส่งข่าวสารจะต้องใช้วิธีการที่มีความปลอดภัยสูง ถึงแม้ว่าจะทราบขั้นตอนของวิธีการเหล่านี้ แต่การที่จะค้นหาและถอดข่าวสารออกมาจากสื่อเจ้าบ้านจะต้องใช้เวลานาน ใช้ทรัพยากรสูง หรือมีผลให้สื่อเจ้าบ้านนั้นเสียหาย จนทำให้บุคคลเหล่านั้นล้มเลิกความพยายามไป (Discourage) วิธีการเหล่านี้ได้แก่ การเข้า/ถอดรหัส (Cryptography) การแทรกลายน้ำแบบอนาล็อกในระยะเริ่มแรก และพัฒนามาเป็นแบบดิจิตอลในปัจจุบัน ดังนั้นในบทความนี้คำว่า "ลายน้ำ" จะมีความหมายรวมถึง "ลายน้ำดิจิตอล" ตัวอย่างลายน้ำที่พบเห็นได้บ่อย คือ ภาพลายน้ำในแสตมป์เพื่อป้องกันการปลอมแปลง ในที่นี้ลายน้ำคือภาพลวดลายที่ซับซ้อน และสื่อเจ้าบ้านคือ ภาพนิ่ง

ลายน้ำ(Watermark) ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ตัวอย่างเช่น การแทรกลายน้ำลงในธนบัตรและแสตมป์ วัตถุประสงค์หลักคือป้องกันการปลอมแปลง ต่อมาเมื่อระบบเปลี่ยนรูปแบบไปเป็นระบบดิจิตอล ลายน้ำอนาล็อกก็เปลี่ยนรูปแบบมาเป็นลายน้ำดิจิตอล (Digital Watermark) ด้วยเช่นกัน ลายน้ำดิจิตอลซึ่งอยู่ในรูปแบบต่างๆ จะถูกนำมาแทรกลงในสื่อประสม (Multimedia) ซึ่งอยู่ในรูปแบบของตัวอักขระ ภาพนิ่ง ภาพกราฟฟิกและภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น เสียง และวิดีทัศน์ และเรียกว่าสื่อเจ้าบ้าน (Host Media) เพื่อบอกถึงต้นกำเนิดและสถานะ สิ่งเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อแสดงความเป็นเจ้าของ ติดตามและป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ กำหนดสิทธิของการเข้าถึงข้อมูล ตลอดจนเพื่อแฝงข่างสารอื่นมากับสื่อนั้น เพื่อทำงานเฉพาะอย่าง

2.2 คำจำกัดความ

ลายน้ำ คือ ข่าวสารที่ถูกซ่อนในสื่ออื่นเพื่อบอกถึงต้นกำเนิด สถานะ จุดหมายปลายทางของสื่อนั้น ให้ w แทนลายน้ำ

สื่อเจ้าบ้าน คือ สัญญาณที่ใช้เพื่อสื่อสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับ อาจจะอยู่ในรูปแบบของตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพกราฟฟิก และภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น เสียง และวิดีทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสลับ (Secret Key) คือ ข้อมูลที่ตกลงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ ซึ่งถูกใช้ขณะแทรกลายน้ำลงในสื่อเจ้าบ้าน และจำเป็นต้องใช้เมื่อต้องการตรวจหา หรือถอดลายน้ำ

ลายน้ำดิจิตอล คือ ลายน้ำที่ใช้สำหรับสื่อเจ้าบ้านที่อยู่ในรูปแบบดิจิตอล

2.3 ประเภทของลายน้ำ

การแบ่งประเภทของลายน้ำดิจิตอลนั้น สามารถแบ่งได้หลายแบบ เช่น แบ่งตามรูปแบบของลายน้ำดิจิตอล และมักจะเป็นรูปแบบเดียวกับสื่อเจ้าบ้าน

- ชุดของตัวเลขแบบสุ่ม
- ตัวอักขระ
- ภาพนิ่ง
- เสียง

แบ่งตามการปรากฏของลายน้ำ

- ลายน้ำที่เปิดเผย (Visible Watermark) เป็นลายน้ำที่สามารถมองเห็น เพื่อแสดงสัญลักษณ์ หรือสื่อความหมายบางอย่างนอกเหนือจากตัวสื่อเอง
- ลายน้ำที่ไม่เปิดเผย (Invisible Watermark) เป็นลายน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เพื่อให้คุณภาพของสื่อยังคงอยู่ ใกล้เคียงกับสื่อเดิมมากที่สุด

แบ่งตามลักษณะการตรวจสอบลายน้ำ

- ลายน้ำที่ใช้สื่อเจ้าบ้านในการตรวจสอบ คือ ในการตรวจสอบว่าสื่อใดๆ มีลายน้ำฝังอยู่หรือไม่นั้น จำต้องนำมาเปรียบเทียบกับสื่อเจ้าบ้านที่ไม่มีการฝังลายน้ำ
- ลายน้ำที่ไม่ใช้สื่อเจ้าบ้านในการตรวจสอบ คือ ลายน้ำที่ไม่มีการจำเป็นต้องเปรียบเทียบกับสื่อเจ้าบ้านเดิม นับว่ามีความสะดวกกว่า

แบ่งตามลักษณะความคงทน

- ลายน้ำที่คงทน (Robust Watermark) คือ ลายน้ำที่คงทนต่อการโจมตีแบบต่างๆ ใช้ปกป้องลิขสิทธิ์ และแสดงความเป็นเจ้าของในสื่อ
- ลายน้ำที่ไม่คงทน (Fragile Watermark) คือ ลายน้ำที่ง่ายต่อการถูกทำลาย ลายน้ำประเภทนี้ใช้เพื่อตรวจสอบการแก้ไข หรือดัดแปลงสื่อโดยไม่ได้รับอนุญาต เพราะถ้าสื่อถูกเปลี่ยนแปลงลายน้ำที่มีอยู่ก็จะสูญหายไปด้วย

2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำดิจิตอล

ลายน้ำดิจิตอลที่เปิดเผย มีคุณสมบัติที่ต้องการดังนี้

- สามารถมองเห็น หรือได้ยิน ในกรณีที่เป็นภาพต้องสามารถมองเห็นได้ทั้งในภาพโทนสีเทาและภาพสีตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลายน้ำต้องกระจายอย่างกว้างขวางในบริเวณที่สำคัญเพื่อป้องกันการถอดออก
- ในกรณีที่ลายน้ำเป็นภาพ แม้ว่าจะสามารถมองเห็นลายน้ำได้ แต่ลายน้ำจะต้องไม่บดบังรายละเอียดของภาพเจ้าบ้านมากนัก
- ต้องมีความยากที่จะถอดลายน้ำออก หมายความว่าจะต้องมีค่าใช้จ่ายสูง และ/หรือทำให้คุณภาพของสื่อเจ้าบ้านเสียไปเมื่อมีการถอดลายน้ำนั้น
- สะดวกต่อการแทรกและเป็นการแทรกแบบอัตโนมัติ

ลายน้ำดิจิตอลที่ไม่เปิดเผย มีคุณสมบัติที่ต้องการดังนี้

- ลายน้ำต้องไม่สามารถรับรู้ได้ทั้งการมองเห็นหรือการได้ยิน
- สื่อเจ้าบ้านที่มีการฝังลายน้ำ จะต้องไม่สูญเสียคุณสมบัติที่สำคัญ ตัวอย่างเช่น ภาพที่ได้จากการฝังลายน้ำจะต้องมีลักษณะเหมือน หรือใกล้เคียงกับภาพที่ไม่มีการฝังลายน้ำ
- สามารถซ่อนข่าวสารได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นคือ มีความจุ (Capacity) สูง
- ลายน้ำต้องมีความคงทนต่อการโจมตีเพื่อทำลาย
- ลายน้ำควรจะสามารถนำไปใช้เพื่อการแทรกเข้ากับสื่อหลายๆ รูปแบบ
- ข้อมูลลายน้ำต้องเป็นความลับ ซึ่งต้องการการเข้ารหัสลับ เฉพาะผู้มีส่วนรับผิดชอบเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลนี้ได้

2.5 ประเภทของสื่อเจ้าบ้าน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 เสียง

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

2.5.4 ภาพกราฟฟิกและภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้น

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

2.5.5 วิดีทัศน์

เนื่องจากวิดีทัศน์ประกอบด้วยลำดับของภาพนิ่ง (ซึ่งเรียกว่าเฟรม) ดังนั้นวิธีการที่ใช้กับการแทรกลายน้ำในภาพนิ่งจึงยังสามารถนำมาใช้ได้ อย่างไรก็ตามภาพนิ่งและวิดีทัศน์มีสิ่งที่แตกต่างกัน เช่น นอกจากความสัมพันธ์ทางตำแหน่งระหว่างจุดภาพภายในแต่ละเฟรมแล้ว ยังต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรม รวมทั้งเทคนิคการบีบอัดข้อมูลโดยอาศัยความสัมพันธ์เหล่านี้ ดังนั้นการแทรกลายน้ำลงในวิดีทัศน์จึงต้องการขั้นตอน และวิธีที่แตกต่างออกไปในบางส่วน

2.6 องค์ประกอบของระบบลายน้ำ

ระบบลายน้ำมีองค์ประกอบหลักดังนี้ การแทรก การตรวจหา และการถอดลายน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.6.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)

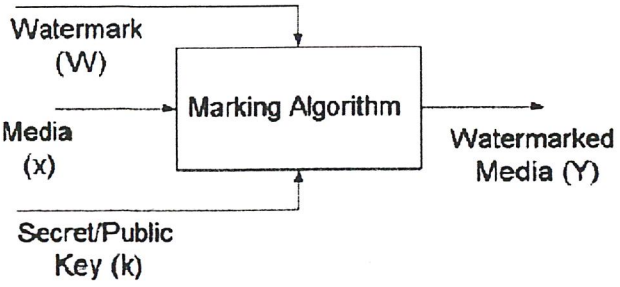
การแทรกลายน้ำ คือ กระบวนการใส่ลายน้ำให้แฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้านโดยให้มีจำนวนที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่ทำให้คุณภาพของสื่อเจ้าบ้านเสียไป อีกทั้งจะต้องคงทนต่อการโจมตีทำลายทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจ การแทรกลายน้ำนี้อาจมีการเข้ารหัสด้วยหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นข้อมูลเข้า (Input) ของ องค์ประกอบนี้คือ ลายน้ำ สื่อเจ้าบ้าน อาจมีรหัสลับ โดยลายน้ำ (w) จะเป็นฟังก์ชันของข่าวสาร (I) สื่อเจ้าบ้าน (x) และรหัสลับ (k) ดังนี้

$$w = f_0(I, x, k) \tag{2.1}$$

กระบวนการแทรกลายน้ำนี้ลงในสื่อเจ้าบ้านสามารถแสดงองค์ประกอบได้ในรูปที่ 2.1 นั่นคือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การแทรกลายน้ำลงในสื่อเจ้าบ้าน

โดย Y เป็นสื่อผลลัพธ์ที่มีลายน้ำแฝงอยู่ (Watermarked Media) ลายน้ำที่แฝงอยู่ในภาพผลลัพธ์นี้อาจสามารถมองเห็นหรือไม่ก็ได้

วิธีแทรกลายน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบ (ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลของสื่อเจ้าบ้าน) วิธีแรกคือ การแทรกลายน้ำใน Spatial Domain ซึ่งเป็นการแทรกลายน้ำลงไปในข้อมูลแต่ละข้อมูลของสื่อโดยตรง เช่น ในกรณีที่สื่อเป็นภาพ การแทรกเป็นการปรับค่าความเข้มของแต่ละจุดภาพโดยพิจารณาตำแหน่งของข้อมูลเป็นหลัก อีกวิธีเป็นการแทรกลายน้ำลงในสื่อต้นฉบับ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของ Frequency Domain ซึ่งเป็นผลมาจากการแปลง (Transform) แบบต่างๆ เช่น การแปลงฟูเรียร์ (Discrete Fourier Transform – DFT) การแปลงโคซายน์แบบเต็มภาพ (Full-Image Discrete Cosine Transform – DCT) การแปลงโคซายน์แบบทำทีละบล็อก (Block-wise Discrete Cosine Transform) การแปลง Fractal หรือการเปลี่ยนแปลง Wavelet โดยทำการแก้ไขค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงที่มีค่าอยู่ในช่วงความถี่ของการเกิดของข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลต่อการตัดสินใจเพื่อกำหนดปริมาณของลายน้ำที่จะใส่ลงในสื่อเจ้าบ้านซึ่งจะทำให้มีความสมดุลกันระหว่างการมองเห็นได้และความคงทน ในกรณีที่ต้องพิจารณาความคงทนของลายน้ำด้วย เราสามารถเรียกว่าเป็นลายน้ำแบบ Robust Watermarking

2.6.2 การตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection)

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

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

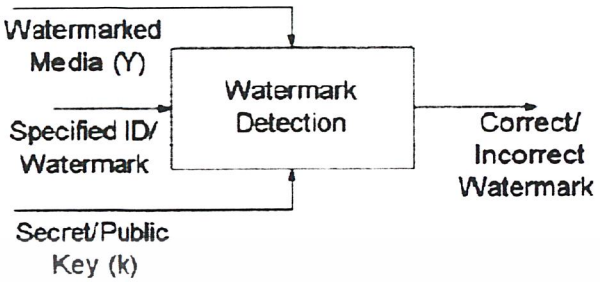
ซึ่งกระทำโดยใช้สื่อเจ้าบ้าน หรือ

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

ซึ่งกระทำโดยไม่ใช้สื่อเจ้าบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของการตรวจหาลายน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



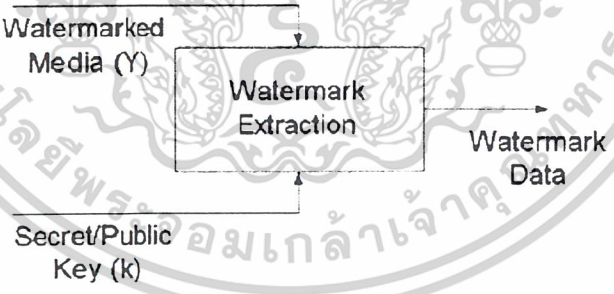
รูปที่ 2.2 การตรวจหาลายน้ำที่อาจแฝงอยู่ในสื่อเจ้าบ้าน

2.6.3 การถอดลายน้ำ (Watermark Extraction)

ในกรณีที่ตรวจสอบพบและต้องการถอดลายน้ำออกจากสื่อนั้น มีแนวทางปฏิบัติดังนี้

- ตรวจหาและถอดลายน้ำโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลต้นฉบับ (Blind Watermarking) เกิดขึ้นเมื่อในบางกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลตั้งต้นได้ (สื่อและ/หรือลายน้ำ) หรือข้อมูลตั้งต้นมีปริมาณมาก จนทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้ในช่วงเวลาที่จำกัด เช่น ข้อมูลในวิดีทัศน์
- 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโจมตีแบบนี้ผู้กระทำไม่ได้ตั้งใจทำลายลายน้ำ การโจมตีอีกแบบหนึ่งเกิดจากความตั้งใจของผู้กระทำที่ต้องการทำลายลายน้ำ 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 จากนั้นดัดแปลงข้อมูลที่ได้นี้เพื่อใช้ประโยชน์ใช้งานที่พึงประสงค์ต่อไป

อย่างไรก็ตามในบางกรณีเจ้าของสื่ออาจไม่สนใจการโจมตีอีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์จากการโจมตีนี้ เราเรียกลายน้ำประเภทนี้ว่า Fragile Watermarking ซึ่งความเปราะบางต่อการโจมตี เพื่อใช้ตรวจสอบว่ามีความพยายามที่จะกระทำการใดๆ กับสื่อนั้นๆ หรือไม่ สื่อจะยังคงมีคุณค่าถ้าลายน้ำในสื่อนี้ไม่ถูกรบกวน

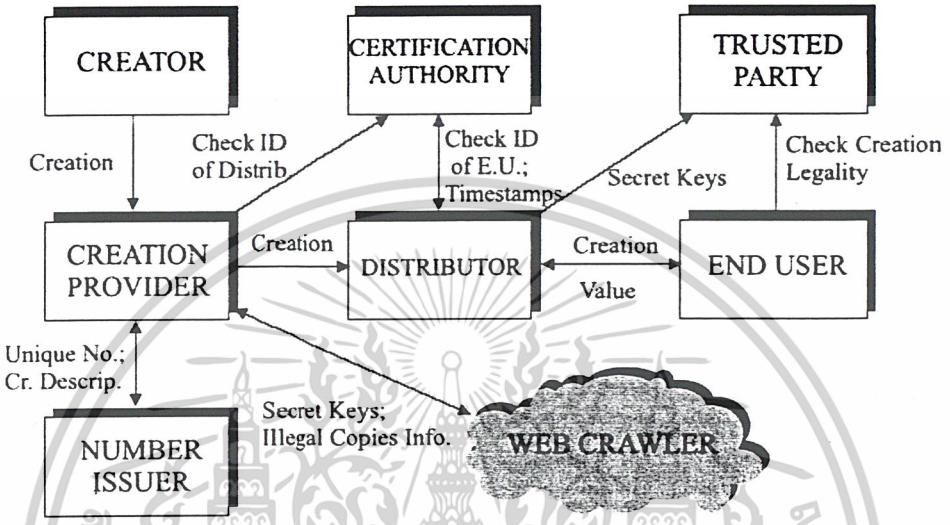
2.8 การประยุกต์ใช้ลายน้ำ

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างบางส่วนของการประยุกต์ใช้งานลายน้ำในงานด้านต่างๆ

- การป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์โดยแทรกข่าวสารที่ใช้แสดงความเป็นเจ้าของลงในสื่อ
- การติดตามการใช้ การปรับปรุงหรือการคัดลอกสื่อ
- การแทรกคำอธิบายของสื่อลงในสื่อนั้นเพื่อประโยชน์เฉพาะ เช่น ใช้ในการทำดัชนีภาพ
- การแทรกข่าวสารย่อยๆ ลงในสื่อหลัก
- การเฝ้าระวังการกระจายสัญญาณภาพและเสียง (Broadcast Monitoring) เช่น เจ้าของสินค้าหรือบริการหลังการขายต้องการตรวจสอบเวลาการโฆษณา นักแสดงและนักดนตรีเฝ้าระวังผลงานที่ถูกเผยแพร่ และเจ้าของลิขสิทธิ์ตรวจสอบว่ามีการละเมิดหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตรวจสอบยืนยังความเป็นเจ้าของ (Owner Identification) และพิสูจน์ความเป็นเจ้าของผลงาน (Proof of Ownership)
- การแทรกข้อความแสดงความเป็นเจ้าของลงในสื่อแบบกระจายและต้องการเอกลักษณ์เฉพาะชิ้นงาน (Transactional Watermarks หรือ Fingerprinting)
- การสื่อสารระหว่างกันโดยบุคคลอื่นไม่สามารถตรวจสอบพบ (Convert Communication)



รูปที่ 2.4 การจัดการทางด้านลิขสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

ในบทนี้กล่าวถึงรายเอียดที่เกี่ยวกับภาพดิจิตอล และการทำลายน้ำ ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจในโครงสร้างของภาพดิจิตอล และการประมวลผลภาพ

3.1 ภาพในคอมพิวเตอร์

ภาพที่แสดงและจัดการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ข้อความ (Text) กราฟฟิกเวคเตอร์ (Vector Graphics) และภาพดิจิตอล (Digital Image)

ข้อความ (Text): ประกอบด้วยตัวอักขระอย่างง่ายๆ ใช้แทนด้วยตัวเลขไม่ซ้ำกันตั้งแต่ 0-127 เรียกว่า แอสกี (ASCII: American Standard Code for Information Interchange) เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับอักขระที่เป็น ASCII ก็จะแปลงเป็นอาร์เรย์ของของพิกเซล

ภาพเวคเตอร์ (Vector Graphic): แทนด้วยสูตรคณิตศาสตร์ หรือคำสั่งที่อธิบายวัตถุต่างๆ เช่น จุด เส้น วงกลม หรือรูปหลายเหลี่ยม ที่เป็นส่วนประกอบของรูป แทนที่จะใช้อาร์เรย์ของพิกเซล ภาพเวคเตอร์จะใช้ความสัมพันธ์ของจุดอ้างอิง (Coordinate) ทำให้การเปลี่ยนขนาดของรูปภาพไม่ทำให้ความละเอียดของภาพลดลง เหมาะสำหรับการสร้างภาพสีแบบเรียบๆ ไม่ไล่สี่ เช่น โลโก้ ภาพการ์ตูน เป็นต้น

ภาพดิจิตอล (Digital Image): หรือเรียกอีกอย่างว่าภาพบิทแมบ (Bitmap) ประกอบด้วยอาร์เรย์ของค่าสี เหมาะกับภาพ ที่ไม่เหมาะที่จะใช้คำสั่งเวคเตอร์ หรือรหัสแอสกี เช่น ภาพถ่าย หรือ ภาพวาด เนื่องจากสามารถไล่โทนสี และแสงเงาได้เหมือนจริง

