สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

กรณีศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

CASE STUDY OF IMAGE COMPRESSION WITH WAVELET TRANSFORM

T040160

นางสาวชนิดา ศรียา
นายภูเบศร์ ปรีดาศักดิ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่ 40160
เลขทะเบียน 17 ส.ค. 2544
วัน, เดือน, ปี
b
i

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ กรณีศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

Case Study of Image Compression with Wavelet Transform

ชื่อนักศึกษา 1. นางสาวชนิดา ศรียา รหัสประจำตัว 42035295

2. นายภูเบศร์ ปรีดาศักดิ์ รหัสประจำตัว 42035314

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อำพล ทองระอา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์อำพล	ทองระอา	.....
2. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
3. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....
4. อาจารย์กิติพงค์	มะโน	.....
5. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 24 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง กรณีศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

Case Study of Image Compression with Wavelet Transform

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตได้
2. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรม MATLAB ในการบีบอัดข้อมูลภาพได้
3. เพื่อศึกษาการออกแบบโปรแกรมในการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตได้
4. เพื่อศึกษาวิธีการสร้างโปรแกรมในการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตได้
5. เพื่อสามารถที่จะบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจวิธีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต
2. เข้าใจวิธีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต โดยใช้โปรแกรม MATLAB
3. เข้าใจขั้นตอนการเขียนโปรแกรมในการบีบอัดข้อมูลภาพ
4. โปรแกรมอธิบายขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพ
5. สามารถนำไปใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	กรณีศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต
นักศึกษา	นางสาวชนิดา ศรียา
	นายภูเบศร์ ปรีดาศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อำพล ทองระอา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต ซึ่งอธิบายขั้นตอนของการบีบอัดข้อมูลภาพตั้งแต่ขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์, ขั้นตอนการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เพื่อการเข้ารหัสและขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยมีการนำเสนอการทดลองประกอบการใช้โปรแกรม MATLAB พร้อมใบงานการทดลอง เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำวิธีการจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นแนวทางในการใช้เวฟเล็ตเพื่อการบีบอีดข้อมูลภาพได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Case Study of Image Compression with Wavelet Transform
Students	Miss.Chanida Sriya
	Mr.Poobase Preedasak
Adviser	Mr.Amphon Thongra-ar
Co-Advisor	Assist.Prof.Wisuit Atiporntum
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronics and Computer
Academic Year	2000

ABSTRACT

This thesis present a case study of image compression with wavelet transform, consists of the discrete wavelet transforms process, coefficients improvement for coding process and inverse discrete wavelet transforms process. This case study include of the experiments with MATLAB which is the tendency for the one who is interested in image compression with wavelet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ เรื่องกรณีศึกษาการบีบอัดข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลต่างๆ ซึ่งให้คำแนะนำทั้งในด้านความรู้และหลักการต่างๆ เพื่อทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่อาจจะหาไม่ได้เลยในหนังสือใดๆ

จึงขอขอบคุณ อาจารย์อำพล ทองระอา และคณาจารย์ภาคครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้ให้ความดูแลทั้งให้คำปรึกษา และความอนุเคราะห์เครื่องมือต่างๆ รวมทั้งให้ความสะดวกในการขอใช้ห้องคอมพิวเตอร์ เพื่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจในและเป็นเพื่อนคอยให้คำปรึกษาตลอดการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นที่พึงทางใจที่ดีที่สุดตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทฤษฎีเวฟเล็ต	3
2.2 ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต	6
2.3 การแปลงเวฟเล็ต	8
2.4 การแปลงผกผันเวฟเล็ต	9
2.5 การกระจายของพลังงานในเวฟเล็ตโดเมน	10
2.6 อนุกรมเวฟเล็ตต่อเนื่อง	11
2.7 อนุกรมเวฟเล็ตเต็มหน่วยเวลา	13
2.8 รูปแบบการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วยเวลา	13
2.9 การแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับ	15
2.10 ผลบวกการประสาน	18
2.10.1 สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา	18
2.10.2 การแทนสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาในโดเมนเวลา	18
2.11 การประยุกต์ใช้งาน	20
2.12 การประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ต ในการบีบอัดข้อมูลภาพ	22
บทที่ 3 การศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพ	23
3.1 หลักการศึกษา	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2 การเกิดค่าความผิดพลาดในขบวนการแปลงเวฟเล็ต	23
3.2.1 ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการรับรู้ของมนุษย์	23
3.2.2 ค่าความผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณ	24
3.3 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต	24
3.3.1 การแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต	26
3.3.2 การลดขนาดของค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	29
3.4 ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	35
3.5 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ	38
บทที่ 4 ผลจากการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต	39
4.1 บทนำ	39
4.2 ผลจากการศึกษาขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต	39
4.2.1 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	40
4.2.2 การแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	54
4.2.3 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์	68
4.2.4 การเลือกค่าเวฟเล็ตแม่ในการบีบอัดข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต	85
4.2.5 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ	98
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา	106
5.1 บทสรุป	106
5.2 ปัญหาที่พบ	106
5.3 แนวทางการพัฒนา	107
ภาคผนวก ก โปรแกรมประกอบการทดลอง	108
ภาคผนวก ข ใบงานประกอบการทดลอง	148
บรรณานุกรม	245
ประวัติผู้แต่ง	246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 รหัสฮัฟแมน 64 ระดับ	34
ตารางที่ 4.1 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในการตัดระดับต่างๆ	72
ตารางที่ 4.2 จำนวนศูนย์ที่เกิดขึ้นของสัมประสิทธิ์ในการตัดระดับต่างๆ	73
ตารางที่ 4.3 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในการจัดระดับต่างๆ	81
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 20 %	83
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 40 %	83
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 60 %	84
ตารางที่ 4.7 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในระดับต่างๆ	91
ตารางที่ 4.8 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในระดับต่างๆ	96
ตารางที่ 4.9 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในระดับต่างๆ	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 Morlet Mother Wavelets	3
รูปที่ 2.2 สัญญาณของ Y = sine (5x)	4
รูปที่ 2.3 สัญญาณของ Y = Exp (-0.5^2)	4
รูปที่ 2.4 Scaling and Translation of Mother Wavelets	5
รูปที่ 2.5 การแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณ $f(x)$ ให้อยู่โดเมนของเวฟเล็ต g	7
รูปที่ 2.6 ขบวนการแปลงเวฟเล็ต	9
รูปที่ 2.7 ขบวนการแปลงเวฟเล็ตผกผัน	10
รูปที่ 2.8 ความละเอียดในการสเกลตามแกนเวลาของอนุกรมเวฟเล็ตเวลาต่อเนื่อง	12
รูปที่ 2.9 กระบวนการ DWTS ที่มีการทำสเกล เท่ากับ 2	14
รูปที่ 2.10 กระบวนการ IDWTS ที่มีค่าของการทำสเกลเท่ากับ 2	14
รูปที่ 2.11 ขบวนการแตกกระจายเวฟเล็ต DWTS	15
รูปที่ 2.12 การรวมกลับเวฟเล็ตด้วย IDTWS block	16
รูปที่ 2.13 การคอนโวลูชั่นของสัญญาณ	17
รูปที่ 2.14 ระบบเชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (linear time invariant)	18
รูปที่ 2.15 การแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณ	21
รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพ	22
รูปที่ 3.1 ขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต	25
รูปที่ 3.2 ขบวนการแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต	26
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนของการตัดระดับ	30
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจัดระดับ	31
รูปที่ 3.5 การเข้ารหัสฮัฟแมน	33
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	37
รูปที่ 3.7 การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ	38
รูปที่ 4.1 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	41
รูปที่ 4.2 การคอนโวลูชันทางด้านแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation	41
รูปที่ 4.3 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.4 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation	43
รูปที่ 4.5 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation	43
รูปที่ 4.6 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	44
รูปที่ 4.7 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	45
รูปที่ 4.8 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	45
รูปที่ 4.9 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	46
รูปที่ 4.10 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	47
รูปที่ 4.11 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	48
รูปที่ 4.12 การตัดข้อมูลการแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	48
รูปที่ 4.13 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	49
รูปที่ 4.14 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	50
รูปที่ 4.15 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	50
รูปที่ 4.16 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	51
รูปที่ 4.17 การตัดข้อมูลภาพทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	52
รูปที่ 4.18 สัมประสิทธิ์หลังการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	53
รูปที่ 4.19 สัมประสิทธิ์หลังการผ่านขั้นตอน DWT	55
รูปที่ 4.20 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation	55
รูปที่ 4.21 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation	56
รูปที่ 4.22 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation	57
รูปที่ 4.23 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation	57
รูปที่ 4.24 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	58
รูปที่ 4.25 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	59
รูปที่ 4.26 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	60
รูปที่ 4.27 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	60
รูปที่ 4.28 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	61
รูปที่ 4.29 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	62
รูปที่ 4.30 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.31 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	63
รูปที่ 4.32 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	64
รูปที่ 4.33 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	64
รูปที่ 4.34 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	65
รูปที่ 4.35 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	66
รูปที่ 4.36 การผ่านขั้นตอน IDWT	67
รูปที่ 4.37 การผ่านขั้นตอน DWT	68
รูปที่ 4.38 การตัดระดับที่ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	69
รูปที่ 4.39 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	69
รูปที่ 4.40 การตัดระดับที่ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	70
รูปที่ 4.41 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	70
รูปที่ 4.42 การตัดระดับที่ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	71
รูปที่ 4.43 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	71
รูปที่ 4.44 การเปรียบเทียบหลังการผ่านการตัดระดับ	72
รูปที่ 4.45 ต้นแบบสัญญาณรบกวน	73
รูปที่ 4.46 การตัดระดับที่ 20 %	74
รูปที่ 4.47 การตัดระดับที่ 40 %	74
รูปที่ 4.48 การตัดระดับที่ 60 %	75
รูปที่ 4.49 การผ่านขั้นตอน DWT	77
รูปที่ 4.50 การจัดระดับที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	78
รูปที่ 4.51 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail	78
รูปที่ 4.52 การจัดระดับที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	79
รูปที่ 4.53 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail	79
รูปที่ 4.54 การจัดระดับที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	80
รูปที่ 4.55 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail	80
รูปที่ 4.56 การเปรียบเทียบหลังการผ่านการจัดระดับ	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.57 ต้นแบบของการเข้ารหัสฮัฟแมน	82
รูปที่ 4.58 การเลือกสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต	85
รูปที่ 4.59 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 2	87
รูปที่ 4.60 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 4	87
รูปที่ 4.61 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 6	88
รูปที่ 4.62 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 8	88
รูปที่ 4.63 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 2	89
รูปที่ 4.64 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 4	89
รูปที่ 4.65 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 6	90
รูปที่ 4.66 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 8	90
รูปที่ 4.67 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 2	92
รูปที่ 4.68 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 4	93
รูปที่ 4.69 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 6	93
รูปที่ 4.70 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 8	94
รูปที่ 4.71 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 2	94
รูปที่ 4.72 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 4	95
รูปที่ 4.73 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 6	95
รูปที่ 4.74 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 8	96
รูปที่ 4.75 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์หลายระดับ	99
รูปที่ 4.76 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 1	99
รูปที่ 4.77 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 2	100
รูปที่ 4.78 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 3	100
รูปที่ 4.79 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 4	101
รูปที่ 4.80 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 5	101
รูปที่ 4.81 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 1	102
รูปที่ 4.82 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 2	103
รูปที่ 4.83 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 3	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.84 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 4	104
รูปที่ 4.85 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 5	105
รูปที่ ก.1ไฟล์ wave_demo.m	109
รูปที่ ก.2 ไฟล์ wlet.m	111
รูปที่ ก.3 ไฟล์ Iwlet.m	115
รูปที่ ก.4 ไฟล์ LevelWave.m	119
รูปที่ ก.5 ไฟล์ tro.m	123
รูปที่ ก.6 ไฟล์ quan.m	127
รูปที่ ก.7 ไฟล์ hum_m1.m	130
รูปที่ ก.8 ไฟล์ dwt2X.m	135
รูปที่ ก.9 ไฟล์ idwt2X.m	136
รูปที่ ก.10 ไฟล์ SeleWave.m	137
รูปที่ ก.11 ไฟล์ Threshold.m	138
รูปที่ ก.12 ไฟล์ Quantization.m	139
รูปที่ ก.13 ไฟล์ dabu.m	140
รูปที่ ก.14 ไฟล์ symm.m	143
รูปที่ ก.15 ไฟล์ dyaddown1.m	146
รูปที่ ก.16 ไฟล์ dyadup1.m	146
รูปที่ ก.17 ไฟล์ erav.m	147
รูปที่ ก.18 ไฟล์ snr.m	147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยมีการนำโปรแกรมต่างๆ อาทิเช่น โปรแกรม MATLAB มาประยุกต์ใช้งานหลายๆด้านโดยเฉพาะการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งเป็นที่นิยมกันในขณะนี้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการนำโปรแกรม MATLAB ทำการศึกษา โดยจะเน้นไปที่ การใช้ฟังก์ชันการแปลงเวฟเล็ตหรือที่เรียกว่า "Wavelet Transform" มาใช้ในการการบีบอัดข้อมูลภาพ ให้มีขนาดที่เล็กลงทั้งนี้เพื่อสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลภาพ และเพื่อความสะดวกในการส่งสัญญาณภาพในงานด้านการสื่อสาร เนื่องจากข้อมูลภาพนี้สามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าข้อมูลประเภทอื่นๆ ดังนั้นขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพจึงเป็นส่วนที่สำคัญทั้งยังช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลภาพระยะไกลๆ เช่น ในการส่งข้อมูลภาพทางไกลถ้าเราสามารถลดขนาดของข้อมูลภาพลงได้ ยิ่งน้อยที่สุด เราก็จะประหยัด ค่าใช้จ่ายไปได้มากได้มากเช่นกัน ในกรณีของการจัดเก็บก็เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพขาว-ดำ 256 ระดับ ขนาด 256x256 จุด ซึ่งจะเป็นจำนวนของข้อมูลเท่ากับ 65,536 ไบต์ ถ้าส่งข้อมูลนี้ด้วยอัตรา 9,600 บิตต่อวินาที จะต้องใช้เวลาเท่ากับ (65,536*8/9,600) = 54.613 วินาที ซึ่งค่าใช้จ่ายในการส่งขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ ดังนั้นถ้าปริมาณข้อมูล ซึ่งเป็นขนาดของภาพนี้ มีขนาดที่เล็กลง เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็จะลดลง

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาการลดขนาดของข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต โดยจะทำเป็นใบงานการทดลองในเรื่องนี้เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาในเรื่องนี้ได้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีความสามารถดังนี้ คือ

1. อธิบายขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต
2. มีการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่างๆ ของการแปลงเวฟเล็ตในการบีบอัดข้อมูลภาพ
3. สามารถเลือกสัญญาณเวฟเล็ตแม่ที่เหมาะสำหรับข้อมูลภาพในแต่ละแบบได้
4. มีโปรแกรมเพื่อใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการแบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาสำคัญดังนี้

บทที่ 1 ได้กล่าวถึงที่มาของโครงงานนี้ เพื่อความเข้าใจอย่างคร่าวๆ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ซึ่งเป็นการอธิบายความหมายในหัวข้อต่าง ๆ คือทฤษฎีเวฟเล็ต, ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต, การแปลงผกผันเวฟเล็ต, การกระจายของพลังงานในเวฟเล็ตโดเมน, อนุกรมเวฟเล็ตในแบบต่างๆ, รูปแบบการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยเวลา, การแปลงเวฟเล็ตแบบมัลติรีโซลูชั่น, ตลอดจนการประยุกต์ใช้งานเวฟเล็ตในการบีบอัดข้อมูลภาพ

บทที่ 3 การศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต ประกอบไปด้วยขั้นตอนการแปลงเวฟเล็ต, การแปลงผกผันเวฟเล็ต, การเกิดค่าความผิดพลาดที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ต และขั้นตอนของการแปลงเวฟเล็ตแบบมัลติรีโซลูชั่น

บทที่ 4 ผลจากการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต ซึ่งในส่วนนี้จะใช้โปรแกรม MATLAB Version 5.3 โดยจะใช้ฟังก์ชันเวฟเล็ตเป็นตัวบีบอัดข้อมูลภาพ

บทที่ 5 การสรุปปัญหา แนวทางการแก้ไขและการพัฒนา ซึ่งเป็นการสรุปผลจากการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต พร้อมทั้งกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานและการพัฒนาในการศึกษาต่อไป

ในภาคผนวก จะแสดงรายละเอียดของโปรแกรมเพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

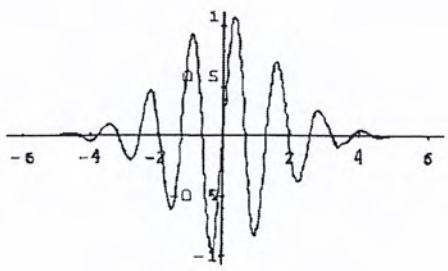
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีเวฟเล็ต

ทฤษฎีเวฟเล็ต (Wavelet Theory) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่อธิบายถึงโมเดลของสัญญาณระบบ หรือกระบวนการทางฟิสิกส์ใดๆซึ่งประกอบด้วยเซตของสัญญาณเฉพาะหรือระบบย่อยๆมารวมกันเป็นสัญญาณหรือระบบนั้นๆ สัญญาณเฉพาะนี้จะเป็นคลื่นเล็กๆซึ่งถูกเรียกว่า "เวฟเล็ต" (Wavelet) ลักษณะของเวฟเล็ตจะเป็นรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและขนาดของคลื่นจะลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วทั้งสองด้านดังรูปที่ 2.1 เป็นตัวอย่างของเวฟเล็ตชนิดหนึ่งเรียกว่า "เวฟเล็ตแม่" (Mother Wavelets) สังเกตว่ามันจะมีคุณสมบัติของเวฟเล็ตตามที่กล่าวมาทั้ง 2 เงื่อนไข คือมีการออสซิเลต ในลักษณะของสัญญาณไซน์ดังรูปที่ 2.2 รวมกับเงื่อนไขของการลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วในรูปที่ 2.3 โดยมันจะเกิดเงื่อนไขทั้งสองนี้พร้อมกัน จึงจะทำให้เกิดรูปคลื่นเล็กๆ ที่เรียกว่า "เวฟเล็ต" จากรูปที่ 2.1 โดยจะเกิดการคูณกันของฟังก์ชันออสซิเลต (Oscillate Function) และฟังก์ชันการลดลง (Decay Function) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3

การนำเวฟเล็ตหลายๆตัวมารวมกันเป็นเซตโดยจะเรียกว่า "เซตของเวฟเล็ต" (Wavelet Set) สมาชิกของเวฟเล็ตเซตจะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นสัญญาณที่เกิดจากต้นแบบอันเดียวกันต้นแบบของสัญญาณในเซตของเวฟเล็ตนี้

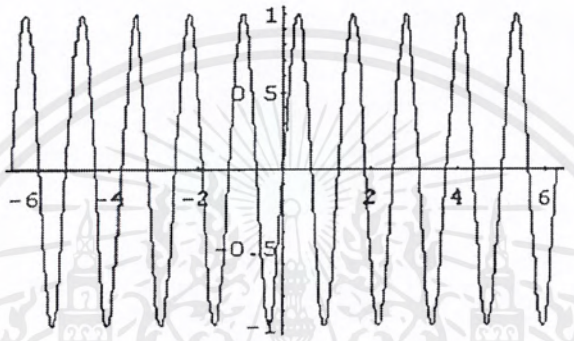
เวฟเล็ตจะมีคุณสมบัติของสัญญาณที่เกิดในช่วงเวลาที่สั้นๆ กล่าวคือเวฟเล็ตเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีขนาดที่ลดลงสู่ศูนย์ในทั้งสองด้าน



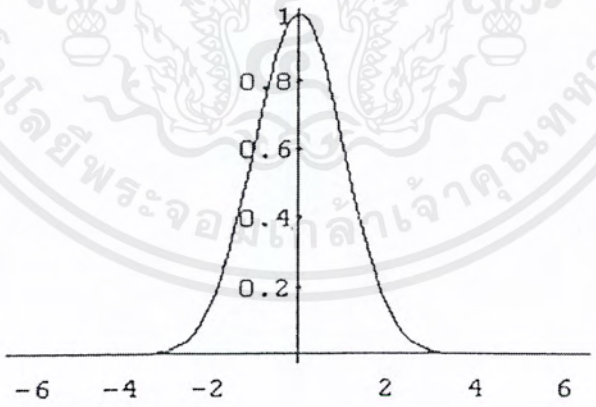
รูปที่ 2.1 Morlet mother wavelets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรูปที่ 2.1 จะประกอบด้วย ลักษณะทั้งสองด้าน คือ การเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากสัญญาณ Sine ในรูปที่ 2.2 และการลู่เข้าสู่ศูนย์ของสัญญาณในทั้งสองด้านจาก Window function ดังรูปที่ 2.3 เมื่อนำ function ทั้งสองมาคูณเข้าด้วยกัน จะได้เป็นสัญญาณของเวฟเล็ต ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2 สัญญาณของ Y = sine (5x)



รูปที่ 2.3 สัญญาณของ Y = Exp (-0.5^2)

รูปคลื่นเวฟเล็ตแต่ละตัวจะอยู่ภายในของเวฟเล็ตนี้ โดยคลื่นแต่ละคลื่นเกิดจากการแม่ที่ได้จะถูกนำไปสร้างเป็นสมาชิกตัวอื่นๆ ในเซตของเวฟเล็ต "การสเกล" (Scaling : "a") และ "การเลื่อนตำแหน่ง (Translation or Shifting : "b")" ของเวฟเล็ตแม่ตัวนี้การสเกลคือ การหดเข้า (Compressing) ในที่นี้ใช้ แทนพารามิเตอร์ของการหดเข้า ส่วนการเลื่อนตำแหน่งจะแทนด้วย "b"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

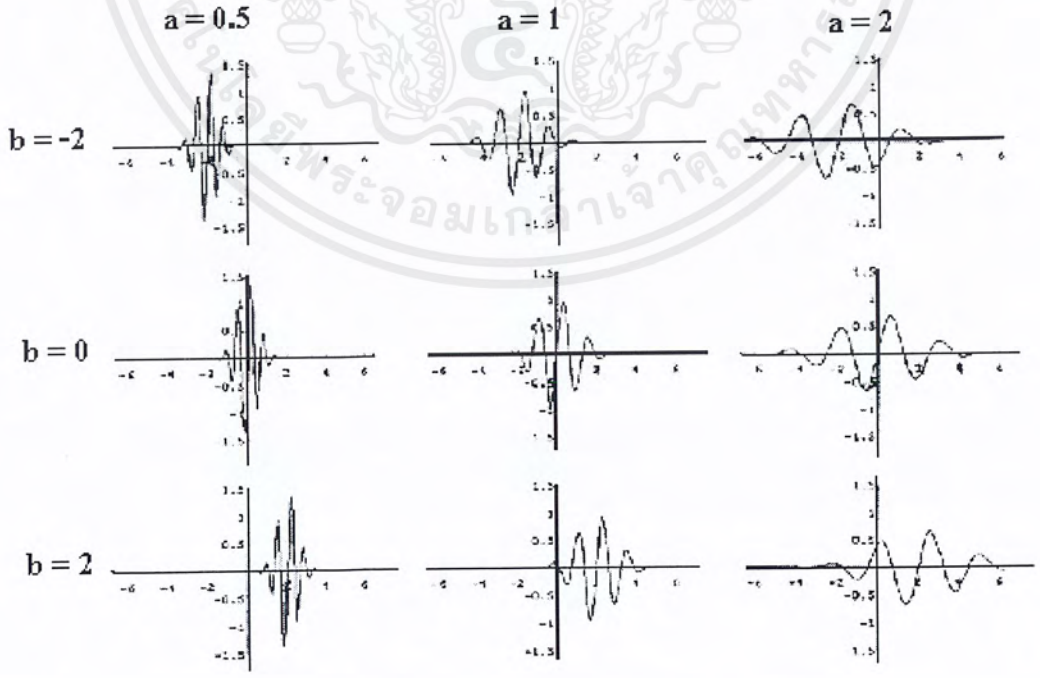
จะหมายถึง การเลื่อนตำแหน่งการเกิดของคลื่นเวฟเล็ตบนแกนเวลา ดังรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงการสเกลและเลื่อนตำแหน่งไปที่ค่า “a” และ “b” ที่ต่างๆ กัน โดยที่มันยังคงอยู่ภายในเซตของเวฟเล็ตที่สัมพันธ์กับเวฟเล็ตแม่ ในรูปที่ 2.1 ถ้าเรากำหนดให้ g(t) เป็น Function ของเวฟเล็ตแม่แล้วการสเกลด้วยพารามิเตอร์ของ “a” และการเลื่อนตำแหน่ง ด้วยพารามิเตอร์ของ “b” จะสามารถหาได้จากสมการ

$$g_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} g\left(\frac{t-b}{a}\right) \tag{2.1}$$

เมื่อ a ค่าอัตราส่วนของการสเกล

b การเลื่อนตำแหน่ง

ซึ่งการทำ Scaling และ Translation ตามแกนของเวลานี้ จะรวมเรียกว่า “Affine Operation” (การทำ Linear Mapping ร่วมกับการทำ Translation) และเพื่อสัญญาณที่ถูก “สเกล” และมีค่าของสัญญาณที่เท่าเดิม จึงจะต้องทำการ Normalization สัญญาณที่ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Scaling and Translation of Mother Wavelets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 จะสามารถสังเกตเห็นว่า ลักษณะจำนวนลูกคลื่นสัญญาณนั้นจะเหมือนกันทั้งหมด สมาชิกแต่ละตัวจะแตกต่างกันที่ ขนาดและตำแหน่งทางแกนเวลาเท่านั้น

2.2 ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต

ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต เป็นเครื่องมือทางด้านคณิตศาสตร์อย่างหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับสิ่งต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้อธิบายระบบ หรือสัญญาณเหล่านั้นได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ การที่จะนำทฤษฎีของเวฟเล็ตไปใช้งาน จึงอยู่บนพื้นฐานที่ว่า "การนำมาใช้งานนั้นมีประสิทธิภาพเพียงใด"

ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ตจะอธิบายสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้โดยการ โดยการแยกสิ่งเหล่านั้นออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยส่วนย่อยๆ เหล่านั้นคือ "เวฟเล็ตแม่ที่ถูกสเกลและเลื่อนตำแหน่ง" ขบวนการในการแยกสัญญาณออกเป็นส่วนๆ หรือการหาสัมประสิทธิ์นี้เราเรียกว่า "การแตกกระจายเวฟเล็ต" (Wavelet Decomposition) หรืออาจจะเรียกว่า "การแปลงเวฟเล็ต" และในทางกลับกันนั้นก็ต้องมีการรวมกลับของสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณเดิม เราเรียกว่า "การรวมกลับเวฟเล็ต" (Wavelet Reconstruction) หรือ "การแปลงผกผันเวฟเล็ต" (Inverse Wavelet Transform : IWT)

ในการแปลงเวฟเล็ตแบบต่อเนื่องของฟังก์ชัน $f(x)$ จะสามารถแสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์คือ

$$W_g[f(x)](a,b) = |a|^2 \int f(x) g^*\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \qquad (2.2)$$

เมื่อ g(x) เป็นฟังก์ชันของเวฟเล็ตแม่ และ g *(x) คือ Complex conjugate ของ g(x)

a = Scaling

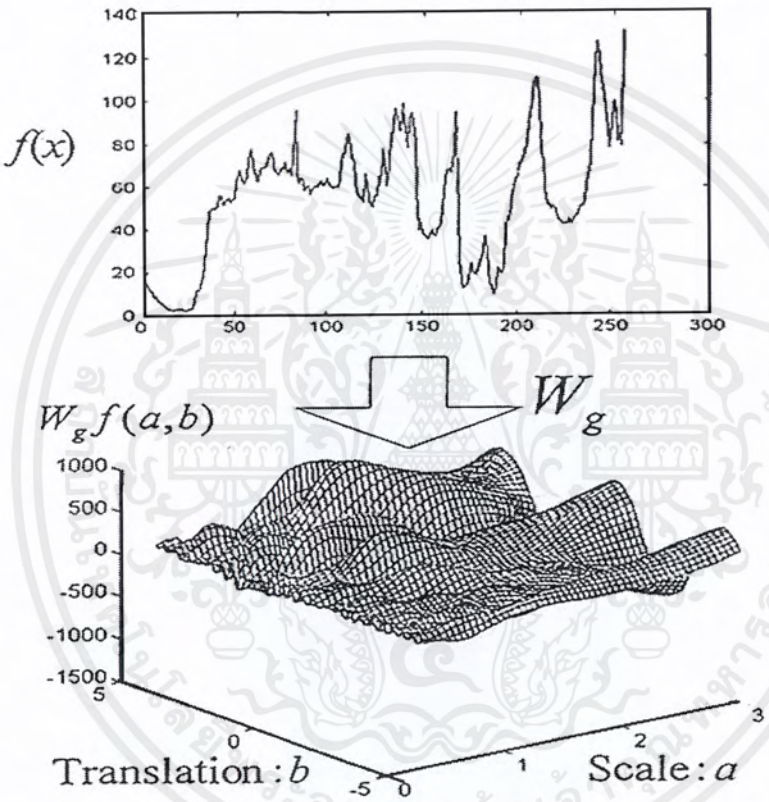
b = Translation

Wg [f(x)](a,b) แทนค่าของสัมประสิทธิ์ที่ได้

จากข้างต้นจะเห็นว่าการแปลงเวฟเล็ตจะเป็นการส่งผ่านฟังก์ชันที่มีตัวแปรอิสระ x ไปยังปฐมภูมิ (Space) ของฟังก์ชันที่เป็น 2 มิติของตัวแปรอิสระคือ a และ b ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตที่ a,b นี้จะ แสดงถึง ค่าสหสัมพันธ์ (Degree of Correlation) ระหว่าง เวฟเล็ตแม่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเกล a และเลื่อนตำแหน่ง b กับสัญญาณอินพุท f ที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยถ้าสัญญาณทั้งสองนี้มีความเหมือนกับมาก ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จะมีค่ามากตามไปด้วย โดยสัมประสิทธิ์ที่ได้คือ $Wg[f(x)](a,b)$ จะเรียกว่า "โดเมนของเวฟเล็ต" (Wavelet Domain)



รูปที่ 2.5 การแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณ $f(x)$ ในโดเมนของเวฟเล็ต g

สำหรับการแปลงเวฟเล็ตนั้น ในส่วนของเวฟเล็ตแม่ที่ถูกสเกลและเลื่อนตำแหน่งที่ต่างๆ (รูปที่ 2.4) จะมีจำนวนของรูปคลื่นสัญญาณที่เท่ากัน ซึ่งเหมือนกันกับ Windows Function ที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงตามความถี่ ถ้าหากค่าของ a น้อยกว่าหนึ่งขนาดของ Windows Function จะเล็กลง จำนวนของรูปคลื่นสัญญาณต่อหนึ่งหน่วยเวลาก็จะมากขึ้นตามลำดับ นั่นคือความถี่จะสูงขึ้น และถ้าจำนวนของรูปคลื่นสัญญาณต่อหนึ่งหน่วยเวลามีค่าน้อยก็จะหมายถึง ความถี่ต่ำ จะเห็นว่าค่าของช่วงเวลา กับช่วงของความถี่ จะมีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแปลงเวฟเล็ต

ในการกำหนดฟังก์ชันที่จะสามารถนำไปใช้เป็นเวฟเล็ตแม่ได้นั้น จะต้องมีคุณสมบัติของการแกว่งไป-มา และการลู่เข้าศูนย์ โดยจะฟังก์ชันเป็นที่สามารถหาพลังงานได้ (Finite Energy function : $L^2(R)$)g จะใช้เป็นเวฟเล็ตได้เมื่อ

$$c_g = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|G(\omega)|^2}{|(\omega)|} d\omega < \infty \qquad (2.3)$$

เมื่อ $G(\omega)$ Fourier Transform ของ g

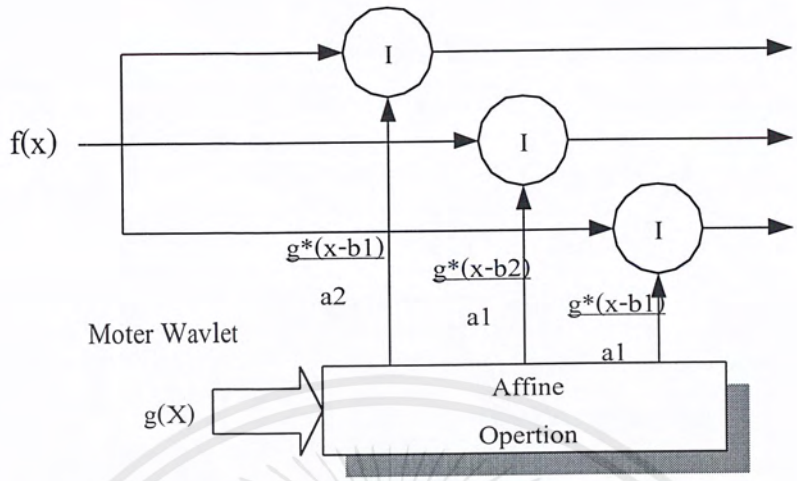
Cg ค่าพลังงานของ g

การที่ค่าพลังงานของเวฟเล็ตแม่มีค่าเป็นหนึ่งหน่วย จะทำให้เกิดคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ค่าพลังงานของสัมประสิทธิ์ที่ได้ในเวฟเล็ตโดเมน จะเท่ากับค่าพลังงานของสัญญาณที่อยู่ในโดเมนของเวลา หรือปฐมภูมิ และยังทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตที่ (a,b) ใดๆสามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้ สำหรับการแปลงเวฟเล็ตอย่างต่อเนื่อง (Continuos Wavelet Transform) นั้น คุณสมบัติที่ต้องการฟังก์ชันที่นำมาเป็นเวฟเล็ตแม่ จะมีเพียงดังที่กล่าวข้างต้น ซึ่งการเลือกใช้เวฟเล็ตขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้

เซตของค่าการแปลงเวฟเล็ตนี้ จะสามารถเป็นตัวแทนของสัญญาณและจากการแปลงผกผันของเวฟเล็ตแม่ตัวเดิมก็สามารถใช้ในการแปลงผกผันได้

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เปรียบเสมือนตัวประกอบย่อยของสัญญาณ ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณ ส่วนประกอบนั้นจะถูกฉายไปยังส่วนประกอบย่อย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าจำนวนจริง หรือจำนวนเชิงซ้อนที่เรียกว่า “ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต” (Wavelet Coefficient) ของสัญญาณ หรือฟังก์ชัน f ที่มีความสัมพันธ์กับเวฟเล็ตแม่ g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ขบวนการแปลงเวฟเล็ต

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีการเปรียบเทียบสัญญาณที่เรียกว่า (Correlation) ว่าสัญญาณทั้งสองมีความเหมือนกันมากสักเพียงใด สัญญาณ f จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณเวฟเล็ตแม่ g ที่ถูกสเกลและถูกเลื่อนออกไป ดังรูปที่ 2.6 Correlation จะแสดงด้วย I ที่อยู่ภายในวงกลม

ในการแปลงตามรูปที่ 2.6 นั้น เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "Analysis Filter" โดยจะทำการแตกกระจายสัญญาณออกเป็นส่วนย่อย ในการแปลงเวฟเล็ตผกผันนั้นสัญญาณเหล่านี้จะถูกนำกลับมารวมกันอีกครั้งหนึ่ง

2.4 การแปลงผกผันเวฟเล็ต

การปลงเวฟเล็ตผกผันเป็นการทำเพื่อให้ฟังก์ชันเดิมออกมา จะแสดงตามรูปที่ 2.7 ในการแปลงผกผันเวฟเล็ตจะแสงดตามสมการ

$$W_g^{-1} : W_g f(a,b) \longrightarrow f(x)$$

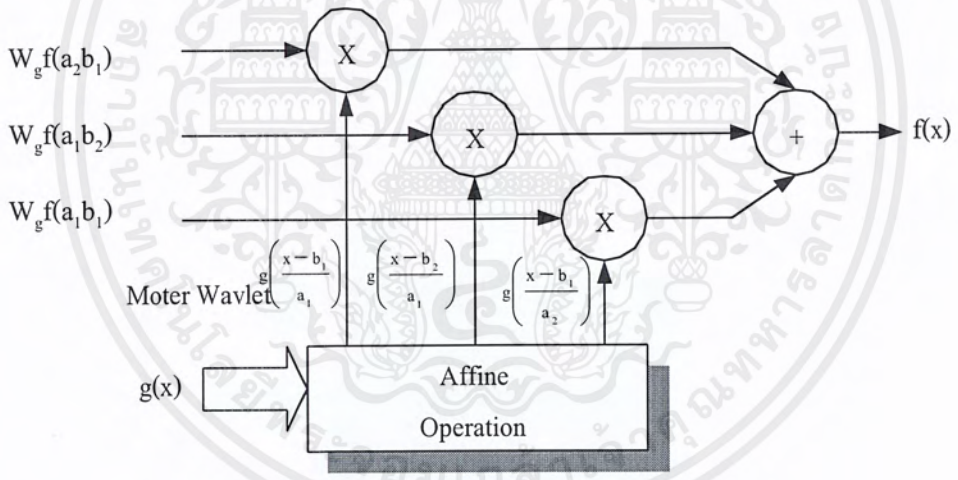
$$f(x) = \frac{1}{c_g} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_g f(a,b) \frac{1}{\sqrt{|a|}} g\left(\frac{x-b}{a}\right) \frac{dbda}{a^2} \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงเวฟเล็ตผกผันจะสร้างฟังก์ชันสัญญาณต้นฉบับขึ้นมาจากการรวมกันของสัญญาณเวฟเล็ตแม่ g ที่ถูกการสเกลและการเลื่อนตำแหน่งที่คูณกับค่าถ่วงน้ำหนัก (ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต: $Wgf(a,b)$) แต่กรณีที่การแปลงเวฟเล็ตนี้ใช้เวฟเล็ตแตกต่างไปจากตัวของเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ขบวนการแปลงเวฟเล็ตผลลัพท์ที่ได้จะเป็นสัญญาณหรือฟังก์ชันที่มีความแตกต่างกันออกไปจากฟังก์ชันของต้นฉบับคือ

$$f(x)=\frac{1}{c_g}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}W_g f(a,b)\frac{1}{\sqrt{|a|}}g\left(\frac{x-b}{a}\right)\frac{dbda}{a^2} \qquad (2.5)$$

$$f(x)\neq g(x)$$



รูปที่ 2.7 ขบวนการแปลงเวฟเล็ตผกผัน

2.5 การกระจายของพลังงานในเวฟเล็ตโดเมน

จากการที่สัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตเป็นตัวแทนของสัญญาณได้รูปแบบหนึ่งๆ มันมีจะคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่นเดียวกับสัญญาณนั้นๆ คุณสมบัติที่สำคัญของสัญญาณก็คือค่าพลังงานของสัญญาณนั้นๆ นั่นเอง ค่าพลังงานของสัญญาณจะแทนด้วย (Ef) จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ef = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 \, dt \tag{2.6}$$

เมื่อ Ef ค่าพลังงานของสัญญาณ

$f(x)$ สัญญาณ

ในโดเมนของการแปลงเวฟเล็ต ค่าความถี่ หมายถึง การสเกลค่าพลังงานไปตามสมการคือ

$$\Delta Ef = |Wgf(a,b)|^2 \, dadb/a^2 \tag{2.7}$$

และได้ค่าพลังงานรวมเป็น

$$Ef = (1/c) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Wgf(a,b)(1/\sqrt{|a|}) g((x-b)/a) dadb/a^2 \tag{2.8}$$

2.6 อนุกรมเวฟเล็ตเวลาต่อเนื่อง (Continuous Time Wavelet Series: CTWS)

ในทฤษฎีของฟูเรียร์ในการแปลงแบบต่อเนื่อง (Continuous Transform) จะใช้เฉพาะการพิสูจน์คุณสมบัติต่างๆ เท่านั้น แต่ในการประยุกต์ใช้งานจริง โดยการใช้ตัวประมวลสัญญาณในแบบดิจิตอลจะทำการใช้การแปลงแบบเต็มหน่วย (Discrete Transform) อนุกรมเวฟเล็ตต่อเนื่อง ซึ่งหัวข้อนี้จะหมายถึงการแปลงในโดเมนเวลาเท่านั้น (ค่าของความสำหรับการแปลงฟูเรียร์ หรือค่าของการสเกลและการเลื่อนตำแหน่ง สำหรับการแปลงเวฟเล็ตโดยไม่รวมไปถึงตัวแปรอิสระที่นำมาทำการแปลง เช่น ค่าของเวลา) ขบวนการแปลงเวฟเล็ตที่อธิบายข้างต้นนี้ เรียกว่า "อนุกรมเวฟเล็ตเวลาต่อเนื่อง"

ในอนุกรมเวฟเล็ตเวลาต่อเนื่องนี้ จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จะมีจำนวนจำกัด (ในกรณีของเวฟเล็ตต่อเนื่องจะมีค่าเป็นอนันต์) ค่าสัมประสิทธิ์จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามค่าของการสเกล ที่กำหนดโดยตัวเลขจำนวนเต็ม m และค่าของการเลื่อนตำแหน่ง จะถูกกำหนดโดยตัวเลขจำนวนเต็ม n ดังนั้นค่าของการสเกล (a) และค่าของการเลื่อนตำแหน่ง (b) จะเป็น

$$a = a_0^m \tag{2.9}$$

$$b = nb_0 a_0^m \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

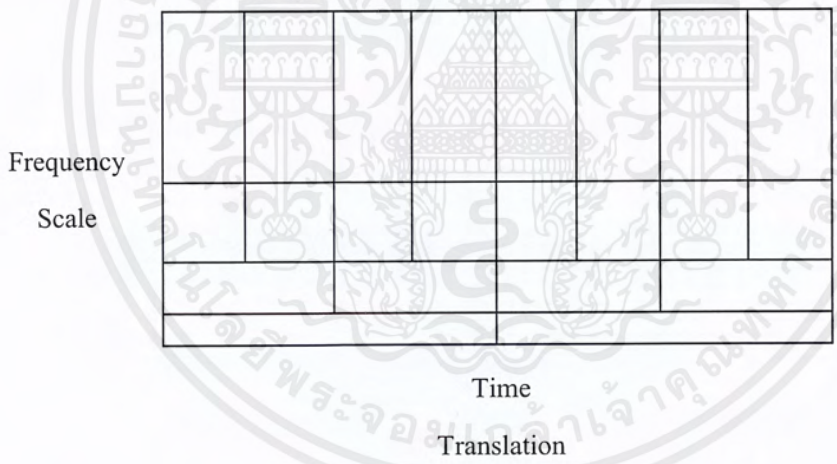
เมื่อ a_0 ช่วงของ Scale

b_0 ช่วงของ Translation

เมื่อนำมาแทนสมการที่ 2.3 แล้วสมการของอนุกรมเวฟเล็ตต่อเนื่องจะได้ดังสมการ

$$Wgf_{(m,n)} = a_0^{-m/2} \int_{-\infty}^{\infty} f_{(x)} g(a_0^{-m} x - nb_0) dx \tag{2.11}$$

ซึ่งสมการข้างต้นยังใช้การอินทิเกรตเนื่องจากสัญญาณ $f(x)$ และเวฟเล็ตแม่ $g(x)$ นั้นยังเป็นเวลาแบบต่อเนื่อง และเช่นเดียวกับการแปลงเวฟเล็ตต่อเนื่อง ค่าของสัมประสิทธิ์ก็จะเป็นตัวแทนของสัญญาณ Wavelet Domain แต่ในเวฟเล็ตจะใช้แต่ค่าของ Scale ที่อยู่ในช่วงบวกเท่านั่น



รูปที่ 2.8 ความละเอียดในการสเกลตามแกนเวลาของอนุกรมเวฟเล็ตเวลาต่อเนื่อง

จากตัวอย่างรูปที่ 2.4 ที่ผ่านมา ที่ค่าของการสเกลมีค่ามากๆ เวฟเล็ตที่ได้จะเป็นเวฟเล็ตแม่ที่ถูกยืดออกตามแกนเวลา ซึ่งคาบเวลาที่นานขึ้นจะทำความละเอียดตามแกนเวลาลดลง ดังแสดงตามรูปที่ 2.8 และสำหรับที่ค่าของการสเกลมีค่าน้อยๆ เวฟเล็ตที่ได้จะมีขนาดลดลงตามแกนของเวลา คาบเวลาที่ลดลงมีผลทำให้ความละเอียดตามแกนของเวลามากขึ้น แต่ความละเอียดทางแกนความถี่จะลดลง ดังช่องในส่วนบนของรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนอกจากนี้รูปที่ 2.8 ยังแสดงถึงการเกิดและลำดับของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยจากที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ ช่องสี่เหลี่ยมแต่ช่อง จะเป็นตัวแทนของเวฟเล็ตแม่ที่สเกลและเลื่อนตำแหน่งที่ต่างๆกัน ซึ่งจะนำไปสู่การหาค่าของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต นั้นๆ ค่าของเวฟเล็ตที่ค่า สัมประสิทธ์เวฟเล็ต ที่ระดับของการสเกลมี่ค่ามากก็จะเวลาในการประมวลผลนาน จากเวฟเล็ตแม่ที่ยืดออกนั้นเอง ดังนั้นชั้นของค่าสัมประสิทธิ์ที่สัมพันธ์กับระดับของการสเกลที่มากขึ้น จะได้จำนวน สัมประสิทธิ์ต่อหน่วยเวลาที่น้อยกว่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าของการสเกลน้อยๆลงไป เนื่องจากขนาดของเวฟเล็ตแม่ที่สั้นทำให้เวลาในการประมวลผลน้อยลง และเมื่อพิจารณาตามแกนของเวลาจะพบว่าค่าของสัมประสิทธิ์ที่ระดับการสเกลที่มากจะมีค่าซ้ำซ้อนในขณะที่สัมประสิทธิ์ที่ระดับการสเกลน้อยๆค่าก็จะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการซ้ำซ้อนของสัมประสิทธิ์ จึงจำเป็นต้องตัดส่วนที่ซ้ำกันออกไป ซึ่งเรียกว่า “Sub Sampling” นั้นเอง

2.7 อนุกรมเวฟเล็ตเต็มหน่วยเวลา (Discrete Time Wavelet series)

นอกเหนือจากการแปลงเวฟเล็ตที่มีค่าของการสเกล และการเลื่อนตำแหน่งแบบเต็มหน่วยแล้ว ค่าของแกนเวลาก็สามารถเป็นแบบเต็มหน่วยได้เช่นกัน เช่น ลำดับของตัวเลข สามารถนำมาใช้กับการแปลงเวฟเล็ตได้ ซึ่งเรียกว่า “อนุกรมเวฟเล็ตเต็มหน่วยเวลา” (DTWS) การแปลงแบบ DTWS มีสมการของการแปลงดังนี้

