สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยเทคนิคลายน้ำดิจิตอล ในสปาเชียลโดเมนที่ปรับเปลี่ยนได้

# AN ADAPTIVE DIGITAL IMAGE WATERMARKING TECHNIQUE FOR COPYRIGHT PROTECTION

T 0 4 6 4 5 4

จัดทำโดย

นายณัฐนันท์ ขุมทรัพย์ รหัสประจำตัว 43015863

นายอดุลย์ อุส่าเงี้ยว รหัสประจำตัว 43015899

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46454
วัน, เดือน, ปี 2 มิ.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AN ADAPTIVE DIGITAL IMAGE WATERMARKING TECHNIQUE FOR COPYRIGHT PROTECTION


Mr.NATTANAN KHOOMSAP ID 43015863

Mr.ADUL USA-NGEAW ID 43015899

PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR

BACHELOR OF TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อปริญญานิพนธ์** | การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยเทคนิคลายน้ำ<br>ในสปาเชียลโดเมนที่ปรับเปลี่ยนได้<br>AN ADAPTIVE DIGITAL IMAGE WATERMARKING<br>TECHNIQUE FOR COPYRIGHT PROTECTION |
| **นักศึกษา** | นายณัฐนันท์ ขุมทรัพย์ รหัสประจำตัว 43015863<br>นายอดุลย์ อุส่าเงี้ยว รหัสประจำตัว 43015899 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์** | ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล |
| **ระดับการศึกษา** | ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต<br>สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมสารสนเทศ |
| **ปีการศึกษา** | 2545 |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณเลาดกระบังอนุมัติ
ให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

.....

( ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล )
**อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์**

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อปริญญานิพนธ์** | การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพโดยเทคนิคลายน้ำดิจิตอล ในสปาเชียลโดเมนที่ปรับเปลี่ยนได้ |
| **นักศึกษา** | นายณัฐนันท์ ขุมทรัพย์ รหัสประจำตัว 43015863 |
| | นายอดุลย์ อุส่าเงี้ยว รหัสประจำตัว 43015899 |
| **ระดับการศึกษา** | ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต |
| | สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมสารสนเทศ |
| **ปีการศึกษา** | 2545 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์** | ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล |

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเทคนิคการทำลายน้ำดิจิตอลที่ปรับเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ความสามารถในการมองเห็นของสายตามนุษย์ในการปรับเปลี่ยนความเข้มแสงในรูปภาพ โดยนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ซึ่งเมื่อทำการใส่ภาพลายน้ำลงไปด้วยเทคนิคดังกล่าวจะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับความคงทนของภาพลายน้ำโดยปราศจากการกระทบกระเทือนคุณภาพของรูปภาพเดิม และเมื่อทำการแยกลายน้ำคืนกลับมาก็จะยังคงอยู่ และแม้ว่ารูปภาพที่ทำการฝังลายน้ำด้วยเทคนิคนี้แล้วนำไปผ่านการประมวลผลรูปภาพแบบต่างๆ เช่น การกรองความถี่ต่ำผ่าน การกรองความถี่ค่าเฉลี่ยกลาง การดึงเอาบางส่วนของภาพ การเปลี่ยนขนาดของภาพ และ การบีบอัดรูปภาพ JPEG เมื่อทำการแยกลายน้ำคืนกลับมาก็จะยังคงคงอยู่แม้อาจสูญเสียไปบ้าง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจะแสดงเห็นถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของเทคนิคการทำลายน้ำด้วยวิธีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **THESIS TITLE** | AN ADAPTIVE DIGITAL IMAGE WATERMARKING TECHNIQUE FOR COPYRIGHT PROTECTION |
| **STUDENT** | Mr. Nattanan Khoomsap ID. 43015863 |
| | Mr. Adul Usa-Ngeaw ID. 43015899 |
| **COURSE** | Bachelor of Industrial Technology in Telecommunication |
| **DEPARTMENT** | Information Engineering |
| **YEAR** | 2002 |
| **ADVISOR** | Asso.Prof.Dr.Attasit Lasakul |

## ABSTRACT

This project presents an adaptive digital image watermarking technique with quadtree partition is proposed in this paper. The proposed method exploits the sensitivity of human eyes to adaptively embed a visually recognizable watermark in an image without affecting the perceptual quality of the underlying host image. In addition, the watermark will still be present if some lossy image processing operations such as low-pass filtering, median filtering, resampling, reaquantization, and lossy JPEG image compression are applied to the watermarked image. Experimental results show the rehostness of the proposed watermarking method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี เนื่องด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำปริญญานิพนธ์และโครงงานนี้จากท่าน ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ ทางคณะผู้จัดทำได้รู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ดีเยี่ยมจากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ถึงแม้ว่าทั้งสองท่านจะไม่เคยรู้จักกับทางคณะผู้จัดทำมาก่อน แต่จากผลงานของท่านทั้งสองซึ่งได้ลงไว้ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ที่ทางกลุ่มวิจัยได้นำมาศึกษาและใช้เป็นแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโทในทีมงาน DSL lab สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาห้อง 3 U ( อส.บ. เทคโนโลยีโทรคมนาคม รุ่นสุดท้าย ) ทุกคนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ รวมทั้งให้โอกาสในการทำปริญญานิพนธ์นี้ขึ้นมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างเสมอมา

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญรูปภาพ | VIII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | **1** |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานในโครงงาน | 2 |
| **บทที่ 2 เทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน** | **4** |
| 2.1 ความหมายของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล | 4 |
| 2.2 ประเภทของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล | 4 |
| 2.3 คุณสมบัติของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล | 5 |
| 2.4 ข้อกำหนดหรือเงื่อนไขการใส่ลายน้ำดิจิตอล | 6 |
| 2.5 เทคนิคลายน้ำในสปาเชียลโดเมน | 6 |
| **บทที่ 3 อัลกอริทึมของการจัดเตรียมภาพต้นแบบด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น** | **9** |
| 3.1 ความสำคัญและที่มาอัลกอริทึม | 9 |
| 3.2 ค่าความแปรปรวน ( Variance ) | 12 |
| 3.3 ควอดทรี พาร์ติชั่น (Quadtree Partition) | 13 |
| 3.4 การใส่บล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยวิธี Quadtree Partition | 15 |
| **บทที่ 4 อัลกอริทึมของการใส่ลายน้ำและแยกลายน้ำในสปาเชียลโดเมน** | **19** |
| 4.1 การสลับตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำ | 19 |
| 4.2 การซ้อนภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบ | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.3 การแยกภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบ 28

**บทที่ 5 การทดลอง และผลการทดลอง** **31**

5.1 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพลายน้ำที่ถอดได้ไปเปรียบเทียบกับภาพลายน้ำต้นแบบ 31

5.2 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพต้นแบบที่ได้รับการซ้อนลายน้ำแล้วผ่านการประมวลแบบต่างๆ 34

5.2.1 Scaling 35

5.2.2 Lowpass flitting 36

5.2.3 Median flitting 37

5.2.4 JPEG 100 38

5.2.5 JPEG 75 39

5.2.6 JPEG 50 40

5.2.7 JPEG 25 41

5.2.8 Rotation 42

5.2.9 Cropping 43

5.3 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบ 44

5.3.1 ภาพ Baboon 45

5.3.2 ภาพ Women 48

5.3.3 ภาพ Birds 51

5.4 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำเมื่อผ่านกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวน ( Noise ) 54

5.4.1 Unprocessed with Noise 57

5.4.2 Scaling with Noise 58

5.4.3 Lowpass flitting with Noise 59

5.4.4 JPEG 25 with Noise 60

5.5 การเปรียบเทียบผลการทดลอง 61

**บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง และแนวทางในการพัฒนาต่อ** 87

บรรณานุกรม 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก** **90**

การใช้โปรแกรม 91

Program Find block 95

Program Encoder 98

Program Processing 102

Program Decoder 105

Function black 108

Function push 109

Function PSNR 113

Function SNR 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5.1 | แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) กับภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) | 61 |
| 5.2 | แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) กับภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบโดยใช้ภาพลายน้ำ (Watermark image ) ขนาด 46 x 46 พิกเซลล์ | 65 |
| 5.3 | แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) ระหว่างการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition กับเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 | 77 |
| 5.4 | แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) เมื่อกำหนดให้ภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมีสัญญาณรบกวน ( Noise )แบบ Gaussian ระหว่างเทคนิค Quadtree Partition กับเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 | 81 |
| 5.5 | สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Lena ระหว่างเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) | 83 |
| 5.6 | สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Baboon ระหว่างเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) | 84 |
| 5.7 | สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Women ระหว่างเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) | 85 |
| 5.8 | สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Birds ระหว่างเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) | 86 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ( a ) แสดงภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ (Visible Watermark)<br>( b ) แสดงภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (Invisible Watermark) | 4 |
| 2.2 | แสดงบล็อคไดอะแกรมอธิบายกระบวนการของเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน | 7 |
| 3.1 | เปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาได้ด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 หลังจากนำภาพต้นแบบที่ได้รับการลงลายน้ำแล้วนำไปผ่านการประมวลแบบต่างๆ เมื่อกำหนดให้บล็อกที่ใส่ลงในภาพต้นแบบมีขนาดแตกต่าง กัน | 11 |
| 3.2 | แสดงการแบ่งบล็อกด้วยวิธีควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition ) | 13 |
| 3.3 | แสดงขนาดของบล็อกต่างๆที่แบ่งลงในภาพต้นแบบก่อนการซ้อนลายน้ำด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition ) | 15 |
| 3.4 | แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 โดยกำหนดให้แต่ละบล็อกจะมีขนาดเท่ากันทุกบล็อก | 17 |
| 3.5 | แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยวิธีการใช้เทคนิค Quadtree Partition โดยจะมีขนาดของบล็อกหลายขนาดซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Variance บนจุดต่างๆของภาพต้นแบบ | 17 |
| 3.6 | แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบระหว่างเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee กับ เทคนิค Quadtree Partition<br>( a ) แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee<br>( b ) แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition | 18 |
| 3.7 | แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition ที่ค่าVariance แตกต่างกัน | 18 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.1 | Block Diagram of Scrambling Watermark | 19 |
| 4.2 | แสดงการปรับค่าเข้มแสงเมื่อทำการซ้อนภาพลายน้ำของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee | 20 |
| 4.3 | แสดงช่วงของการจัดเรียงระดับค่าความเข้มของแสงที่ปรับแล้วในแต่ละบล็อกเมื่อบล็อกมีขนาดต่างกัน | 21 |
| 4.4 | แสดงลำดับขั้นตอนการใส่บล็อกเสมือน ( Like Block ) ในแต่ละบล็อก ( Block ) ของภาพต้นแบบ | 22 |
| 4.5 | แสดงการจัดเรียงค่าความเข้มของแสงในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block ) | 23 |
| 4.6 | แสดงตำแหน่งค่า $g_{min}$ , $m_L$ , $g_{mean}$ , $m_H$ และ $g_{max}$ ของค่าความเข้มแสงของพิกเซลล์ที่เราจัดเรียงแล้วในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block ) | 24 |
| 4.7 | แสดงการเรียงตำแหน่งบล็อกในภาพต้นแบบ และตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำ | 24 |
| 4.8 | แสดงการระบุตำแหน่งบล็อกของภาพต้นแบบให้ตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ของภาพลายน้ำก่อนที่จะทำการซ้อนภาพลายน้ำ | 25 |
| 4.9 | แสดงการปรับค่าเข้มแสงเมื่อทำการซ้อนภาพลายน้ำในแต่ละบล็อกเสมือน | 26 |
| 4.10 | แสดงค่า gmin , gmax แต่ละบล็อกเสมือน( Like Block ) | 27 |
| 4.11 | แสดงการคืนค่าไบนารี่ในบล็อกเสมือนของแต่ละบล็อกเมื่อทำการแยกลายน้ำคืนกลับมา | 29 |
| 4.12 | แสดงการคืนตำแหน่งบล็อกของภาพต้นแบบให้ตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ | 30 |
| 5.1 | แสดงภาพภาพ Lena ต้นแบบ ( Original image ) ขนาด 512 x 512 pixels และภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) ขนาด 46 x 46 pixels | 32 |
| 5.2 | แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 195 | 32 |
| 5.3 | แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว (Watermarked image) ขนาด 512x512 pixels | 33 |
| 5.4 | แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image ) กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | 33 |
| 5.5 | แสดงการเปรียบเทียบภาพลายน้ำระหว่างภาพลายน้ำต้นแบบ(Host Watermark image) กับภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) ขนาด 46x46 pixels | 34 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5.6 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว(Watermarked image) เมื่อผ่านการ Scaling | 35 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.7 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Lowpass flitting | 36 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.8 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Median flitting | 37 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.9 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 100 | 38 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.10 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 75 | 39 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.11 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 50 | 40 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.12 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 25 | 41 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.13 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Rotation | 42 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.14 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Cropping | 43 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.15 | แสดงภาพต้นแบบในรูปต่างๆ เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบ | 44 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5.16 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Baboon ( Original image ) | 45 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 550 | |
| 5.17 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Baboon ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | 46 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image ) กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | |
| 5.18 | แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Baboon ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ | 47 |
| 5.19 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Women ( Original image ) | |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree-partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 825 | 48 |
| 5.20 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Women ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image ) กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | 49 |
| 5.21 | แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Women ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ | 50 |
| 5.22 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Birds ( Original image ) | 51 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree-partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 253 | |
| 5.23 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Birds ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | 52 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image ) กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | |
| 5.24 | แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Birds ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ | 53 |
| 5.25 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Lena ( Original image ) | 55 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 195 | |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5.26 | ( บน ) แสดงภาพภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) | 56 |
| | ( ล่าง ) แสดงภาพภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) โดยใส่ Noise แบบ Gaussian | |
| 5.27 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆโดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian | 57 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.28 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Scaling โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian | 58 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.29 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Lowpass flitting โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian | 59 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |
| 5.30 | ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 25 โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian | 60 |
| | ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image ) | |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในโลกของยุคโลกาภิวัฒน์ ทำให้ง่ายต่อการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลมัลติมีเดีย ดังเช่น ข้อความ เสียง รูปภาพ และ วีดีโอ โดยข่าวสารดิจิตอลเหล่านี้สามารถเข้าถึงหรือแจกจ่ายผ่านเครือข่าย โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ไม่มีความเสียหายทั้งยังมีความถูกต้องแม่นยำ การคัดลอกยังคงเหมือนต้นฉบับจริงและไม่จำกัดจำนวนของการคัดลอก ซึ่งสื่อดิจิตอลสามารถผลิตออกมาอย่างผิดกฎหมาย นี่คือการคุกคามสิทธิ์ในทรัพย์สินของเจ้าของสื่อ เพราะฉะนั้นการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ต่องานของเจ้าของสื่อจึงเป็นสิ่งสำคัญในโลกของดิจิตอล

การปกป้องสื่อดิจิตอลโดยการเข้ารหัสสื่อดิจิตอลโดยใช้การกำหนดรหัสลับ โดยมีอัลกอริทึมในการเข้ารหัสซึ่งจะซ่อนรหัสลับจากผู้ไม่ประสงค์ดีที่จะเข้าถึงข้อมูลหากไม่รู้รหัสลับจะไม่สามารถเข้าถึงสื่อดิจิตอลต้นฉบับเดิมได้

อย่างไรก็ตามต้นฉบับที่ถูกถอดรหัสแล้ว อาจจะถูกแจกจ่ายหรือคัดลอกอย่างผิดกฎหมายซึ่งเปรียบได้กับประตูอาคารที่ทำการล็อคแม่กุญแจไว้ แต่หากขโมยสามารถตัดหรือทำลายแม่กุญแจได้ก็จะสามารถขโมยทรัพย์สินภายในบ้านได้ ซึ่งในภายหลังหากเราพบทรัพย์สินที่หายไปนั้นแต่เราก็จะไม่สามารถยืนยันได้ว่าทรัพย์สินนั้นเป็นของเรา แต่หากเราสามารถทำให้ทรัพย์สินเหล่านั้นมีสิ่งที่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นของเราปัญหาเหล่านี้ก็จะสามารถหมดไปได้

และสำหรับสื่อดิจิตอลที่เป็นรูปภาพก็เช่นกันจากเหตุผลในข้างต้นเราจึงวิธีการที่จะปกป้องได้ด้วยวิธีการที่เราเรียกว่า “**เทคนิคลายน้ำดิจิตอล**” ซึ่งเป็นวิธีการที่เราทำการใส่ลายน้ำดิจิตอลที่เป็นลายเซ็นดิจิตอลหรือลายน้ำดิจิตอลลงไปในรูปภาพเพื่อที่จะสามารถยืนยันความเป็นเจ้าของหรือลิขสิทธิ์ของผู้สร้างสื่อดิจิตอลที่ถูกต้องได้

สำหรับวิธีการที่นำมาเสนอนี้จะเป็นเทคนิคการทำลายน้ำที่ใช้กับภาพนิ่งด้วยเทคนิคสปาเชียลโดเมน ( Spatial Domain ) ซึ่งเป็นการแก้ไขความเข้มแสงโดยตรงหรือค่าระดับความสว่างของบางพิกเซลของรูปภาพที่สายตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นถึงความเปลี่ยนแปลง

และเนื่องจากเทคนิคลายน้ำดิจิตอลมีอัลกอริทึมเป็นแบบสปาเชียลโดเมนจึงทำให้เทคนิคนี้มีอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ในขณะที่ความคงทนของลายน้ำที่ใส่ลงไปนั้นอยู่ในระดับที่ดีซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อนำเสนอเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเซียลโดเมนที่ปรับเปลี่ยนได้ สำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์
2. เพื่อแสดงการไม่สามารถสังเกตเห็นได้ของลายน้ำที่ฝังในภาพต้นแบบ
3. เพื่อแสดงความคงทนของลายน้ำดิจิตอลที่ใส่ในภาพต้นแบบ ภายหลังจากภาพที่ถูกใส่ลายน้ำ ผ่านการประมวลผลรูปภาพแบบต่างๆ
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเซียลโดเมน

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ทำการศึกษารูปแบบและกระบวนการของเทคนิคการซ้อนลายน้ำลงบนภาพดิจิตอลในแบบสปาเซียลโดเมน ( Spatial Domain ) จากนั้นทำการพัฒนาอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเปรียบเทียบจากงานเดิมที่ได้ศึกษามาก่อน รวมทั้งสามารถแสดงผลได้โดยการทดลองที่เชื่อถือได้

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อใช้เป็นลิขสิทธิ์ของรูปภาพที่ถูกต้องได้
2. เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้เทคนิคลายน้ำที่กระบวนการที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่ยังคงประสิทธิภาพของลายน้ำได้เป็นอย่างดี
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคลายน้ำในแบบสปาเซียลโดเมนให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานในโครงงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานในโครงงานมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมีดังต่อไปนี้
   - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพดิจิตอล ( fundamental Concepts of Image Processing )
   - ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับภาพขาวดำ (Gray Scale )
   - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคลายน้ำ ( fundamental Concepts of Image Watermarking Technique )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศึกษาอัลกอริทึมการทำลายน้ำดิจิตอลและโปรแกรมจากตัวอย่างที่ผ่านมา
- ศึกษาเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition )

2. ออกแบบอัลกอริทึมเพื่อใช้ในการทำลายน้ำดิจิตอล
3. เขียนบล็อกไดอะแกรมในการดำเนินกระบวนการทำภาพลายน้ำดิจิตอล ( Block diagram of the proposed watermarking system )
4. เขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมMatlap ซึ่งมี 4 ส่วน
   4.1 โปรแกรมสำหรับจัดใส่บล็อกลงภาพต้นแบบด้วยควอดทรี พาร์ติชั่น ( The quadtree partition program )
   4.2 โปรแกรมสำหรับซ้อนลายน้ำลงไปในภาพต้นแบบ ( The encoder program)
   4.3 โปรแกรมสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของภาพลายน้ำในอัลกอริทึม ( The processing program for test the algorithm )
   4.4 โปรแกรมสำหรับแยกลายน้ำออกจากภาพต้นแบบ ( The decoder program )
5. ทดลองและสรุปผลการทดลอง
6. แนวทางในการพัฒนาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# เทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน
# DIGITAL IMAGE WATERMARKING TECHNIQUE

## 2.1 ความหมายของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล ( What is Digital Watermarking )

DIGITAL WATERMARKING คือ เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลชนิดมัลติมีเดีย เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการพิสูจน์การทำความผิดที่เกี่ยวข้องกับการละเมิดสิทธิทางปัญญาของบุคคลทั่วไป โดยหลักการคือโค้ดรหัสชนิดหนึ่งซึ่งถูกใช้ในการอ้างอิงถึงข้อมูลที่สำคัญบางอย่าง และถูกนำไปใส่ไว้ในข้อมูลชนิดมัลติมีเดียก่อนที่จะทำการเผยแพร่ส่งผ่านไปสู่สาธารณชน โดยผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เช่น อินเตอร์เน็ต และหากข้อมูลเหล่านั้นที่ถูกทำซ้ำขึ้นโดยไม่ได้รับอนุญาต ดังนั้นเราจึงนำภาพลายน้ำดิจิตอลซึ่งถูกใส่อยู่ภายในข้อมูลนั้นๆ มาใช้ในการชี้ตัวผู้กระทำความผิด

## 2.2 ประเภทของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล ( Kind of Digital Watermarking )

เทคนิคลายน้ำดิจิตอลสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. เทคนิคลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นภาพลายน้ำได้ (Visible Watermark)
2. เทคนิคลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นภาพลายน้ำได้ (Invisible Watermark)

( a ) ( b )

**รูปที่ 2.1** ( a ) แสดงภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ (Visible Watermark)
( b ) แสดงภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (Invisible Watermark)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 คุณสมบัติของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล

หลักการของลายน้ำดิจิตอลจะต้องมีความแข็งแรงคงทนและเป็นความลับของข้อมูลลิขสิทธิ์ ดังนั้นเทคนิคลายน้ำดิจิตอลจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

### 2.3.1 ความไม่สามารถสังเกตได้

การใส่ลายน้ำต้องเป็นการมองไม่เห็นหรือไม่ได้ยิน เพื่อที่จะรักษาคุณภาพของสื่อต้นฉบับให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขการสังเกต นั่นคือ มนุษย์ผู้สังเกตการณ์ไม่สามารถแยกแยะต้นฉบับจากสื่อลายน้ำ ขณะที่ผลลัพธ์ความเป็นอยู่ของลายน้ำถูกซุกซ่อนจากมนุษย์ผู้สังเกตการณ์

### 2.3.2 ความไม่คลุมเครือ

การเอากลับของลายน้ำจะต้องไม่คลุมเครือในการค้นหาเจ้าของแม้จะถูกโจมตีทำให้เลวลง

### 2.3.3 ความแข็งแรงคงทน

ภาพลายน้ำจะต้องคงทนยากต่อการถอดรหัสจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต ในทางปฏิบัติหากผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตพยายามถอดรหัสและมีข้อมูลไม่เพียงพอในการถอด ก็อาจทำให้ภาพเสียและส่งผลให้ลายน้ำเสียไปด้วย ในปกติโดยทั่วไปการสูญเสียจากกการประมวลผลสัญญาณจะกระทำการทำลาย ลายน้ำด้วยเพราะฉะนั้นลายน้ำจะต้องยังคงอยู่ แม้ถ้าจะถูกประมวลผลโดยการปฏิบัติการประมวลผลสัญญาณทั่วไป รวมถึง การสุ่มตัวอย่างใหม่, การจัดลำดับขั้นข้อมูลใหม่, การสูญเสียจากการบีบอัด ( เช่น JPEG MPEG เป็นต้น ) , การกรองเชิงเส้น ( เช่น การกรองความถี่ต่ำผ่าน การกรองความถี่สูงผ่าน ), การกรองไม่เป็นเชิงเส้น ( เช่น การกรองแบบค่าเฉลี่ยกลาง ), การผิดเพี้ยนทางเรขาคณิต ( เช่น การเปลี่ยนขนาด การแปลง การหมุน และการตัด )

ซึ่งในการแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อกและอนาล็อกเป็นดิจิตอล ในปกติทั่วไป ความคงทนจะขัดแย้งกับการมองไม่เห็นความแตกต่าง ปกติลายน้ำจะคงทนถ้าใส่ไว้ในบริเวณที่มีผลต่อความไวสายตาสูง ในทางตรงกันข้ามจะไม่สามารถมองเห็นจากผู้สังเกตการณ์หากลายน้ำถูกใส่ไว้ในบริเวณที่ไม่มีผลต่อสายตามนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของการใช้เทคนิคด้วยวิธีนี้

### 2.3.4 ความไม่คลุมเครือและความคงทนต่อการกระทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป

การใส่ลายน้ำต้องต้านทานต่อการเกิดการเปลี่ยนแปรไป ที่เกิดจากการกระทำสิ่งใดโดยไม่สมควร เป็นการใส่ลายน้ำไว้ในที่ที่มองไม่เห็นด้วยตามนุษย์และความคงทน แม้รูปภาพลายน้ำจะถูกประมวลผลโดยวิธีการต่างๆ เช่น การกรองความถี่ต่ำผ่าน การกรองแบบค่าเฉลี่ยกลาง การสุ่มตัวอย่างใหม่ การจัดลำดับขั้นข้อมูลใหม่ การสูญเสียจากการบีบอัด JPEG เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติของลายน้ำที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล ดังนั้นจึงมีการทดลองค้นคว้าวิจัย เพื่อให้ได้เทคนิคลายน้ำอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป

## 2.4 ข้อกำหนดหรือเงื่อนไขการใส่ลายน้ำดิจิตอล

จากคุณสมบัติของเทคนิคลายน้ำดิจิตอล เราจึงสามารถกำหนดเงื่อนไขของการใส่ลายน้ำดิจิตอลได้ดังนี้

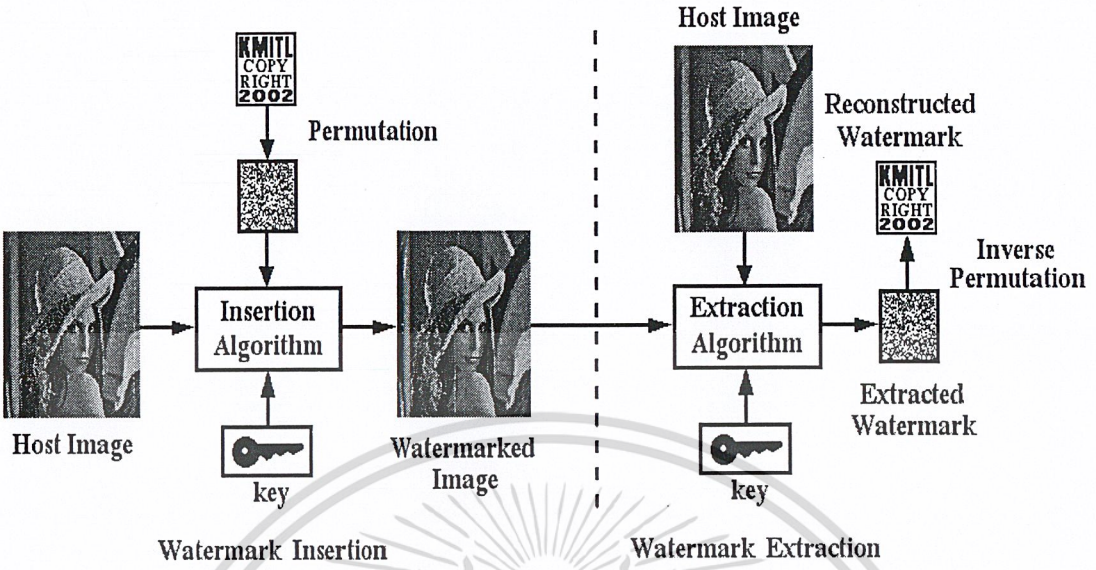
1. ภายหลังการใส่ลายน้ำดิจิตอลแล้ว คุณภาพของรูปภาพไม่ควรลดลงมาก
2. เมื่อภาพที่มีลายน้ำถูกโจมตีโดยวิธีการประมวลผลสัญญาณ วิธีการเหล่านั้นต้องไม่สามารถทำให้ข้อมูลลายน้ำหายไปได้
3. แม้ข้อมูลลายน้ำบางส่วนจะหายไป ข้อมูลที่คงอยู่ต้องชัดเจนพอที่จะระบุเจ้าของที่แน่นอนได้
4. นอกจากเจ้าของผลงานเองแล้วบุคคลอื่นต้องไม่สามารถกู้คืนลายน้ำดิจิตอลออกได้
5. การทำลายข้อมูลลายน้ำดิจิตอลในภาพอาจทำได้ต่อเมื่อภาพถูกโจมตีด้วยวิธีการใดๆ จนคุณภาพของภาพลดต่ำลงจนไม่อาจใช้การใดๆได้อีก