3.2 ภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอลประกอบด้วยจุดสีสี่เหลี่ยมขนาดเล็กจำนวนมาก เรียกว่า พิกเซล (Pixel) เรียงกันตามแนวตั้งและแนวนอนคล้ายตาราง แต่เนื่องจากมันมีขนาดเล็กมากเกินกว่าที่สายตาจะมองเห็นแต่ละจุดได้ เราจึงมองเห็นมันในลักษณะของภาพรวมขนาดใหญ่ เช่น ภาพใบไม้ ภาพใบหน้าคน ภาพรถยนต์ เป็นต้น คอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลพิกเซลอยู่ในรูปของไฟล์ โดยสามารถคำนวณขนาดของไฟล์โดยใช้สูตรง่ายๆ ดังสมการ 3.1

$$height \times width \times resolution^2 \times bit\ depth = size\ of\ file\ in\ bits \qquad (3.1)$$

รายละเอียดของภาพ หรือ Image Resolution นั้นมักอ้างถึงจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว (pixel per inch หรือ ppi บางครั้งนิยมเรียกกันเป็น dot per inch หรือ dpi แทน) คือ จำนวนพิกเซลที่เรียงกันในความกว้าง 1นิ้ว ปกติจอมอนิเตอร์สามารถแสดงภาพกราฟฟิกได้ละเอียด 72 ถึง 96 ppi แต่นิยมใช้ค่า 72 ppi เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของภาพนั้นถึงอยู่กับสองปัจจัย ปัจจัยแรกคือ จำนวนพิกเซลในภาพ ซึ่งจะอยู่ในรูปของจำนวนพิกเซลแนวนอนคูณกับจำนวนพิกเซลในแนวตั้ง เช่น 1024x1024 ยิ่งจำนวนพิกเซลมีมาก ภาพก็จะมีความละเอียดมาก จำนวนพิกเซลจะมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อภาพมีขนาดใหญ่ เพราะเมื่อภาพถูกขยายให้ใหญ่ขึ้น จำนวนพิกเซลต่อขนาดภาพก็จะลดลง ความละเอียดของภาพก็ลดลง ปัจจัยที่สองก็คือ ความลึกของสี (Color Depth หรือ Color Resolution) ซึ่งคือ จำนวนของสีที่แตกต่างกัน (หรือจำนวนระดับของสีเทาในกรณีที่เป็นภาพขาวดำ) ที่พิกเซลแสดงได้ ความลึกของสีวัดเป็นจำนวนบิทของเลขฐานสอง (Binary) เช่น ถ้าความลึกของสีเป็น 8 บิท แต่ละพิกเซลสามารถแสดงสีที่แตกต่างกันได้ 256 สี (2^8) ความลึกของสีที่จัดว่าเป็นสีจริง (True Color) นั้นจะต้องมีจำนวนมีมากกว่าจำนวนสีที่ตาคนเราสามารถแยกความแตกต่างได้

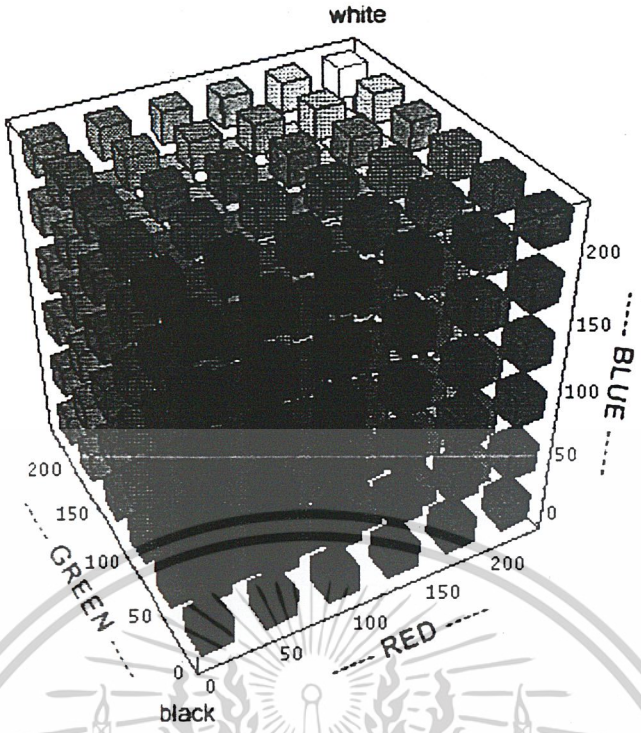
3.3 ระบบสี (Color System)

จุดประสงค์ที่มีระบบสีนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการระบุสี ในบางมาตรฐาน โดยทั่วไปแล้วระบบสีจะใช้ระบบจุดอ้างอิง (Coordinate System) เพื่อบอกว่าสีใดอยู่ที่จุดใดในระบบ

การเลือกใช้ระบบสีในปัจจุบันนั้นขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ เช่น มอนิเตอร์ หรือพรินเตอร์ หรือ ขึ้นอยู่กับแอพพริเคชันที่ใช้งาน รวมไปถึงจุดประสงค์ในการใช้งาน (เช่น ใช้สำหรับภาพกราฟฟิก หรือภาพเคลื่อนไหว) ในเชิงการประมวลผลภาพนั้น ระบบสีที่ใช้กับฮาร์ดแวร์คือระบบสีแบบอาร์จีบี (RGB) ซึ่งเป็นรูปแบบสำหรับมอนิเตอร์ หรือกล้องวิดีโอ ส่วนซีเอ็มวายเค (CMYK) จะใช้สำหรับงานพิมพ์ และเป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับระบบการมองเห็นของคนเรามากที่สุด ระบบสีแบบเอชเอสไอ (HSI) นั้นสามารถแยกระหว่างข้อมูลภาพสี และข้อมูลภาพขาวดำได้

อาร์จีบี (RGB): ระบบสีใช้ระบบจุดอ้างอิงแบบสามมิติ ลักษณะคล้ายลูกบาศก์ มีสามแกนได้แก่ แดง เขียว และน้ำเงิน โดยที่สีดำมีค่าเป็น (0,0,0) และสีขาวมีค่าเป็น (255,255,255) ส่วนสีอื่นๆ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าของสีดำและสีขาว ระบบสีอาร์จีบีจัดเป็นระบบสีแบบบวก (Additive) เนื่องจากสีต่างๆ เกิดจากการนำค่าของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ไปบวกกับค่าสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ลูกบาศก์ในระบบอาร์จีบี

Gamma correction: คือ ส่วนประกอบของสีที่แสดงอยู่ในรูปของคลื่นโวลเตจ (Voltage Waveform) ซึ่งมีค่าคงที่ และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความสว่าง (Illumination)

วายไอคิว(YIQ): คือ ระบบสีที่มีการใช้งานเป็นส่วนใหญ่ในระบบการแสดงผลที่อยู่ในรูปแบบอนาล็อก โดยการแปลงสัญญาณจากอาร์จีบี ไปเป็น วายไอคิว คำนวณได้จากสมการ 3.2 และ 3.3

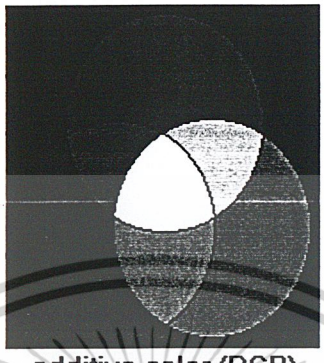
$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{3.2}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.620 \\ 1.000 & -0.275 & -0.647 \\ 1.000 & -1.108 & 1.705 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

จะสังเกตว่าการแปลงสัญญาณวายไอคิวไปเป็นสัญญาณอาร์จีบี นี้ยังมีความจำเป็นเนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดที่รับสัญญาณภาพจากภายนอก เช่น กล้องวิดีทัศน์ จะให้สัญญาณภาพที่อยู่ในรูปแบบของวายไอคิว ขณะที่กระบวนการประมวลผลรูปภาพดิจิตอลส่วนใหญ่จะกระทำกับสัญญาณภาพที่อยู่ในรูปอาร์จีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

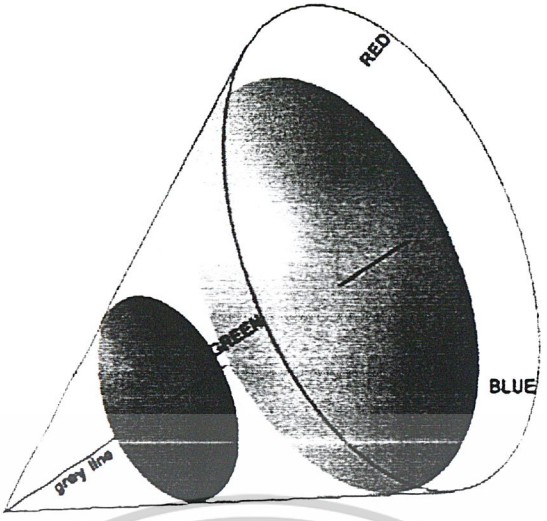
ซีเอ็มวายเค (CMYK): เป็นระบบสีแบบลบ (Subtractive) สีต่างๆ จะเกิดจากการนำค่าของสีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) และเหลือง (Yellow) มาลบกับค่าสีขาว ในทางทฤษฎีนั้นเมื่อประสมค่าสีสูงสุดของสีฟ้า สีม่วงแดง และสีเหลือง จะได้ค่าสีดำ แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะได้เพียงสีน้ำตาลเท่านั้น จึงต้องมีค่าสีเพิ่มมาอีกหนึ่งสีคือ สีดำ (Black)



รูปที่ 3.2 ระบบสีแบบบวก และแบบลบ

เอชเอสไอ (HSI): เป็นระบบสีที่ขึ้นอยู่กับค่า Hue คือ สีสันที่สะท้อนออกมาจากวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาคนเรา ค่า Saturation คือ ความบริสุทธิ์ของสี โดยจะบอกถึงสัดส่วนของสีเทาที่ผสมอยู่ในสีหลัก (Hue) ค่า Intensity คือ ความสว่าง หรือความเข้มของสี ระบบสีแบบเอชเอสไอ นั้นสามารถแสดงได้ในรูปของกรวย โดยมีแกนลากผ่านจุดกึ่งกลางของของกรวยซึ่งเป็นแกนค่าสีเทา มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) ไปถึง 255 (ขาว) แต่ละหน้าตัดของกรวยจะมีลักษณะเป็นวงกลมสี (Color Wheel) ของค่า Intensity และค่า Hue คือ ค่าของมุมค่าระหว่างค่าสีแดง (0) เขียว (86) น้ำเงิน (170) และค่าสีแดงอีกค่า (255)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กรวยในระบบสีเอชเอสไอ

3.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ

ภาพดิจิตอลสามารถจัดเก็บเป็นไฟล์ได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะ หรือวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ไฟล์ประเภท JPEG และ GIF นั้นเหมาะสำหรับนำไปใช้กับเว็บ

GIF (Graphic Interchange Format): รูปแบบของไฟล์ที่ใช้จัดเก็บรูปภาพที่มีความลึกของสี 8 บิท และความละเอียดของภาพ 72 dpi ดังนั้นไฟล์แบบ GIF ซึ่งมีสีเพียงแค่ 256 สี การอ้างถึงสีจะใช้ดัชนี (Index) โดยดัชนีจะเป็นตัวบอกตำแหน่งของค่าสีในตารางสี ไฟล์ภาพแบบ GIF สนับสนุนการทำภาพเคลื่อนไหว (Animation) โดยแสดงภาพเป็นลำดับ คล้ายการ์ตูน นอกจากนี้ GIF ยังสามารถแสดงสีโปร่งแสง (Transparent) ได้ซึ่งเป็นประโยชน์ในการซ้อนภาพ GIF ใช้การบีบอัดแบบ Run-length coding

JPEG (Joint Photographic Experts Group): เป็นรูปแบบการจัดเก็บที่แบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาด 8x8 พิกเซล โดยคำนวณการแปลงค่าโคซายน์ ที่ประมาณการเลื่อนค่า Intensity และค่า Hue ภายในบล็อก JPEG ใช้การบีบอัดที่มีการสูญเสียค่อนข้างมาก แต่มีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้กับภาพถ่าย

BMP (Microsoft Windows Bitmap): สามารถใช้งานได้กับทุกแอพพริเคชันที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ (Windows) ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับภาพที่ต้องทำงานในหลายๆ แอพพริเคชัน BMP เป็นรูปแบบไฟล์ที่ไม่มีการบีบอัดดังนั้นจึงมีขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับไฟล์แบบอื่นๆ

TIFF (Tagged Image File Format): เป็นรูปแบบไฟล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยบริษัทอัลดัส และไมโครซอฟต์ เพื่อใช้เก็บภาพที่ได้จากการสแกน สามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการส่วนใหญ่ ไม่มีการบีบอัดไฟล์

EPS (Encapsulation Postscript): เป็นเซ็ตย่อยของภาษาโพสสคริปต์ (PostScript) เป็นรูปแบบที่ผสมกันระหว่างภาพดิจิตอลและภาพเวคเตอร์

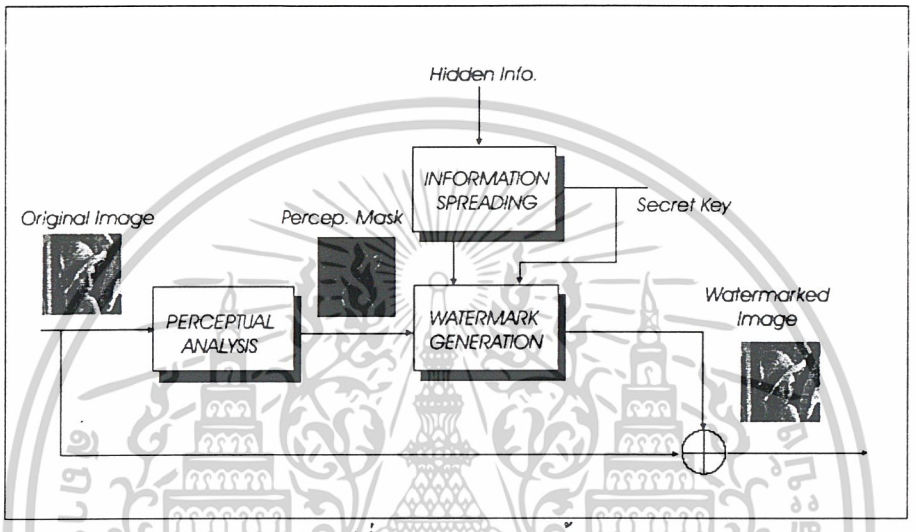
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอลนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

3.5.1 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นภาพต้นฉบับที่ยังไม่มีลายน้ำนั้น ผ่านการวิเคราะห์เพื่อหาจุดหรือพิกเซลที่ควรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า Perceptual Analysis จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการแทรกลายน้ำโดยใส่ข้อมูลที่ต้องการแทรก ซึ่งก็คือลายน้ำ และรหัสลับเพื่อให้เกิดความปลอดภัย โดยลายน้ำและรหัสลับที่ใส่เข้าไปนั้นจะเป็นตัวอ้างอิงการเปลี่ยนของพิกเซล จากนั้นจึงได้ภาพที่ผ่านการแทรกลายน้ำแล้ว



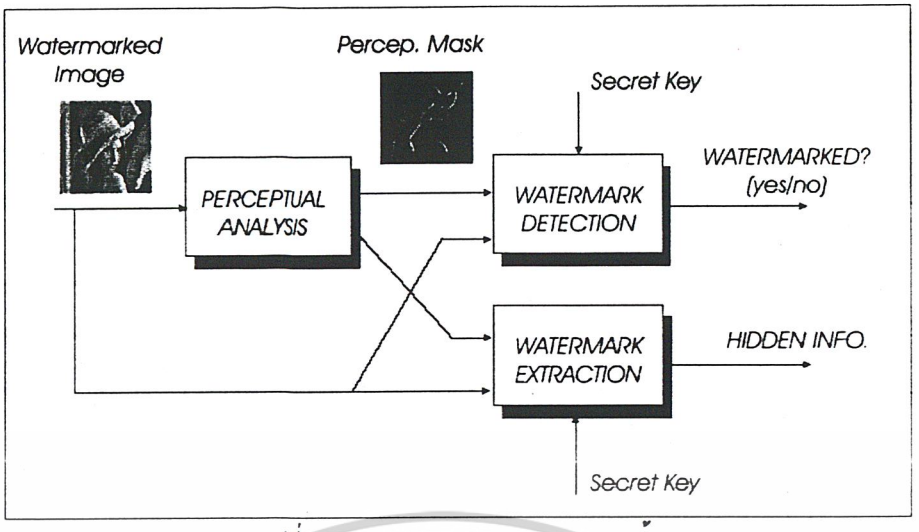
รูปที่ 3.4 การแทรกลายน้ำ

3.5.2 การถอดและการตรวจหาลายน้ำ (Watermark Extraction/Detection)

จากรูปที่ 3.5 คือกระบวนการในการถอดหรือตรวจหาลายน้ำ โดยนำภาพที่คาดว่ามีการฝังลายน้ำผ่านขั้นตอน Perceptual Analysis เพื่อให้ทราบตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าพิกเซล จากนั้นผ่านขั้นตอนการตรวจหาและการถอดลายน้ำ โดยใช้รหัสลับ และในบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับในการถอดและตรวจสอบลายน้ำ ในบางเทคนิคของการทำลายน้ำบนภาพดิจิตอลนั้น ไม่สามารถถอดลายน้ำออกจากภาพได้ แต่ทำได้เพียงแค่ตรวจหาลายน้ำเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.5 การถอดและการตรวจหาลายน้ำ

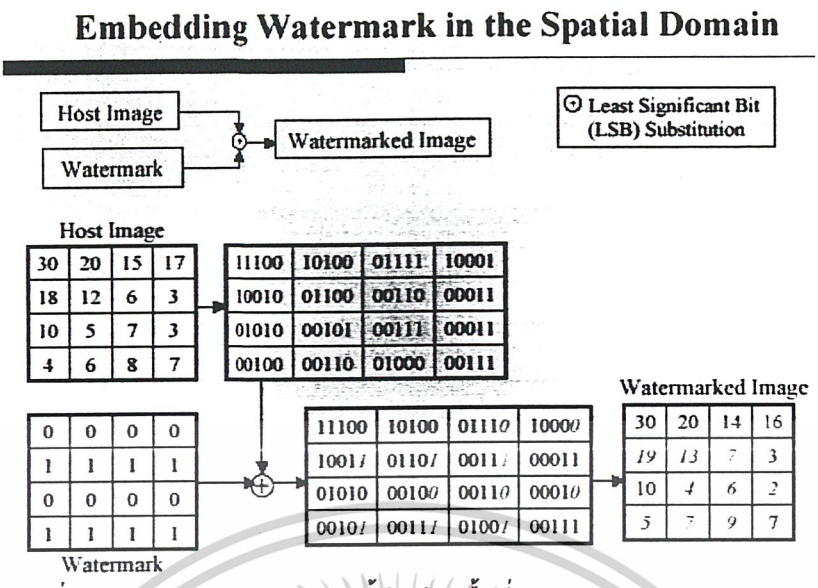
การทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล มีหลายเทคนิควิธี ซึ่งรายละเอียดแตกต่างกันออกไป และอาจไม่เหมือนขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น ตัวอย่างเช่น บางเทคนิคนั้นขั้นตอนของ Perceptual Analysis อาจรวมอยู่ในขั้นตอนการแทรกลายน้ำ และขั้นตอนการถอดและตรวจหาลายน้ำได้ หรือ ในบางเทคนิคนั้นไม่ต้องใช้รหัสลับในการถอดและตรวจหาลายน้ำ แต่อาจใช้ภาพต้นฉบับแทน หรืออาจจะใช้ทั้งสองอย่างเลยก็เป็นไปได้ เป็นต้น

3.6 ประเภทของการทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

อัลกอริทึม(Algorithm) ที่ใช้ในการทำลายน้ำฯ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