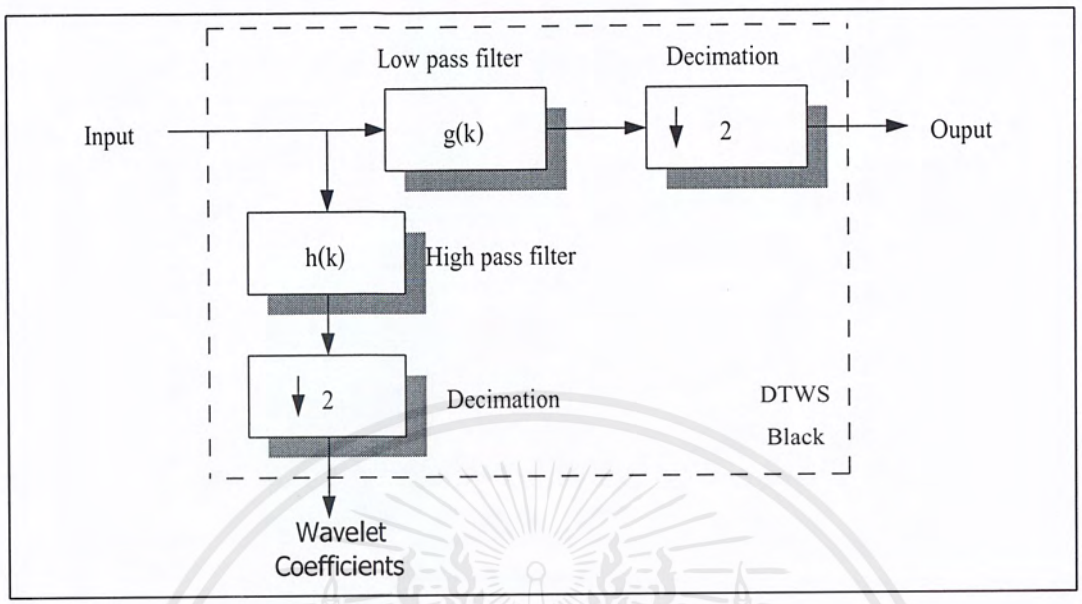
$$W_h f_{(m,n)} = a^{-m/2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} f_{(k)} h(a_0^{-m} k - n b_0) \qquad (2.12)$$

สมการข้างต้น $h(k)$ แทนตัวเวฟเล็ตแม่ เพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีการกรองสัญญาณ และจากการที่ $h(k)$ เป็นเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยเวลา ดังนั้นที่ค่าของ k ที่ไม่เป็นจำนวนเต็มค่าของ $h(k)$ ก็จะได้จากการประมาณค่า

2.8 รูปแบบการแปลงเวฟเล็ตเต็มหน่วยเวลา

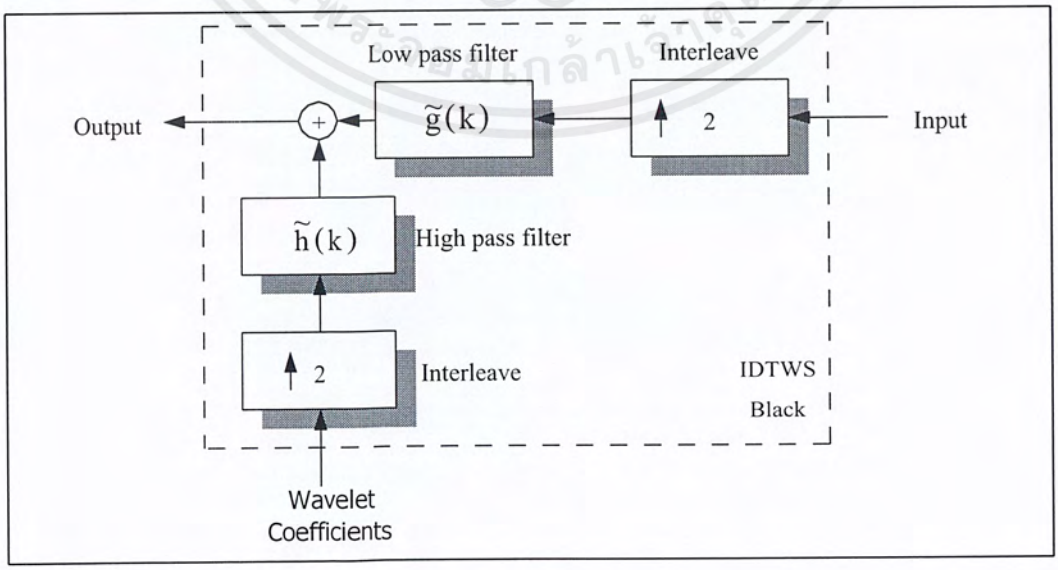
การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยเวลานี้ ทั้งค่าในทางโดเมนของเวลา และโดเมนของการสเกล-การเลื่อนตำแหน่งเป็นจำนวนเต็มหน่วย ที่ค่าอัตราส่วนการย่อหรือลดลงของแกนเวลา (Scale) เท่ากับ 2 แล้วทำการสเกล ด้วยค่าอัตราส่วนของทั้งสองนี้ซึ่งสามารถกระทำได้ง่าย และมีประสิทธิภาพ โดยการตัดหรือการสุ่มข้อมูลนั้นออกไปครึ่งหนึ่งวิธีการนี้เรียกว่า “Decimation” หรือ “Sub Sampling” ด้วยค่าของ 2 รูปแบบทั่วไปของการแปลงเวฟเล็ตที่มีค่าการลดขนาดเป็นค่ากำลังสองก็จะได้ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 กระบวนการ DWTS ที่มีการทำสเกลเท่ากับ 2

การแปลงเวฟเล็ตผกผัน หรือ "การรวมกลับเวฟเล็ต" (Wavelet Reconsider) แบบเต็มหน่วยเวลา (Inverse Discrete Time Wavelet Transfer: IDWTS) มีหลักการคล้ายกับการแปลงเวฟเล็ต ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ต่างกันคือ จะมีการรับสัญญาณทางความถี่ต่ำและค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตมาทำการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ขึ้นมา และเปลี่ยนจากการลดขนาดลงกึ่งหนึ่งเป็นการเพิ่มให้มีขนาดโดยการแทรกศูนย์แก่ข้อมูลทางความต่ำและค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กระบวนการ IDWTS ที่มีการสเกลเท่ากับ 2

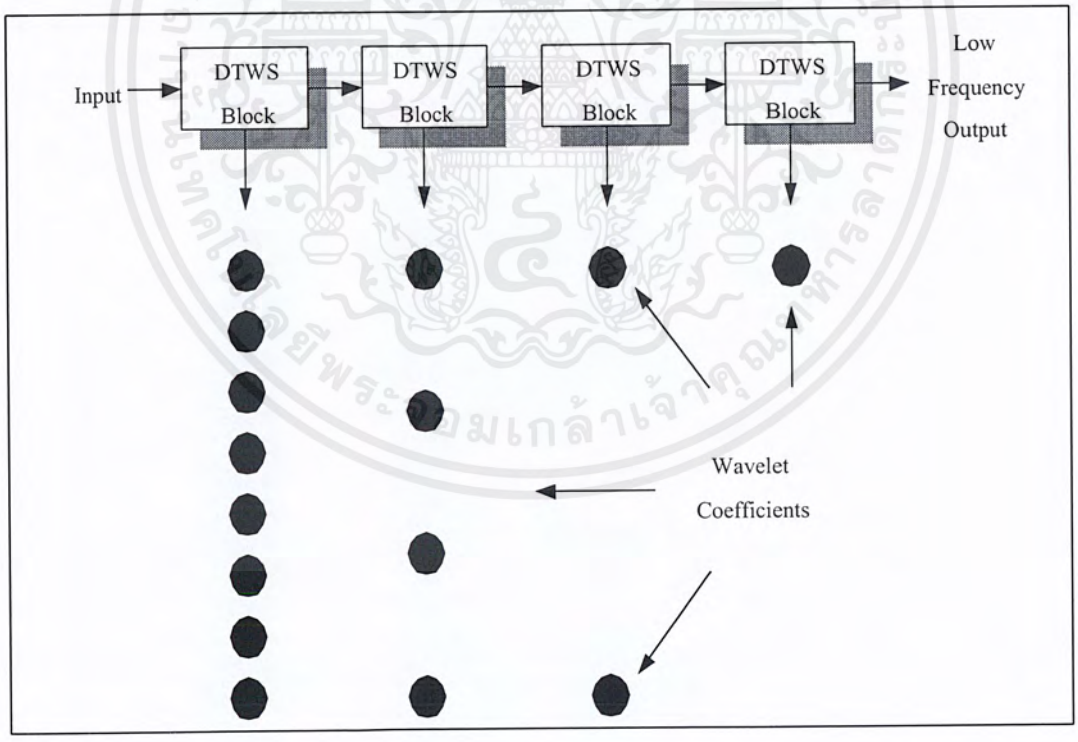
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับ (Multi Resolution)

เมื่อทำการแปลงเวฟเล็ตแบบที่เงื่อนไขเฉพาะต่างๆ ในการแปลงเวฟเล็ตแบบการแปลงเวฟเล็ตแบบมัลติรีโซลูชั่น ดูจะเป็นกรณีที่ใช้กันมากที่สุดในการแปลงเวฟเล็ตแบบมัลติรีโซลูชั่น นั้น ฟังก์ชันที่นำมาเป็น เวฟเล็ตแม่ อาจจะมีคุณสมบัติแบบ Non Orthogonal หรืออื่นๆ ก็ได้

ข้อกำหนดเบื้องต้นของตัวเวฟเล็ตแม่หรือการกรองความถี่สูง มันจะต้องสัมพันธ์กับฟังก์ชันที่เป็น การสเกล หรือการกรองความถี่ต่ำด้วยการแปลงเวฟเล็ต จะทำให้การแปลงเวฟเล็ต ที่ระดับการสเกลต่างๆ สามารถที่จะทำได้โดยใช้ ฟังก์ชันการสเกล (Low Pass Filter) และฟังก์ชันเวฟเล็ต (High Pass Filter) เพียงตัวเดียว ซึ่งสามารถทำงานง่ายในทางปฏิบัติ

จากรูปที่ 2.11 เห็นได้ว่าสัญญาณอินพุต ถูกป้อนเข้าทางด้านซ้ายมือ ค่าของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตจะได้ออกมาทางด้านล่าง ซึ่งมีจำนวนสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตที่ลดลงเรื่อยๆและสุดท้ายส่วนของสัญญาณความถี่ต่ำที่เหลือจะได้ออกมาทางด้านขวามือ สัญญาณและค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ออกมาทั้งหมดนี้ก็จะเป็นตัวแทนของสัญญาณในโดเมนของเวลานั่นเอง

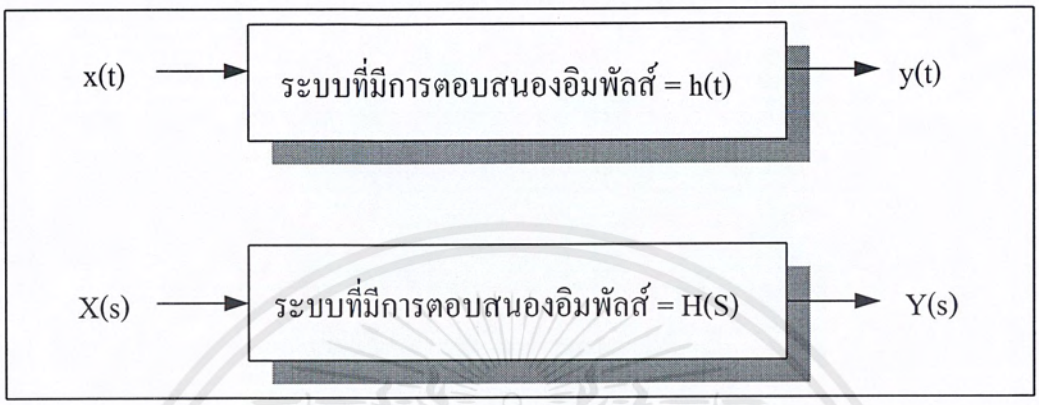


รูปที่ 2.11 ขบวนการแตกกระจายเวฟเล็ต DWTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

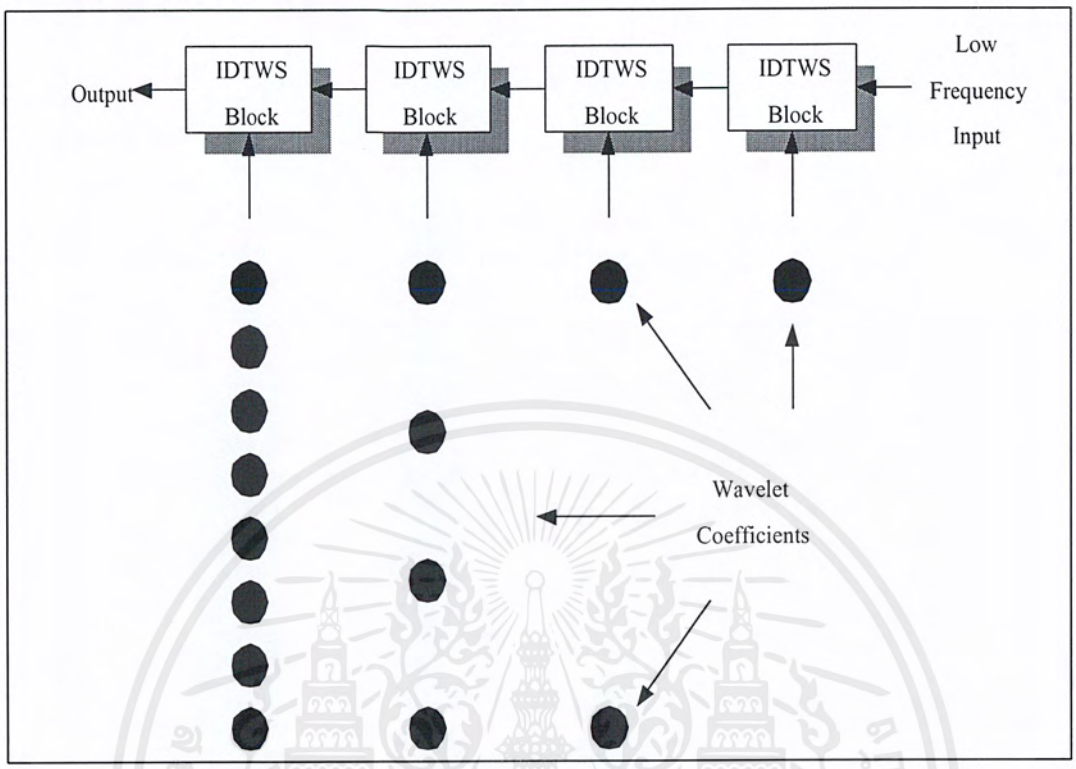
จะสังเกตเห็นว่าการคอนโวลูชั่นของสัญญาณนั้นจะมีความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ แต่การใช้การแปลงลาปลาซจะช่วยทำให้การการคอนโวลูชั่นง่ายขึ้น (เป็นแค่การคูณ) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การคอนโวลูชันของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40160



รูปที่ 2.12 การรวมกลับเวฟเล็ตด้วย IDTWS

จากรูปจะมีการทำงานที่กลับกันกับขบวนการ DWTS โดยที่ IDTWS จะเป็นการแปลงกลับหรือแปลงผกผันจะรับสัญญาณความถี่ต่ำ และค่าของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพื่อนำมาสังเคราะห์หรือสร้างสัญญาณในโดเมนของเวลาออกมา สำหรับการลดขนาดของสัญญาณลงไปครึ่งหนึ่ง หรือการ Up Sampling ด้วยอัตราส่วนของสองนี้ จะถูกแทนด้วยกระบวนการที่กลับกัน กระบวน Up Sampling ที่จะแทรกข้อมูล 0 เข้าไปในแต่ละของการสุ่ม

ณ เวลาที่ t = τ และระบบมีการตอบสนองอิมพัลส์ (Impulse Response) = $h(t)$ จะได้ว่า

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau \tag{2.13}$$

หรือ

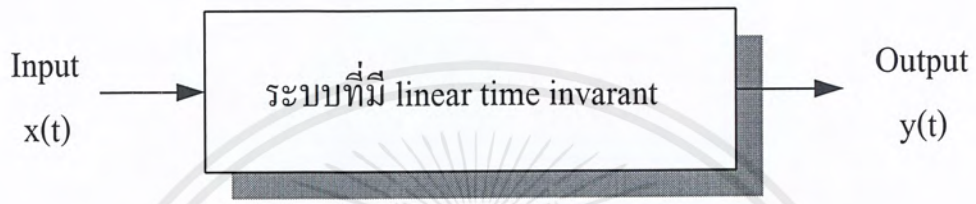
$$y(t) = h(t) * x(t) \tag{2.14}$$

เมื่อ * แทนการคอนโวลูชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ผลบวกการประสาน (Convolution)

การคอนโวลูชัน (Convolution) เป็นหลักการที่สำคัญอันหนึ่งในระบบประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) บางครั้งจะถูกเรียกว่า "การกรองแบบเชิงเส้น" (Linear Filtering) ถ้าพิจารณาระบบเชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Linear Time Invariant) ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ระบบเชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

เมื่อกำหนดให้ $x(t)$ แทนสัญญาณเข้า

$y(t)$ แทนสัญญาณออก

2.10.1 สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete- time Convolution)

สัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางเวลา สามารถที่จะใช้แบบจำลองของ (Ordinary Differential Equation: ODE) และนอกจากนั้นอาจถูกแทนด้วยการแปลงลาปลาซ หรือฟูเรียร์ เพื่อการวิเคราะห์เชิงสัญญาณเช่นกัน การแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time Convolution) กับสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา

2.10.2 การแทนสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาในโดเมนเวลา

ในการแทนสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาในโดเมนเวลา โดยที่จะพิจารณาการคอนโวลูชันแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete time Convolution) ซึ่งสรุปคร่าวๆดังนี้

เมื่อแทน n = j และระบบที่มีการตอบสนองอิมพัลส์ = $h[n]$ จะได้

$$y[n] = \sum_{i=0}^{\infty} h[n-j]x[j] \tag{2.15}$$

หรืออาจเขียนได้อีกแบบคือ

$$y[n] = h[n] * x[y] \tag{2.16}$$

เมื่อ * แทนการคอนโวลูชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการคอนโวลูชั่นอยู่แล้วนั้นคือ ฟังก์ชันการ Conv ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

c = conv(a,b) ; เวกเตอร์ b คอนโวลูชั่นกับเวกเตอร์ a

<u>ตัวอย่างเช่น</u> กำหนดให้ a = [1 3 4 5] และ b = [2 6 1] จงหาผลลัพธ์ของ a*b

<u>วิธีทำ</u>

0 0 1 3 4 5

→ 1 6 2

1. นำเมตริกซ์ a และเมตริกซ์ b มาคูณกันเหมือนกับการคูณเมตริกซ์ โดยที่ค่าในเมตริกซ์ b ซึ่งมีค่าของ 2 เป็นค่าตัวแรกของเมตริกซ์ b มาคูณกันจะได้ค่าดังนี้

$(2\times1)+(6\times0)+(1\times0)=2$; ค่าที่ 1

2. ทำการสเกลและเลื่อนตำแหน่งตัวแปรในเมตริกซ์ b ไปเรื่อยๆ จนครบหมดทุกตัวในเมตริกซ์ a ดังนี้

0 0 1 3 4 5

→ 0 1 6 2

จะได้ $(2\times3)+(6\times1)+(1\times0)=12$; ค่าที่ 2

0 0 1 3 4 5

→ 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times4)+(6\times3)+(1\times1)=27$; ค่าที่ 3

0 0 1 3 4 5

→ 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times5)+(6\times4)+(1\times3)=37$; ค่าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 0 1 3 4 5 0

→ 0 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times 0)+(6\times 5)+(1\times 4)=34$; ค่าที่ 5

0 0 1 3 4 5 0 0

→ 0 0 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times 0)+(6\times 0)+(1\times 5)=5$; ค่าที่ 6

ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 12 27 37 34 5

หมายเหตุ

ค่าศูนย์ที่เพิ่มขึ้นทั้ง ด้านหน้า และด้านหลังของกลุ่มข้อมูล เพื่อทำให้สามารถทำการคำนวณตามหลักการคอนโวลูชั่น ด้ครบทุกค่า

เมื่อจะทำการหาค่าของการคอนโวลูชั่นโดยใช้คำสั่งการคำนวณของโปรแกรม MATLAB ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

```
a = [1 3 4 5] ;
b = [2 6 1];
Conv(a,b);
```

ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 12 27 37 34 5

2.11 การประยุกต์ใช้งาน

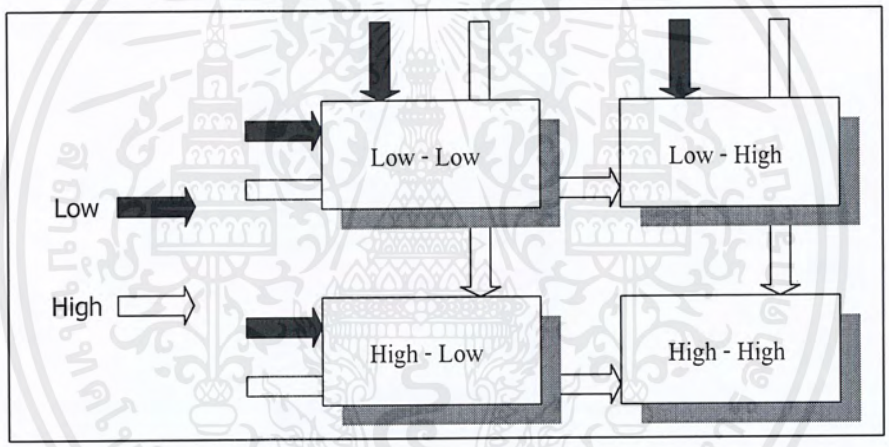
ในการทำการแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับจะได้คุณสมบัติของการแปลงแบบ Orthogonal ที่เหมาะการใช้งานในการประยุกต์ใช้กับการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนของการแปลงเวฟเล็ต โดยได้นำวิธีการของ หลายระดับ ซึ่งได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.9

จากข้อมูลภาพที่เป็นสัญญาณสองมิตินี้ โดยขบวนการแปลงเวฟเล็ตจะใช้สัญญาณสองมิติหรืออาจจะใช้เป็นสัญญาณหนึ่งมิติก็ได้ แต่การทดลองนี้จะนำสัญญาณภาพสองมิติมาทำการเข้าขบวนการแปลงเวฟเล็ตโดยการคอนโวลูชั่นแต่ละจุดภาพ โดยการแยกตามแนวแกนตั้งและแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนนอน ข้อมูลที่ได้จากการแยกเรียกว่า “เส้นภาพ” เส้นภาพในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนในแต่ละเส้นภาพจะเป็นสัญญาณหนึ่งมิติ ซึ่งจะถูกนำมาเข้าขบวนการแปลงเวฟเล็ตจนครบทุกเส้นภาพ ดังนั้นจะได้ผลการทดลองออกมาจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ต ในแต่ละเส้นภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ข้อมูลนี้จะนำไปเข้าขบวนการแปลงเวฟเล็ตอีกครั้งหนึ่ง ดังขั้นตอนการทดลองในบทที่ 3 และบทที่ 4

จากวิธีการการแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับ ที่มีค่าอัตราของการสเกลเท่ากับสองนั้น ผลที่ได้นั้นจะแบ่งสัญญาณออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกจะเป็นความถี่สูง (High Pass Filter) และส่วนของความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) โดยเมื่อข้อมูลภาพถูกนำไปทำการแปลงเวฟเล็ตจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตของสัญญาณออกเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.15



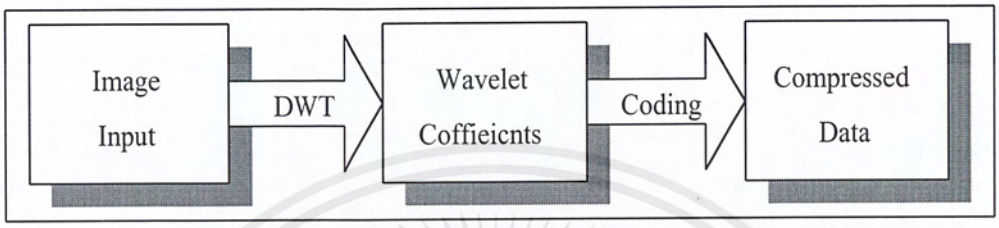
รูปที่ 2.15 การแปลงเวฟเล็ตของสัญญาณ

ซึ่งในการแปลงเวฟเล็ตจะทำการแบ่งแยกสัญญาณออกเป็น 4 ส่วนคือ (Low-Low), (High-Low), (Low -High) และ (High-High) โดย Low คือเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำและ High คือเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูล (Low-Low) ไปใช้เพื่อทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ได้อีก ซึ่งจะมีขั้นตอนเดียวกันกับการแตกกระจายข้างต้น เพื่อทำให้ขนาดของของข้อมูลลดลง และได้สัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพื่อใช้ในการบีบอัดข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเล็ต ในการบีบอัดข้อมูลภาพ

ขบวนการการบีบอัดข้อมูลภาพจะกระทำกับค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตที่ได้จากกระบวนการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพ

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้หลังจากการผ่านขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ ก็จะนำมาทำการเข้าขบวนการเข้ารหัส (Coding) เพื่อให้ขนาดของข้อมูลมีขนาดลดลง ซึ่งในขบวนการนี้ข้อมูลบางส่วนอาจเกิดการสูญเสียไปตามแต่วิธีการเข้ารหัส สำหรับรายละเอียดของขบวนการหรือขั้นตอนการลดขนาดของข้อมูลภาพนี้จะได้อธิบายในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

3.1 หลักการศึกษา

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม MATLAB Version 5.3 เป็นเกณฑ์ โดยจะนำเอาฟังก์ชันเวฟเล็ต มาเป็นตัวลดขนาดของข้อมูลภาพ ซึ่งจะใช้ทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ตเป็นตัวดำเนินการแปลงเวฟเล็ต ซึ่งในบทนี้จะเป็นการอธิบายขั้นตอนการลดขนาดข้อมูลภาพ ซึ่งจะมีหัวข้อต่างๆ

ในขบวนการลดขนาดข้อมูล (Data Compression) หมายถึง ขบวนการที่ใช้เพื่อทำให้ข้อมูล (Data) นั้นมีขนาดลดลง ซึ่งในการลดขนาดข้อมูลภาพนั้นก็จะมีระดับความสว่างของจุดภาพในแต่ละจุดมารวมกันเพื่อการสื่อความหมายของภาพ ซึ่งจะมีส่วนที่ไม่จำเป็นที่เราสามารถตัดออกไปได้โดยที่ไม่ทำให้ภาพนั้นเปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้นขบวนการลดขนาดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต ก็จะเป็นการลดจำนวนของข้อมูลภาพที่ใช้แทนภาพนั้นๆ มีหลักการ คือ การตัดข้อมูลภาพในส่วนเกินที่ไม่จำเป็นออก ทำให้ข้อมูลภาพนั้นมีจำนวนน้อยลงก่อนที่จะนำมาจัดเก็บ และเมื่อนำข้อมูลภาพนั้นมาใช้งานก็จะทำการแปลงผกผันข้อมูลภาพออกมา (Decompression) กลับมาเป็นข้อมูลภาพที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพเดิมต่อไป

3.2 การเกิดค่าความผิดพลาดในขบวนการแปลงเวฟเล็ต

ในขบวนการหรือขั้นตอนของการบีบอัดข้อมูลภาพ จะมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นในขบวนการหรือขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนมี 2 วิธีด้วยกัน คือ

3.2.1 ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการรับรู้ของมนุษย์

เนื่องจากสายตาของมนุษย์จะตอบสนองต่อระดับความสว่างของภาพของภาพในส่วนต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากันดังนั้นระดับความสว่างของภาพบางส่วนจึงไม่มีความหมายต่อการรับรู้ของข้อมูลภาพนั้น ๆ ซึ่งรายละเอียดของภาพในส่วนที่ไม่มีความหมายนี้เรียกว่า “Chovisual Redundant” สามารถตัดอกไปได้ โดยไม่ทำให้ความหมายของภาพในการรับรู้เปลี่ยนไป โดยทั่วไปตาของมนุษย์จะสังเกตถึงคุณลักษณะที่จะแบ่งแยกวัตถุหรือสิ่งต่างๆ ออกจากกันได้ การรวมตัวเข้ากันเป็นตัววัตถุหรือรูปร่างต่างๆ และสมองของมนุษย์จะทำการแยกแยะรูปร่างหรือวัตถุนั้นออกมา โดยการเปรียบเทียบกับสิ่งที่เคยเห็นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ค่าความผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณ

ค่าของปริมาณของข้อมูลภาพที่มีการสูญเสียหรือผิดพลาดไปจะสามารถอธิบายได้ในรูปของฟังก์ชันของภาพต้นแบบ กับภาพที่ได้หลังจากผ่านขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพแล้วซึ่งวิธีการหาค่าเหล่านี้ จะเป็นการวัดคุณภาพหรือความเหมือนกันในเชิงปริมาณ ซึ่งวิธีอย่างง่าย โดยการทำข้อมูลต้นแบบมาลบกับข้อมูลหลังการบีบอัดข้อมูลดังสมการ

$$e(x,y) = \sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}[f'(x,y)-f(x,y)] \tag{3.1}$$

และในส่วนการหาค่าผิดพลาดของข้อมูลภาพจะได้ดังสมการ

$$e_{rms} = \left[\frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}\left[f'(x,y)-f(x,y)\right]^2\right]^{\frac{1}{2}} \tag{3.2}$$

เมื่อ M คือค่าของจำนวนเส้นภาพ

N คือค่าของจำนวนจุดภาพตามแนวนอน

และในการหาค่าของ Root–Mean Square Error (e_{RMS}) คือ รากที่สองของค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของทั้งรูป ดังสมการ (e_{RMS}) และอีกวิธีหนึ่งคือ การวัดคุณภาพหรือความเหมือนในเชิงปริมาณ โดยการหาค่า Mean–Square Signal–Noise (SNR_{RMS})

$$SNR_{rms} = \left[\frac{\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f'(x,y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}\left[f'(x,y)-f(x,y)\right]^2}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{3.3}$$

3.3 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

ในส่วนของการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต สามารถที่จะอธิบายออกเป็นขั้นตอนได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจ ในขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพได้โดยละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตได้ดังนี้ คือ

3.3.1) การแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต

3.3.2) การลดขนาดของค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

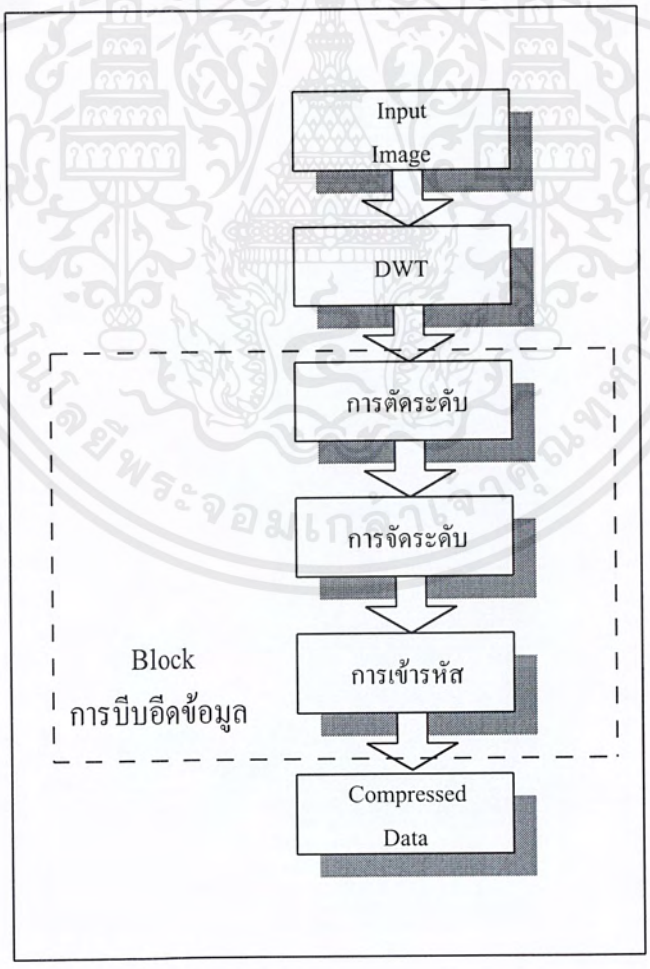
ในการลดขนาดของค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อที่จะบีบอัดข้อมูลภาพให้มีจำนวนน้อยลง เพื่อความสะดวกในการแปลงเวฟเล็ต โดยสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนพื้นฐานได้ดังนี้ คือ

3.3.2.1) ขั้นตอนการตัดระดับ

3.3.2.2) ขั้นตอนการจัดระดับ

3.3.2.3) ขั้นตอนการ เข้ารหัสข้อมูล

จากขั้นตอนของการบีบอัดข้อมูลภาพ สามารถที่จะนำมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงขั้นตอนขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1

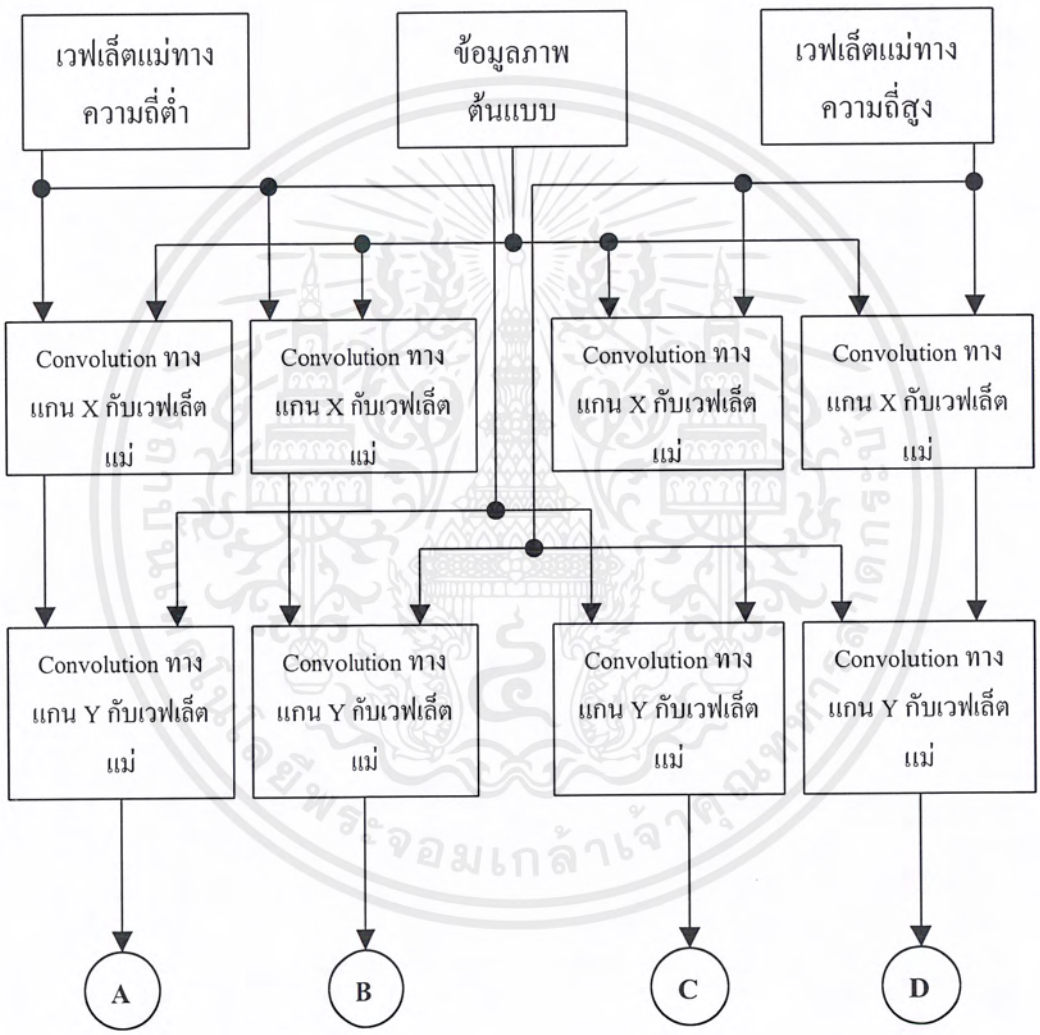


รูปที่ 3.1 ขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

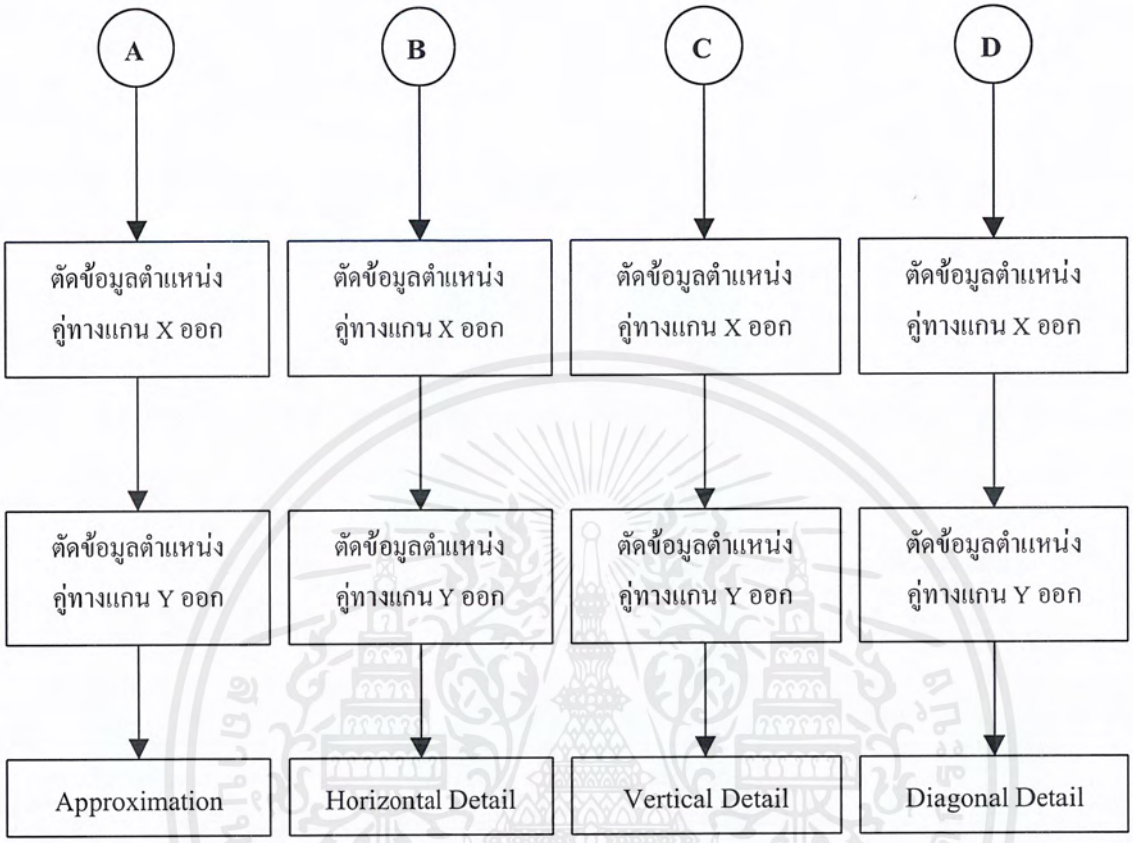
3.3.1 การแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต

ในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต สามารถที่จะแบ่งขั้นตอนของการแปลงเวฟเล็ตได้ ดังแสดงตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขบวนการแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 (ต่อ) ขบวนการแปลงค่าสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต

จากรูปที่ 3.2 เป็นการอธิบายขบวนการทำงานของการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยอ้างอิงจากทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต และการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลภาพนั้น ซึ่งขบวนการแปลงเวฟเล็ตดังรูปที่ 3.2 ซึ่งผลของการแปลงจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ ทั้งหมด 4 ค่า ด้วยกัน คือ

1) Approximation

2) Horizontal Detail

3) Vertical Detail

4) Diagonal Detail

โดยขบวนการที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าจะมีความเหมือนกันในทุกๆ ของค่าสัมประสิทธิ์ เพียงแต่ค่าของเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ ในการคำนวณจะแตกต่างกันเท่านั้น ซึ่งขบวนการแปลงเวฟเล็ต จะทำการแบ่งแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของค่าในทางด้านความถี่ต่ำและด้านความถี่สูง เพื่อที่จะใช้ในการคำนวณการหาค่าสัมประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณเพื่อที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์นั้น เนื่องจากข้อมูลภาพเป็นข้อมูลแบบ 2 มิติ ดังนั้น ในการคำนวณต้องแยกการคำนวณเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การคำนวณทางด้านแกน X และการคำนวณทางด้านแกน Y ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการเลือกเวฟเล็ตแม่ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าทั้ง 2 ค่า ในทางแกน X และทางแกน Y โดยจะกำหนดได้ ดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ Approximation จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ (Low Pass) เพื่อการคำนวณในทางแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ (Low Pass) เพื่อคำนวณในทางแกน Y หรืออาจจะกำหนดให้เป็นค่าของ (Low, Low)

2) ค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ Horizontal Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ (Low Pass) เพื่อการคำนวณทางแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่สูง (High Pass) เพื่อใช้ในการคำนวณทางแกน Y หรืออาจจะกำหนดให้เป็น ค่าของ (Low, High)

3) ค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ Vertical Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่สูง (High Pass) เพื่อใช้คำนวณในทางแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ (Low Pass) เพื่อใช้ในการคำนวณทางแกน Y หรืออาจจะกำหนดให้เป็น ค่าของ (High, Low)

4) ค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ Diagonal Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทาง ด้านความถี่สูง (High Pass) เพื่อใช้คำนวณทางแนวแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่สูง (High Pass) เพื่อใช้คำนวณทางแกน Y หรืออาจจะกำหนดให้เป็น ค่าของ (High, High)

ส่วนในการคำนวณนั้น จะเป็นการนำวิธีการของการคอนโซลูชั่น (Convolution) กันระหว่างข้อมูลภาพกับค่าของเวฟเล็ตแม่ หลังจากการคอนโซลูชั่นทั้งแนวแกน X และแนวแกน Y แล้วจะทำการลดขนาดสัมประสิทธิ์โดยการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ออก จึงทำให้ขนาดของค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต มีขนาดเป็น ครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับขนาดข้อมูลภาพต้นแบบ

<u>สรุปขั้นตอนการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต</u>

1) ทำการเลือกรูปภาพที่จะใช้เป็นภาพต้นแบบ

2) ทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ ที่จะนำมาใช้ในการแปลงเวฟเล็ตซึ่งขบวนการนี้จะทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของความถี่ต่ำ และส่วนของความถี่สูง

3) ทำการคอนโซลูชั่นในทางแนวแกน X และแนวแกน Y ด้วยค่าเวฟเล็ตแม่

4) ทำการลดขนาดของค่าสัมประสิทธิ์ลงครึ่งหนึ่ง ในทางแนวแกน X และแนวแกน Y

5) ทำซ้ำในข้อ 3 และข้อ 4 จนครบสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นต่อไปจะเป็นวิธีการแปลงแบบหลายระดับ ซึ่งในการแปลงสัมประสิทธิ์ขั้นต่อไปนั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เรียกว่า “Approximation” เท่านั้น เพราะสัมประสิทธิ์ตัวนี้จะมีข้อมูลที่เหมือนกันกับภาพต้นแบบมากกว่าสัมประสิทธิ์ตัวอื่นๆ ส่วนสัมประสิทธิ์อีก 3 ตัวจะถูกใช้ไปในส่วนของการลดขนาดของค่าสัมประสิทธิ์ในขั้นตอนต่อๆ ไป

3.3.2 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ต่อจากการแปลงเวฟเล็ต โดยจะนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านแปลงแล้วมาผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อทำให้ขนาดของข้อมูลมีขนาดน้อยลงตามแต่กำหนด

สัมประสิทธิ์ที่จะนำมาผ่านในขั้นตอนนี้มี 3 ค่าด้วยกันคือ Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail โดยพื้นฐานแล้วจะมีขั้นตอน 3 ขั้นตอนคือ การตัดระดับ, การจัดระดับและการเข้ารหัส

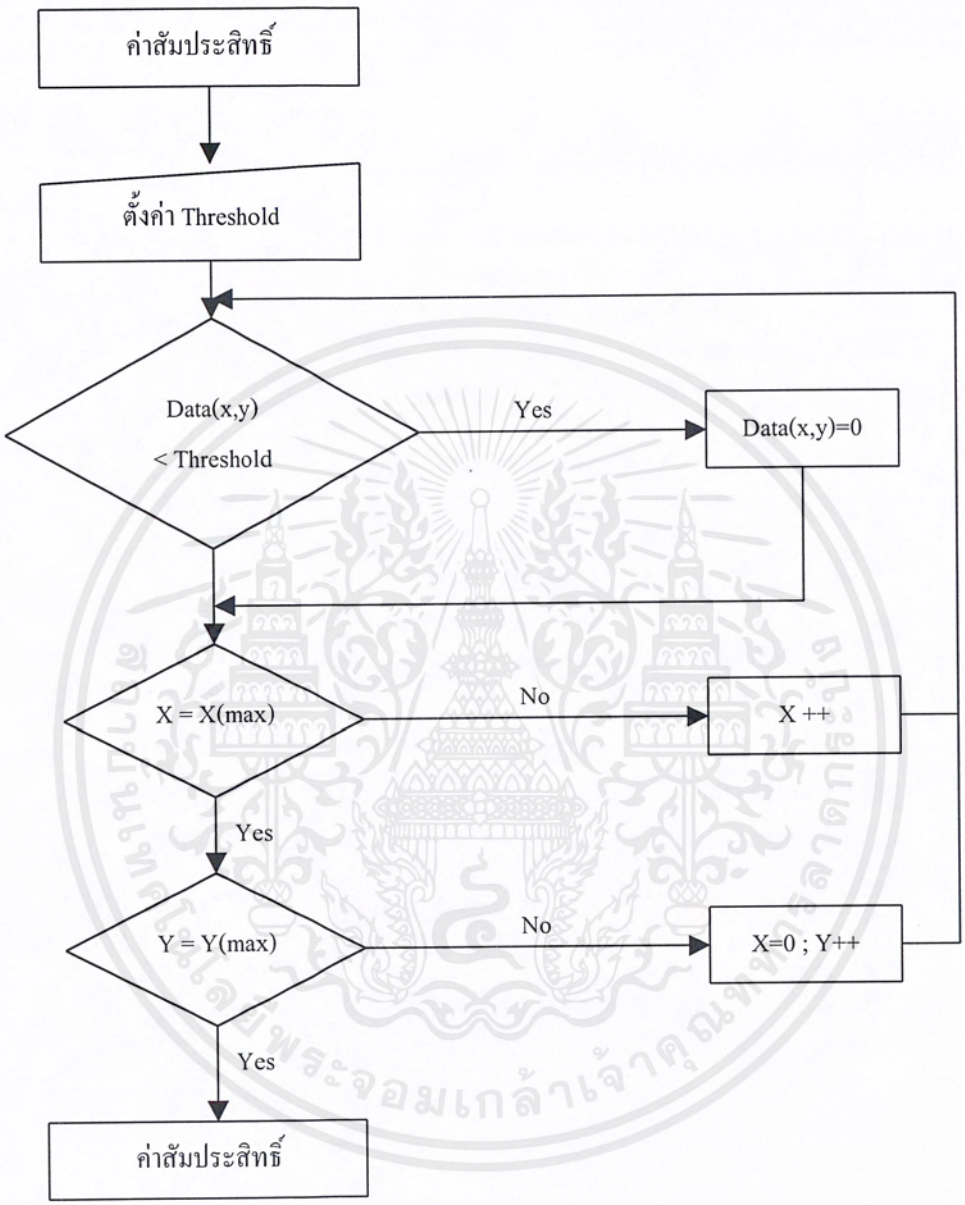
ในการทำงานขั้นตอนการตัดระดับและการจัดระดับจะเป็นส่วนในการปรับปรุงค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ให้ง่ายต่อการผ่านขั้นตอนการเข้ารหัสที่มีการลดขนาดของสัมประสิทธิ์ให้มีประสิทธิ์ภาพมากขึ้น