## 2.5 เทคนิคลายน้ำในสปาเชียลโดเมน (Digital Image Watermarking Technique)

คือ เทคนิคการใส่ลายน้ำดิจิตอลประเภทเทคนิคลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นภาพลายน้ำได้ (Invisible Watermark) วิธีการหนึ่ง

ซึ่งภาพลายน้ำดิจิตอล หรือ ลายเซ็นดิจิตอล ลงไปในสื่อภาพนิ่งที่ปรับภาพเป็นภาพขาวดำ (Gray Scale) แล้ว ซึ่งเทคนิคนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มแสงของภาพ จึงทำให้ผลของเปลี่ยนแปลงภาพหลังจากใช้เทคนิคลายน้ำในแบบสปาเชียลโดเมนจะไม่มี หรือมีเพียงเล็กน้อยซึ่งตาของมนุษย์ไม่สามารถสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.2** แสดงบล็อกไดอะแกรมอธิบายกระบวนการของเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน

จากภาพบล็อกไดอะแกรมที่ให้มาจะแสดงถึงกระบวนการทั้งหมดของเทคนิคลายน้ำแบบสปาเชียลโดเมน ซึ่งสามารถเรียงลำดับขั้นตอนได้เป็นดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1. โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมภาพต้นแบบโดยการใส่บล็อกเพื่อหาจำนวนพิกเซลล์ของภาพลายน้ำเพื่อนำค่าบิท “1” หรือบิท “0” ของแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำใส่ลงไปปรับค่าความเข้มแสงในแต่ละบล็อคของภาพต้นแบบ

ขั้นตอนที่ 2. เมื่อได้ภาพลายน้ำแล้วก่อนที่จะทำการซ้อนภาพลายน้ำลงไปในภาพต้นแบบให้ทำการสลับตำแหน่งพิกเซลล์( Permutation ) ของภาพลายน้ำเสียก่อนที่จะทำการฝังภาพลายน้ำลงบนภาพต้นแบบเพื่อความลับซึ่งยากในการถอดรหัสกลับคืนมา ( Decode ) ซึ่งจะเราจะได้รหัสลับตัวที่ 1 ( Key 1 ) มา

ขั้นตอนที่ 3. เมื่อเข้าสู่กระบวนการฝังลายน้ำลงบนภาพต้นแบบ ( Insertion Algorithm ) ซึ่งจะต้องมีรหัสลับ ( Key 2 ) เพื่อใช้เป็นตัวป้องกันและเป็นความลับโดยจะมีหน้าที่ชี้บอกตำแหน่งบล็อกของภาพต้นแบบว่าจะทำการใส่บิท “1” หรือบิท “0” ของภาพลายน้ำลงไปเพื่อทำการปรับความเข้มแสงในบล็อกนั้นของภาพต้นแบบโดยเมื่อปรับความเข้มแสงแล้วความเปลี่ยนแปลงของภาพจะไม่สามารถสังเกตได้ด้วยสายตาของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4. เมื่อต้องการแยกลายน้ำกลับคืนมา ( Extraction Algorithm ) เราจะมีกระบวนการในลักษณะที่ย้อนกลับขึ้นไปของกระบวนการในขั้นตอนของการใส่ลายน้ำ ( Insertion Algorithm ) โดยการเริ่มจากระบุตำแหน่งบล็อกในภาพต้นแบบที่ใช้รหัสลับตัวที่ 2 ( Key 2 ) ซึ่งเป็นกุญแจที่นำไปสู่การแยกภาพลายน้ำที่ฝังลงไปกลับคืนมาจากนั้นเราจะนำภาพต้นแบบก่อนใส่ลายน้ำกับภาพต้นแบบหลังใส่ลายน้ำมาทำการเปรียบเทียบระดับความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปเพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่าที่ตำแหน่งของบล็อกนั้นเราได้ใส่บิทใดของภาพลายน้ำลงไป

ขั้นตอนที่ 5. เนื่องจากในขั้นที่ 2 เราได้ทำการสลับตำแหน่งพิกเซลล์( Permutation ) ของภาพลายน้ำ ดังนั้นภาพลายน้ำที่ได้มาจะไม่ถูกต้องเราจึงต้องทำการคืนตำแหน่งพิกเซลล์ ( Inverse Permutation ) ของภาพลายน้ำเสียก่อนโดยการใช้รหัสลับตัวที่ 1 ( Key 1 ) เราจึงจะได้ภาพลายน้ำที่ถูกต้องกลับคืนมา

ซึ่งจากขั้นตอนทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้วจะแสดงรายละเอียดในบทต่อไปอีกครั้งหนึ่ง อนึ่งจากบล็อกไดอะแกรม จะพบว่าในทุกขั้นตอนเราสามารถที่จะกำหนดรูปแบบต่างๆใหม่ได้เพื่อเป็นการพัฒนาเทคนิคนี้ให้มีคุณสมบัติของลายน้ำดิจิตอลที่ดียิ่งขึ้นต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อัลกอริทึมของการจัดเตรียมภาพต้นแบบด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น
# Algorithm of Preparing Host image with Quadtree partition Technique

## 3.1 ความสำคัญและที่มาของอัลกอริทึม

จากการศึกษาต่ออย่างละเอียด จะพบว่าในขั้นตอนการเตรียมภาพต้นแบบโดยการใส่บล็อกลงไปของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 [1] ซึ่งจะทำการจัดเตรียมกลุ่มบล็อกของภาพต้นแบบ โดยแต่ละบล็อกจะมีขนาด m x m pixels นั่นคือในแต่ละบล็อกจะมีแถวและหลักเท่ากันทุกบล็อกเพื่อนำบิท 0 หรือ บิท 1 ของภาพลายน้ำใส่ลงไปในบล็อกนั้นๆ แล้วทำให้ผลรวมของค่าความเข้มแสงพิกเซลส์ในบล็อกนั้นๆมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และจากผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เราสามารถถอดภาพลายน้ำกลับคืนมาได้ซึ่งจะกล่าวในหัวต่อไป ซึ่งเราจะพบว่าในวิธีการของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee นั้นขนาดของภาพลายน้ำ ( m x m pixels ) ที่สามารถใส่เข้าไปได้จะเท่ากับจำนวนบล็อกของภาพต้นแบบ ( B x B Blocks ) ที่มีการจัดแบ่งบล็อกแล้ว ซึ่งหมายความว่าใน 1 บล็อกของภาพต้นแบบจะถูกใส่ลายน้ำด้วยจำนวน 1 พิกเซลล์ของภาพลายน้ำ

ด้วยวิธีการดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มแสงในภาพต้นแบบแต่จะไม่ส่งผลต่อการสังเกตเห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของภาพด้วยสายตาของมนุษย์ซึ่งอยู่ในคุณสมบัติเทคนิคลายน้ำดิจิตอล แต่จากผลการทดลองด้วยวิธีการเดิม เมื่อเราถอดรหัสภาพลายน้ำ ของภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น บีบอัดข้อมูล ผ่านความถี่ต่ำ เป็นต้น ซึ่งผลการทดลองหลังจากถอดภาพลายน้ำแล้วพบว่าสามารถถอดภาพลายน้ำกลับคืนมาได้ดีในระดับหนึ่ง

เนื่องจากเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมนคือการใส่ลายน้ำลงในภาพต้นแบบโดยการปรับความเข้มแสงโดยเรานำภาพลายน้ำขนาด 1 บิทซ้อนลงในภาพต้นแบบ ( Gray Scale ) ซึ่งหมายถึงบิท 0 หรือบิท 1 ของพิกเซลล์ในภาพลายน้ำจะเป็นตัวกำหนดว่าเราจะทำการปรับความเข้มแสง ( Intensity )ในภาพต้นแบบอย่างไร แต่เราพบว่าหากเราใช้ความเข้มแสงใน 1 พิกเซลล์ของภาพลายน้ำไปปรับความเข้มแสงใน 1 พิกเซลล์ของภาพต้นแบบ ( พิกเซลล์ ต่อ พิกเซลล์ ) จะทำให้เกิดผลเสียตามมาคือ ทำให้ความคงทนของเทคนิคมีน้อยเนื่องจากการปรับความเข้มแสงด้วยเทคนิคนี้คือ เมื่อทำการปรับความเข้มแสงโดย หากพิกเซลล์ของภาพลายน้ำเป็นบิท 0 ไม่ต้องปรับความเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงในพิกเซลล์นั้นของภาพต้นแบบ แต่หากพิกเซลล์ของภาพลายน้ำเป็นบิท 1 ให้ทำการปรับความเข้มแสงโดยการเพิ่มความเข้มแสงไปที่ค่าระดับหนึ่ง ( $\delta$ ) ซึ่งสายตาของมนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นถึงการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถยกตัวอย่างเช่น สมมติให้พิกเซลล์ในตำแหน่งใดๆ ( i , j ) ของภาพต้นแบบมีค่าความเข้มแสงเป็น 155 ดังนั้นในการปรับความเข้มแสงแบบพิกเซลล์ ต่อ พิกเซลล์ เมื่อนำบิท 1 ของภาพลายน้ำลงไปนั่นคือจะต้องบวก ( $\delta$ ) เพิ่มเข้า สมมติให้ $\delta$ มีค่าเท่ากับ 2 ดังนั้นค่าความเข้มแสงในพิกเซลล์นี้จะปรับเพิ่มเป็น 155 + 2 = 157

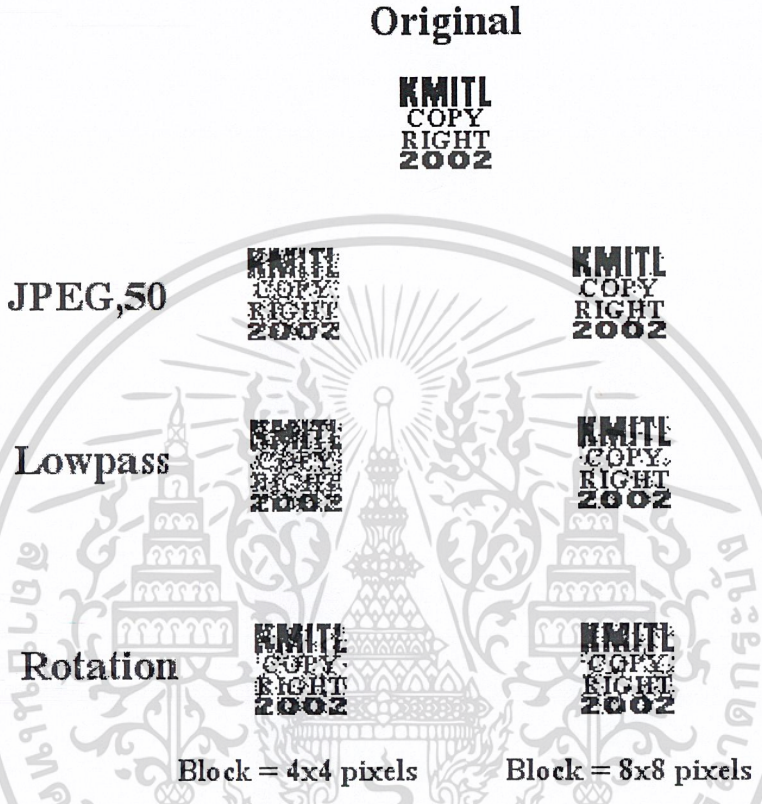
จากตัวอย่างจะสังเกตได้ว่า มีการปรับความเข้มอยู่ในช่วงที่น้อยมากคือเท่ากับ 2 ดังนั้นเมื่อเรานำภาพต้นแบบที่ได้รับการลงลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนการต่างๆที่ทำให้เกิดการสูญเสีย เช่น lowpass filter , JPEG เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ระดับความเข้มแสงลดลง ซึ่งจากตัวอย่าง เมื่อภาพต้นแบบที่ได้รับการลงลายน้ำผ่าน lowpass แล้วทำให้ระดับความเข้มแสงทุกๆพิกเซลล์ลดลงไปเท่ากับ 7 ดังนั้นจากตัวอย่างในตำแหน่งใดๆ ( i , j ) ของภาพต้นแบบจะเหลือระดับความเข้มแสงในพิกเซลล์นี้คือ 157 – 7 = 150 เท่านั้น ซึ่งจะทำให้เราไม่สามารถทำการแยกภาพลายน้ำกลับคืนมาได้

ดังนั้นจากข้อเสียดังกล่าว จึงมีการแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยเมื่อทำการศึกษาความรู้เดิมจาก IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ซึ่งเป็นงานวิจัยของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ในขั้นตอนของการเตรียมภาพต้นแบบกำหนดให้มีการจัดกลุ่มของพิกเซลล์ในภาพต้นแบบเป็นบล็อกนั่นคือ เราจะใช้ความเข้มแสงใน 1 พิกเซลล์ของภาพลายน้ำไปปรับความเข้มแสงใน 1 บล็อกของภาพต้นแบบ ( พิกเซลล์ ต่อ บล็อก ) ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้เรามีจำนวน $\delta$ ที่มากขึ้นทำให้เราได้ความคงทนของภาพลายน้ำสูงขึ้นในระดับหนึ่ง เนื่องจากใน 1 บล็อคจะมีจำนวนพิกเซลล์ของภาพต้นแบบหลายพิกเซลล์ซึ่งก็จะทำให้เรามีผลรวมของ $\delta$ มากขึ้น เช่น จากตัวอย่างที่แล้ว สมมติให้บล็อกมีขนาด 4 x 4 พิกเซลล์ นั่นคือใน 1 บล็อกจะมีจำนวนพิกเซลล์ของภาพต้นแบบทั้งหมด 16 พิกเซลล์ และเมื่อกำหนดให้ $\delta$ = 2 หากใส่บิท 1 ของภาพลายน้ำลงไปก็ทำให้เราได้ $\delta$ ทั้งหมดเมื่อ เท่ากับ 16 x 2 = 32 ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพต้นแบบที่ได้รับการลงลายน้ำแล้วมีความคงทนที่สูงขึ้น สำหรับค่า $\delta$ ที่จะใช้เพื่อเพิ่มหรือลดระดับความเข้มแสงในแต่ละบล็อกนั้นจะขอกล่าวโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่งในบทที่ 4 ซึ่งจะอยู่ในหัวข้อที่ 4.2 การใส่ภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบ

เมื่อได้ทำการทดลองต่อโดยสังเกตผลของเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดให้บล็อคที่ใส่ลงบนภาพต้นแบบให้มีขนาดเปลี่ยนไป โดยเริ่มต้นใช้บล็อกที่ขนาด 4 x 4 pixels และเพิ่มขนาดบล็อกในภาพต้นแบบเป็น 8 x 8 pixels พบว่าในขั้นตอนของเตรียมภาพต้นแบบด้วยวิธีการแบ่งบล็อกให้มีขนาด 8 x 8 pixels เมื่อนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนการต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองคือ ภาพลายน้ำที่ฝังลงในภาพต้นแบบมีความคงทนสูงกว่าการแบ่งบล็อกลงในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นแบบที่ขนาด 4 x 4 pixels และเมื่อได้เพิ่มขนาดบล็อกเป็น 16 x 16 pixels ก็ทำให้เราได้ภาพลายน้ำที่คงทนขึ้น




**รูปที่ 3.1** เปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาได้ด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 หลังจากนำภาพต้นแบบที่ได้รับการลงลายน้ำแล้วนำไปผ่านการประมวลแบบต่างๆ เมื่อกำหนดให้บล็อกที่ใส่ลงในภาพต้นแบบมีขนาดแตกต่าง กัน

แต่ในขณะเดียวกันเราได้พบข้อเสียคือ เมื่อเราได้ทำการเพิ่มขนาดของบล็อคจะส่งผลให้เราสามารถใส่ภาพลายน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าเดิม และทำให้ภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงของภาพปรากฏว่าสามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาของมนุษย์ถึงความแตกต่างกับภาพต้นแบบก่อนการใส่ลายน้ำ

ซึ่งเมื่อทำการศึกษาต่อถึงสาเหตุดังกล่าวทำให้เราพบว่าความคงทนของภาพลายน้ำนั้นขึ้นอยู่ผลรวมของค่าความเข้มแสงในแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบโดยสังเกตได้จากวิธีการของMr.Chang-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ซึ่งกำหนดให้บล็อกมีขนาด 4 x 4 pixels พบว่าในบางบล็อกของภาพต้นแบบที่มีผลรวมของค่าความเข้มแสงน้อยนั้น จะทำให้การซ้อนค่าบิทของภาพลายน้ำในบล็อคมีความคงทนต่อการลดคุณภาพของภาพลายน้ำค่อนข้างต่ำ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงทำการเพิ่มขนาดบล็อกเป็น 8 x 8 pixels ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นแทนมีจะส่งผลทำให้ ผลรวมค่าความเข้มแสงแต่ละบล็อกสูงขึ้นเพราะมีจำนวนพิกเซลล์ของภาพต้นแบบในแต่ละบล็อกมากขึ้นนั่นเอง จึงส่งผลให้ภาพลายน้ำที่ฝังลงไปในภาพต้นแบบมีความคงทนมากขึ้น

แต่เนื่องการเพิ่มขนาดของบล็อคให้ใหญ่ขึ้นจะส่งผลให้ภาพต้นแบบที่ได้รับการฝังลายน้ำแล้วมีความผิดเพี้ยนของภาพไปจากเดิมมากซึ่งสามารถสังเกตเห็นด้วยสายตามนุษย์ จากข้อมูลดังกล่าวเราจึงสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการแบ่งบล็อกลงในภาพต้นได้ว่า หากบริเวณใดของภาพต้นแบบที่ค่า Variance ต่ำให้ทำการแบ่งบล็อกที่มีขนาดใหญ่ และบริเวณใดของภาพต้นแบบที่ค่า Variance สูงให้ทำการแบ่งบล็อกที่มีขนาดเล็กลงในภาพต้นแบบ ดังนั้นจากหลักการดังกล่าวจึงเป็นที่มาของวิธีการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบ ด้วยการใช้เทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition ) ซึ่งจะใช้ค่า Variance ในการแบ่งจึงทำให้เราได้ขนาดของ บล็อกที่เหมาะสมในใส่ลงไปบนส่วนต่างๆของภาพต้นแบบ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมนสูงยิ่งขึ้นในขณะที่ปัญหาความผิดเพี้ยนของภาพที่ได้รับการฝังลายน้ำก็จะหมดไปด้วย

## 3.2 ค่าความแปรปรวน ( Variance )

สำหรับค่าความแปรปรวนที่ในเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่นนั้น เราได้ให้คำจำกัดความไว้ดังนี้ คือ ผลรวมค่าความแตกต่างของแต่ละพิกเซลซ์ทั้งหมดที่มีอยู่ในภาพซึ่งเราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V = \frac{\sum_{i=0}^{n} (Xi - \overline{Xi})^2}{n-1} = S^2$$

เมื่อ

V คือ ค่าความแปรปรวน ( Variance )

$S$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$Xi$ คือ ข้อมูลแต่ละตัว

$\overline{Xi}$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล

$n$ คือ จำนวนข้อมูล

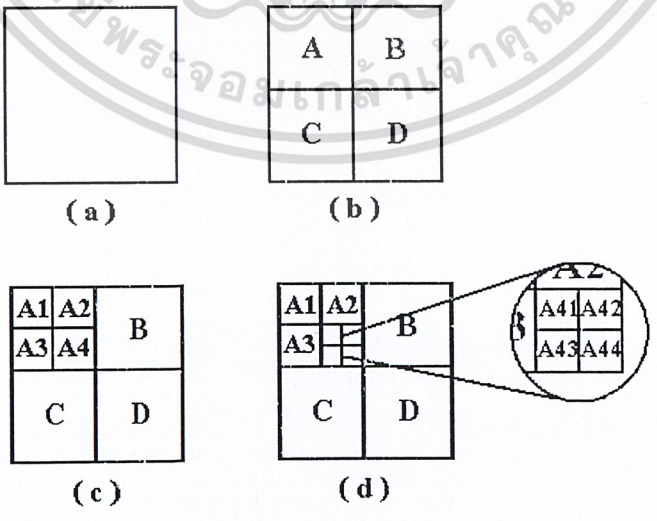
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเมื่อกำหนดให้บล็อกที่ใส่ลงบนภาพต้นแบบนั้นมีขนาดเปลี่ยนไปในวิธีการของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee เราจึงได้ข้อสรุปเป็นหลักการในการจัดเตรียมขนาดของบล็อกที่จะนำไปใส่ลงในภาพต้นแบบ โดยกำหนดให้บริเวณใดของภาพต้นแบบมีค่า Variance สูงให้ทำการใส่บล็อกที่มีขนาดเล็ก และหากบริเวณใดของภาพต้นแบบมีค่า Variance ที่ไม่สูงมากหรือเหมาะสมอยู่แล้วก็ให้ทำการใส่ บล็อกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อความคงทนของภาพลายน้ำที่เราจะทำการฝังลงไปในภาพต้นแบบ

## 3.3 ควอดทรี พาร์ติชั่น (Quadtree Partition)

คือ เทคนิคการแบ่งบล็อกของภาพออกเป็นกลุ่มๆ ตามระดับค่า Variance ตามค่าที่กำหนดไว้ เช่น ภาพรูปหนึ่งมีค่า Variance สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ขนาด m x m จะได้บล็อก 4 บล็อก และในแต่ละบล็อกจะต้องนำมาหาค่า Variance โดยเทียบกับค่า Variance ที่กำหนดอีก ซึ่งหากบล็อกใดมีค่า Variance สูงกว่าที่กำหนดไว้ จะส่งผลให้บล็อกนั้นๆจะต้องถูกแบ่งย่อยออกไปอีก 4 บล็อกเท่าๆกัน และนำบล็อกทั้ง 4 มาหาค่า Variance และนำมาเทียบกับค่า Variance ที่กำหนดอีก ซึ่งหากบล็อกใดมีค่า Variance สูงกว่าค่าที่กำหนดอีก ก็จะถูกแบ่งย่อยออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆกันอีกต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าค่า Variance ในแต่ละบล็อกมีค่าต่ำกว่าค่า Variance ที่กำหนดไว้ บล็อกนั้นๆก็จะไม่ถูกแบ่งอีกต่อไป

เพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นในการใช้เทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น (Quadtree Partition) [2] จะแสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้




**รูปที่ 3.2** แสดงการแบ่งบล็อกด้วยวิธีควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.2 กำหนดให้ค่า Variance ที่กำหนดเพื่อใช้ในการแบ่งภาพมีค่าเท่ากับ 700 ซึ่งจากรูป 3.2 (a) สมมติให้เป็นภาพขนาด 16 x 16 pixel มีค่าVariance เป็น 2000 ซึ่งแสดงว่ารูป 3.2 ( a ) มีค่า Variance สูงกว่าค่าที่กำหนด ( 2000 > 700 ) ดังนั้นรูป 3.2 ( a ) จะต้องถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กันดังตัวรูป 3.2 ( b )

จากรูป 3.2 ( b ) เราจะได้ภาพที่ถูกแบ่งออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆกัน ซึ่งในแต่ละบล็อกมีขนาด 8 x 8 pixel หลังจากนั้นนำบล็อก A,B,C และ D มาหาค่า Variance โดยสมมติให้แต่ละบล็อกมีค่า Variance ดังนี้ A = 1000 , B = 300 , C = 500 และ D = 600 แล้วนำมาเทียบกับค่า Variance ที่กำหนด ซึ่งพบว่ามีบล็อก A บล็อกเดียวที่มีค่า Variance สูงกว่าค่าที่กำหนด ( 1000 > 700 ) ดังนั้นจะทำการแบ่งบล็อกออกเป็น 4 ส่วนเท่ากันอีกครั้งเพียงบล็อกเดียว ส่วนบล็อกที่เหลือ B , C , D ก็จะไม่ถูกแบ่ง ซึ่งแสดงไว้ในรูป 3.2 ( c )

และจากรูป 3.2 ( c ) จะพบบล็อก A ในรูป 3.2 ( b ) ได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 บล็อก คือ A1 , A2 , A3 , A4 ส่วนบล็อก B , C , D ยังคงเดิมไม่มีการเปลี่ยนเพราะค่า Variance ในแต่ละบล็อกนั้นมีค่าต่ำกว่าค่า Variance ที่กำหนดไว้นั่นเอง ดังนั้นการเทียบค่า Variance รอบต่อไป เราจึงพิจารณาเฉพาะ บล็อก A1 , A2 , A3 , A4 ซึ่งผลปรากฏว่าค่า Variance ในบล็อก A4 เท่านั้นที่มีค่า Variance สูงกว่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นเราจึงทำการแบ่งบล็อก A4 ออกเป็น 4 บล็อกเท่าๆ กันคือ A41 , A42 , A43 , A44 ดังตัวอย่างที่แสดงไว้รูป 3.2 ( d )

ซึ่งจากตัวอย่างดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบค่า Variance ของบล็อก A41 , A42 , A43 , A44 กับค่า Variance ที่กำหนดแล้วปรากฏว่าไม่มีบล็อกใดเลยมีค่า Variance สูงกว่าค่าที่กำหนด นั่นจึงถือว่าสิ้นสุดการแบ่งบล็อกด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น แล้วนั่นเอง