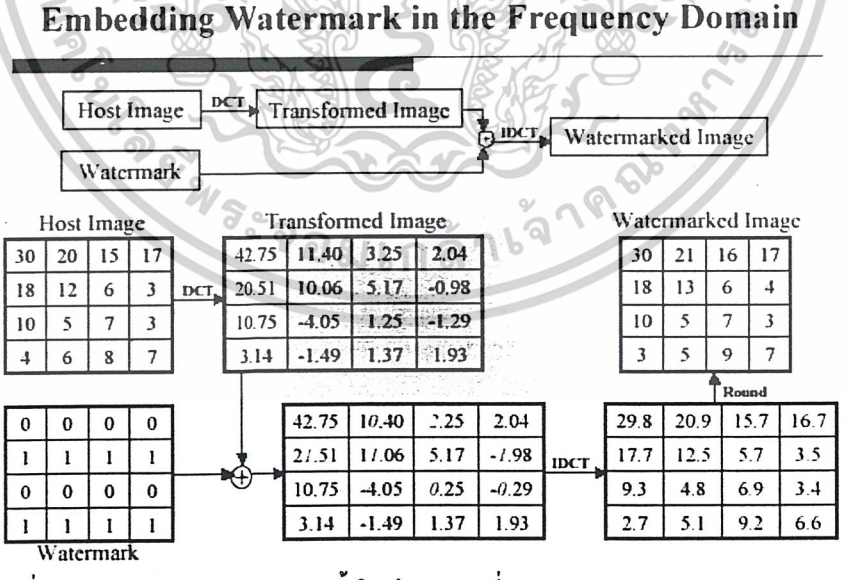
1. **การทำลายน้ำในส่วนพื้นที่** (Spatial-domain techniques) กระทำโดยการเปลี่ยนแปลงความเข้มหรือค่าสีของบางพิกเซล โดยตรง ตัวอย่างง่ายๆ เช่น การสลับค่า LSB ของพิกเซลบางพิกเซล (วิธีนี้จะได้ผลมากถ้าหากภาพดังกล่าวไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไข) หรือมีการนำภาพอีกภาพหนึ่งมาเป็นลายน้ำ โดยวางซ้อนกับภาพเดิมและมีการเพิ่มความเข้มของพื้นที่บางส่วนของลายน้ำเพื่อให้เกิดรูปแบบ (Pattern) บางอย่างที่มีความหมาย ข้อเสียของการทำลายน้ำแบบนี้ คือ ลายน้ำจะถูกทำลายได้ด้วยวิธีการตัดบางส่วนของภาพออกมา หรือ ในบางเทคนิคนั้นลายน้ำไม่คงทน เมื่อภาพถูกบีบอัด หรือได้รับการรบกวนบางอย่าง เช่น JPEG Compression หรือ Gaussian Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
55111



รูปที่ 3.6 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques)

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 3.7 การทำงานของการทำลายน้ำในส่วนความถี่ (Frequency-domain techniques)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ทั้ง 3 เทคนิคนั้นมีข้อดี และข้อด้อยแตกต่างกันไป ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มีสิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงในการเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่ง ก็คือเวลาในการทำงาน หรือ Process time ซึ่งจะมีผลกระทบอย่างมากเมื่อต้องการนำลายน้ำไปใช้กับภาพในปริมาณมาก หรือภาพที่ใช้มีขนาดใหญ่ จากรูปที่ 3.6 เป็นตารางเปรียบเทียบ เวลาในการทำงานของแต่ละเทคนิคเป็นหน่วยวินาที

		Inserted Watermark		
		Small	Normal	Large
Spatial Domain				
LSB Substitution	Embed			49
	Recover			3
Threshold-Based Correlation	Embed	0.5	0.6	
	Recover	0.2	0.4	
Comparison-Based Correlation	Embed	1.4	0.5	
	Recover	1.2	0.5	
CDMA Spread-Spectrum	Embed	14.9	132	
	Recover	27.2	249	
DCT Domain				
Comparison of mid-band DCT Coefficients	Embed	4.0	4.0	
	Recover	2.0	2.0	
Threshold-Based Correlation in DCT mid-band	Embed	3.8	3.8	
	Recover	3.9	4.0	
Comparison-Based Correlation in DCT mid-band	Embed	5.4	5.8	
	Recover	4.5	4.5	
Wavelet Domain				
CDMA Spread-Spectrum In the Wavelet Domain	Embed	9.0	67.5	
	Recover	13.6	119	

ตารางที่ 3.1 เวลาในการทำงาน (วินาที)

จากตารางจะเห็นว่าบางเทคนิคของการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่นั้นใช้เวลาค่อนข้างสูงมาก และเทคนิคของการทำลายน้ำในส่วนความถี่นั้นใช้เวลาโดยเฉลี่ยค่อนข้างน้อยกว่าเทคนิคอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 คุณสมบัติที่สำคัญของลายน้ำบนภาพดิจิตอล

- **ไม่โดดเด่น:** (ในกรณีที่เป็นลายน้ำแบบไม่เปิดเผย) การฝังตัวของลายน้ำไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดในภาพที่มีฝังลายน้ำ และไม่สามารถสังเกตความแตกต่างๆได้ เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ

Level of Assurance	Criteria
Low	• Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) • Slightly perceptible but not annoying
Moderate	• Metric Based on perceptual model • Not perceptible using mass market equipment
Moderate High	• Not perceptible in comparison with original under studio conditions
High	• Survives evaluation by large panel of persons under the strictest of conditions.

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขในการวัดระดับการมองเห็นของลายน้ำ

- **มีความคงทน:** ลายน้ำที่ฝังในภาพต้องมีความคงทนต่อการโจมตีเพื่อทำลาย หรือ การเปลี่ยนแปลงของภาพทั้งที่ตั้งใจ และไม่ตั้งใจ จากตารางที่ 3.2 เป็นระดับความคงทน และความต้องการในแต่ละระดับ

	Level Zero	Low Level	Moderate
Standard JPEG Compression Quality	100-90	100-75	100-50
Color Correction (GIF)	256	256	16
Cropping	100-90%	100-75%	100-50%
Gamma Correction		0.7-1.2	0.5-1.5
Scaling		1/2 - 3/2	1/3 - 2
Rotation		+/- 0 - 2 deg.	+/- 0 - 5 deg. 90 deg.
Horizontal Flip		Yes	Yes
Uniform Noise		1-5%	1-15%
Contrast		+/- 0-10%	+/- 0-25%
Brightness		+/- 0-10%	+/- 0-25%
Median Filter			3x3

ตารางที่ 3.3 ความต้องการพื้นฐานของความคงทนแต่ละระดับ

จากตารางจะเห็นได้ว่าความคงทนในการบีบอัดแบบJPEG Color Correction และ การตัดรูปภาพนั้นถือเป็นความต้องการพื้นฐานที่ควรจะมีในการทำลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความแน่นอน:** ลายน้ำที่ถอดออกมาต้องสามารถบอกความเป็นเจ้าของได้อย่างชัดเจน และก่อให้เกิดความรู้สึกไม่ดีกับผู้ที่พยายามทำลาย ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า Similarity

3.8 การโจมตีลายน้ำบนภาพดิจิตอล (Watermark Attacks)

การโจมตีลายน้ำบนภาพดิจิตอลนั้นสามารถ แบ่งได้ดังนี้

1. **JPEG Compression** เป็นอัลกอริทึมในการบีบอัดภาพดิจิตอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นการทำลายน้ำดิจิตอลจึงควรที่จะป้องกันการโจมตีประเภทนี้ได้
2. **Geometric transformations**
   - การหมุนภาพในแนวนอน (Horizontal flip)
   - การหมุนภาพ (Rotation)
   - การตัดภาพ (Cropping)
   - การเปลี่ยนขนาดภาพ (Scaling)
   - ลบเส้นหรือคอลัมน์ในภาพ (Deletion of line or column)
   - การเปลี่ยนรูปทรงแบบผสม (Generalized geometrical transformations) คือ การโจมตีโดยเปลี่ยนรูปทรงของภาพ หลายๆแบบ เช่น ตัดและเปลี่ยนขนาด
   - การรบกวนแบบสุ่ม (Random Geometric Distortions or StirMark)
   - การเปลี่ยนรูปทรง และการบีบอัดแบบ JPEG
3. **การปรับปรุงรูปภาพ (Enhancement Techniques)**
   - Low pass filtering
   - Sharpening
   - Histogram modification
   - Gamma correction
   - Color quantization ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ การแปลงเป็นเป็น GIF ซึ่งจำนวนสีลดลง โดยการสั่นสะเทือน
   - Restoration คือ ทำภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงให้เหมือนภาพต้นฉบับ
4. **การเติมสัญญาณรบกวน (Noise addition)**
5. **การพิมพ์และสแกน (Printing-scanning)** นำภาพที่ได้ไปพิมพ์ แล้วนำมาสแกนกลับคืน ซึ่งวิธีนี้ทำให้เกิดการรบกวนทั้งรูปทรง และ สัญญาณ
6. **Statistical averaging and collusion** นำภาพหลายๆ ที่มีลายน้ำ จากนั้นถอดลายน้ำโดยหาค่าเฉลี่ย โดยแบ่งภาพเป็นส่วนเล็ก แล้วค่อยนำมารวมกัน
7. **Over-marking** ทำให้เกิดความสับสน โดยการแทรกลายน้ำลงในภาพที่มีลายน้ำแทรกอยู่แล้ว
8. **Oracle attack** คือ การรบกวนภาพจนไม่สามารถหาตัวถอดรหัส (Encoder) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
เทคนิคที่ใช้ในการทำลายน้ำ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นการทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ (Spatial-domain techniques) ในบทนี้จะกล่าวถึงบางเทคนิคที่เป็นที่รู้จักกันดี ของ การทำลายน้ำในส่วนพื้นที่ ซึ่งแต่ละเทคนิคก็จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป จากนั้นกล่าวถึงรายละเอียดของเทคนิคที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้

4.1 Least Significant Bit Modification

เป็นวิธีการที่ค่อนข้างง่ายๆ และตรงไปตรงมา โดยแทรกลายน้ำลงไปใน LSB (Least Significant Bit Modification) ของบางพิกเซลที่เลือกขึ้นมา โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่าการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง LSB จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพโดยรวมน้อยที่สุด ลายน้ำที่ได้จะเป็นลายน้ำแบบไม่เปิดเผย หรือไม่สามารถมองเห็นด้วยสายตาคนเรา

อย่างไรก็ตามการแทรกลายน้ำโดยใช้วิธีการนี้จะไม่มีความคงทนทานต่อการโจมตีที่ใช้หลักการของการรวมสัญญาณรบกวนโดยตรงกับตัวข้อมูล หรือการกำจัดสัญญาณลายน้ำออกไป โดยเปลี่ยนแปลงค่าของ LSB ให้เป็น 0 หรือ 1 ทั้งหมด ต่อมา

เนื่องจากเป็นลายน้ำที่สามารถถูกทำลายได้ง่าย จุดประสงค์หลักของการทำลายน้ำแบบนี้ จึงเป็นไปเพื่อการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของภาพมากกว่าการตรวจสอบลิขสิทธิ์

4.2 Patchwork

ขั้นตอนคือ เลือกสุ่มจุดภาพทีละคู่จำนวน n คู่ โดยใช้ Secret Key และทำการปรับแต่งค่าสัญญาณความสว่างในแต่ละคู่ของจุดภาพ ในลักษณะที่ว่า ค่าสัญญาณความสว่างของจุดภาพจุดแรกจะเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย และจุดภาพจุดที่สองจะลดลงหนึ่งหน่วย

ในทำนองเดียวกันกับวิธีการเปลี่ยนแปลงที่ LSB การฝังสัญญาณโดยใช้วิธีการนี้ไม่มีความคงทนต่อการโจมตีทั้ง 2 แบบ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

4.3 เทคนิคที่นำมาใช้ในการทดลอง

4.3.1 ลักษณะของอัลกอริทึม (Algorithm)

การทำฝังลายน้ำฯใน LSB (Least Significant Bits) ของบางพิกเซลที่เลือกจากการสุ่ม (Random) มีผลให้ลายน้ำสามารถซ่อนตัวได้ดี และมองไม่เห็นความแตกต่าง แต่ลายน้ำสามารถถูกทำลายได้ง่าย ถ้าภาพถูกฟิลเตอร์ (Low-pass filter) หรือ บีบอัด (JPEG Compression)

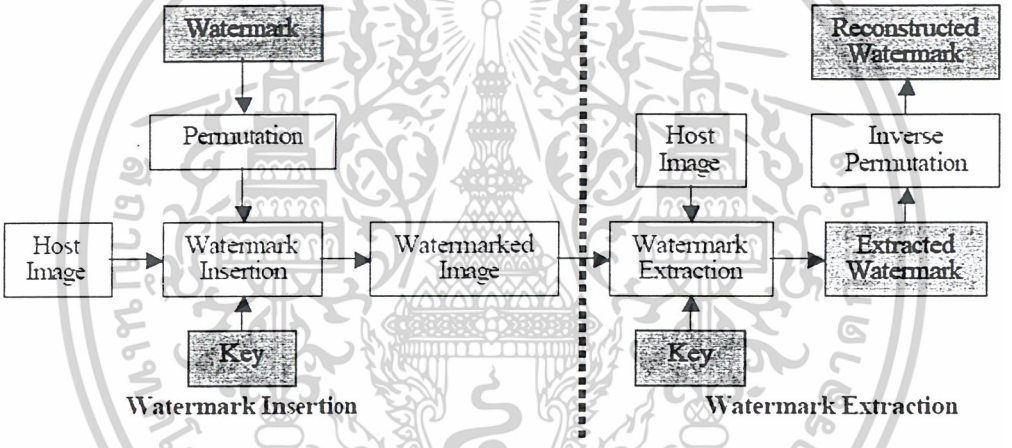
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฝังลายน้ำโดยใช้ภาพที่มีความหมายแบบ ที่เป็น 2 บิท (Meaningful Binary Image) แม้จะมีความคงทนของลายน้ำแต่ว่า การฝังลายน้ำแบบนี้สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างภาพที่ทำการฝังและภาพต้นแบบ ลายน้ำที่ฝังอยู่บนรูปภาพได้อย่างชัดเจน

จากวิธีการข้างต้นซึ่งมีข้อดีและเสียแตกต่างๆกันไป จึงมีการปรับและนำข้อของแต่ละวิธีมารวมกันเรียกว่า Adaptive Digital Image Watermark Technique โดย ทำการฝังลายน้ำฯ โดยใช้ลายน้ำแบบ Meaningful Binary Image และเพื่อให้สามารถซ่อนตัวจากการมองเห็นจึงทำการสุ่มตำแหน่งของพิกเซล ทำให้พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงมีจำนวนน้อยลง แต่ในทางกลับคุณภาพของลายน้ำที่ถอดออกมาก็จะมีคุณภาพน้อยลง จึงควรมีการกำหนดจำนวนพิกเซลที่เปลี่ยนแปลงให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถระบุภาพได้อย่างถูกต้อง

เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของลายน้ำ จึงนำมาซึ่งการใช้ Secret Key เพื่อเลือกตำแหน่งของพิกเซลที่ใช้ในการฝังลายน้ำฯ เช่น Pseudo-random number generator ใช้บอกลำดับของตำแหน่งบนภาพ

4.3.2 ขั้นตอนในการทำงาน

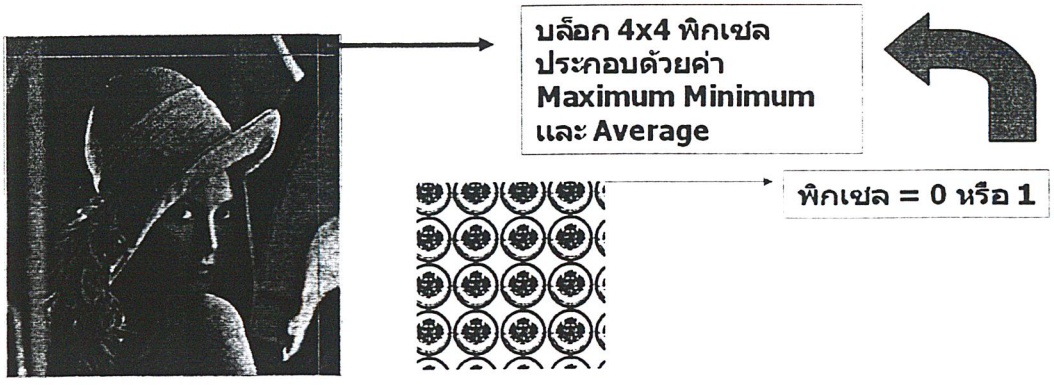


รูปที่ 4.1 ขั้นตอนในการทำงาน

4.3.3 การแทรกลายน้ำ (Watermark Embedding)

ลายน้ำที่ฝังในตัวภาพ ต้องไม่สามารถมองเห็นด้วยสายตามนุษย์ และต้องมีความคงทนต้องการเปลี่ยนแปลงต่างๆของภาพ ดังนั้นแต่ละบิท(0 หรือ 1) ของตัวลายน้ำที่เป็น Binary image จะต้องจะถูกฝังใน block ของภาพที่ต้องการทำลายน้ำฯ โดยแบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาด NxN ซึ่งขนาดของบล็อกจะขึ้นอยู่กับ ความคมชัดของภาพ (Contrast) โดยยิ่งภาพมีความคมชัดมากเท่าไรขนาดของบล็อกก็ควรเล็กลงเพื่อคงคุณภาพของภาพที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนในการแทรกลายน้ำ

จากนั้นทำการสุ่มบล็อกที่ต้องการฝัง โดยใช้ Pseudo-random number generator โดยให้ Seed value k โดยค่า k จะมีความคล้ายคลึงกับ Secret key ของ ระบบ DES (Data Encryption Standard) และกำหนดตัวแปรดังนี้

- B = Selected block
- k = Seed value
- b_{ij} = Intensity of pixel in the block B
- g_{mean} = ค่าเฉลี่ยของค่าพิกเซลในแต่ละบล็อก
- $g_{\max}$ = ค่าสูงสุดของค่าพิกเซลในแต่ละบล็อก
- $g_{\min}$ = ค่าต่ำสุดของค่าพิกเซลในแต่ละบล็อก
- δ = ค่าน้อยๆ ค่าหนึ่ง
- B_w = พิกเซลที่มีการแทรกลายน้ำ มีค่า 0 หรือ 1

$$g_{\max} = \max\left(b_{ij}, 0 \le i, j < N\right)$$
$$g_{\min} = \min\left(b_{ij}, 0 \le i, j < N\right), and \qquad (4.1)$$
$$g_{mean} = \frac{1}{N^2}\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} b_{ij}$$

ทำการหาค่ามากที่สุด, ค่าน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ย ของแต่ละบล็อก ตามสมการด้านบน เพื่อใช้กำหนดค่าที่จะเปลี่ยนแปลงของพิกเซลในบล็อกนั้นๆตามค่าที่สุ่มได้จากค่า k ตามสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
\begin{aligned}
b_W = 1: \\
&g' = g_{\max} \; if \; g > g_{mean}, \\
&g' = g + \delta \; if \; g \le g_{mean}, \\
b_W = 0: \\
&g' = g_{\min} \; if \; g < g_{mean}, \\
&g' = g - \delta \; if \; g \ge g_{mean},
\end{aligned}
\tag{4.2}
$$

δ ใช้ในการปรับค่าความเข้มของพิกเซล ตามความเหมาะสม อีกทั้ง ค่าที่เปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับพิกเซลภายในบล็อกนั้น โดยถ้าบล็อกมีความคมชัด (Contrast) สูงค่าพิกเซลของบล็อกนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลง มากกว่าบล็อกที่มีความคมชัดน้อย

4.3.4 การตรวจสอบลายน้ำ (Watermark Extraction)

การตรวจสอบ เพื่อแสดงลายน้ำที่ฝังอยู่ก็เป็นวิธีการกลับกัน ของการฝังลายน้ำ แต่การตรวจสอบจำต้องมีภาพต้นฉบับเพื่อใช้ในการอ้างอิง และใช้ค่า k ในเพื่อบอกตำแหน่งบล็อกที่มีการฝัง

รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการตรวจสอบลายน้ำ

- B = Block of original image
- B' = Block of watermarked image
- k = Seed value
- S_w = Sum of intensity of watermarked image
- S_o = Sum of intensity of original image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_W = 1 \quad if \quad S_W > S_O, \qquad b_W = 0 \quad if \quad S_W \le S_O \tag{4.3}$$

จากสมการ เมื่อค่ารวมของความเข้มของพิกเซลในบล็อกที่มีการฝังลายน้ำมีค่ามากกว่าค่ารวมของบล็อกต้นฉบับ จะตรวจสอบค่าพิกเซลของลายน้ำที่ฝังได้เท่ากับ 1 แต่ถ้าน้อยกว่าก็จะเท่ากับ 0

4.3.5 การเลือกขนาดของบล็อก และปริมาณลายน้ำ

จากการทดลองเพื่อเลือกขนาดของบล็อก เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนา และออกแบบโปรแกรมเพื่อทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

ขนาดบล็อก	ขนาดลายน้ำ	คุณภาพของภาพ PSNR
32	8	63.4833
16	16	66.8173
8	32	70.9132
4	64	76.0629
1	256	86.7192