1) ขั้นตอนการตัดระดับ (Threshold)

ในส่วนของการตัดระดับนี้มีหลักการคือ การแทนค่าของข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ให้เป็นค่าศูนย์แทน จึงทำให้จำนวนของข้อมูลภาพมีมากขึ้นตามที่ได้กำหนดระดับของการตัดระดับว่าจะมากหรือน้อยเพียงใด

หลังจากทำการตัดระดับแล้วนั้น จะทำให้ค่าของข้อมูลภาพมีค่าหรือขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นขั้นตอนการลดขนาดของข้อมูลภาพยังไม่สามารถที่จะทำให้ค่าของสัมประสิทธิ์ลดลงได้ ซึ่งต้องอาศัยขั้นตอนของการจัดระดับ ในหัวข้อถัดไปขบวนการลดขนาดหรือบีบอัดข้อมูลภาพการตัดระดับสามารถที่จะแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ ตามรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

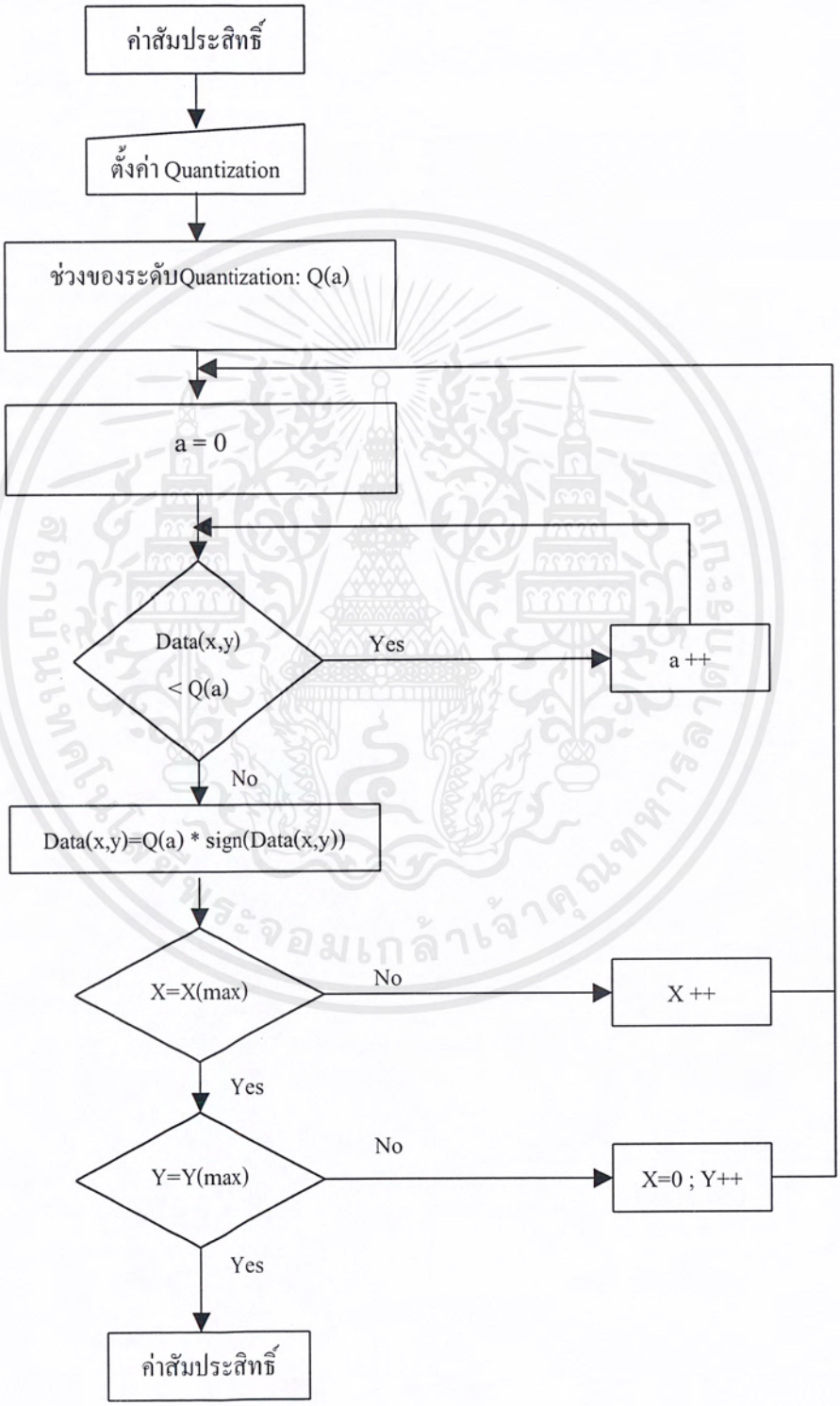


รูปที่ 3.3 ขั้นตอนของการตัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ขั้นตอนการจัดระดับ (Quantization)

ขั้นตอนการจัดระดับสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนขั้นตอนของการจัดระดับ ก็เป็นขั้นตอนหนึ่งในขบวนการแปลงเวฟเล็ต ที่ทำหน้าที่ในการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ในอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ผ่านการตัดระดับมาก่อนแล้ว

ซึ่งมีหลักการ คือ การจัดระดับของข้อมูลภาพให้มีระดับที่เท่ากับจำนวนระดับที่ได้กำหนด ซึ่งจะเปลี่ยนค่าของข้อมูลภาพที่อยู่ในช่วงของการจัดระดับในระดับต่างๆ ให้เป็นค่าที่เท่ากันกับระดับการนั้นๆ

เมื่อผ่านขบวนการนี้ ก็จะช่วยให้ความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพมีมากขึ้น เพราะได้ทำการจัดระดับข้อมูลภาพ โดยการจัดระดับค่าข้อมูลภาพที่มีค่าของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันให้เป็นค่าในระดับเดียวกัน เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการลดค่าของสัมประสิทธิ์มากขึ้น

<u>สรุปขั้นตอนการจัดระดับ</u>

1) ตั้งระดับของการจัดระดับ (A)

2) จัดค่าในแต่ละดับของการเปรียบเทียบการจัดระดับ โดยได้จากสูตร

ความห่างของแต่ละระดับ (Q) = ค่าสูงสุดของสัมประสิทธิ์ / ระดับการการจัดระดับ

และกำหนดค่าในแต่ละระดับของการเปรียบเทียบจัดระดับได้จากสูตร

$$R_{i+1} = R_i + Q \tag{3.4}$$

กำหนด

$i = 0,1,2.....A$

$R0 = 0$

3) เปรียบเทียบค่าข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ กับ R_I ($I = 0,1,2...A$)

4) ทำซ้ำข้อ 2 และ 3 ให้ครบสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ตัว

3) ขั้นตอนการเข้ารหัส (Coding)

หลังจากค่าสัมประสิทธิ์ ได้ผ่านขั้นการปรับปรุงค่าข้อมูลในขั้นตอนการตัดระดับและขั้นตอนการจัดระดับ แล้วนั้นก็จะมาในขั้นตอนสุดท้ายคือการ เข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นส่วนที่สุดท้ายของในจัดการกับค่าสัมประสิทธิ์ ให้ขนาดของสัมประสิทธิ์มีขนาดลดลง โดยวิธีการเข้ารหัสจะไม่กำหนดตายตัวแล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกวิธีการใดมาใช้งาน ซึ่งในแต่ละวิธีก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันและในการทดลองนี้จะยกตัวอย่างการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

<u>วิธีการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน</u>

การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน จะมีหน้าที่ในส่วนของการหารหัสที่สั้นที่สุด โดยหลักการขั้นต้นของวิธีการนี้ คือ การแทนรหัสของข้อมูลที่มีความน่าจะเป็นสูงด้วยรหัสบิตที่น้อยกว่า ดังนั้นผลรวมของจำนวนบิตของค่าข้อมูลต้องน้อยลง ซึ่งสามารถอธิบายวิธีการโดยสรุปได้ดังนี้

1) ทำการหาความถี่ของข้อมูลเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลและเรียงลำดับข้อมูลตามความน่าจะเป็นของค่ามากไปหาค่าน้อย

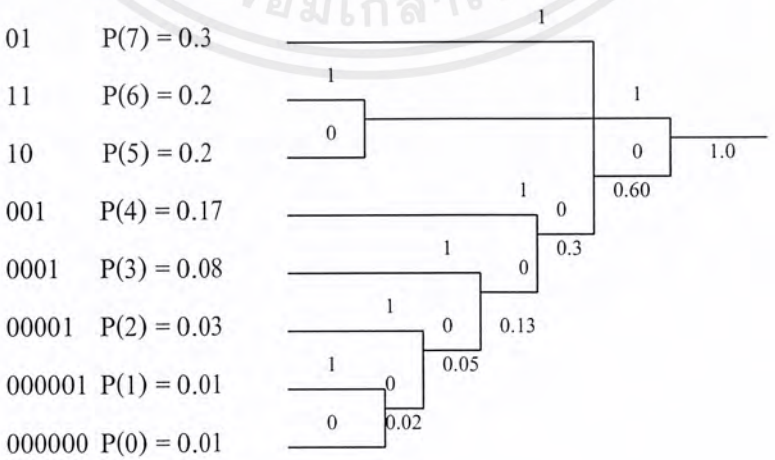
2) นำความน่าจะเป็นที่มีค่าน้อยสุด 2 ค่ามารวมกันเพื่อสร้างเป็นโหนด ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่ละคู่ เริ่มจากค่าข้อมูลที่มีความน่าจะเป็นน้อยสุดไปหามาที่สุด แต่ถ้าหากข้อมูลตัวสุดท้ายไม่สามารถจับคู่ได้ เหลือเพียงตัวเดียวก็จะถูกแยกเป็นโหนดอิสระ ที่มีกิ่งเพียงตัวเดียว

3) สร้างโหนดแม่ ของโหนดคู่ที่มีจากขั้นตอนแรกและจะมีค่าน้ำหนักเท่ากับผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของโหนดลูกทั้งคู่

4) โหนดแม่ ที่ได้ก็จะถูกเพิ่มเข้ามาเป็น Node อิสระของ Node ลูกก็จะถูกยกเลิก

5) โหนดลูก ที่ถูกกำหนด ให้เป็นเส้นทางของโหนดแม่ โหนดหนึ่ง จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นไบนารี่ 0 ส่วนโหนดลูกที่เหลือก็จะถูกกำหนดให้ค่าเป็น 1

6) ทำซ้ำขั้นตอนทั้งหมดที่ผ่านมาจนกระทั่งเหลือโหนดอิสระโหนดเดียว ซึ่งโหนดที่เหลือนี้ก็จะถูกกำหนดเป็นโหนดราก



รูปที่ 3.5 การเข้ารหัสฮัฟแมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากวิธีการเข้ารหัสด้วยวิธีฮัฟแมนโดยวิธีการกล่าวมาแล้วเรายังสามารถเข้ารหัสหรือถอดรหัสโดยการเปิดตารางฮัฟแมนได้เลยโดยไม่ต้องอ้างถึงข้อมูลอื่น สามารถดูได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รหัสฮัฟแมน 64 ระดับ

SAMBOL	CODE HUFFMAN	จำนวน BIT	SAMBOL	CODE HUFFMAN	จำนวน BIT
1	110	3	33	00000111	8
2	101	3	34	00011100	8
3	111	3	35	00001110	8
4	1001	4	36	00000101	8
5	0110	4	37	00010010	8
6	0111	4	38	00010000	8
7	10000	5	39	00001001	8
8	01001	5	40	00101000	8
9	10001	5	41	00011111	8
10	01011	5	42	00011101	8
11	01010	5	43	00010001	8
12	001110	5	44	00000100	8
13	010001	5	45	00011011	8
14	001111	6	46	00001111	8
15	001100	6	47	00001010	8
16	001101	6	48	00001100	8
17	0100001	7	49	00001000	8
18	0010111	7	50	000100111	9
19	0010000	7	51	000100110	9
20	0010101	7	52	000011010	9
21	0001010	7	53	000000101	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รหัสฮัฟแมน 64 ระดับ

SAMBOL	CODE HUFFMAN	จำนวน BIT	SAMBOL	CODE HUFFMAN	จำนวน BIT
22	0010010	7	54	000001101	9
23	0100000	7	55	000000010	9
24	0010110	7	56	000000111	9
25	0010011	7	57	000000100	9
26	0010001	7	58	000011011	9
27	0001100	7	59	000001100	9
28	0001011	7	60	000000110	9
29	00101001	8	61	000000011	9
30	00011010	8	62	000000001	9
31	00001011	8	63	0000000001	10
32	00011110	8	64	0000000000	10

3.4 ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

ตามทฤษฎีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตนั้น คือการนำค่าสัมประสิทธิ์ไปเข้าสู่ในขั้นตอนการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์จากนั้นจึงเข้าสู่ในขบวณการเข้ารหัส เพื่อให้ขนาดของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตมีขนาดลดลงเพื่อให้ในการ ส่งถ่ายข้อมูลหรือทำงานในส่วนๆ นั้น โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่มีอยู่นั่นยังสามารถนำมาใช้งานได้จริง

ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้งานค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตที่มีอยู่ได้นั้น จึงจำเป็นต้องมีอีกหนึ่งขั้นตอนเพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานได้จริง โดยค่าของคุณภาพและค่าความผิดพลาดของรูปภาพที่เกิดขึ้นจะเกิดจากในขั้นตอนการปรังปรุงค่าสัมประสิทธิ์และการเข้ารหัส นอกจากนั้นยังเกิดจากการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ในการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วย แต่จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต จะมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่แตกต่างจากการแปลงสัมประสิทธิ์มากนัก คือจำเป็นที่ต้องใช้วเฟเล็ตแม่ในการคอนโวลูชั่นกับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเปลี่ยนจากการลดขนาดลงครึ่งหนึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของข้อมูลอีกครึ่งหนึ่ง เพื่อขนาดของสัมประสิทธิ์มีขนาดเท่ากับขนาดข้อมูลจริง

ในการกำหนดเวฟเล็ตที่ใช้ในการคอนโวลูชั่นจะกำหนดเหมือนกันการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตคือ

1) ค่าสัมประสิทธิ์ ในส่วนของ Approximation จะกำหนดให้เป็น (Low, Low)

2) ค่าสัมประสิทธิ์ ในส่วนของ Horizontal Detail จะกำหนดให้เป็น (High, Low)

3) ค่าสัมประสิทธิ์ ในส่วนของ Vertical Detail จะกำหนดให้เป็น (Low, High)

4) ค่าสัมประสิทธิ์ ในส่วนของ Diagonal Detail จะกำหนดให้เป็น (High, High)

ซึ่งค่าเวฟเล็ตแม่ที่ได้จะได้จากการคำนวณจากสูตรการหาเวฟเล็ตแม่ในบทที่ 2 และจากรูปที่ 3.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

สรุปขั้นตอนการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตได้ดังนี้

1) เลือกสัมประสิทธิ์

2) เพิ่มขนาดสัมประสิทธิ์ทางแกน Y โดยเพิ่มค่าศูนย์ไว้ระหว่างค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์

3) คอนโซลูชั่นทางแกน Y กับเวฟเล็ตแม่ที่กำหนดแต่ละสัมประสิทธิ์

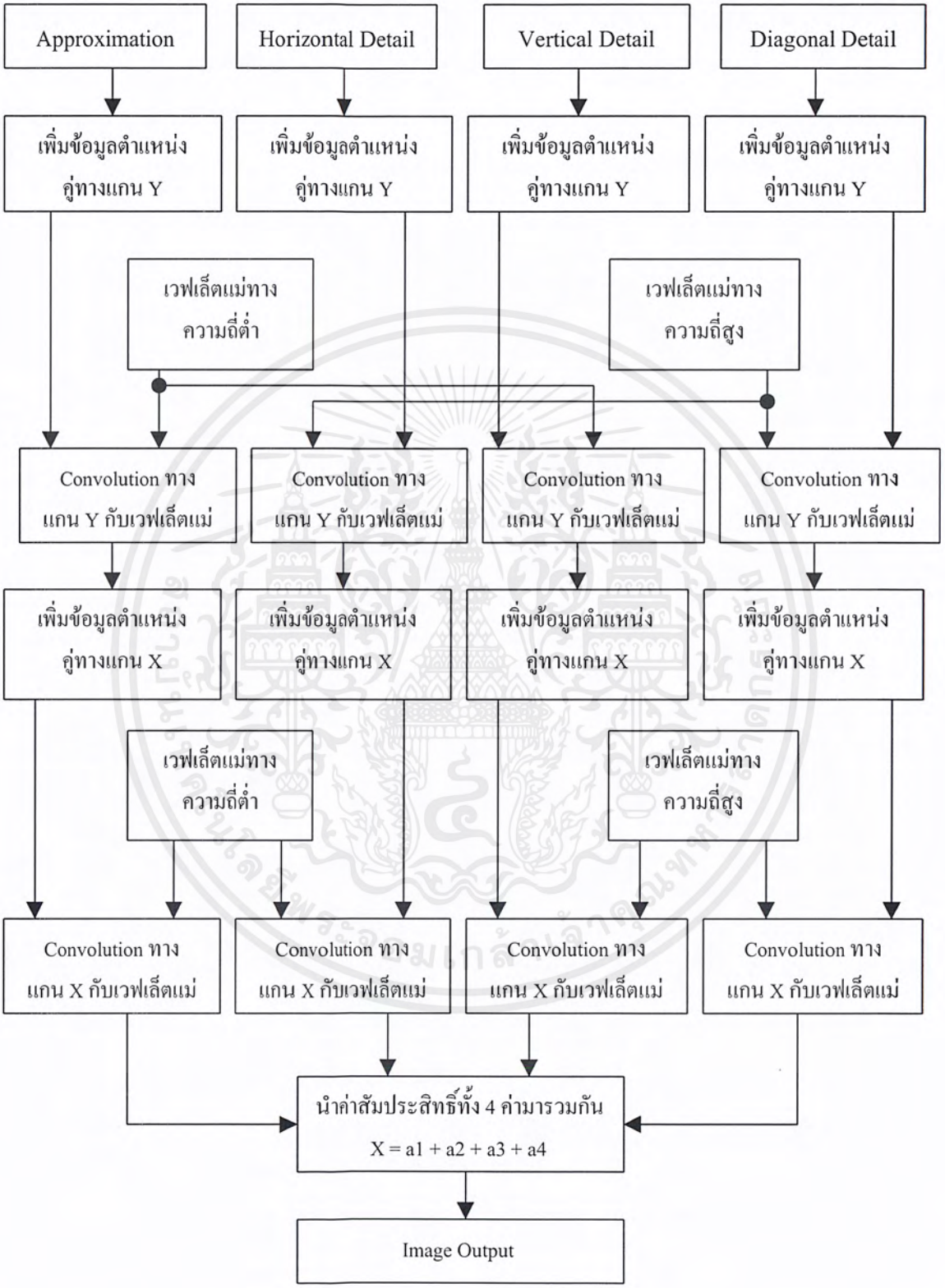
4) เพิ่มขนาดสัมประสิทธิ์ทางแกน X โดยเพิ่มค่าศูนย์ไว้ระหว่างค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์

5) คอนโซลูชั่นทางแกน X กับเวฟเล็ตแม่ที่กำหนดแต่ละสัมประสิทธิ์

6) ทำซ้ำข้อ 2–5 จนครบทั้ง 4 สัมประสิทธิ์

7) ทำสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 มารวมเป็นข้อมูลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



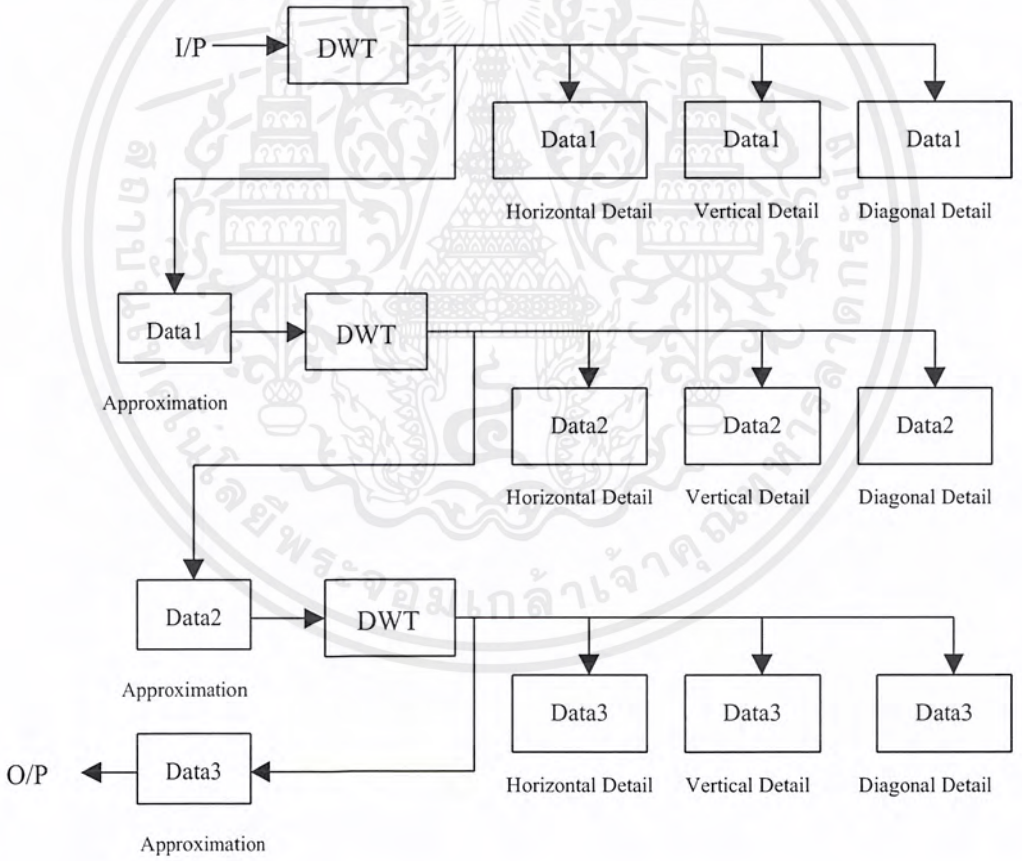
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ

มีหลักการทำงานคล้ายกับตัวกรอง (Filter) สัญญาณข้อมูลอินพุตที่เข้ามา โดยจะทำการกรองสัญญาณออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของความถี่สูง (High Pass Filter) และส่วนของความถี่ต่ำ (Low Pass Filter)

วิธีการชนิดนี้จะเริ่มจากสัญญาณข้อมูลภาพที่เป็นอินพุต เข้ามายังขบวนการแปลงเวฟเล็ต (DWT) ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 2 จากขบวนการแปลงส่วนนี้จะทำการแยกสัญญาณออกเป็น 2 คือส่วนข้อมูลของ Detail และส่วนข้อมูลของ Approximation ซึ่งในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในระดับต่อไปจะใช้ข้อมูลส่วนของ Approximation เป็นข้อมูลอินพุตแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ

หมายเหตุ DWT = Discrete Wavelet Transform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลจากการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงกรณีศึกษาที่ได้ทำการศึกษามาแล้วในบทที่ 2 และ 3 มาทำการประยุกต์ใช้เพื่อทำใบงานการทดลองในเรื่องของการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต เนื้อหาในบทนี้จะแยกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนแรกจะเป็นการกล่าวนำในขบวนการแปลงเวฟเล็ตที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อย่อยที่แสดงขบวนการแปลงเวฟเล็ต และผลของการแปลงเวฟเล็ตที่ได้รวมถึงการเลือกเวฟเล็ตแม่มาใช้งานให้เหมาะสมกับสัญญาณอินพุท สำหรับในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงขบวนการลดขนาดของข้อมูลภาพ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ คือ การลดขนาดของข้อมูลภาพที่มีการสูญเสีย ซึ่งมีผลต่อคุณภาพและประสิทธิ์ภาพของภาพได้ และการลดขนาดของข้อมูลภาพที่ไม่มีการสูญเสียที่จะช่วยเพิ่มอัตราการการลดขนาดของข้อมูลภาพ

4.2 ผลจากการศึกษาขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ต

ในการหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายให้เข้าใจถึงขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลง ซึ่งในการทดลองส่วนนี้จะใช้โปรแกรม Matlab Version5.3 ในการเขียนโปรแกรมเพื่ออธิบายการทำงานในขั้นตอนต่างๆของการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งจะประกอบด้วยหัวข้อในการอธิบายดังนี้

4.2.1 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

4.2.2 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

4.2.3 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์

1) การตัดระดับ

2) การจัดระดับ

3) การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน

4.2.4 การเลือกค่าเวฟเล็ตแม่ในการบีบอัดข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต

4.2.5 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

1) เลือกค่าเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ในขบวนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfilters เพื่อเลือกเวฟเล็ตแม่

```
[Lo_D,Hi_D] = wfilters('db3','d');
```

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

(Lo_D) = [0.3327 0.8069 0.4599 -0.1350 -0.0854 0.0352]

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

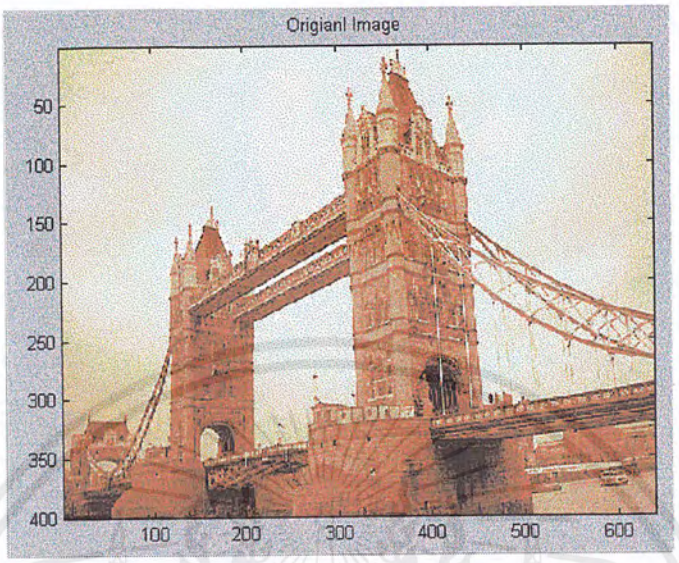
(Hi_D) = [0.0352 0.0854 -0.1350 -0.4599 0.8069 -0.3327]

2) เลือกรูปภาพต้นแบบ

เลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแสดงดังรูปที่ 4.1

ซึ่งในการทดลองจะอธิบายขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ ทั้งหมด 4 ค่าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

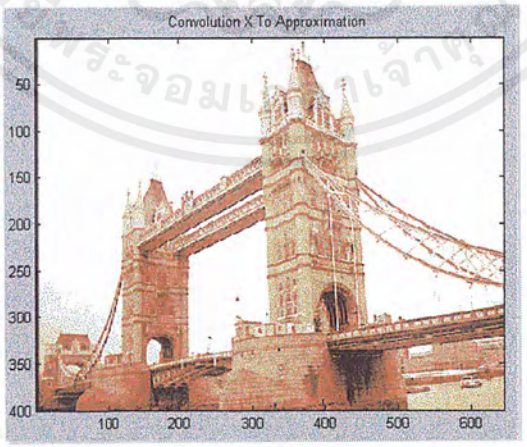


รูปที่ 4.1 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

3) ขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์

3.1) ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) แสดงดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 การคอนโวลูชันทางด้านแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

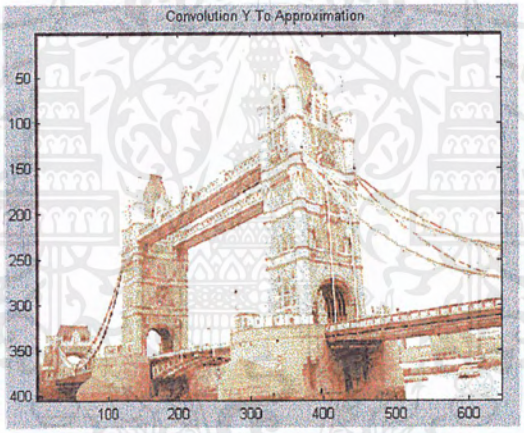
คำสั่งที่ใช้ Y1 = conv2(Y , Lo_D);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลต้นแบบ

Y1 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2

Lo_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชันทางแกน X ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation

คำสั่งที่ใช้ Y2 = conv2(Y1' , Lo_D);

Y2 = Y2';

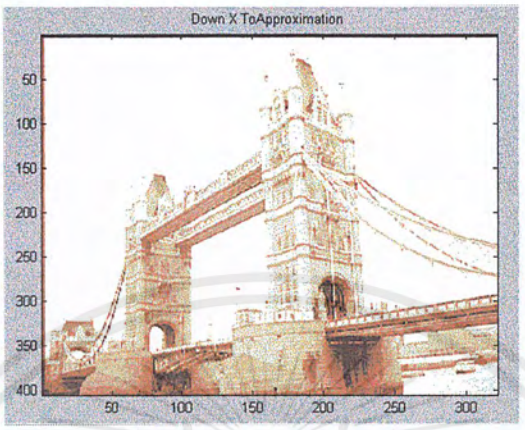
กำหนดให้ Y1 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y2 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3

Lo_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน X ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง



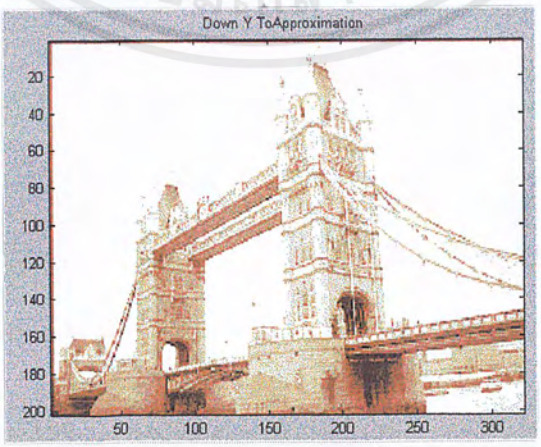
รูปที่ 4.4 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation

คำสั่งที่ใช้ Y3 = dyaddowm1(Y2 , 1);

กำหนดให้ Y3 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y2 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน Y ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

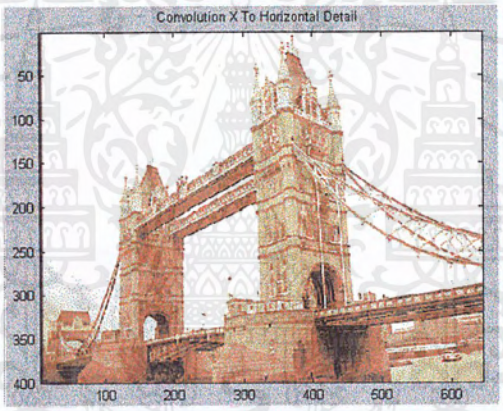
คำสั่งที่ใช้ Y4 = dyaddown1(Y3 , 0);

กำหนดให้ Y3 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

Y4 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5

3.2) ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y5 = conv2(Y , Lo_D);

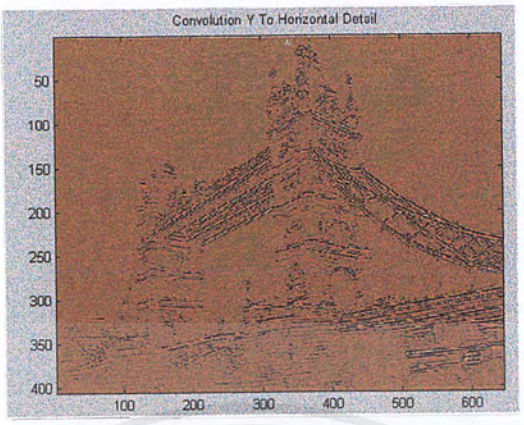
กำหนดให้ Y = ข้อมูลต้นแบบ

Y5 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.6

Lo_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชันทางแกน X ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) แสดงดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y6 = conv2(Y5' , Hi_D);

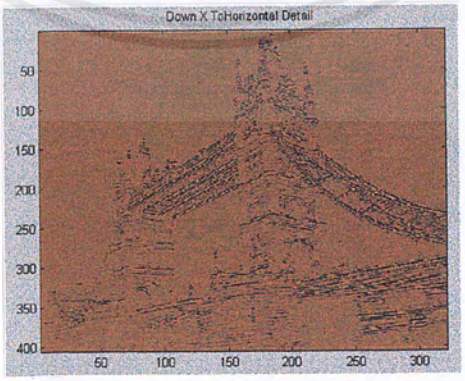
Y6 = Y6';

กำหนดให้ Y5 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y6 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7

Hi_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน X ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

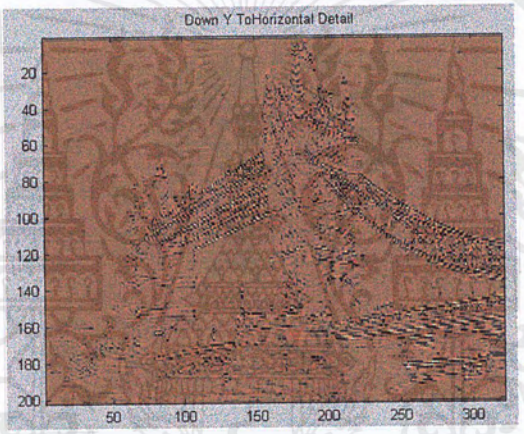
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ Y7 = dyaddown1(Y6 , 1);

กำหนดให้ Y6 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y7 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน Y ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่งแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y8 = dyddown1(Y7 , 0);

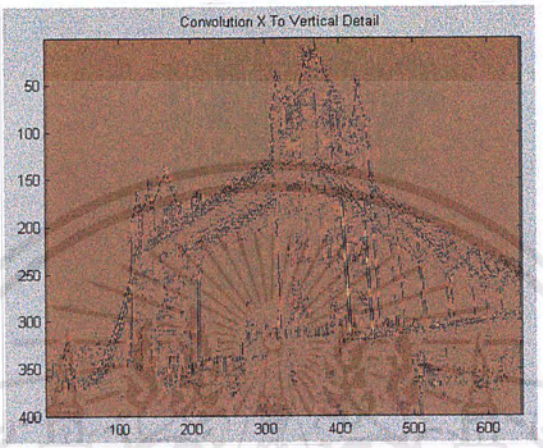
กำหนดให้ Y7 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

Y8 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

คำสั่งที่ใช้ Y9 = conv2(Y , Hi_D);

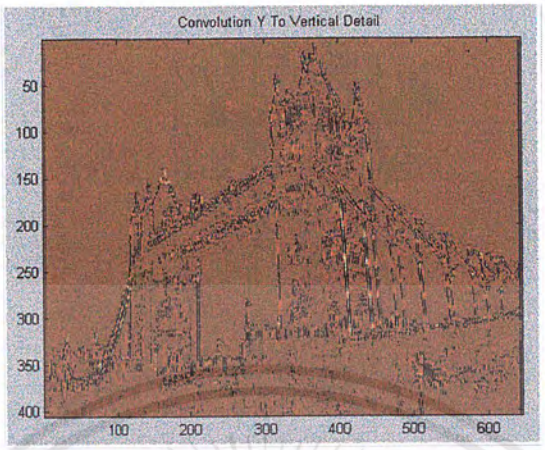
กำหนดให้ Y = ข้อมูลต้นแบบ

Y9 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.10

Hi_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชันทางแกน X ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) แสดงดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

คำสั่งที่ใช้ Y10 = conv2(Y9' , Lo_D);

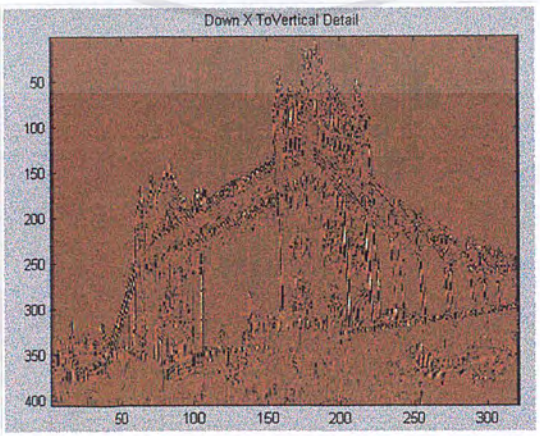
Y10 = Y10';

กำหนดให้ Y9 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y10 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.11

Lo_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน X ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การตัดข้อมูลการแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

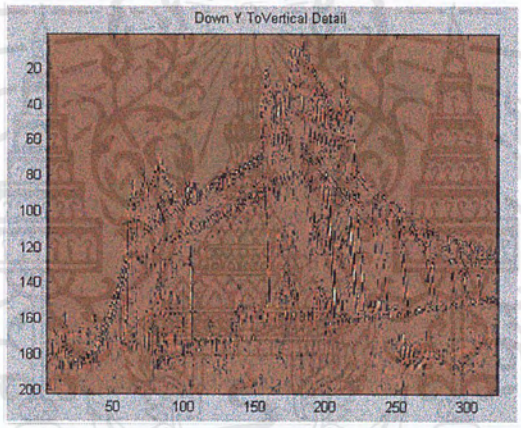
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ Y11 = dyaddown1(Y10 , 1);

กำหนดให้ Y10 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y11 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.12

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน Y ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง ดังแสดงตามรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การตัดข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

คำสั่งที่ใช้ Y12 = dyaddown1(Y11 , 0);

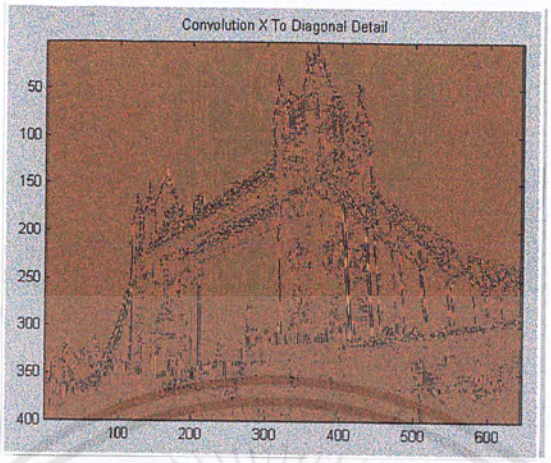
กำหนดให้ Y11 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

Y12 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.13

3.4) ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) แสดงดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การคอนโวลูชันทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

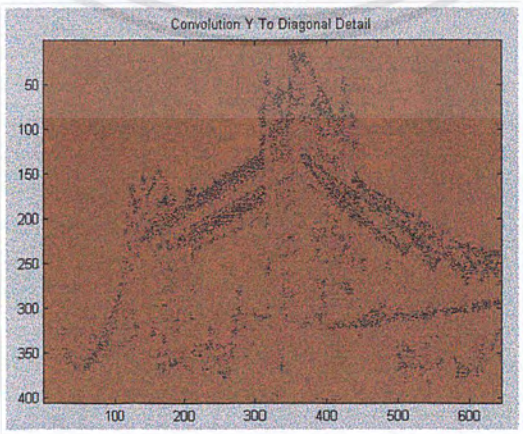
คำสั่งที่ใช้ Y13 = conv2(Y , Hi_D);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลต้นแบบ

Y13 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.14

Hi_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชันทางแกน X ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) แสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การคอนโวลูชันทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ Y14 = conv2(Y13',Hi_D)

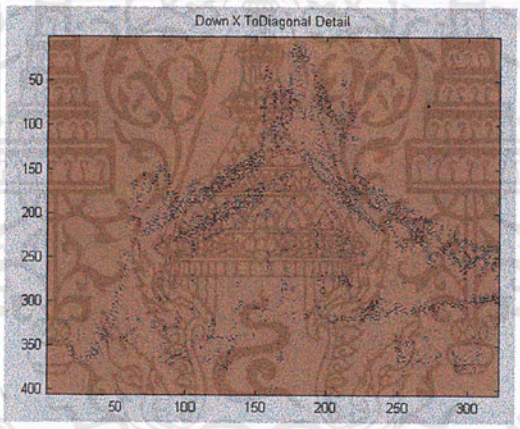
Y14 = Y14';

กำหนดให้ Y13 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y14 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.15

Hi_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน X ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน X ลดลงครึ่งหนึ่งแสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การตัดข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

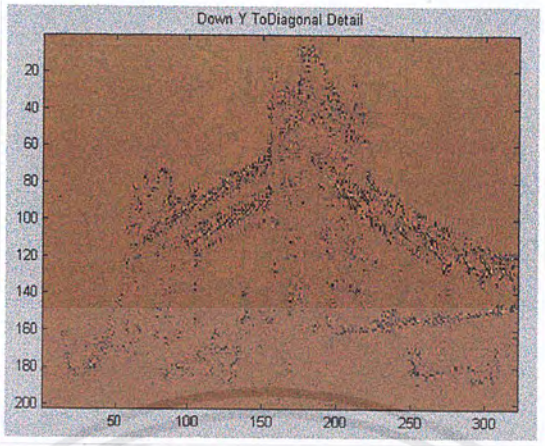
คำสั่งที่ใช้ Y15 = dyaddown1(Y14 , 1);

กำหนดให้ Y14 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y15 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.16

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งคู่ทางแกน Y ออกเพื่อให้ขนาดทางด้านแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 การตัดข้อมูลภาพทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y16 = dyaddown1(Y15, 0);

กำหนดให้ Y15 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

Y16 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.17

หลังจากนำข้อมูลภาพต้นแบบมาผ่านขั้นตอนการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าแสดงดังรูปที่ 4.18

4) สรุปขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

4.1) ทำการเลือกสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ที่ใช้การคำนวณพร้อม หาค่าเวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่สูงและเวฟฌล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ และรูปภาพต้นแบบ

4.2) การคอนโวลูชันทางแกน X โดยใช้ค่าเวฟเล็ตตามแต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดในข้อ 1 กับข้อมูลต้นแบบ

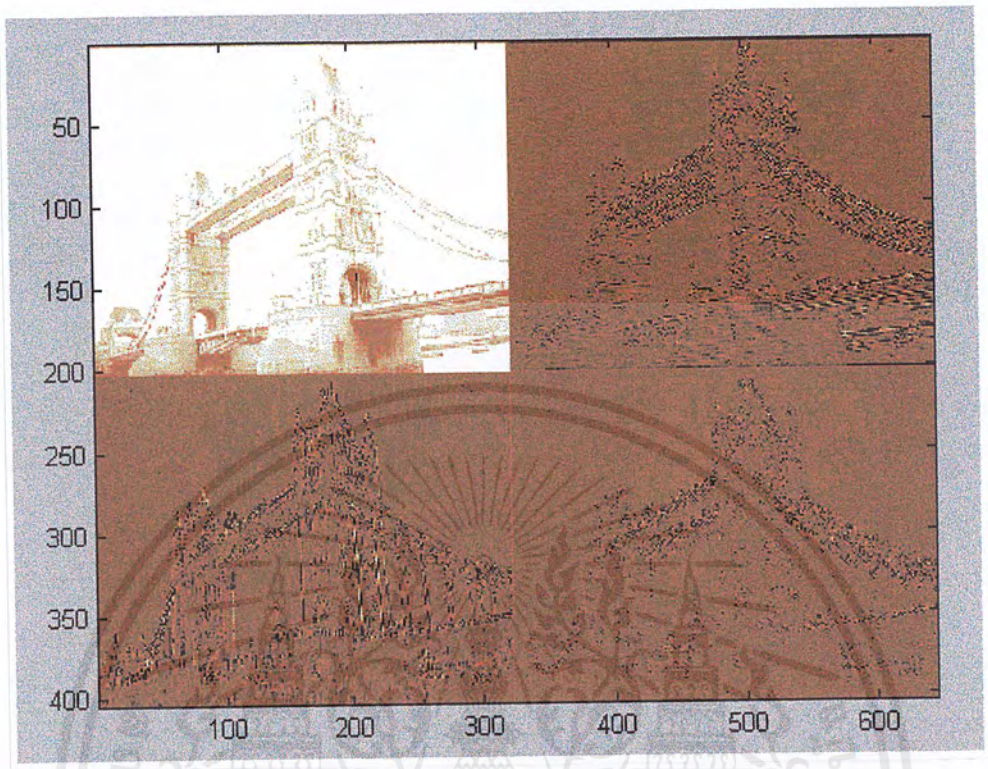
4.3) การคอนโวลูชันทางแกน Y โดยใช้ค่าตามแต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดกับค่าข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2

4.4) ทำการลดขนาดข้อมูลจากขั้นตอนที่ 3 ทางด้านแกน X ลงครึ่งหนึ่ง

4.5) ทำการลดขนาดข้อมูลจากขั้นตอนที่ 4 ทางด้านแกน Y ลงครึ่งหนึ่ง

4.6) ทำซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 2–5 ให้ครบสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 สัมประสิทธิ์หลังการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

1) เลือกค่าเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ในขบวนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfilters เพื่อเลือกเวฟเล็ตแม่

```
[Lo_D,Hi_D] = wfilters('db3', 'r');
```

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

(Lo_R) = [0.3327 0.8069 0.4599 -0.1350 -0.0854 0.0352]

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

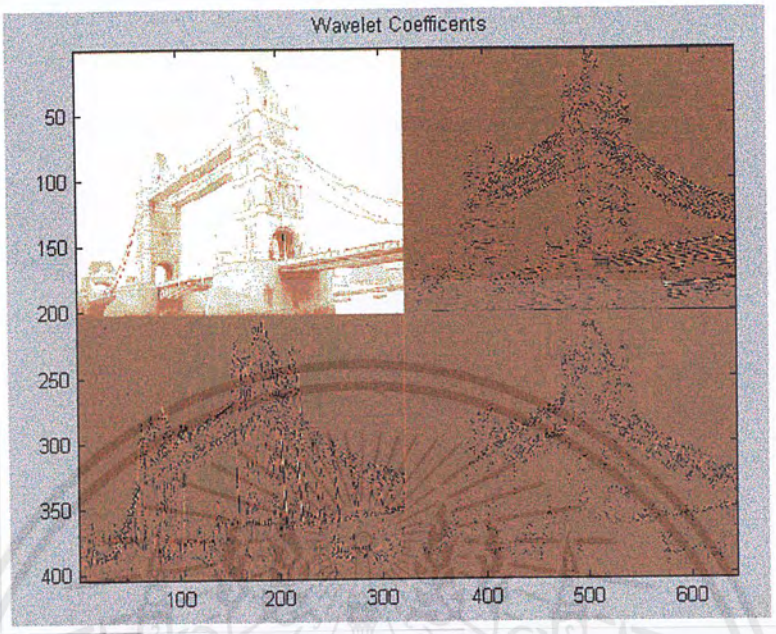
(Hi_R) = [0.0352 0.0854 -0.1350 -0.4599 0.8069 -0.3327].