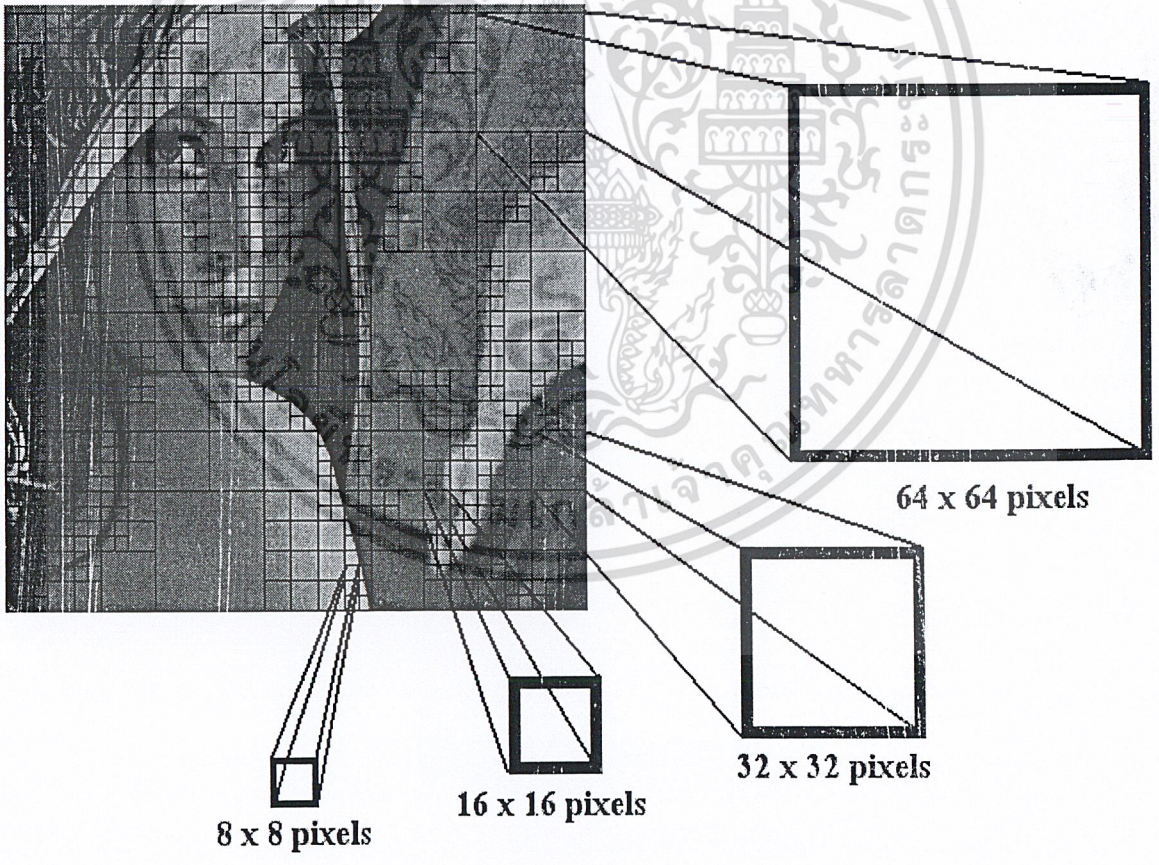
ดังนั้นจากหลักการที่ว่าบริเวณใดของภาพต้นแบบมีค่า Variance สูงให้ทำการใส่บล็อกที่มีขนาดเล็ก และหากบริเวณใดของภาพต้นแบบที่ค่า Variance ที่ไม่สูงมากหรือเหมาะสมอยู่แล้วก็ให้ทำการใส่บล็อกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเราสามารถใช้เทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น แทนที่การแบ่งบล็อกด้วยวิธีการเดิม ซึ่งการแบ่งบล็อกด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่นนี้จะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าเทคนิคการแบ่งบล็อกด้วยวิธีการเดิมเนื่องจากเราสามารถที่จะจัดขนาดบล็อกที่เหมาะสมใส่ลงไปตามค่า Variance ในส่วนต่างๆของภาพต้นแบบ ทั้งนี้เราจะต้องกำหนดขนาดของบล็อกที่ใหญ่ที่สุดและขนาดของบล็อกที่เล็กที่สุด เนื่องจากการกำหนดขนาดบล็อกด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่นนี้จะได้ขนาดของบล็อกโดยหากเรียงจากขนาดที่เล็กสุดไปหาขนาดที่ใหญ่ขึ้นได้ดังนี้ ขนาดบล็อกเล็กสุดคือ 1 x 1 pixels ถัดไปคือ 4 x 4 pixels ถัดไปคือ 8 x 8 pixels ถัดไปคือ 16 x 16 pixels ถัดไปคือ 32 x 32 pixels ถัดไปคือ 64 x 64 pixels ... แต่จากการผลการทดลองทำให้เราพบว่าควรกำหนดให้ทำการแบ่งบล็อกที่มีขนาดเล็กสุดเท่ากับ 8 x 8 pixels ไปจนกระทั่งถึงขนาดบล็อกที่มีขนาดใหญ่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ 64 x 64 pixels เพราะเมื่อกำหนดให้ขนาดของบล็อกอยู่ในช่วงนี้แล้วส่งผลเทคนิคลายน้ำด้วยวิธีนี้ยังคงคุณสมบัติของเทคนิคภาพลายน้ำครบถ้วนทุกประการ

## 3.4 การใส่บล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยวิธี Quadtree Partition

เมื่อนำภาพต้นแบบซึ่งเป็นภาพขาว-ดำ ( Gray Scale ) มาทำการจัดกลุ่มบล็อกโดยที่ภาพนั้นจะต้องมีจำนวนพิกเซลล์ของแถวและจำนวนพิกเซลล์ของคอลัมน์ที่สามารถหารด้วยค่า 64 แล้วลงตัวเท่านั้น ( เนื่องจากเรากำหนดให้บล็อกมีขนาดใหญ่ที่สุดเท่ากับ 64 x 64 pixels ) หลังจากนั้นทำการใส่ขนาดบล็อกด้วยการอ้างอิงค่า Variance ที่มีความเหมาะสมในภาพต้นแบบนั้นๆ ซึ่งเราเป็นผู้กำหนด จากนั้นโปรแกรมจะทำการนำบล็อกแรกเทียบกับค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบว่าถ้าค่า Variance ของบล็อกใดมีค่ามากกว่าค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพแล้ว บล็อกนั้นจะต้องถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน




**รูปที่ 3.3** แสดงขนาดของบล็อกต่างๆที่แบ่งลงในภาพต้นแบบก่อนการซ้อนลายน้ำด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าเมื่อทำการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition ) เราจะเริ่มต้นด้วยการแบ่งบล็อกขนาด 64 x 64 pixels ซึ่งเป็นขนาดของบล็อกที่ใหญ่ที่สุดลงไปในภาพต้นแบบ จากนั้นให้นำแต่ละบล็อกในภาพต้นแบบมาทำการเปรียบเทียบกับค่าVariance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบที่กำหนดไว้ ถ้าในบล็อกเหล่านี้มีบล็อกใดที่มีค่า Variance สูงกว่าค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบจะถูกแบ่งเป็นสี่ส่วนเท่าๆกันซึ่งในแต่ละบล็อกที่ได้มาใหม่นี้จะมีขนาด 32 x 32 pixels จากนั้นนำบล็อกที่เพิ่งถูกแบ่งมานี้เปรียบเทียบกับค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบถ้าในบล็อกขนาด 32 x 32 pixels เหล่านี้มีบล็อกใดที่มีค่า Variance สูงกว่าค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบ จะต้องถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วนซึ่งมีขนาดเล็กลงอีกคือ 16 x 16 pixels หลังนั้นก็จะนำบล็อกที่ขนาด 16 x 16 pixels เพิ่งถูกแบ่งนี้มาทำการเปรียบเทียบกับค่าVariance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบที่กำหนดไว้ ถ้าในบล็อกเหล่านี้มีบล็อกใดที่มีค่า Variance สูงกว่าค่า Variance ที่เหมาะสมของภาพต้นแบบ จะต้องถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วนซึ่งจะมีขนาดที่เล็กลงไปอีกคือ 8 x 8 pixels ซึ่งเป็นขนาดของบล็อกที่เรากำหนดไว้ในโปรแกรมว่ามีขนาดบล็อกเล็กที่สุดที่เราทำการใส่ บล็อกในภาพต้นแบบก็จะถือว่าเสร็จสิ้นการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition )

ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการใส่บล็อกขนาดต่างๆลงในภาพต้นแบบ จะพบว่าเราจะมีบล็อกอยู่ทั้งหมดสี่ขนาดด้วยกันคือ 64 x 64 pixels , 32 x 32 pixels , 16 x 16 pixels และขนาด 8 x 8 pixels รวมอยู่ในภาพเดียวกัน ซึ่งจำนวนบล็อกทั้งหมดที่อยู่ในภาพต้นแบบก็คือจำนวนพิกเซลล์สูงสุดของภาพลายน้ำที่เราสามารถฝังลงไปในภาพต้นแบบได้

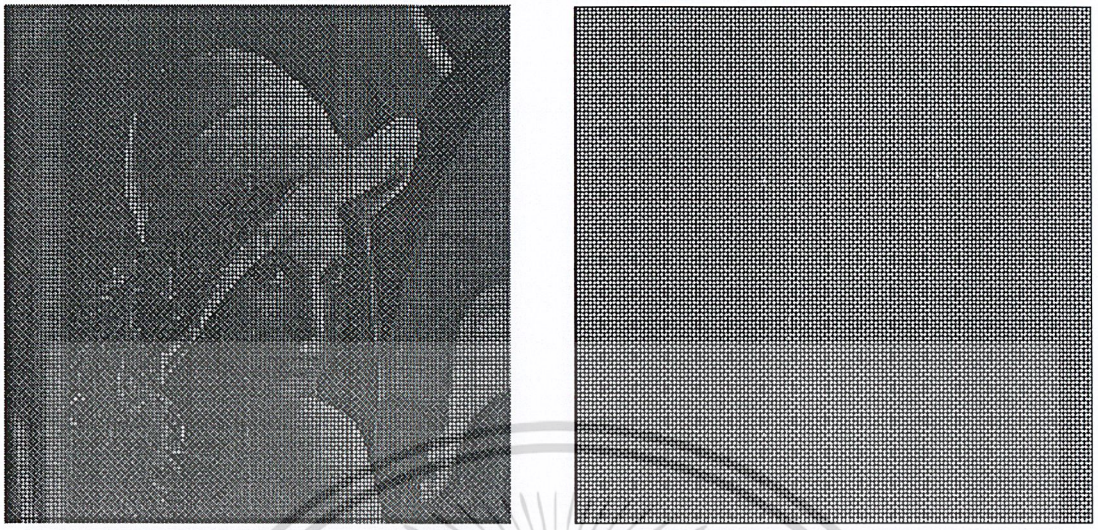
**SIZE ( WATERMARKING ) ≤ TOTAL OF BLOCK IN ORIGINAL IMAGE**

ซึ่งเราสามารถสรุปได้ว่า ความจุสูงสุดของภาพลายน้ำ หรือ จำนวนบล็อกทั้งหมดในภาพต้นแบบจะถูกกำหนดด้วย ค่า Variance ที่เหมาะสมที่เราใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Variance ในแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบ

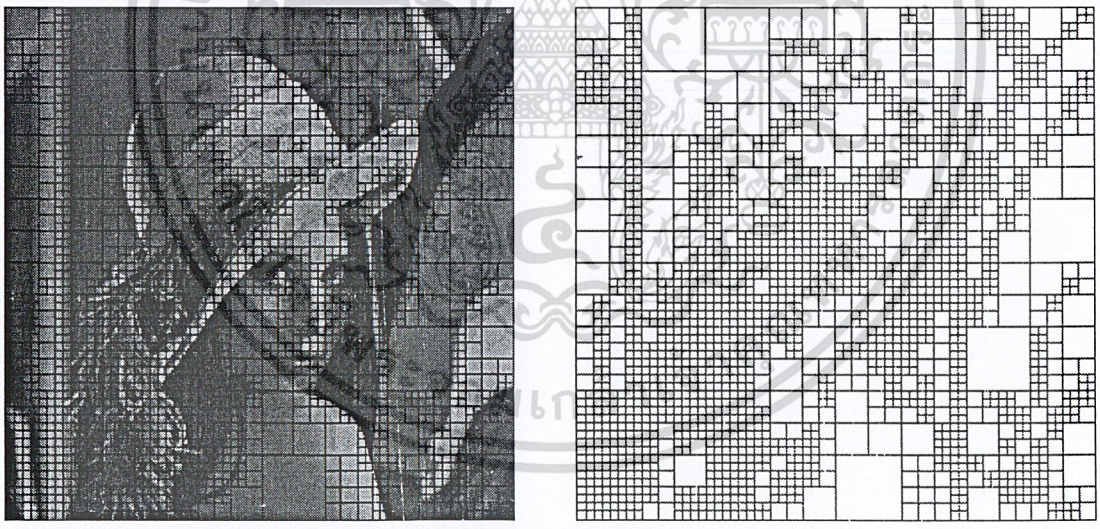
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง





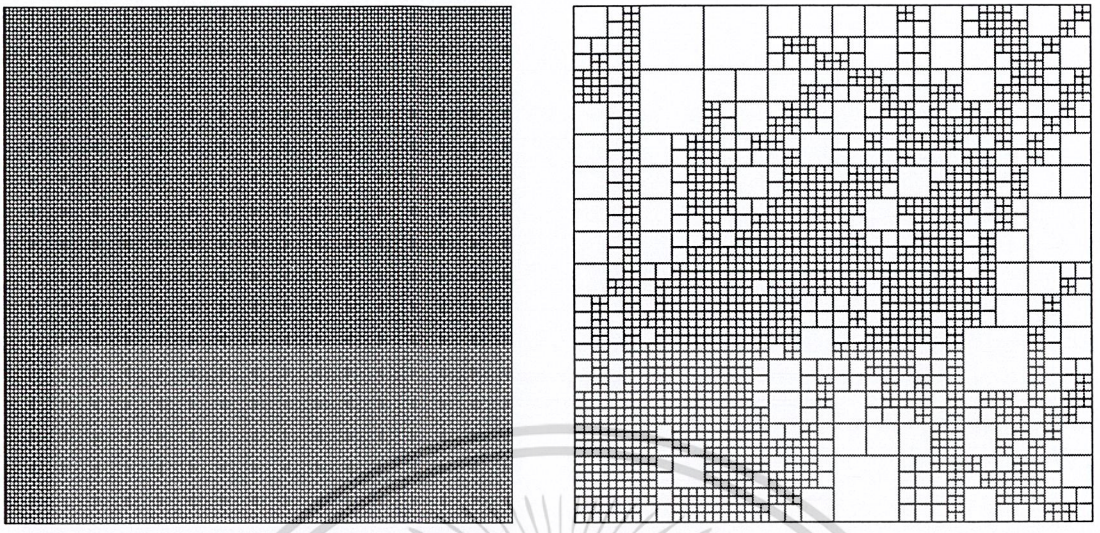
**รูปที่ 3.4** แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 โดยกำหนดให้แต่ละบล็อกจะมีขนาด 4x4 pixels เท่ากันทุกบล็อก



**รูปที่ 3.5** แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยวิธีการใช้เทคนิค Quadtree Partition โดยจะมีขนาดของบล็อกหลายขนาดซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Variance บนจุดต่างๆของภาพต้นแบบ โดยมีบล็อกขนาดเล็กสุดคือ 8x8 pixels และขนาดใหญ่สุดคือ 64x64 pixels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46454

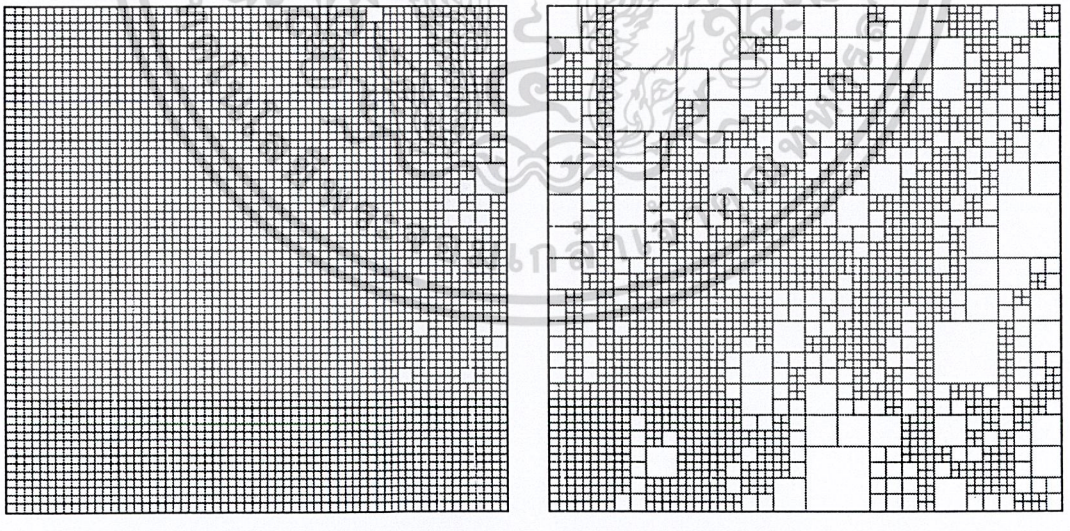


( a ) ( b )

**รูปที่ 3.6** แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบระหว่างเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE กับ เทคนิค Quadtree Partition

( a ) แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคใน IEEE

( b ) แสดงการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition



**Variance = 10** **Variance = 195**

**รูปที่ 3.7** แสดงการเปรียบเทียบการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition ที่ค่า Variance แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# อัลกอริทึมของการใส่ลายน้ำและแยกลายน้ำในสปาเชียลโดเมน
# Algorithm of Watermark Insertion and Watermark Extraction

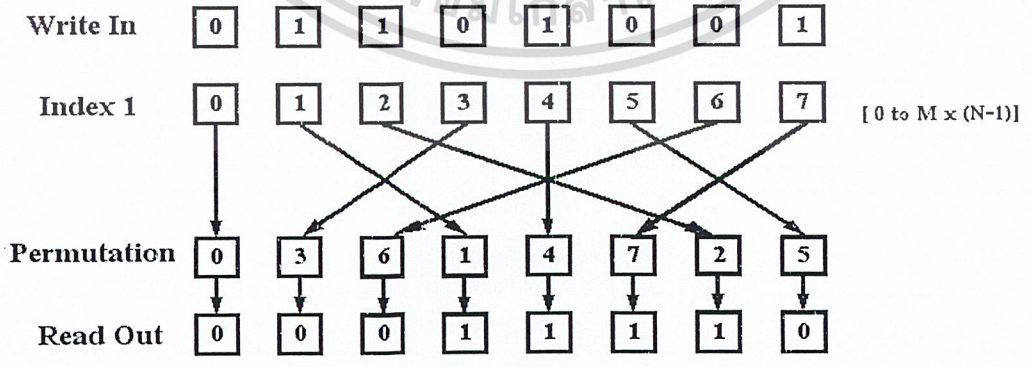
เราสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การสลับตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำ ( Scrambling the watermark )
2. การใส่ลายน้ำลงบนภาพต้นแบบ ( Watermark Insertion )
3. การแยกลายน้ำออกจากภาพต้นแบบ ( Watermark Extraction )

## 4.1 การสลับตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำ ( Scrambling the watermark )

ก่อนการซ้อนภาพลายน้ำ ( Watermarking) ลงไปในภาพต้นแบบ ( Host Image ) เพื่อความปลอดภัยและยากต่อการถูกถอดรหัสภาพลายน้ำจากผู้ไม่ประสงค์ดี เราจึงต้องป้องกันโดยการสลับตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำเสียก่อน

โดยภาพลายน้ำ ( Watermark Image ) จะถูกสลับตำแหน่งพิกเซลล์โดยกำหนดค่าคงที่เพื่อใช้ในการสุ่ม ( Random ) ซึ่งจะเป็นค่าคงที่ โดยค่าคงที่นี้เราจะกำหนดให้เป็น Key1 เพื่อใช้ในการถอดรหัสต่อไป ดังนั้นเราจะได้ภาพลายน้ำใหม่ ( Scrambled Watermark ) เพื่อเตรียมนำไปใช้ในการซ้อนภาพลายน้ำ ( Embedding the Watermark ) ต่อไป




**รูปที่ 4.1** Block Diagram of Scrambling Watermark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การซ้อนภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบ ( Embedding the Scrambled Watermark in host image )

จะขอกล่าวถึงขั้นตอนของการซ้อนภาพลายน้ำในภาพต้นแบบ ที่ได้ทำการศึกษากระบวนการใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ซึ่งมีขั้นตอนโดยสรุปดังต่อไปนี้

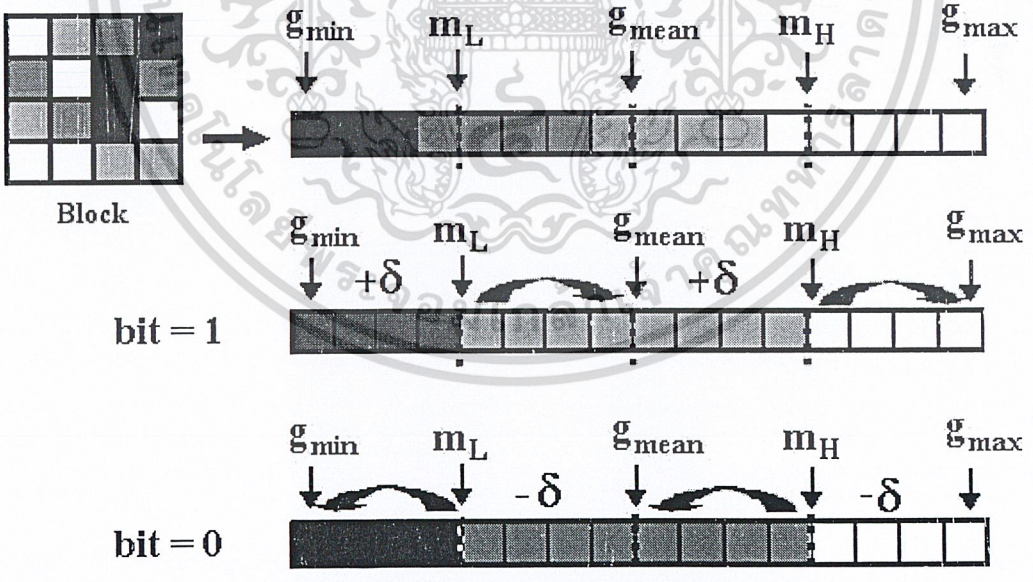
ขั้นตอนที่ 1: ทำการจัดเรียงค่าความเข้มของแสงในแต่ละบล็อกโดยเรียงจากน้อยไปหามาก

ขั้นตอนที่2 : ทำการคำนวณหาค่า $g_{min}$ , $m_L$ , $g_{mean}$ , $m_H$ และ $g_{max}$ ของค่าระดับความเข้มแสงของพิกเซลล์ที่เราจัดเรียงแล้วในแต่ละบล็อก

ขั้นตอนที่3 : ทำการปรับค่าความเข้มแสงของพิกเซลล์ที่เราจัดเรียงแล้วในแต่ละบล็อคโดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

บล็อกใดตรงกับบิท ' 0 ' ของภาพลายน้ำให้ทำการปรับความเข้มแสงของบล็อกนั้นลดลงที่ระดับที่ตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นได้

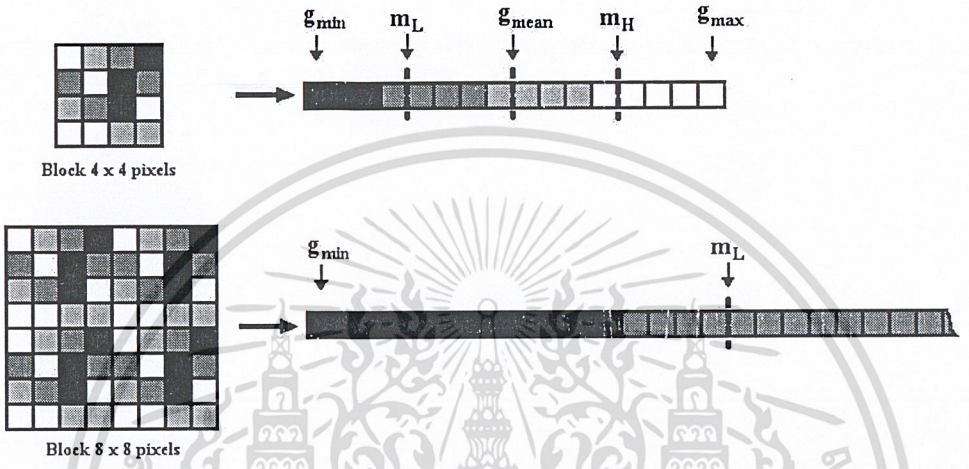
บล็อกใดตรงกับบิท ' 1 ' ของภาพลายน้ำให้ทำการปรับความเข้มแสงของบล็อกนั้นเพิ่มขึ้นที่ระดับที่ตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นได้




**รูปที่ 4.2** แสดงการปรับค่าเข้มแสงเมื่อทำการซ้อนภาพลายน้ำของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยลักษณะขั้นตอนการใส่ลายน้ำดังกล่าว เมื่อทำการศึกษาต่อโดยการเปรียบเทียบลักษณะการปรับระดับความเข้มแสง เมื่อกำหนดให้ขนาดบล็อกของภาพต้นแบบมีขนาดแตกต่างกันคือที่ขนาดของบล็อก 4 x 4 pixels และที่ขนาดบล็อก 8 x 8 pixels พบว่าที่ขนาดบล็อก 8 x 8 pixels จะมีช่วงระดับค่าความเข้มแสงที่กว้างกว่าที่ขนาดของบล็อก 4 x 4 pixels สังเกตได้จากรูปที่ 4.3




**รูปที่ 4.3** แสดงช่วงของการจัดเรียงระดับค่าความเข้มของแสงที่ปรับแล้วในแต่ละบล็อก เมื่อบล็อกมีขนาดต่างกัน

เมื่อทำการหาผลรวมของการปรับความเข้มแสงซึ่งพบว่าที่ขนาดของบล็อก 8 x 8 pixels มีผลรวมของการปรับความเข้มแสงมากกว่าที่ขนาดของบล็อก 4 x 4 pixels น้อยกว่า ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้ภาพต้นแบบที่ทำการใส่บล็อกที่ขนาด8 x 8 pixels มีอัลกอริทึมของเทคนิคภาพลายน้ำที่ทนต่อการทำลายมากกว่าภาพต้นแบบที่ทำการใส่บล็อกที่ขนาด 4 x 4 pixels

แต่ในขณะเดียวกันเมื่อนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาเปรียบเทียบกันพบว่าในกรณีที่ทำการใส่บล็อกขนาด8 x 8 pixels ลงไปจะทำให้ภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมีการเปลี่ยนแปลงไปของภาพมากกว่าภาพต้นแบบที่ทำการใส่บล็อกที่ขนาด 4 x 4 pixels

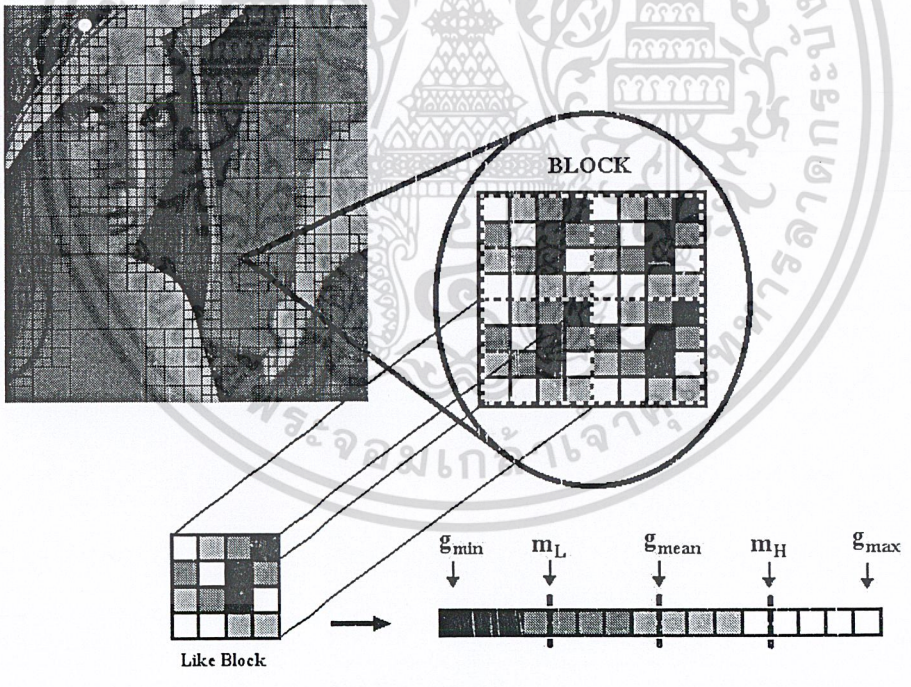
จากผลการทดลองดังกล่าวเมื่อเราทำการแบ่งบล็อกด้วยเทคนิค Quadtree Partition จะทำให้ได้บล็อกหลายขนาดคือ 8 x 8 pixels , 16 x 16 pixels , 32 x 32 pixels และ 64 x 64 pixels ซึ่งหากนำบล็อกในแต่ละบล็อกมาทำการใส่บิทของภาพลายน้ำ ภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วจะยังคงสามารถสังเกตเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยสายตามนุษย์ โดยเฉพาะในบล็อกที่มีขนาดใหญ่ๆ เช่น 16 x 16 pixels , 32 x 32 pixels และ 64 x 64 pixels จะทำให้ภาพต้นแบบที่มีบล็อกเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการเปลี่ยนไปของภาพต้นแบบหลังจากที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว เราจึงทำการใส่ปรับช่วงในการปรับความเข้มแสงให้แคบลงโดยทำการแบ่งบล็อกเล็กๆลงไปในแต่ละบล็อกอีกชั้นหนึ่งแต่ไม่ต้องใช้การแบ่งแบบ Quadtree Partition ให้แบ่งโดยการใส่บล็อกเล็กๆ ขนาดที่เท่าๆกันใส่ลงไปเหมือนการใส่บล็อกในภาพต้นแบบของ IEEE ซึ่งบล็อกเล็กๆ เหล่านี้เราจะเรียกว่า " บล็อกเสมือน ( Like Block ) "

ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าขนาดของบล็อกที่เหมาะสมสำหรับปรับความเข้มแสงโดยได้ทั้งความคงทนของภาพลายน้ำและไม่ทำให้ภาพต้นแบบภายหลังที่ได้รับการใส่ลายน้ำเปลี่ยนไปจนสายตามนุษย์เห็นได้คือ 8 x 8 pixels

ดังนั้นเราจึงทำการใส่บล็อกเสมือนขนาด 8 x 8 pixels ใส่ลงไปในแต่ละบล็อกก่อนที่จะทำการปรับความเข้มแสง แต่สำหรับบล็อกที่ขนาด 64 x 64 pixels ให้ใส่บล็อกเสมือนที่ขนาด 4 x 4 pixels เพราะเนื่องจากในบล็อกที่มีขนาดใหญ่มากๆจะมีผลรวมของของความเข้มที่เปลี่ยนไปที่ค่อนข้างมากอยู่แล้ว

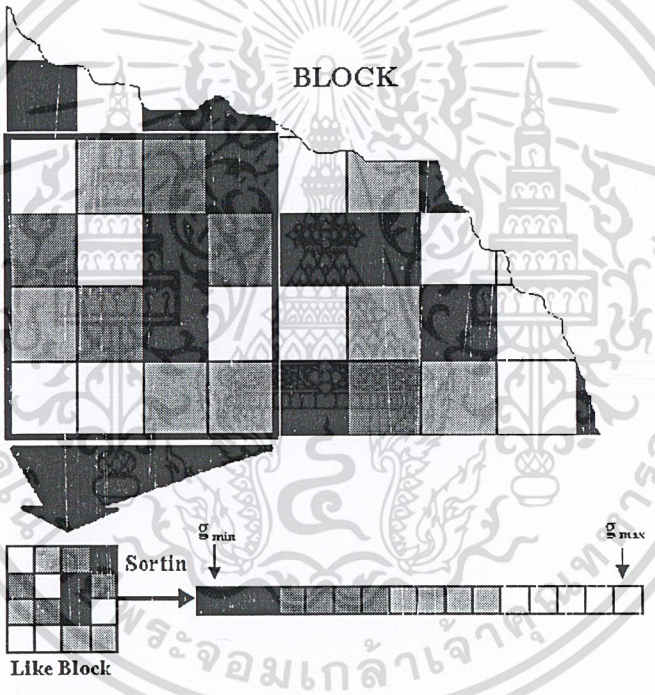



**รูปที่ 4.4** แสดงลำดับขั้นตอนการใส่บล็อกเสมือน ( Like Block ) ในแต่ละบล็อก ( Block ) ของภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทำการแบ่งบล็อกเสมือน( Like Block ) ลงในบล็อกแต่ละขนาดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการใส่ลายน้ำลงในบล็อกเสมือน ( Embedding the Scrambled Watermark in Like Block ) ซึ่งก็จะมีลักษณะขั้นตอนเหมือนกับปรับระดับความเข้มแสงใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee และเพื่อประกอบความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น จะขอเรียงลำดับขั้นตอนอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่งดังต่อไปนี้

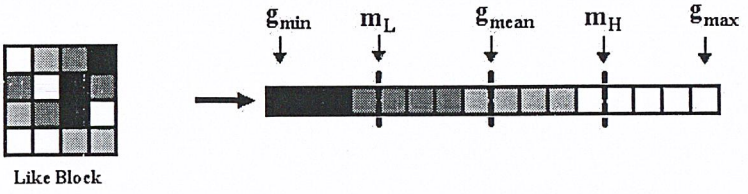
**ขั้นตอนที่ 1 :** ทำการจัดเรียงค่าความเข้มของแสงในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block ) โดยเรียงจากน้อยไปหามาก




**รูปที่ 4.5** แสดงการจัดเรียงค่าความเข้มของแสงในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block )

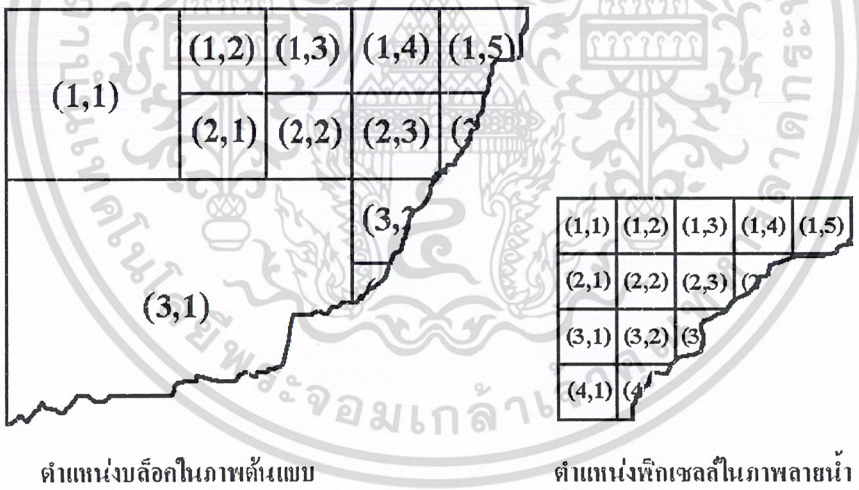
**ขั้นตอนที่ 2 :** ทำการคำนวณหาค่า $g_{min}$ , $m_L$ , $g_{mean}$ , $m_H$ และ $g_{max}$ ของค่าความเข้มแสงของพิกเซลล์ที่เราจัดเรียงแล้วในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** แสดงตำแหน่งค่า $g_{min}$ , $m_L$ , $g_{mean}$ , $m_H$ และ $g_{max}$ ของค่าความเข้มแสงของพิกเซลล์ที่เราจัดเรียงแล้วในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block )

**ขั้นตอนที่ 3:** ในขั้นตอนของการซ้อนค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำลงในแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบ เราจะต้องทราบตำแหน่งของบล็อกในภาพต้นแบบว่าจะนำพิกเซลล์ในตำแหน่งใดๆของภาพลายน้ำมาทำการซ้อนลายน้ำ โดยกำหนดให้ ( i,j ) คือ ตำแหน่งของบล็อกในภาพต้นแบบโดยเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง

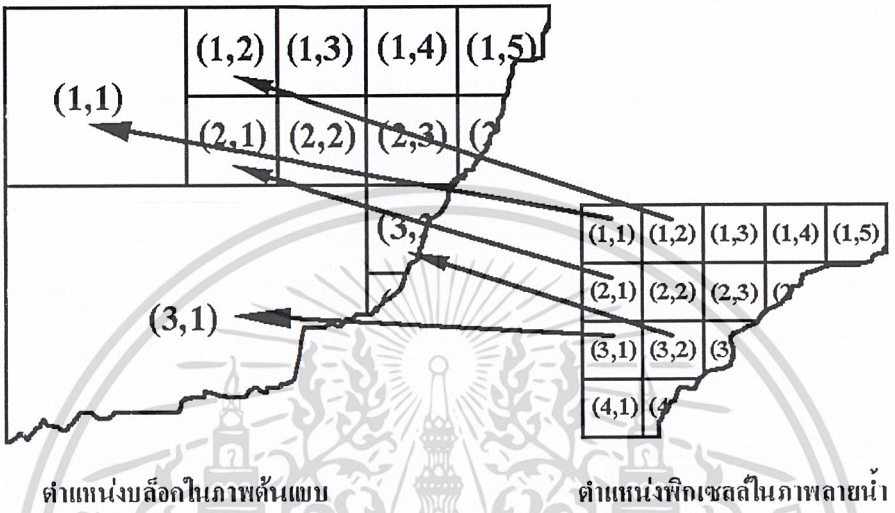



**รูปที่ 4.7** แสดงการเรียงตำแหน่งบล็อกในภาพต้นแบบ และตำแหน่งพิกเซลล์ในภาพลายน้ำ

หลังจากนั้นให้นำค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ ซึ่งมีลักษณะการเรียงตำแหน่งพิกเซลล์เช่นเดียวกับการเรียงตำแหน่งของบล็อกของภาพต้นแบบ โดยเราจะนำค่าความเข้มแสงของภาพลายน้ำในตำแหน่งที่ตรงกับบล็อกของภาพต้นแบบมาทำการปรับค่าความเข้มแสง เช่น ในตำแหน่งบล็อก ( 1,1 ) ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพต้นแบบจะตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ ( 1,1 ) ของภาพลายน้ำ หรือในตำแหน่งบล็อก ( 32,32 ) ของภาพต้นแบบก็จะตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ ( 32,32 ) ของภาพลายน้ำ เป็นต้น




**รูปที่ 4.8** แสดงการระบุตำแหน่งบล็อกของภาพต้นแบบให้ตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ของภาพลายน้ำก่อนที่จะทำการซ้อนภาพลายน้ำ

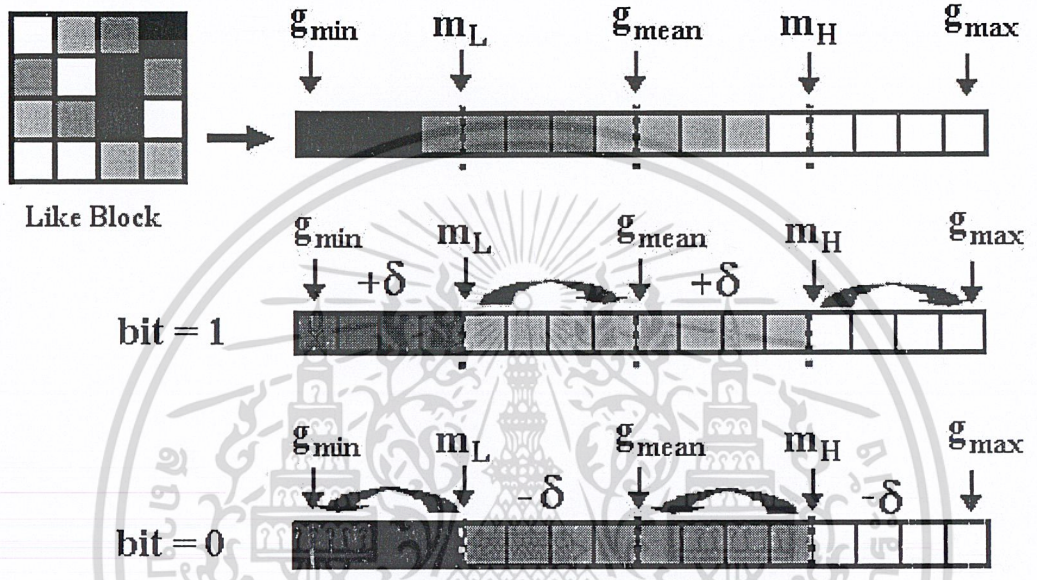
**ขั้นตอนที่ 4 :** เนื่องจากค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ เป็น ‘ **0** ’ กับ ‘ **1** ’ จึงสามารถแบ่งการซ้อนภาพได้ 2 กรณีคือ

1. กรณีซ้อนค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำที่มีค่าเท่ากับ ‘**0**’ ลงในแต่ละบล็อก
2. กรณีซ้อนค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำที่มีค่าเท่ากับ ‘**1**’ ลงในแต่ละบล็อก

**ขั้นตอนที่ 5 :** การปรับค่าเข้มแสงเมื่อทำการซ้อนภาพลายน้ำเนื่องจากในแต่ละบล็อก ( Block ) ของภาพต้นแบบเราได้ทำการใส่บล็อกเสมือน ( Like Block ) ดังนั้นถ้าบล็อกใดใส่บิท ‘**1**’ ของภาพลายน้ำลงไปนั่นก็หมายความว่าบล็อกเสมือน ( Like Block ) ทั้งหมดที่อยู่ในบล็อก ( Block ) นั้นๆ ก็จะทำการปรับความเข้มแสงเมื่อกรณีที่ใส่บิท ‘ **1** ’ ลงในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block ) และในทางตรงข้ามถ้าบล็อกใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่บิท '**0**' ของภาพลายน้ำลงไปนั่นก็หมายความว่าบล็อกเสมือน ( Like Block ) ทั้งหมดที่อยู่ในบล็อก ( Block ) นั้นๆ ก็จะทำการปรับความเข้มแสงเมื่อกรณีที่ใส่บิท ' **0** ' ลงในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block )




**รูปที่ 4.9** แสดงการปรับค่าเข้มแสงเมื่อทำการซ้อนภาพลายน้ำในแต่ละบล็อกเสมือน( Like Block )

กรณีซ้อนค่าความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ของภาพลายน้ำที่มีค่าเท่ากับ '1' หรือ '0' ลงในแต่ละบล็อกเสมือน( Like Block )นั่นคือ

**b = 1**

$g_{new} = g_{max}$ เมื่อ $g > m_H$

$g_{new} = g_{mean}$ เมื่อ $m_L \leq g < g_{mean}$

$g_{new} = g + \delta$ เมื่อ g ไม่อยู่ในช่วงทั้งสอง

**b = 0**

$g_{new} = g_{min}$ เมื่อ $g < m_L$

$g_{new} = g_{mean}$ เมื่อ $g_{mean} \leq g < m_H$

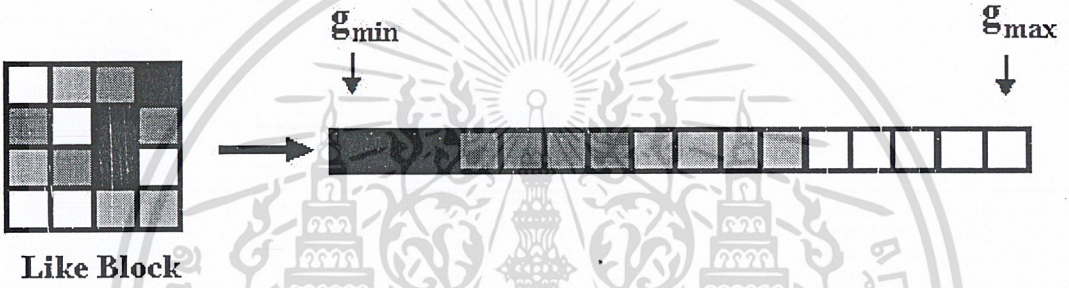
$g_{new} = g - \delta$ เมื่อ g ไม่อยู่ในช่วงทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ขั้นตอนที่ 6 :** การหาค่า $\delta$ จะมีสูตรในหาค่าความเข้มสูงสุดที่เปลี่ยนได้ ( CB ) ดังนี้

$$CB = \max [\, cmin , \alpha ( gmax - gmin ) ]$$

จากสมการเมื่อคำนวณออกมาแล้วจะเห็นว่าค่า CB ในแต่ละบล็อกเสมือน ( Like Block ) จะมีค่าไม่เท่ากันนั้นเพราะสืบเนื่องมาจากค่า gmin , gmax ที่ไม่เท่ากันนั่นเอง ส่วน Cmin กำหนดให้เท่ากับ 0




**รูปที่ 4.10** แสดงค่า gmin , gmax แต่ละบล็อกเสมือน( Like Block )

ซึ่งค่านี้จะทำให้แสงในแต่ละพิกเซลล์มีระดับความเข้มแสงเปลี่ยนไปโดยจะอยู่ในช่วง 0 ถึงค่าความเข้มสูงสุดที่สามารถเปลี่ยนได้ ( $\delta = 0$ ถึง CB ) ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงจะไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยสายตาของมนุษย์ได้

ดังนั้นเพื่อความคงทนของภาพลายน้ำที่เราทำการซ้อนลงไปในภาพต้นแบบเราจึงควรเลือกค่า $\delta$ ที่ค่าสูงสุดคือเพื่อที่จะได้ผลรวมของระดับความเข้มแสงที่เราสามารถปรับได้สูงสุดซึ่งจะส่งผลให้ภาพลายน้ำมีความคงทนสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การแยกภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบ ( Extracting the Embedded Watermark )

การแยกลายน้ำออกเหมือนกับกระบวนการใส่แต่กระทำกลับกัน ในการเสนออัลกอริทึมการแยกออกของลายน้ำต้องอ้างอิงกับต้นฉบับเดิม ซึ่งสามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 :** เนื่องจากภาพต้นแบบที่ผ่านการซ้อนลายน้ำแล้วจะมีความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์เปลี่ยนไป ด้วยสาเหตุนี้เราจึงสามารถนำค่าความแตกต่างผลรวมความเข้มแสงในแต่ละพิกเซลล์ระหว่างภาพต้นแบบที่ผ่านการซ้อนลายน้ำแล้วกับภาพต้นแบบเดิม มาหาค่าความเข้มแสงของภาพลายน้ำได้

เริ่มจากถอดค่าความเข้มแสงของภาพลายน้ำได้โดยนำภาพที่จะทำการแยกลายน้ำมาทำการแบ่งบล็อกให้มีขนาดเท่ากับบล็อกที่เคยแบ่งไว้ในขั้นตอนใส่ลายน้ำ แล้วนำบล็อกเสมือนที่อยู่ในแต่ละบล็อกมาคำนวณหาผลรวมของความเข้มแสงเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบกับผลรวมของความเข้มแสงในแต่ละบล็อกเสมือนของบล็อกในภาพต้นฉบับก่อนการใส่ลายน้ำ

ซึ่งจะทำให้ทราบว่าตรงกับค่าไบนารี่ ( Binary bitmap ) พิกเซลล์ของภาพลายน้ำว่าเป็น ‘ 0 ’ หรือ ‘ 1 ’ โดยการกำหนดให้

$S_o$ คือผลรวมของความเข้มพิกเซลล์ของบล็อกเสมือนก่อนลงลายน้ำ

$S_w$ คือผลรวมของความเข้มพิกเซลล์ของบล็อกเสมือนหลังลงลายน้ำ

เรานำค่า $S_o$ และ $S_w$ มาเปรียบเทียบกันเมื่อ

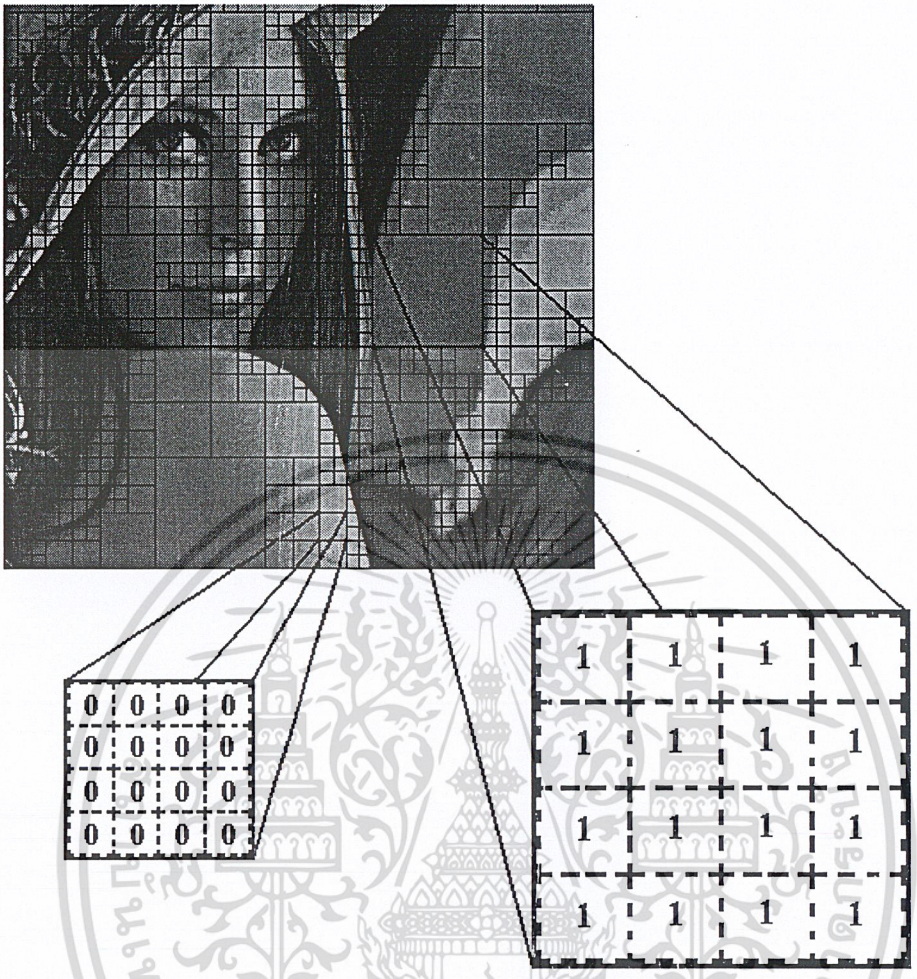
$S_o < S_w$ จะได้ค่าความเข้มพิกเซลล์ของภาพลายน้ำเป็น ‘ 1 ’

$S_o \geq S_w$ จะได้ค่าความเข้มพิกเซลล์ของภาพลายน้ำเป็น ‘ 0 ’

สำหรับค่าไบนารี่ ( Binary bitmap ที่เป็น ‘ 0 ’ หรือ ‘ 1 ’ นี้ก็นำไปใส่กลับคืนที่ตำแหน่งบล็อกเสมือน ( Like Block ) ซึ่งจะค่าไบนารี่อยู่ภายในบล็อกเสมือนนี้ก็จะเป็นตัวชี้บอกว่าในขั้นตอนการใส่ภาพลายน้ำลงในบล็อก ( Block ) เราได้ใส่บิทใดของภาพลายน้ำลงในตำแหน่งบล็อก( Block ) นี้อีกทีหนึ่ง

นั่นคือบล็อกใดๆที่ทำการใส่บิท ‘ 0 ’ ลงไปเมื่อทำการแยกค่าไบนารี่กลับคืนมาก็จะได้ค่าไบนารี่ของบล็อกเสมือนที่อยู่ภายในบล็อกนั้นทั้งหมดคือ ‘ 0 ’ เช่นเดียวกันในกรณีที่บล็อกใดๆทำการใส่บิท ‘ 1 ’ ลงไปเมื่อทำการแยกค่าไบนารี่กลับคืนมาก็จะได้ค่าไบนารี่ของบล็อกเสมือนที่อยู่ภายในบล็อกนั้นทั้งหมดคือ ‘ 1 ’

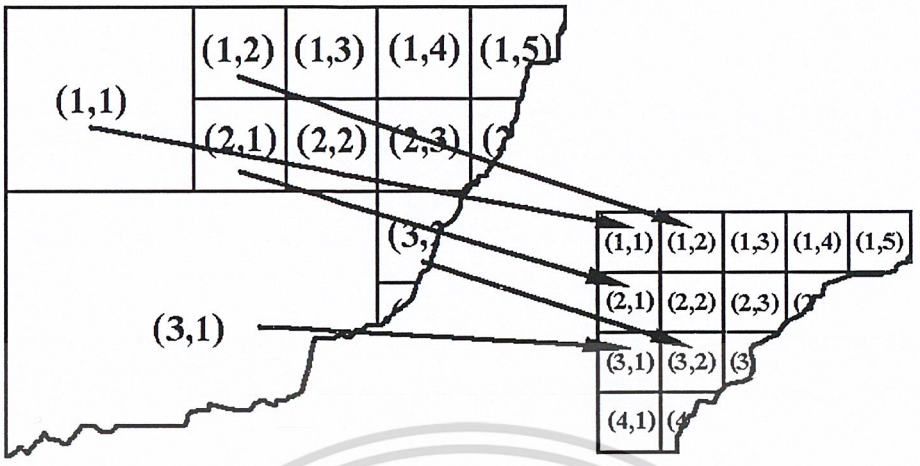
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.11** แสดงการคืนค่าไบนารี่ในบล็อกเสมือนของแต่ละบล็อกเมื่อทำการแยกลายน้ำคืนกลับมา

**ขั้นตอนที่ 2 :** การคืนค่าความเข้มพิกเซลล์ของภาพลายน้ำโดยการอ้างอิงตำแหน่งระหว่างตำแหน่งบล็อกของภาพต้นฉบับกับตำแหน่งพิกเซลล์ของภาพลายน้ำให้ตรงกัน ซึ่งก็คือตำแหน่งเดียวกันกับตอนที่ซ้อนลายน้ำลงไปในภาพต้นแบบนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.12** แสดงการคืนตำแหน่งบล็อกของภาพต้นแบบให้ตรงกับตำแหน่งพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ

**ขั้นตอนที่ 3 :** เมื่อนำค่าความเข้มที่ได้ไปใส่ในพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ ภาพที่ได้จะเป็นภาพลายน้ำที่มีการสลับค่าความเข้มพิกเซลล์ ( Scrambled watermark ) ฉะนั้นจึงทำการคืนตำแหน่งค่าความเข้มพิกเซลล์ของภาพลายน้ำ โดยใช้ค่า key 1 ซึ่งจะทำให้เราได้ภาพลายน้ำที่สมบูรณ์กลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# การทดลอง และ ผลการทดลอง

# EXPECTATION AND RESULT

ในการทดลองเราจะใช้ภาพ Lena ซึ่งกำหนดให้เป็นภาพต้นแบบ ( Original image ) ที่ขนาด 512 x 512 pixels และเลือกภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) ที่ขนาด 46 x 46 pixels โดยจะกำหนดรูปแบบในการทดสอบออกเป็น 5 ส่วนดังต่อไปนี้คือ

1. ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพลายน้ำที่ถอดได้ไปเปรียบเทียบกับภาพลายน้ำต้นแบบ
2. ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพต้นแบบที่ได้รับการซ้อนลายน้ำแล้วผ่านการประมวลแบบต่างๆ
3. ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบ
4. ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อมีสัญญาณรบกวน ( Noise )
5. แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมในหัวข้อ 1-4 โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition กับเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999