ตารางที่ 4.1 สรุปคุณภาพของภาพตามขนาดของบล็อก

จากตารางที่ 4.1 ถ้าไม่คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมซึ่งถ้าบล็อกยิ่งมีขนาดเล็กการวนลูปภายในโปรแกรมก็จะยิ่งมากขึ้น ทำให้ใช้นานบล็อกขนาดใหญ่ แต่ในปัจจุบันฮาร์ดแวร์ค่อนข้างมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นการเลือกขนาดบล็อกจึงควรคำนึงถึงระยะเวลาในการทำงาน และคุณภาพของภาพที่จะทำการแทรกลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนบล็อกที่มีการแทรกลายน้ำ	Seed value (k)	คุณภาพของภาพ (PSNR)	คุณภาพของลายน้ำ (PSNR)
All Block	-	65.6295	∞
100	18	71.3445	61.2009
50	18	74.3705	53.3554
40	18	75.8272	52.4075
30	18	77.9221	51.6370
100	50	71.3259	61.1369
50	50	74.3310	53.3342
40	50	75.8135	52.3287
30	50	79.9333	51.5874

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณภาพของภาพ ตามจำนวนบล็อกที่สุ่ม

จากตารางที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบคุณภาพตามปริมาณลายน้ำที่แทรกในภาพ ถ้าลายน้ำในภาพมีปริมาณมากก็ยิ่งมีความคงทนมาก แต่คุณภาพของภาพที่ได้ก็จะน้อยลง ดังนั้นการเลือกปริมาณลายน้ำที่ใช้ในการทดลองจึงเป็นแบบปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การประเมินผลลายน้ำ

หลังจากการทำลายน้ำ สิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ การติดตามผล และทดสอบคุณภาพที่ได้จากการทำลายน้ำนั้น มีการโดยการวัดคุณภาพนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวัดคุณภาพของภาพที่ได้จากการแทรกลายน้ำ และการวัดคุณภาพของลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบลายน้ำ

5.1 การประเมินผลภาพที่ได้จากการแทรกลายน้ำ

คุณสมบัติหนึ่งของการทำลายน้ำแบบไม่เปิดเผย (ซึ่งใช้ในงานวิจัยนี้) นั้น คือไม่ทำให้ภาพนั้นสูญเสียคุณภาพ หรือแตกต่างไปจากภาพต้นฉบับมากนัก ดังนั้นจึงมีการนำภาพที่ได้จากการแทรกลายน้ำไปวัดค่าโดยเทียบกับภาพต้นฉบับ โดยแบ่งการวัดค่าออกเป็น

5.1.1 มาตรวัดทางพิกเซล (Pixel Based Matrics)

เป็นการวัดที่นิยมใช้มากที่สุด ในการวัดความเพี้ยน หรือคุณภาพ ทางการมองเห็น โดยวัดความแตกต่างของพิกเซลระหว่างภาพต้นฉบับ และภาพที่มีการเปลี่ยนแปลง

ปัจจุบัน มาตรวัดทางพิกเซลที่ได้รับความนิยมคือ ในส่วนของรูปภาพ และวิดีทัศน์ คือ SNR (Signed to Noise Ratio) และ PSNR (Peak Signed to Noise Ratio) ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB: Decibels) ซึ่ง PSNR นั้นจะนำมาใช้ในการทดลอง

PSNR เป็นค่ามาตรฐานที่นักวิจัยทั่วไปนำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของรูปดิจิตอลที่ผ่านกระบวนการประมวลผลทางสัญญาณใดๆ โดยจะทำการเปรียบเทียบกับรูปภาพต้นฉบับ ค่า PSNR ที่สูงจะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของรูปที่ใกล้เคียงกับรูปภาพต้นฉบับ ค่า PSNR นี้ได้ถูกนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของรูปภาพที่ผ่านการแทรกลายน้ำมาแล้ว โดยการกำหนดให้ $Opixel(i, j)$ คือ พิกเซลที่ตำแหน่ง (x,y) ในภาพต้นฉบับที่มีขนาดเท่ากับ NxN พิกเซล และ $Wpixel(i, j)$ คือ พิกเซลของภาพที่มีลายน้ำแทรกอยู่ ค่า PSNR สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 5.1 และ 5.2

$$MSE = \frac{\sum [Opixel(i, j) - Wpixel(i, j)]^2}{N^2} \tag{5.1}$$

$$PSNR = 20\log_{10}(\frac{255}{RMSE}) \tag{5.2}$$

โดยที่ค่า MSE (Mean Square Error) จะมาจากการคำนวณในทุกๆ ตำแหน่งของพิกเซลในภาพ และค่า RMSE (Root Mean Square Error) คือ ค่ารากที่สองของ MSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้คุณภาพของภาพที่ดี ภายหลังกระบวนการแทรกลายน้ำ จะวัดได้จาก PSNR ที่มีค่าสูงๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่า PSNR ที่ยอมรับได้สำหรับการนำภาพไปใช้งานในทางปฏิบัติ ควรอยู่ระหว่าง 20-40 dB ขึ้นไป ยกตัวอย่างเช่น ภาพที่ผ่านการแทรกลายน้ำที่มีความสูงขึ้น 2 เท่าส่งผลให้ค่า PSNR ตกลงน้อยกว่า 0.5 dB จะไม่สามารถสังเกตเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงด้วยสายตามนุษย์

5.1.2 มาตรวัดทางการมองเห็น (Perceptual Quality Metrics)

เป็นระบบที่เน้นการมองเห็นของมนุษย์ (Human Visual System) โดยใช้ประโยชน์จากค่าต่างๆ คือ

- Contrast sensitivity
- Masking effects
- Multi-channel model of the H.V.S.

ค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 โดย 5 ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ การคำนวณแบ่งเป็นขั้นตอน คือ แบ่งรูปภาพเป็นส่วนๆแบบหยาบ เพื่อแบ่งค่าความแตกต่าง (ระหว่างสองรูป) ออกเป็น ส่วนที่สามารถมองเห็น (Perceptual Component) โดยใช้ Filter banks คำนวณ Detection Threshold ในแต่ละพิกเซลโดยใช้ ภาพต้นฉบับเป็นเหมือนภาพที่ใส่หน้ากาก แล้วแบ่ง ค่าความผิดพลาดที่ถูกฟิลเตอร์นั้นโดย โดย Decision Threshold แล้วรวมทุกช่องสี (Color Channels) ของพิกเซล เมตริกซ์ที่ได้ เรียกว่า units above threshold หรือ Just Noticeable Difference (JND) และเมตริกซ์โดยรวมเรียก Masked Peak Signed to Noise Ratio (MPSNR) คำนวณได้จากสมการ 5.3

$$MPSNR = 10\log_{10}\frac{255^2}{E^2} \tag{5.3}$$

E มาจากคำนวณความเพี้ยนของภาพ เพราะมาตรวัดคุณภาพนี้ ไม่ได้อ้างหน่วยเป็น dB แต่มีหน่วยเป็น Visual Decibels (vdB) การประเมินคุณภาพที่จัดว่าปกตินั้นใช้ ITU-R Rec. 500 Quality(Q) คำนวณได้จาก สมการ 5.4

$$Q = \frac{5}{1 + N \times E} \tag{5.4}$$

N คือค่าคงที่ปกติ ซึ่งมาจากการวัดค่าความเพี้ยนที่เข้าคู่กับ ค่าคุณภาพที่ต้องประเมิน

5.2 การประเมินผลลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบลายน้ำ

ความค่าเหมือนกัน (Similarity) ของลายน้ำต้นฉบับ และลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบนั้น สามารถคำนวณค่า Similarity ได้จากสมการ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SIM(X, X^*) = \frac{X^* X}{\sqrt{X^* X}} \tag{5.5}$$

โดยที่ X คือ ลายน้ำต้นฉบับ และ X^* คือ ลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบ ค่าที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0-1 อีกค่าหนึ่งซึ่งคำนวณคล้ายกัน คือ ค่า Normalized Cross Correlation (NC) คำนวณได้จากสมการ 5.6

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} W_{ij}^*}{\sum_i \sum_j [W_{ij}]^2} \tag{5.6}$$

โดย W_{ij} คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของลายน้ำต้นฉบับ ส่วน W_{ij}^* คือ ค่าพิกเซลที่ตำแหน่ง (i,j) ของลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบ ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การออกแบบโปรแกรมทำลายน้ำบนภาพดิจิตอล

6.1 ภาพรวมของโครงงาน

โปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการฝังรูปลายน้ำดิจิตอล(Digital watermark) ลงไปในรูปต้นฉบับ ซึ่งรูปที่มีการใส่ ลายน้ำดิจิตอล จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายด้วยสายตามนุษย์ และเพื่อพิสูจน์ว่ารูปใดรูปหนึ่ง มีรูปลายน้ำดิจิตอล ซ่อนอยู่ จะต้องมีการถอดรูปที่ต้องการพิสูจน์ ให้ผลลัพธ์ออกมาเป็น รูปลายน้ำดิจิตอล ซึ่งเป็น รูปเดียวกับตอนที่เพิ่มเข้าไป การนำไปใช้งานจริงจะมุ่งไปตรวจสอบว่า ถ้ามีบุคคลใด แอบนำรูปที่มีทำลายน้ำดิจิตอลไปใช้โดยไม่ได้อนุญาต ถือว่าเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ เราสามารถตรวจสอบและพิสูจน์การละเมิดลิขสิทธิ์และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปฟ้องร้องตามสิทธิ์ของกฎหมาย แต่ในความเป็นจริงแล้ว การทำลายน้ำดิจิตอล จะถูกการโจมตีด้วยวิธีการดังต่อไปนี้คือ

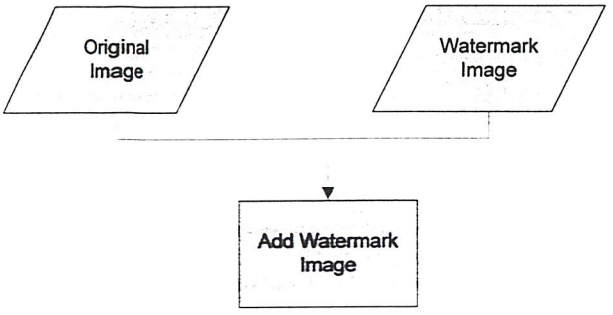
1. การ cropping รูปภาพ
2. การ resizing รูปภาพ
3. การ rotation รูปภาพ
4. การ filter รูปภาพ
5. JPEG compression

เพราะฉะนั้นโปรแกรมที่ใช้ทำทำลายน้ำดิจิตอล ควรจะสามารถทำให้รูปที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลทนทานต่อการโจมตีที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้

ในการออกแบบและการเขียนโปรแกรมลายน้ำดิจิตอล จะมีรูปแบบการทำงานดังต่อไปนี้คือ

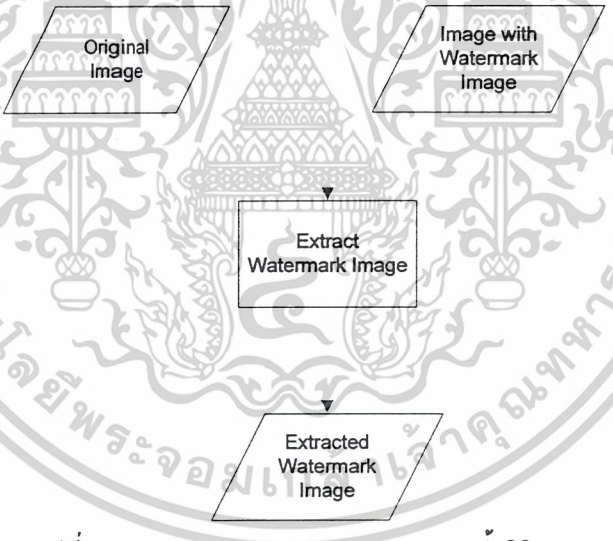
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเพิ่มลายน้ำดิจิตอล ลงไปในรูปต้นฉบับ



รูปที่ 6.1 แสดงภาพกระบวนการการเพิ่มลายน้ำดิจิตอล

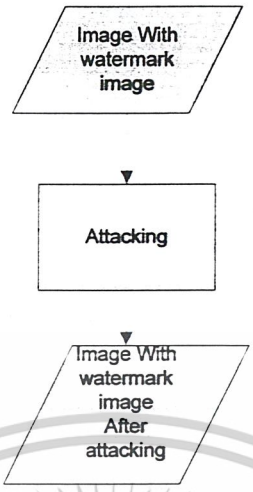
2. การถอดลายน้ำดิจิตอล



รูปที่ 6.2 แสดงภาพกระบวนการการถอดลายน้ำดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การโจมตีรูปที่มีทำลายน้ำดิจิตอล



รูปที่ 6.3 แสดงภาพกระบวนการการโจมตีลายน้ำดิจิตอล

6.2 การออกแบบและการเขียนโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล (Copyright Protection With Digital Water Marking)นั้นเราได้แบ่งออกเป็นส่วนที่สำคัญๆ ทั้งหมด 6 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วย

6.2.1 การเปิดรูปภาพ(Opening Image)

6.2.2 การฝังลายน้ำดิจิตอล(Adding Watermark)

6.2.3 การถอดลายน้ำดิจิตอล(Extracting Watermark)

6.2.4 การโจมตีลายน้ำดิจิตอล(Attacking Watermark)

6.2.5 คุณสมบัติของรูปภาพ(Image Property)

6.2.6 การจัดเก็บรูปภาพ(Saving Image)

โดยเราจะทำการอธิบายแต่ละส่วนดังนี้

6.2.1 การเปิดรูปภาพ (Opening Image)

ส่วนของการเปิดรูปภาพจะเป็นการเปิดรูปภาพแต่ละประเภทที่จำเป็นต้องใช้ในโปรแกรม ประกอบด้วย

1. เปิดรูปภาพต้นฉบับ(Opening Original Image)
2. เปิดรูปภาพลายน้ำดิจิตอล(Opening Watermark Image)
3. เปิดรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล(Opening Image with Watermark Image)
4. เปิดรูปภาพลายน้ำดิจิตอลที่ผ่านการถอดมาแล้ว(Opening Extracted Image)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 การฝังลายน้ำดิจิตอล (Adding Watermark)

การฝังลายน้ำดิจิตอลเป็นกระบวนการที่นำภาพลายน้ำดิจิตอลมาฝังในรูปภาพต้นฉบับ โดยสามารถที่จะฝังรูปภาพที่มี ฟอร์แมตไฟล์ เป็น JPEG และ Bitmap ได้ โดยในส่วนของการฝังลายน้ำดิจิตอลจะมีขั้นตอนทำงานหลักๆ อยู่ 2 ขั้นตอนดังนี้

- ส่วนของการจัดการตำแหน่ง Random ของ Block
- ส่วนของการจัดการเพิ่ม Block เข้าไปในรูปต้นฉบับ

โดยแต่ละส่วนจะมีการทำงานเรียงตามลำดับกันไป และเราจะทำการอธิบายการทำงานของแต่ละส่วนโดยละเอียดอยู่ในหัวข้อต่อไป

6.2.2.1 ส่วนของการจัดการตำแหน่ง Random ของ Block

เป็นการรับค่า Password จากผู้ใช้ เพื่อที่จะนำมาเป็นค่า Seed Random เมื่อทำการ Random ตำแหน่งของ Block หลังจากได้ค่า Seed Random ที่รับเข้ามา จะ Random ตำแหน่งของ Block แต่อยู่ในขอบเขตของตำแหน่งต่างๆ ในรูปภาพ

6.2.2.2 ส่วนของการจัดการเพิ่ม Block เข้าไปในรูปต้นฉบับ

จะทำการเพิ่ม Block จำนวนเท่ากับ เปอร์เซ็นต์ที่ผู้ใช้ต้องการฝังลายน้ำดิจิตอล โดยจะฝังแต่ละ Block ไปตามแนวแถวและคอลัมน์ของรูปภาพโดยเริ่มจากตำแหน่งแรกจาก Random Block จนครบจำนวน Block ทั้งหมดที่ต้องการฝัง

6.2.3 การถอดลายน้ำดิจิตอล (Extracting Watermark)

การถอดลายน้ำดิจิตอลเป็นกระบวนการนำภาพต้นฉบับและภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลมาเปรียบเทียบและถอดลายน้ำดิจิตอลออกมา โดยส่วนของการถอดลายน้ำดิจิตอลจะมีขั้นตอนหลักอยู่ 2 ขั้นตอนดังนี้

- ส่วนของการตรวจสอบรูปภาพลายน้ำดิจิตอลถูกโจมตีด้วยวิธีการใด
- ส่วนของเปรียบเทียบรูปภาพต้นฉบับและรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล

6.2.3.1 ส่วนของการตรวจสอบรูปภาพลายน้ำดิจิตอลถูกโจมตีด้วยวิธีการใด

เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปภาพที่ผ่านการโจมตีให้อยู่ใกล้เคียงสภาพก่อนที่จะมีการโจมตีมากที่สุด เพื่อให้ขั้นตอนการถอดลายน้ำดิจิตอลได้รูปภาพลายน้ำดิจิตอลใกล้เคียงรูปภาพลายน้ำดิจิตอลต้นฉบับมากที่สุด ประกอบด้วยการตรวจสอบการโจมตีดั่งต่อไปนี้

- การโจมตีด้วยการ Crop รูปภาพ
- การโจมตีด้วยการ Resize รูปภาพ
- การโจมตีด้วยการ Filter รูปภาพ
- การโจมตีด้วยการ Rotate รูปภาพ
- การโจมตีด้วยการเทคนิคบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG Compression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3.2 ส่วนของเปรียบเทียบรูปภาพต้นฉบับและรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล

เป็นกระบวนการถอดลายน้ำดิจิตอลโดนการเปรียบเทียบรูปภาพต้นฉบับและรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อถอดภาพลายน้ำดิจิตอลที่ถูกซ่อนไว้ โดยเปรียบเทียบแต่ละ Block ของรูปภาพ เพื่อให้ได้ภาพลายน้ำดิจิตอลออกมา

6.2.4 การโจมตีลายน้ำดิจิตอล (Attacking Watermark)

การโจมตีลายน้ำดิจิตอลเป็นกระบวนการทดสอบความคงทนของลายน้ำดิจิตอลว่าจะยังคงสภาพรูปแบบไว้ได้มากขนาดไหนโดยเปรียบเทียบรูปภาพที่ถูกโจมตีแล้วถอดลายน้ำดิจิตอลออกมา จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรกับรูปภาพที่ไม่ถูกโจมตีแล้วถอดลายน้ำดิจิตอล การโจมตีจะมี 5 ประเภทคือ

1. การโจมตีด้วยการ Crop รูปภาพ

เป็นการโจมตีโดยคาดเดาตำแหน่งของลายน้ำดิจิตอลในรูปที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อกำจัดลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่

2. การโจมตีด้วยการ Resize รูปภาพ

เป็นการโจมตีโดยการเพิ่มหรือลดขนาดของรูป ทำให้รูปลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่มีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหลือเค้าโครงของรูปเดิม

3. การโจมตีด้วยการ Filter รูปภาพ

เป็นการรบกวนรูปภาพ ทำให้รูปลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่มีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหลือเค้าโครงของรูปเดิม

4. การโจมตีด้วยการ Rotate รูปภาพ

เป็นการหมุนรูปภาพในตำแหน่งต่างๆ ทำให้รูปลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่มีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหลือเค้าโครงของรูปเดิม

5. การโจมตีด้วยการเทคนิคบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG Compression

เป็นการบีบอัดรูปด้วยวิธีการแบบ JPEG ทำให้รูปลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่มีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหลือเค้าโครงของรูปเดิม

6.2.5 คุณสมบัติของรูปภาพ (Image Property)

บอกรายละเอียดคุณสมบัติของรูปภาพที่เป็นข้อมูลรายละเอียดของรูปภาพนั้น ๆ และบอกค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบรูปภาพที่เกิดจากฝังและถอดลายน้ำดิจิตอล ประกอบด้วยข้อมูล 3 ประเภท คือ

1. ข้อมูลทั่วไปของรูปภาพ

เป็นข้อมูลทั่วไปของรูปภาพ ฟอร์แมตของรูปภาพ ขนาดของรูปภาพ รูปแบบการบีบอัดเป็นต้น

2. ค่า PSNR และ MSE ของรูปภาพ

เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบภาพต้นฉบับกับภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลแล้ว

3. ค่า Similarity ของรูปภาพ

เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบภาพลายน้ำดิจิตอลต้นฉบับกับภาพลายน้ำดิจิตอลที่ถูกถอดออกมาว่ามีการคล้ายกันประมาณเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.6 การจัดเก็บรูปภาพ (Saving Image)

ส่วนของการจัดเก็บรูปภาพ จะเป็นการจัดรูปภาพที่เกิดจากผลลัพธ์ของโปรแกรม ประกอบด้วย

1. จัดเก็บรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล(Saving Image with Watermark Image)
2. จัดเก็บรูปภาพลายน้ำดิจิตอลที่ผ่านการถอดมาแล้ว(Saving Extracted Image)
3. จัดเก็บรูปภาพลายน้ำดิจิตอลที่ผ่านการ โจมตีมาแล้ว(Saving Attacking Extracted Image)