2) เลือกรูปภาพต้นแบบ

เลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 4.19

ซึ่งในการทดลองจะอธิบายขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้ได้นำค่าสัมประสิทธิ์มารวมกันให้เป็นข้อมูลจริงทีสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

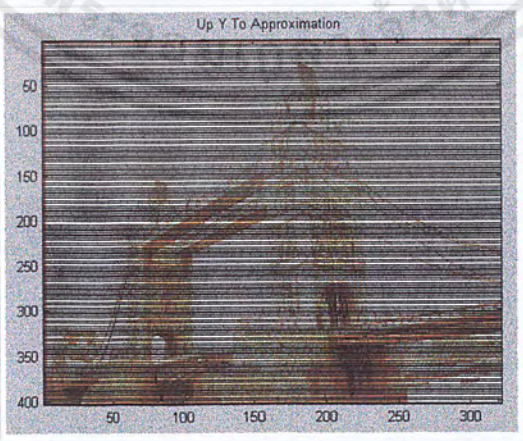


รูปที่ 4.19 สัมประสิทธิ์หลังการผ่านขั้นตอน DWT

3) ขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

3.1) ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation

3.1.1) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบทางด้านแกน Y จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.20 (หมายเหตุ เส้นที่มีสีดำเป็นค่าข้อมูล "0")



รูปที่ 4.20 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation

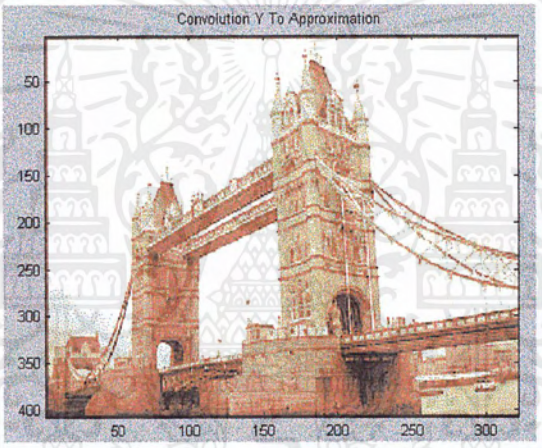
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ ใช้ Y1 = dyadup1(Y , 0);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y1 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.20

3.1.2) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) แสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การคอนโวลูชั่นทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Approximation

คำสั่งที่ใช้ Y2 = conv2 (Y1', Lo_R);

Y2 = Y2';

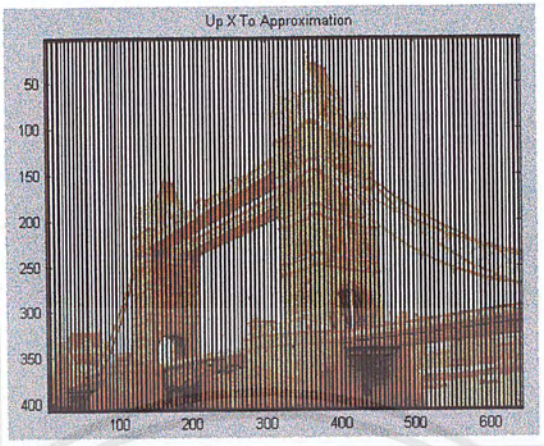
กำหนดให้ Y1 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y2 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.21

Lo_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

3.1.3) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X แสดงดังรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



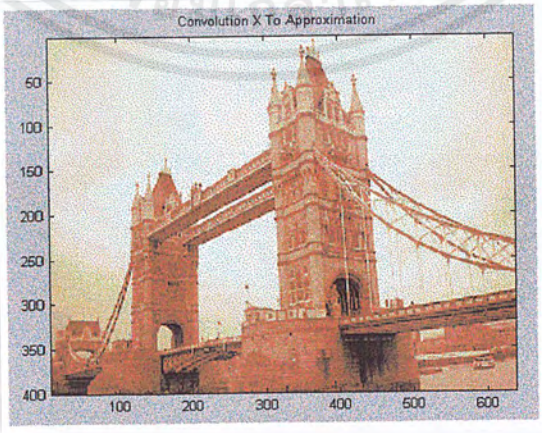
รูปที่ 4.22 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation

คำสั่งที่ใช้ Y3 = dyadup1(Y2 , 1);

กำหนดให้ Y2 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y3 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.22

3.1.4) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การคอนโวลูชั่นทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Approximation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ Y4 = conv2(Y3' , Lo_R);

Y4 = Y4' ;

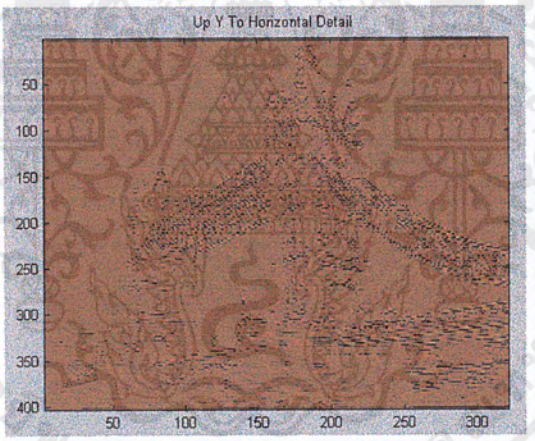
กำหนดให้ Y3 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

Y4 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.23

Lo_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

3.2) ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

3.2.1) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบทางด้านแกน Y จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

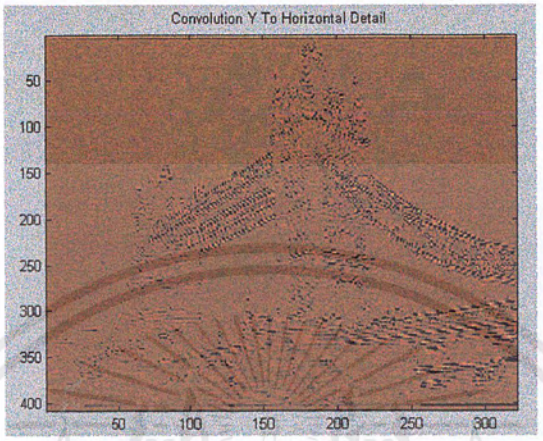
คำสั่งที่ใช้ Y5 = dyadup1(Y , 0);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y5 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 การคอนโวลูชั่นทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y6 = conv2(Y5 ', Hi_R);
Y6 = Y6';

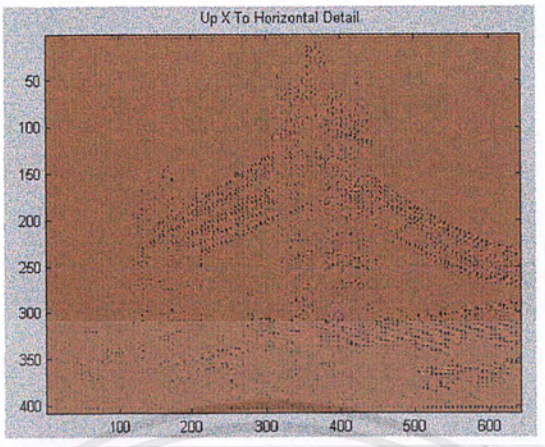
กำหนดให้ Y5 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1
Y6 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.25
Hi_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3.2.3) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X แสดงดังรูปที่ 4.26

คำสั่งที่ใช้ Y7 = dyadup1(Y6 , 1);

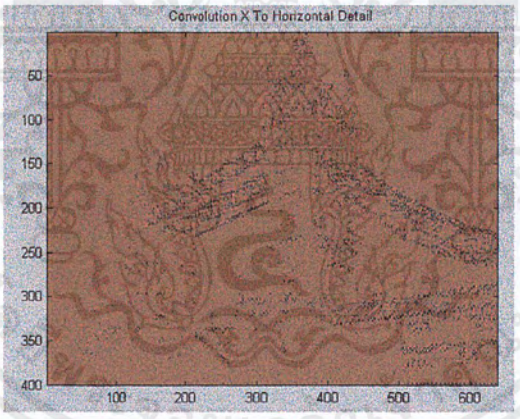
กำหนดให้ Y7 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2
Y6 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

3.2.4) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) แสดงดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 การคอนโวลูชั่นทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y8 = conv2(Y7',Lo_R);

Y8 = Y8';

กำหนดให้ Y7 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3

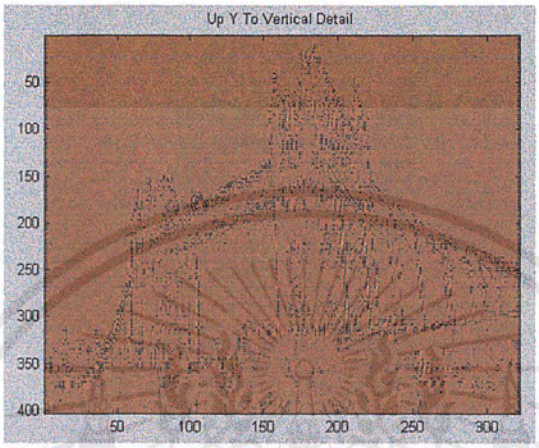
Y8 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.27

Lo_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

3.3.1) ทำการเพิ่มขนาดโดย แทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบทางด้านแกน Y จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

คำสั่งที่ใช้ Y9 = dyadup1(Y , 0);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y9 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.28

3.2.2) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) แสดงดังรูปที่ 4.29

คำสั่งที่ใช้ Y10 = conv2(Y9',Lo_R);

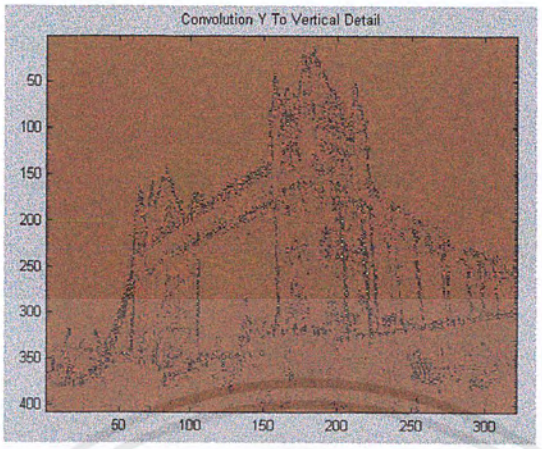
Y10 = Y10';

กำหนดให้ Y9 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y10 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.29

Lo_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 การคอนโวลูชันทางแกนY ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

3.3.3) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X แสดงดังรูปที่ 4.30

รูปที่ 4.30 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

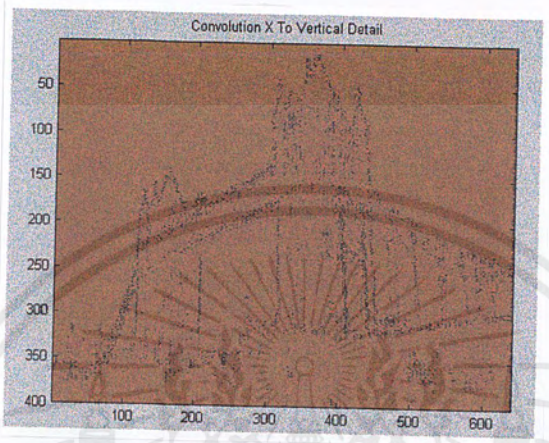
คำสั่งที่ใช้ Y11 = dyadup1(Y10, 1);

กำหนดให้ Y10 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y11 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) แสดงดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 การคอนโซลูชั่นทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

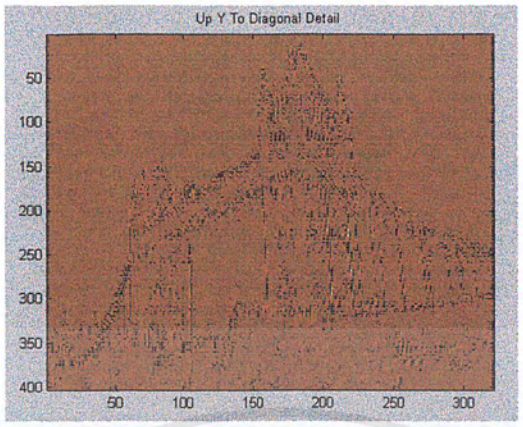
คำสั่งที่ใช้ Y12 = conv2(Y11',Hi_R);
Y12 = Y12';

กำหนดให้ Y11 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3
Y12 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.31
Hi_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3.4) ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

3.4.1) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบทางด้านแกน Y จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



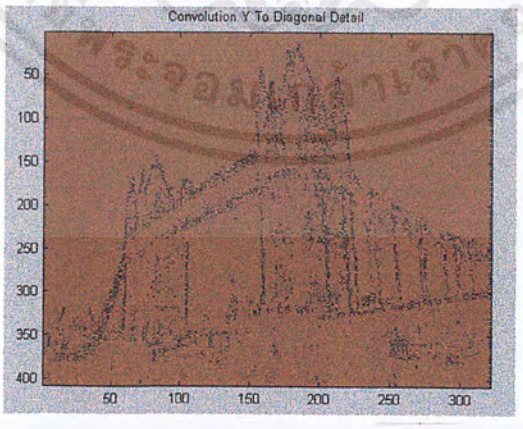
รูปที่ 4.32 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y13 = dyadup1(Y , 0);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y13 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.32

3.4.2) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) แสดงดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 การคอนโซลูชั่นทางแกน Y ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ Y14 = conv2(Y13',Hi_R);

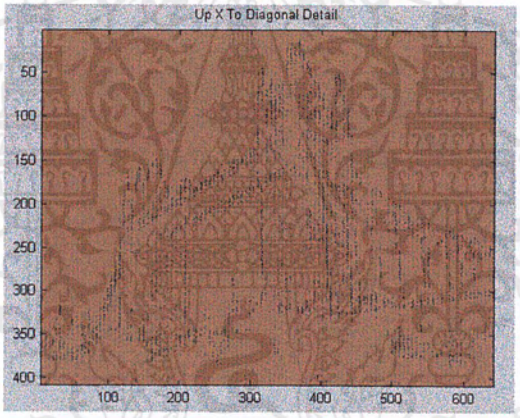
Y14 = Y14';

กำหนดให้ Y13 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 1

Y14 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.33

Hi_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3.4.3) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X แสดงดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

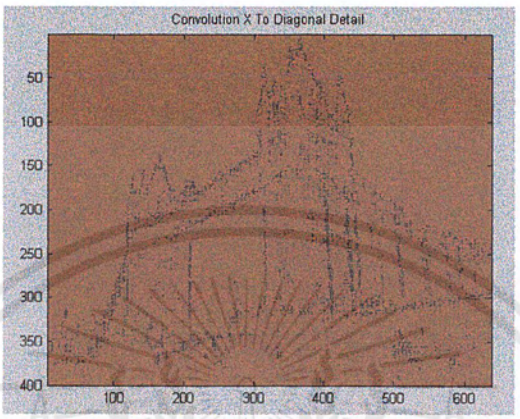
คำสั่งที่ใช้ Y15 = dyadup1(Y14 , 1);

กำหนดให้ Y14 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 2

Y15 = ข้อมูลหลังการตัดข้อมูลทางด้านแกน X ผลการทดลองดังรูปที่ 4.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4) นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Ho_R) แสดงดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 การคอนโซลูชั่นทางแกน X ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

คำสั่งที่ใช้ Y16 =conv2(Y15' , Hi_R);
Y16 = Y16' ;

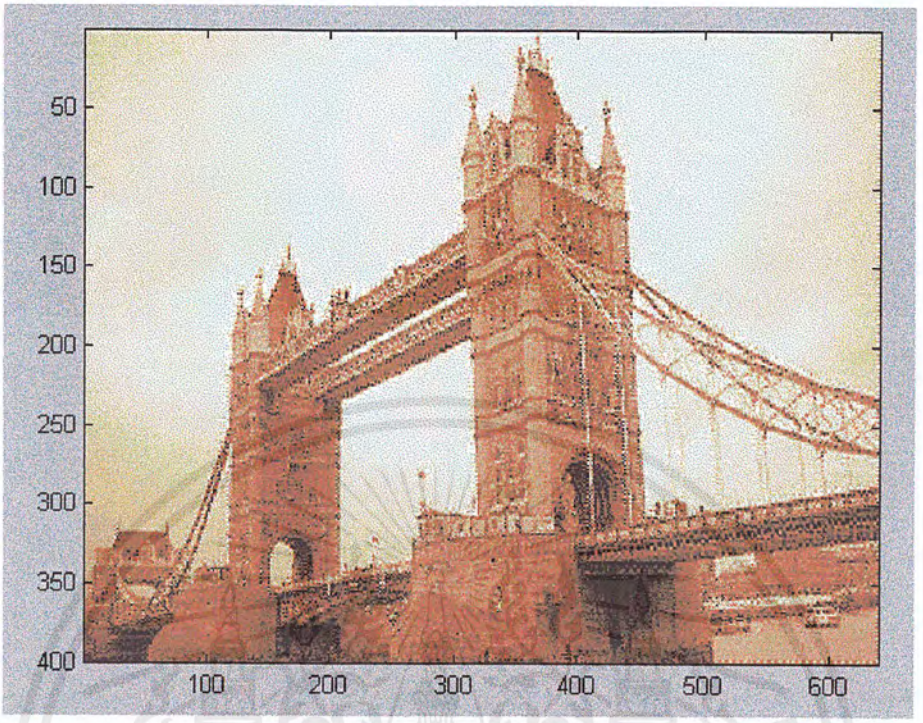
กำหนดให้ Y15 = ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนข้อที่ 3
Y16 = ข้อมูลหลังการผ่านการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 4.35
Hi_R = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

3.4.5) เมื่อทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 4 ค่า แล้วจึ่งนำค่าทั้ง 4 ค่ามารวมกันดังสมการที่ 4.1 แสดงดังรูปที่ 4.36

$$X = a1 + a2 + a3 + a4 \quad (4.1)$$

กำหนด X = ข้อมูลหลังการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต
a1 = ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation a2 = ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail
a3 = ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail a4 = ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 การผ่านขั้นตอน IDWT

4) สรุปขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

4.1) ทำการเลือกสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ที่ใช้การคำนวณพร้อม หาค่าเวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่สูงและเวฟเล็ตแม่ทางด้านความถี่ต่ำ

4.2) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ทางแกน Y

4.3) การคอนโวลูชันทางแกน Y โดยใช้ค่าเวฟเล็ตตามแต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนด ในข้อ 1 กับค่าสัมประสิทธิ์

4.4) ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ทางแกน X

4.5) การคอนโวลูชันทางแกน X โดยใช้ค่าเวฟเล็ตตามแต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนด ในข้อ 1 กับค่าสัมประสิทธิ์

4.6) ทำซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 2–5 ให้ครบทั้ง 4 ค่า

4.7) นำข้อมูลของสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่ามารวมกัน

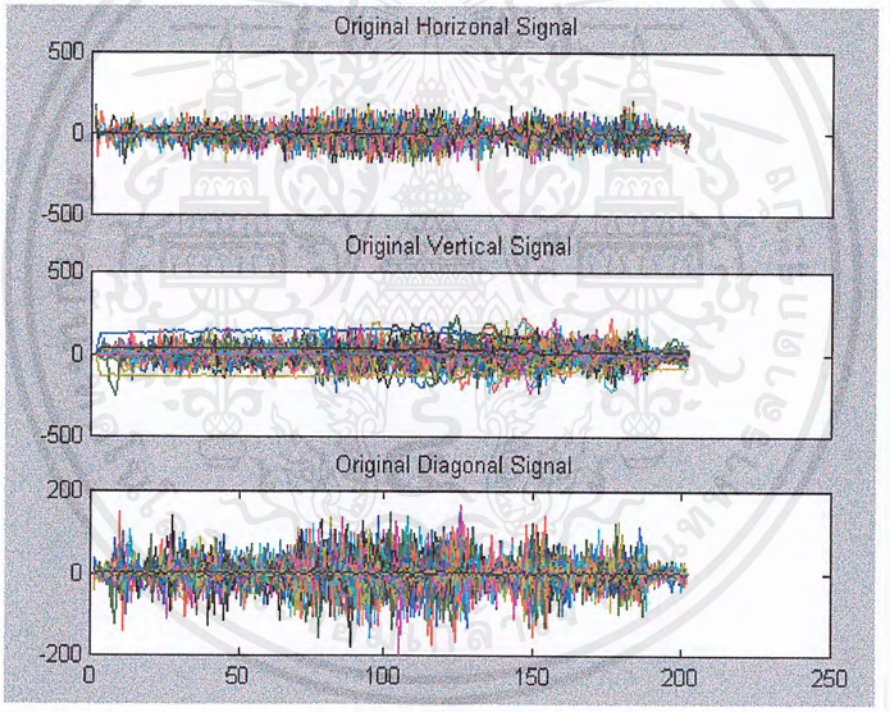
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์

1) ขั้นตอนการตัดระดับ (Threshold)

1.1) กำหนดเลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการตัดระดับข้อมูลของสัมประสิทธ์

จากโปรแกรมการทดลองการตัดระดับจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 ออกเป็น 4 ค่าตามหลักการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและจะแสดงกราฟข้อมูลข้องค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 3 ค่า ตามทฤษฎีการตัดระดับข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.37



รูปที่ 4.37 การผ่านขั้นตอน DWT

หมายเหตุ

* ในการทดลองจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพียงระดับเดียว เพื่อง่ายต่อการทดลอง

* ในการแสดงผลการทดลองจะเป็นแบบการพร็อตกราฟเพื่อให้เห็นการทดลองที่ง่ายขึ้น

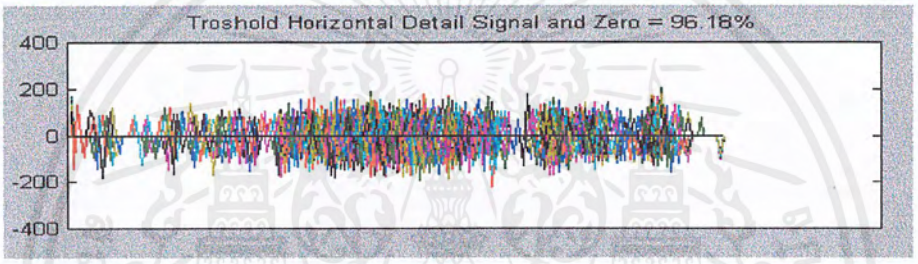
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) ขั้นตอนการตัดระดับ

ในการทดลองจะกำหนดให้การตัดระดับที่ 30 % ของค่าข้อมูลแต่ละสัมประสิทธิ์เพื่อใช้เป็นมาตราฐานในการทดลอง

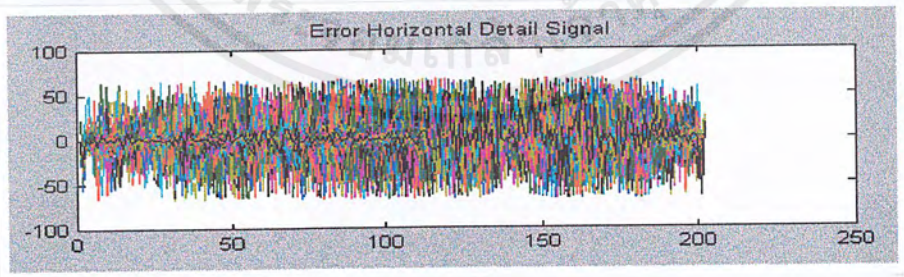
1.2.1) ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับการตัดระดับที่กำหนดไว้ (30 %) เพื่อให้ได้ค่าการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับของการตัด พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail = 96.18 % แสดงดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 การตัดระดับที่ระดับ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.39

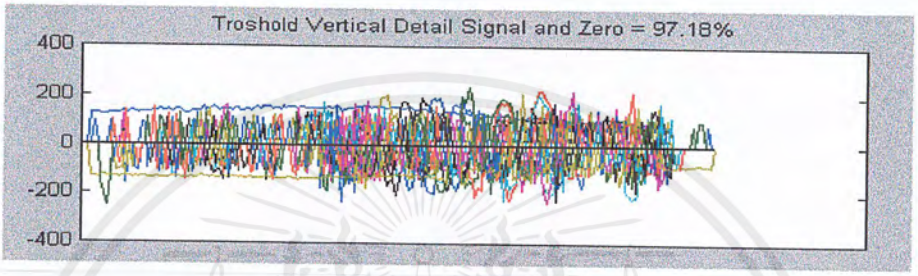


รูปที่ 4.39 ความแตกต่างของข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

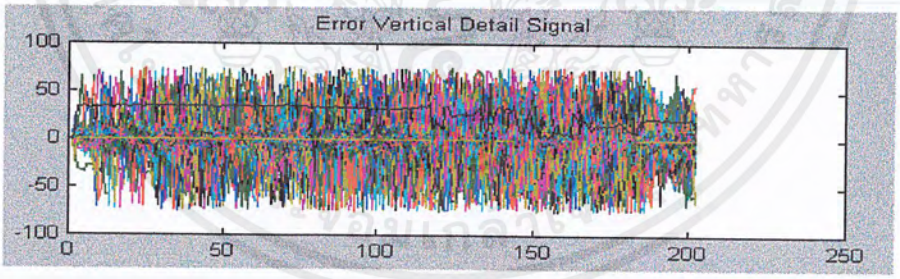
1.2.2) ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับการตัดระดับที่กำหนดไว้ (30 %) เพื่อให้ได้ค่าของการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับที่มีการตัดระดับ พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail = 97.18 % แสดงดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การตัดระดับที่ระดับ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.41

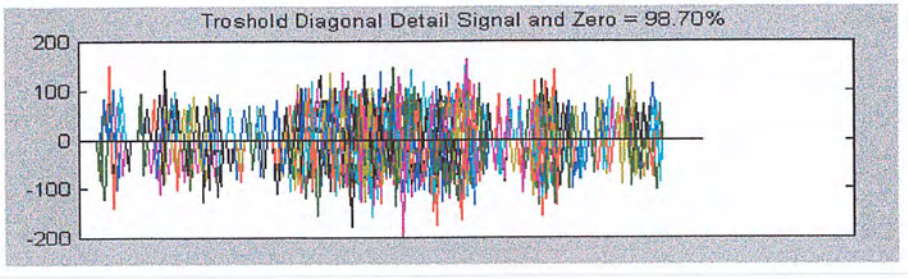


รูปที่ 4.41 ค่าความแตกต่างของข้อมูลหลังการตัดระดับกับข้อมูลต้นแบบ

1.2.3) ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

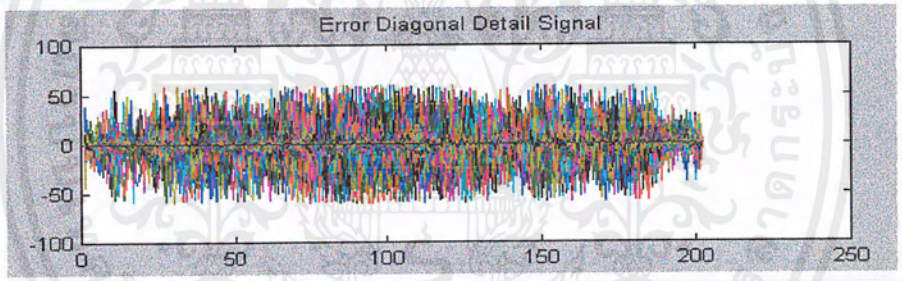
1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับระดับของการตัดระดับที่กำหนดไว้ (30 %) เพื่อให้ได้ค่าของการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับที่มีการตัดระดับ พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail = 98.70 % แสดงดังรูปที่ 4.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 การตัดระดับที่ระดับ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 ความแตกต่างของข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

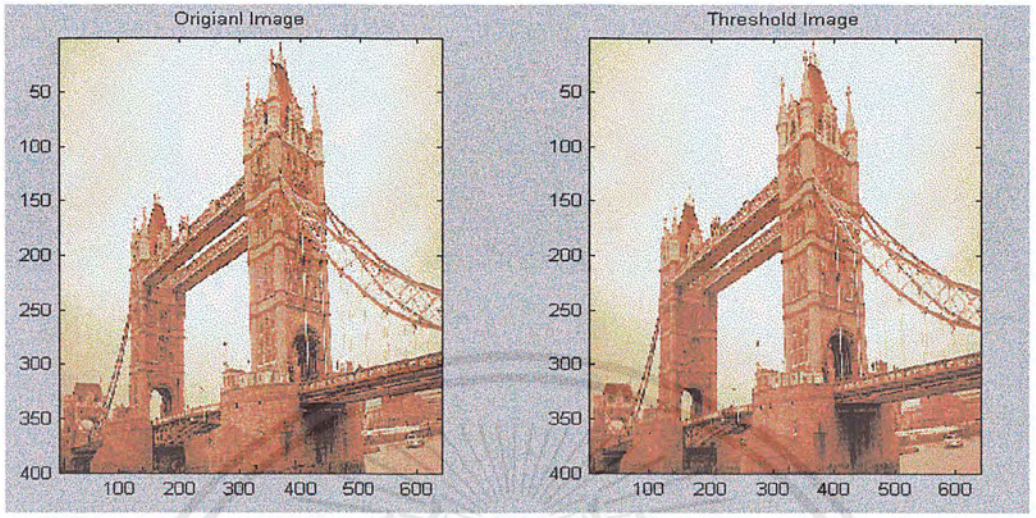
1.3) การแปลงกลับเพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือน

โดยโปรแกรมประกอบการทดลองการตัดระดับจะทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตให้โดย ได้กำหนดให้ใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 และค่าสัมประสิทธิ์นำมาจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านขั้นตอนการตัดระดับที่ได้ทำการทดลอง

จากรูปภาพที่ 4.44 รูปภาพหลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยภาพที่เกิดขึ้นจะนำข้อมูลมาหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{RMS}) โดยใช้วิธีการของสูตรที่กล่าวไว้ในเนื้อหาการทดลองข้างต้น ซึ่งโปรแกรมการทดลองจะทำการหามาให้เองอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่ได้หลังการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านการตัดระดับ 30 % ได้ดังนี้

ค่า E_{RMS} = 12.07 ค่า SNR_{RMS} = 14.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 การเปรียบเทียบหลังการผ่านการตัดระดับ

1.4) เป็นทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าการวัดคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ(SNR_{RMS})

1. ทำการเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าของการตัดระดับตั้งแต่ 20 – 90 % โดยเพิ่มค่าที่ละ 10 % โดยบันทึกลงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในการตัดระดับที่ต่างๆ

ระดับ Threshold	20 (%)	30 (%)	40 (%)	50 (%)	60 (%)	70 (%)	80 (%)
ค่า E_{RMS}	9.85	12.07	14.76	16.37	17.57	18.33	19.03
ค่า SNR_{RMS}	18.47	14.31	12.30	11.09	10.32	9.88	9.52

2. ทำการทดลองบันทึกค่าจำนวนค่าศูนย์ที่เกิดขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์ หลังจากผ่านการตัดระดับที่ระดับต่างๆ จากการทดลองที่ 3.1 ลงในตารางที่ 4.2 (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)

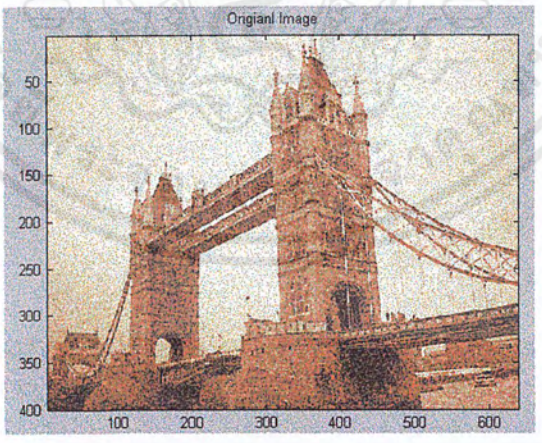
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 จำนวนศูนย์ที่เกิดขึ้นของสัมประสิทธิ์ที่มีการตัดระดับต่างๆ

ระดับ Threshold	20 (%)	30 (%)	40 (%)	50 (%)	60 (%)	70 (%)	80 (%)
Horizontal Detail	92.77	96.18	97.88	98.85	99.29	99.62	99.99
Vertical Detail	94.25	97.18	98.46	99.13	99.73	99.90	99.97
Diagonal Detail	96.74	98.70	99.46	99.78	99.92	99.98	99.99

1.5) เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบรูปภาพที่เกิดหลังการผ่านการตัดระดับกับข้อมูลต้นแบบที่มีสัญญาณรบกวนอยู่ในรูปภาพ

จากเนื้อหาที่กล่าวไว้ข้างขึ้นได้กล่าวเรื่องการใช้การตัดระดับในการตัดสัญญาณรบกวนของข้อมูลภาพ เพื่อให้คุณภาพของข้อมูลดีขึ้น โดยกำหนดให้ทำการทดลองเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับของการตัด ตั้งแต่ 20–60 % โดยเพิ่มที่ละ 20 % พร้อมเลือกต้องการให้มีสัญญาณรบกวนลงในข้อมูลต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.45

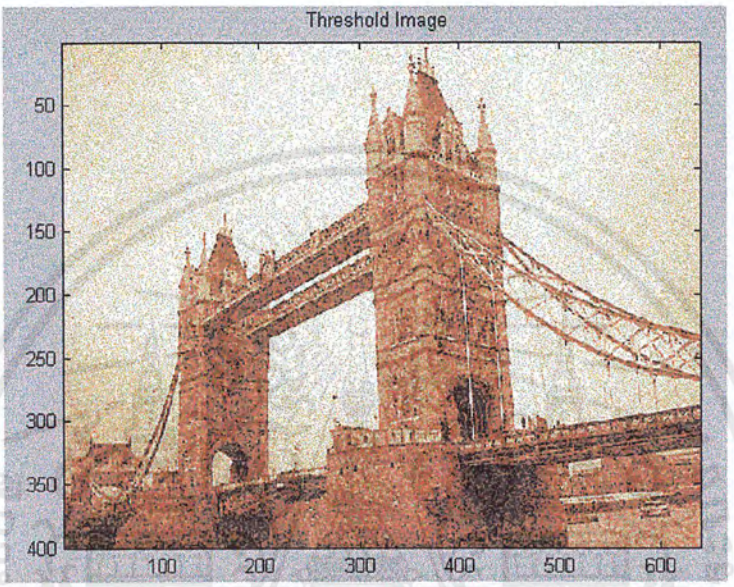


รูปที่ 4.45 ต้นแบบสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

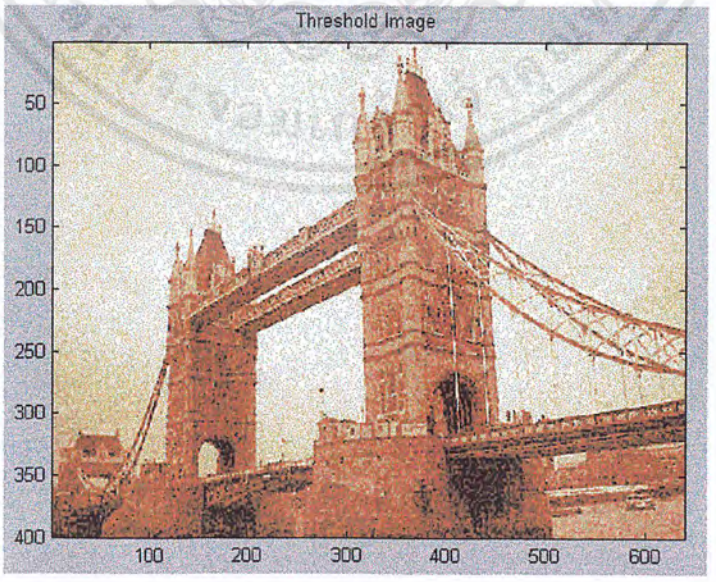
หลังผ่านการตัดระดับค่าสัมประสิทธิ์พร้อมกับทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลต้นแบบและข้อมูลที่ผ่านการตัดระดับที่ระดับต่างๆ ของการทดลอง

1. ภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดที่ 20 % แสดงดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 การตัดระดับที่ 20 %

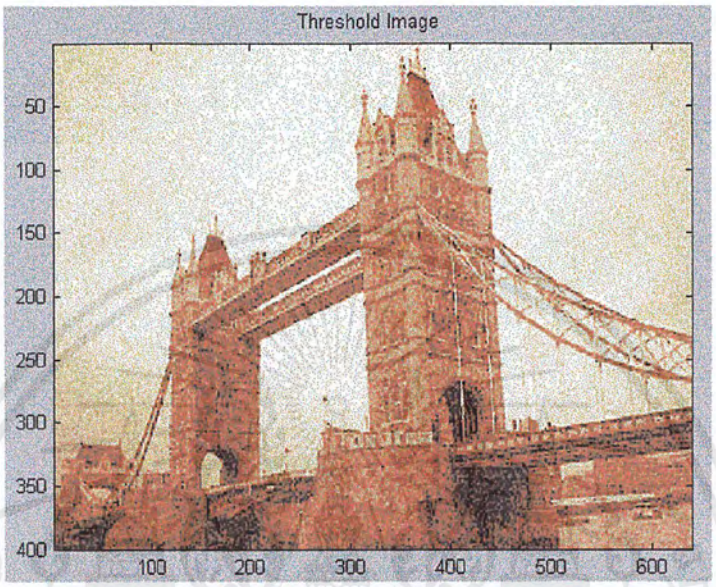
2. รูปภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดที่ 40 %แสดงดังรูป 4.47



รูปที่ 4.47 การตัดระดับที่ 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รูปภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดที่ 60 % แสดงดังรูป 4.48



รูปที่ 4.48 การตัดระดับที่ 60 %

1.6) สรุปผลการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยวิธีการตัดระดับ

จากการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตโดยวิธีการตัดระดับ ผลที่ได้คือค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ที่มีระดับต่ำกว่าระดับของการตัดที่ตั้งไว้ได้ถูกตัดให้มีขนาดเป็นศูนย์ ซึ่งหากกำหนดระดับเทรดโฮลยิ่งมากค่าความผิดพลาดของข้อมูลจะมากขึ้นแต่จะไม่แตกต่างกับข้อมูลต้นแบบมากนักและค่าคุณภาพความเหมือนจะตรงข้ามกับค่าความผิดพลาดคือ หากกำหนดระดับของการตัดยิ่งมาก ค่าคุณภาพความเหมือนก็จะน้อยลงตามไป

ส่วนในการทดลองที่ใช้วิธีการตัดระดับเพื่อตัดสัญญาณรบกวนออกนั้น หลังการทดลอง หากกำหนดระดับของการตัดไว้ระดับน้อยๆ ผลที่ได้จะไม่ค่อยแตกต่างจากข้อมูลต้นแบบที่มีสัญญาณรบกวนมากนัก แต่หากกำหนดระดับไว้ระดับที่สูงๆ ผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนถูกตัดออกไปในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าหลังผ่านการทดลองเป็นการนำข้อมูลต้นแบบมาผ่านฟังก์ชันการตรวจสอบหาข้อมูลที่มีระดับน้อยกว่าระดับที่ได้ดังไว้โดยข้อมูลที่มีระดับน้อยกว่าจะถูกแทนที่ด้วยค่าศูนย์ ส่วนการกราฟแสดงความผิดพลาดเป็นการนำข้อมูลต้นแบบมาลบด้วยข้อมูลหลังการผ่านการเทรดโฮล

ในการคำนวณหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าวัดคุณภาพความเหมือน (SNR_{RMS}) จากตารางที่ 1 ได้มาจากสูตรที่ 3.2 และ 3.3 ซึ่งอยู่ในบทที่ 3

ตัวอย่างเช่นกำหนดข้อมูลต้นแบบ (A) และข้อมูลหลังการตัดระดับ (B) และแทนในสูตรเพื่อหาค่าดังนี้ A = [1 2 3 4] B = [0 0 3 4]

$$E_{RMS} = \frac{1}{1*4}\sum_{x=1}^{4}\sum_{y=1}^{1}\left[\left(A(x,y)-B(x,y)\right)^2\right]^{1/2}$$

$$= 0.25*\left[(1+2)^2\right]^{1/2}$$

$$E_{RMS} = 0.75$$

$$SNR_{RMS} = \left[\frac{\sum_{x=1}^{4}\sum_{y=1}^{1}B(x,y)^2}{\sum_{x=1}^{4}\sum_{y=1}^{1}\left[B(x,y)-A(x,y)\right]^2}\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{25}{9}\right]^{1/2}$$

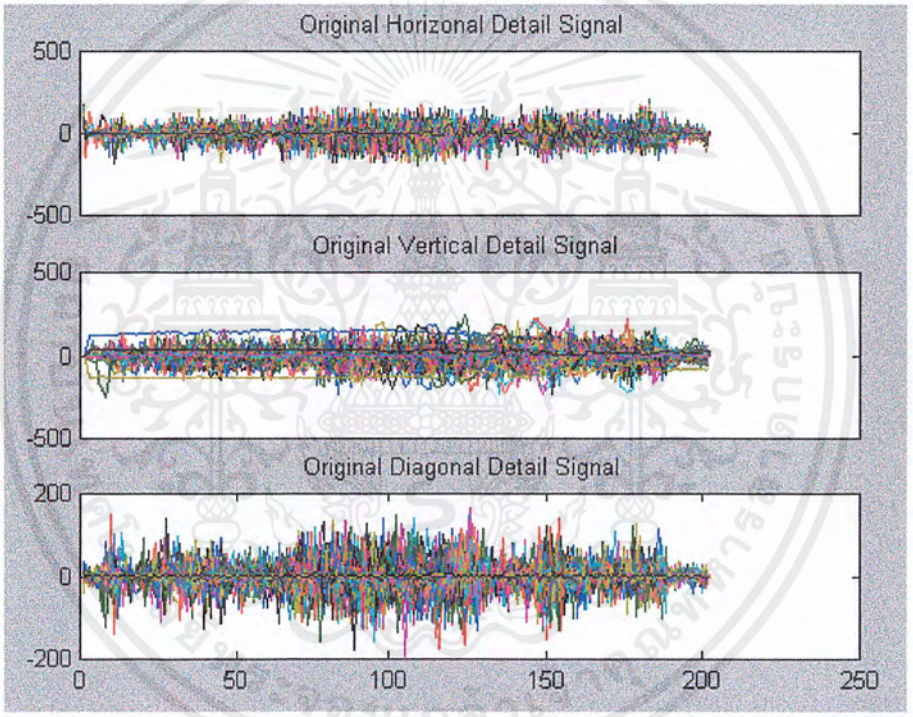
$$SNR_{RMS} = 1.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการจัดระดับ (Quantization)

2.1) กำหนดเลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการจัดระดับข้อมูลของสัมประสิทธ์

จากโปรแกรมการทดลองการตัดระดับจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตโดยใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 ออกเป็น 4 ค่าตามหลักการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและจะแสดงกราฟข้อมูลข้องค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 3 ค่า ตามทฤษฎีการจัดระดับข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 การผ่านขั้นตอน DWT

หมายเหตุ

* ในการทดลองจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพียงระดับเดียวเพื่อง่ายต่อการทดลอง

* ในการแสดงผลการทดลองจะเป็นแบบการพล็อตกราฟเพื่อให้เห็นการทดลองที่ง่ายขึ้น

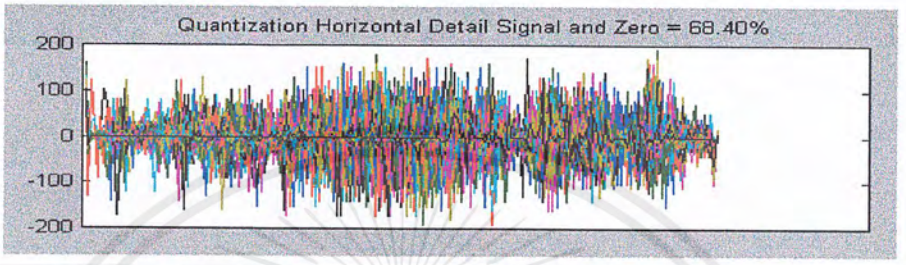
2.2) ขั้นตอนการจัดระดับ (Quantization)

ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดระดับการจัดระดับไว้ที่ 20 ระดับเพื่อให้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

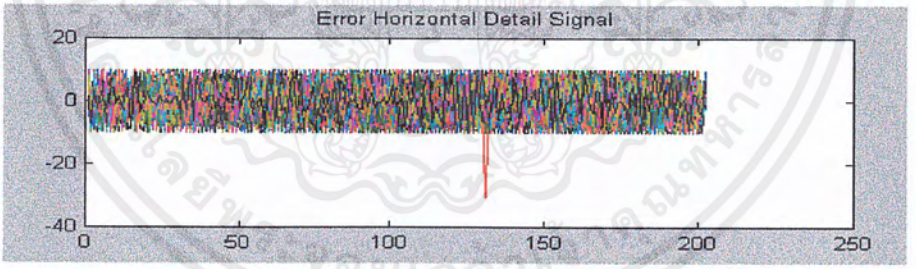
2.2.1) ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับจากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้เคียงกับระดับของการจัดเพื่อให้มีระดับเดียวกันแสดงดังรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.50 การจัดระดับที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการจัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.51

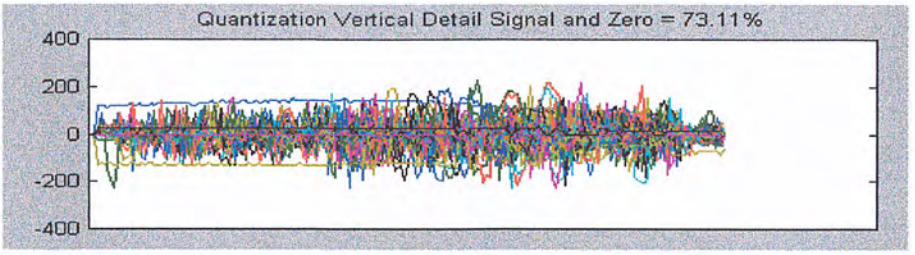


รูปที่ 4.51 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

2.2.2) ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

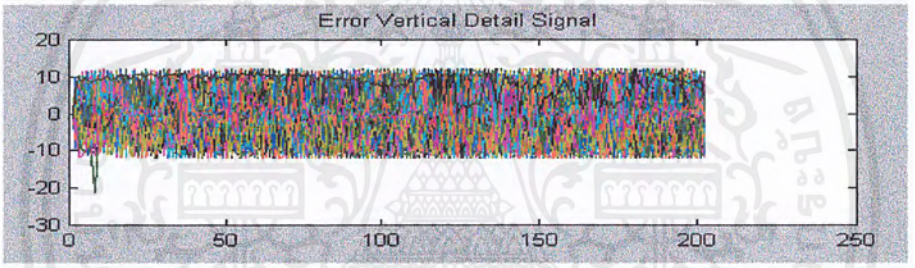
1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับ จากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้เคียงกับระดับที่จัดเพื่อให้มีระดับเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.52 การจัดระดับที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