## 5.1 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพลายน้ำที่ถอดได้ไปเปรียบเทียบกับภาพลายน้ำต้นแบบ

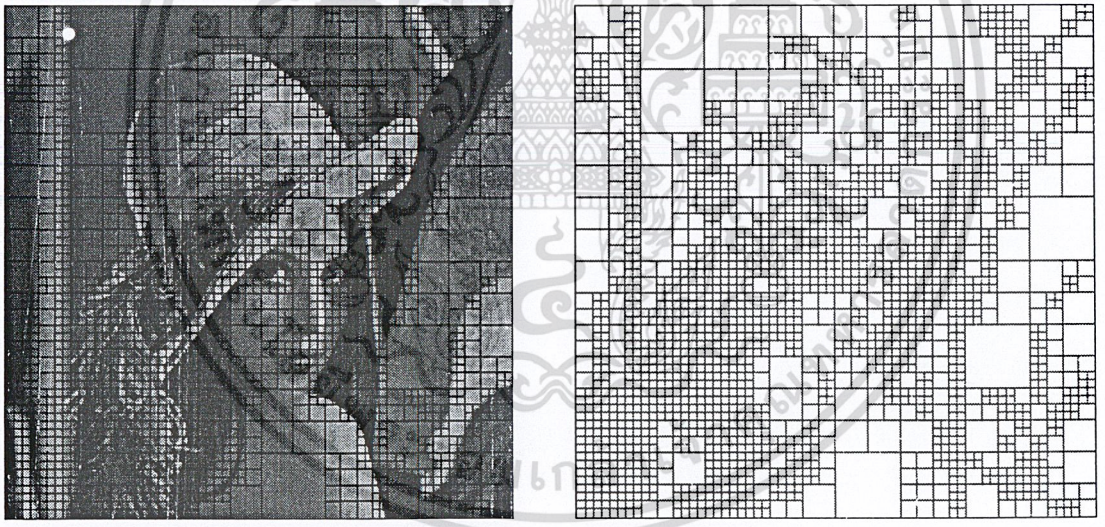
ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** ให้ทำการซ้อนภาพลายน้ำลงไปในภาพ Lena ต้นแบบ

**ขั้นตอนที่ 2** จากภาพ Lena ในขั้นตอนที่ 1ให้ทำการถอดภาพลายน้ำกลับคืนมา แล้วให้นำภาพลายน้ำที่ถอดได้นั้น ( Decoded Watermark image ) มาเปรียบเทียบความแตกต่างกับภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 5.1** แสดงภาพภาพ Lena ต้นแบบ ( Original image ) ขนาด 512 x 512 pixels และภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) ขนาด 46 x 46 pixels



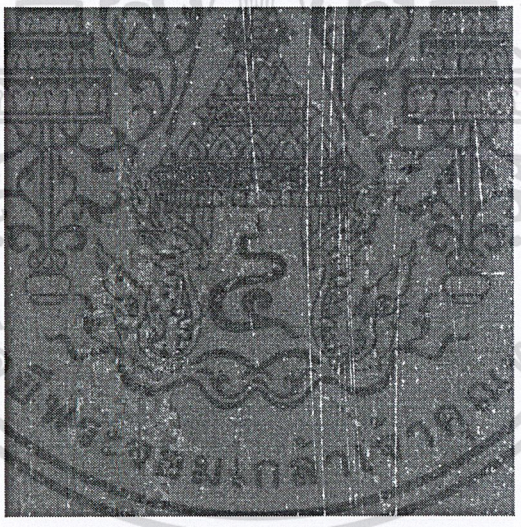
**รูปที่ 5.2** แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 195

จากรูปที่ 5.2 เมื่อทำการใส่บล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition ทำให้ได้จำนวนบล็อกทั้งหมด 2,119 บล็อก โดยแบ่งออกเป็นบล็อกขนาดต่างๆดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| บล็อกขนาด 64 x 64 pixels มี | 6 บล็อก | บล็อกขนาด 16 x 16 pixels มี | 258 บล็อก |
| บล็อกขนาด 8 x 8 pixels มี | 1,792 บล็อก | บล็อกขนาด 32 x 32 pixels มี | 53 บล็อก |

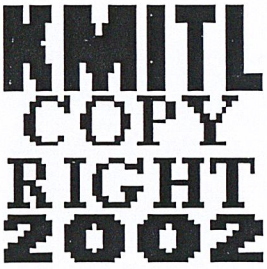
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 5.3** แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
ขนาด 512 x 512 pixels



**รูปที่ 5.4** แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image )
กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| |  |
| Host Watermark image | Decode Watermarked image |

**รูปที่ 5.5** แสดงการเปรียบเทียบภาพลายน้ำระหว่างภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) กับภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Waterrnarked image ) ขนาด 46 x 46 pixels

## 5.2 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อนำภาพต้นแบบที่ได้รับการซ้อนลายน้ำแล้วผ่านการประมวลแบบต่างๆ

ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยการนำภาพ Lena ที่ได้รับการซ้อนภาพลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) มาผ่านการประมวลผลแบบต่างๆ ซึ่งมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. Scaling
2. Lowpass Filtering
3. Median Filtering
4. JPEG 100 %
5. JPEG 75 %
6. JPEG 50 %
7. JPEG 25 %
8. Rotation
9. Cropping

**ขั้นตอนที่ 2** ให้นำภาพต้นแบบที่ได้รับการซ้อนลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) ทั้ง 9 รูปในขั้นตอนที่ 1 มาทำการทดลองซ้ำเหมือนในขั้นตอนที่ 2 ของหัวข้อ 5.1 จนครบทุกรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.1 Scaling**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านลดขนาด ( Scaling ) โดยทำการลดให้อยู่ที่ขนาด 256 x 256 pixels

ซึ่งจะต้องทำการคืนขนาดของภาพที่จะนำมาถอดภาพลายน้ำกลับคืนมา โดยให้เท่ากับขนาดของภาพต้นแบบก่อนการใส่ลายน้ำคือ 512 x 512 pixels

**( 256 x 256 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.6** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Scaling

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.2 Lowpass flitting**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านความถี่ต่ำ ( Lowpass flitting ) ที่ขนาด 3 x 3 marks

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะ Blur

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.7** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Lowpass flitting

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.3 Median flitting**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านความถี่กลาง ( Median flitting ) ที่ขนาด 3 x 3 marks

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะ Blur

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.8** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Median flitting

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.4 JPEG 100**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านบีบอัด ( JPEG ) โดยทำให้อยู่ที่ loss index 100

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะมีระดับความเข้มแสงที่ลดลงเนื่องจากการบีบอัด

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.9** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 100

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.5 JPEG 75**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านบีบอัด ( JPEG ) โดยทำให้อยู่ที่ loss index 75

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะมีระดับความเข้มแสงที่ลดลงเนื่องจากการบีบอัด

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.10** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 75

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.6 JPEG 50**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านบีบอัด ( JPEG ) โดยทำให้อยู่ที่ loss index 50

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะมีระดับความเข้มแสงที่ลดลงเนื่องจากการบีบอัด

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.11** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 50
( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.7 JPEG 25**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านบีบอัด( JPEG ) โดยทำให้อยู่ที่ loss index 25

ซึ่งจากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมโดยภาพจะมีระดับความเข้มแสงที่ลดลงเนื่องจากการบีบอัด

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.12** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 25

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.8 Rotation**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านการจัดเรียงข้อมูลใหม่โดยการหมุนภาพ ( Rotation ) โดยให้ทำมุมที่ 17 องศา

ซึ่งจะต้องทำการคืนตำแหน่งของภาพที่จะนำมาถอดภาพลายน้ำกลับคืนมา โดยทำการหมุนภาพมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมคือ –17 องศา

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.13** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Rotation

( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.9 Cropping**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านการตัดบางส่วนของภาพ ( Cropping ) โดยตัดให้เหลือขนาด 225 x 300 pixels

จากกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพที่จะทำการถอดภาพลายน้ำคืนถูกตัดบางส่วนของภาพขาดหายไป

**( 225 x 300 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.14** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Cropping

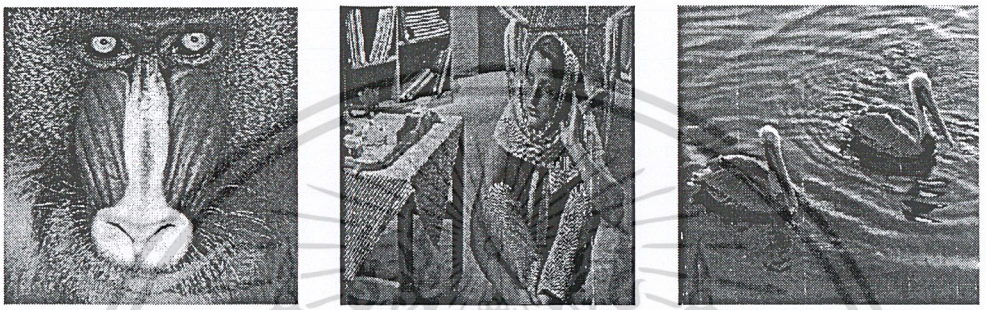
( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบ

กำหนดให้ใช้ภาพต้นแบบ ( Host Image ) ในแบบต่างๆดังต่อไปนี้

1. ภาพ Baboon ขนาด 512 x 512 pixels
2. ภาพ Women ขนาด 512 x 512 pixels
3. ภาพ Birds ขนาด 512 x 512 pixels



( a ) ( b ) ( c )

**รูปที่ 5.15** แสดงภาพต้นแบบในรูปต่างๆ เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบ

เมื่อกำหนดให้ ( a ) คือ ภาพ Baboon

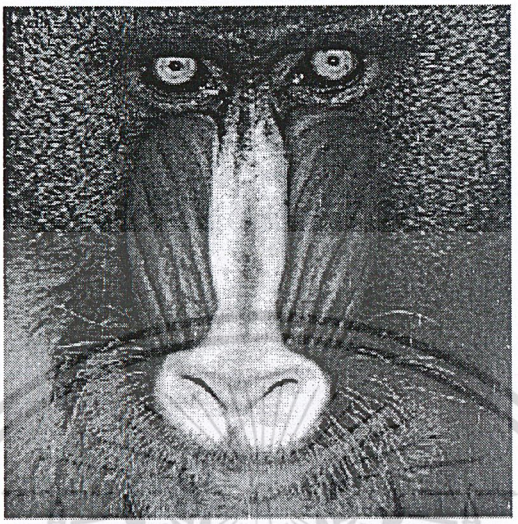
( b ) คือ ภาพ Women

( c ) คือ ภาพ Birds

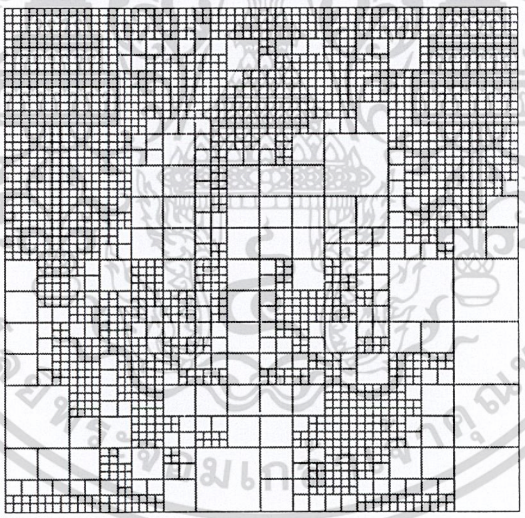
โดยใช้ภาพลายน้ำ ( Watermark ) ขนาด 46 x 46 พิกเซลล์ และลำดับขั้นตอนในการทดลองเหมือนกับในหัวข้อที่ 5.1 และ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.1 ภาพ Baboon



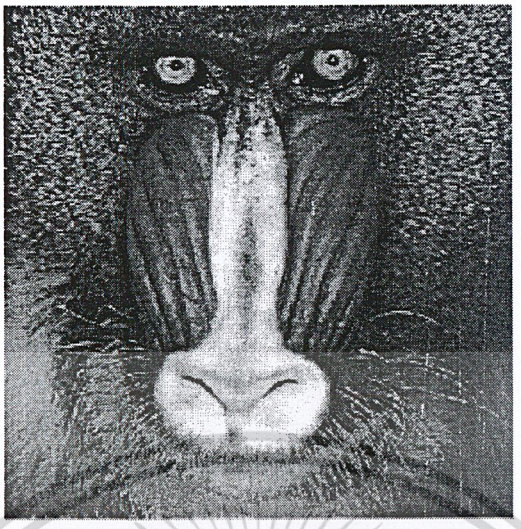
**( 512 x 512 pixels )**



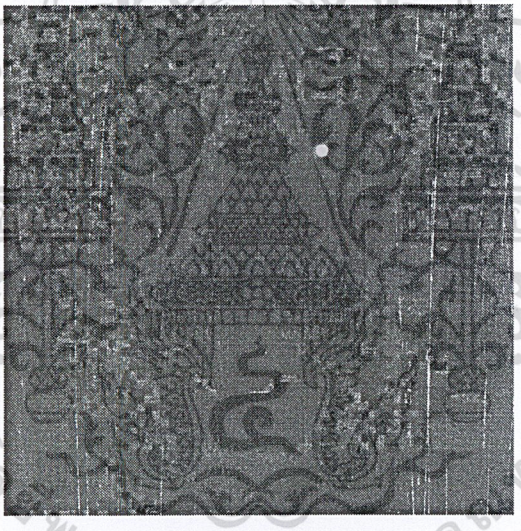
**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.16** ( บน ) แสดงภาพภาพ Baboon ( Original image )
( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



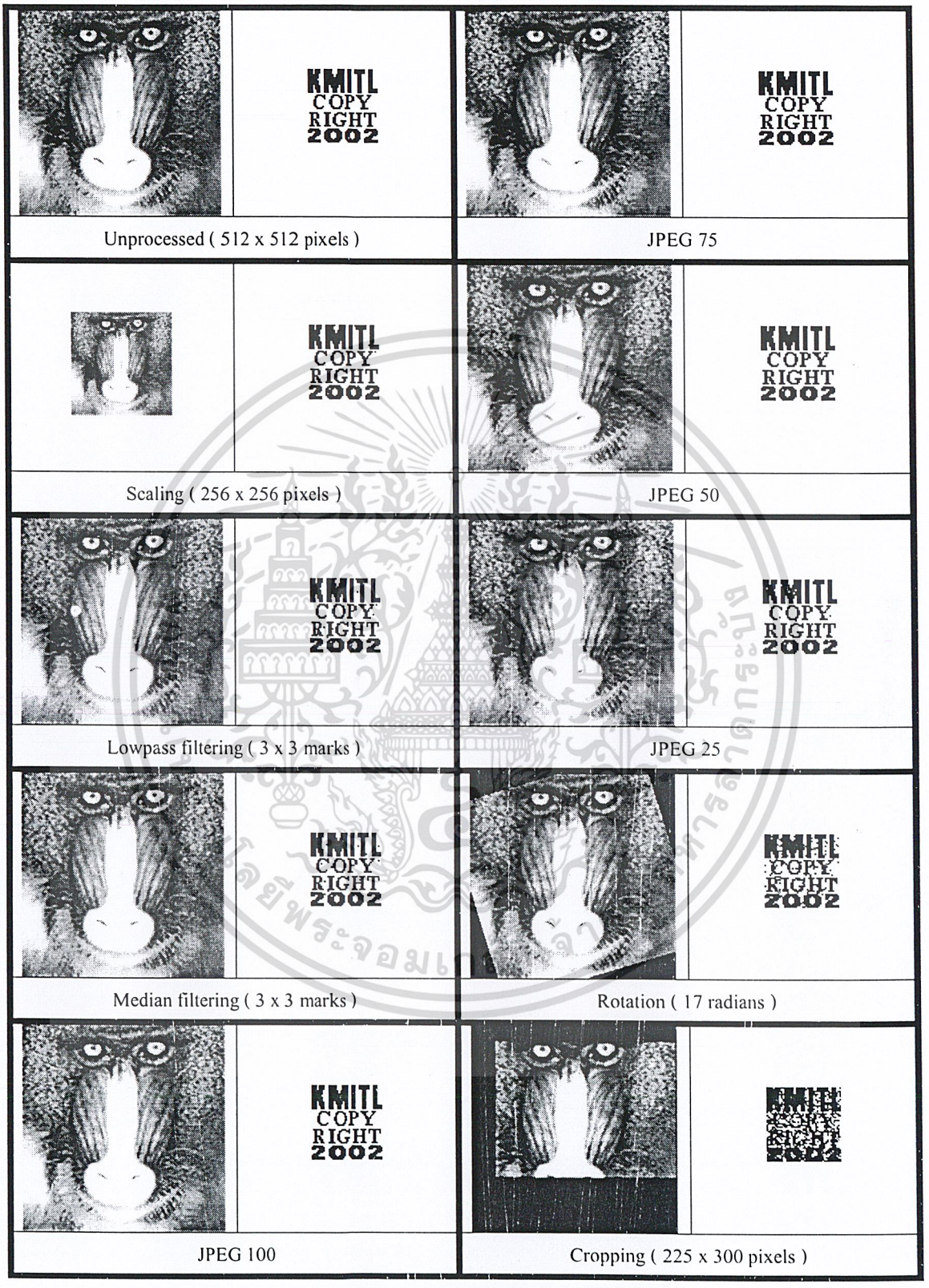
**( 512 x 512 pixels )**



**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.17** ( บน ) แสดงภาพภาพ Baboon ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image )
กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )

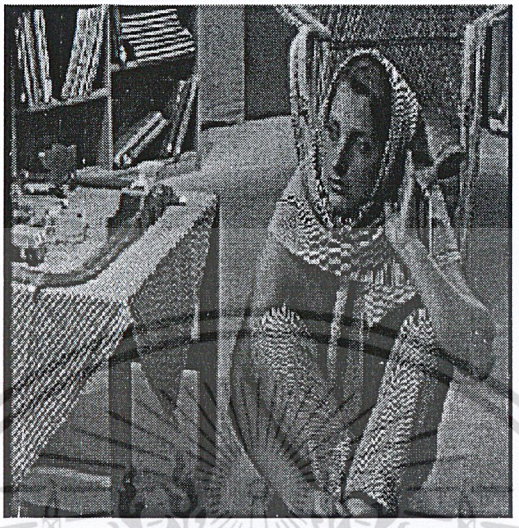
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



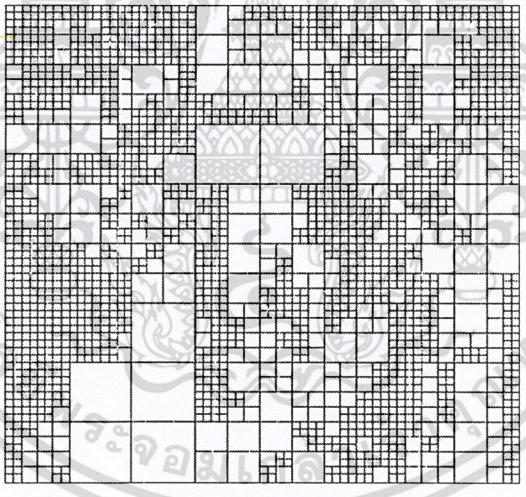

**รูปที่ 5.18** แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Baboon ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.2 ภาพ Women



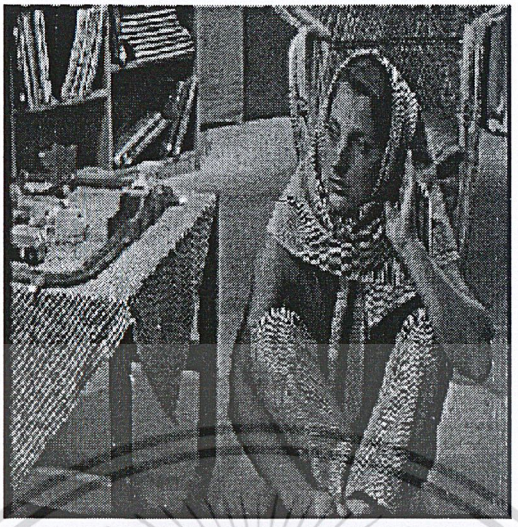
**( 512 x 512 pixels )**



**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.19** ( บน ) แสดงภาพภาพ Women ( Original image )
( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 825

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

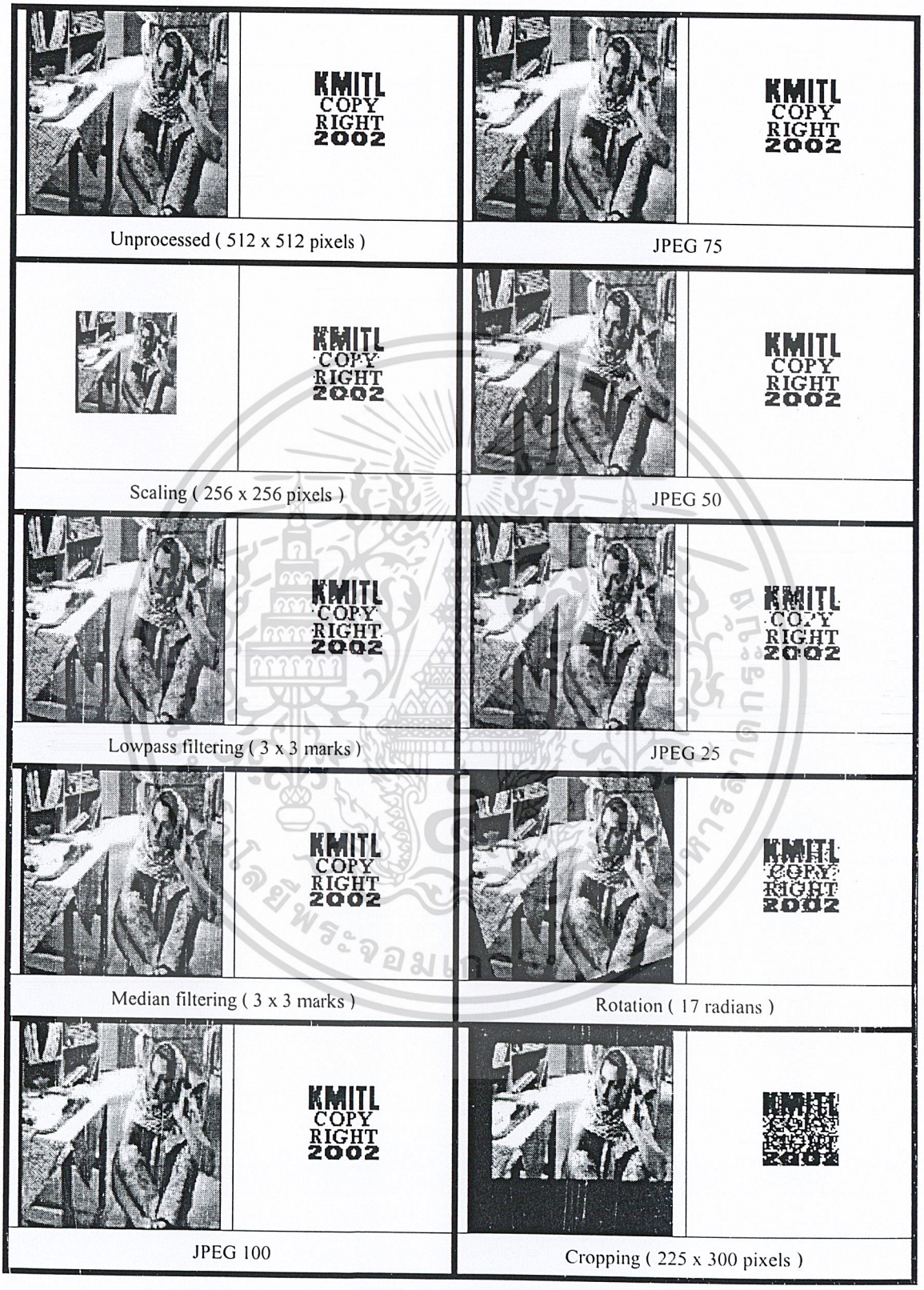


**( 512 x 512 pixels )**

**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.20** ( บน ) แสดงภาพภาพ Women ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image )
กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )

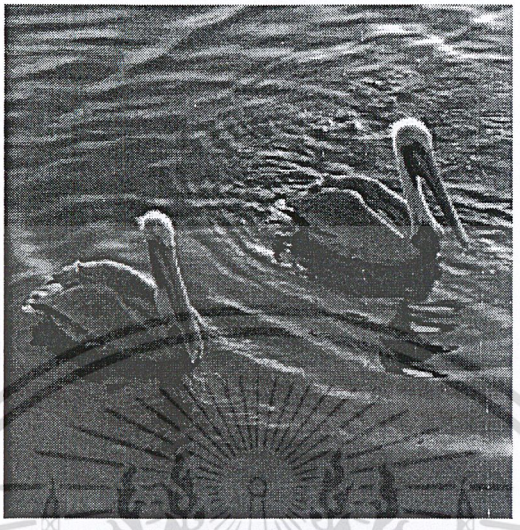
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



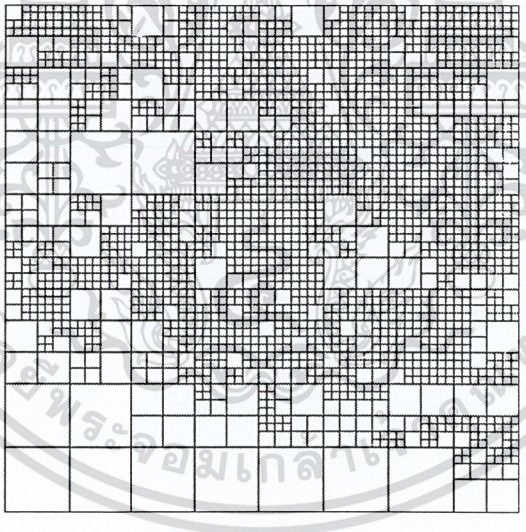

**รูปที่ 5.21** แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Women ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3.3 ภาพ Birds**



**( 512 x 512 pixels )**

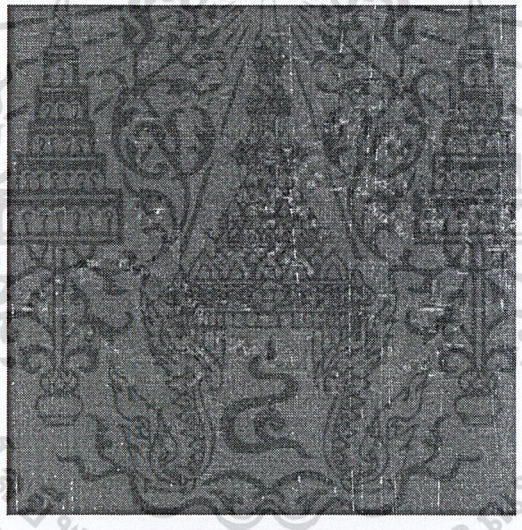


**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.22** ( บน ) แสดงภาพภาพ Birds ( Original image )
( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