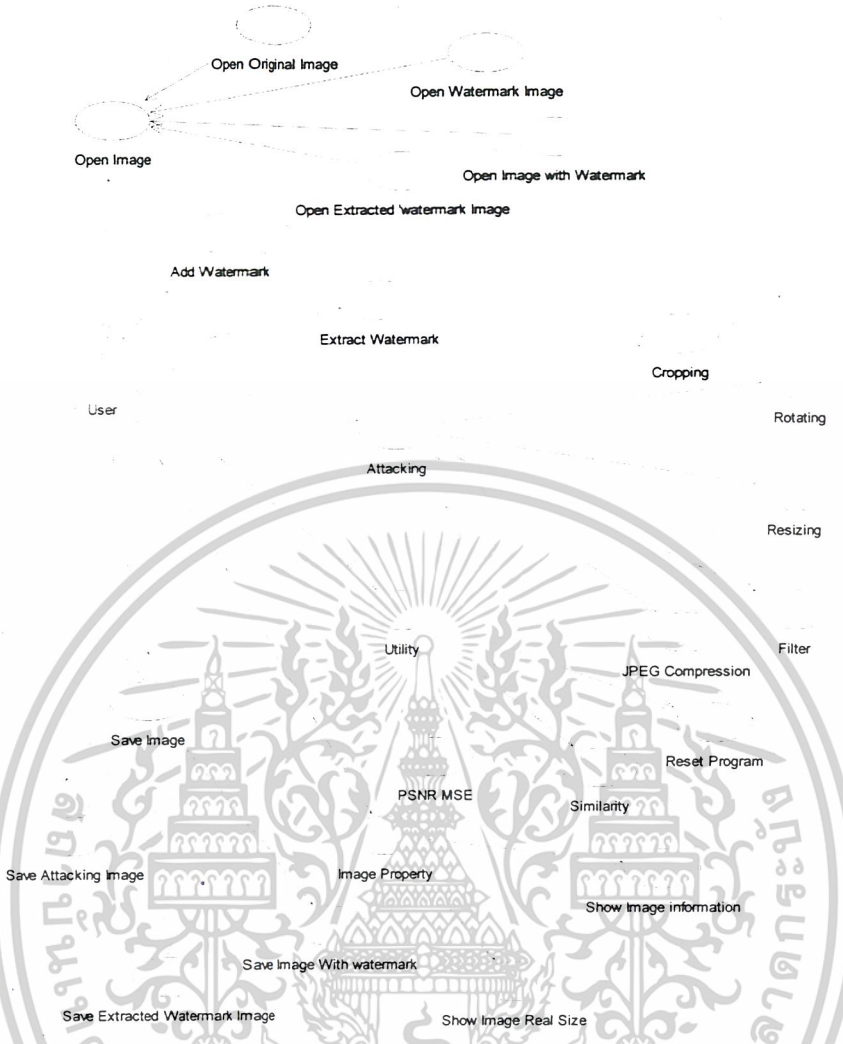
6.3 แผนภาพต่างๆ ของการออกแบบระบบ (Diagram)

ในที่นี้เราจะอธิบายระบบโดยใช้ไดอะแกรม ของ ยูเอ็มเอ็ล (UML) 3 ชนิดคือ

- ยูสเคสไดอะแกรม ซึ่งใช้เพื่ออธิบายถึงผู้ใช้สามารถใช้งานใดกับระบบได้บ้าง
- ซีเควนไดอะแกรมถูกใช้อธิบายลำดับการติดต่อกันของอ็อบเจ็ค

6.3.1 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แสดงยูสเครสไดอะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 6.4 แสดงยูสเครสไดอะแกรมของระบบผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้ดังนี้

- Open Image เป็น ยูสเครสที่ให้ผู้ใช้เปิดรูปภาพขึ้นมา โดยผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพที่จะเปิดขึ้นมาดังนี้คือ

1. Open Original Image ผู้ใช้เปิดรูปภาพต้นฉบับ
2. Open Watermark Image ผู้ใช้เปิดรูปภาพลายน้ำดิจิตอล
3. Open Image with Watermark Image ผู้ใช้เปิดรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล
4. Open Extracted Watermark Image ผู้ใช้เปิดรูปภาพลายน้ำดิจิตอลที่ฝังแล้วถอดออกมา

- Add Watermark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น ยูสเคสที่ให้ผู้ใช้สามารถฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในรูปที่ต้องการ

- Extract Watermark

เป็น ยูสเคสที่ให้ผู้ใช้สามารถถอดลายน้ำดิจิตอลที่ฝังออกมาได้

- Attack Watermark

เป็น ยูสเคสที่ให้ผู้ใช้สามารถทดลองโจมตีรูปภาพที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล เพื่อทดสอบความคงทนของลายน้ำดิจิตอล สามารถโจมตีได้ 5 รูปแบบดังต่อไปนี้

1. การโจมตีด้วยการ Crop รูปภาพ
2. การโจมตีด้วยการ Resize รูปภาพ
3. การโจมตีด้วยการ Filter รูปภาพ
4. การโจมตีด้วยการ Rotate รูปภาพ
5. การโจมตีด้วยการเทคนิคบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG Compression

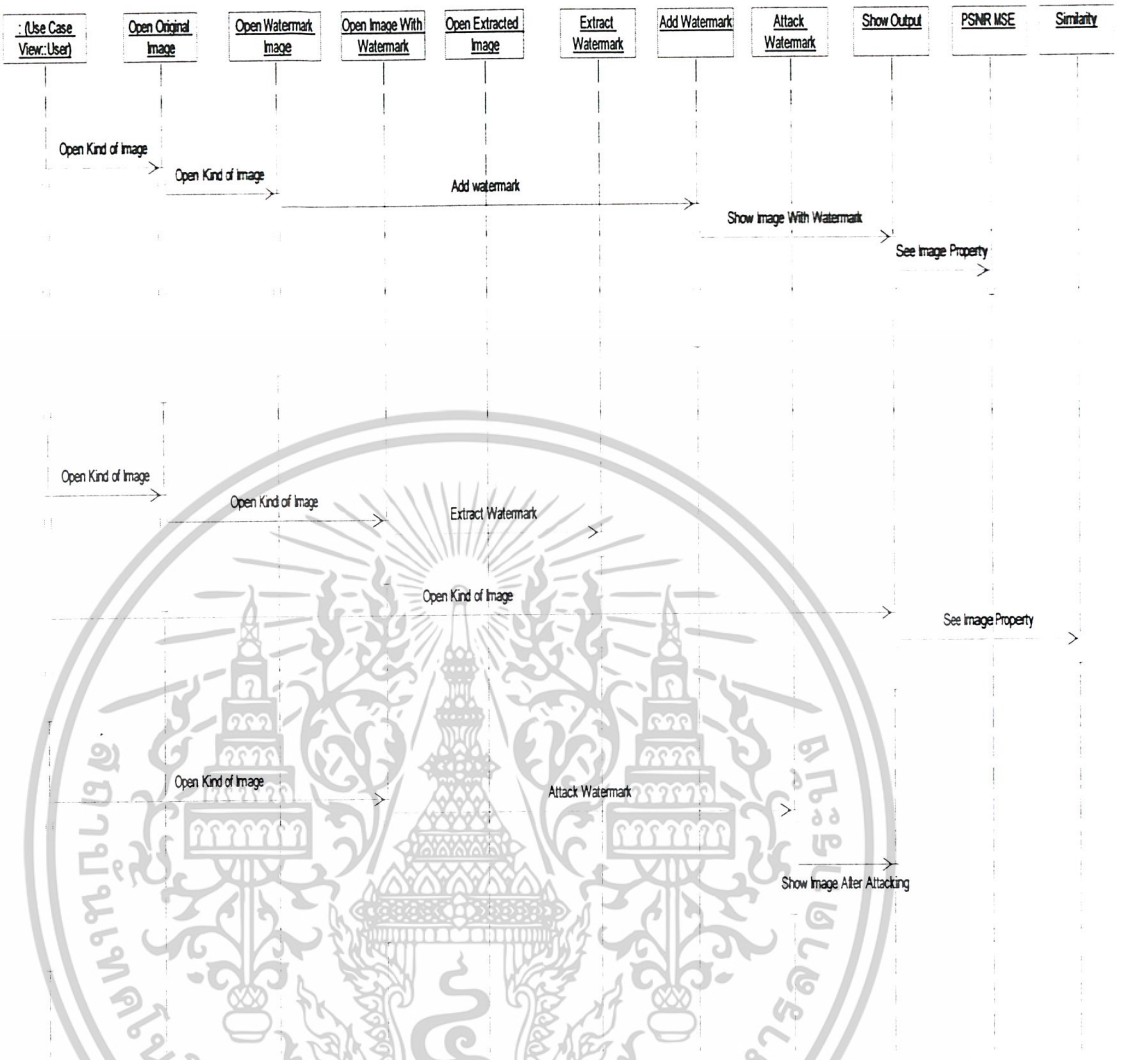
- Image Property

เป็น ยูสเคสที่ให้ผู้ใช้สามารถดูคุณสมบัติของรูปภาพได้ โดยสามารถดูรายละเอียดได้ 3 รูปแบบดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของรูปภาพ
2. ค่า PSNR และ MSE ของรูปภาพ
3. ค่า Similarity ของรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 ซีเควนไดอะแกรม (Sequence Diagram)



รูปที่ 6.5 แสดงซีเควนไดอะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 6.5 สามารถอธิบายลำดับการใช้งานของวัตถุเป็นขั้นๆ ได้ดังนี้

1. ผู้ใช้ต้องเปิดรูปภาพต้นฉบับและภาพลายน้ำดิจิตอล เพื่อที่จะฝังลายน้ำดิจิตอล และสามารถดูค่า PSNR MSE ของ รูปภาพได้

2. ผู้ใช้ต้องเปิดรูปภาพต้นฉบับและภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล แล้วก็ถอดลายน้ำดิจิตอล แล้วไปเปิดรูปลายน้ำดิจิตอลต้นฉบับ เพื่อหาค่า Similarity

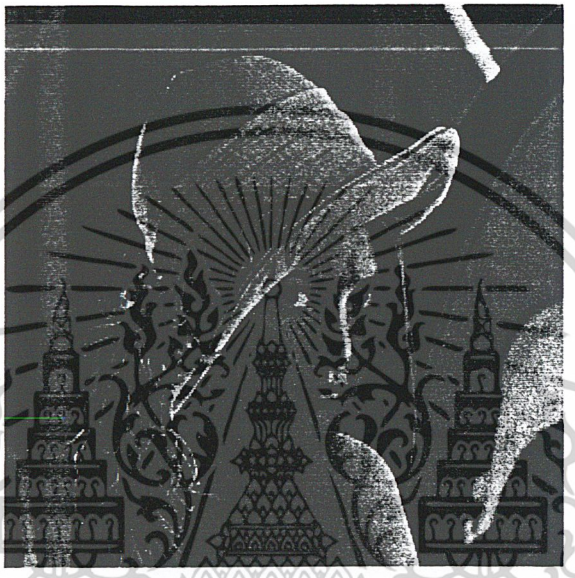
ผู้ใช้ต้องเปิดรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอลแล้วจึงทดลองโจมตีแล้วดูผลลัพธ์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การทดลอง และวิเคราะห์ผล

7.1 การเลือกขนาดบล็อกที่ใช้

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3.5 การเลือกขนาดบล็อกที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นมีผลต่อทั้งคุณภาพของภาพที่แทรกลายน้ำ และความเร็วในการทำงาน โดยใช้ภาพต้นฉบับดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ภาพต้นฉบับที่ใช้ในการทดลองขนาดบล็อก

เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน จึงนำภาพขาวดำ (Grayscale) มาใช้ในการทดลอง เนื่องจากภาพขาวดำจะได้รับผลกระทบจากลายน้ำมากกว่าภาพสี โดยภาพที่ใช้มีขนาด 256x256 พิกเซล

การนำภาพมาแทรกลายน้ำควรมีขนาดที่เหมาะสม เนื่องจากต้องแบ่งภาพออกเป็นบล็อก ขนาดภาพจึงจำเป็นต้องด้วยขนาดบล็อกลงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การทดลองที่ 7.1</u> เปรียบเทียบขนาดบล็อก

1. แทรกลายน้ำโดยใช้ขนาดบล็อก 8x8

รูปที่ 7.2ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 8x8 *รูปที่ 7.2ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 8x8*

PSNR = 73.0543

รูปที่ 7.3 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แทรกลายน้ำโดยใช้ขนาดบล็อก 4x4

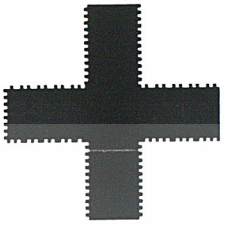
รูปที่ 7.4ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 4x4 *รูปที่ 7.4ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 4x4*

PSNR = 73.0543

รูปที่ 7.5 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 4x4 PSNR = 77.8855

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แทรกลายน้ำโดยใช้ขนาดบล็อก 2x2



รูปที่ 7.6ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 2x2

รูปที่ 7.6ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 2x2

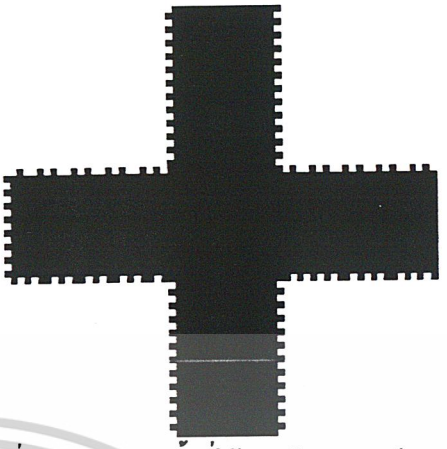
PSNR = 85.3167

รูปที่ 7.7 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

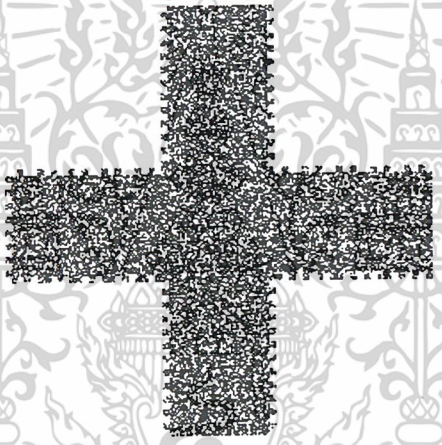
4. แทรกลายน้ำโดยใช้ขนาดบล็อก 1x1

รูปที่ 7.8ก ภาพที่แทรกลายน้ำด้วยขนาดบล็อก 1x1



รูปที่ 7.8ข ภาพลายน้ำที่ใช้สำหรับขนาดบล็อก 1x1

PSNR = 86.3420



รูปที่ 7.9 ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบลายน้ำขนาดบล็อก 1x1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 7.1

จากการทดลองจะเห็นได้ว่ายิ่งใช้ขนาดบล็อกเล็กลงเท่าไร ภาพที่ได้ยิ่งมีคุณภาพดีขึ้น แต่ก็จะโปรแกรมก็จะใช้เวลาทำงานมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงควรเลือกขนาดบล็อกให้เหมาะสม เพราะเมื่อต้องใช้กับภาพขนาดใหญ่ หรือภาพจำนวนมากจะให้ใช้เวลานาน ถ้าเครื่องที่ในทำงานมีประสิทธิภาพต่ำ

ขนาดบล็อก	ขนาดลายน้ำ	PSNR
8	32	73.0543
4	64	77.8855
2	128	85.3167
1	256	86.3420

ตารางที่ 7.1 เปรียบคุณภาพตามขนาดบล็อก

7.2 การเลือกปริมาณลายน้ำที่ใช้

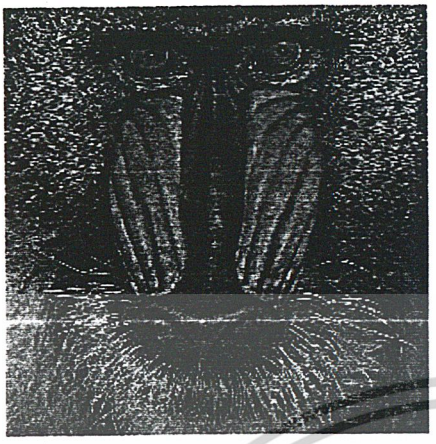
การทดลองที่ 7.2 เปรียบเทียบปริมาณลายน้ำ

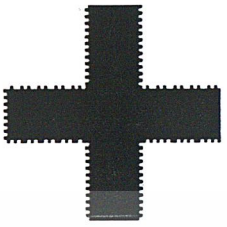
รูปที่ 7.10ก ภาพต้นฉบับในการทดลองปริมาณลายน้ำ

รูปที่ 7.10ข ภาพลายน้ำที่ใช้ในการทดลองปริมาณลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แทรกลายน้ำด้วยปริมาณสูงสุด (100%)





รูปที่ 7.11ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 100%

PSNR = 77.4985

รูปที่ 7.11ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (100%)

Similarity = 1

2. แทรกลายน้ำด้วยปริมาณ 80%

รูปที่ 7.12ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 80%

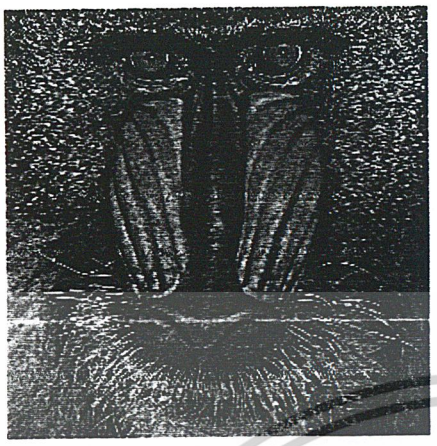
PSNR = 80.0557

รูปที่ 7.12ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (80%)

Similarity = 0.8637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แทรกลายน้ำด้วยปริมาณ 40%



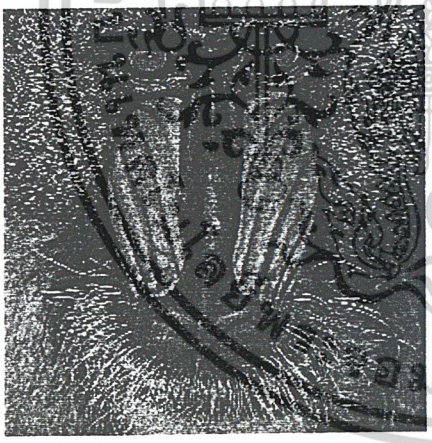
รูปที่ 7.13ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 40%

PSNR = 82.2221

รูปที่ 7.13ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (40%)

Similarity = 0.8140

4. แทรกลายน้ำด้วยปริมาณ 20%



รูปที่ 7.14ก ภาพจากการแทรกลายน้ำ 20%

PSNR = 84.6088

รูปที่ 7.14ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (20%)

Similarity = 0.7837

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 7.2

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าลายน้ำมีปริมาณลายน้ำมากเท่าไร ภาพก็ยิ่งมีคุณภาพน้อยลง แต่ลายน้ำก็จะมีความคงทนมากขึ้น และลายน้ำจากการตรวจสอบก็จะยิ่งมีความชัดเจนมากกว่า ดังจะเห็นได้จากตาราง 7.2 ว่าค่า PSNR นั้นแปรผกผันกับปริมาณลายน้ำ ส่วนค่า Similarity นั้นแปรผันตามปริมาณลายน้ำ

ปริมาณลายน้ำ (%)	คุณภาพของภาพ (PSNR)	คุณภาพของลายน้ำ (Similarity)
100	77.4985	1
80	80.0557	0.8637
40	82.2221	0.8140
20	84.6088	0.7837

ตารางที่ 7.2 เปรียบเทียบปริมาณลายน้ำ

ในการเลือกปริมาณลายน้ำนั้น จะต้องคำนึงถึงจุดประสงค์ว่าต้องการภาพที่มีคุณภาพ หรือ ลายน้ำที่มีความคงทน

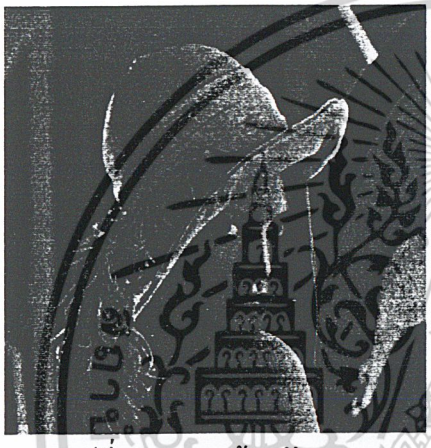
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ผลของลายน้ำต่อภาพที่มีความแตกต่างกัน

ทดลองแทรกลายน้ำลงในภาพที่มีความแตกต่างกันเพื่อดูผลว่าแต่ละภาพได้รับผลกระทบจากลายน้ำแตกต่างกันหรือไม่ โดยควบคุมตัวแปรต่างๆให้เหมือนกัน ได้แก่ ขนาดบล็อก(4x4) ปริมาณลายน้ำ (100%) ภาพลายน้ำที่ใช้ในการทดลอง (รูปที่ 7.11) และค่า Key ที่ใช้ในการสุ่ม