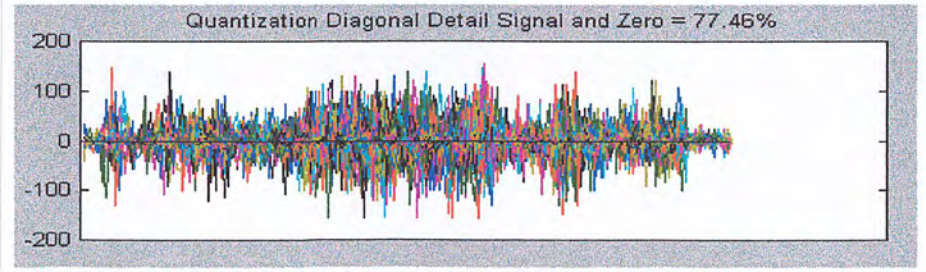
2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการจัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

2.2.3) ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

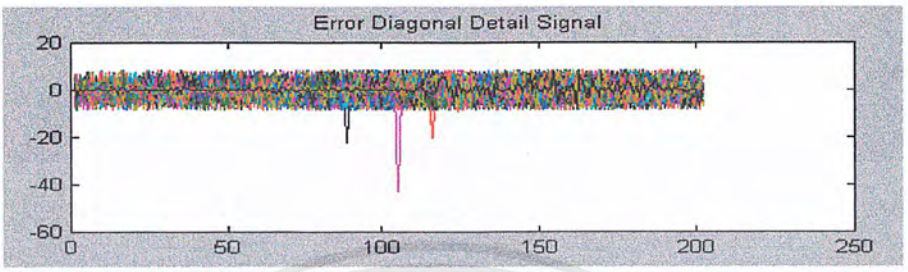
1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับ จากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้เคียงกับระดับของการจัดเพื่อให้มีระดับเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.54 การจัดระดับไว้ที่ 20 ระดับของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ กับข้อมูลสัมประสิทธิ์หลังผ่านการจัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แสดงดังรูปที่ 4.55



รูปที่ 4.55 ความแตกต่างข้อมูลของสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

จากรูปภาพหลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยภาพที่เกิดขึ้นจะนำข้อมูลมาหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{RMS}) โดยใช้วิธีการของสูตรที่กล่าวไว้ในเนื้อหาการทดลองข้างต้น ซึ่งโปรแกรมการทดลองจะทำการหามาให้เองอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่ได้หลังการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านการจัดระดับไว้ที่ 20 ระดับแสดงดังรูปที่ 4.56

E_{RMS} = 3.72 SNR_{RMS} = 48.98

รูปที่ 4.56 การเปรียบเทียบหลังการผ่านการจัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) เป็นทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าการวัดคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{RMS})

1. ทำการทดลองเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงค่าของการจัดระดับที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 5–75 ระดับ ซึ่งจะเพิ่มระดับทีละ 10 ระดับ โดยบันทึกลงตารางที่ 1 ดังแสดงตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในการจัดระดับต่างๆ

ระดับ Quantization	5 ระดับ	15 ระดับ	25 ระดับ	35 ระดับ	45 ระดับ	55 ระดับ	65 ระดับ	75 ระดับ
ค่า E_{RMS}	10.12	4.68	3.09	2.31	1.86	1.55	1.33	1.17
ค่า SNR_{RMS}	17.95	38.90	58.90	78.61	97.69	117.01	136.09	155.21

2.4) สรุปผลการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยวิธีการจัดระดับ

จากการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตโดยวิธีการจัดระดับ ผลที่ได้คือ หากในการกำหนดระดับในการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ให้ค่าน้อยๆ จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดมากขึ้นตาม และในการทดลองทำให้ทราบว่าในการกำหนดค่าระดับควอนไทซ์ไว้ที่จุดหนึ่งแล้วเพิ่มระดับขึ้นไป ค่าความผิดพลาดก็จะมีค่าที่แตกต่างกันมาก ส่วนค่าคุณภาพความเหมือนก็จะแปรผันตรงกับค่าระดับของการจัดโดยหากกำหนดระดับการจัดยิ่งมากค่าคุณภาพความเหมือนก็จะเพิ่มขึ้นตาม

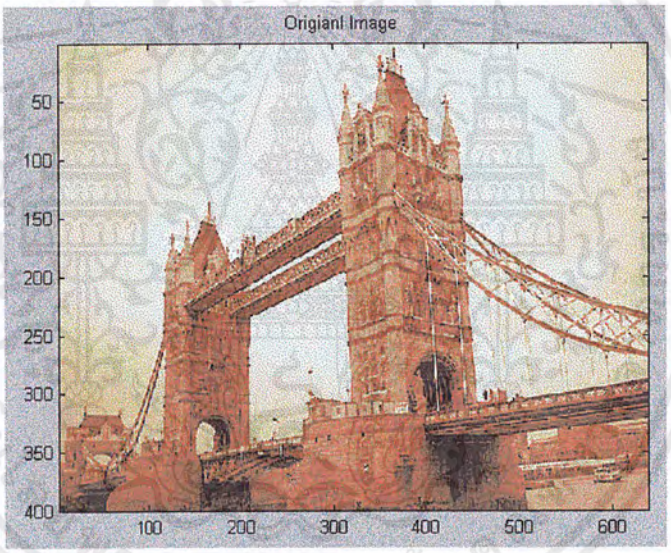
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ขั้นตอนการเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman Coding)

3.1) กำหนดเลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมนแสดงดังรูปที่ 4.57

ในการทดลองในเรื่องการเข้ารหัสโดยวิธีการฮัฟแมน โดยจะทำการอ้างอิงกับตารางฮัฟแมนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในหัวข้อเรื่องการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน ซึ่งจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ผ่านในขั้นการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ ทั้งวิธีการตัดระดับและการจัดระดับ เพื่อให้ในการเข้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

แต่ผลที่ได้จากการทดลองเป็นผลที่ได้มาจากการคำนวณทางคณิตสาตร์เท่านั้น แต่ยังไม่สามารถที่จะลดขนาดของข้อมูลได้จริง



รูปที่ 4.57 ต้นแบบของการเข้ารหัสฮัฟแมน

3.2) การทดลองโดยการตั้งค่าการเทรดโฮลไว้คงที่แล้วเปลี่ยนค่าระดับการจัดระดับ

1.ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับค่าการตัดระดับที่ 20 % และทำการเปลี่ยนค่าการจัดระดับเพื่อหาค่าความผิดพลาด,ค่าวัดคุณภาพของรูปภาพพร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 20 %

การตัดระดับ	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}	10.71	10.13	9.99	9.93	9.91	9.87
SNR_{RMS}	16.97	17.96	18.22	18.32	18.38	18.40
After bit	1109690	1115046	1119246	112520	1125236	1127806
Before bit	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

2. ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับค่าของการตัดระดับที่ 40 % และทำการเปลี่ยนค่าระดับของการจัดระดับเพื่อหาค่าความผิดพลาด,ค่าวัดคุณภาพของรูปภาพ พร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 40 %

การจัดระดับ	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}	14.94	14.82	14.79	14.78	14.77	14.77
SNR_{RMS}	12.15	12.26	12.28	12.29	12.30	12.30
After bit	1106797	1108151	1109091	1109822	1110356	1111065
Before bit	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับค่าการตัดระดับที่ 60 % และทำการเปลี่ยนค่าระดับการจัดระดับเพื่อหาค่าความผิดพลาด,ค่าวัดคุณภาพของรูปภาพ พร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองในขั้นตอนการฮัฟแมนโดยตั้งค่าการตัดระดับที่ 60 %

การจัดระดับ	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}	17.61	17.58	17.57	17.57	17.57	17.57
SNR_{RMS}	10.30	10.32	10.32	10.32	10.32	10.32
After bit	1105904	1106059	1106181	1106300	1106413	1106507
Before bit	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408	2081408

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

จำนวนบิตได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เพียง 1 ระดับ

3.3) สรุปผลการทดลองการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

จากการทดลองการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมนผลการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าทั้งค่าการตัดระดับและการจัดระดับผลที่ได้คือ

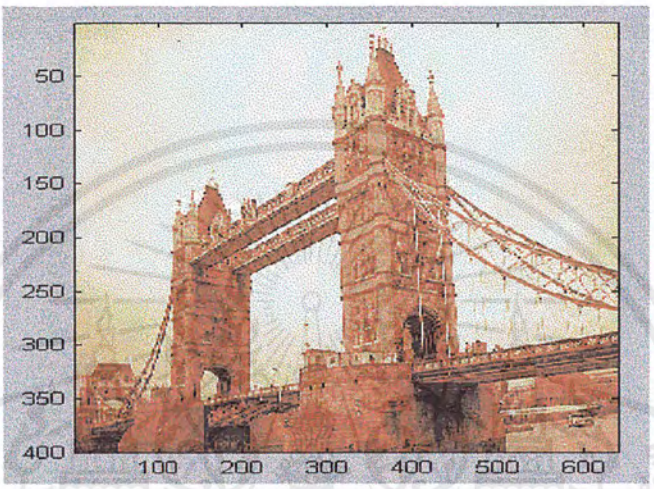
หากคิดในการของค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือน ผลที่ได้ค่าความผิดพลาดจะมากขึ้นเมื่อระดับของการตัดระดับมากขึ้น ส่วนค่าคุณภาพความเหมือนก็จะแปรผกผันกับค่าระดับของการตัด และในการกำหนดระดับของการจัดระดับจะไม่ค่อยมีผลเพราะค่าที่ได้ใกล้เคียงกันมาก

หากคิดในการลดขนาดของจำนวนบิตหลังการเข้ารหัสค่าที่ได้จะไม่แตกกต่างกันมากนักถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งค่าการตัดระดับและค่าการจัดระดับก็ตาม โดยค่าที่ได้จะสามารถลดได้ประมาณ 50 % ของจำนวนบิตที่มีอยู่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การเลือกค่าเวฟเล็ตแม่ในการบีบอัดข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ต

1) กำหนดเลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการจัดระดับข้อมูลของสัมประสิทธ์



รูปที่ 4.58 รูปภาพต้นแบบ

2) ทำการเลือกเวฟเล็ตแม่เพื่อใช้ในการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

เมื่อเรียกใช้โปรแกรมในหัวข้อการเลือกใช้เวฟเล็ตแม่พร้อมเลือกรูปภาพต้นแบบได้แล้ว จะกำหนดให้ผู้ทำการทดลองเลือกเวฟเล็ตแม่ เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แล้วจะให้ผู้ทำการทดลองเลือกระดับของการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์

โดยกำหนดการตัดระดับไว้ที่ 10 % และการจัดระดับไว้ที่ 10 ระดับ เพื่อหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพเมื่อมีการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแล้วโดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่ต่างกัน

2.1) กำหนดผู้ทำการทดลองให้เลือกเวฟเล็ตแบบ Daubechies ซึ่งในการทดลองจะกำหนดไว้ค่าเวฟเล็ตแม่ไว้ 4 ตัวด้วยกัน คือ

1. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 2 คือ

Lo_D = [0.4830 0.8365 0.2241 -0.1294]

Hi_D = [-0.1294 -0.2241 0.8365 -0.4830]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 4 คือ

Lo_D = [0.2304 0.7148 0.6309 -0.0280 -0.1870 0.0308 0.0329 -0.0106]

Hi_D = [-0.0106 -0.0329 0.0308 0.1870 -0.0280 -0.6309 0.7148 -0.2304]

3. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 6 คือ

Lo_D = [0.1115 0.4946 0.7511 0.3153 -0.2263 -0.1298 0.0975 0.0275 -0.0316
0.0006 0.0048 -0.0011]

Hi_D = [-0.0011 -0.0048 0.0006 0.0316 0.0275 -0.0975 -0.1298 0.2263 0.3153
-0.7511 0.4946 -0.1115]

4. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 8 คือ

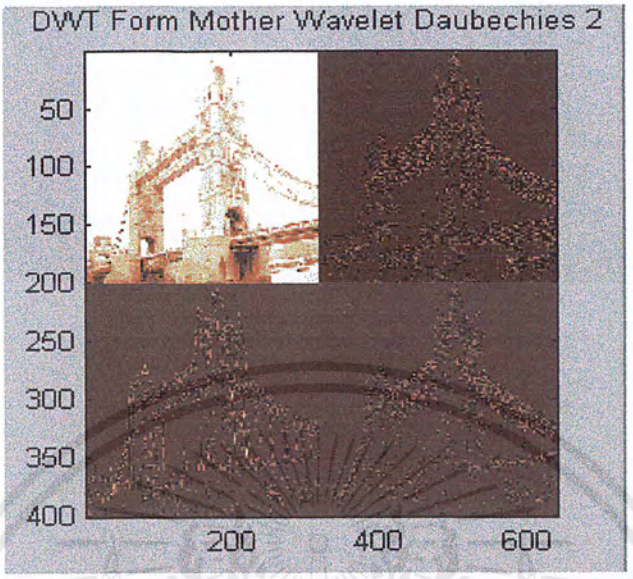
Lo_D = [0.0544 0.3129 0.6756 0.5854 -0.0158 -0.2840 0.0005 0.1287 -0.0174
-0.0441 0.0140 0.0087 -0.0049 -0.0004 0.0007 -0.0001]

Hi_D = [-0.0001 -0.0007 -0.0004 0.0049 0.0087 -0.0140 -0.0441 0.0174 0.1287
-0.0005 -0.2840 0.0158 0.5854 -0.6756 0.3129 -0.0544]

2.2) นำข้อมูลต้นแบบมาทำการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่กำหนดในขั้นตอนที่ 2.1

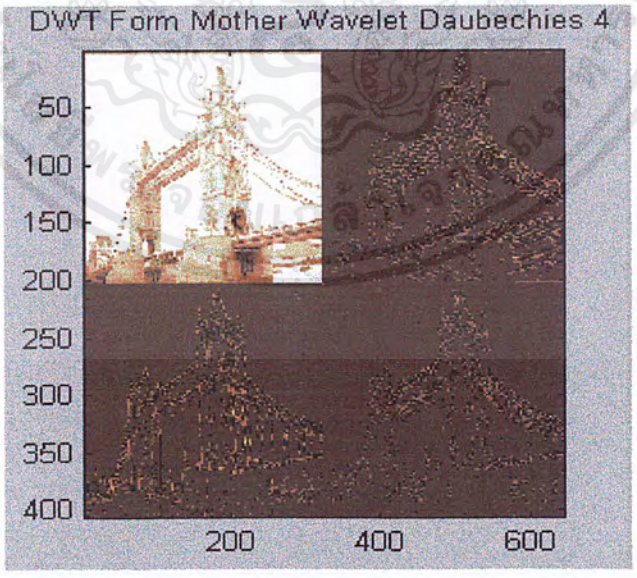
1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 2 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 4.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.59 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 2

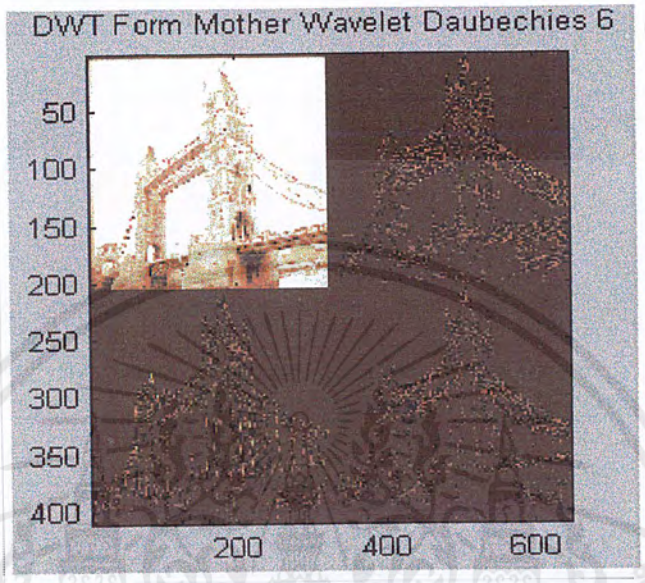
2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 4 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.60



รูปที่ 4.60 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 4

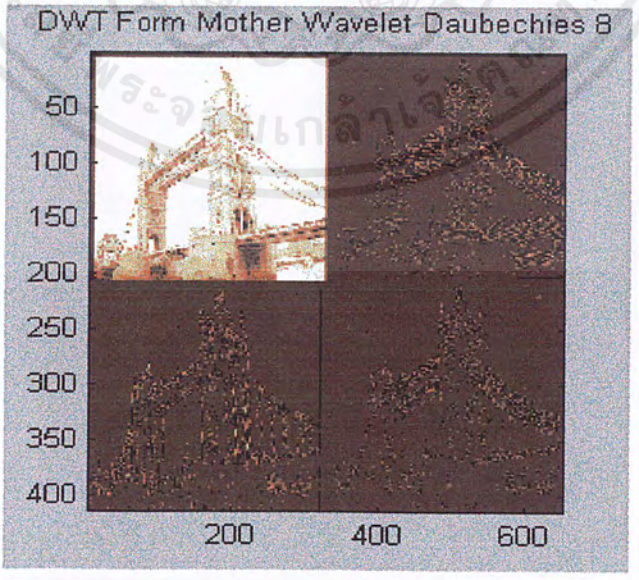
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 6 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.61



รูปที่ 4.61 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 6

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 8 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.62

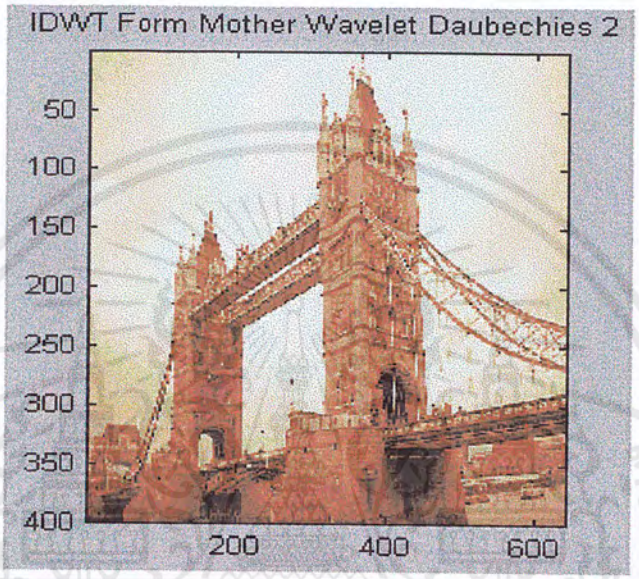


รูปที่ 4.62 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

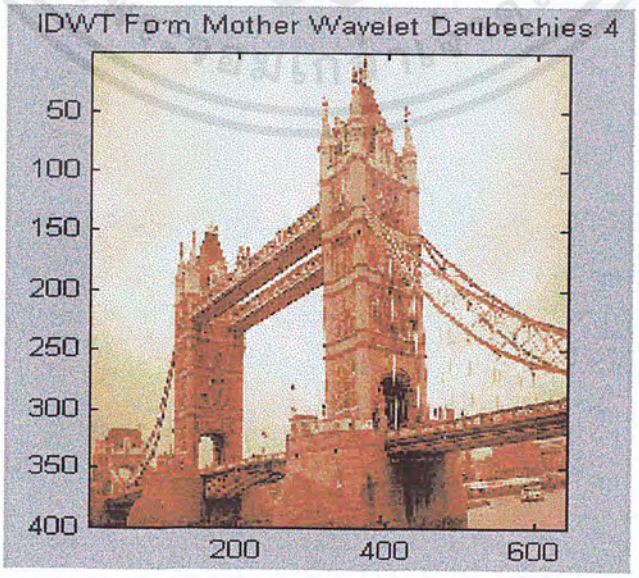
2.3) นำค่าสัมประสิทธิ์ผ่านขั้นตอนการตัดระดับและการจัดระดับ พร้อมกับแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยเวฟเล็ตแม่ที่กำหนด

1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 2 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.63



รูปที่ 4.63 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 2

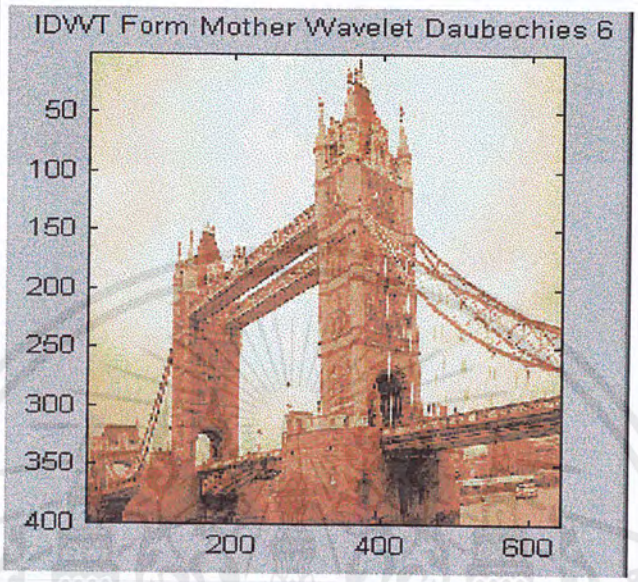
2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 2 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.64 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 4

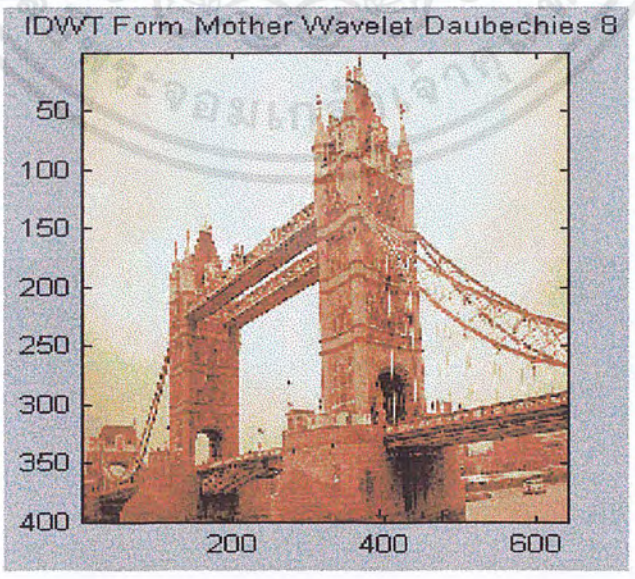
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 6 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.65



รูปที่ 4.65 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 6

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 8 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.66



รูปที่ 4.66 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) หลังการทำในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.1-2.3 ต่อไปจะเป็นขั้นตอนการหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพหลังการทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ โดยบันทึกค่าความผิดพลาดและค่าการวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies ที่ระดับต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในระดับต่างๆ

	Daubechies 2	Daubechies 4	Daubechies 6	Daubechies 8
E_{RMS}	6.24	6.30	6.51	6.57
SNR_{RMS}	29.16	28.85	27.95	27.69

2.5) กำหนดผู้ทำการทดลองให้เลือกเวฟเล็ตแบบ Symmlet ซึ่งในการทดลองจะกำหนดไว้ค่าเวฟเล็ตแม่ไว้ 4 ตัวด้วยกัน คือ

1. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 2 คือ

Lo_D = [0.4830 0.8365 0.2241 -0.1294]

Hi_D = [-0.1294 -0.2241 0.8365 -0.4830]

2. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 4 คือ

Lo_D = [0.0322 -0.0126 -0.0992 0.2979 0.8037 0.4976 -0.0296 -0.0758]

Hi_D = [-0.0758 0.0296 0.4976 -0.8037 0.2979 0.0992 -0.0126 -0.0322]

3. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 6 คือ

Lo_D = [-0.0078 0.0018 0.0447 -0.0211 -0.0726 0.3379 0.7876 0.4911 -0.0483
-0.1180 0.0035 0.0154]

Hi_D = [0.0154 -0.0035 -0.1180 0.0483 0.4911 -0.7876 0.3379 0.0726 -0.0211
-0.0447 0.0018 0.0078]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

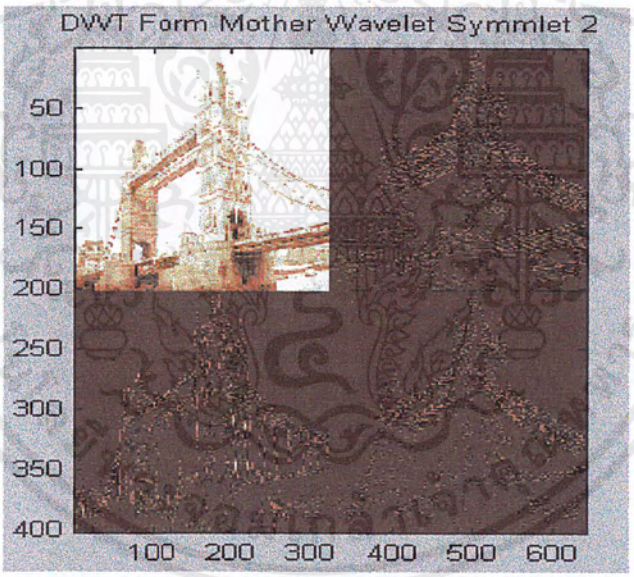
4. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 8 คือ

Lo_D = [0.0019 -0.0003 -0.0150 0.0038 0.0491 -0.0272 -0.0519 0.3644 0.7772 0.4814 -0.0613 -0.1433 0.0076 0.0317 -0.0005 -0.0034]

Hi_D = [-0.0034 0.0005 0.0317 -0.0076 -0.1433 0.0613 0.4814 -0.7772 0.3644 0.0519 -0.0272 -0.0491 0.0038 0.0150 -0.0003 -0.0019]

2.6) นำข้อมูลต้นแบบมาทำการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่กำหนดในขั้นตอนที่ 2.5

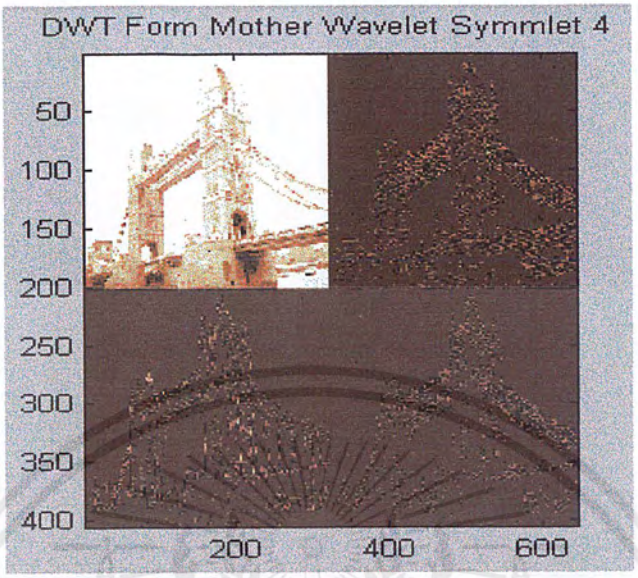
1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 2 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 4.67



รูปที่ 4.67 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 2

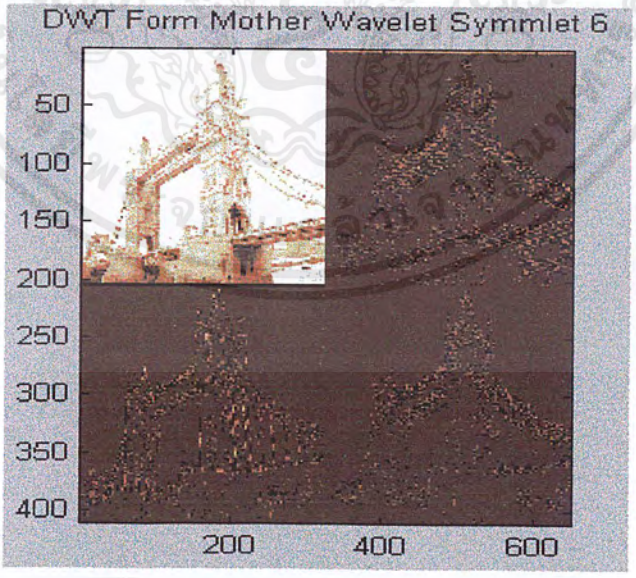
2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 4 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 4.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.68 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 4

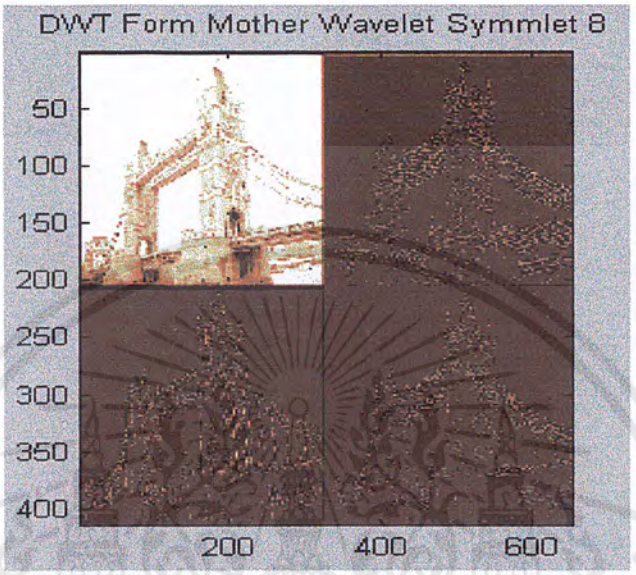
3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 6 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.69



รูปที่ 4.69 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

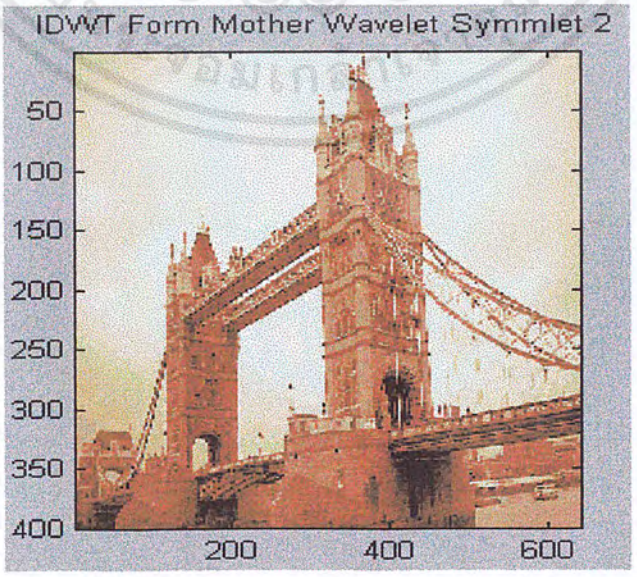
4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 6 เพื่อให้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 4.70



รูปที่ 4.70 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 8

2.7) นำค่าสัมประสิทธิ์ผ่านขั้นตอนการตัดระดับและขั้นตอนการจัดระดับ พร้อมกับแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยเวฟเล็ตแม่ที่กำหนด

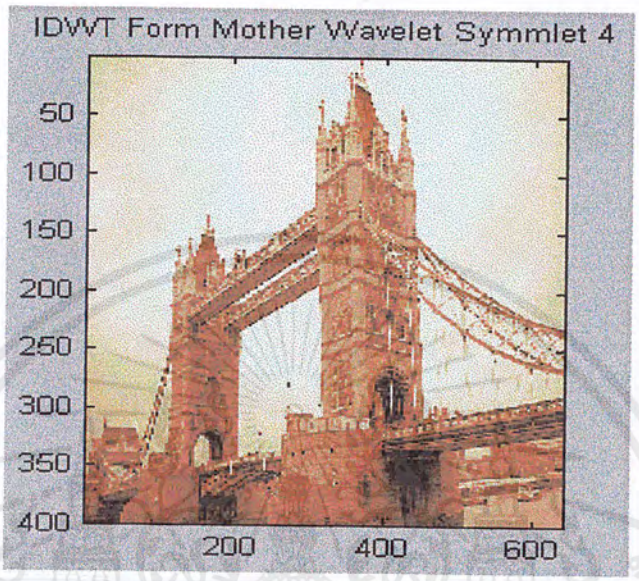
1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 2 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 4.71



รูปที่ 4.71 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 2

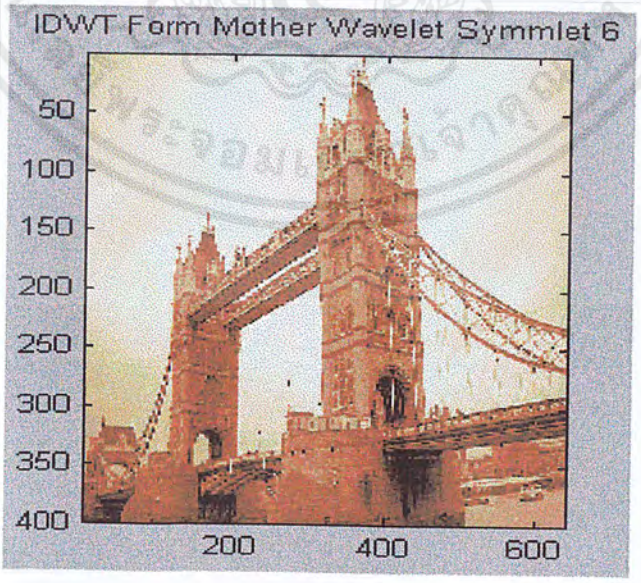
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 4 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.72



รูปที่ 4.72 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 4

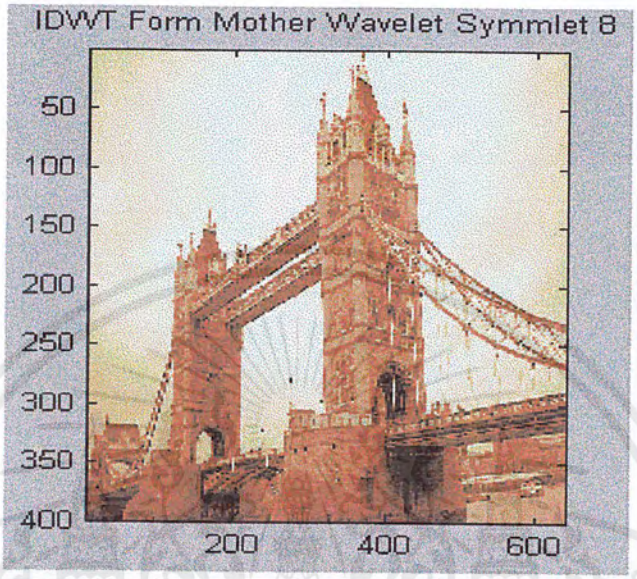
3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 6 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.73



รูปที่ 4.73 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 8 เพื่อให้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.74



รูปที่ 4.74 การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Symmlet 8

2.8) หลังการทำในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.5-2.7 ต่อไปจะเป็นขั้นตอนการหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพหลังการทำการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ โดยบันทึกค่าความผิดพลาดและค่าการวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนในระดับต่างๆ

เวฟเล็ตแม่	Symmlet 2	Symmlet 4	Symmlet 6	Symmlet 8
E_{RMS}	6.24	6.40	6.47	6.53
SNR_{RMS}	29.16	28.44	28.10	27.87

ในการทดลองต่อไปจะเป็นการกำหนด ข้อมูลต้นแบบที่ลักษณะรูปภาพที่แตกต่างจากการทดลองข้างต้น เพื่อทำการทดลองค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ผู้ทำการทดลองเปลี่ยนรูปภาพต้นแบบเป็นไฟล์ชื่อ Demo03.jpg พร้อมบันทึกผลการทดลองเมื่อทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ลงตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนนระดับต่าง ๆ

	DB 2	DB 4	DB 6	DB 8	Sym 2	Sym 4	Sym 6	Sym 8
E_{RMS}	3.07	2.91	2.81	3.01	3.07	2.92	2.87	2.85
SNR_{RMS}	49.11	51.88	53.77	50.17	49.11	51.70	52.51	52.96

หมายเหตุ DB = Daubechies

Sym = Symmlet

3) สรุปผลการทดลองการเลือกเวฟเล็ตแม่ในการบีบอัดข้อมูลภาพ

จากการทดลองโดยการแบ่งการทดลองในการเลือกเวฟเล็ตแม่ แต่ละชนิดในการเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือนของและเวฟเล็ตแม่ ผลที่ได้คือ ทั้งค่าความผิดพลาดและค่าคุณภพความเหมือนที่ได้จากการคำนวณ จะมีค่าที่ไม่แต่ต่างกันมากนัก

ซึ่งเมื่อนำค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือนของการใช้เวฟเล็ตที่ต่างกันมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้ก็จะไม่แตกต่างกันมากนะ ของค่าเวฟเล็ตทั้ง 8 ตัวที่ใช้ในการทดลอง

นอกจากหลังการทดลองโดยการเปลียนข้อมูลต้นแบบที่มีลักภาพแตดต่างกันรูปภาพต้อนแบบในการทดลองครั้งแรกๆ ผลที่ได้ก็จะไม่แตกต่างกับการใช้รูปภาพต้นแบบอันแรก จะแตกต่างเพียงค่าความผิดพลาดของการทดลองที่สองจะน้อยกว่าการทดลองที่หนึ่งเท่านั้น

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเวฟเล็ตแม่จะไม่ค่อยมีผลต่อความผิดพลาดของข้อมูลเมื่อผ่านการแตกกระจายสัมประสิทธิ์และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์

หมายเหตุ

ในการทดลองได้ทำการทดลองในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ในระดับเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตหลายระดับ

1) เลือกค่าเวฟเล็ตแม่ที่ใช้ในขบวนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfiltersเพื่อเลือกเวฟเล็ตแม่

```
[Lo_D,Hi_D] = wfilters('db3','d');
```

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

(Lo_D) = [0.3327 0.8069 0.4599 -0.1350 -0.0854 0.0352]

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

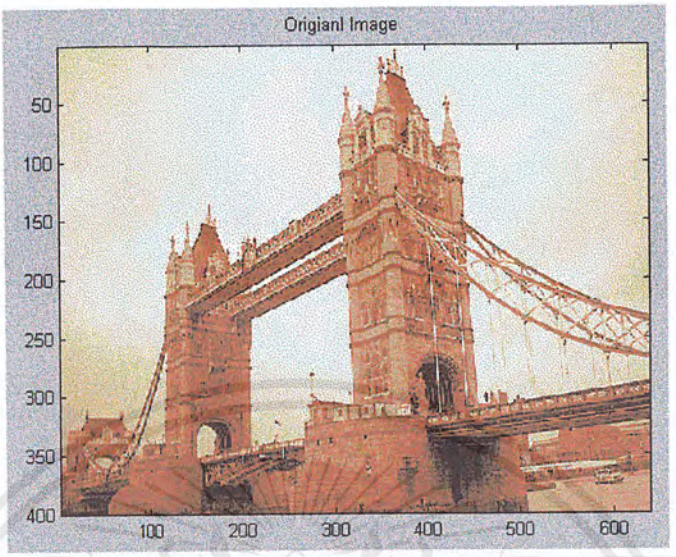
(Hi_D) = [0.0352 0.0854 -0.1350 -0.4599 0.8069 -0.3327]

2) เลือกรูปภาพต้นแบบ

เลือกไฟล์ชื่อ Demo01.jpg เพื่อใช้การนำมาข้อมูลต้นแบบมาเข้าสู่ขั้นตอนการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแสดงดังรูปที่ 4.75

ซึ่งในการทดลองจะอธิบายขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ ทั้งหมด 4 ค่าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

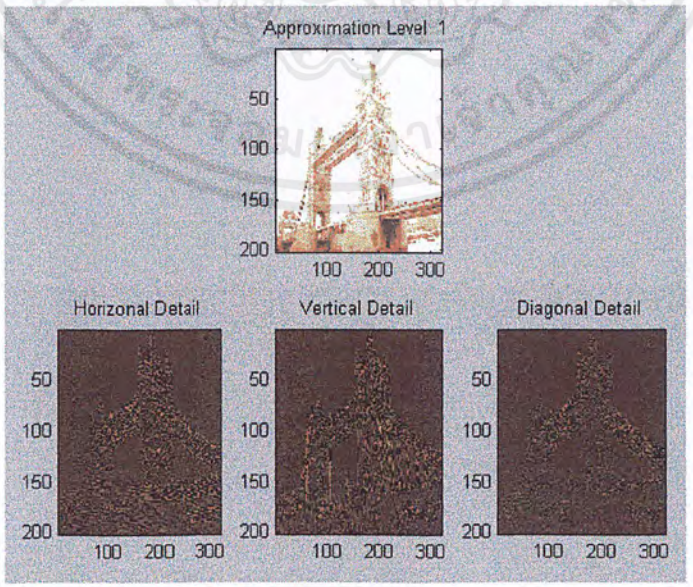


รูปที่ 4.75 การแตกกระจายสัมประสิทธิ์หลายระดับ

3) ขั้นตอนการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์

3.1) หลังจากการกำหนดข้อมูลต้นแบบพร้อมเลือกเวฟเล็ตที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนต่อไปคือการแตกกระจายสัมประสิทธิ์

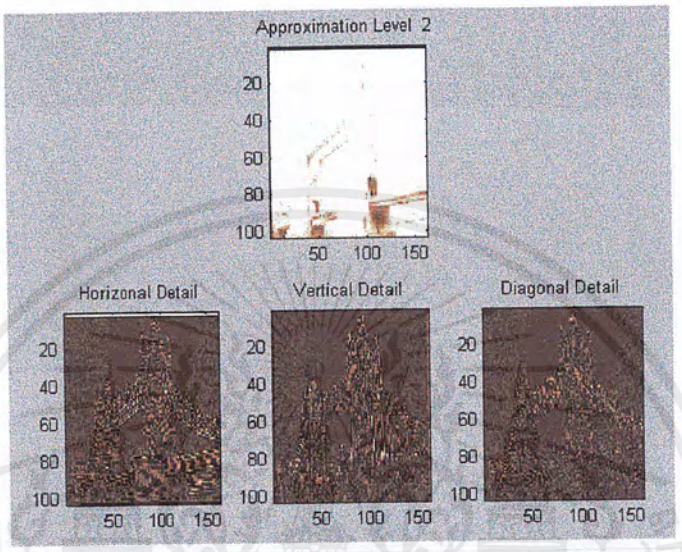
1. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 1 โดยใช้ข้อมูลต้นแบบเป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.76



รูปที่ 4.76 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 1

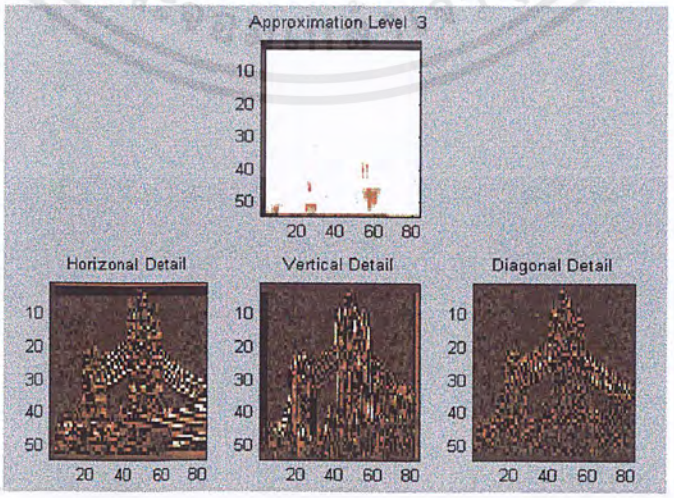
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 2 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 1 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.77



รูปที่ 4.77 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 2

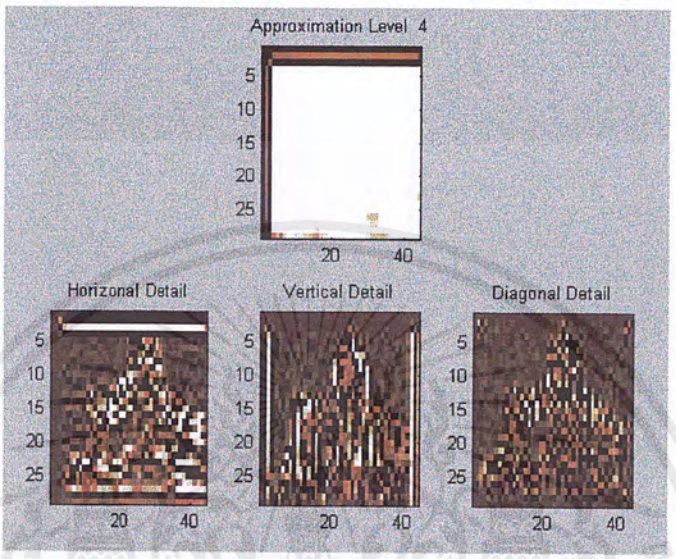
3. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 3 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 2 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.78 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 3

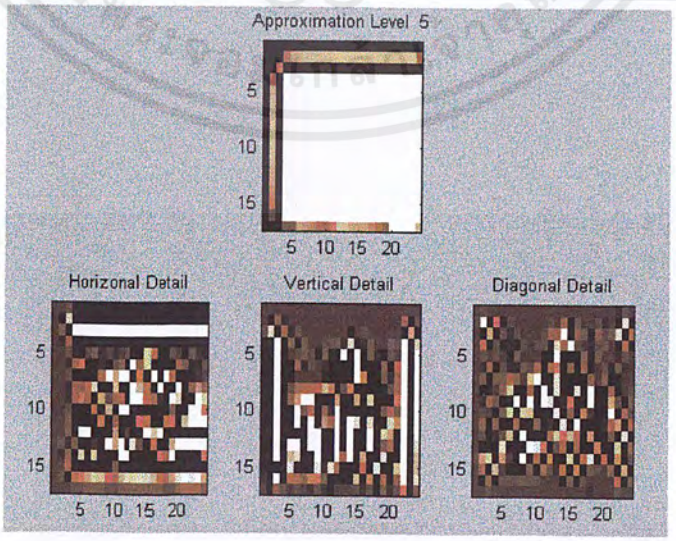
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 4 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 3 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.79



รูปที่ 4.79 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 4

4. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 5 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 4 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ แสดงดังรูปที่ 4.80

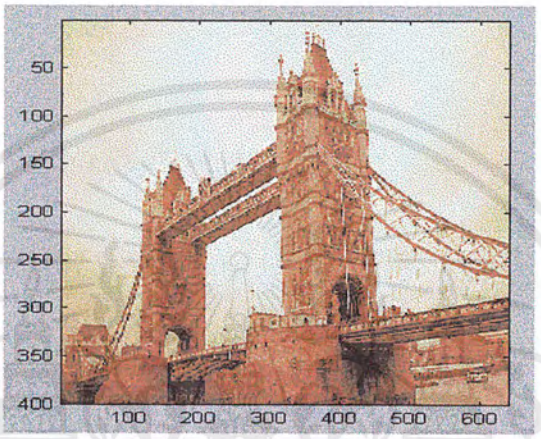


รูปที่ 4.80 สัมประสิทธิ์ระดับที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2) เมื่อผ่านขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 5 ระดับแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกระดับของการแตกกระจายสัมประสิทธิ์มาใช้ในการแปปลงกลับคสัมประสิทธิ์ โดยค่าข้อมูลในระดับอื่นที่ไม่ได้ถูกเลือกจะแทนที่ด้วยค่าข้อมูลศูนย์

1. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 1 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแสดงดังรูปที่ 4.81



รูปที่ 4.81 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 1

E_{RMS} = 0

SNR_{RMS} = 560194859576.44

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = 2048000 bit

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = 2081408 bit

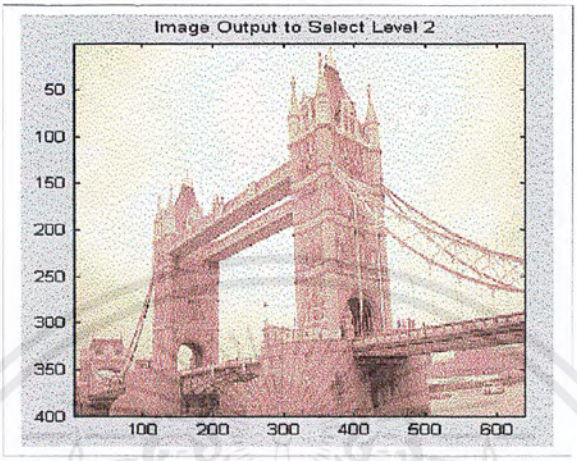
หมายเหตุ

จากการทดลองเหตุผลที่ทำให้ค่าความผิดพลาดมีค่าเท่ากับศูนย์และค่าคุณภาพความเหมือนมีค่ามากนั้น เพราะเนื่องในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต 1 ระดับ พร้อมกับแปลงกับด้วยค่าสัมประสิทธิ์ระดับที่ 1 โดยไม่มีการลดทอนหรือปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ จึงไม่ได้ทำให้ข้อมูลเกิดการสูญหายไป

ดังนั้นเมื่อทำการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ จึงทำให้ข้อมูลที่ได้จึงมีค่าเท่ากับต้นแบบ และเมื่อทำการหาค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือนจึงเป็นอย่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 2 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 4.82



รูปที่ 4.82 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 2

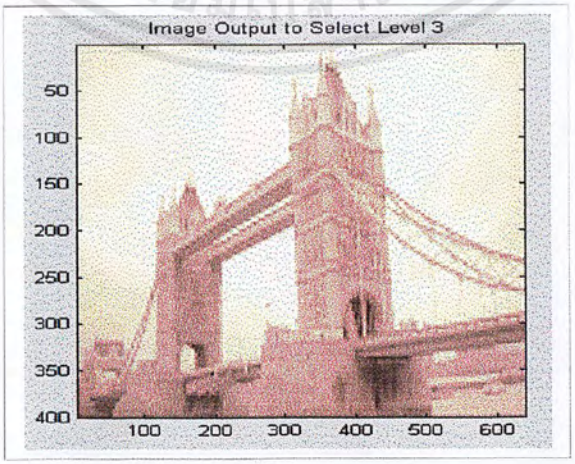
E_{RMS} = 19.19

SNR_{RMS} = 9.44

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = 2048000 bit

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = 537248 bit

3. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 3 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 4.83



รูปที่ 4.83 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

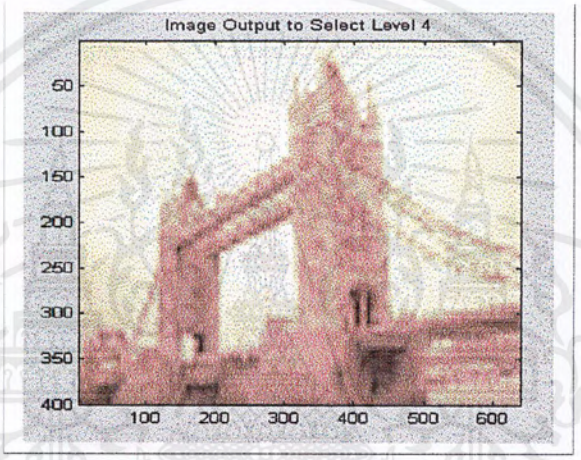
E_{RMS} = 26.26

SNR_{RMS} = 6.86

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = 2048000 bit

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = 145152 bit

4. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 4 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 4.84



รูปที่ 4.84 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 4

E_{RMS} = 29.87

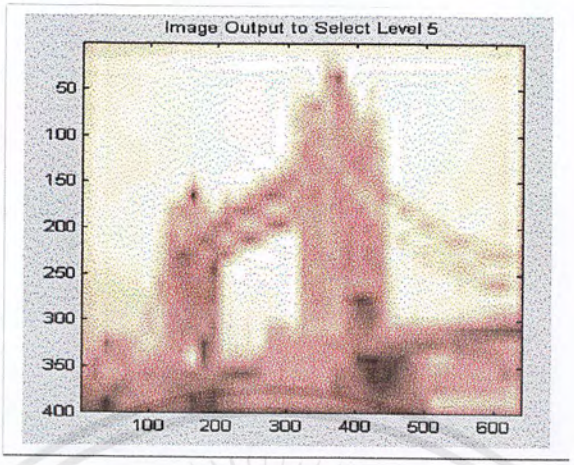
SNR_{RMS} = 6.01

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = 2048000 bit

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = 40832 bit

5. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 5 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 4.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.85 การเลือกสัมประสิทธิ์ระดับที่ 5

E_{RMS} = 29.87

SNR_{RMS} = 5.26

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = 2048000 bit

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = 13056 bit

4.) สรุปผลการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ

จากการทดลองโดยเมื่อกำหนดระดับของการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ และทำการเลือกระดับของสัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งในการทดลองหากทำการเลือกระดับของสัมประสิทธิ์ในระดับต้นๆ ค่าความผิดพลาดจะมีค่าน้อย แต่ขนาดของข้อมูลที่ใช้เก็บก็จะมีขนาดเทียบเท่าขนาดของข้อมูลจริง

ซึ่งในการกลับกันหากเลือกระดับของสัมประสิทธิ์ในระดับปลายๆ ผลที่เกิดขึ้นคือ ค่าความผิดพลาดก็จะเกิดขึ้นมากตาม แต่ขนาดของข้อมูลที่ใช้เก็บก็จะมีขนาดลดลงตามลดด้วย

ดังนั้นการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ สามารถที่จะลดขนาดของข้อมูลได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ตนั้น มีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ข้อมูลที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ 4 ค่า คือ Approximation, Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail

2) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ โดยนำข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ Detail มาใช้เป็นข้อมูลต้นแบบโดยทั่วไปจะมี 2 ขั้นตอนดังนี้

2.1) การตัดระดับ เป็นการแทนที่ค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ที่มีค่าน้อยกว่าค่าเทรดโฮลที่กำหนดไว้ให้เป็นค่าศูนย์ เพื่อง่ายต่อการเข้ารหัสของข้อมูล

2.2) การจัดระดับ เป็นการจัดระดับข้อมูลของสัมประสิทธิ์ ให้มีระดับค่าข้อมูลตามต้องการเพื่อให้ค่าของข้อมูลมีค่าที่ซ้ำซ้อนกันมากขึ้นเป็นผลให้การเข้ารหัสข้อมูลมีประสิทธิ์ภาพมากขึ้น

2.3) การเข้ารหัส เป็นการนำข้อมูลสัมประสิทธิ์ที่ได้หลังจาก การผ่านขั้นตอนการตัดระดับและการจัดระดับ มาเข้าสู่ขั้นตอนการเข้ารหัส เพื่อให้ขนาดข้อมูลมีขนาดลดลง

จากการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ในสามขั้นตอนที่กล่าวมา ผลที่ได้จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดของข้อมูลสัมประสิทธิ์ ซึ่งค่าที่ได้จะมีมากหรือน้อยตามแต่การกำหนดระดับของทั้งสามขั้นตอนข้างต้น

3) ขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต คือการนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์มาทำการรวมกลับให้เป็นค่าข้อมูลเดิมตามขบวนการแปลงกลับเวฟเล็ต โดยข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้องผ่านขั้นตอนการถอดรหัสก่อน จึงสามารถนำเข้าสู่ขั้นการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลสัมประสิทธิ์ที่ถูกต้อง

จากการที่ได้ทำการศึกษาและทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB สิ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาดจะสรุปได้ดังนี้

1) ขั้นตอนการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์

1.1) การตัดระดับ ผลที่เกิดขึ้นคือ ค่าผิดพลาดจะมีค่ามากเมื่อกำหนดค่าการตัดระดับมีค่ามาก และค่าผิดพลาดจะมีค่าน้อยเมื่อกำหนดค่าการตัดระดับมีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) การจัดระดับ ผลที่เกิดขึ้นคือ ค่าผิดพลาดจะมีค่ามากเมื่อกำหนดค่าการจัดระดับมีค่าน้อย และค่าผิดพลาดจะมีค่าน้อยเมื่อกำหนดค่าการจัดระดับมีค่ามาก

2) การเลือกสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ ผลที่เกิดขึ้นคือ เมื่อมีการเลือกระดับของสัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต หากทำการเลือกระดับของสัมประสิทธิ์ในระดับต้น ๆ ค่าความผิดพลาดจะมีค่าน้อย แต่ขนาดของข้อมูลที่ใช้เก็บก็จะมีขนาดเทียบเท่าขนาดของข้อมูลจริง ซึ่งในการกลับกันหากเลือกระดับของสัมประสิทธิ์ในระดับปลาย ๆ ผลที่เกิดขึ้นคือค่าความผิดพลาดก็จะเกิดขึ้นมากตาม แต่ขนาดของข้อมูลที่ใช้เก็บก็จะมีขนาดลดลงตามลดด้วย

ส่วนขั้นตอนการเลือกเวฟเล็ตแม่เพื่อใช้การแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตนั้น ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อย เมื่อมองด้วยตาเปล่าอาจมองไม่เห็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

5.2 ปัญหาที่พบ

ปัญหา	เนื่องจากไม่มีพื้นฐานในการใช้โปรแกรม MATLAB จึงทำให้การเขียนโปรแกรมในบางครั้งเกิดความผิดพลาดในการใช้คำสั่ง
แนวทางการแก้ไข	ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาคู่มือการใช้โปรแกรม MATLAB
ปัญหา	การประมวลผลของฟังก์ชันด้วยโปรแกรม MATLAB กับข้อมูลจำนวนมากจะใช้เวลานาน
แนวทางการแก้ไข	ศึกษาการเขียนฟังก์ชันที่ใช้คำสั่งสำเร็จรูปของ MATLAB เพื่อให้การประมวลผลได้เร็วขึ้น
ปัญหา	การเขียนโปรแกรมเพื่อทำการเข้ารหัสข้อมูล ด้วยวิธีฮัฟแมนจะต้องมีความรู้ในการใช้งาน MATLAB อย่างสูงและต้องใช้เวลานานในการศึกษา
แนวทางการแก้ไข	ใช้หลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบผลที่ใกล้เคียงที่สุดและความน่าจะเป็นจริงจากการเข้ารหัสข้อมูล

5.3 แนวทางการพัฒนา

1) โปรแกรม MATLAB ยังมีฟังก์ชันการใช้งานอื่น ๆ อีกมากมายที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในส่วนนี้ได้

2) ในการเข้ารหัสข้อมูลยังมีวิธีการที่มีประสิทธิ์ภาพมากกว่าแบบนี้

3) สามารถศึกษาการบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีการอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมประกอบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function wave_demo()
aa=1;
while aa == 1
    fprintf('\n\n            Menu To Demo \n\n');
    fprintf('      1. Discrete Wavelet Transform \n');
    fprintf('      2. Inverse Dissrete Wavelet Transform \n');
    fprintf('      3. Level to DWT and Select Wavelet Coefficents \n');
    fprintf('      4. Level to Threshold \n');
    fprintf('      5. Level to Quantization \n');
    fprintf('      6. Coding to HuffMan \n');
    fprintf('      7. Select to  Mother Wavelet\n');
    fprintf('      0. Exit \n\n');
    menu=-1;
    while menu ==-1
        menu = input('        Enter Number To Select ::  ');
        if  isempty(menu)       menu=-1;
        elseif menu==0          return;
        elseif menu <1 | menu >8,       menu=-1 ;
        end
    end
    db='db3';
    [fn,pn]=uigetfile('*.jpg','Input Image');                    %เลือกรูปต้นแบบ
    if fn==0 & pn==0    fprintf('\n  Error to Load Picture');
    else
        [x] = imread([pn,fn]);                                   %อ่านข้อมูลภาพเก็บไว้ในตัวแปล X
        fclose('all');
        x = double(x);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        switch menu                                          %เลือกเมนูการทดลอง
        case 1,          wlet(x,db);
        case 2,          iwlet(x,db);
        case 3,          LevelWave(x,db)
        case 4,          tro(x,db);
        case 5,          quan(x,db);
        case 6,          hum_m1(x,db);
        case 7,          SeleWave(x);
        otherwise
        end
    end
    aaa=1;
    while aaa == 1
    aa = input('\n\n      Enter "1" to Continue or "0" to Exit : ');
        if aa <= 1       aaa = 0;
        end
    end
    close all
end
```

รูปที่ ก.1 ไฟล์ wave_demo.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function  wlet(x,varargin)
figure(1)
colormap(pink(256))
image(x)
    title('Origianl Image  ');
sh={'Approximation','Horizontal Detail','Vertical Detail','Diagonal Detail'};
dw={'Lo_D','Lo_D','Lo_D','Hi_D','Hi_D','Lo_D','Hi_D','Hi_D',};
[Lo_D,Hi_D] = wfilters(varargin{1},'d');                    %หาค่าเวฟเล็ตแม่
load db3;
figure(2)
    colormap(pink(256))
fi1 = subplot(211);
    wdstem(fi1,(1:length(Lo_D)),Lo_D,'r')
    title('Low Pass Filter');
    set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
fi1=subplot(212);
    wdstem(fi1,(1:length(Hi_D)),Hi_D,'g')
    title('High Pass Filter');
fprintf('\n\n');
fprintf('       Function Creat Mother Wavelet \n');
fprintf('            [Lo_D,Hi_D] = wfilters("db3","d") \n\n');
fprintf('       Mother Wavelet  = \n');
fprintf('  %0.4f',db3);
fprintf('\n     Mother Wavelet For Low  Pass (LO_D)= \n');
fprintf('  %0.4f',Lo_D);
fprintf('\n     Mother Wavelet For HIGH Pass (HI_D)= \n');
fprintf('  %0.4f',Hi_D);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
input('\n      Continue Function    ');
count = 1;
while count <5,
    pp = 0;        pp1 = 0;
    if count == 2,     pp1 = 50;
    elseif count >2,  pp = 50;      pp1 = 50;
    end
    f={Lo_D,Lo_D};
    if count==2,       f={Lo_D,Hi_D};
    elseif count==3, f={Hi_D,Lo_D};
    elseif count==4, f={Hi_D,Hi_D};
    end
    lf = length(Lo_D);
    sx = size(x);
    a = conv2(x,f{1});
    z = a;
    a = conv2(a',f{2});
    a = a';
    figure(count+2)
    colormap(pink(256))
        image(z+pp)
        title(['Convolution X To ',num2str(sh{count},'%s')]);
        Show1(count,sh,dw);
        input('         Continue Function    ');
    figure(count+3)
    colormap(pink(256))
        image(a+pp1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        title(['Convolution Y To ',num2str(sh{count},'%s')]);
    Show2(count,sh,dw);
    input('         Continue Function    ');
    a= dyaddown1(a,1);
    z1 = a;
    a = dyaddown1(a,0);
    figure(count+4)
    colormap(pink(256))
        image(z1+pp1)
        title(['Down X To',num2str(sh{count},'%s')]);
    Show3(count,sh);
    input('         Continue Function    ');
    figure(count+5)
    colormap(pink(256))
        image(a+pp1)
        title(['Down Y To',num2str(sh{count},'%s')]);
    Show4(count,sh);
    input('         Continue Function');
    cof{count} = a;
    count = count + 1;
end
si = size(cof{1});
count = 1;
while count < 5
    cof{count} = cof{count} + 50;
    count = count + 1 ;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
figure(10)
colormap(pink(256))
    image([cof{1},cof{2};cof{3},cof{4}])
    input('        Cuntinue Function    ');
function Show1(key,sh1,dw)
    fprintf('\n\n');
    fprintf('      Convolution X To %s \n',sh1{key});
    fprintf('            z = conv2(y,%s); \n',dw{2*key-1});
function Show2(key,sh1,dw)
    fprintf('      Convolution Y To %s \n',sh1{key});
    fprintf('            z = conv2(z",%s); \n',dw{(2*key)});
    fprintf('            z = z"; \n\n' );
function Show3(key,sh1)
    fprintf('\n\n');
    fprintf('      Down Data X To %s\n',sh1{key});
    fprintf('            z = dyaddown(z,"col",0); \n');
function Show4(key,sh1)
    fprintf('      Down Data Y To %s\n',sh1{key});
    fprintf('            z = dyaddown(z,"row",0); \n\n');
```

รูปที่ ก.2 ไฟล์ wlet.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function iwlet(x,varargin)
[a1,a2,a3,a4]=dwt2X(x,varargin{1});
    a11 = a1 + 50 ;
    a21 = a2 + 50 ;
    a31 = a3 + 50 ;
    a41 = a4 + 50 ;
figure(2)
colormap(pink(256))
    image([a11,a21;a31,a41])
    title('Wavelet Coefficents');
sh={'Approximation','Horizontal Detail','Vertical Detail','Diagonal Detail'};
dw ={'Lo_R','Lo_R','Hi_R','Lo_R','Lo_R','Hi_R','Hi_R','Hi_R',};
load db3;
     [Lo_R,Hi_R] = wfilters(varargin{1},'r');                    %หาค่าเวฟเล็ตแม่
figure(3)
colormap(pink(256))
fi1 = subplot(211);
    wdstem(fi1,(1:length(Lo_R)),Lo_R,'g')
    title('Low Pass Filter');
    set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
fi1 = subplot(212);
    wdstem(fi1,(1:length(Hi_R)),Hi_R,'g')
    title('High Pass Filter');
fprintf('\n\n       Function Creat Mother Wavelet\n');
fprintf('       Mother Wavelet  = \n');
fprintf('   %0.4f',db3);
fprintf('\n    Mother Wavelet For Low  Pass (Lo_D)= \n');
fprintf('   %0.4f',Lo_R);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fprintf('\n     Mother Wavelet For HIGH Pass (Hi_D)= \n');
fprintf('   %0.4f',Hi_R);
input('\n       Continue Function');
count = 1;
while count <5,
     f = {Lo_R,Lo_R};
     if count ==2,
          f = {Hi_R,Lo_R};
          a1=a2;
     elseif count ==3,
          f = {Lo_R,Lo_R};
          a1=a3;
     elseif count ==4,
          f = {Hi_R,Hi_R};
          a1=a4;
     end
     pp = 0;          pp1 = 0;
     if count >1
     pp = 50;        pp1 = 50;
     end
     sy = size(a1);
     lf = length(f{1});
     s = 2*sy-lf+2;
     a1 = dyadup1(a1,0);
     a11 = a1;
     a1 = conv2(a1',f{1});
     a1 = a1';
     figure(count+3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
colormap(pink(256))
    image(a11+pp)
    title(['Up Y To ',num2str(sh{count},'%s')]);
show1(count,sh,dw);
input('\n      Continue Function    ');
figure(count+4)
colormap(pink(256))
    image(a1+pp)
    title(['Convolution Y To ',num2str(sh{count},'%s')]);
show2(count,sh,dw);
input('\n      Continue Function');
a1 = dyadup1(a1,1);
a11 =a1;
a1 = conv2(a1,f{2});
a1 = wkeep(a1,s,'c',[0,0]);
figure(count+5)
colormap(pink(256))
    image(a11+pp1)
    title(['Up X To ',num2str(sh{count},'%s')]);
show3(count,sh,dw);
input('\n      Continue Function');
figure(count+6)
colormap(pink(256))
    image(a1+pp1)
    title(['Convolution X To ',num2str(sh{count},'%s')]);
show4(count,sh,dw);
input('\n      Continue Function');
cof{count}=a1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
count =count +1;
end
X = cof{1}+cof{2}+cof{3}+cof{4};
fprintf('          Total ');
fprintf('\n    X = a1 + a2 + a3 + a4\n');
figure(10)
colormap(pink(256))
    image(X)
input('\n      Continue Function');
function show1(key,sh1,dw)
    fprintf('\n          Up Data Y To %s \n',sh1{key});
    fprintf('          y = dyadup(y,"row",0); \n');
function show2(key,sh1,dw)
    fprintf('       Convolution Y To %s\n',sh1{key});
    fprintf('          y = conv2(y",%s); \n',dw{2*key-1});
    fprintf('          y = y"; \n\n');
function show3(key,sh1,dw)
    fprintf('\n          Up Data X To %s \n',sh1{key});
    fprintf('          y = dyadup(y,"Col",0); \n');
function show4(key,sh1,dw)
    fprintf('       Convolution X To %s \n',sh1{key});
    fprintf('          y = conv2(y",%s); \n\n',dw{2*key});
```

รูปที่ ก.3 ไฟล์ Iwlet.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function LevelWave(x,varargin)
fprintf('\n\n');
ax=0;
while ax==0
    levelD = input('       Enter Level to DWT 1-10 level  :  ');
    if levelD > 0 &  levelD < 11        ax = 1;
    end
end
siX = size(x);
xy = x;
count = 1 ;
h_com = waitbar(0,'Please');
while count < (levelD+1)
    [a{count},b{count},c{count},d{count}]= dwt2X(x,varargin{1});
    x = a{count};
    b1{count} = b{count} + 20;
    c1{count} = c{count} + 20;
    d1{count} = d{count} + 20;
    count = count + 1;
    waitbar(count/levelD,h_com);
end
close(h_com);
fcount = show1(xy,a,b1,c1,d1,levelD);
aa=1;
while aa==1
    aaz=0;
    fprintf('\n\n');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    while aaz==0
        levelD1 = input('      Enter Level to DWT (level) : ');
        if  isempty(levelD1)        aaz=0;
        elseif levelD1 > levelD | levelD1 < 1,       aaz=0;
        else,      aaz=1;
        end
    end
    count = levelD1;
    while count >0
        if count > 1,       si = size(a{count-1});
        else,      si = size(xy);
    end
    if count == levelD1
        x1 = idwt2X(a{count},b{count},c{count},d{count},varargin{1});
    else
        z = zeros(size(x1));
        x1 = idwt2X(x1,z,z,z,varargin{1});
    end
    count = count -1;
end
    err2 = erav(xy,x1);
    snrav2 = snr(xy,x1);
    show2(x1,fcount,levelD1);
    siX1 = size(a{levelD1});
    fprintf('\n');
    fprintf('           Error       : %0.2f \n',err2);
    fprintf('           SNR         : %0.2f \n',snrav2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fprintf('          Size Origianal * 8 (bit)    : %0.0f \n',siX(1)*siX(2)*8);
fprintf('          Size Cofficent To Save * 4 * 8 (bit) : %0.0f \n',siX1(1)*siX1(2)*8*4);
aaa=1;
while aaa == 1
    aa = input('\n\n        Enter "1" to Continue or "0" to Exit Program 3 : ');
    if aa <= 1,   aaa = 0;
    end
end
close(fcount+1);
x=xy;
end
function show2(x1,fcount,levelD1)
figure(fcount+1)
colormap(pink(256))
    image(x1)
    title(['Image Output to Select Level ',num2str(levelD1,'%.0f')]);
function count= show1(xy,a,b1,c1,d1,levelD)
figure(1)
colormap(pink(256))
    image(xy)
    title('Origianl Image : ');
count = 1;
while count < (levelD+1)
figure(count+1)
colormap(pink(256))
subplot(232);
    image(a{count})
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    title(['Approximation Level  ',num2str(count,'%.0f')]);
subplot(234);
    image(b1{count})
    title('Horizonal Detail');
subplot(235)
    image(c1{count})
    title('Vertical Detail');
subplot(236)
    image(d1{count})
    title('Diagonal Detail');
count = count + 1;
end
```

รูปที่ ก.4 ไฟล์ LevelWave.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function tro1=tro(x,varargin)
aa=1;    as=0;
sh={'Approximation','Horizontal Detail','Vertical Detail','Diagonal Detail'};
while aa==1
    fprintf('\n\n');
    fprintf('            Program Troshold \n');
    ax=0;
    while ax==0
        tro = input('       Enter Level to Troshold 1-100 % :  ');
        if tro > 0 & tro < 101,     ax = 1;
        end
    end
    d_noise = input('\n         Do You Want To Noise At Image 1/0 : ');
    if  isempty(d_noise),           d_noise = 0;
        end
    if d_noise==1,
        init = 2055615866;
        randn('seed',init);
        x1 = x + 18*randn(size(x));
        x1 = x1 + 18*randn(size(x));
        x1 = x1 +18*randn(size(x));
    else
        x1 = x;
    end
    if as==0
        [cof{1},cof{2},cof{3},cof{4}] = dwt2X(x1,varargin{1});
        cof1 = cof;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    figure(1)
    colormap(pink(256))
    fi1 = subplot(311);
        plot(cof{2})
        title('Original Horizonal Signal ');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    fi1 = subplot(312);
    plot(cof{3})
        title('Original Vertical Signal');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    subplot(313)
        plot(cof{4})
        title('Original Diagonal Signal ');
    input('\n     Continue Function');
end
[cof,perf] = Threshold(cof,tro);
y = idwt2X(cof{1},cof{2},cof{3},cof{4},varargin{1});
err2 = erav(x,y);
snrav2 = snr(x,y);
fprintf('          Zeros Image \n');
fprintf('          Cocfficients A2 : %.2f  %% \n',perf{2});
fprintf('          Cocfficients A3 : %.2f  %% \n',perf{3});
fprintf('          Cocfficients A4 : %.2f  %% \n',perf{4});
fprintf('          Troshold Image \n');
fprintf('          Error  :  %f \n',err2);
fprintf('          SNR    :  %f \n',snrav2);
count = 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while count <5
    figure(count)
    fi1 = subplot(211);
        plot(cof{count})
        title(['Troshold ',num2str(sh{count},' %s '),' Signal and Zero = ',
            num2str(perf{count},' %0.2f '),'%']);
    set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    subplot(212)
        plot((cof1{count} - cof{count}))
        title(['Error ',num2str(sh{count},' %s '),' Signal']);
    count = count +1;
    input('        Continue Function');
end
figure(5)
colormap(pink(256))
    image(x1)
    title('Origianl Image  ');
figure(6)
colormap(pink(256))
    image(y)
    title('Threshold Image');
input('        Continue Function');
aaa=1;
while aaa == 1
    aa = input('\n\n        Enter  "1"  to  Continue or  "0"  to  Exit Program Threshold  :  ');
    if aa <= 1,        aaa = 0;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end
    cof=cof1;
    as=1;
end
```

รูปที่ ก.5 ไฟล์ tro.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function quan(x,varargin)
aa=2;
while aa > 0
    if aa==2
    sh={'Approximation','Horizontal Detail','Vertical Detail','Diagonal Detail'};
    [cof{1},cof{2},cof{3},cof{4}] = dwt2(x,varargin{1});
    cofx=cof;
    figure(1)
    colormap(pink(256))
    fi1 = subplot(311);
        plot(cof{2})
        title('Original Horizonal Detail Signal ');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    fi1 = subplot(312);
        plot(cof{3})
        title('Original Vertical Detail Signal');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    subplot(313)
        plot(cof{4})
        title('Original Diagonal Detail Signal ');
    input('\n      Continue Function');
 end
fprintf('\n\n');
fprintf('            Program Quantizer \n\n');
az=0;
while az==0
    quanX = input('       Enter Level to Quantizer  1 - 256 level :  ');
    if quanX > 0 & quanX < 257 ,     az = 1;   end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
[cof,perf] = Quanzation(cof,quanX,1);
y = idwt2(cofx{1},cof{2},cof{3},cof{4},varargin{1});
si1 = size(x);
y = y(1:si1(1),1:si1(2));
err2 = erav(x,y);
snrav2 = snr(x,y);
fprintf('          Zeros Image \n');
fprintf('          Cocfficients A2 : %.2f  %% \n',perf{2});
fprintf('          Cocfficients A3 : %.2f  %% \n',perf{3});
fprintf('          Cocfficients A4 : %.2f  %% \n',perf{4});
fprintf('          Troshold Image \n');
fprintf('          Error  :  %f \n',err2);
fprintf('          SNR    :  %f \n',snrav2);
count = 2;
while count <5
    figure(count)
    fi1 = subplot(211);
        plot(cof{count})
        title(['Quantization ',num2str(sh{count},' %s '),' Signal and Zero = ',
            num2str(perf{count},' %0.2f '),'%']);
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
    subplot(212)
        plot((cofx{count} - cof{count}))
        title(['Error ',num2str(sh{count},' %s '),' Signal']);
    count = count +1;
    input('       Continue Function');
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    figure(5)
    colormap(pink(256))
    subplot(121)
        image(x)
        title('Origianl Image  ');
    subplot(122)
        image(y)
        title('Quantization Image');
    input('        Continue Function');
    aaa=1;
    while aaa == 1
        aa = input('\n\n        Enter  "1"  to  Continue or  "0"  to  Exit Program Quantization  :  ');
        if aa <= 1,   aaa = 0;   end
    end
    cof=cofx;
end
```

รูปที่ ก.6 ไฟล์ quan.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function hum=hum_m1(x,varargin)
load hum;
for i=1:64
    hum_1(i)=length(hum_x{i});
end
Za = 1;
While Za==1;
    az= 0;
    while az == 0
    tro  = input('          Enter Level to Threshold  1 - 100 % :  ');
    if tro > 0 & tro < 101,    az=1;      end
end
while az==1
    quanX =  input('      Enter Level to Quantization  4 - 64 :  ');
    if quanX > 3 & quanX < 65 ,      az = 0;      end
end
h_com = waitbar(0,'Please');
[cof{1},cof{2},cof{3},cof{4}] = dwt2X(x,varargin{1});
if mod(quanX,2)==0,      quanX = quanX/2;
else,      quanX = (quanX/2)+0.5;
end
[out,perf] = Threshold(cof,tro);
[out,qui] = Quanzation(out,quanX,0);
out{1}=cof{1};
y=idwt2X(out{1},out{2},out{3},out{4},varargin{1});
waitbar(30/100);
a=1:length(qui{2})-1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
a=size(a);
count=2;
while count<5
    len=[];  len1=[];     po=[];  pr=[];
    pr1=[];  las=[];      pr3=[]; ak=[];
    ak1=[];  sbo=[];      ke=[];    k=[];
    to=[];
    for j=1 : length(qui{count})-1
        len(j,1)=length(find(out{count}==qui{count}(j)));
        len(j,2)=qui{count}(j);
        if qui{count}(j)~=0
            len(j+(aa(2)-1),1)=length(find(out{count}==-1*qui{count}(j)));
            len(j+(aa(2)-1),2)=-1*qui{count}(j);
        end
    end
    po=find(len(1:length(len),1)~=0);
    len1=len(po,1);
    pr=len1./max(size(out{count}));
    pr1=sort(pr);
    lsa=length(pr1);
    for j=0 :length(pr1)-1
        pr3(j+1)=pr1(lsa-j);
    end
    waitbar(count/8,h_com);
    k=pr3.*max(size(out{2}));
    for i=1:length(k)
        ak(i)=length(find(k==k(i)));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
for i=1:length(k)
    if ak(i)>1
        for j=1:ak(i)-1
            ak(i+j)=0;
        end
    end
end
for i=1:length(len1)
    if ak(i)>0
        sbo{i}=find(len1-k(i)>-0.00000001 & len1-k(i)<0.0000001);
    end
end
z=1;
for i=1:length(sbo)
    j=length(sbo{i});
    if j>1
        for q=1:j
            ke(z)=sbo{i}(q);
            z=z+1;
        end
    elseif j ~=0
        ke(z)=sbo{i};
        z=z+1;
    end
end
for i=1:length(ke)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ak1(i)=len(ke(i),2);
    end
    k=pr3.*max(size(out{count}));
    fprintf('\n    Sumbol    Frequency    Probability    Huffman    Num_code');
    for j=1:length(len1)
        fprintf('\n%0.f          %0.4f          %0.f          %0.8f          %s          %0.f \n',j,ak1(j),
            k(j),pr3(j),hum_x{j},hum_1(j));
        to(j)=(hum_1(j).*k(j));
    end
        totalY{count} = sum(k)*8;
        total(count)=sum(to);
        fprintf('\n    Total Bit Before Huffmen Code (8 bit)  = %0.0f',totalY{count});
        fprintf('\n    Total Bit After Huffmen Code          = %0.0f',total(count));
        input('\n      Continue Function');
        waitbar(count/4,h_com);
        count =count+1;
end
close(h_com);
err2 = erav(x,y);
snrav2 = snr(x,y);
j = sum(total)+totalY{2};
k = totalY{2}*4;
figure(1)
colormap(pink(256))
subplot(121)
    image(x)
    title('Origianl Image  ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
subplot(122)
    image(y)
    title('Compress Image');
fprintf('\n   Error     = %f',err2);
fprintf('\n   SNR       = %f',snrav2);
fprintf('\n   Total Bit Before Code Huffmen  = %0.0f',k);
fprintf('\n   Total Bit After Code Huffmen   = %0.0f',j);
fprintf('\n   BPP   = %0.2f  Per bit ',(j/(k/8)));
aaa=1;
while aaa == 1
    Za = input('\n\n        Enter "1" to Continue or "0" to Exit Program 6  :  ');
    if Za <= 1,   aaa = 0;   end
end
close all
end
```

รูปที่ ก.7 ไฟล์ hum_m1.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [a,b,c,d] = dwt2X(x,varargin)
[Lo_D,Hi_D] = wfilters(varargin{1},'d');
count= 1;
while count <5,
    f={Lo_D,Lo_D};
    if count==2,      f={Lo_D,Hi_D};
    elseif count==3,    f={Hi_D,Lo_D};
    elseif count==4,    f={Hi_D,Hi_D};
    end
    lf = length(Lo_D);    sx = size(x);
    a = conv2(x,f{1});
    a = conv2(a',f{2});
    a = a';
    a = dyaddown1(a,1);
    a = dyaddown1(a,0);
    a = wkeep(a,sx+lf-1);
    cof{count} = a;
    count = count + 1;
end
a=cof{1};   b=cof{2};
c=cof{3};   d=cof{4};
```

รูปที่ ก.8 ไฟล์ dwt2X.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function X = idwt2X(a1,a2,a3,a4,varargin)
[Lo_R,Hi_R] = wfilters(varargin{1},'r');
count = 1;
while count <5,
    f = {Lo_R,Lo_R};
    if count==2,          f = {Hi_R,Lo_R};   a1=a2;
    elseif count ==3,     f = {Lo_R,Hi_R};   a1=a3;
    elseif count ==4,     f = {Hi_R,Hi_R};   a1=a4;
    end
    sy = size(a1);
    lf = length(f{1});
    s = 2*sy-lf+2;
    a1 = dyadup1(a1,0);
    a1 = conv2(a1',f{1});
    a1 = a1';
    a1 = dyadup1(a1,1);
    a1 = conv2(a1,f{2});
    a1 = wkeep(a1,s,'c',[0,0]);
    cof{count}=a1;
    count =count +1;
end
    X = cof{1}+cof{2}+cof{3}+cof{4};
```

รูปที่ ก.9 ไฟล์ idwt2X.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function SeleWave(x)
aa=1;
while aa == 1
    fprintf('          Select Mother Wavelet\n');
    fprintf('     1.  Daubechies\n');
    fprintf('     2.  Symmlet\n');
    fprintf('     3.  Exit\n');
menu=-1;
    while menu ==-1
        menu = input('       Enter Mother Wavelet ::  ');
        if  isempty(menu),   menu=-1;
        elseif menu==3,      aa=0;
        elseif menu <1 | menu >2,    menu=-1 ;   end
    end
    if aa~=0
        switch menu
        case 1,          dabu(x);
        case 2,          symm(x);
        otherwise
        end      end
     aaa=1;
    while aaa == 1
        aa = input('\n\n   Enter "1" to Continue or "0" to Exit Program Select Mother Wavelet :  ');
        if aa <= 1,        aaa = 0;       end
    end     end
```

รูปที่ ก.10 ไฟล์ SeleWave.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [cof,perf]=Threshold(cof,tro)
count = 2;
si = size(cof{2});
si1=size(cof);
while count < si1(2)+1,
    cof2 = [cof{count}(:)'];
    tro1(count) = max(max(abs(cof{count})));
    tro1(count) = (tro*tro1(count))/100;
    cof3 = abs(cof2) - tro1(count);
    cof4 = (sign(cof3) + 1 ) ./ 2;
    cof5 = cof4 .* tro1(count);
    cof3 = (cof3 .* cof4) + cof5 ;
    cof3 = cof3 .* sign(cof2);
    cof{count} = zeros(si(1),si(2));
    cof{count}(:) = cof3(1:(si(1)*si(2)));
    perf{count} = 100*(length(find(cof{count}==0))/(si(1)*si(2)));
    count = count + 1;
end
```

รูปที่ ก.11 ไฟล์ Threshold.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [cofX,nn]=Quanzation(cof,quanX,key)
si = size(cof{1});        count = 2;
while count < 5,
     quan1(count) = max(max(cof{count})) ;
     quan2(count) = quan1(count) / quanX ;
     a{count} = [0:quan2(count):quan1(count)];
     cof2{count} = [cof{count}(:)'];
     cof2{count} = quX(cof2{count},a{count},size(a{count},2));
     cofX{count} = zeros(si(1),si(2));
     cofX{count}(:) = cof2{count}(1:(si(1)*si(2)));
     perf{count} = 100*(length(find(cofX{count}==0))/(si(1)*si(2)));
     count = count + 1 ;
end
if key==1,     nn=perf;
else,     nn=a;       end

function s01 = quX(s1,s2,s3)
s0X = zeros(size(s1));
for n =1 : s3-1
  s02 = abs(s1) - s2(1,s3-n) ;
  s02 = sign(sign(s02)+1) ;
  s03 = s02 .* s2(1,s3-n) ;
  s01 = (s03 .* sign(s1)) + s0X;
  s1 = s1 .* ~s02 ;      s0X = s01;
end
```

รูปที่ ก.12 ไฟล์ Quantization.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function dabu(x)
aa=1;
while aa==1
    l= 1;
    while l==1
        fprintf('              Mother Wavelet Daubechies\n');
        fprintf('       1.   Daubechies 2\n');
        fprintf('       2.   Daubechies 4\n');
        fprintf('       3.   Daubechies 6\n');
        fprintf('       4.   Daubechies 8\n');
        leve = input('\n        Select Mother Wavelet Level Daubechies  :: ');
        if leve > 0 | leve < 5,      l=0;      end
    end
    switch leve
        case 1,  dbx='db2';
        case 2,  dbx='db4';
        case 3,  dbx='db6';
        case 4,  dbx='db8';
        otherwise
    end
    [Lo_D,Hi_D] = wfilters(dbx,'r');
    figure(1)
    colormap(pink(256))
    fi1 = subplot(211);
        wdstem(fi1,(1:length(Lo_D)),Lo_D,'r')
        title('Low Pass Filter');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fi1=subplot(212);
    wdstem(fi1,(1:length(Hi_D)),Hi_D,'g')
    title('High Pass Filter');
fprintf('\n\n');
fprintf('      Function Creat Mother Wavelet \n');
fprintf('\n    Mother Wavelet For Low  Pass (LO_D)= \n');
fprintf(' %0.4f',Lo_D);
fprintf('\n    Mother Wavelet For HIGH Pass (HI_D)= \n');
fprintf(' %0.4f',Hi_D);
input('\n      Continue Function    ');
[cof{1},cof{2},cof{3},cof{4}]=dwt2X(x,dbx);
tro = input('       Enter Level to Troshold 0-100 % :  ');
quanX = input('       Enter Level to Quantizer  :  ');
[cof1,perf] = Threshold(cof,tro);
[cof1,perf] = Quanzation(cof,quanX,1);
cof1{1}=cof{1};
figure(2)
colormap(pink(256))
    image([cof1{1},cof1{2}+20;cof1{3}+20,cof1{4}+20])
    title(['DWT Form Mother Wavelet Daubechies ',num2str(leve*2,' %0.0f')]);
input('\n      Continue Function    ');
 y = idwt2X(cof1{1},cof1{2},cof1{3},cof1{4},dbx);
err2 = erav(x,y);
snrav2 = snr(x,y);
figure(3)
colormap(pink(256))
    image(y)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        title(['IDWT Form Mother Wavelet Daubechies ',num2str(leve*2,' %0.0f ')]);
    fprintf('           Error  :  %f \n',err2);
    fprintf('           SNR    :  %f \n',snrav2);
    aaa=1;
    while aaa == 1
    aa = input('\n\n   Enter "1" to Continue or "0" to Exit From Mother Wavelet Daubechies :  ');
        if aa <= 1,     aaa = 0;        end
    end
end
```

รูปที่ ก.13 ไฟล์ dabu.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function symm(x)
aa=1;
while aa==1
    l= 1;
    while l==1
        fprintf('              Mother Wavelet Symmlet\n');
        fprintf('       1.   Symmlet 2\n');
        fprintf('       2.   Symmlet 4\n');
        fprintf('       3.   Symmlet 6\n');
        fprintf('       4.   Symmlet 8\n');
        leve = input('\n        Select Mother Wavelet Level Symmlet  :: ');
        if leve > 0 | leve < 5,      l=0;      end
    end
    switch leve
        case 1,       symx='sym2';
        case 2,       symx='sym4';
        case 3,       symx='sym6';
        case 4,       symx='sym8';
    otherwise
    end
    [Lo_D,Hi_D] = wfilters(symx,'r');
    figure(1)
    colormap(pink(256))
    fi1 = subplot(211);
        wdstem(fi1,(1:length(Lo_D)),Lo_D,'r')
        title('Low Pass Filter');
        set(fi1,'xtick',[],'xticklabel',[]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fi1=subplot(212);
    wdstem(fi1,(1:length(Hi_D)),Hi_D,'g')
    title('High Pass Filter');
fprintf('\n\n');
fprintf('      Function Creat Mother Wavelet \n');
fprintf('\n    Mother Wavelet For Low  Pass (LO_D)= \n');
fprintf(' %0.4f',Lo_D);
fprintf('\n    Mother Wavelet For HIGH Pass (HI_D)= \n');
fprintf(' %0.4f',Hi_D);
input('\n      Continue Function    ');
[cof{1},cof{2},cof{3},cof{4}]=dwt2X(x,symx);
tro = input('      Enter Level to Troshold 0-100 % :  ');
quanX = input('       Enter Level to Quantizer  :  ');
[cof1,perf] = Threshold(cof,tro);
[cof1,perf] = Quanzation(cof,quanX,1);
cof1{1}=cof{1};
figure(2)
colormap(pink(256))
    image([cof1{1},cof1{2}+20;cof1{3}+20,cof1{4}+20])
    title(['DWT Form Mother Wavelet Symmlet ',num2str(leve*2,' %0.0f ')]);
input('\n      Continue Function    ');
 y = idwt2X(cof1{1},cof1{2},cof1{3},cof1{4},symx);
err2 = erav(x,y);
snrav2 = snr(x,y);
figure(3)
colormap(pink(256))
    image(y)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        title(['IDWT Form Mother Wavelet Symmlet ',num2str(leve*2,' %0.0f ')]);
    fprintf('           Error  :  %f \n',err2);
    fprintf('           SNR    :  %f \n',snrav2);
    aaa=1;
    while aaa == 1
    aa = input('\n\n   Enter "1" to Continue or "0" to Exit From Mother Wavelet Symmlet :  ');
        if aa <= 1,        aaa = 0;      end
    end
end
```

รูปที่ ก.14 ไฟล์ symm.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function y = dyaddown1(x,varargin)
o =  varargin{1};          [r,c] = size(x);
     switch o
     case 1      %col
          y = x(:,2:2:c);
     case 0
          y = x(2:2:r,:);
     otherwise
     end
```

รูปที่ ก.15 ไฟล์ dyaddown1.m

```
function y = dyadup1(x,varargin)
o = varargin{1};     [r,c]   = size(x);
     switch o
     case 1         %col
          nc = 2*c-1;
          y  = zeros(r,nc);
          y(:,1:2:nc) = x;
     case 0
          nr = 2*r-1;
          y  = zeros(nr,c);
          y(1:2:nr,:) = x;
      otherwise
     end
end
```

รูปที่ ก.16 ไฟล์ dyadup1.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function av = erav(x,y)
if errargn(mfilename,nargin,[2],nargout,[1]), error('*'), end
si=size(x);
an2 = (y - x) .^ 2 ;
an1 = sum(sum(an2));
av = sqrt(((1/(si(1)*si(2)))*an1));
```

รูปที่ ก.17 ไฟล์ erav.m

```
function sav = snr(x,y)
if errargn(mfilename,nargin,[2],nargout,[1]), error('*'), end
si=size(x);
an = sum(sum(y .^ 2)) ;
an1 = sum(sum((y - x) .^ 2 ));
sav = sqrt((an/an1));
```

รูปที่ ก.18 ไฟล์ snr.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ใบงานประกอบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
โปรแกรม MATLAB

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้สามารถอธิบายความหมายของโปรแกรม MATLAB ได้
2. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจโปรแกรม MATLAB ได้
3. เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานของ MATLAB ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. กล่าวนำ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยมีการนำโปรแกรม MATLAB มาประยุกต์ใช้งานหลายๆ ด้าน อาทิเช่น ใช้ในงานทางด้านการบีบอัดข้อมูลเสียง และใช้ในงานทางด้านการบีบอัดข้อมูลภาพเป็นต้น และข้อมูลส่วนหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในคอมพิวเตอร์นี้ ข้อมูลของภาพ มีแนวโน้มที่จะมีการใช้งานเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากข้อมูลภาพนี้สามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าข้อมูลประเภทอื่นๆ แต่การใช้งานข้อมูลภาพนี้จะมีข้อเสียคือ ปริมาณข้อมูลที่มาก จะเป็นอุปสรรคทำให้การสื่อสารข้อมูลหรือการส่งข้อมูลเป็นไปได้ช้าและสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล

ดังนั้นการบีบอัดข้อมูลภาพ จึงเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อเพิ่มความสามารถของอุปกรณ์ที่มีอยู่ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเพิ่มความสามารถของอุปกรณ์ เช่น ในการส่งข้อมูลภาพทางไกลถ้าเราสามารถลดขนาดของข้อมูลภาพลงได้ยิ่งน้อยได้เท่าไร่ เราก็จะประหยัด ค่าใช้จ่ายไปได้มากขึ้นเท่านั้นเช่นกัน ในกรณีของการจัดเก็บก็เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพขาว-ดำ 256 ระดับ ขนาด 256x256 จุด ซึ่งจะมีจำนวนของข้อมูลทั้งสิ้น 65,536 ไบต์ ถ้าส่งข้อมูลนี้ด้วยอัตรา 9,600 บิตต่อวินาที จะต้องใช้เวลาเท่ากับ (65,536*8/9,600) = 54.613 วินาที ซึ่งค่าใช้จ่ายในการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการส่ง ดังนั้นถ้าปริมาณของข้อมูลภาพนี้มีขนาดของภาพ ที่เล็กลง เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็จะลดลงตามไปด้วย

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาขบวนการลดขนาดของข้อมูลภาพ ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้หลักการ การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) ขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาในการลดขนาดของข้อมูลภาพและเสียงได้ดีอีกทางหนึ่ง

2. โปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-Level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วย การคำนวณเชิงตัวเลข กราฟฟิกที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อการมองเห็นภาพพจน์ที่ชัดเจนขึ้น MATLAB ย่อมาจาก Matrix Laboratory

MATLAB ได้ถูกพัฒนาขึ้นเรื่อยๆเพื่อใช้แก้ปัญหาในด้านต่างๆ ดังนั้น MATLAB จึงมีฟังก์ชันต่างๆให้เลือกใช้มากมาย ปัจจุบันโปรแกรม MATLAB ได้รับความนิยมในการนำมาแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆตลอดจนทางด้านอุตสาหกรรม ได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับงานด้านการวิจัย การพัฒนาและการวิเคราะห์โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าของคำตอบเรียกว่า “Toolbox” โดยโปรแกรม MATLAB มี Toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ การประมวลผลภาพ ระบบควบคุม การแปลงเวฟเล็ต ฯลฯ

3. โครงสร้างของ MATLAB

โครงสร้างของ MATLABจะประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

3.1 ภาษาโปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุม Flow statements ฟังก์ชันโครงสร้างข้อมูลอินพุท/เอ้าท์พุท และโปรแกรมจะมีลักษณะเป็น Object-Oriented Programing ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับการเขียนกับภาษาอื่นๆ เช่น C, Fortran , Basic ฯลฯ

3.2 สถาปัตยกรรมในการทำงานของ MATLAB

MATLAB จะมีกลุ่มของเครื่องมือสำหรับการใช้งานของโปรแกรม โดยการจัดตัวแปรใน Workspace การนำข้อมูลเข้า/ออกและกลุ่มของเครื่องมือต่างๆนี้ก็จะใช้ในการพัฒนาโปรแกรมตลอดจนการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม (Debugging) ที่เขียนขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ฟังก์ชันในการคำนวณทางคณิตศาสตร์

MATLAB จะมีไลบรารีทั่วไปที่ใช้ในการคำนวณอย่างแพร่หลาย เช่น สมการคณิตศาสตร์ การลดขนาดข้อมูลภาพ เป็นต้น โดย MATLAB สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นฟังก์ชันหรือไลบรารีเพิ่มเติมจากไลบรารีเดิมที่มีอยู่ เช่น ฟังก์ชันการแปลงเวฟเล็ต การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ การแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม เป็นต้น ทำให้โปรแกรมนี้มีฟังก์ชันสำหรับการใช้งานที่มากขึ้นกว่าเดิม และครอบคลุมรายละเอียดของการคำนวณในสาขาวิชาต่างๆ

3.4 Handle Graphics

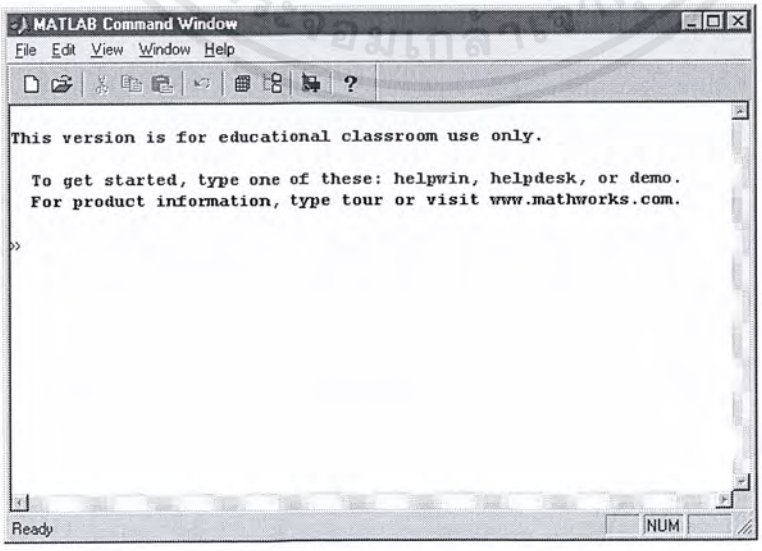
ระบบกราฟฟิกของ MATLAB จะประกอบด้วยคำสั่งชั้นสูงสำหรับการพล็อตกราฟโดยมีหน้าต่างรูปภาพของโปรแกรม MATLAB จะเป็นวัตถุที่เป็น Handle Graphics เพื่อการใช้สร้างงาน Graphic Userบนพื้นฐานการนำมาประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้โปรแกรมยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการแสดงภาพสองมิติ ภาพสามมิติและการสร้างภาพเคลื่อนไหว

3.5 The MATLAB Application Program Interface (API)

API ใช้เพื่อการสนับสนุนการติดต่อจากภายนอก โดยการใช้ mex ไฟล์ซึ่งเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นโดยใช้ mex ฟังก์ชันใน MATLAB จะเรียกใช้รูทีนจากโปรแกรมภาษา C และ Fortran ใน MATLAB APIยังสามารถเรียกรูทีนจาก MATLAB ก็ได้

4. การใช้งานโปรแกรม MATLAB

เริ่มต้นจากการใช้งานโปรแกรม MATLAB จะพบหน้าต่างคำสั่ง บนหน้าต่างคำสั่งจะพบเครื่องหมาย MATLAB prompt (>>) ซึ่งเครื่องหมายนี้จะบอกว่าพร้อมที่จะรับคำสั่งต่างๆ



รูปที่ 1 แสดงหน้าต่างคำสั่งที่พร้อมจะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

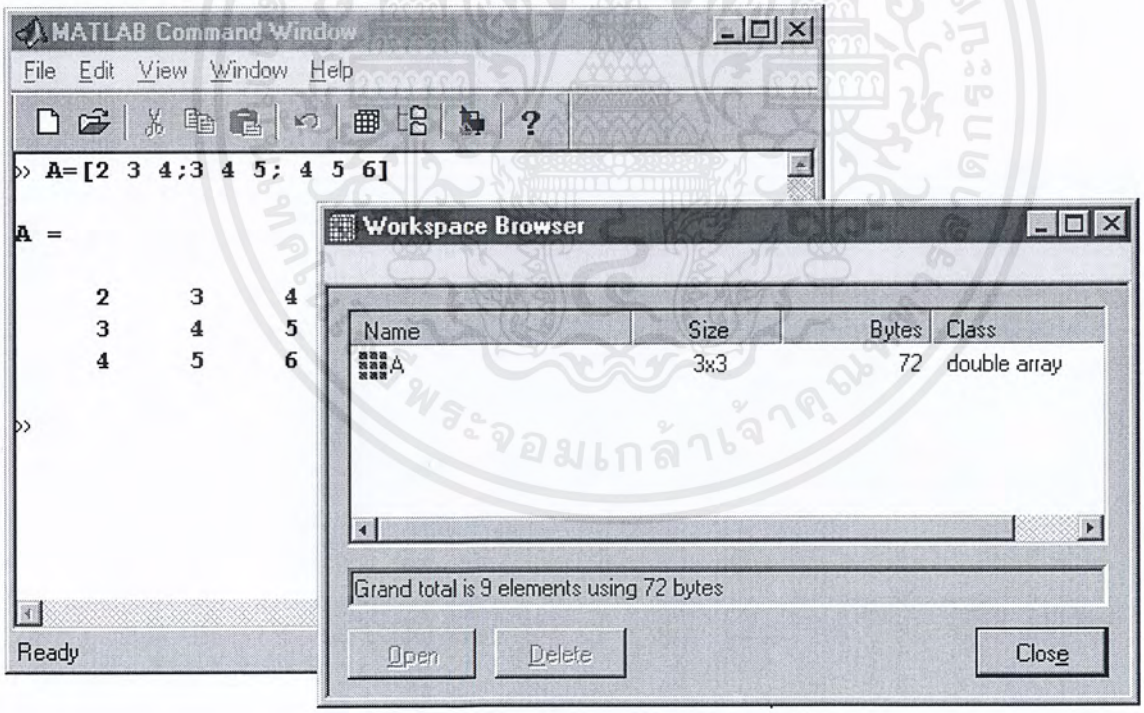
5. คำสั่งพื้นฐานของโปรแกรมMATLAB

5.1 คำสั่ง Demos

เป็นคำสั่งใช้ในการดูการทำงานและฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรม MATLAB ได้โดยการใช้คำสั่ง Helpซึ่งจะอธิบายฟังก์ชันต่างๆในโปรแกรม MATLAB มีการใช้งาน คำสั่ง help ตามด้วยชื่อฟังก์ชันที่ต้องการใช้งาน ตัวอย่างเช่น

5.2 การจัดการ MATLAB Workspace

เราสามารถตรวจสอบชื่อของตัวแปรใน Workspace ได้โดยการใช้คำสั่ง Who โดยคำสั่งนี้จะแสดงชื่อของตัวแปรต่างๆที่กำหนดไว้ ส่วนคำสั่ง Whos จะแสดงชื่อ ขนาด จำนวนและกลุ่มของตัวแปรต่างๆที่กำหนดไว้บนหน้าต่างคำสั่ง กรณีที่มีการประมวลผลแล้วไม่ได้ตั้งชื่อไว้ โปรแกรม MATLAB จะใช้ตัวแปร ans เป็นตัวแปรชั่วคราวในการกำหนดค่าที่ได้
ดังรูป



รูปที่ 2 แสดงหน้าต่าง Workspace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การกำหนดค่าตัวแปร

ในการกำหนดค่าตัวแปร ที่เป็นเมตริกซ์เวกเตอร์ หรืออาจเป็นสเกล่าร์เราจำเป็นต้องทราบถึงวิธีการกำหนดค่าตัวแปรเหล่านี้ ซึ่งมีอยู่ 4 วิธี ดังนี้

6.1 การอ่านข้อมูลจาก Data File

โปรแกรมMATLAB สามารถอ่านข้อมูลของเมตริกซ์ที่ถูกเก็บไว้ในรูปData fileได้ 2 ชนิด คือ

Mat file เป็นการเก็บข้อมูลในรูปเลขฐานสอง (Binary Code)โดย Mat file จะเป็นข้อมูลถูกสร้าง และใช้เฉพาะโปรแกรม MATLAB การสร้างข้อมูล Mat file จากโปรแกรม MATLAB ทำได้โดยการใช้คำสั่ง Save มีรูปแบบดังนี้

```
Save ชื่อ file ข้อมูล
```

ในการเรียกใช้ค่าตัวแปรที่เก็บไว้มาใช้งานสามารถเรียกโดยใช้รูปแบบคำสั่ง ดังนี้

```
Load ชื่อ file
```

ASCII-file เป็นการเก็บข้อมูลในรูปตัวอักษร ข้อมูลที่เก็บนี้เหมาะกับนำไปวิเคราะห์กับโปรแกรมอื่นๆที่สามารถอ่านได้ รูปแบบของ ASCII ที่ใช้ต้องเป็นตัวเลขเท่านั้น และในแต่ละแถวของข้อมูลจะต้องมีขนาดค่าที่เท่ากัน โดย ASCII-file จะมีนามสกุล .dat การเรียกใช้ก็เหมือนกันกับ Mat file ทั้งการ Save และการLoad

6.2 การใช้ Colon Operation

Colon Operation เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำงานได้หลายด้าน โดย Colon Operation สามารถสร้างเวกเตอร์จากเมตริกซ์หรือการสร้างเมตริกซ์ใหม่ได้โดยมีการใช้งานดังนี้

1. ใช้ Colon วางในตำแหน่งระหว่างค่าจำนวนจริง 2 ค่าใดๆ MATLAB ก็จะสร้างเมตริกซ์ใหม่ขึ้นมา โดยจะถือค่าจริงอยู่ทางซ้ายของ Colon เป็นค่าเริ่มต้น และค่าอยู่ทางขวาของ Colonเป็นค่าสุดท้าย และทำการเพิ่มค่าทีละ 1 เช่น

```
ชื่อตัวแปร = ค่าเริ่มต้น:ค่าสุดท้าย
สุดท
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ้า Colon ใช้แยกค่าจำนวนจริง 3 จำนวน ค่าจำนวนจริงที่อยู่ในตำแหน่งกลายจะเป็นตัวกำหนดค่าเพิ่นขึ้นหรือลดลงของค่าเริ่มต้นกับค่าสุดท้าย เช่น

```
ชื่อตัวแปร = ค่าเริ่มต้น:ค่าเพิ่มขึ้น (หรือลดลง): ค่าสุดท้าย
```

3. การป้อนค่าทางคีย์บอร์ดสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง Input มีรูปดังนี้

```
ชื่อตัวแปร = input('Text String')
```

6.3 Explicit Lists

เป็นวิธีการกำหนดค่าเมตริกซ์ โดยจะกำหนดตัวแปรภายในเครื่องหมาย Bracket มีข้อกำหนดดังนี้

1. ชื่อของตัวแปรจะต้องอยู่ทางซ้ายมือและตามด้วยเครื่องหมายเท่ากับ (=) ส่วนทางขวามือของเครื่องหมายเท่ากับจะเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปเครื่องหมาย Bracket เรียงลำดับตามจำนวนแถว

2. ชื่อของตัวแปรจะต้องขึ้นต้นด้วยตัวอักษร มีความยาวไม่เกิน 19 ตัว

3. ค่าตัวเลขระหว่างหลักหรือคอลัมน์ต้องแยกโดยเครื่องหมายคอมม่า (,) หรือช่องว่าง (Space)

เครื่องหมายพิเศษ

=	กำหนดค่า
[ ]	สร้างเวกเตอร์หรือเมตริกซ์
( )	Subscripts
.	จุดทศนิยม
...	กระทำคำสั่งยังบรรทัดต่อไป
,	แยกเอเลเมนต์ในเมตริกซ์และ Subscripts
;	แยกเมตริกซ์หรือคำสั่ง หรือไม่ให้พิมพ์ค่า
%	หมายเหตุ
:	สร้างเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Matrix Operators

+	บวก
-	ลบ
*	คูณ
/	หารทางขวา
\	หารทางซ้าย
^	ยกกำลัง
‘	Conjugate transpose

ตัวดำเนินการ

.+	บวก
-	ลบ
.*	คูณ
. /	หารทางขวา
. \	หารทางซ้าย
.^	ยกกำลัง
.‘	ทรานสโปส

ตัวดำเนินการเปรียบเทียบและตรรกะ

<	น้อยกว่า
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ
>	มากกว่า
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ
= =	เท่ากับ
~ =	ไม่เท่ากับ
&	และ
|	หรือ
~	ไม่

เครื่องหมายทั่วๆไป

>>	Prompt
help	อธิบายฟังก์ชันต่างๆในโปรแกรม
demos	ให้ run การทำงานของโปรแกรมคร่าวๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

who	บอกตัวแปรที่อยู่ในหน่วยความจำ
whos	พร้อมขนาด
size	ขนาดrow และ column
length	ความยาว เวกเตอร์
clear	เคลียร์
^c	ยกเลิก
quit	หยุดโปรแกรม
exit	ออกโปรแกรม

7. คำสั่งพื้นฐานทั่วๆไป

โปรแกรมMATLAB ต้องการใช้ 2 หน้าต่าง คือ

1. หน้าต่างคำสั่ง (Command Windows)
2. หน้าต่างกราฟ (Graphics Windows)

คำสั่งใช้พลอตกราฟ

plot	พลอตกราฟเชิงเส้น x-y
polar	พลอตเชิงขั้ว
mesh	พลอตกราฟ ผิวร่างแหแบบ 3 มิติ
contour	พลอตเส้นโครงร่าง
meshdom	โดเมน สำหรับพลอตกราฟผิวร่างแห
bar	แผนภูมิแท่ง
title	หัวข้อกราฟ
text	ข้อความที่วางบนตำแหน่งใดๆ
subplot	แยก graph window
print	พริ้น

คำสั่งใช้ควบคุม

if	เงื่อนไข
for	กระทำคำสั่งเป็นจำนวน n ครั้ง
else	ใช้กับ if
end	หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

while สร้าง loop

return กลับ

break ออกจาก for และ while loop

คำสั่งใช้ใน Signal Processing

conv การคอนโซลูชั่น

angle มุม

corrcoef สัมประสิทธิ์การรีคอร์รีเรชั่น

deconv การดีคอนโวลูชั่น

fft การแปลงฟูเรียร์

fftz fft แบบ 2มิติ

ifft การแปลงฟูเรียร์แบบกลับ

dwt การแปลงเวฟเล็ต

idwt การแปลงเวฟเล็ตผกผัน

detcoef ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในส่วนของ Detail

upcofe การสร้างกลับเดี่ยว

appcofe ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในส่วนของ Approximation

wrcofe การสร้างกลับด้วยการเลือกระดับต่างๆ

waverec การสร้างกลับเต็มระดับ

ฟังก์ชันต่างๆ

abs ขนาดของจำนวนเชิงซ้อน

sqrt รากที่สอง

imag ส่วนจินตภาพ

real ส่วนจริง

sin ไซน์

cos โคไซน์

tan แทนแจนต์

asin อาร์คไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

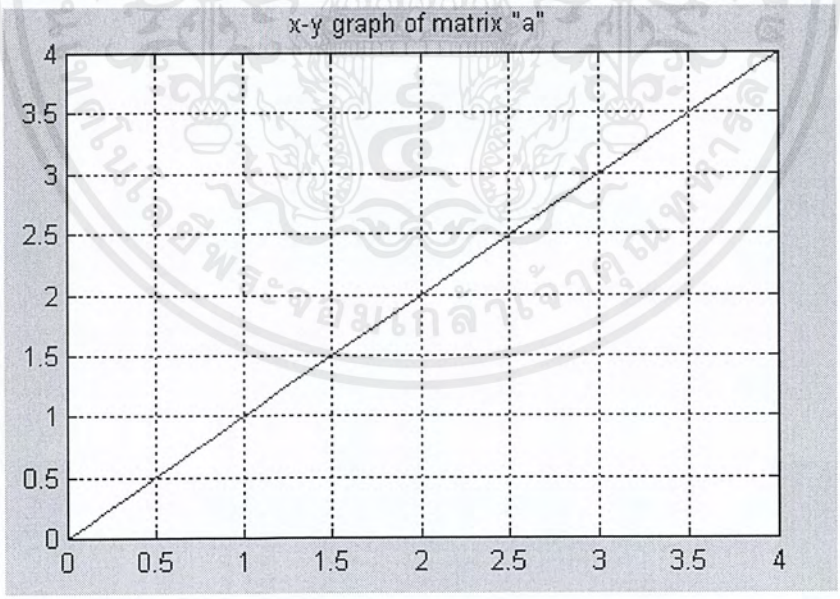
ตัวอย่างที่ 1 จงเขียนโปรแกรมการพลอตกราฟในเมตริกซ์ m x n โดยกำหนดให้ m = 5 และ n = 2 ดังนี้ ให้ a = [0 0, 1 1, 2 2, 3 3, 4 4]

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB โดยจะพบหน้าต่างคำสั่งเครื่องหมาย MATLAB prompt (>>) ซึ่งเครื่องหมายนี้จะบอกว่าพร้อมที่จะรับคำสั่งต่างๆ ดังนี้

2. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
a = [0 0;1 1;2 2;3 3;4 4]
%This is program to plot x-y graph
x=a(:,1);
y=a(:,2);
plot(x,y),...
 title('x-y graph of matrix "a"'),...
grid
```

3. ทำการรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 1 ซึ่งจะได้รูปดังนี้



รูปที่ 3 ผลการรันในตัวอย่างที่ 1

หมายเหตุ

plot(x,y)	พลอตค่า x และ y ลงบนกราฟ
title('text')	เขียนหัวข้อของกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

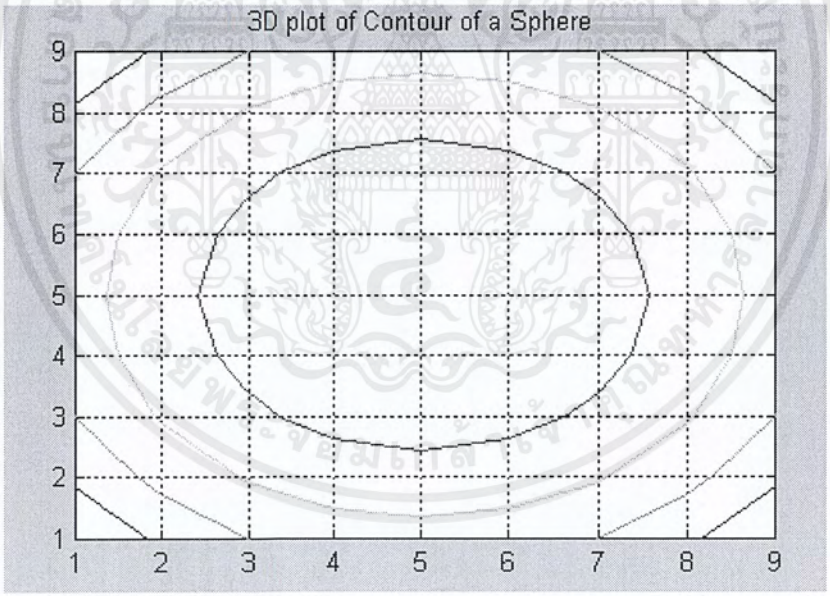
ตัวอย่างที่ 2 จงเขียนโปรแกรมการพลอตกราฟ 3 มิติแบบเส้นลายขอบเงา (Contour Port) โดยใช้คำสั่ง Contour(Z,V)

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB prompt (>>) ซึ่งเครื่องหมายนี้จะบอกว่าพร้อมที่จะรับคำสั่งต่างๆ ดังนี้

2. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
%3D Plot of Contour of Sphere
[X,Y]=meshdom(-0.4:0.1:0.4,-0.4:0.1:0.4);
Z=sqrt(abs(1- X.^2 -Y.^2));
Contour(Z,4),...
title('3D plot of Contour of a Sphere'),...
grid
```

3. ทำการรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 2 ซึ่งจะได้รูปดังนี้



รูปที่ 4 ผลการรันในตัวอย่างที่ 2

หมายเหตุ

Contour(Z,n)	วาดเส้นโครงร่างของ เมตริกซ์ Z ที่มีจำนวนเส้นโครงร่างเท่ากับ n และโดยทั่วไปมีค่า Default เท่ากับ 10
meshdom	โดเมน สำหรับพลอตกราฟผิวร่างแห

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

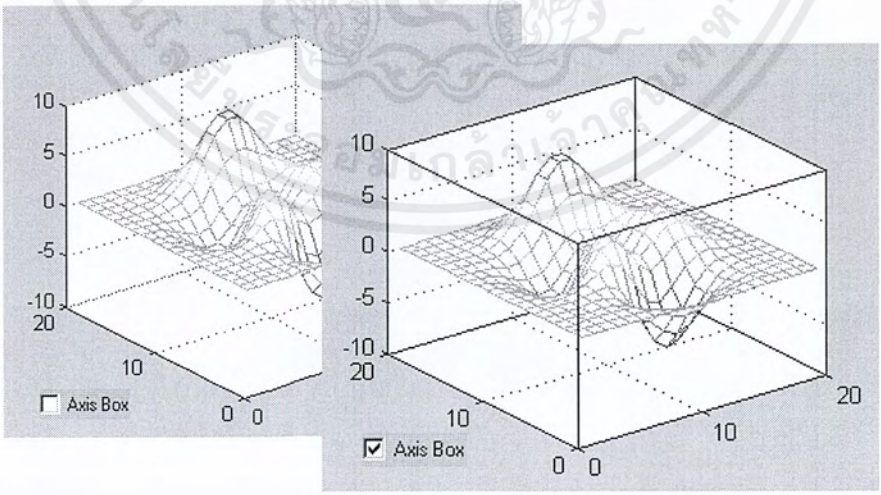
ตัวอย่างที่ 3 จงเขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อสร้างปุ่มตรวจสอบ (Check box)

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB prompt (>>) ซึ่งเครื่องหมายนี้จะบอกว่าพร้อมที่จะรับคำสั่งต่างๆ ดังนี้

2. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
fig = figure('position',[ 140 180 350 290 ]);
mesh(peaks(20));
heck_box = uicontrol(fig,...
'style','checkbox',...
'position',[ 30 20 60 20 ],...
'string','Axis Box',...
'callback',[...
'if get(check_box,"value")= =1,'...
set(gca,"Box","on"),'...
'else,'...
'set(gca,"Box","off"),'...
'end']);
```

3. ทำการรันโปรแกรมในตัวอย่างที่ 3 ซึ่งจะได้รูปดังนี้



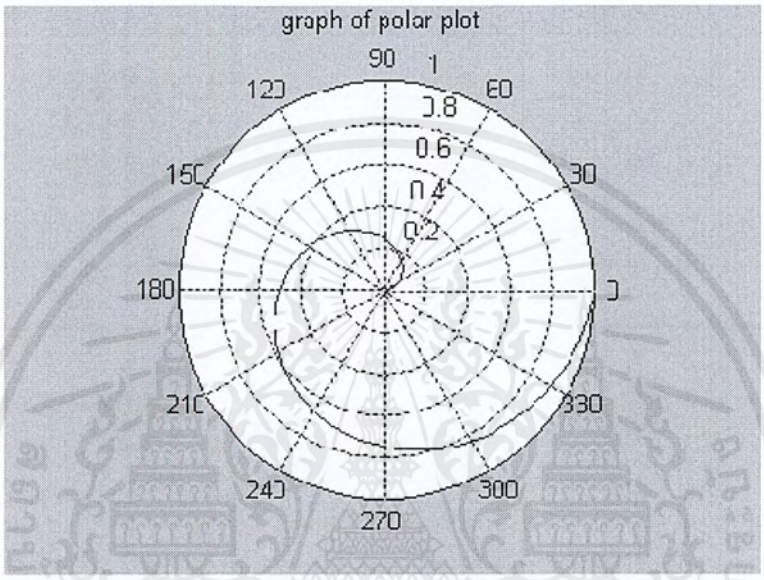
รูปที่ 5 ผลการรันในตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

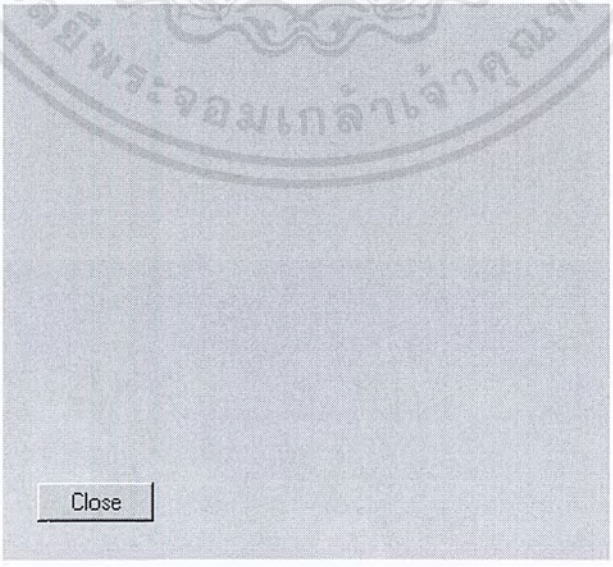
คำถามท้ายการทดลอง

1. สมการ $y = x^2+4$ จงพลอตกราฟให้มีลักษณะที่ต่างๆกันดังนี้ กำหนดให้ค่าเริ่มต้นจาก 0 ถึง 100 โดยเพิ่มทีละ 2

2. จงเขียนโปรแกรมคำสั่งในการพลอตกราฟ ให้ได้ผลการรันดังต่อไปนี้



3. จงเขียนโปรแกรมคำสั่งในการสร้างปุ่ม Pushbutton ให้ได้ผลของการรันดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การแทนข้อมูลรูปด้วย MATRIX

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจการเรียกใช้คำสั่งโปรแกรม MATLAB ได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถเรียกใช้คำสั่งกำหนดโทนสีข้อมูลภาพได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถเขียนโปรแกรมการเรียกใช้ข้อมูลภาพได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

จากทฤษฎีของโปรแกรมที่ได้กล่าวไปในใบงานที่ 1 แล้วนั้นเป็นเรื่องทั่วไปในการใช้งานโปนแกรม MATLAB เบื้องต้น ส่วนใบงานนี้จะเป็นส่วนของคำสั่ง MATLAB ที่เกี่ยวข้องกับการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ในส่วนของโปรแกรม MATLAB นั้นเราสามารถกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆ มาใช้งานได้และยังสามารถนำข้อมูลจากภายนอกแต่จะได้กับข้อมูลที่เป็น M-file แต่การหากต้องการนำข้อมูลที่ไม่ใช้ M-file ก็สามารถทำได้โดยใช้คำสั่งอื่น ๆ ในการเรียกใช้งานได้

โดยในคำสั่งนั้นๆ ที่เกี่ยวของกับการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต คือ คำสั่งเรียกข้อมูลภาพ “imread()” คำสั่งแสดงข้อมูลภาพ “image()” คำสั่งกำหนดโทนสีของภาพ “colormap()” ซึ่งทั้ง 3 คำสั่งจะมีส่วนเกี่ยวข้องกัน และสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. คำสั่งเรียกข้อมูลภาพ

รูปแบบคำสั่ง

```
x = imread('filename','fmt') ;
```

เมื่อ

filename.fmt	คือไฟล์ข้อมูลต้นแบบ
fmt	คือรูปแบบของไฟล์ข้อมูลจะประกอบด้วย
'bmp'	Windows Bitmap (BMP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'hdf'	Hierarchical Data Format (HDF)
'jpg'	Joint Photographic Experts Group (JPEG)
'pcx'	Windows Paintbrush
'tif'	Tagged Image File Format (TIFF)
'xwd'	X window Dump (XWD)

2. คำสั่งแสดงข้อมูลภาพ

รูปแบบคำสั่ง

image(x);

เมื่อ

x	คือข้อมูลภาพต้นแบบที่ต้องการแสดง

3. คำสั่งกำหนดโทนสีของภาพ

รูปแบบคำสั่ง

colormap(map) ;

เมื่อ

map	คือโทนสีของภาพต้นแบบประกอบด้วย
autum	Shades or red and yellow
bone	Gray scale with a tinge of blue
colorcube	Enhance color-cube colormap
cool	Shaddes of cyan and magenta
copper	Linear copper tone
flag	Alternating red, while, blue, and black
gray	Linear gray scale
jet	Begins and ends with red
pink	Pastel shades of ping
prism	Prism, alternating red , orange, yellow, green and blue
spring	Shades of green and yellow
while	all while colormap
winter	Shade of blue and green

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

ตัวอย่างที่ 1 จงนำข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\picture01.jpg ไปเก็บไว้ในตัวแปรชื่อ demo01

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB
2. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
demo01 = imread('c:\picture01','jpg');
```

3. ใช้คำสั่ง who เพื่อดูค่าข้อมูลที่ได้

หมายเหตุ

เมื่อใช้คำสั่งผลที่ได้คือโปรแกรม MATLAB จะนำข้อมูลภาพจากไฟล์ picture01.jpg มาเก็บไว้ในตัวแปร x ในรูปแบบ Unit8 (8-Bit Unsigned Integers)

ตัวอย่างที่ 2 จงแสดงข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\picture01.jpg ให้แสดงผลทางจอมอนิเตอร์

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB
2. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
[x] = imread('c:\picture01','jpg');
image(x);
```

3. ดูผลที่ได้ทางจอมอนิเตอร์

หมายเหตุ

เมื่อใช้คำสั่งผลที่ได้คือโปรแกรม MATLAB จะแสดงรูปภาพจากไฟล์ picture01.jpg ทางหน้าจอมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3 จงแสดงข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\picture01jpg โดยโทนสีของรูปภาพที่แสดงจะเป็นสีเทา ให้แสดงผลทางจอมอนิเตอร์

1. เข้าสู่โปรแกรม MATLAB

2.พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
[x] = imread('c:\picture01','jpg');
colormap(gray) ;
image(x);
```

3. ดูผลที่ได้ทางจอมอนิเตอร์

หมายเหตุ

เมื่อใช้คำสั่งผลที่ได้คือ โปรแกรม MATLAB จะแสดงรูปภาพจากไฟล์ picture01.jpg ทางหน้าจอภาพโดยโทนสีของรูปภาพที่แสดงจะเป็นสีเทา

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนโปรแกรม โดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

1.1 จงนำข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\windows\demo01.bmp ไปเก็บไว้ในตัวแปร ชื่อ demo01

1.2 จงแสดงข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\windows\demo01.bmp

1.3 จงแสดงข้อมูลภาพที่กำหนดในตำแหน่ง c:\windows\demo01.bmp โดยโทนสีของรูปภาพที่แสดงจะเป็นสีเทา ให้แสดงผลทางจอมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
ผลบวกการประสาน

วัตถุประสงค์

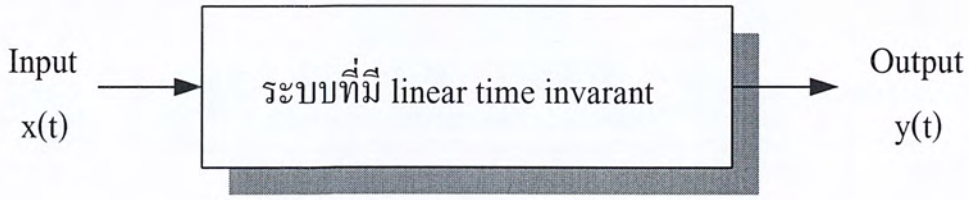
1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจโปรแกรม MATLAB ได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการคอนโวลูชั่น (Convolution) ได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานของ MATLAB ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

การคอนโวลูชั่น (Convolution) เป็นหลักการที่สำคัญอันหนึ่งในระบบประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) บางครั้งจะถูกเรียกว่า "การกรองแบบเชิงเส้น" (Linear Filtering) ถ้าพิจารณาระบบเชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Linear Time Invariant) การคอนโวลูชั่น เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ในขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพ โดยการคอนโวลูชั่นจะมีวิธีการคำนวณที่คล้ายกับการคูณเมตริกซ์ แต่การคอนโวลูชั่นจะแตกต่างออกไปตรงที่ ได้นำหลักการของการสเกลและการเลื่อนตำแหน่งในการคำนวณหาค่าของการคอนโวลูชั่น ดังนั้นวิธีการคำนวณหาค่าของการคอนโวลูชั่นจะอธิบายในดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 1 ระบบเชิงเส้นไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

เมื่อกำหนดให้ $x(t)$ แทนสัญญาณเข้า

$y(t)$ แทนสัญญาณออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete- time Convolution)

สัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางเวลา สามารถที่จะใช้แบบจำลองของ (Ordinary Differential Equation: ODE) และนอกจากนั้นอาจถูกแทนด้วยการแปลงลาปลาซ หรือฟูเรียร์ เพื่อการวิเคราะห์เชิงสัญญาณเช่นกัน การแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง(Discrete time Convolution)กับสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา

2. การแทนสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาในโดเมนเวลา

ในการแทนสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาในโดเมนเวลา โดยที่จะพิจารณาการคอนโวลูชั่นแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา(Discrete Time Convolution) ซึ่งสรุปคร่าวๆ ดังนี้
เมื่อแทน n = j และระบบที่มีการตอบสนองอิมพัลส์ = $h[n]$ จะได้

$$y[n] = \sum_{i=0}^{\infty} h[n-j]x[j] \tag{3.1}$$

หรืออาจเขียนได้อีกนัยหนึ่งคือ

$$y[n] = h[n] * x[y] \tag{3.2}$$

เมื่อ * แทนการคอนโวลูชั่น

โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการคอนโวลูชั่นอยู่แล้วนั้นคือ ฟังก์ชันการ Conv ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

```
c = conv(a,b)                    ; เวกเตอร์ b คอนโซลูชั่นกับเวกเตอร์ a
```

ลำดับขั้นการทดลอง

ตัวอย่างที่ 1 กำหนดให้ a = [1 3 4 5] และ b = [2 6 1] จงหาผลการคำนวณจากหลักการคอนโวลูชั่น

1. นำเมตริกซ์ a และเมตริกซ์ b มาคูณกันเหมือนกับการคูณเมตริกซ์ โดยที่ค่าในเมตริกซ์ b ซึ่งมีค่าของ 2 เป็นค่าตัวแรกของเมตริกซ์ b มาคูณกันจะได้ค่าดังนี้

```
    0  0  1  3  4  5
→   1  6  2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(2\times1)+(6\times0)+(1\times0)=2$; ค่าที่ 1

2. ทำการสเกลและเลื่อนตำแหน่งตัวแปรในเมตริกซ์ b ไปเรื่อยๆ จนครบหมดทุกตัวในเมตริกซ์ a ดังนี้

0 0 1 3 4 5

→ 0 1 6 2

จะได้ $(2\times3)+(6\times1)+(1\times0)=12$; ค่าที่ 2

0 0 1 3 4 5

→ 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times4)+(6\times3)+(1\times1)=27$; ค่าที่ 3

0 0 1 3 4 5

→ 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times5)+(6\times4)+(1\times3)=37$; ค่าที่ 4

0 0 1 3 4 5 0

→ 0 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times0)+(6\times5)+(1\times4)=34$; ค่าที่ 5

0 0 1 3 4 5 0 0

→ 0 0 0 0 0 1 6 2

จะได้ $(2\times0)+(6\times0)+(1\times5)=5$; ค่าที่ 6

3. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 12 27 37 34 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

ค่าศูนย์ที่เพิ่มขึ้นทั้งด้านหน้าและด้านหลังของกลุ่มข้อมูล เพื่อทำให้สามารถทำการคำนวณตามหลักการคอนโวลูชั่นได้ครบทุกค่า

เมื่อจะทำการหาค่าของการคอนโวลูชั่นโดยใช้คำสั่งการคำนวณของโปรแกรม MATLAB ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 2 กำหนดให้ a = [1 3 4 5] และ b = [2 6 1] จงหาผลลัพธ์โดยการใช้คำสั่งคอนโวลูชั่น

1. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
a = [1 3 4 5] ;
b = [2 6 1];
Conv(a,b);
```

2. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 12 27 37 34 5

ตัวอย่างที่ 3 กำหนดให้ a = [2 4 5 6 7] และ b = [2 1 3 1] จงหาผลการคำนวณจากหลักการคอนโวลูชั่นของ a และ b

1. นำเมตริกซ์ a และเมตริกซ์ b มาคูณกันเหมือนกับการคูณเมตริกซ์ โดยที่ค่าในเมตริกซ์ b ซึ่งมีค่าของ 2 เป็นค่าตัวแรกของเมตริกซ์ b มาคูณกันจะได้ค่าดังนี้

```
    0 0 0 2 4 5 6 7
→   1 3 1 2
```

2. ทำการสเกลและเลื่อนตำแหน่งตัวแปรในเมตริกซ์ b ไปเรื่อยๆ จนครบหมดทุกตัวในเมตริกซ์ a ดังนี้

จะได้ $(2\times 2)+0+0+0=2$; ค่าที่ 1

```
    0 0 2 4 5 6 7
→   1 3 1 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $(2\times4)+(1\times2)=6$;ค่าที่ 2

0 2 4 5 6 7

→ 1 3 1 2

จะได้ $(2\times5)+(1\times4)+(3\times2)+0=20$;ค่าที่ 3

2 4 5 6 7

→ 1 3 1 2

จะได้ $(2\times6)+(1\times5)+(3\times4)+(1\times2)=31$;ค่าที่ 4

2 4 5 6 7

→ 0 1 3 1 2

จะได้ $(2\times7)+(1\times6)+(3\times5)+(1\times4)+0=39$; ค่าที่ 5

2 4 5 6 7 0

→ 0 0 1 3 1 2

จะได้ $0+(1\times7)+(3\times6)+(1\times5)+0+0=30$;ค่าที่ 6

2 4 5 6 7 0 0

→ 0 0 0 1 3 1 2

จะได้ $0+0+(3\times7)+(1\times6)+0+0+0=27$;ค่าที่ 7

2 4 5 6 7 0 0 0

→ 0 0 0 0 1 3 1 2

จะได้ $0+0+0+(1\times7)+0+0+0+0=7$;ค่าที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 6 20 31 39 30 27 7

ตัวอย่างที่ 4 กำหนดให้ a = [2 4 5 6 7] และ b = [2 1 3 1] จงหาผลลัพธ์โดยการใช้คำสั่งคอนโวลูชั่น

1. พิมพ์คำสั่งดังนี้

```
a = [2 4 5 6 7]
b = [2 1 3 1]
Conv(a,b);
```

2. ผลลัพธ์ที่ได้คือ 2 6 20 31 39 30 27 7

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงคำนวณหาค่าของการคอนโวลูชั่นระหว่างตัวแปรต่อไปนี้ พร้อมเปรียบเทียบเมื่อใช้คำสั่ง conv ของโปรแกรม MATLAB

1.1 กำหนด a = [1 2 3 4] และ b = [3 5 4]

1.2 กำหนด a = [5 6 7 8] และ b = [2 3 3 4 5]

1.3 กำหนด a = [9 10 11 12] และ b = [1 5 7 9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การแปลงเวฟเล็ต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายพื้นฐานของการแปลงเวฟเล็ตได้
2. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และสามารถอธิบายการแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการของ Analysis Filter Banks ได้
3. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และสามารถอธิบายการแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการของ Sythesis Filter Banks ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

1. พื้นฐานของทฤษฎีเวฟเล็ต

ทฤษฎีเวฟเล็ต (Wavelet Theory) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่อธิบายถึงโมเดลของสัญญาณระบบ หรือกระบวนการทางฟิสิกส์ใดๆซึ่งประกอบด้วยเซตของสัญญาณเฉพาะหรือระบบย่อยๆมารวมกันเป็นสัญญาณหรือระบบนั้นๆ สัญญาณเฉพาะนี้จะเป็นคลื่นเล็กๆ ซึ่งถูกเรียกว่า “เวฟเล็ต” (Wavelet) ลักษณะของเวฟเล็ตจะเป็นรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและขนาดของคลื่นจะลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วทั้งสองด้าน

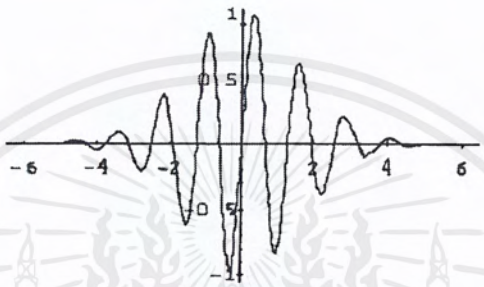
2. พื้นฐานของการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform)

การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ อาทิเช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) ทฤษฎีเวฟเล็ตสามารถใช้ประยุกต์เพื่ออธิบายลักษณะของสิ่งต่างๆ หรือระบบต่างๆ ได้เช่น การแก้ปัญหาทางสมการคณิตศาสตร์ การลดขนาดข้อมูลภาพ เป็นต้น

โปรแกรม MATLAB จะมีฟังก์ชันที่สามารถนำมาใช้งานทางด้านเวฟเล็ตได้เป็นอย่างดีซึ่งผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรม M-File เพื่อสะดวกในการประยุกต์ใช้งาน การแปลงเวฟเล็ตจะใช้อธิบาย

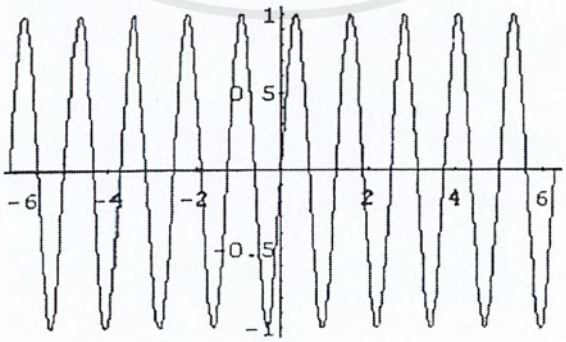
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของระบบสัญญาณที่ประกอบด้วยกลุ่มของสัญญาณเฉพาะมารวมกันจนเป็นสัญญาณหรือระบบนั้นๆ โดยที่สัญญาณเฉพาะนี้จะเป็นคลื่นเล็กๆ ที่เรียกว่า “เวฟเล็ต” ลักษณะของเวฟเล็ตจะเป็นคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Oscillatory) และมีขนาดของคลื่นจะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วทั้งสองด้านดังรูป



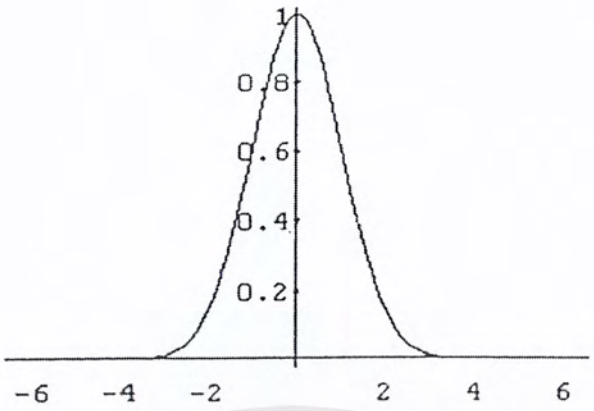
รูปที่ 1 เวฟเล็ตแม่

ดังรูปที่ 1 เป็นตัวอย่างของเวฟเล็ตชนิดหนึ่งเรียกว่า “เวฟเล็ตแม่” (Mother wavelets) สังเกตว่ามันจะมีคุณสมบัติของเวฟเล็ตตามที่กล่าวมาทั้ง 2 เงื่อนไข คือมีการการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในลักษณะของสัญญาณไซน์ดังรูปที่ 2 รวมกับงื่อนไขของการลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วในรูปที่ 3 โดยมันจะเกิดเงื่อนไขทั้งสองนี้พร้อมกัน จึงจะทำให้เกิดรูปคลื่นเล็กๆ ที่เป็นเวฟเล็ตจากรูปที่ 1 โดยจะเกิดการคูณกันของฟังก์ชันออสซิเลต (Oscillate Function) และฟังก์ชันการลดลง (Decay Function) ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 สัญญาณของ Y = sine (5x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 สัญญาณของ Y = Exp(-0.5^2)

รูปคลื่นเวฟเล็ตแต่ละตัวจะอยู่ภายในของเวฟเล็ตนี้ โดยคลื่นแต่ละคลื่นเกิดจากการแม่ที่ได้จะถูกนำไปสร้างเป็นสมาชิกตัวอื่นๆ ในเซตของเวฟเล็ต "การสเกล" (Scaling : "a") และ "การเลื่อนตำแหน่ง" (Translation or Shifting: "b") ของเวฟเล็ตแม่ตัวนี้ การสเกลคือการหดเข้า (Compressing) ในที่นี้ใช้ แทนพารามิเตอร์ของการหดเข้า ส่วนการเลื่อนตำแหน่งจะแทนด้วย "b" จะหมายถึง การเลื่อนตำแหน่งการเกิดของคลื่นเวฟเล็ตบนแกนเวลาดังรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการสเกลและเลื่อนตำแหน่งไปที่ค่า "a" และ " b" ที่ต่างๆ กัน โดยที่มันยังคงอยู่ภายในเซตของเวฟเล็ตที่สัมพันธ์กับเวฟเล็ตแม่ ในรูปที่ 1 ถ้าเรากำหนดให้ g(t) เป็นฟังก์ชันของเวฟเล็ตแม่ แล้วการสเกลด้วยพารามิเตอร์ของ "a" และ การเลื่อนตำแหน่งด้วยพารามิเตอร์ของ "b" ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังนี้