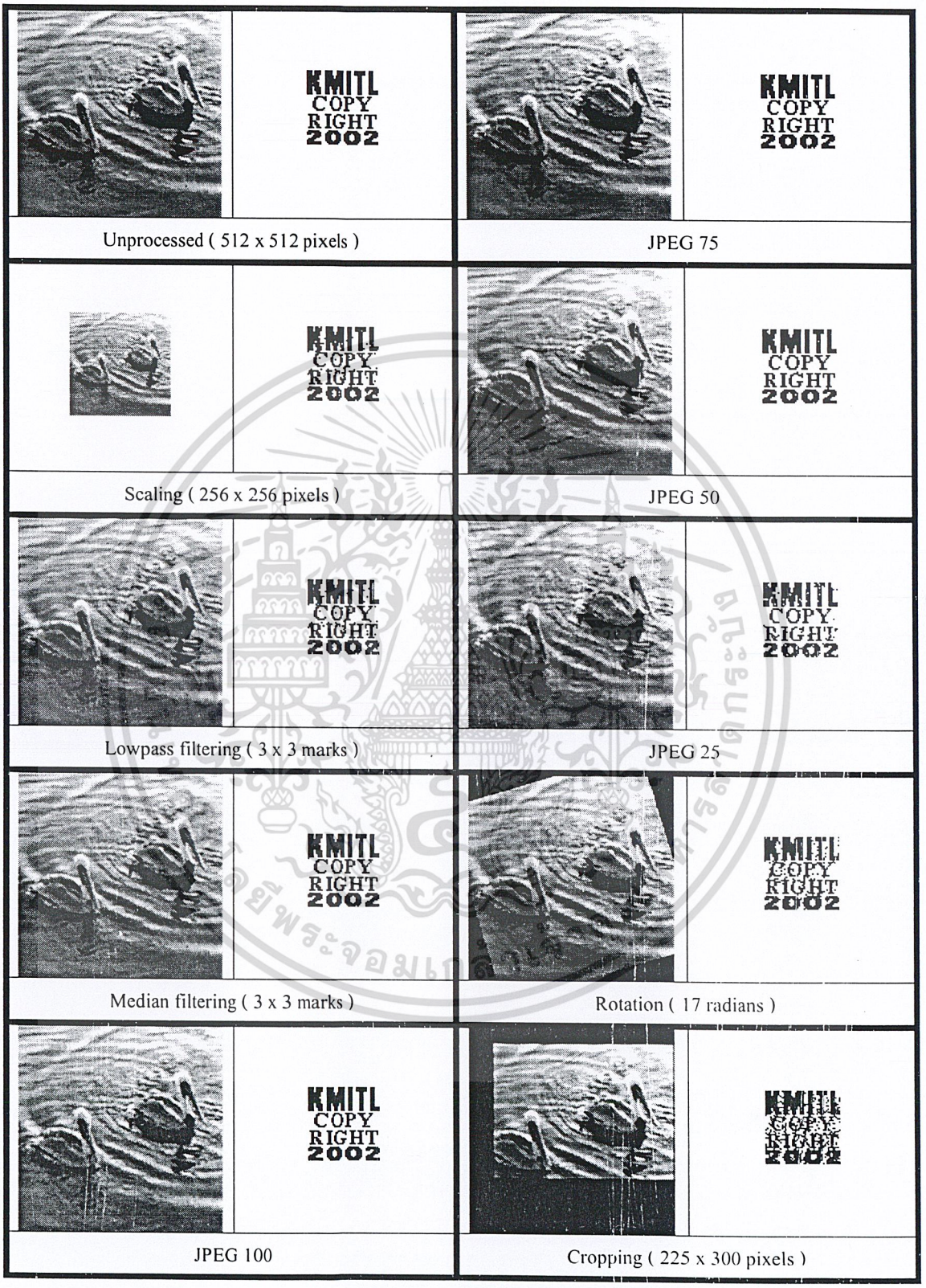
**( 512 x 512 pixels )**



**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.23** ( บน ) แสดงภาพภาพ Birds ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
( ล่าง ) แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ ( Original image )
กับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 5.24** แสดงภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมาของภาพ Birds ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 ทดสอบประสิทธิภาพอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำ เมื่อผ่านกระบวนการที่มีสัญญาณรบกวน ( Noise )

ในการรับส่งข้อมูลข่าวสารในโลกของดิจิตอล สิ่งที่เป็นมักเป็นอุปสรรคต่อความคงทนของภาพลายน้ำอีกอย่างหนึ่งซึ่งเราเรียกว่า " สัญญาณรบกวน ( Noise ) "

เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมเราจึงทำการทดสอบโดยสมมติให้ภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วไปผ่านการประมวลผลและในขณะเดียวกันระหว่างการประมวลผลนั้นก็เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นอีก

สำหรับขั้นตอนในการทดสอบจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1** ให้ทำการซ้อนภาพลายน้ำลงไปในภาพ Lena ต้นแบบโดยใช้ค่า Variance ในการแบ่งบล็อกลงภาพต้นแบบเท่ากับ 195

**ขั้นตอนที่ 2** จากภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วในขั้นตอนที่ 1 ให้นำไปผ่านกระบวนการแบบต่างๆ ดังนี้

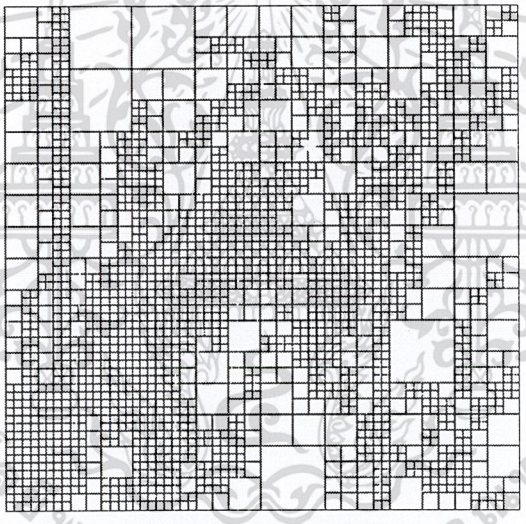
1. Unprocessed
2. Scaling
3. Lowpass filtering
4. JPEG 25 %

โดยกำหนดให้กระบวนการเพื่อลดประสิทธิภาพของลายน้ำทั้งสี่เกิดสัญญาณ รบกวน ( Noise ) แบบเกาส์เซียน ( Gaussian ) ที่มีค่า Mean = 0 และ Variance = 0.003

**ขั้นตอนที่ 3** ให้ทำการถอดภาพลายน้ำกลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

( 512 x 512 pixels )

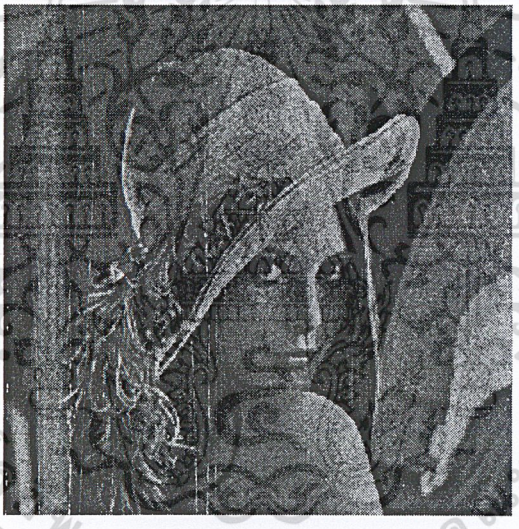


( 512 x 512 pixels )

**รูปที่ 5.25** ( บน ) แสดงภาพภาพ Lena ( Original image )
( ล่าง ) แสดงภาพ แสดงภาพการจัดบล็อกลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree partition โดยมีค่าความแปรปรวน ( Variance ) อยู่ที่ค่า 195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**( 512 x 512 pixels )**



**( 512 x 512 pixels )**

**รูปที่ 5.26** ( บน ) แสดงภาพภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
( ล่าง ) แสดงภาพภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image )
โดยใส่ Noise แบบ Gaussian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4.1 Unprocessed with Noise

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำโดยใส่ Noise แบบ Gaussian ที่มีค่า Mean = 0 และ Variance = 0.003

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.27** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการใดๆ โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian
( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4.2 Scaling with Noise

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาทำการลดขนาดของภาพ ( Scaling ) โดยทำการลดให้อยู่ที่ขนาด 256 x 256 pixels และเกิด Noise แบบ Gaussian ที่มีค่า Mean = 0 และ Variance = 0.003

**( 256 x 256 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.28** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการ Scaling โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.4.3 Lowpass flitting with Noise

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วนำมากรองผ่านความถี่ต่ำ ( Lowpass flitting ) ที่ขนาด 3 x 3 marks โดยใส่ Noise แบบ Gaussian ที่มีค่า Mean = 0 และ Variance = 0.003

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.29** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่าน Lowpass flitting โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.4.4 JPEG 25 with Noise**

ทดสอบโดยการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมาผ่านบีบอัด( JPEG ) โดยทำให้อยู่ที่ loss index 25 โดยใส่ Noise แบบ Gaussian ที่มีค่า Mean = 0 และ Variance = 0.003

**( 512 x 512 pixels )**

**( 46 x 46 pixels )**

**รูปที่ 5.30** ( บน ) แสดงภาพ Lena ที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้ว ( Watermarked image ) เมื่อผ่านการบีบอัด JPEG 25 โดยเกิดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian ( ล่าง ) ภาพลายน้ำที่ถอดกลับคืนมา ( Decode Watermarked image )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.5 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ผ่านมาเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและได้มาตราฐานเราจึงนำการหาค่า PSNR ระหว่างภาพต้นแบบกับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วและหาค่า Correlation ระหว่างภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่ทำการถอดออกมาซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

1. **PSNR ( Peak Signal – to – noise ratio )**

$$PSNR = 10\log\frac{255^2}{MSE}$$

MSE : Mean Square Error

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum(A-B)^2}{n}}$$

A คือ ข้อมูลของภาพต้นแบบ

B คือ ข้อมูลของภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว

n คือ จำนวนข้อมูลของภาพ

2. **Correlation**

$$Correlation = \frac{\sum(w_{ij}-\overline{w})(w'_{ij}-\overline{w'})}{\sqrt{[\sum(w_{ij}-\overline{w})^2][\sum(w'_{ij}-\overline{w'})^2]}}$$

$w_{ij}$ คือ ค่าจริงของ watermark ต้นแบบในตำแหน่ง ij

$w'_{ij}$ คือ ค่าจริงของ watermark ที่ถอดได้จากภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว

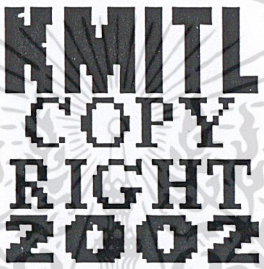
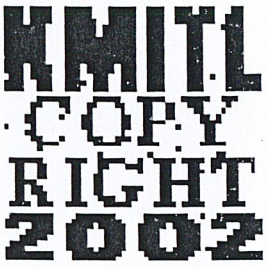
$\overline{w}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ watermark ต้นแบบ

$\overline{w'}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ watermark ที่ถอดได้จากภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว

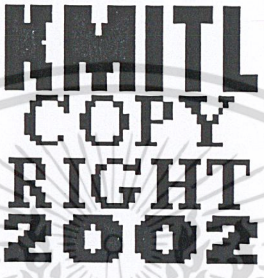
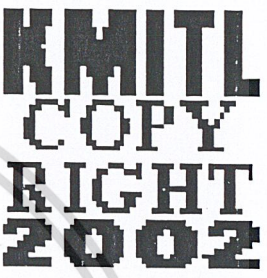
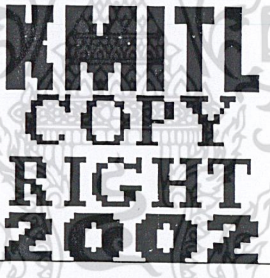
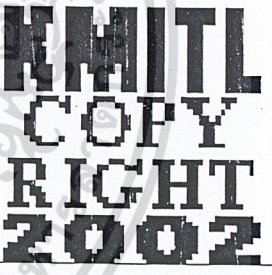
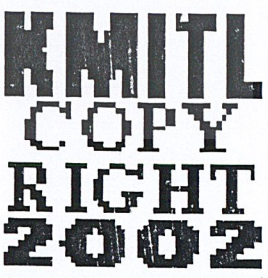
โดยนำสมการในข้างต้นมาใช้ร่วมกับผลการทดลองที่ได้จากหัวข้อ 5.1 – 5.4 โดยแสดงค่าต่างๆไว้ในตารางที่ 5.1 – 5.4 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

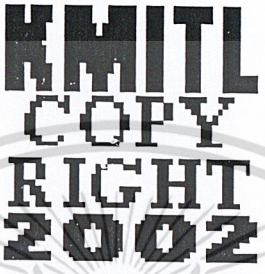
**ตารางที่ 5.1** แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) กับภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image )

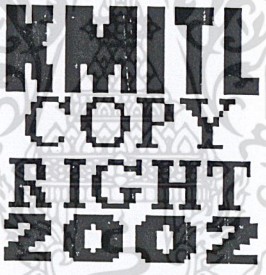
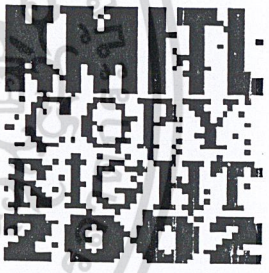
| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** **PSNR = 33.01 dB** |  | |
| **Correlation** | **1** | |
| **Scaling** **PSNR = 29.54 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9583** | |
| **Low pass** **PSNR = 29.95 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9681** | |

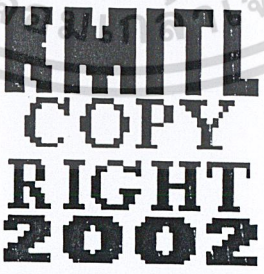
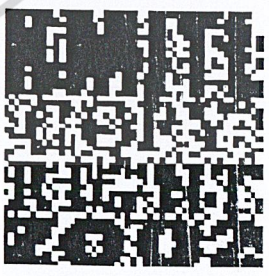
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Median pass** **PSNR = 30.73 dB** |  |  |
| **Correlation** | **0.9991** | |
| **JPEG 100** **PSNR = 33.01 dB** |  |  |
| **Correlation** | **1** | |
| **JPEG 50** **PSNR = 31.30 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9962** | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **JPEG 25** **PSNR = 30.43 dB** |  | |
| **Correlation** | **0.9325** | |

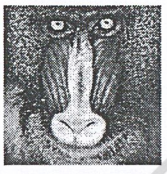
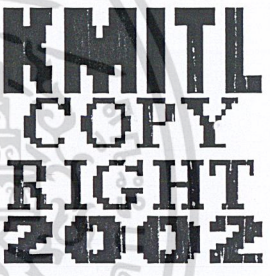
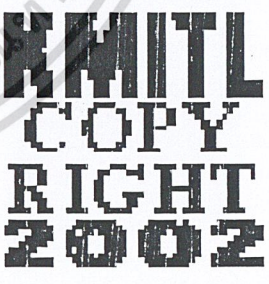
| | | |
|---|---|---|
| **Rotation** **PSNR = 17.51 dB** |  |  |
| **Correlation** | **0.8943** | |

| | | |
|---|---|---|
| **Cropping** **PSNR = 11.43 dB** |  |  |
| **Correlation** | **0.6395** | |

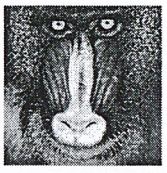
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

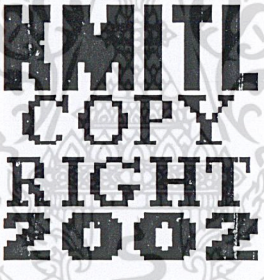
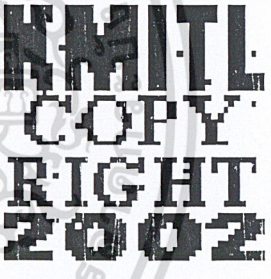
**ตารางที่ 5.2** แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบ ( Host Watermark image ) กับภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) เมื่อทำการเปลี่ยนภาพต้นแบบโดยใช้ภาพลายน้ำ (Watermark image ) ขนาด 46 x 46 พิกเซลล์

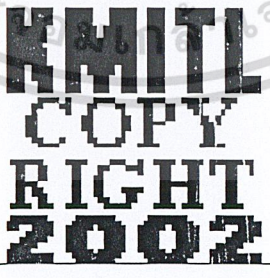
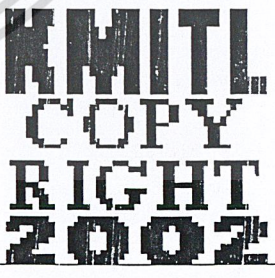
**1. ภาพ Baboon ( 512 x 512 pixels )**

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** **PSNR = 28.17 dB** | |  |
| **Correlation** | **1** | |
| **Scaling** **PSNR = 23.67 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9953** | |

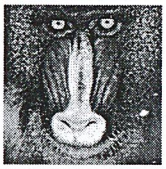
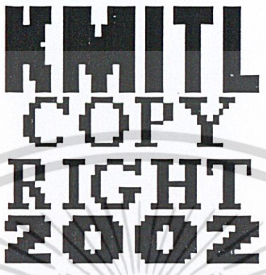
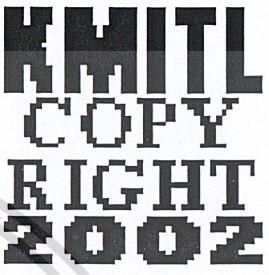
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Low pass** **PSNR = 23.80 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9906** | |

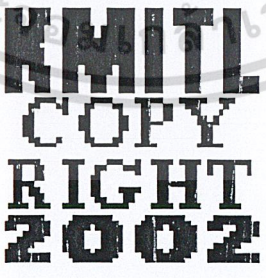
| | | |
|---|---|---|
| **Median pass** **PSNR = 23.61 dB** |  |  |
| **Correlation** | **0.9859** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 100** **PSNR = 28.17 dB** |  |  |
| **Correlation** | **1** | |

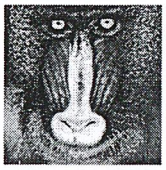
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

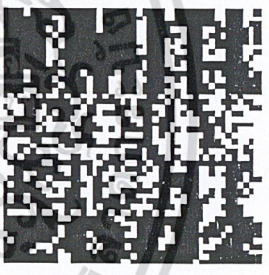
|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **JPEG 75** **PSNR = 27.55 dB** |  |  |
| **Correlation** | **1** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 50** **PSNR = 27.02 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9981** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 25** **PSNR = 25.97dB** |  | |
| **Correlation** | **0.9839** | |

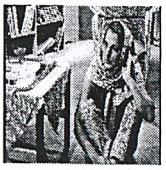
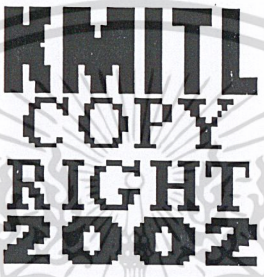
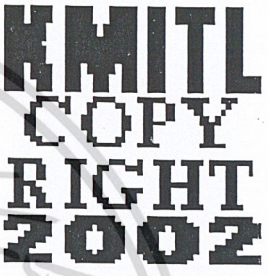
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Rotation** **PSNR = 14.65 dB** | | |
| **Correlation** | **0.8817** | |

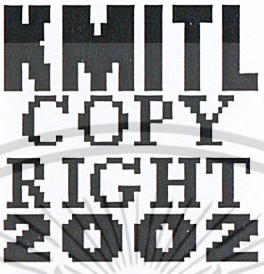
| | | |
|---|---|---|
| **Cropping** **PSNR = 8.29 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.6360** | |

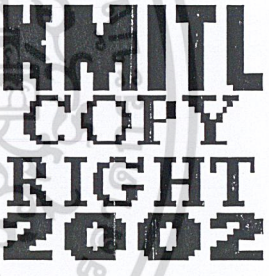
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

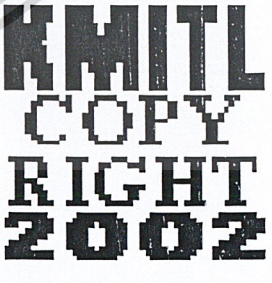
**2. Women ( 512 x 512 pixels )**

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** **PSNR = 28.36 dB** |  |  |
| **Correlation** | **1** | |
| **Scaling** **PSNR = 24.82 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9567** | |

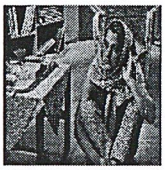
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Low pass** **PSNR = 25.52 dB** |  | |
| **Correlation** | **0.9725** | |

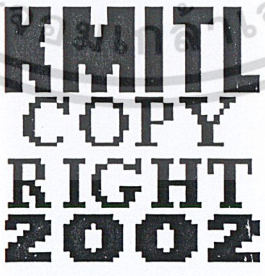
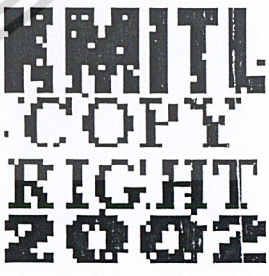
| | | |
|---|---|---|
| **Median pass** **PSNR = 25.33 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9981** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 100** **PSNR = 28.35 dB** | |  |
| **Correlation** | **1** | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

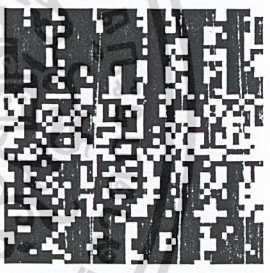
|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **JPEG 75** **PSNR = 28.08 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9972** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 50** **PSNR = 27.81 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9943** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 25** **PSNR = 26.92 dB** |  |  |
| **Correlation** | **0.9427** | |

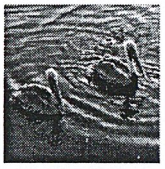
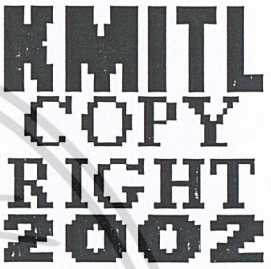
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

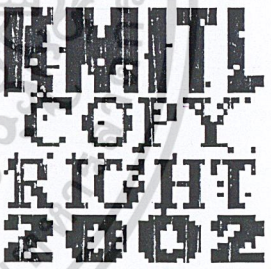
| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Rotation** **PSNR = 16.27 dB** | | |
| **Correlation** | **0.8367** | |

| | | |
|---|---|---|
| **Cropping** **PSNR = 10.63 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.6275** | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. Birds ( 512 x 512 pixels )**

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** **PSNR = 33.60 dB** | |  |
| **Correlation** | **1** | |

| | | |
|---|---|---|
| **Scaling** **PSNR = 30.06 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9406** | |

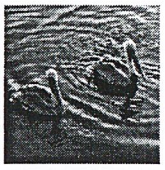
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

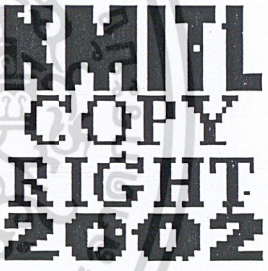
| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Low pass** **PSNR = 30.18 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9554** | |

| | | |
|---|---|---|
| **Median pass** **PSNR = 31.83 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9981** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 100** **PSNR = 33.57 dB** | | |
| **Correlation** | **1** | |

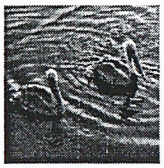
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **JPEG 75** **PSNR = 33.07 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9934** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 50** **PSNR = 32.55 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9877** | |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 25** **PSNR = 31.57 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9248** | |

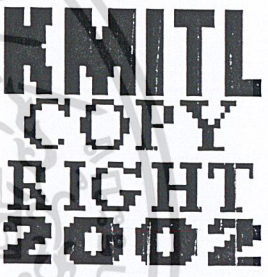
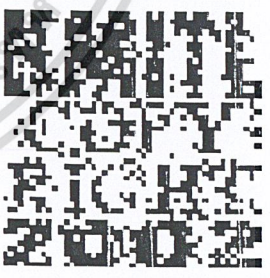
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Host Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Decoded Watermark image** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Rotation** **PSNR = 15.10 dB** | | |
| **Correlation** | **0.9003** | |

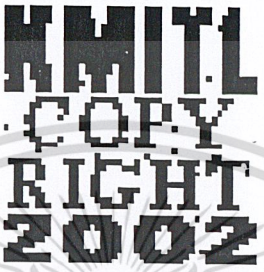
| | | |
|---|---|---|
| **Cropping** **PSNR = 10.45 dB** | | |
| **Correlation** | **0.7593** | |

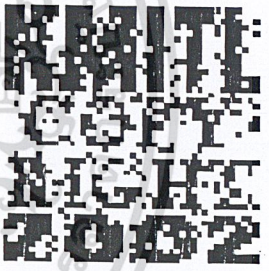
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

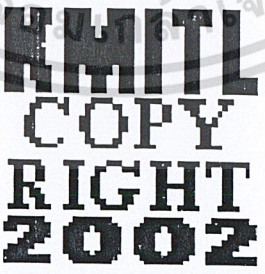
**ตารางที่ 5.3** แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) ระหว่างการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบด้วยเทคนิค Quadtree Partition กับ เทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 [1]

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** $PSNR_{Quadtree}$ = **33.03 dB** $PSNR_{IEEE}$ = **36.43dB** | |  |
| **Correlation** | **1** | **1** |
| **Scaling** $PSNR_{Quadtree}$ = **29.54 dB** $PSNR_{IEEE}$ = **30.21 dB** | |  |
| **Correlation** | **0.9583** | **0.4390** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Low pass** $PSNR_{Quadtree}$ = 29.96 dB $PSNR_{IEEE}$ = 30.75 dB |  | |
| **Correlation** | **0.9681** | **0.3436** |

| | | |
|---|---|---|
| **Median pass** $PSNR_{Quadtree}$ = 30.73 dB $PSNR_{IEEE}$ = 32.14 dB | |  |
| **Correlation** | **0.9991** | **0.4498** |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 100** $PSNR_{Quadtree}$ = 33.01 dB $PSNR_{IEEE}$ = 35.78 dB |  | |
| **Correlation** | **1** | **0.9626** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

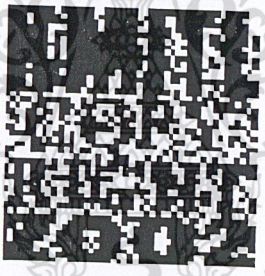
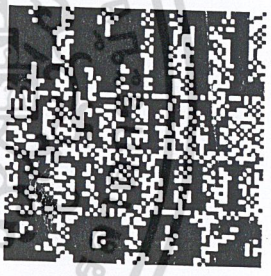
| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **JPEG 75** $PSNR_{Quadtree}$ = 31.77 dB $PSNR_{IEEE}$ = 33.57 dB | | |
| **Correlation** | **1** | **0.6293** |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 50** $PSNR_{Quadtree}$ = 31.30 dB $PSNR_{IEEE}$ = 32.73 dB | | |
| **Correlation** | **0.9962** | **0.4536** |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 25** $PSNR_{Quadtree}$ = 30.43 dB $PSNR_{IEEE}$ = 31.48 dB | | |
| **Correlation** | **0.9325** | **0.2772** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Rotation** $PSNR_{Quadtree}$ = 17.51 dB $PSNR_{IEEE}$ = 17.56 dB | | |
| **Correlation** | **0.8943** | **0.4964** |

| | | |
|---|---|---|
| **Cropping** $PSNR_{Quadtree}$ = 11.43 dB $PSNR_{IEEE}$ = 11.37 dB |  |  |
| **Correlation** | **0.6395** | **0.6311** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.4** แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่ถอดได้ ( Decoded Watermark image ) เมื่อกำหนดให้ภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วมีสัญญาณรบกวน ( Noise ) แบบ Gaussian ระหว่างเทคนิค Quadtree Partition กับเทคนิคของ Mr. Chang-Hsing Lee และ Mr. Yeuan-Kuen Lee ใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 [1]

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Unprocessed** $PSNR_{Quadtree}$ = 24.57 dB $PSNR_{IEEE}$ = 24.95 dB | | |
| **Correlation** | **0.8460** | **0.1967** |
| **Scaling** $PSNR_{Quadtree}$ = 28.74 dB $PSNR_{IEEE}$ = 29.26 dB | | |
| **Correlation** | **0.7869** | **0.1498** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ( Host image = 512 x 512 pixels ) | **Quadtree Partition** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) | **Reference [1]** ( Watermark = 46 x 46 pixels ) |
|---|---|---|
| **Low pass** $PSNR_{Quadtree}$ = 28.75 dB $PSNR_{IEEE}$ = 29.29 dB | | |
| **Correlation** | **0.8267** | **0.1518** |

| | | |
|---|---|---|
| **JPEG 25** $PSNR_{Quadtree}$ = 26.83 dB $PSNR_{IEEE}$ = 27.25 dB | | |
| **Correlation** | **0.8129** | **0.1796** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Lena ระหว่างการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) โดยใช้ภาพต้นแบบขนาด 512 x 512 พิกเซลส์ และ ภาพลายน้ำขนาด 46 x 46 พิกเซลส์

**UN NOISE PROCESSING**

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 1 | 0.4390 | 0.3436 | 0.4498 | 0.9626 | 0.6293 | 0.4536 | 0.2772 | 0.4964 | 0.6311 |
| New | 1 | 0.9583 | 0.9681 | 0.9991 | 1 | 1 | 0.9962 | 0.9325 | 0.8943 | 0.6395 |