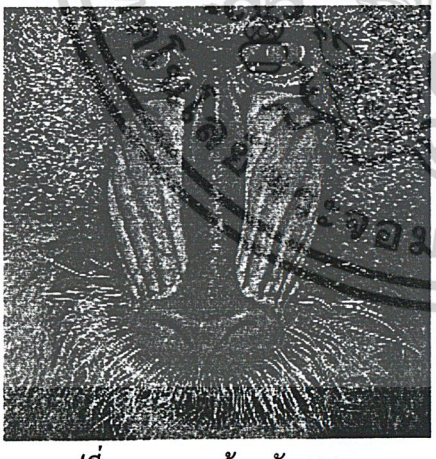
<u>การทดลองที่ 7.3</u> แทรกลายน้ำบนภาพที่แตกต่างกัน

รูปที่ 7.15 ภาพลายน้ำที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 7.16ก ภาพต้นฉบับ Lena

รูปที่ 7.16ข ภาพ Lenaที่ผ่านการแทรกลายน้ำ



รูปที่ 7.17ก ภาพต้นฉบับ Baboon

รูปที่ 7.17ข ภาพ Baboon ที่ผ่านการแทรกลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 7.3

จากรูป จะเห็นได้ว่าภาพที่มีความแตกต่างของค่าพิกเซลสูงเช่น ภาพ Baboon จะเห็นลายน้ำค่อนข้างชัดเจนกว่า (คุณภาพน้อยกว่า) เมื่อเทียบกับภาพที่มีมีความแตกต่างของค่าพิกเซลน้อย เช่น ภาพ Lena

7.4 ความคงทนต่อการโจมตี

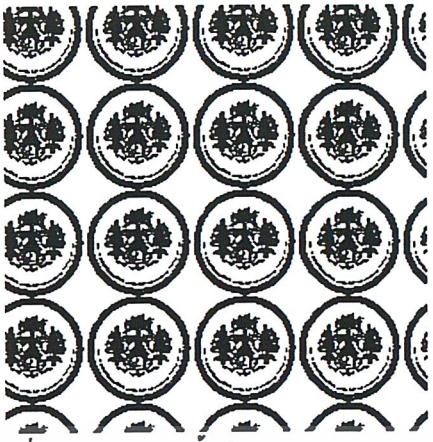
การทดลองที่ 7.4.1 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการตัดภาพ

รูปที่ 7.18ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.1)

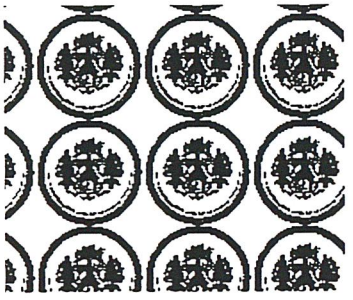
รูปที่ 7.18ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการตัดภาพ

- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล
- ปริมาณลายน้ำ : 100%
- การโจมตี: การตัดภาพ ขนาด 401x344

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.19ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.1)

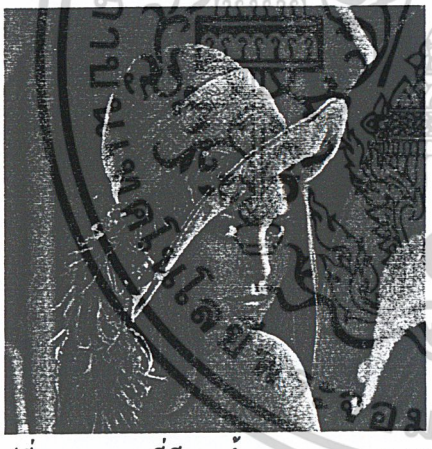


รูปที่ 7.19ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.1) Similarity = 0.8263

ผลการทดลองที่ 7.4.1

ทดลองตรวจสอบลายน้ำ ภาพที่ถูกโจมตี ด้วยการตัด ภาพที่ได้จะเหมือนกับนำลายน้ำ มาตัด เพราะภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว จะมีลายน้ำกระจายทั่วทั้งภาพ

การทดลองที่ 7.4.2 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการเปลี่ยนขนาดภาพ

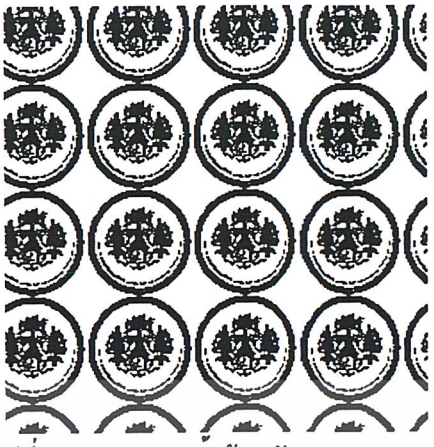


รูปที่ 7.20ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.2)

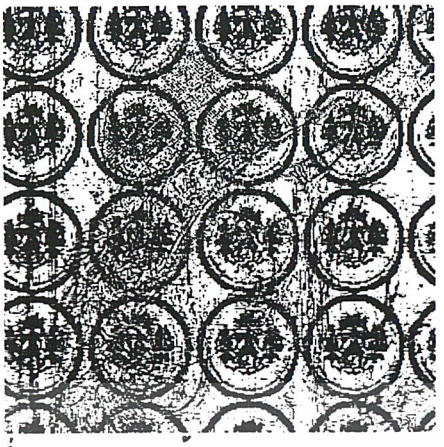
รูปที่ 7.20ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการเปลี่ยนขนาดภาพ

- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล
- ปริมาณลายน้ำ : 100%
- การโจมตี: เปลี่ยนขนาดภาพเป็น 250x250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.21ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.2)

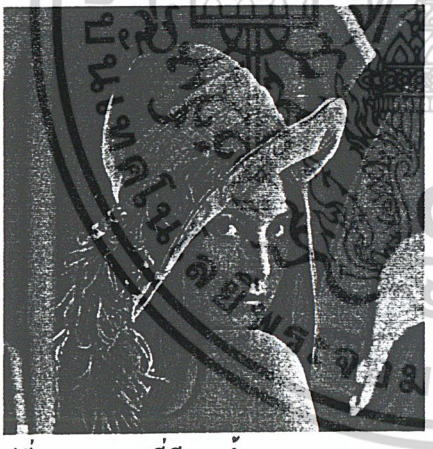


รูปที่ 7.21ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.2) Similarity = 0.7829

ผลการทดลองที่ 7.4.2

ทดลองตรวจสอบลายน้ำ ภาพที่ถูกเปลี่ยนแปลงขนาด ลายน้ำที่ได้สูญเสียคุณภาพไปบ้าง เนื่องจากการ Resize ให้เล็กลง หรือ ใหญ่ขึ้นบางพิกเซลของรูปภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงไป

การทดลองที่ 7.4.3 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการหมุนภาพ

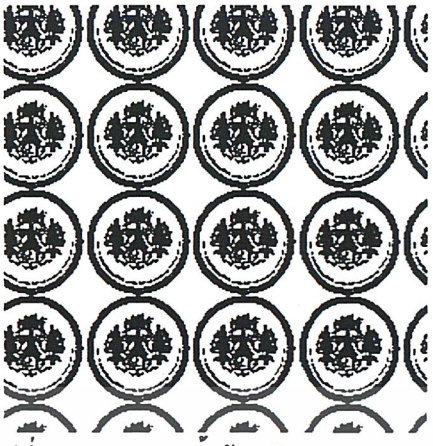


รูปที่ 7.22ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.3)

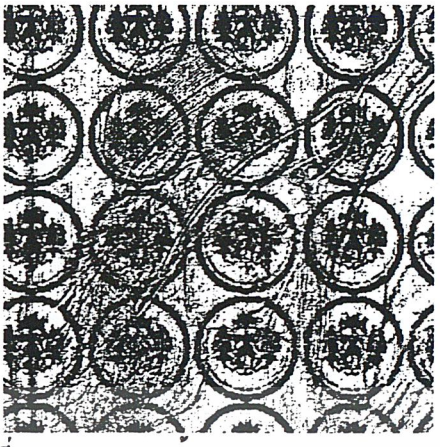
รูปที่ 7.22ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการหมุนภาพ

- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล
- ปริมาณลายน้ำ : 100%
- การโจมตี: หมุนภาพ 45°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.23ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.3)



รูปที่ 7.23ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.3) Similariry = 0.7996

ผลการทดลองที่ 7.4.3

ในการตรวจสอบลายน้ำ ภาพที่ถูกหมุน แบบ45 ทำให้ภาพมีขนาดใหญ่กว่าเดิม จะเห็นว่าต้องมีการหมุนให้กลับองศาเดิม จากนั้นจึงตัดภาพ เพื่อให้มีขนาดเท่าเดิม

การทดลองที่ 7.4.4 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงเป็นภาพขาวดำ

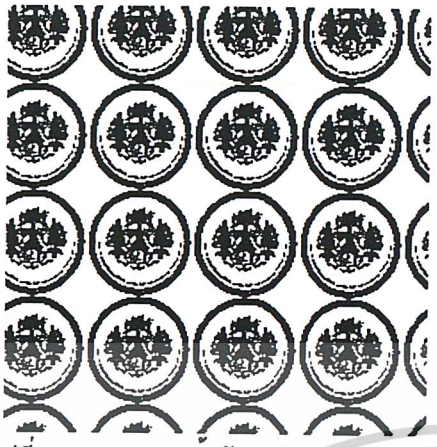
รูปที่ 7.24ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.4)

รูปที่ 7.24ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงเป็นภาพขาวดำ

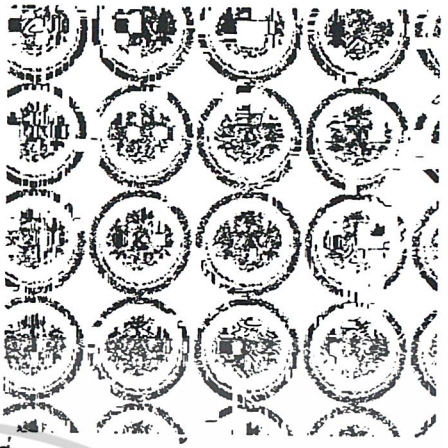
- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล
- ปริมาณลายน้ำ : 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การโจมตี: เปลี่ยนภาพเป็นแบบ Grayscale



รูปที่ 7.25ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.4)



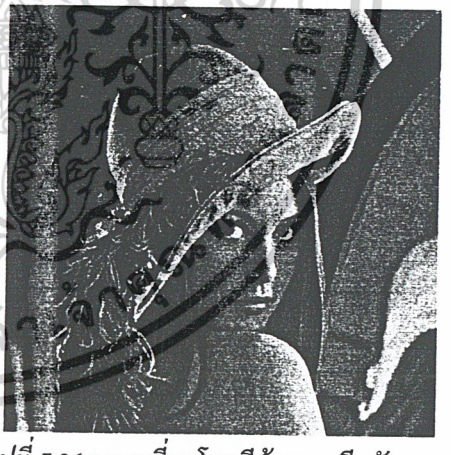
รูปที่ 7.25ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.4) Similarity = 0.8173

ผลการทดลองที่ 7.4.4

เมื่อทำการตรวจสอบลายน้ำ ภาพที่ถูกแปลง จาก RGB ไปเป็น Grayscale คุณภาพของลายน้ำลดลงค่อนข้างมากกว่าการโจมตีที่ผ่านมาก แต่ตัวเลขค่อนข้างดีกว่า

การทดลองที่ 7.4.5 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการบีบอัดแบบ JPEG

รูปที่ 7.26ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.5)

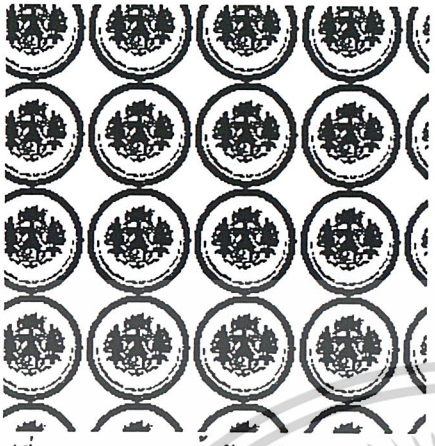


รูปที่ 7.26ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการบีบอัดแบบ JPEG

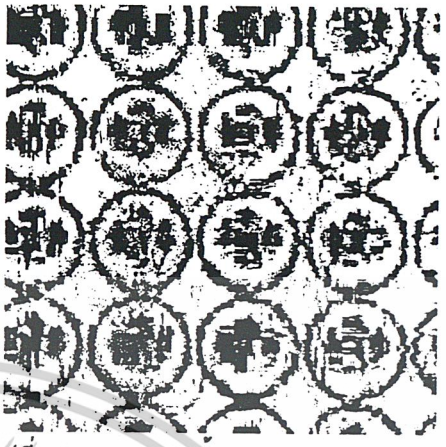
- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณลายน้ำ : 100%
- การโจมตี: บีบอัดภาพแบบ JPEG 20%



รูปที่ 7.27ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.5)

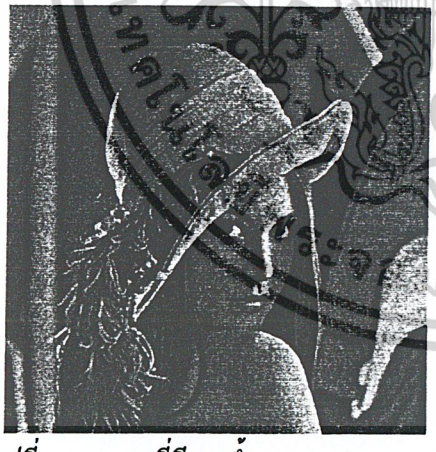


รูปที่ 7.27ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.5) Similarity = 0.8277

ผลการทดลองที่ 7.4.5

เมื่อตรวจสอบลายน้ำ ภาพที่ภาพที่มีลายน้ำ และถูกโจมตี ด้วยการบีบอัดแบบ JPEG ลายน้ำที่ตรวจสอบได้ ออกมาคุณภาพลดลง ถ้าปริมาณหรือเปอร์เซ็นต์ในการบีบอัดน้อย คุณภาพก็จะยิ่งน้อยลง

การทดลองที่ 7.4.6 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการกรองสัญญาณ



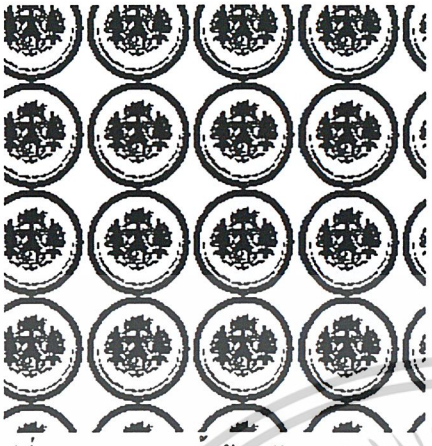
รูปที่ 7.28ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.6)

รูปที่ 7.28ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการกรองสัญญาณ

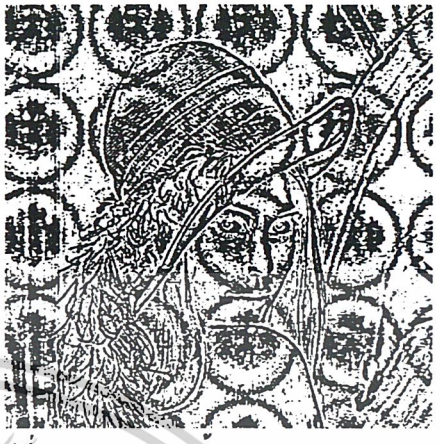
- ภาพต้นฉบับ แบบRGB ขนาด 512x512 พิกเซล
- ภาพลายน้ำ แบบไบนารี ขนาด 256x256 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณลายน้ำ : 100%
- การโจมตี: การกรองสัญญาณแบบ Gaussian blur



รูปที่ 7.29ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.6)



รูปที่ 7.29ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.6) Similarity = 0.7444

ผลการทดลองที่ 7.4.6

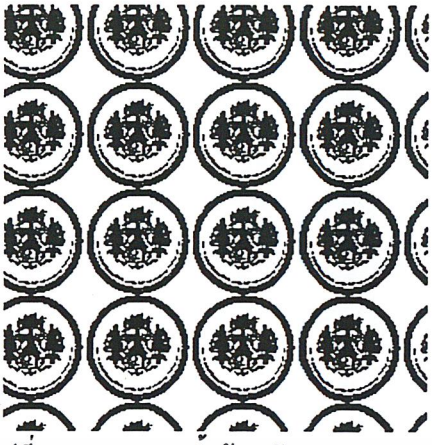
ทดลองโจมตีภาพด้วยการกรองสัญญาณแบบ Gaussian Blur เพื่อให้เกิดการรบกวน จากนั้นนำภาพไปตรวจสอบลายน้ำ พบว่าลายน้ำมีคุณภาพลดลงค่อนข้างมากกว่า การโจมตีแบบอื่น ทั้งในแง่ของค่า Similarity และ การมองเห็นด้วยสายตา

การทดลองที่ 7.4.7 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงภาพแบบ GIF

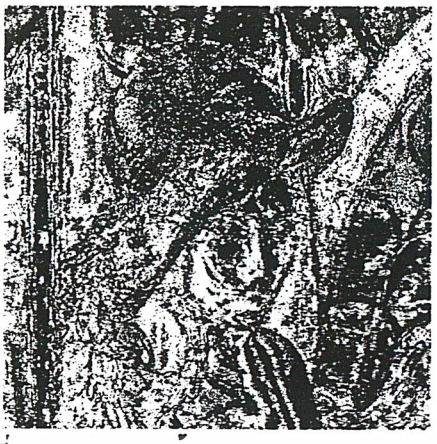
รูปที่ 7.30ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.7)

รูปที่ 7.30ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแปลงภาพแบบ GIF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.31ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.7)

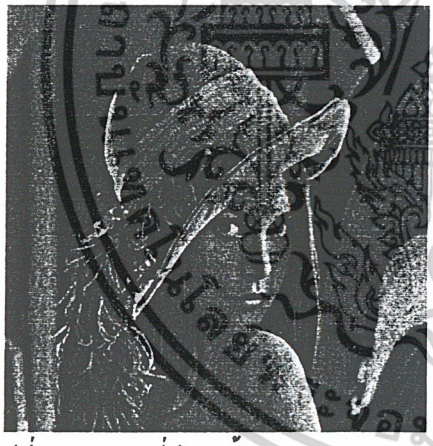


*รูปที่ 7.31ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.7) **Similarity = 0.6377***

<u>ผลการทดลองที่ 7.4.7</u>

ลายน้ำจากการโจมตีด้วยการแปลงภาพเป็นแบบ GIF ถูกทำลายไปค่อนข้างมาก แต่ก็ยังพอมองเห็นได้จากพื้นหลังของภาพ ค่า Similarity ที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าการโจมตีแบบอื่นๆ

<u>การทดลองที่ 7.4.8</u> ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีแบบผสม (ตัด+เปลี่ยนขนาด+JPEG)

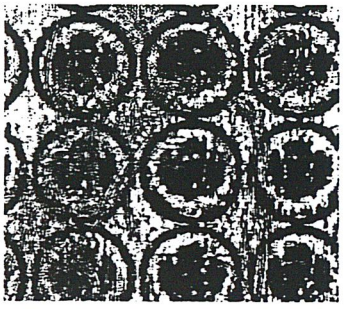


รูปที่ 7.32ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.8)

รูปที่ 7.32ข ภาพที่ถูกโจมตีแบบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.33ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.8)

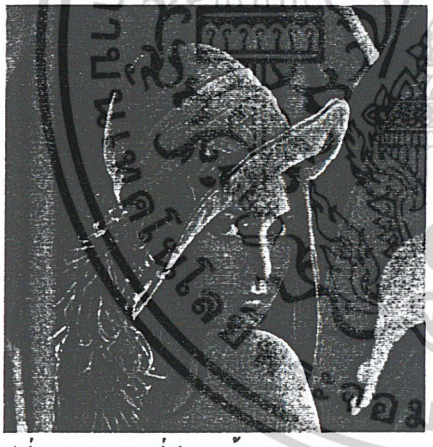


รูปที่ 7.33ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ (การทดลอง 7.4.8) Similarity = 0.7440

ผลการทดลองที่ 7.4.8

ในการตรวจสอบลายน้ำของการโจมตีแบบผสมนั้นมีขั้นตอนค่อนข้างมากเนื่องจากต้องจับคู่พิกเซลให้อยู่ในตำแหน่งเดิม และยังต้องการเปลี่ยนขนาดให้เท่าเดิมอีกด้วย ค่า Similarity ใกล้เคียงกับบางการโจมตี