**PROCESSING WITH GAUSSIAN NOISE**

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 0.1961 | 0.1470 | 0.1494 | 0.1571 | 0.1942 | 0.1928 | 0.1887 | 0.1774 | 0.1583 | 0.2850 |
| New | 0.8438 | 0.7937 | 0.8257 | 0.8084 | 0.8446 | 0.8389 | 0.8321 | 0.8176 | 0.7461 | 0.5652 |

ตารางที่ 5.6 สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Baboon ระหว่างการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) โดยใช้ภาพต้นแบบขนาด 512 x 512 พิกเซลส์ และ ภาพลายน้ำขนาด 46 x 46 พิกเซลส์

## UN NOISE PROCESSING

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 1 | 0.4401 | 0.4499 | 0.5392 | 0.9891 | 0.8539 | 0.7206 | 0.5248 | 0.5176 | 0.6311 |
| New | 1 | 0.9953 | 0.9906 | 0.9859 | 1 | 1 | 0.9981 | 0.9839 | 0.8817 | 0.6360 |

## PROCESSING WITH GAUSSIAN NOISE

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 0.3925 | 0.2633 | 0.2764 | 0.2760 | 0.3915 | 0.3839 | 0.3733 | 0.3404 | 0.2941 | 0.4327 |
| New | 0.9670 | 0.9395 | 0.9518 | 0.9366 | 0.9641 | 0.9640 | 0.9631 | 0.9499 | 0.8435 | 0.6281 |

ตารางที่ 5.7 สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Women ระหว่างการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) โดยใช้ภาพต้นแบบขนาด 512 x 512 พิกเซลส์ และ ภาพลายน้ำขนาด 46 x 46 พิกเซลส์

**UN NOISE PROCESSING**

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur (3x3 Marks) | | Compression (JPEG) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 1 | 0.3778 | 0.3344 | 0.5345 | 0.8948 | 0.6341 | 0.5118 | 0.3654 | 0.4914 | 0.6311 |
| New | 1 | 0.9567 | 0.9725 | 0.9981 | 1 | 0.9972 | 0.9943 | 0.9427 | 0.8367 | 0.6275 |

**PROCESSING WITH GAUSSIAN NOISE**

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur (3x3 Marks) | | Compression (JPEG) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 0.2916 | 0.2100 | 0.2211 | 0.2284 | 0.2925 | 0.2836 | 0.2798 | 0.2666 | 0.2310 | 0.3608 |
| New | 0.9160 | 0.8719 | 0.8933 | 0.8833 | 0.9160 | 0.9114 | 0.9066 | 0.8986 | 0.7509 | 0.5595 |

ตารางที่ 5.8 สรุปค่า Correlation จากผลการทดลองของภาพ Birds ระหว่างการแบ่งบล็อกภาพต้นแบบด้วยเทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 ( Old ) กับเทคนิค Quardtree Partition ( New ) โดยใช้ภาพต้นแบบขนาด 512 x 512 พิกเซลส์ และ ภาพลายน้ำขนาด 46 x 46 พิกเซลส์

## UN NOISE PROCESSING

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 1 | 0.3391 | 0.2894 | 0.5562 | 0.8276 | 0.5545 | 0.4127 | 0.2799 | 0.4700 | 0.6311 |
| New | 1 | 0.9406 | 0.9554 | 0.9981 | 1 | 0.9934 | 0.9877 | 0.9248 | 0.9003 | 0.7593 |

## PROCESSING WITH GAUSSIAN NOISE

| | Unprocessed 512 x 512 pixels | Scale Down 256 x 256 pixels | Blur ( 3x 3 Marks ) | | Compression ( JPEG ) | | | | Rotation 17 degree | Clopping 225 x 300 pixels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Lowpass | Medianpass | 100 % | 75 % | 50 % | 25 % | | |
| Old | 0.1991 | 0.1530 | 0.1630 | 0.1630 | 0.1992 | 0.1936 | 0.1847 | 0.1811 | 0.1723 | 0.3145 |
| New | 0.8484 | 0.7872 | 0.8093 | 0.8200 | 0.8474 | 0.8434 | 0.8342 | 0.8065 | 0.7638 | 0.6915 |

# บทที่ 6
# สรุปผลการทดลอง และแนวทางในการพัฒนาต่อ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนของการแบ่งบล็อกของภาพต้นแบบก่อนการใส่ลายน้ำด้วยเทคนิคควอดทรี พาร์ติชั่น ( Quadtree Partition ) สามารถที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในส่วนของความคงทนให้กับภาพลายน้ำได้ดีขึ้นมาก ซึ่งแม้จะนำไปผ่านกระบวนการลดประสิทธิภาพของลายน้ำ เช่น การลดขนาดของภาพ ( Scaling ), การผ่านความถี่ต่ำ ( Lawpass filtering ) หรือ การบีบอัดข้อมูล ( JPEG ) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าภาพลายน้ำนั้นยังสามารถทนต่อกระบวนการต่างๆเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี

และสามารถเห็นถึงประสิทธิภาพได้ชัดเจนขึ้น เมื่อนำภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนการแล้วเกิดสัญญาณรบกวนจะเห็นว่าภาพลายน้ำที่ทำการใส่ลงไปในภาพด้วยเทคนิค Quadtree Partition จะยังคงความคงทนอยู่ในขณะที่เทคนิคใน IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999 จะไม่แสดงภาพลายน้ำกลับคืนมาได้

ส่วนปัญหาในเรื่องของความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบก่อนใส่ลายน้ำกับภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วก็สามารถลดปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดีด้วยเทคนิคการแบ่งบล็อกเสมือน ( Like Block ) ลงในบล็อก ( Block ) ของภาพต้นแบบซึ่งแม้ว่าค่า PSNR ภาพที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วของภาพต้นด้วยเทคนิค Quadtree Partition จะต่ำกว่าของเทคนิคเดิมเล็กน้อย แต่เมื่อมองด้วยสายตามนุษย์ก็จะไม่สังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติของภาพลายน้ำ

อนึ่งสำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อทางคณะผู้จัดทำ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1. ในขั้นตอนก่อนการใส่ลายน้ำลงในภาพต้นแบบ โดยหากมีการนำภาพลายน้ำมาใช้ร่วมกับการเข้ารหัสข้อมูล ( Encryption of Data ) ก็จะสามารถเพิ่มความคงทนให้กับลายน้ำรวมทั้งเป็นการป้องกันความลับให้กับข้อมูล ( Confidentiality ) ได้ดียิ่งขึ้น

อนึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองโดยเลือกใช้ RS Code ( ReadSolomon Code ) ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้นั้นยังไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควรเนื่องจากมีการใช้ความจุของภาพลายน้ำค่อนข้างสูงแต่ให้ประสิทธิภาพในด้านความคงทนของภาพลายน้ำดีขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย โดยคิดเป็นอัตราส่วนเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ( ทำการทดลองบางพารามิเตอร์ ) ดังนั้นสำหรับการพัฒนาในส่วนนี้จึงควรเลือกชนิดของการเข้ารหัสที่เหมาะสม ทั้งนี้ประสิทธิภาพของภาพลายน้ำนั้นก็ขึ้นกับชนิดของการเข้ารหัสที่จะนำมาใช้ซึ่งมีหลายประเภทที่สามารถเลือกนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากการทดสอบภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วนำไปผ่านกระบวนการลดประสิทธิภาพของภาพลายน้ำจะพบว่าในภาพลายน้ำที่ถอดมาได้นั้นจะยังคงมีจุดเล็กๆ ซึ่งจุดเล็กๆเหล่านี้ก็คือ “ สัญญาณรบกวน ( Noise ) ” ดังนั้นในขั้นตอนของการถอดภาพลายน้ำกลับคืนมาหากมีขั้นตอนของการกำจัด Noise ได้แล้วก็สามารถที่จะช่วยให้ภาพลายน้ำที่ถอดคืนกลับมามีความชัดเจนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. จากอัลกอริทึมของเทคนิคลายน้ำด้วยวิธีการนี้สามารถที่จะพัฒนานำไปใช้กับภาพต้นแบบ ( Host Image ) ที่เป็นภาพสี ( color ) ได้ โดยเป็นที่ทราบกันดีว่าปกติภาพสีเกิดจากแม่สีซึ่งได้แก่ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน ที่เรียกกันสั้นๆว่า RGB ซึ่งหากแบ่งภาพสีออกเป็นชั้นๆ ( layer ) ก็จะได้ทั้งหมด 3 layer ซึ่งแต่ละ layer ก็คือแม่สีแต่ละสีนั่นเอง หากนำวิธีการใช้เทคนิคลายน้ำซ้อนลงไปในแต่ละ layer ก็จะเปรียบได้กับการใส่ลายน้ำในภาพขาว-ดำ ( Gray-scale ) นั่นเอง ซึ่งหมายความว่า 1 layer ของภาพสี จะเท่ากับ 1 ภาพขาว-ดำ

และจากการทดลองไปบางส่วนโดยเลือกซ้อนลายน้ำทีละ 1 layer ของภาพสี คณะผู้จัดทำได้พบว่าในการซ้อนภาพลายน้ำลงใน layer สีเขียวของภาพสีจะได้ความคงทนของภาพลายน้ำสูงกว่าการซ้อนลายน้ำใน layer ของสีแดงและสีน้ำเงินแต่ยังด้อยกว่าภาพขาว-ดำเล็กน้อย ซึ่งหากสามารถซ้อนภาพลายน้ำพร้อมกันทั้ง 3 layer ของภาพสีได้ก็น่าจะพัฒนาให้ภาพลายน้ำที่ซ้อนลงในภาพสีมีความคงทนสูงขึ้น

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานนี้จะเป็นทางเลือกที่ดีวิธีหนึ่งสำหรับการใช้เทคนิคลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน รวมทั้งเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจเพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

[ 1 ] C-H Lee and Y-K Lee : " An adaptive digital image watermarking technique for copyright protection " , IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No. 4, NOVEMBER 1999

[ 2 ] C-H Lee, H-S Oh, Y Back and H-K Lee : " Adaptive digital image watermarking using variable size of blocks in frequency domain " , IEEE TENCON , pp 702-705, 1999

[ 3 ] มนัส สังวรศิลป์ , วรรัตน์ ภัทรอมรกุล : คู่มือโปรแกรม MATLAB ฉบับสมบูรณ์ , พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์อินโฟเพรส กรุงเทพฯ, ISBN 974-8237-91-5, เมษายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

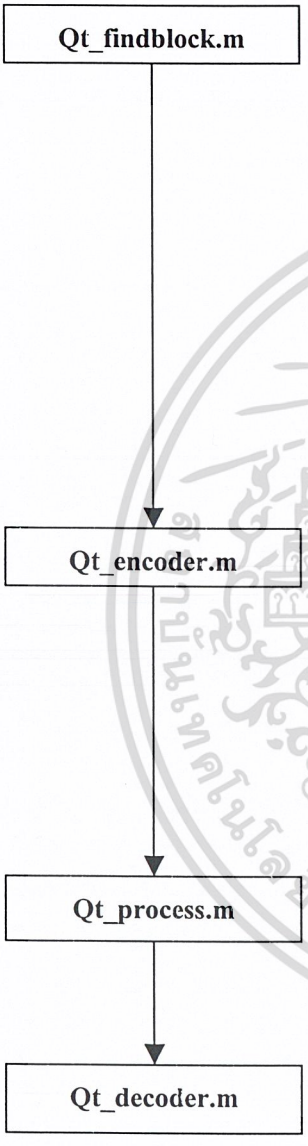
# ภาคผนวก

การใช้โปรแกรม และโปรแกรม Matlab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การใช้โปรแกรม

สำหรับการใช้โปรแกรม Matlab [ 3 ] เหมาะสำหรับเวอร์ชั่น 6.xx ซึ่งมีขั้นตอนการใช้งานตาม บล็อคไดอะแกรมดังต่อไปนี้




**ขั้นตอนการแบ่งบล็อกลงในภาพต้นแบบ**

- ใส่ภาพต้นแบบโดยเลือกขนาดที่ 64 สามารถหารได้ลงตัว
  เช่น *512 x 512 pixels เป็นต้น*
- ใส่ภาพลายน้ำขนาด 1 บิท
- ใส่ค่า Thresholds หรือค่า Variance เพื่อใช้เทียบในการแบ่งบล็อกในภาพต้นแบบทั้งนี้ควรเลือกค่า Thresholds ให้ได้จำนวนบล็อกของภาพต้นแบบมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนพิกเซลส์ของภาพลายน้ำ
  เช่น *ภาพลายน้ำมีขนาด 46 x 46 pixels ( 46 x 46 = 2,110 ) ดังนั้นควรเลือกใส่ค่า Thresholds ที่ให้จำนวนบล็อกในภาพต้นแบบเท่ากับ 2,116 บล็อกหรือมากกว่าเล็กน้อย*

**ขั้นตอนการใส่ภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบ**

- แสดงภาพต้นแบบก่อนใส่ภาพลายน้ำ
- แสดงภาพต้นแบบหลังการใส่ภาพลายน้ำ
- แสดงภาพบล็อกทั้งหมดที่อยู่ในภาพต้นแบบ
- แสดงภาพความแตกต่างระหว่างก่อนใส่ภาพลายน้ำและหลังใส่ภาพลายน้ำแล้วของภาพต้นแบบ

**ขั้นตอนการนำภาพต้นแบบที่ได้รับการใส่ลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนลดประสิทธิภาพลายน้ำแบบต่างๆ**

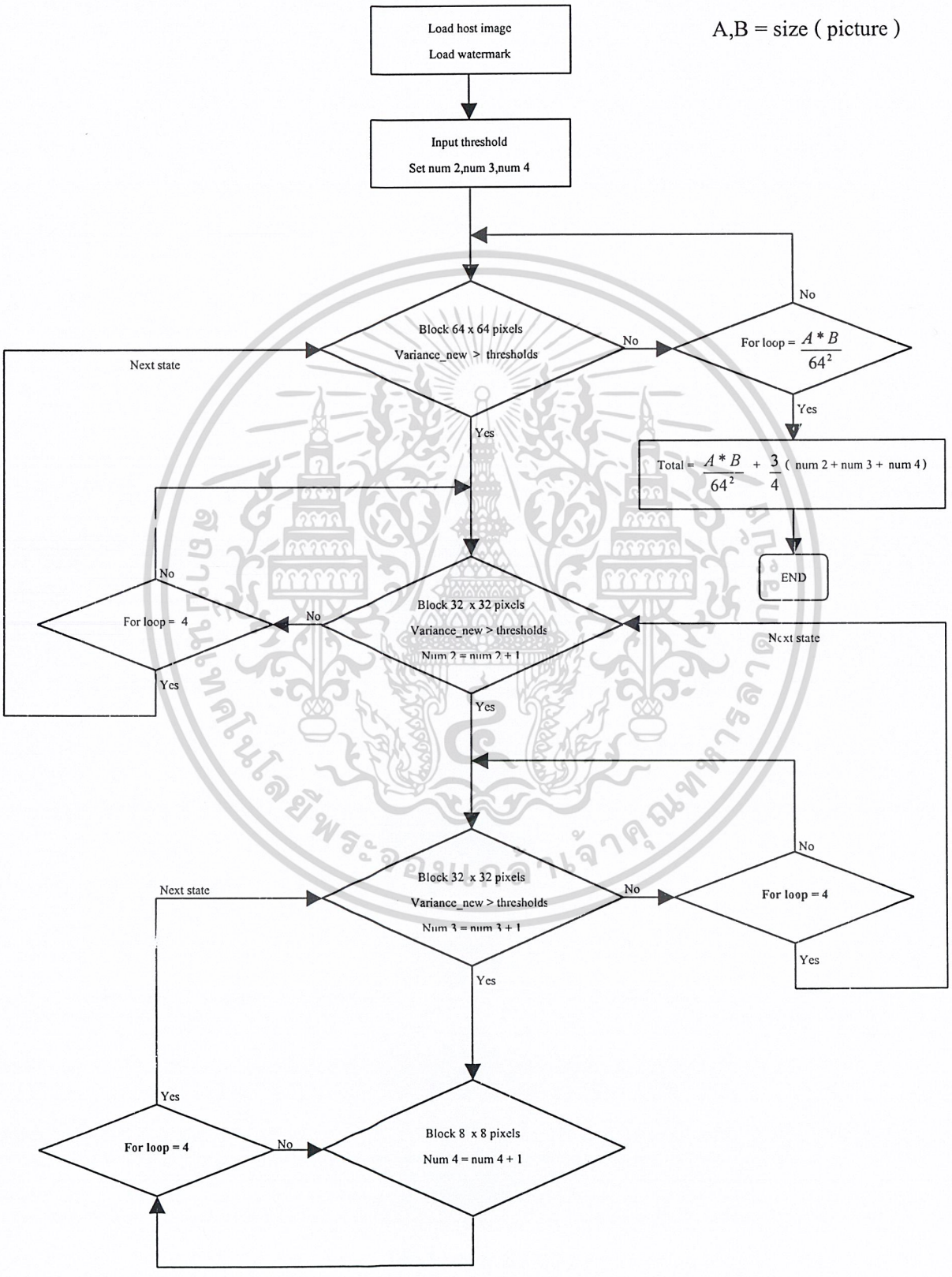
- แสดงภาพต้นแบบที่ใส่ภาพลายน้ำแล้วไปผ่านกระบวนการลดประสิทธิภาพในแบบต่างๆ

**ขั้นตอนการแยกภาพลายน้ำกลับคืนมา**

- เลือกกระบวนการลดประสิทธิภาพของภาพลายน้ำเพื่อทำการแยกลายน้ำกลับคืนมาโดยเลือกไฟล์ภาพกระบวนการต่างๆ ซึ่งได้ทำการแสดงชื่อไฟล์ไว้แล้วในช่วงแรกของโปรแกรมนี้ซึ่งจะตรงกับกระบวนการลดประสิทธิภาพของภาพลายน้ำในโปรแกรม Qt_process.m
  เช่น *เลือกโดยพิมพ์ jpeg 100.jpg ก็จะตรงกับกระบวนการลดประสิทธิภาพด้วยการนำไปบีบอัดข้อมูล JPEG 100%*
- แสดงภาพลายน้ำที่แยกกลับคืนมาได้ของแต่ละกระบวนการลดประสิทธิภาพของลายน้ำที่เลือกไว้

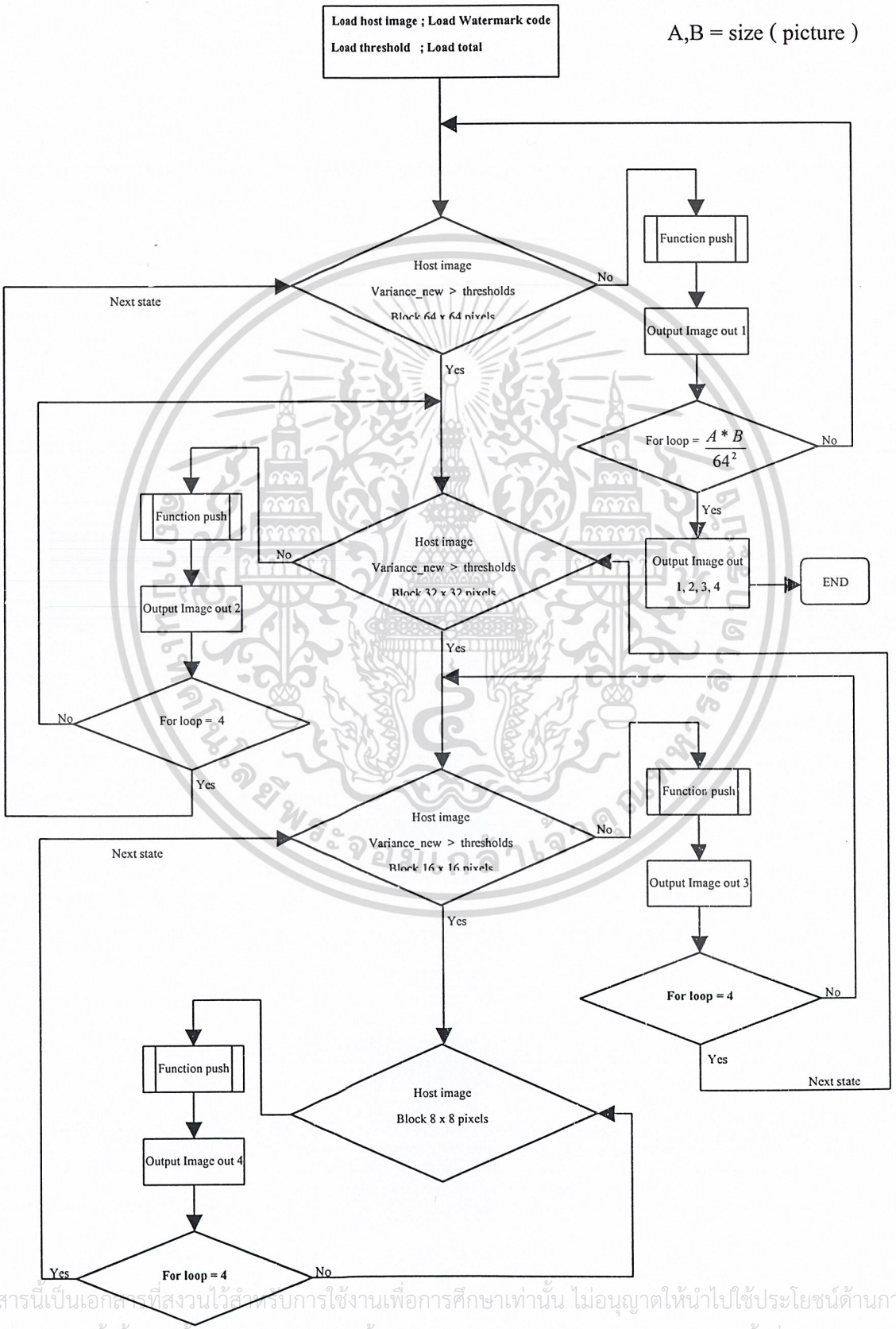
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Qt_findblock Basic Diagram



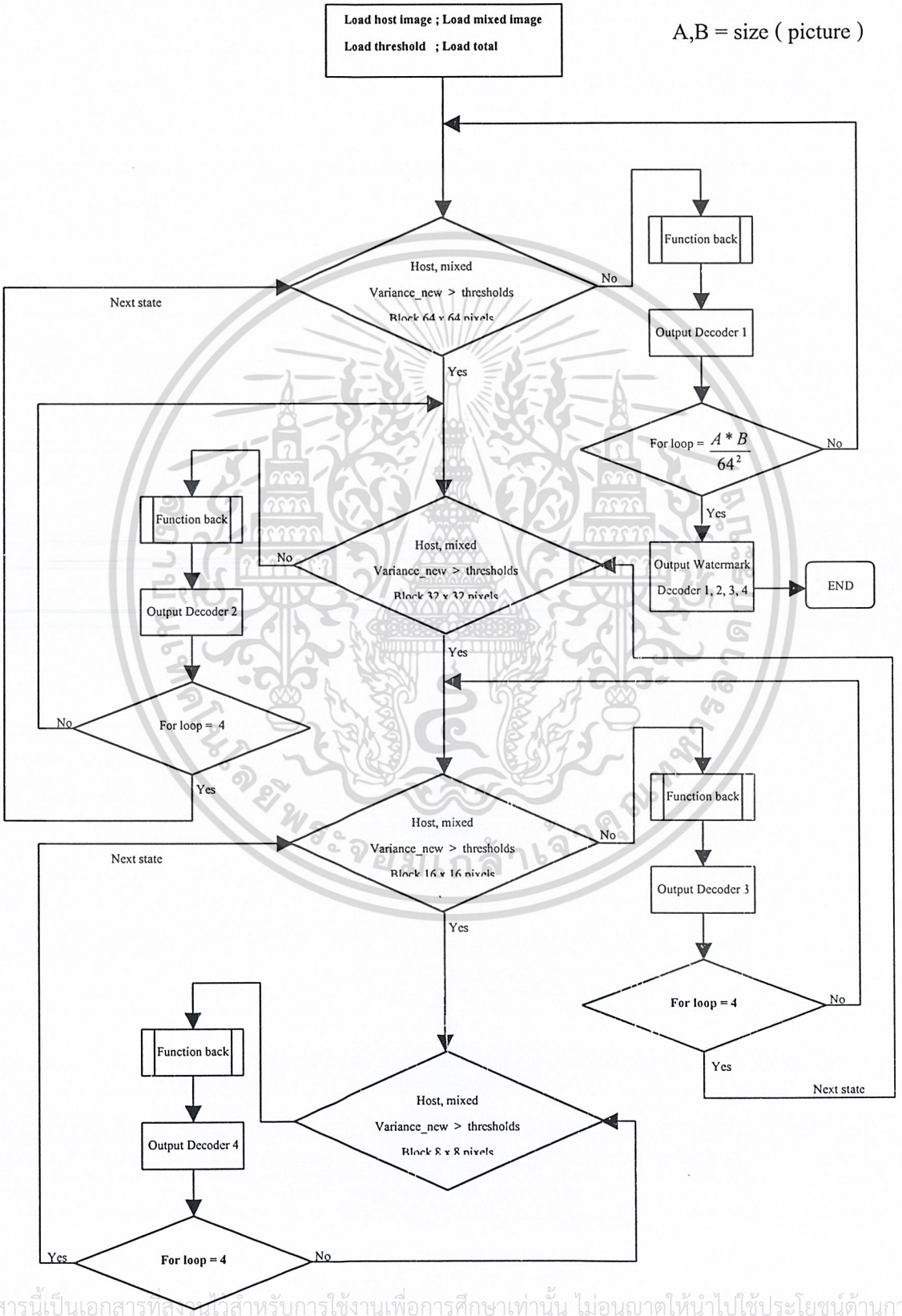

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Qt_encoder Basic Diagram




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Qt_decoder Basic Diagram




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. Program Find block ( Qt_findblock.m )

```
%=========================Test variance=================================%
%VARIABLES:
%b:                          Codeword length
%block:                      host target block
%code:                       code of scrambled raster watermark vector
%indp:                       random permutation of vector indices
%picture:                    host image
%num1/num2/num3/num4:        beginning counter of block in this image
%wmark:                      watermark image
%wmarks:                     scrambled watermark image for embedding
%wmarkv:                     raster scan vector of watermark image
%=======================================================================%
clc;
clear all;close all;
disp('Welcome to Digital Image Watermarking Program');
disp('The first program for find block in host image');
disp(' ');
picture=input('Insert filename of host image is ... ','s');
wmark=input('Insert filename of watermark  is ... ','s');        %load watermark image
num1=0;num2=0;num3=0;num4=0;                                     %begining counter of block in this image
wmark=imread(wmark);
max2_A = max(max(wmark));
min2_A = min(min(wmark));
if max2_A > 1 | min2_A < 0
   error('input matrices original watermark must have values in the interval [0,1]')
end
 [e,f]=size(wmark);
wmark=double(wmark);
%=========================PERMUTATION=================================%
%this loop builds a vector of the watermark image pixels values in raster scan form
wmarkv = wmark(1,:);
for i=2:e, wmarkv = [wmarkv wmark(i,:)];end;%raster scan vector of watermark image
rand('state',13);
indp = randperm(e*f);
for i = 1:length(indp), wmarkvs(i) = wmarkv(indp(i));end;%scrambled raster watermark vector
clear wmarkv indp;
code=wmarkvs;
[a,lenght_of_bit_in_watermark]=size(code);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lenght_of_bit_in_watermark
b=lenght_of_bit_in_watermark;
%=========================Quadtree  Partition============================%
picture=imread(picture);%load host image
[A,B,layer]=size(picture);
A=floor(A/64);
B=floor(B/64);
maximun_block=A*B*64
if length(code)>((A*B*64));
   error('Over of size !!! Please change size watermark and lenght of bit not over maximum block in Host Image')
end
picture=picture(:,:);
picture=double(picture);
disp('');
variance=-1;
while variance < 0
disp(' ');variance=input('Insert value of variance ... ');
end
disp(' ');disp('Please wait cpu is runing');
Iout=zeros(size(picture));
[A,B]=size(picture);
num2=0;num3=0;num4=0;
for i = 1:A/64;
for j = 1:B/64;
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j));%section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l));%section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n));%section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
for P = (2*n-1):2*n
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P));%section of 8x8 pixels
Iout(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P))=block;
end
end
num4=num4+4;
else
Iout(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n))=block;
end
end
end
num3=num3+4;
else
Iout(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l))=block;
end
end
end
num2=num2+4;
else
Iout(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j))=block;
end
end
end
%=========================================================================%
disp('Total of block in host image for your variance');
Total=((A*B)/64^2)+(3/4)*(num2+num3+num4)%Total of block this image
save 'Total' Total variance wmark picture;
save 'Code' code a b ;
if length(code) > Total;
   error('Total must be less codeword length, press put new variance and run again')
end
disp('End the first program');clear all;
%Design by Mr.Adul Usa-Ngeaw & Mr.Nuttanun Koomshup
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Program Encoder ( Qt_encoder.m )

```
%==========================ENCODER==============================%
%VARIABLES:
%average:                    mean value of intensities in difference image
%b/bb/bbb/bbbb:              setting the cell size
%block:                      host target block
%C1/C2/C3/C4:                begining counter of position bit raster scan vector of watermark image
%cell:                       cell image output of host image when variance pass
%count:                      counter for number of times minimal Cb is used
%Ctemp:                      temporary variable to get the minimum Cb used
%diff:                       difference image for host-hostr
%Iblock:                     host image output when variane pass
%Iout:                       host image output with watermark embedded
%num1/num2/num3/num4:        begining counter of block in this image
%picture:                    host image
%range:                      value of maxi-mini, gives range of intensity values for difference image
%results:                    vector composed of [range average Ctemp count];
%informational output,       no other purpose (no other purpose = NOP)
%Total:                      Total of block this image
%wmarkss:                    raster scan vector of code with Total
%=================================================================%
clc;
clear all;close all;
disp('The second program for Encoding');
load Total;
load Code;
wmarkss=zeros(1,Total);
 for g = 1:a
 for h = 1:b
 pix_w=code(g,h);
 wmarkss(1,(h+((g-1)*b)))=pix_w;%raster scan vector of code with Total
end
end
%==========================Quadtree  Partition=====================%
disp('Please wait cpu is runing');
variance=variance;
count=0;
Ctemp=100;
Iout=zeros(size(picture));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[A,B]=size(picture);
Iblock=zeros(A,B);
cell=zeros((A+1),(B+1));b=ones(7);bb=ones(15);bbb=ones(31);bbbb=ones(63);%setting cell size
num1=0;num2=0;num3=0;num4=0;%begining counter of block in this image
C1=0;C2=0;C3=0;C4=0;%begining counter of position bit raster scan vector of watermark image
for i = 1:A/64;
for j = 1:B/64;
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j));%section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l));%section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n));%section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
for P = (2*n-1):2*n
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P));%section of 8x8 pixels
C4=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C3=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C4,block,wmarkss);
Iout(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P))=block;
cell(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)))=b;
Iblock(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)))=picture(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)));
end
end
num4=num4+4;
else
C3=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C4=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C3,block,wmarkss);
Iout(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n))=block;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cell(((16*m-14):(16*m)),((16*n-14):(16*n)))=bb;
Iblock(((16*m-14):(16*m)),((16*n-14):(16*n)))=picture(((16*m-14):(16*m)),((16*n-14):(16*n)));
end
end
end
num3=num3+4;
else
C2=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C3=0;C4=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C2,block,wmarkss);
Iout(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l))=block;
cell(((32*k-30):(32*k)),((32*l-30):(32*l)))=bbb;
Iblock(((32*k-30):(32*k)),((32*l-30):(32*l)))=picture(((32*k-30):(32*k)),((32*l-30):(32*l)));
end
end
end
num2=num2+4;
else
num1=num1+1;
C1=C1+C2+C3+C4+1;
C2=0;C3=0;C4=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C1,block,wmarkss);
Iout(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j))=block;
cell(((64*i-62):(64*i)),((64*j-62):(64*j)))=bbbb;
Iblock(((64*i-62):(64*i)),((64*j-62):(64*j)))=picture(((64*i-62):(64*i)),((64*j-62):(64*j)));
end
end
end
%=========================================================================%
figure(1);clf;
imshow(picture,[0 255],'truesize');title('Original Image');
figure(2);clf;
imshow(Iout,[0 255],'truesize');title('Image Mix');
diff=Iout-picture;
average=mean(mean(diff));
mini=min(min(diff));
maxi=max(max(diff));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
range=maxi-mini;
diff=255*(diff-mini)/range;
results=[range average Ctemp count]
figure(3);clf;
imshow(diff,[0 255],'notruesize');
disp('Total of block');
figure(4);clf;
imshow(cell,[]);title('Quadtree Partition');
figure(5);clf;
imshow(Iblock,[]);
Iblock=uint8(Iblock);imwrite(Iblock,'Image_Cell.bmp');pause;close all;
Total=((A*B)/64^2)+(3/4)*(num2+num3+num4)%Total of block this image
imwrite(cell,'Image_Qt.bmp');
Iout=uint8(Iout);imwrite(Iout,'Image_Mixed.bmp');
hdiff=uint8(diff);imwrite(hdiff,'Image_Diff.bmp');
wmark=uint8(wmark);
save 'endata1' picture wmark hdiff Total variance code a b;
Km=imread('Image_Mixed','bmp');
Km=double(Km);
mix=Km/255;
pic=double(picture);
pic=pic/255;
save 'endata2' Iout pic
PSNR(pic,mix);
SNR(pic,mix);
size64x64=num1;
size32x32=num2-num3/4;
size16x16=num3-num4/4;
size8x8=num4;
disp(sprintf('size64x64 = %5.0f Block',size64x64))
disp(sprintf('size32x32 = %5.0f Block',size32x32))
disp(sprintf('size16x16 = %5.0f Block',size16x16))
disp(sprintf('size8x8   = %5.0f Block',size8x8))
disp('End the second program');close all;clear all;
%Design by Mr.Adul Usa-Ngeaw & Mr.Nattanun Koomshop
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. Program Process ( Qt_process.m )

```
%============================PROCESSING============================%
clear all;close all;clc;
disp('The Third program for Processing');
disp('Please wait cpu is runing');
map = double(gray(256));
base = 75;
width = 4*base-1;
height = 3*base-1;
ymin = 60;
xmin = 40;
load endata2;
% Iout=imnoise(Iout,'salt & pepper',0.02);%when push salt & pepper noise
% Iout = imnoise(Iout,'gaussian',0,0.003);%when push gaussian noise
filtr = ones(3,3)/9;
filter = filter2(filtr,Iout);
medfil = medfilt2(Iout);
picresize = imresize(Iout,[256 256],'bilinear');
picresize2 = imresize(picresize,[512 512],'bilinear');
imwrite(Iout,map,'jpeg100.jpg','quality',100);
imwrite(Iout,map,'jpeg75.jpg','quality',75);
imwrite(Iout,map,'jpeg50.jpg','quality',50');
imwrite(Iout,map,'jpeg25.jpg','quality',25);
jpeg100 = rgb2gray(imread('jpeg100','jpg'));
jpeg75 = rgb2gray(imread('jpeg75','jpg'));
jpeg50 = rgb2gray(imread('jpeg50','jpg'));
jpeg25 = rgb2gray(imread('jpeg25','jpg'));
cropping = zeros(size(Iout));
cropping = 255*cropping;
cropping(xmin:xmin+1.5*height,ymin:ymin+1.5*width) = Iout(xmin:xmin+1.5*height,ymin:ymin+1.5*width);
L_rotate = imrotate(Iout,17,'bilinear','crop');
R_rotate = imrotate(L_rotate,-17,'bilinear','crop');
d1 = uint8(Iout);imwrite(d1,'unprocessed.bmp');
d2 = uint8(filter);imwrite(d2,'lowpass.bmp');
d3 = uint8(medfil);imwrite(d3,'mediampass.bmp');
d4 = uint8(picresize2);imwrite(picresize,'scale.bmp');
d5 = uint8(jpeg100);
d6 = uint8(jpeg75);
d7 = uint8(jpeg50);
```

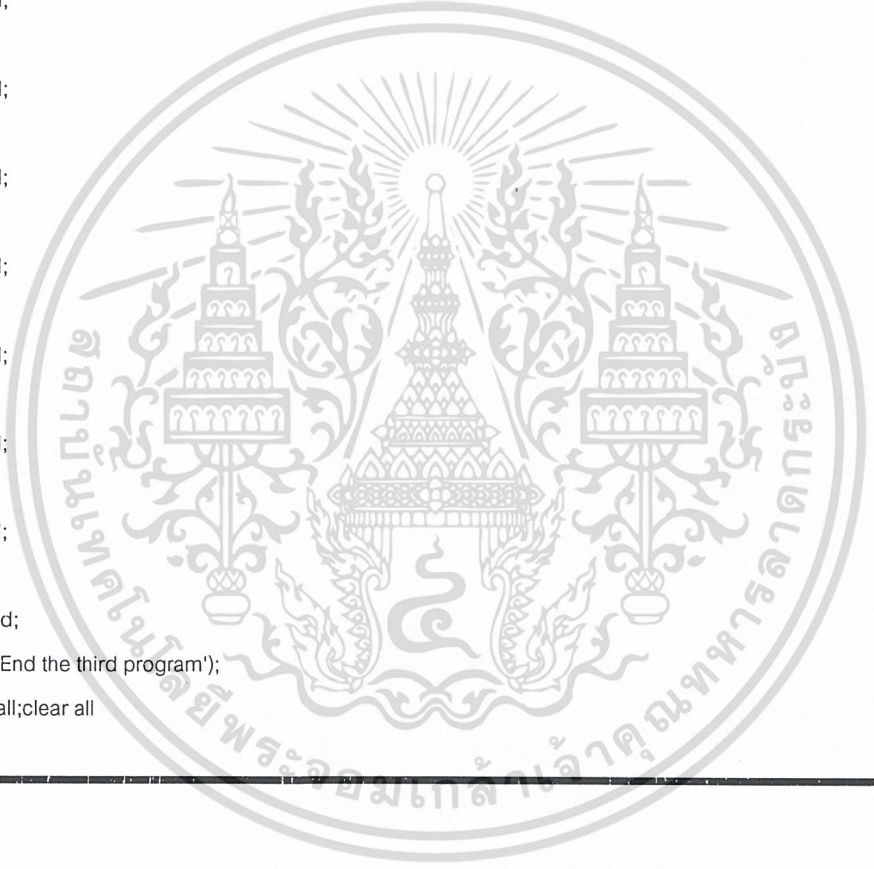
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
d8 = uint8(jpeg25);
d9 = uint8(cropping);imwrite(d9,'Cropping.bmp');
d10 = uint8(R_rotate);imwrite(L_rotate,'Rotation.bmp');
Iout=double(Iout);
Iout=Iout/255;
picresize2=double(picresize2);
picresize2=picresize2/255;
filter=double(filter);
filter=filter/255;
medfil=double(medfil);
medfil=medfil/255;
jpeg100=double(jpeg100);
jpeg100=jpeg100/255;
jpeg75=double(jpeg75);
jpeg75=(double(jpeg75))/255;
jpeg50=(double(jpeg50))/255;
jpeg25=(double(jpeg25))/255;
cropping=(double(cropping))/255;
R_rotate=(double(R_rotate))/255;
disp(' ');disp('PSNR when PROCESSING')
disp('1-unprocessed'),psnr(pic,Iout)
disp('2-scaled'),psnr(pic,picresize2)
disp('3-lowpass'),psnr(pic,filter)
disp('4-medianpass'),psnr(pic,medfil)
disp('5-jpeg100'),psnr(pic,jpeg100)
disp('6-jpeg75'),psnr(pic,jpeg75)
disp('7-jpeg50'),psnr(pic,jpeg50)
disp('8-jpeg25'),psnr(pic,jpeg25)
disp('9-rotation'),psnr(pic,R_rotate)
disp('10-cropping'),psnr(pic,cropping)
figure(12);clf;imshow(d10,[0 255],'truesize');title('Rotation Corrected');
figure(11);clf;imshow(L_rotate,[0 255],'truesize');title('Rotated');
figure(10);clf;imshow(d9,[0 255],'truesize');title('Cropped');
figure(9);clf;imshow(d8,[0 255],'truesize');title('JPEG25');
figure(8);clf;imshow(d7,[0 255],'truesize');title('JPEG50');
figure(7);clf;imshow(d6,[0 255],'truesize');title('JPEG75');
figure(6);clf;imshow(d5,[0 255],'truesize');title('JPEG100');
figure(5);clf;imshow(d4,[0 255],'truesize');title('Scaled (R)');
figure(4);clf;imshow(picresize,[0 255]);title('Scaled down');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
figure(3);clf;imshow(d3,[0 255],'truesize');title('Mediam');
figure(2);clf;imshow(d2,[0 255],'truesize');title('Lowpassed');
figure(1);clf;imshow(d1,[0 255],'truesize');title('Unprocessed');

d=d1;
save 'data1' d;
d=d2;
save 'data2' d;
d=d3;
save 'data3' d;
d=d4;
save 'data4' d;
d=d5;
save 'data5' d;
d=d6;
save 'data6' d;
d=d7;
save 'data7' d;
d=d8;
save 'data8' d;
d=d9;
save 'data9' d;
d=d10;
save 'data10' d;
disp(' ');disp('End the third program');
pause; close all;clear all
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4. Program Decoder ( Qt_decoder.m )

```
%============================DECODER==============================%
%VARIABLES:
%blockn:        target block from hostr
%blocko:        target block from host
%C1/C2/C3/C4:   beginning counter of position bit raster scan vector of recovered scrambled
%               watermark
%Iout:          host image with watermark embedded
%picture:       host image
%indd:          random permutation of vector indices
%wcode:         recovered scrambled watermark
%wmarkr:        recovered, descrambled watermark & raster scan vector of recovered, scrambled
%               watermark
%wmarkvr:       descrambled watermark vector
%=================================================================%
close all;clear all;clc;
disp('The last program for Decoding');
load endata1;
load endata2;
clear hdiff;
wmarkr = ones(size(wmark));
wdiff = zeros(size(wmarkr));
picture = double(picture);
[A,B] = size(picture);
[e,f] = size(wmark);
wmark = double(wmark);
wmarks=ones(1,Total);
wcode=zeros(size(code));
wcode=wcode;
C1=0;C2=0;C3=0;C4=0;
%============================Quadtree Partition Decoder============================%
disp(' ');disp('File Data of processed image for Decode');
disp('    1-unprocessed.bmp');
disp('    2-scaled.bmp');
disp('    3-lowpass.bmp');
disp('    4-medianpass.bmp');
disp('    5-jpeg100.jpg');
disp('    6-jpeg75.jpg');
disp('    7-jpeg50.jpg');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
disp('      8-jpeg25.jpg');
disp('      9-rotation.bmp');
disp('     10-cropping.bmp');
disp(' ');data=input('Insert processed image for Decode ... ','s');
data=imread(data);
disp(' ');disp('Please wait cpu is runing');
for i = 1:A/64;
for j = 1:B/64;
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j));%section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l));%section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n));%section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
for P = (2*n-1):2*n
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P));%section of 8x8 pixels
C4=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C3=0;
blockn=data(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P));
wmarks=black(C4,block,blockn,wmarks);
end
end
else
C3=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C4=0;
blockn=data(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n));
wmarks=black(C3,block,blockn,wmarks);
end
end
end
else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C2=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C3=0;C4=0;
blockn=data(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l));
wmarks=black(C2,block,blockn,wmarks);
end
end
end
else
C1=C1+C2+C3+C4+1;
C2=0;C3=0;C4=0;
blockn=data(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j));
wmarks=black(C1,block,blockn,wmarks);
end
end
end
%=========================================================================%
wmarks=wmarks(1,1:length(wcode));%building the recovered, scrambled watermark vector for descrambling
decpm=wmarks;
rand('state',13);%resetting the seed for the random # generator
indd = randperm(e*f);%recovering the random index vector for descrambling
wmarkvr=ones(size(decpm));
for i = 1:length(indd), wmarkvr(indd(i)) = decpm(i);end%inverse scrambling operation
for i=1:e, wmarkr(i,:) = wmarkvr((i-1)*f+1:i*f);end; clear wmarkvr i;
%=========================================================================%
clear picture name num A B e f ;
correlation_of_Decoderwmark=corr2(wmark,wmarkr)
figure(1);clf;
subplot(121);imshow(wmark(:,:),'notruesize');title('Original');
subplot(122);imshow(wmarkr(:,:),'notruesize');title('Decoder');
imwrite(wmarkr,'Decoderwmark.bmp');
wmarkr = uint8(255*wmarkr);
clear wmark wmarkr ;pause; close all;
%Desige by Mr. Adul Usa-Ngeaw & Mr. Nuttanun Koomshup
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Function black ( block.m )**

```
function wmarks=black(c,block,blockn,wmarks)
%=========================================================================%
%VARIABLES:
%blockn:        target block from hostr
%block:         target block from host
%bck:           target block from block
%bckn:          target block from blockn
%sumn:          sum of pixel intensities for target block from hostr
%sumo:          sum of pixel intensities for target block from host
%sumold:        sum of pixel intensities for target block from bck
%sumnew:        sum of pixel intensities for target block from bckn
%wmarks:        raster scan vector of recovered, scrambled watermark
%=========================================================================%
wmarks=wmarks;
z=8;%terminal of sub block
n=0;%begining counter of position bit
[x,y]=size(block);
bit=zeros(size(1,x*y/z^2));
sumo=sum(sum(block));
sumn=sum(sum(blockn));
if x < 64
for A=1:x/z
   for B=1:y/z
      bck=block(((z*A-(z-1)):z*A),((z*B-(z-1)):z*B));
      bckn=blockn(((z*A-(z-1)):z*A),((z*B-(z-1)):z*B));
      n=n+1;
      sumold=sum(sum(bck));
      sumnew=sum(sum(bckn));
      if sumnew < sumold,bit(1,n)=0;
      else
      bit(1,n)=1;
      end
   end
end
sumb=sum(bit);
if (sumn >= sumo)|(sumb >0),wmarks(1,c)=1;
else
wmarks(1,c)=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
else
   z=z/2;
for A=1:x/z
   for B=1:y/z
      bck=block(((z*A-(z-1)):z*A),((z*B-(z-1)):z*B));
      bckn=blockn(((z*A-(z-1)):z*A),((z*B-(z-1)):z*B));
      n=n+1;
      sumold=sum(sum(bck));
      sumnew=sum(sum(bckn));
      if sumnew < sumold,bit(1,n)=0;
      else
      bit(1,n)=1;
      end
   end
end
sumb=sum(bit);
if (sumn >= sumo)|(sumb >0),wmarks(1,c)=1;
else
wmarks(1,c)=0;
end
end
```

---

## Function push ( push.m )

```
function Mix_Out=push(x,y,c,block,wmarks)
%VARIABLES:
%alpha:      contrast scaling factor, arbitrary
%bit:        watermark bit to be embedded in 8x8 host block
%block:      host target block
%Mix_out:    block of modified pixel values to be used to construct hostr
%Cb:         contrast value for host target block
%Cmin:       minimum block change value, arbitrary
%count:      counter for number of times minimal Cb is used
%Ctemp:      temporary variable to get the minimum Cb used
%delta:      random change value for pixels in embedder algorithm (from paper)
%gmax:       maximum pixel value for host target block
%gmean:      mean pixel value for host target block
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%gmin:          minimum pixel value for host target block
%group_minlo:   mean pixel value for pixels with values below/above the mean for mlo
%group_minhi:   mean pixel value for pixels with values below/above the mean for gmean
%group_maxlo:   mean pixel value for pixels with values below/above the mean for mhi
%group_maxhi:   mean pixel value for pixels with values below/above the mean for gmax
%maxlo/maxhi:   mean values for pixels with values below/above the mean for mhi
%minlo/minhi:   mean values for pixels with values below/above the mean for mlo
%mlo/mhi:       mean values for pixels with values below/above the mean for host target block
%wmarks:        scrambled watermark image for embedding
T=8;%terminal of sub block
bit=wmarks(1,c);
Mix_Out=block;
if x > 64;
for A = 1:x/T
   for B = 1:y/T
      Sub_block=Mix_Out(((T*A-(T-1)):T*A),((T*B-(T-1)):T*B));
      [a,b]=size(Sub_block);
      blockv=zeros(1,a*b);
      M_Out=Sub_block;
for q = 1:a
   for r = 1:b
      bck=M_Out(q,r);
      blockv(1,(r+(q-1)*b))=bck;
   end
end
rand('state',sum(100*clock));
Cmin=1;
alpha=0.1;
gmean=sum(blockv)/(a*b);
gmax=max(blockv);
gmin=min(blockv);
Cb=max(Cmin,alpha*(gmax-gmin));
lo=find(blockv <= gmean);
hi=find(blockv > gmean);
mlo=sum(blockv(lo))/length(blockv(lo));
mhi=sum(blockv(hi))/length(blockv(hi));
minlo=find(blockv <= mlo);
minhi=find((blockv > mlo)&(blockv <= gmean));
group_minlo=sum(blockv(minlo))/length(blockv(minlo));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
group_minhi=sum(blockv(minhi))/length(block(minhi));
maxlo=find((blockv <= mhi)&(blockv > gmean));
maxhi=find(blockv > mhi);
group_maxlo=sum(blockv(maxlo))/length(blockv(maxlo));
group_maxhi=sum(blockv(maxhi))/length(blockv(maxhi));
blockvr=zeros(size(blockv));
for s = 1:length(blockv);
   delta=rand*Cb;
    if bit == 1,
      if blockv(1,s) > group_maxhi,blockvr(1,s)=gmax+2*delta;
      elseif (blockv(1,s) >= group_maxlo)&(blockv(1,s) < mhi),blockvr(1,s)=mhi+1.1*delta;
      elseif (blockv(1,s) >= group_minhi)&(blockv(1,s) < gmean),blockvr(1,s)=gmean+1.1*delta;
      elseif (blockv(1,s) >= group_minlo)&(blockv(1,s) < mlo),blockvr(1,s)=mlo+1.1*delta;
      else blockvr(1,s) =blockv(1,s)+1.5*delta;
      end
   end
   if bit == 0,
      if blockv(1,s) < group_minlo,blockvr(1,s)=gmin-delta;
      elseif (blockv(1,s) >= mlo)&(blockv(1,s) < group_minhi),blockvr(1,s)=mlo-delta;
      elseif (blockv(1,s) >= gmean)&(blockv(1,s) < group_maxlo),blockvr(1,s)=gmean-delta;
      elseif (blockv(1,s) >= mhi)&(blockv(1,s) < group_maxhi),blockvr(1,s)=mhi-delta;
      else blockvr(1,s) = blockv(1,s)-delta;
      end
   end
   end
   for q1 = 1:a
     for r1 = 1:b
       M_Out(q1,r1)=blockvr(1,(r1+(q1-1)*b));
     end
   end
      Mix_Out(((T*A-(T-1)):T*A),((T*B-(T-1)):T*B))=M_Out;
   end
end
else
   for A = 1:x/4
   for B = 1:y/4
      Sub_block=Mix_Out(((4*A-3):4*A),((4*B-3):4*B));
      [a,b]=size(Sub_block);
      blockv=zeros(1,a*b);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        M_Out=Sub_block;
    for q = 1:a
      for r = 1:b
        bck=M_Out(q,r);
        blockv(1,(r+(q-1)*b))=bck;
      end
    end
    rand('state',sum(100*clock));
    Cmin=1;
    alpha=0.1;
    gmean=sum(blockv)/(a*b);
    gmax=max(blockv);
    gmin=min(blockv);
    Cb=max(Cmin,alpha*(gmax-gmin));
    lo=find(blockv <= gmean);
    hi=find(blockv > gmean);
    mlo=sum(blockv(lo))/length(blockv(lo));
    mhi=sum(blockv(hi))/length(blockv(hi));
    blockvr=zeros(size(blockv));
    for s = 1:length(blockv);
      delta=rand*Cb;
       if bit == 1,
        if blockv(1,s) > mhi,blockvr(1,s)=gmax;
        elseif (blockv(1,s) >= mlo)&(blockv(1,s) < gmean),blockvr(1,s)=gmean+2*delta;
        else blockvr(1,s) =blockv(1,s)+2*delta;
        end
      end
      if bit == 0,
        if blockv(1,s) < mlo,blockvr(1,s)=gmin;
        elseif (blockv(1,s) >= gmean)&(blockv(1,s) < mhi),blockvr(1,s)=gmean-delta;
        else blockvr(1,s) = blockv(1,s)-delta;
        end
      end
     end
     for q1 = 1:a
       for r1 = 1:b
          M_Out(q1,r1)=blockvr(1,(r1+(q1-1)*b));
       end
     end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Mix_Out(((4*A-3):4*A),((4*B-3):4*B))=M_Out;
  end
end
end
```

---

## Function PSNR ( Psnr.m )

```
function PSNR(A,B)
% PURPOSE:          To find the PSNR (peak signal-to-noise ratio) between two
%                   intensity images A and B, each having values in the interval
%                   [0,1]. The answer is in decibels (dB).
%
% SYNOPSIS:         PSNR(A,B)
%
% DESCRIPTION:      The following is quoted from "Fractal Image Compression",
%                   by Yuval Fisher et al.,(Springer Verlag, 1995),
%                   section 2.4, "Pixelized Data".
%
%                   "...PSNR is used to measure the difference between two
%                   images. It is defined as
%
%                   PSNR = 20 * log10(b/rms)
%
%                   where b is the largest possible value of the signal
%                   (typically 255 or 1), and rms is the root mean square
%                   difference between two images. The PSNR is given in
%                   decibel units (dB), which measure the ratio of the peak
%                   signal and the difference between two images. An increase
%                   of 20 dB corresponds to a ten-fold decrease in the rms
%                   difference between two images.
%
%                   There are many versions of signal-to-noise ratios, but
%                   the PSNR is very common in image processing, probably
%                   because it gives better-sounding numbers than other
%                   measures."
%
%                   EXAMPLE 1: load clown
%                   A = ind2gray(X,map);          % Convert to an intensity image in [0,1].
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%                       B = 0.95 * A;          % Make B close to, but different from, A.
%                       PSNR(A,B)              % ---> "PSNR = +33.49 dB"
%
% EXAMPLE 2:            A = rand(256);         % A is a random 256 X 256 matrix in [0,1].
%                       B = 0.9 * A;           % Make B close to, but different from, A.
%                       PSNR(A,B)              % ---> "PSNR = +24.76 dB (approx)"

if A == B
  error('Images are identical: PSNR has infinite value')
end

max2_A = max(max(A));
max2_B = max(max(B));
min2_A = min(min(A));
min2_B = min(min(B));
 if max2_A > 1 | max2_B > 1 | min2_A < 0 | min2_B < 0
   error('input matrices must have values in the interval [0,1]')
end
error = A - B;
decibel = 20*log10(1/(sqrt(mean(mean(error.^2)))));
disp(sprintf('PSNR = +%5.2f dB',decibel))
```

---

**Function SNR ( Snr.m )**

```
function SNR(a,b);
a=double(a);
b=double(b);
c=0;d=0;
[row,col]=size(a);
for icol=1:col
   for irow=1:row
      c=a(icol,irow)+c;
      d=b(icol,irow)+d;
   end
end
decibels =10*log10((c^2)/((d-c)^2));;
disp(sprintf('SNR = +%5.2f dB',decibels))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้