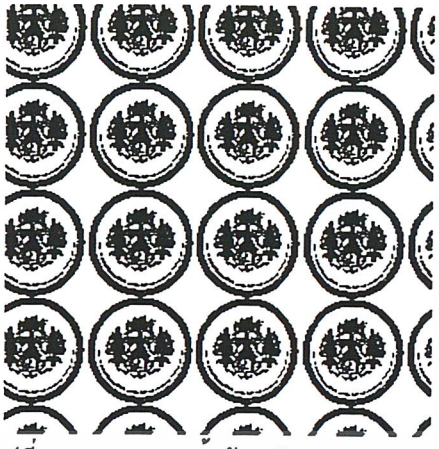
การทดลองที่ 7.4.9 ตรวจสอบลายน้ำบนภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแทรกลายน้ำสองครั้ง



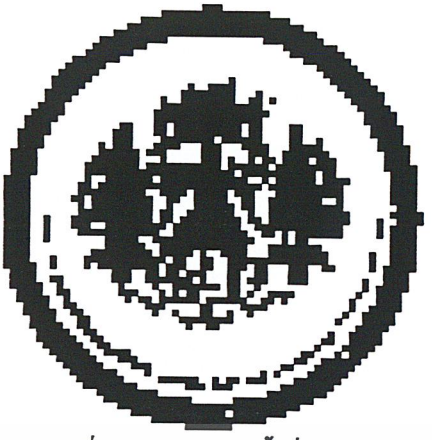
รูปที่ 7.34ก ภาพที่มีลายน้ำ (การทดลอง 7.4.9)

รูปที่ 7.34ข ภาพที่ถูกโจมตีด้วยการแทรกลายน้ำสองครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

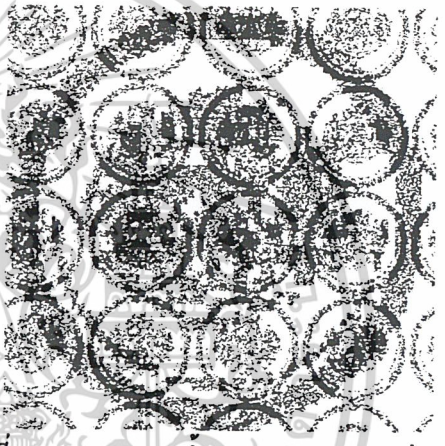


รูปที่ 7.35ก ภาพลายน้ำต้นฉบับ (การทดลอง 7.4.9)



รูปที่ 7.35ข ภาพลายน้ำที่ใช้โจมตี

รูปที่ 7.36ก ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ,ไม่สุ่ม (การทดลอง 7.4.9) Similarity = 0.8458



รูปที่ 7.36ข ภาพลายน้ำจากการตรวจสอบ,สุ่ม(การทดลอง 7.4.9) Similarity = 0.8099

ผลการทดลองที่ 7.4.9

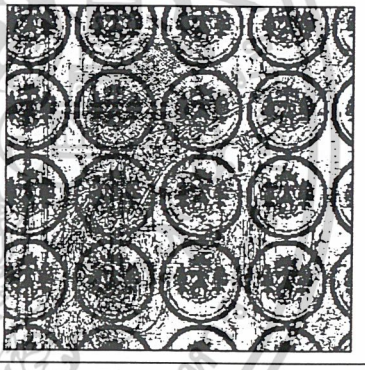
จากภาพลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบนั้นจะเห็นได้ว่าภาพที่ไม่มีการสุ่มนั้นลายน้ำจะถูกหักล้าง ดังนั้นจึงเป็นไปได้สูงที่ลายน้ำจะถูกทำลายจนหมด แม้ว่าค่า Similarity ที่ได้จะมีค่ามากกว่า แสดงให้เห็นถึงความไม่ปลอดภัยของการแทรกลายน้ำโดยไม่มีการสุ่มตำแหน่ง แต่ภาพลายน้ำที่มีการสุ่มนั้นแม้ว่าจะถูกโจมตีด้วยลายน้ำอื่น แต่ลายน้ำเดิมก็ยังกระจายอยู่เต็มพื้นที่ เนื่องจากเป็นไปได้ยากที่ผู้ใช้จะป้อนค่า Key ตัวเดียวกัน ดังนั้นตำแหน่งที่มีการแทรกลายน้ำจึงไม่ซ้ำกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลอง

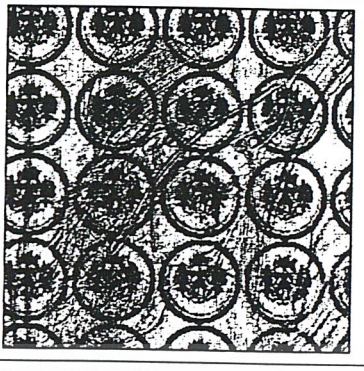
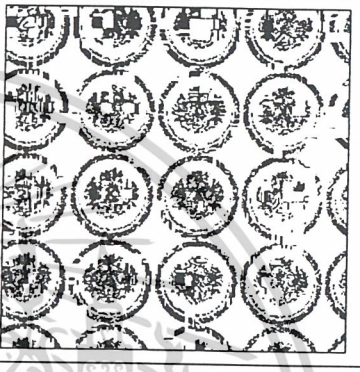
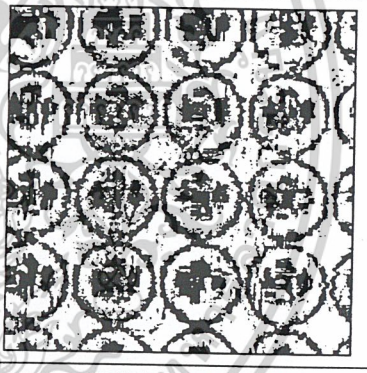
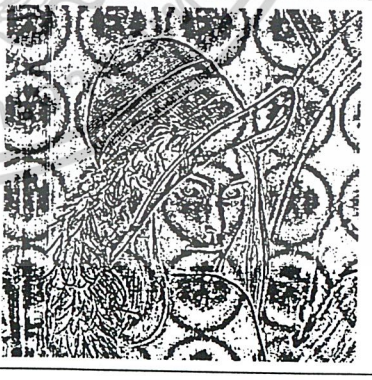
จากภาพลายน้ำที่ได้จากการตรวจสอบลายน้ำของการโจมตีแบบต่างๆ จะเห็นได้ว่าการบีบอัดด้วย JPEG และการลดจำนวนสีนั้นส่งผลกระทบต่อลายน้ำค่อนข้างมาก เกิดการสูญเสียข้อมูลที่อยู่ในพิกเซล

แต่เมื่อสังเกตจากค่า SIMILARITY จะเห็นได้ว่าการโจมตีที่ส่งผลมากที่สุดคือ การกรองสัญญาณ การเปลี่ยนขนาดภาพ และ การหมุนภาพ ดังนั้นค่าที่ได้จากการสังเกตด้วยสายตา และการวัดค่าจริงนั้นอาจไม่ตรงกัน ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานว่าจะใช้ตัวใดเป็นตัววัด

การโจมตี	SIMILARITY	การมองเห็น
1. การตัดภาพ	0.8263	
2. การเปลี่ยนขนาดภาพ	0.7829	

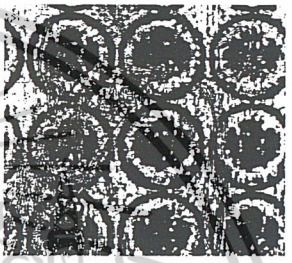
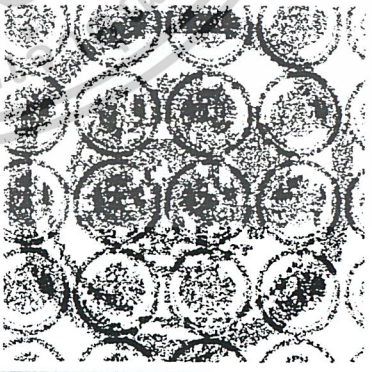
ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบลายน้ำจากการโจมตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโจมตี	SIMILARITY	การมองเห็น
3. การหมุนภาพ	0.7996	
4. แปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ	0.8173	
5. การบีบอัดแบบ JPEG	0.8277	
6. การกรองสัญญาณแบบ Gaussian Blur	0.7444	

ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบลายน้ำจากการโจมตี (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโจมตี	SIMILARITY	การเปรียบเทียบ
7. แปลงภาพแบบ GIF	0.6377	
8. แปลงภาพแบบผสม (ตัด+เปลี่ยนขนาด+JPEG)	0.7440	
9. แทรกลายน้ำสองครั้ง (ไม่สุ่ม)	0.8458	
10. แทรกลายน้ำสองครั้ง (สุ่ม)	0.8099	

ตารางที่ 7.3 เปรียบเทียบลายน้ำจากการโจมตี (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
บทสรุป และวิจารณ์

8.1 ปัญหาที่พบ และแนวทางแก้ไข

โปรแกรมใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างนาน เนื่องจากเป็นการทำงานในส่วนของพิกเซลโดยตรง ยิ่งภาพมีความละเอียด และขนาดมากเท่าใด ก็ยิ่งใช้เวลามากขึ้น ซึ่งถือเป็นปัญหาของการทำลายน้ำด้วยเทคนิคส่วนพื้นที่ (Spatial Domain)

โปรแกรมไม่สามารถตรวจสอบการโจมตีที่เกิดขึ้นได้เอง แต่ผู้ใช้งานต้องป้อนคำสั่งว่ารูปภาพที่ต้องการให้ตรวจสอบลายน้ำมีการโจมตีแบบใด เนื่องจากในการตรวจสอบแต่ละภาพที่มีการโจมตีต่างกัน ก็จะมีลักษณะการตรวจสอบที่แตกต่าง แต่โดยหลักๆ แล้วก็คือ คืนสภาพรูปทำการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพเดียวกับ รูปที่ผ่านการแทรกลายน้ำซึ่ง เช่น รูปที่มีการเปลี่ยนขนาด ทำให้อยู่ที่ขนาดเดิม หรือเมื่อมีการหมุนภาพก็ต้องหมุนกลับให้อยู่สภาพเดิม เป็นต้น ซึ่งเหล่านี้ถือเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องศึกษานอกเหนือไปจากเทคนิคการทำลายน้ำ

มีบางการโจมตีไม่สามารถทำการทดสอบได้ เนื่องจากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คือไม่สามารถคืนสภาพรูปภาพ เนื่องจากมีการโจมตีแบบผสมมากเกินไปนั่นเอง ซึ่งทำให้การคืนสภาพรูปทำได้ยาก

เนื่องจากต้องใช้รูปภาพต้นฉบับในการตรวจสอบ จึงทำให้เกิดไม่ความสะดวกหลายประการ แต่ก็นับว่ามีความปลอดภัยค่อนข้างมาก

8.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

เพื่อแก้ปัญหาในการตรวจสอบลายน้ำ การศึกษาการแปลงรูปภาพให้อยู่ในสภาพเดิมเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านรูปทรงนั้น นับว่ามีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจสอบทำลายน้ำ

นับเป็นปัญหาที่น่าสนใจสำหรับการทำลายน้ำที่ด้วยเทคนิคส่วนพื้นที่ โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับในการตรวจสอบลายน้ำ ซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกได้อย่างมาก และเหมาะแก่การนำไปใช้

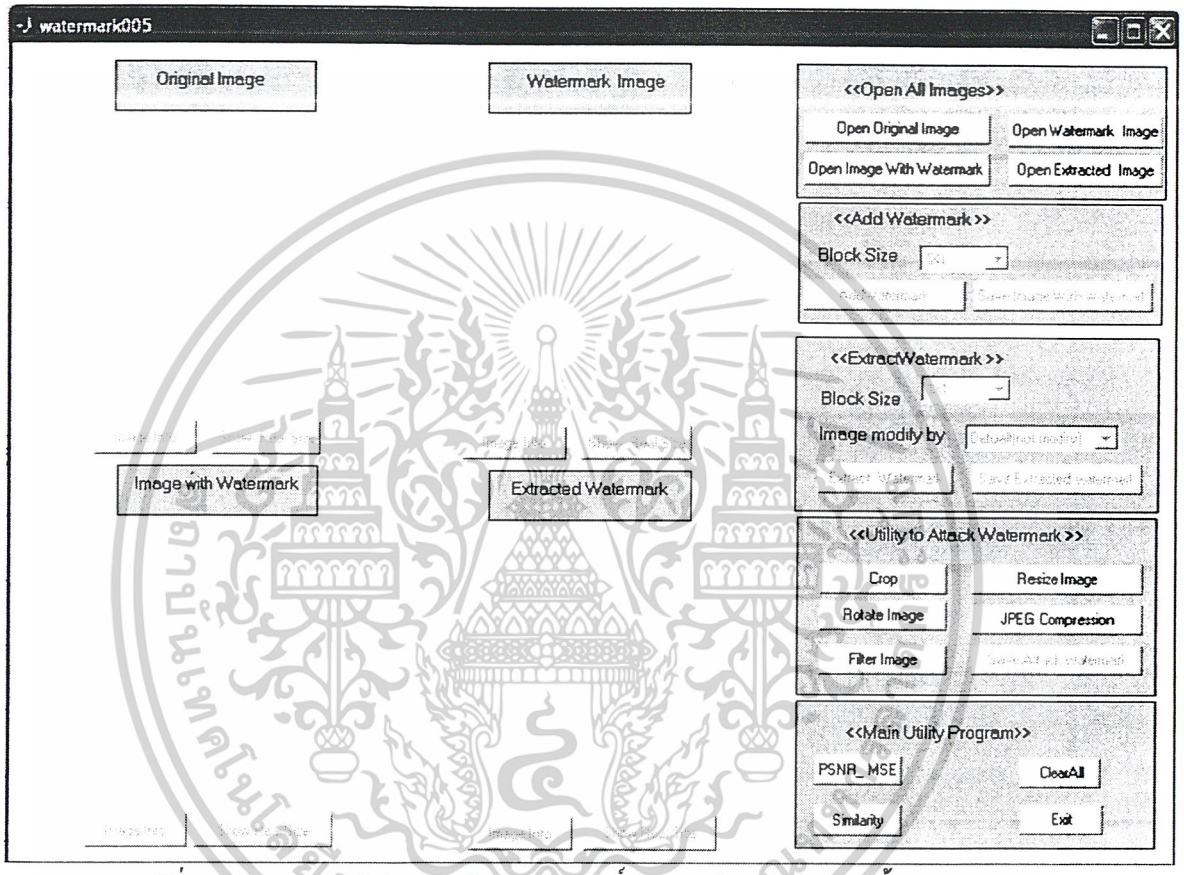
ประโยชน์อย่างหนึ่งของการทำลายน้ำด้วยเทคนิคส่วนพื้นที่ คือ สามารถเข้ากับภาพดิจิตอลทุกประเภทได้ เนื่องจากไม่ต้องมีการแปลงหรือผ่านขั้นตอนอื่นๆ แต่ด้วยข้อจำกัดหลายประการดังที่ได้กล่าวมานั้น ทำให้การพัฒนาต่อจึงเป็นไปในลักษณะของการทำงานร่วมกับเทคนิคอื่นมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การใช้โปรแกรม

แนะนำโปรแกรม



รูปที่ 1 แสดงภาพของโปรแกรมป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยการทำลายน้ำดิจิตอล

จากรูปที่ 1 จะมีฟังก์ชันการทำงานดังต่อไปนี้ คือ

1. ส่วนของเปิดรูปภาพ(Open All Images)
2. ส่วนของการฝังลายน้ำดิจิตอล(Add Watermark)
3. ส่วนของการถอดลายน้ำดิจิตอล(Extract Watermark)
4. ส่วนของการโจมตีลายน้ำดิจิตอล(Utility to Attack Watermark)
5. ส่วนอำนวยความสะดวกของโปรแกรม(Main Utility Program)
6. ส่วนของการดูคุณสมบัติของรูปภาพ

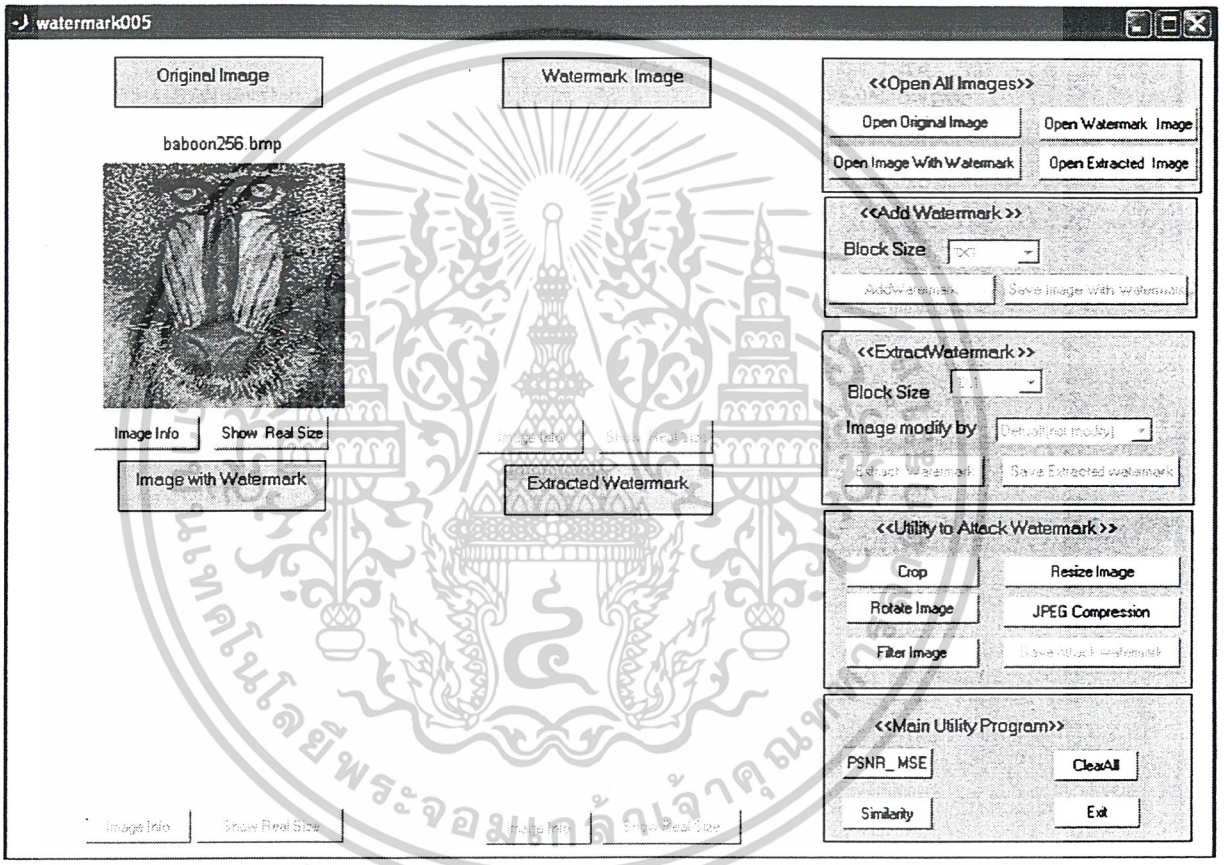
โดยแต่ละส่วนจะมีการทำงานแตกต่างกันไป และเราจะทำการอธิบายการทำงานของแต่ละส่วนโดยละเอียดอยู่ในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของเปิดรูปภาพ (Open All Images)

ส่วนของเปิดรูปภาพ จะเป็นกระบวนการของรูปภาพที่จำเป็นต้องนำมาประมวลผลภายในโปรแกรม ประกอบด้วยการเปิดรูปภาพต่อไปนี้ คือ

- เปิดรูปภาพต้นฉบับ (Open Original Image)
- เปิดรูปลายน้ำดิจิตอล (Open Watermark Image)
- เปิดรูปที่ฝังลายน้ำดิจิตอล(Open Image with Watermark)
- เปิดรูปลายน้ำดิจิตอลที่เกิดจากการถอดรูปที่ฝังลายน้ำดิจิตอล(Open Extracted Watermark)

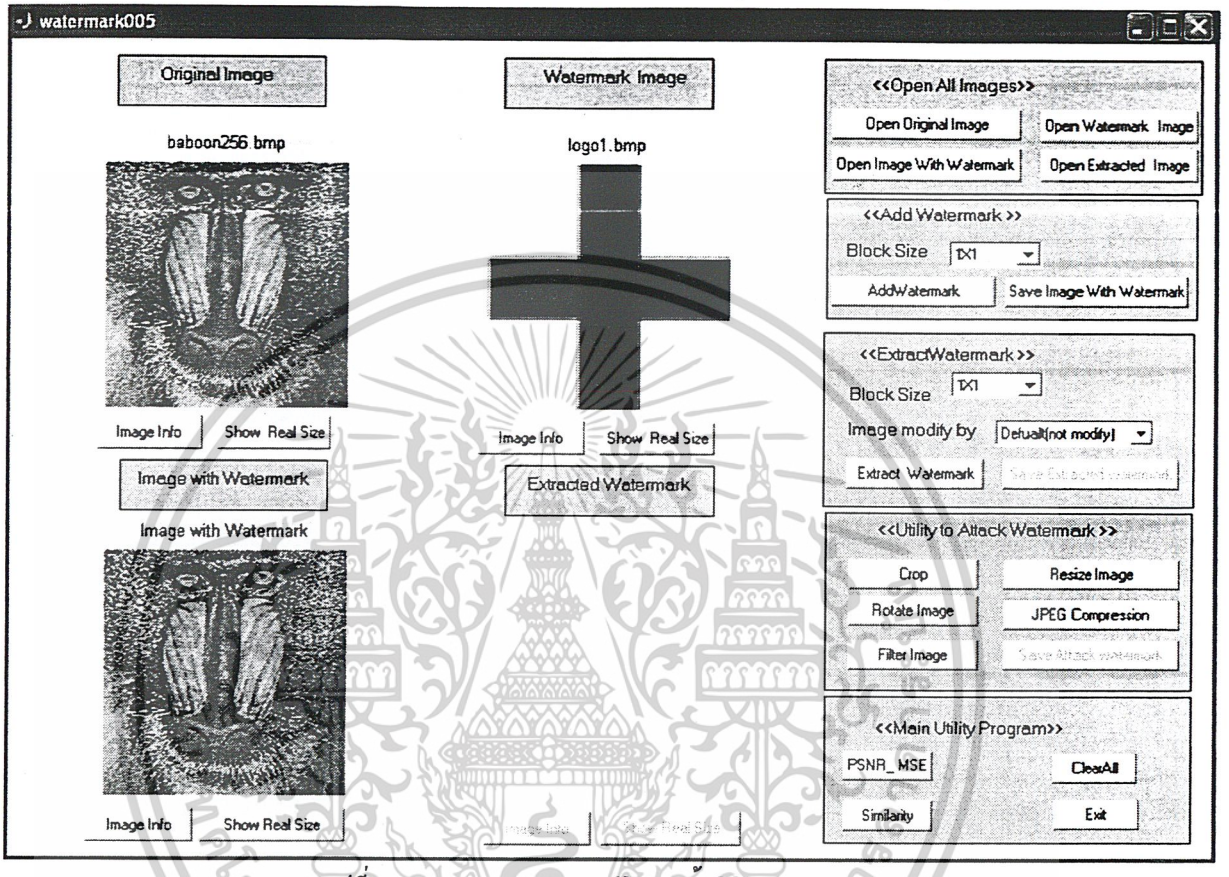


รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างผลของการเปิดรูปภาพต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการฝังลายน้ำดิจิตอล (Add Watermark)

ส่วนของการฝังลายน้ำดิจิตอลเป็นกระบวนการเพื่อฝังลายน้ำดิจิตอล กระบวนการนี้จะทำงานได้เมื่อต้องมีการเปิดรูปภาพต้นฉบับและรูปลายน้ำดิจิตอลขึ้นมาใช้ในโปรแกรมก่อน และเมื่อผู้ใช้ทำการฝังลายน้ำดิจิตอลก็จะให้ทำปุ่มเซฟ รูปที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล(Save Image With Watermark)

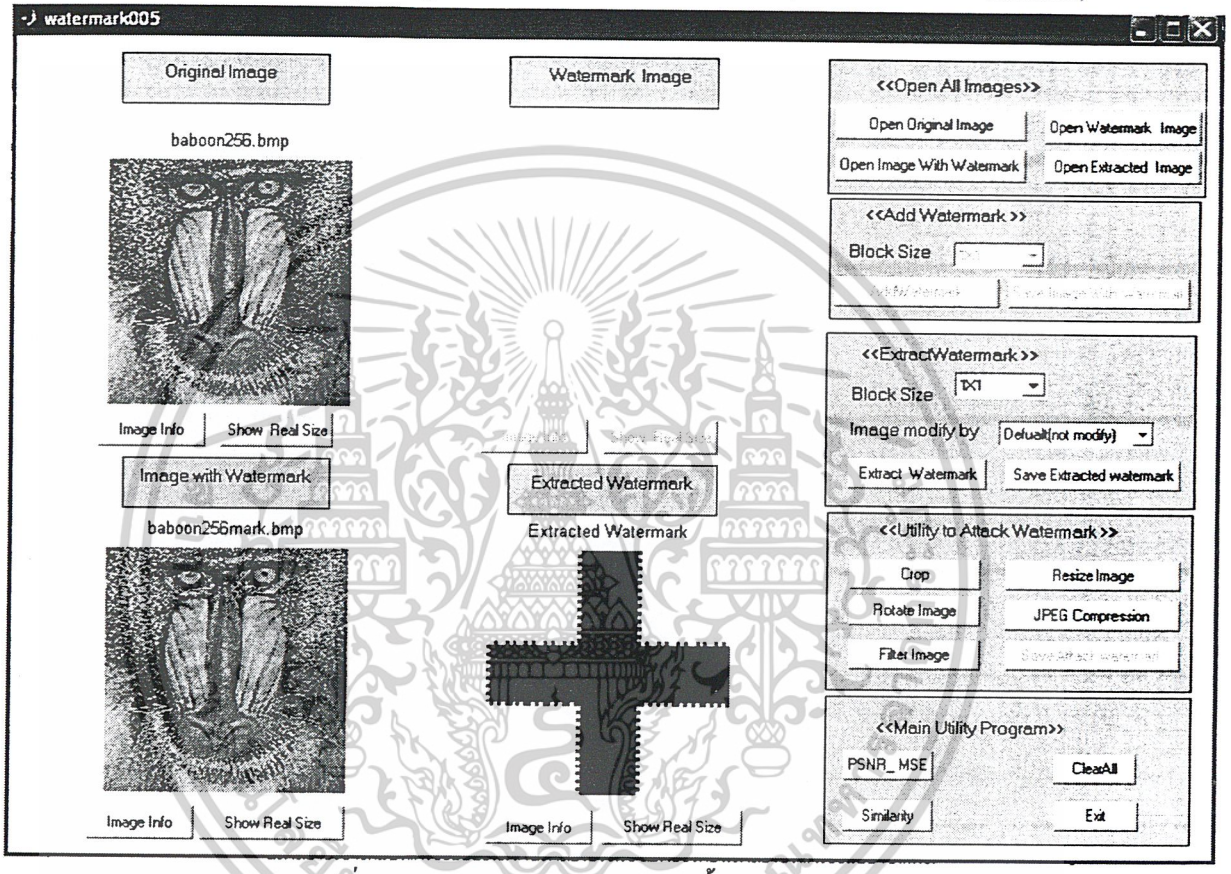


รูปที่ 3แสดงภาพผลของการฝังลายน้ำดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการถอดลายน้ำดิจิตอล (Extract Watermark)

ส่วนของการถอดลายน้ำดิจิตอลจะเป็นกระบวนการถอดลายน้ำดิจิตอลที่ฝังอยู่ ให้ออกจากภาพที่มีลายน้ำดิจิตอล โดยต้องใช้รูปภาพต้นฉบับและรูปที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลในการประมวลผลในกระบวนการถอดลายน้ำดิจิตอล ผู้ใช้ต้องทราบก่อนว่า รูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลมีการโจมตีแบบใดมาก่อน แล้วจึงเลือกโหมดของการถอดลายน้ำดิจิตอล แล้วจึงทำการถอดลายน้ำดิจิตอล และเมื่อผู้ใช้ทำการถอดลายน้ำดิจิตอลออกมาก็จะให้ทำปุ่มเซฟ รูปที่มีลายน้ำดิจิตอลที่ถอดออกมา (Save Extracted Watermark)



รูปที่ 4 แสดงภาพผลของการถอดลายน้ำดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

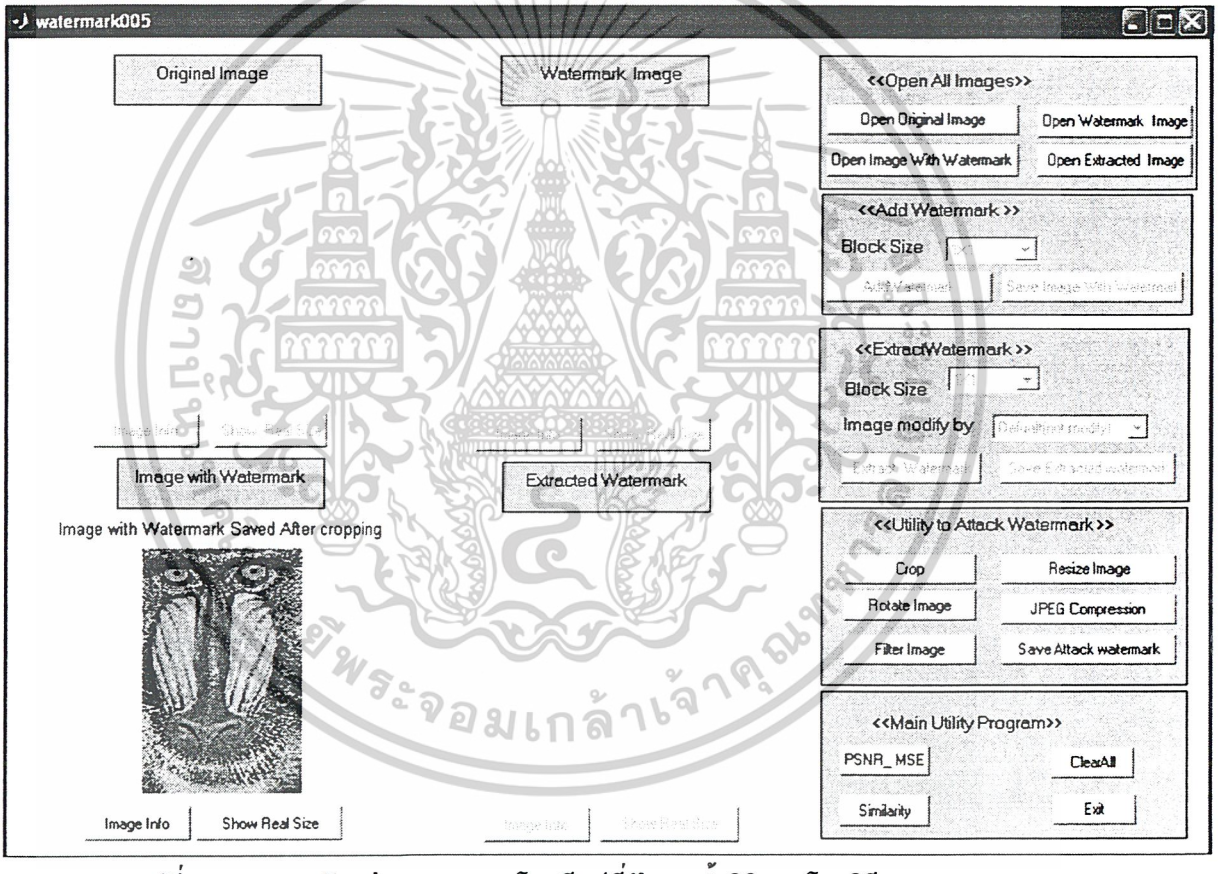
ส่วนของการโจมตีลายน้ำดิจิตอล (Utility to Attack Watermark)

ส่วนของการโจมตีลายน้ำดิจิตอลจะเป็นส่วนของการทดสอบความคงทนของลายน้ำดิจิตอลโดยผู้ใช้จำเป็นต้องเปิดรูปที่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลขึ้นมาเพื่อประมวลผลก่อน แล้วจึงเลือกวิธีการโจมตี

วิธีการโจมตีมีได้ 5 ประเภท คือ

1. การโจมตีด้วยการ Crop รูปภาพ
2. การโจมตีด้วยการ Resize รูปภาพ
3. การโจมตีด้วยการ Filter รูปภาพ
4. การโจมตีด้วยการ Rotate รูปภาพ
5. การโจมตีด้วยการเทคนิคบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG Compression

หลังจากทำการโจมตีเสร็จผู้ใช้สามารถ เซฟรูปที่มีการโจมตี (Save Attack Watermark) ได้



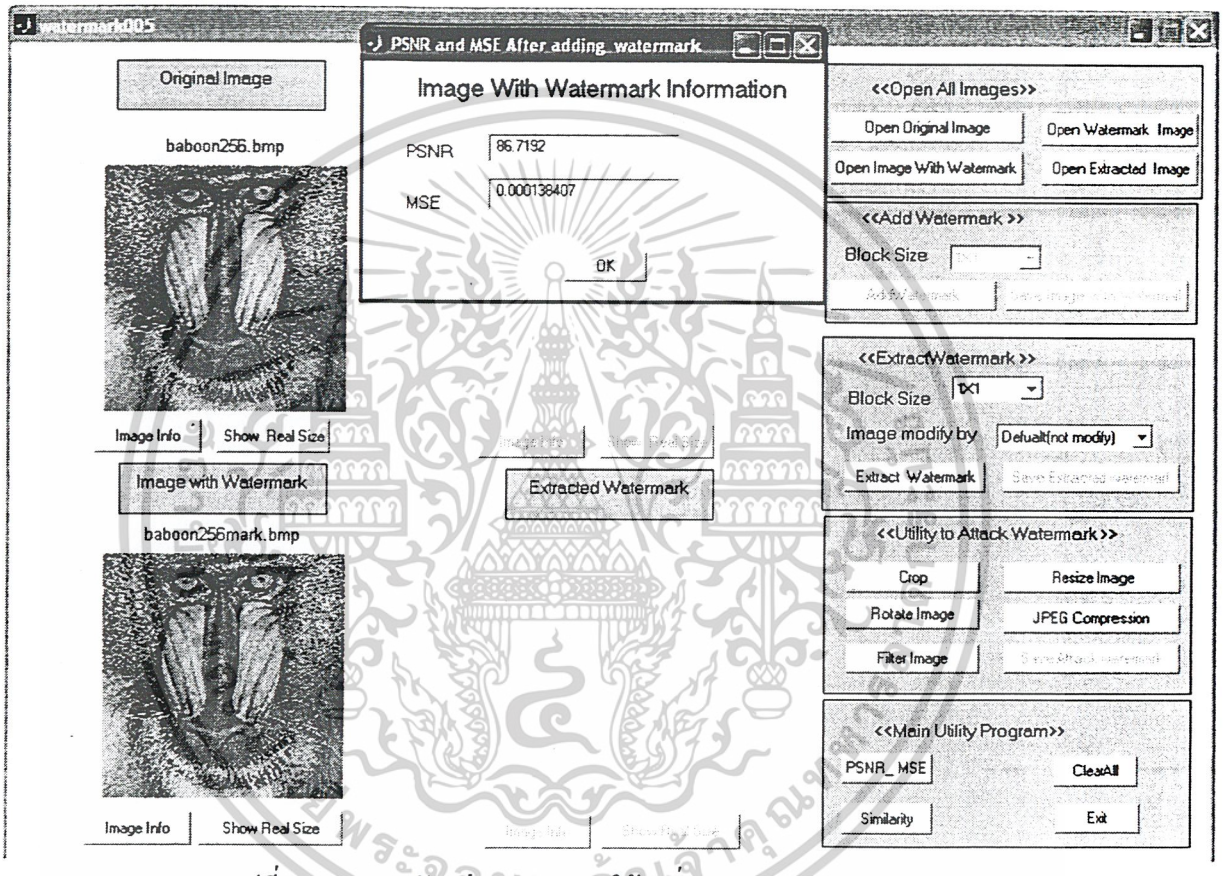
รูปที่ 5 แสดงภาพตัวอย่างผลของการโจมตีรูปที่ฝังลายน้ำดิจิตอลโดยวิธีการ Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนอำนวยความสะดวกของโปรแกรม (Main Utility Program)

ในส่วนอำนวยความสะดวกของโปรแกรมจะมีฟังก์ชันการทำงานดังต่อไปนี้ คือ

1. PSNR และ MSE
2. Similarity เป็นส่วนเปรียบเทียบระหว่างภาพลายน้ำดิจิตอลกับภาพลายน้ำดิจิตอล ที่ผ่านการถอดออกมา
3. Clear All เป็นส่วนที่คืนค่าโปรแกรมไปยังตอนเริ่มเปิดโปรแกรม
4. Exit เป็นส่วนที่ทำการออกจากโปรแกรม

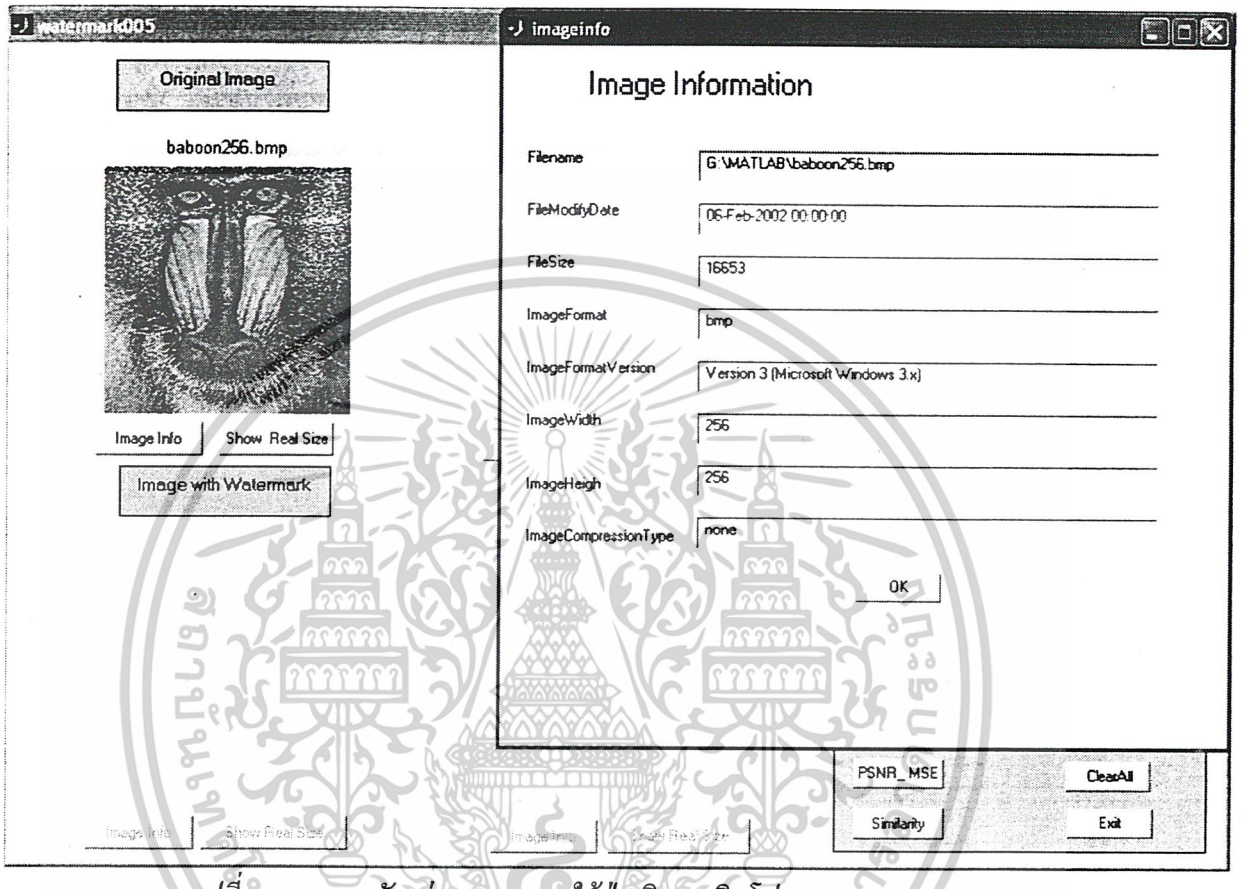


รูปที่ 6 แสดงภาพตัวอย่างผลของการใช้คำสั่ง PSNR และ MSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการดูคุณสมบัติของรูปภาพ

ส่วนของการดูคุณสมบัติของรูปภาพ จะดูคุณสมบัติของรูปเช่น ขนาดของรูปภาพ วันที่มีการแก้ไขล่าสุด ชนิดของรูปภาพ เป็นต้น โดยใช้ ปุ่ม อิมเพจ อินโฟ(Image Info) หรือจะดูขนาดที่จริงของภาพ โดยใช้ปุ่ม โชว์ เรียลไซส์ (Show Real Size)



รูปที่ 7 แสดงภาพตัวอย่างผลของการใช้ปุ่ม อิมเมจอินโฟ (Image info)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Gonzalez, R.C. and Wood, R.E. **Digital Image Processing**. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc. 2001.

[2] Marchand, P. and Holland, O.T. **Graphics and GUIs with MATLAB.** 3rd ed. Florida: CRC Press. 2003.

[3] มนัส สังวรศิลป์, รศ.ดร. และวรรัตน์ ภัทรอมรกุล. **คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: อินโฟเพรส. 2543.

[4] วงค์ประชา จันทร์สมวงศ์ และมานิตา ปรุเจริญ. **คัมภีร์ Photoshop 7 & ImageReady 7**. กรุงเทพฯ: โปรวิชัน. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้