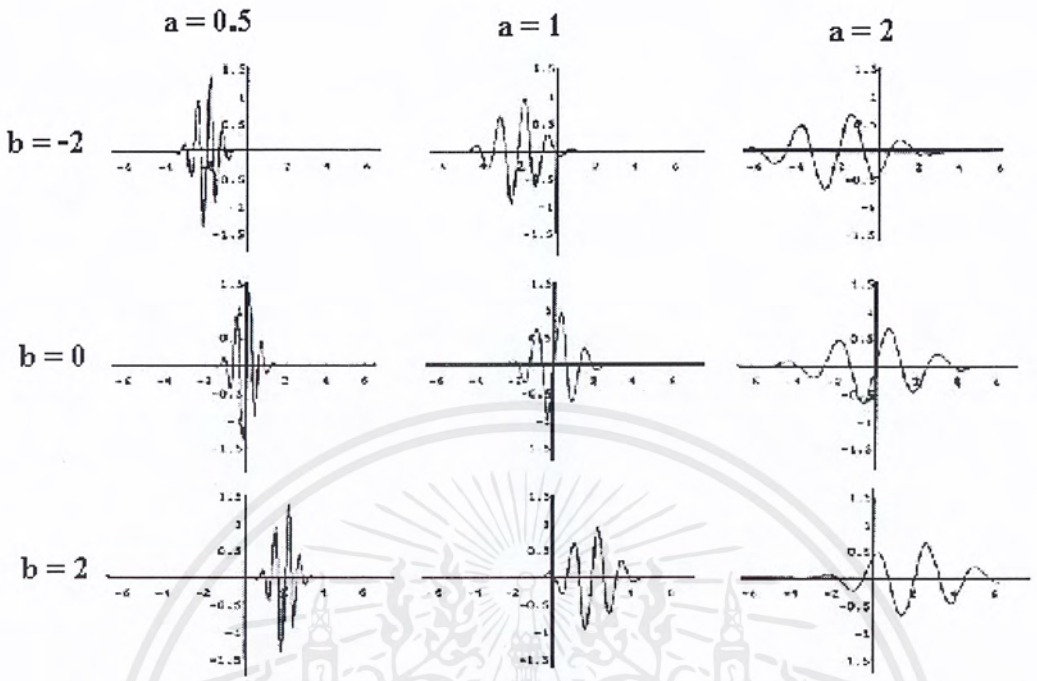
$$g_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} g\left(\frac{t-b}{a}\right) \qquad (1)$$

เมื่อ a ค่าอัตราส่วนของการสเกล

b การเลื่อนตำแหน่ง

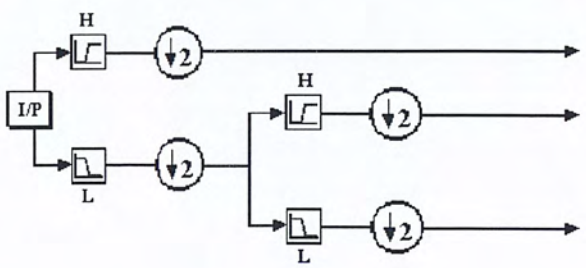
ซึ่งการทำการสเกลและการเลื่อนตำแหน่งตามแกนของเวลานี้จะรวมเรียกว่า "Affine Operation" (การทำ Linear Mapping ร่วมกับการทำ Translation) และเพื่อสัญญาณที่ถูกสเกล และมีค่าของสัญญาณที่เท่าเดิม จึงจะต้องทำการ Normalization สัญญาณที่ได้ดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



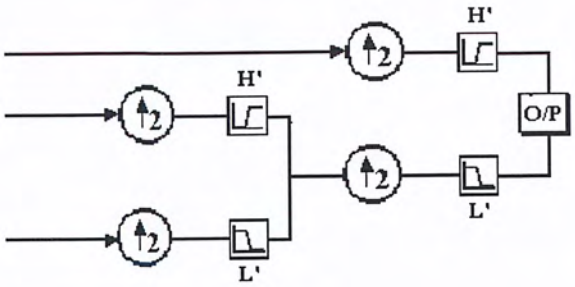
รูปที่ 4 เวฟเล็ตแม่ที่ถูกสเกลและเลื่อนตำแหน่ง

จากรูปที่ 4 จะสามารถสังเกตเห็นว่าลักษณะจำนวนลูกคลื่นสัญญาณนั้นจะเหมือนกันทั้งหมด สมาชิกแต่ละตัวจะแตกต่างกันที่ ขนาดและตำแหน่งทางแกนเวลาเท่านั้น ดังนั้นทฤษฎีเวฟเล็ตจึงเปรียบเสมือนการอธิบายสิ่งใดๆ โดยการแตกสิ่งนั้นออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านั้นจะอยู่ในรูปของเวฟเล็ตที่ถูกสเกลและเลื่อนตำแหน่ง ในการแตกกระจายเวฟเล็ต (Wavelet Decomposition) หรือการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform: WT) นั่นเอง ในทางตรงข้ามกันการรวมกลับเวฟเล็ต (Wavelet Reconstruction) ซึ่งเป็นการแปลงกลับเวฟเล็ต (Inverse Wavelet Transform: IWT) นั้นเป็นการนำส่วนประกอบย่อยๆ มารวมกันเพื่อให้ได้สัญญาณอินพุตดังเดิมดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 การแปลงเวฟเล็ต

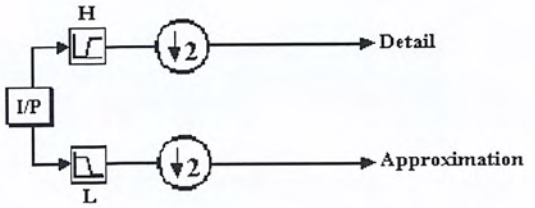
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 การแปลงกลับเวฟเล็ต

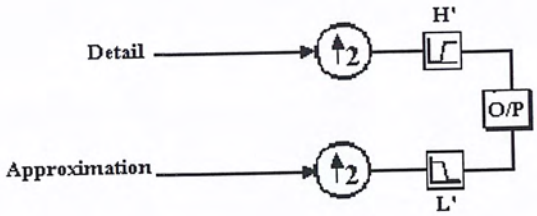
3. การแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการของ Analysis Filter Banks

ขบวนการแปลงเวฟเล็ตจะมีลักษณะคล้ายกับขบวนการออคเทฟฟิลเตอร์แบงค์ (Octave Filter Banks) เนื่องจากการพิจารณาสัญญาณที่ผ่านฟังก์ชันหน้าต่างที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นความถี่ในอัตราครั้งละสองเท่าได้ ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนกับการนำเอาสัญญาณอินพุตมาผ่านวงจรกรองความถี่ที่มีแบนวิธที่อัตราการลดลงเป็นสองเท่า เหมือนกับแบนวิธของฟังก์ชันหน้าต่าง โดยที่เราสามารถที่จะนำหลักการของฟิลเตอร์แบงค์มาใช้ในการแปลงเวฟเล็ตในทางปฏิบัติได้ ซึ่งในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายหลักการพื้นฐานของ Analysis Filter Banks ในฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ ซึ่งเป็นการแยกสัญญาณอินพุตที่เข้ามาออกเป็นสองส่วน คือในส่วนทางด้านความถี่ต่ำ และ ทางด้านความถี่สูงดังรูปที่ 7 เป็นการลักษณะของการวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณและ ในรูปที่ 8 เป็นโครงสร้างการสังเคราะห์การสร้างกลับฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ ซึ่งเป็นตัวกรองการกระจาย (Decomposition) ทางด้านความถี่ต่ำและ ทางด้านความถี่สูงกับตัวกรองการสร้างกลับ (Reconstruction) ทางด้านความถี่ต่ำและ ทางด้านความถี่สูง ที่มีความสัมพันธ์กัน



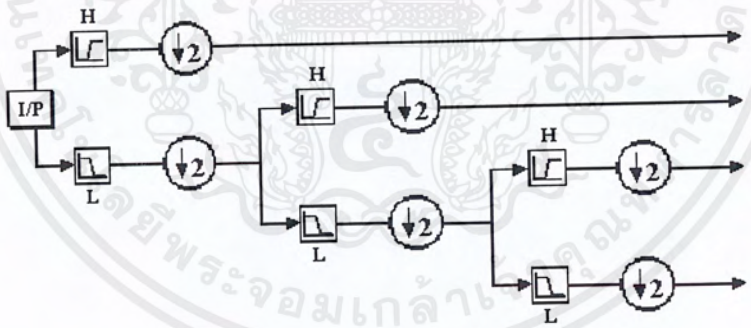
รูปที่ 7 การวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 การสังเคราะห์การสร้างกลับฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ

ขบวนการออคเทฟฟิลเตอร์แบงค์ เป็นขบวนการโครงสร้างแบบต้นไม้ (Tree Structure) โดยเป็นการนำเอาฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณมาทำการต่อกันหรือเรียงกันซึ่งจะใช้สัญญาณเอ้าท์พุทในส่วนทางด้านความถี่ต่ำมาทำการแยกแบนของความถี่ออกอีกครั้งหนึ่ง ในกรณีที่ทำการแปลงเวฟเล็ตที่ซ้ำกันทางด้านความถี่ต่ำนั้นจะเป็นลักษณะของ (Dyadic Tree Structure) ดังรูปที่ 9 ซึ่งเป็นโครงสร้างของการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelat Transform: DWT)



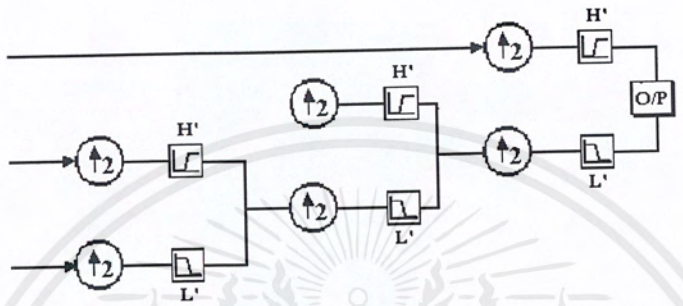
รูปที่ 9 การแปลงเวฟเล็ตแบบ DWT

4. การแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการของ Synthesis Filter Banks

หลักการของ Sythesis Filter Banks คือการสังเคราะห์การสร้างกลับฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ ซึ่งจะคล้ายกับหลักการวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ แต่หลักการของ Synthesis Filter Banks จะกลับกันกับหลักการของ Analysis Filter Banks ดังนั้นเพื่อความเข้าใจง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงจะทำการเปรียบเทียบในรูปที่ 7 ซึ่งเป็นโครงสร้างของการแปลงเวฟเล็ตแบบ DWT ในลักษณะของขบวนการโครงสร้างแบบต้นไม้ ดังรูปที่ 10 เป็นการแปลงกลับเวฟเล็ต (Inverse Wavelet Transform: IDWT) ซึ่งเป็นการรวมกลับค่าของสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตที่ได้ผ่านขบวนการแปลงมาแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้ได้คืนมาซึ่งสัญญาณอินพุทเดิม



รูปที่ 10 การแปลงกลับเวฟเล็ต

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายความหมายของทฤษฎีเวฟเล็ตคืออะไร
2. จงอธิบายความหมายของการแปลงเวฟเล็ตคืออะไร
3. จงอธิบายหลักการของ Analysis Filter Banks พร้อมทั้งเขียนรูป
4. จงอธิบายหลักการของ Synthesis Filter Banks มาพอสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตของข้อมูลภาพ

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตของข้อมูลภาพได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในการนำเวฟเล็ตไปใช้ในการลดขนาดของข้อมูล หรือเรียกว่าการบีบอัดข้อมูลภาพนั้น โดยหลักการของการแปลงเวฟเล็ต จำเป็นต้องมีการแตกกระจายข้อมูลภาพให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ตามทฤษฎีของเวฟเล็ต ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลทั่วไปจะได้ค่าสัมประสิทธิ์เพียงสองค่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์ทางความถี่ต่ำ ได้จากการคอนโวลูชั่นกับเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และค่าสัมประสิทธิ์ทางความถี่สูงได้จากการคอนโวลูชั่นกับเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

แต่เนื่องจากข้อมูลภาพเป็นข้อมูลแบบ 2 มิติ คือมีข้อมูลอยู่ในรูปแกน (X,Y) ดังนั้นในการแตกกระจายจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ถึง 4 ค่า โดยค่าที่ใช้ในการคอนโวลูชั่น เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าต้องมีการคอนโวลูชั่นทางแกน X และ Y กับเวฟเล็ตแม่ที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ 4 ค่าคือ

1. ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน Y
2. ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน Y
3. ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail จะใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) ในการคอนโวลูชั่นในแกน X และใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) ในการคอนโวลูชั่น ในแกน Y

หลังจาการคอนโวลูชั่นเพื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์จะต้องมีการลดขนาดของจำนวนลงครึ่งหนึ่ง หรือเรียกว่า "Down Sampling" ก่อนทั้งทางแกน X และ Y เพื่อให้ขนาดของสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า เป็นครึ่งหนึ่งของขนาดข้อมูลจริง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมกระกอบการทดลองดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยกด 1 ที่ command ของโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfilters เพื่อเลือกเวฟเล็ตแม่

```
[Lo_R,Hi_R] = wfilters('db3', 'r');
```

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

.....

.....

.....

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

.....

.....

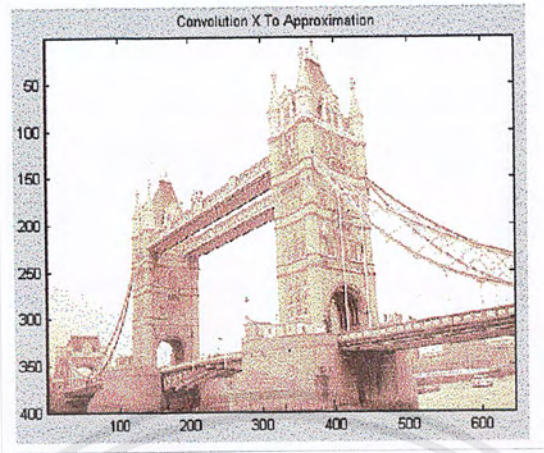
.....

2. ขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตทางความถี่ต่ำ (Lo_D) ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 รูปภาพหลังการคอนโวลูชั่นทางแกน X

คำสั่งที่ ใช้ Y1 = conv2(Y,Lo_D);

กำหนดให้ Y = ข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y1 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลองดังรูปที่ 2

Lo_D = ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชั่นทางแกน X ของรูปที่ 2 ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน X ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน Y ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตทางความถี่ต่ำ (Lo_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชั่นทางแกน X ของรูปที่ 2 ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน X ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน Y ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตทางความถี่สูง (Hi_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชั่นทางแกน X ของรูปที่ 2 ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน X ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน Y ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

1. นำข้อมูลต้นแบบมาทำการคอนโวลูชั่นทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตทางความถี่สูง (Hi_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นำข้อมูลหลังการผ่านขั้นตอนการคอนโวลูชั่นทางแกน X ของรูปที่ 2 ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชั่นทางแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 2 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน X ออก เพื่อให้ขนากทางแกน X ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นำข้อมูลจากการทดลองในข้อที่ 3 มาทำการตัดข้อมูลที่ตำแหน่งทางแกน Y ออก เพื่อให้ขนาดทางแกน Y ลดลงครึ่งหนึ่ง (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาพรวมหลังการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สรุปขั้นตอนการทดลองแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายชื่อสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 4 ค่า

2. จงบอกชื่อสัมประสิทธิ์ที่มีลักษณะข้อมูลภาพคล้ายข้อมูลภาพต้นแบบมากที่สุด

3. จงอธิบายการใช้เวฟเล็ตแม่ในการคอนโวลูชั่นทางแกน X และทางแกน Y เพื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

จากขั้นตอนการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า คือ Approximation, Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail ลำดับ แต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการลดขนาดของข้อมูลหรือใช้ในการบีบอัดข้อมูล จะใช้สัมประสิทธิ์เพียง 3 ตัวเท่านั้นคือค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail ตามลำดับ

แต่เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เพราะค่าข้อมูลของทั้ง 4 ค่ามีความแตกต่างจากรูปภาพต้นแบบพอสมควร ดังนั้นจึงมาขั้นตอนในการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า มาใช้งานได้คือ นำค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า มาทำการรวมเข้าด้วยกัน ซึ่งเราเรียกว่า การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

การแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตขั้นตอนที่ไม่แตกต่างจากการแปลงเวฟเล็ตมากนัก เพราะจำเป็นที่ต้องใช้เวฟเล็ตแม่เพื่อการคอนโวลูชันกับค่าข้อมูลต้นแบบและเปลี่ยนจากการลดขนาดลงครึ่งหนึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของข้อมูลอีกครึ่งหนึ่งโดยการเพิ่มข้อมูลศูนย์ระหว่างค่าของข้อมูลต้นแบบ จากนั้นจึงนำค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า มารวมกันเป็นข้อมูลจริง ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

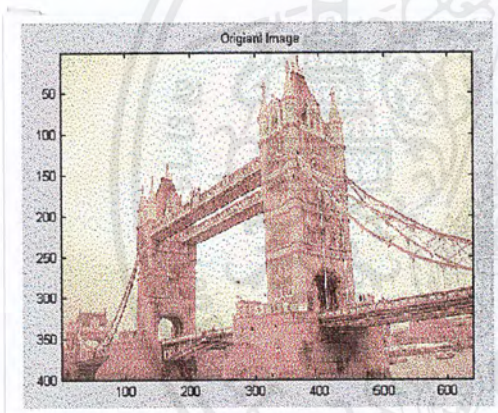
1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมกระกอบการทดลองดังตัวอย่าง

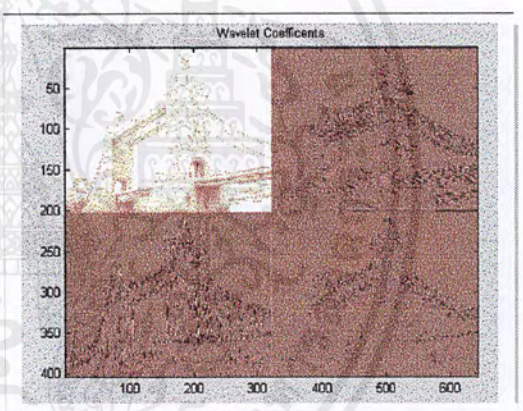
```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยกด 2 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1 และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ เวฟเล็ต แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ภาพต้นแบบ



รูปที่ 2 ภาพหลังการ DWT

1.4 ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม MATLAB ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfilters เพื่อเลือกเวฟเล็ตแม่

[Lo_R,Hi_R] = wfilters('db3', 'r');

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

.....

.....

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

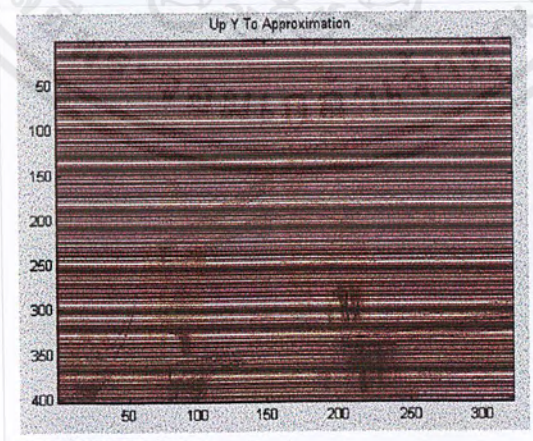
.....

.....

2. ขั้นตอนการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation

1. ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ ทางด้านแกน Y จะได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแทรกศูนย์ระหว่างข้อมูลทางแกน Y ของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation

คำสั่งที่ ใช้ Y1 = dyadup(Y,'row',0);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ Y = ข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ

Y1 = ข้อมูลหลังการเพิ่มข้อมูลศูนย์ทางด้านแกน Y ผลการทดลอง ดังรูปที่ 3

2. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำการเพิ่มขนาด โดยการแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ ทางด้านแกน Y (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชัน ทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำการเพิ่มขนาด โดยการแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ ทางด้านแกน Y (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำการเพิ่มขนาด โดยการแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

1. ทำการเพิ่มขนาดโดยแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ต้นแบบ ทางด้านแกน Y (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน Y ในข้อที่ 1 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน Y โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทำการเพิ่มขนาด โดยการแทรกศูนย์ระหว่างค่าข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ในข้อที่ 2 ทางด้านแกน X (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำข้อมูลหลังการผ่านเพิ่มขนาดทางด้านแกน X ในข้อที่ 3 มาทำการคอนโวลูชันทางด้านแกน X โดยใช้เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_R) (แสดงรูปภาพประกอบพร้อมคำสั่งที่ใช้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เมื่อทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 4 ค่า แล้วจึงนำค่าทั้ง 4 ค่ามารวมกันดังสมการที่ 1 (แสดงภาพหลังการใช้สมการ)

$$X = a1 + a2 + a3 + a4 \quad (1)$$

กำหนด X = ข้อมูลหลังการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

a1 = ค่าสัมประสิทธิ์ Approximation หลังการคำนวณ

a2 = ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail หลังการคำนวณ

a3 = ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail หลังการคำนวณ

a4 = ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail หลังการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. สรุปขั้นตอนการทดลองแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายการใช้เวฟเล็ตแม่ในการคอนโวลูชั่นทางแกน X และทางแกน Y เพื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวทั้ง 4 ค่า

2. หลังผ่านขั้นตอนการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 4 ค่า จะทำค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่าเข้าสู่ขั้นตอนใดเพื่อให้ข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
การแตกกระจายสัมประสิทธิ์แบบหลายระดับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถเลือกใช้สัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแต่ละระดับได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ตามทฤษฎีการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ที่ได้กล่าวมานั้น เป็นการแตกกระจายเพียงระดับเดียวเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงยังสามารถนำข้อมูลในส่วน Approximation มาใช้เป็นข้อมูลต้นแบบแทนเพื่อใช้ในการแตกกระจายในระดับต่อไป

โดยสามารถเลือกที่จะตัดทอนค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่จำเป็นออกไปได้ ทำให้ขนาดของข้อมูลลดลงไปเป็นสัดส่วนกับสัมประสิทธิ์ที่ถูกออกตัดไปได้ แต่ในทางกลับกันคุณภาพหรือค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นยอมเกิดขึ้นตามมาด้วย ดังนั้นในการตัดสัมประสิทธิ์นั้นต้องคำนึงถึงความพอใจในการรองรับกับคุณภาพของรูปภาพได้

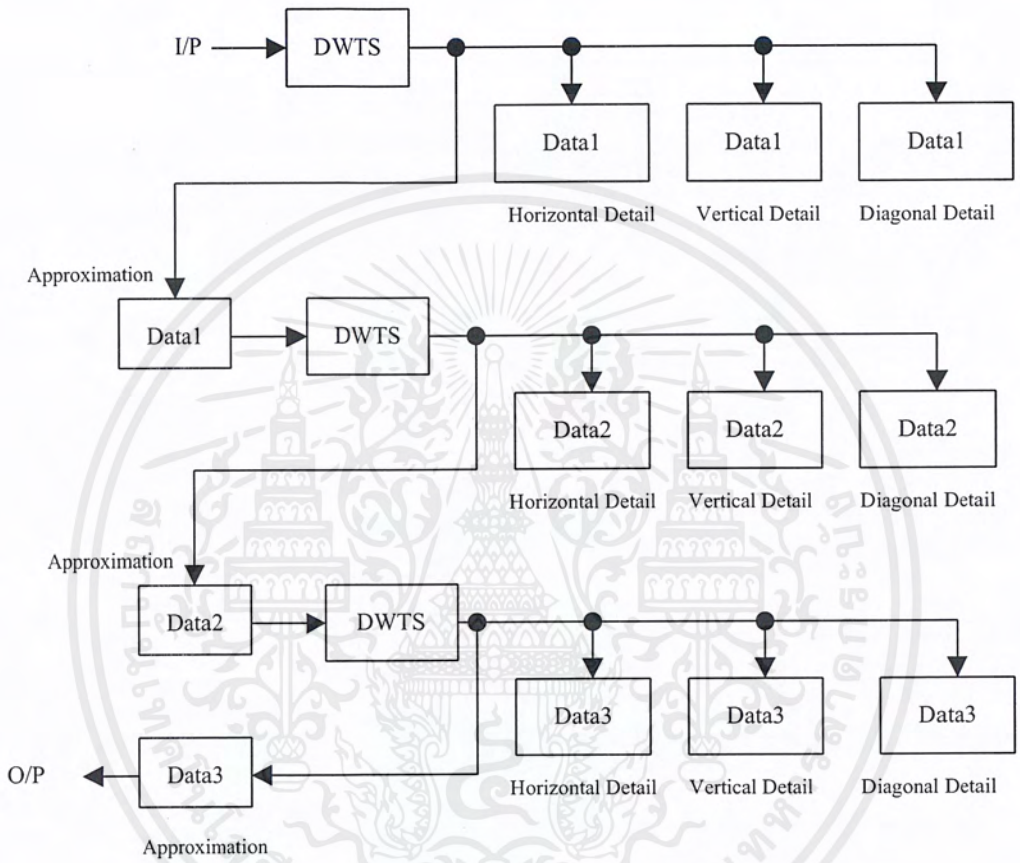
ในการทดลองนี้การทดลองเพื่อให้ทราบถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการตัดสัมประสิทธิ์ ที่ไม่ต้องการออกไป โดยการตัดในการทดลองนี้ เป็นการนำค่าสัมประสิทธิ์ที่เลือกมาใช้ในการแปลงกับค่าสัมประสิทธิ์เท่านั้น ส่วนสัมประสิทธิ์ที่ระดับที่เหลือจะถูกแทนด้วยค่าศูนย์แทน

มีหลักการทำงานคล้ายกับตัวกรอง (Filter) สัญญาณข้อมูลอินพุทที่เข้ามา โดยจะทำการกรองสัญญาณออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของความถี่สูง (High Pass Filter) และส่วนของความถี่ต่ำ (Low Pass Filter)

วิธีการชนิดนี้จะเริ่มจากสัญญาณข้อมูลภาพที่เป็นอินพุท เข้ามายังขบวนการแปลงเวฟเล็ต (DWTS) ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 2 จากขบวนการแปลงส่วนนี้จะทำการแยกสัญญาณออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 คือส่วนข้อมูลของ Detail และส่วนข้อมูลของ Approximation ซึ่งในการแปลงค่าสัประสิทธิ์เวฟเล็ตในระดับต่อไปจะใช้ข้อมูลส่วนของ Approximation เป็นข้อมูลอินพุทแสดงดังรูปที่ A



รูปที่ A การแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต 3 ระดับ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

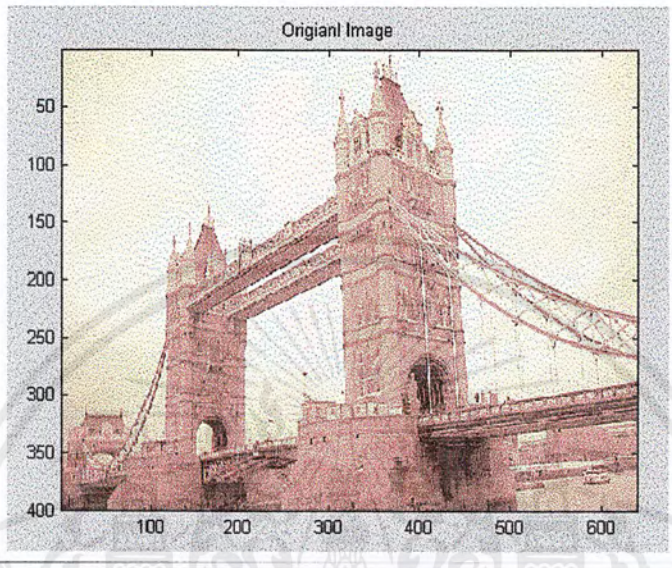
1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมประกอบการทดลอง ดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบหลายระดับ โดยกด 3 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg 1.2 กำหนดให้ผู้ทำการทดลองเลือกระดับการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตไว้ที่ 5 ระดับ เพื่อใช้ในการทำการทดลอง



รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ

1.4 ในการทดลองได้มีการกำหนดค่าเวฟเล็ตแม่เป็นแบบ Daubechies 3 เพื่อให้เป็นเวฟเล็ตแม่ในการทดลองการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ซึ่งค่า Daubechies 3 มีค่าคือ

[0.2352 0.5706 0.3252 -0.0955 -0.0604 0.0249]

จากคำสั่งของโปรแกรม Matlab ในฟังก์ชัน wfilters ตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าเวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ และเวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง

ตัวอย่างที่ 1 การใช้ฟังก์ชัน wfilters

```
[Lo_D,Hi_D] = wfilters('db3','d');
```

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่ต่ำ (Lo_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแม่ทางความถี่สูง (Hi_D) หลังการใช้ฟังก์ชัน wfilters คือ

.....

.....

2. ขั้นตอนการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์

2.1 หลังจากการกำหนดข้อมูลต้นแบบพร้อมเลือกเวฟเล็ตที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนต่อไปคือการแตกกระจายสัมประสิทธิ์

1. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 1โดยใช้ข้อมูลต้นแบบเป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 2 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 1 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 3 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 2 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 4 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 3 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าสัมประสิทธิ์หลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ระดับ 5 โดยใช้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ Approximation ในระดับที่ 4 เป็นข้อมูลการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 เมื่อผ่านขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 5 ระดับแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกระดับของการแตกกระจายสัมประสิทธิ์มาใช้ในการแปลงกลับคสัมประสิทธิ์ โดยค่าข้อมูลในระดับอื่นที่ไม่ได้ถูกเลือกจะแทนที่ด้วยค่าข้อมูลศูนย์

1. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 1 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = ... (bit)

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = ... (bit)

2. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 2 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = ... (bit)

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = ... (bit)

3. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 3 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = ... (bit)

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = ... (bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 4 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = ... (bit)

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = ... (bit)

5. เลือกกลุ่มสัมประสิทธิ์ระดับที่ 5 ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

ขนาดข้อมูลต้นแบบ * 8 (bit) = ... (bit)

ขนาดข้อมูลที่ใช้เก็บ * 8 (bit) = ... (bit)

3. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. การแตกกระจายแบบหลายระดับ จะนำค่าสัมประสิทธิ์ใดมาเป็นข้อมูลภาพเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ในระดับต่อไป

2. นำข้อมูลภาพมาผ่านขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต 3 ระดับหากต้องการข้อมูลภาพที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุดควรเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระดับใดในการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 8
การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการตัดระดับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการตัดระดับ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลังจากที่ทำการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตจนได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 4 ค่า คือค่าสัมประสิทธิ์ Approximation, Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail ตามลำดับ

ในขั้นตอนต่อไปคือการทำค่าสัมประสิทธิ์เพียง 3 ค่าสัมประสิทธิ์เท่านั้น คือค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail ตามลำดับ เพื่อเข้าสู่ขบวนการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ก่อนนำไปลดขนาดของข้อมูลหรือการบีบอัดข้อมูล

ในการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ขั้นตอนหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันมากคือ การตัดระดับ มีขั้นตอนการทำงานคือ การให้ค่าของข้อมูลที่มาผ่านการตัดระดับ มีค่าข้อมูลที่มีขนาดน้อยกว่าระดับของค่าการตัดระดับ ให้แทนด้วยค่าศูนย์ ส่วนค่าข้อมูลที่มีขนาดมากกว่าก็ให้คงค่าเดิม ซึ่งหลังจากผ่านการตัดระดับ แล้วจะไม่สามารถนำค่ากลับคืนได้อีก

นอกจากนี้ขั้นตอนการตัดระดับ ยังไม่สามารถลดขนาดของข้อมูลได้ เพียงแต่ทำให้ข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปได้ง่าย หรือประสิทธิ์ภาพมากขึ้น

นอกจากนี้การตัดระดับยังนิยมใช้ในการตัดสัญญาณรบกวนที่มาจากภาพต้นแบบ ได้ในระดับหนึ่งด้วย เนื่องจากสัญญาณรบกวนของข้อมูลภาพเมื่อผ่านขั้นตอนการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแล้วนั้น ค่าของสัญญาณรบกวนจะเป็นค่าข้อมูลที่มีน้อยมาก หรือเทียบเท่าค่าศูนย์ ดังนั้นการตัดระดับจึงสามารถตัดสัญญาณรบกวนได้ระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนการตัดระดับที่กล่าวจะทำให้ข้อมูลมีการผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการหาค่าความผิดพลาด (Erms) และค่าคุณภาพความเหมือนของข้อมูล (SNR_{rms}) ซึ่งสามารถหาได้จากสูตรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$Erms = \left[\frac{1}{MN} \sum_{X=1}^{M} \sum_{Y=1}^{N} \left(F'(x,y) - F(x,y) \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$SNR_{rms} = \left[\frac{\sum_{X=1}^{M} \sum_{Y=1}^{N} \left(F'(x,y) \right)^2}{\sum_{X=1}^{M} \sum_{Y=1}^{N} \left(F'(x,y) - F(x,y) \right)^2} \right]^{1/2} \quad (2)$$

ตัวอย่างเช่นกำหนดข้อมูลต้นแบบคือค่าตัวแปร A ข้อมูลหลังการคือค่าตัวแปร B และแทนในสูตรเพื่อหาค่าดังนี้ A = [1 2 3 4] B = [0 0 3 4]

$$E_{RMS} = \frac{1}{1*4} \sum_{x=1}^{4} \sum_{y=1}^{1} \left[\left(A(x,y) - B(x,y) \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$= 0.25 * \left[(1+2)^2 \right]^{1/2}$$

$$E_{RMS} = 0.75$$

$$SNR_{RMS} = \left[\frac{\sum_{x=1}^{4} \sum_{y=1}^{1} B(x,y)^2}{\sum_{x=1}^{4} \sum_{y=1}^{1} \left[B(x,y) - A(x,y) \right]^2} \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{25}{9} \right]^{1/2}$$

$$SNR_{RMS} = 1.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

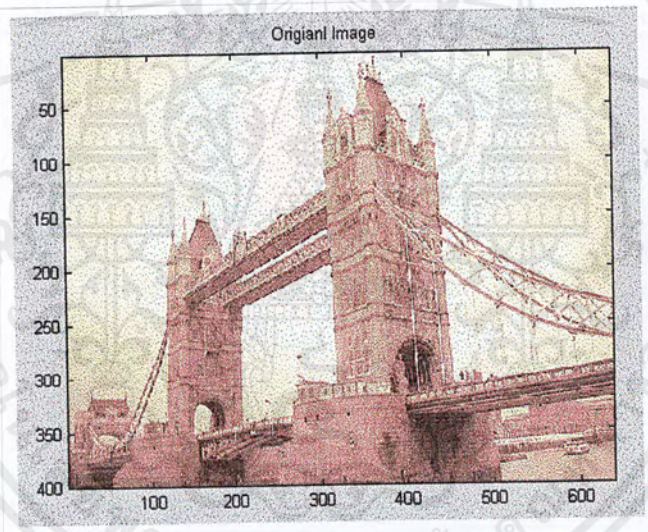
1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมประกอบการทดลองดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการตัดระดับ โดยกด 4 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ

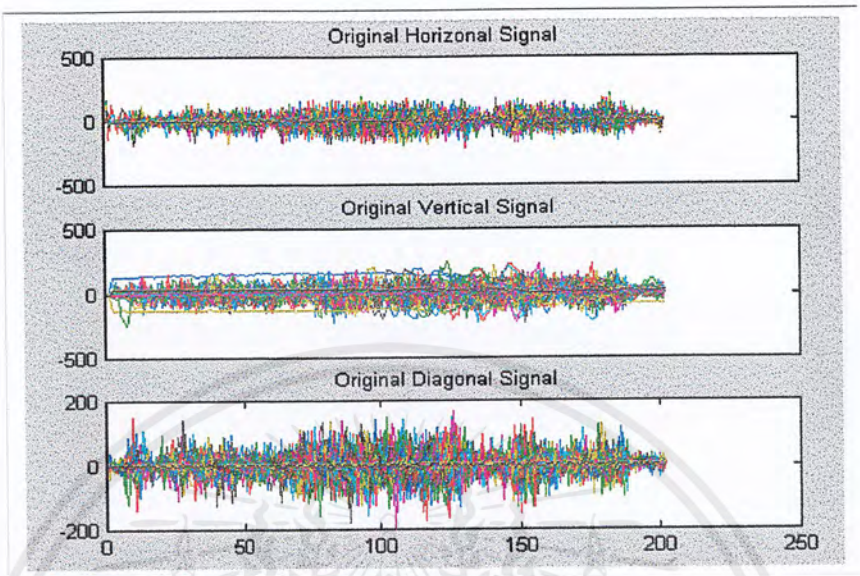
1.4 จากโปรแกรมการทดลองการตัดระดับ จะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 ออกเป็น 4 ค่าตามหลักการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และจะแสดงกราฟข้อมูลข้องค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 3 ค่า ตามทฤษฎีการตัดระดับข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2

หมายเหตุ

* ในการทดลองจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพียงระดับเดียวเพื่อง่ายต่อการทดลอง

* ในการแสดงผลการทดลองจะเป็นแบบการพร็อตกราฟเพื่อให้เห็นการทดลองที่ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



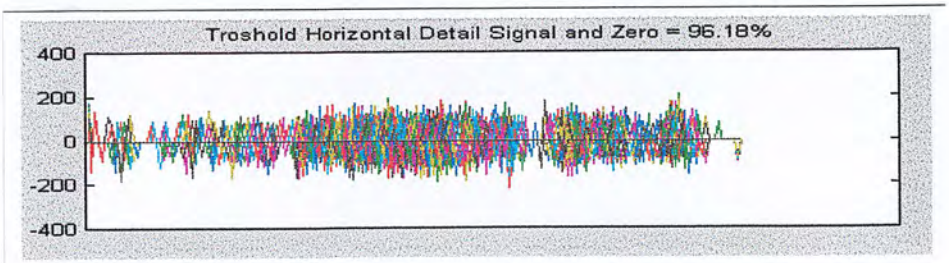
รูปที่ 2 การผ่านขั้นตอนการ DWT

2. ขั้นตอนการตัดระดับ (Threshold)

ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดระดับการเทรดโฮลไว้ที่ 30 % ของค่าข้อมูลแต่ละสัมประสิทธิ์ พร้อมเลือกไม่มีใส่สัญญาณรบกวนโดยกด "0" อีกครั้งหนึ่ง

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับระดับของการตัดระดับโดยกำหนดที่ 30 % เพื่อให้ได้ค่าของการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับของการตัดระดับ พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail = 96.18 % แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การตัดระดับที่ 30 % ของสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับระดับของการตัดระดับโดยกำหนดที่ 30 % เพื่อให้ได้ค่าระดับของการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับของการตัดระดับ พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail = ... % (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ แล้วนำมาคูณกับระดับของการตัดระดับโดยกำหนดที่ 30 % เพื่อให้ได้ค่าระดับของการตัดระดับ จากนั้นตัดค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับข้อมูลน้อยกว่าค่าระดับของการตัดระดับ พร้อมหาจำนวนของค่าศูนย์จากค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail = ...% (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการตัดระดับเพื่อให้เห็นค่าข้อมูลที่ถูกตัดออกไปของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 การแปลงกลับเพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือน

โดยโปรแกรมประกอบการทดลองการตัดระดับ จะทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตให้เองอัตโนมัติ โดยกำหนดให้ใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 และค่าสัมประสิทธิ์นำมาจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านขั้นตอนการตัดระดับที่ได้ทำการทดลอง (แสดงรูปหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปภาพหลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยภาพที่เกิดขึ้นจะนำข้อมูลมาหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{rms}) โดยใช้วิธีการของสูตรที่กล่าวไว้ในเนื้อหาการทดลองข้างต้น ซึ่งโปรแกรมการทดลองจะทำการหามาให้เองอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่ได้หลังการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านการตัดระดับ 30 % ได้ดังนี้

ค่า E_{RMS} = 12.07 ค่า SNR_{RMS} = 14.31

3. เป็นทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าการคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{RMS})

3.1 ให้ผู้ทำการทดลองเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับเทรดโฮลตั้งแต่ 20–90 % โดยเพิ่มค่าที่ละ 10 % โดยบันทึกลงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนที่ระดับเทรดโฮลต่างๆ

ระดับ Threshold	20 (%)	30 (%)	40 (%)	50 (%)	60 (%)	70 (%)	80 (%)
ค่า E_{RMS}							
ค่า SNR_{RMS}							

3.2 ให้ผู้ทำการทดลองบันทึกค่าจำนวนค่าศูนย์ที่เกิดขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการตัดระดับของการตัดระดับที่ระดับต่างๆ จากการทดลองที่ 3.1 ลงในตารางที่ 2 (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)

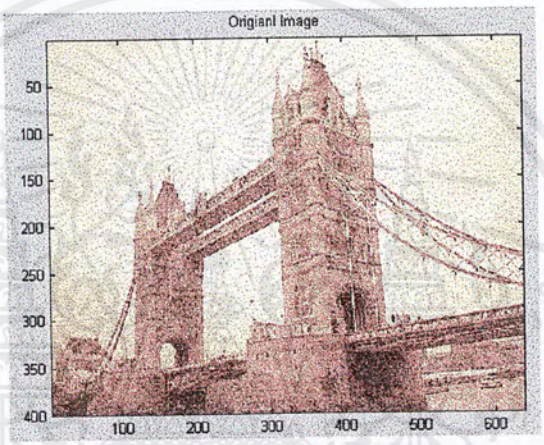
ตารางที่ 2 จำนวนศูนย์ที่เกิดขึ้นของสัมประสิทธิ์ที่ระดับเทรดโฮลต่าง ๆ

ระดับ Threshold	20 (%)	30 (%)	40 (%)	50 (%)	60 (%)	70 (%)	80 (%)
Horizontal Detail							
Vertical Detail							
Diagonal Detail							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบรูปภาพที่เกิดหลังการผ่านการเทรดโฮลกับข้อมูลต้นแบบที่มีสัญญาณรบกวนอยู่ในรูปภาพ

จากเนื้อหาที่กล่าวไว้ข้างขึ้นได้กล่าวถึง เรื่องการใช้การตัดระดับในการตัดสัญญาณรบกวนของข้อมูลภาพ เพื่อให้คุณภาพของข้อมูลดีขึ้น โดยกำหนดให้ทำการทดลองเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าระดับของการตัดระดับตั้งแต่ 20–60 % โดยเพิ่มที่ละ 20 % พร้อมเลือกต้องการให้มีสัญญาณรบกวนลงในข้อมูลต้นแบบ โดยกด 1 หลังการกำหนดระดับของการตัดระดับ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ต้นแบบสัญญาณรบกวน

หลังผ่านการตัดระดับค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่า พร้อมกับทำการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต เพื่อให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลต้นแบบและข้อมูลที่ผ่านการตัดระดับของการตัดระดับที่ระดับต่างๆ ของการทดลอง

4.1 ให้แสดงภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดระดับที่ 20 %

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ให้แสดงภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดระดับที่ 40 %

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.3 ให้แสดงภาพหลังการผ่านการตัดระดับข้อมูลที่ตั้งระดับของการตัดระดับที่ 60 %

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. สรุปผลการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยวิธีการตัดระดับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. การตัดระดับมีหน้าที่การทำงานอย่างไร

2. หากต้องการเปลี่ยนค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ ให้มีค่าศูนย์มากขึ้นต้องกำหนดค่าของการตัดระดับให้มีค่ามากหรือมีค่าน้อย

3. จงอธิบายทำไมการตัดระดับจึงสามารถตัดสัญญาณรบกวนของข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 9
การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลังจากการนำข้อมูลภาพมาผ่านขั้นตอนการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และผ่านการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับในขั้นของปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์อีกขั้นตอนหนึ่ง คือการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ โดยหลักการของการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ เป็นการจัดระดับค่าของข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ค่าคือ Horizontal Detail, Vertical Detail, Diagonal Detail ให้มีระดับของข้อมูลที่คงที่ ซึ่งการทราบถึงระดับของข้อมูลสัมประสิทธิ์ที่แน่จะให้สามารถนำไปใช้ในการบีบอัดข้อมูลได้ง่ายขึ้นกว่า

แต่ในการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับจะไม่สามารถคืนกลับมาได้เพราะเป็นการเปลี่ยนค่าข้อมูลต้นแบบ เช่นเดียวกับวิธีการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์แบบการตัดระดับ

ซึ่งมีหลักการคือ การเปลี่ยนค่าของข้อมูลภาพที่อยู่ในช่วงของการจัดระดับในระดับต่างๆ ให้เป็นค่าที่เท่ากันกับระดับของการจัดระดับนั้นๆ

เมื่อผ่านขบวนการนี้ก็จะช่วยให้ความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพมีมากขึ้น เพราะได้ทำการจัดระดับของข้อมูลภาพ เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการลดค่าของสัมประสิทธิ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปขั้นตอนการการจัดระดับ

1) ตั้งระดับของการจัดระดับ (A)

2) จัดค่าในแต่ละดับของการเปรียบเทียบการควอนไทซ์ โดยได้จากสูตร

ความห่างของแต่ละระดับ (Q) = ค่าสูงสุดของสัมประสิทธิ์ / ระดับควอนไทซ์

และกำหนดค่าในแต่ละระดับของการเปรียบเทียบควอนไทซ์ได้จากสูตรที่ 1

$$R_{i+1} = R_i + Q \qquad (1)$$

กำหนด $i = 0,1,2.....A$

$R_0 = 0$

3) เปรียบเทียบค่าข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ กับ R_I (I = 0,1,2...A)

4) ทำซ้ำข้อ 2 และ 3 ให้ครบสัมประสิทธิ์ทั้ง 3 ตัว

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมประกอบการทดลองดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ โดยกด 5 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1

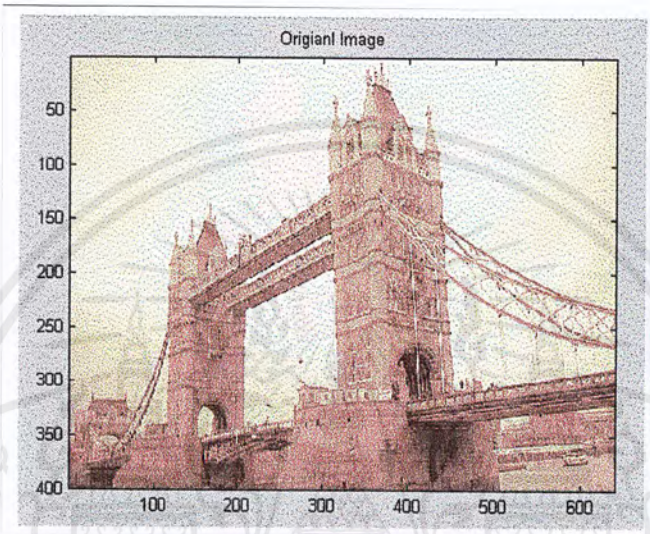
1.4 จากโปรแกรมการทดลองการจัดระดับ จะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตโดยใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 ออกเป็น 4 ค่าตามหลักการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต และจะแสดงกราฟข้อมูลข้องค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตทั้ง 3 ค่า ตามทฤษฎีการตัดระดับข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

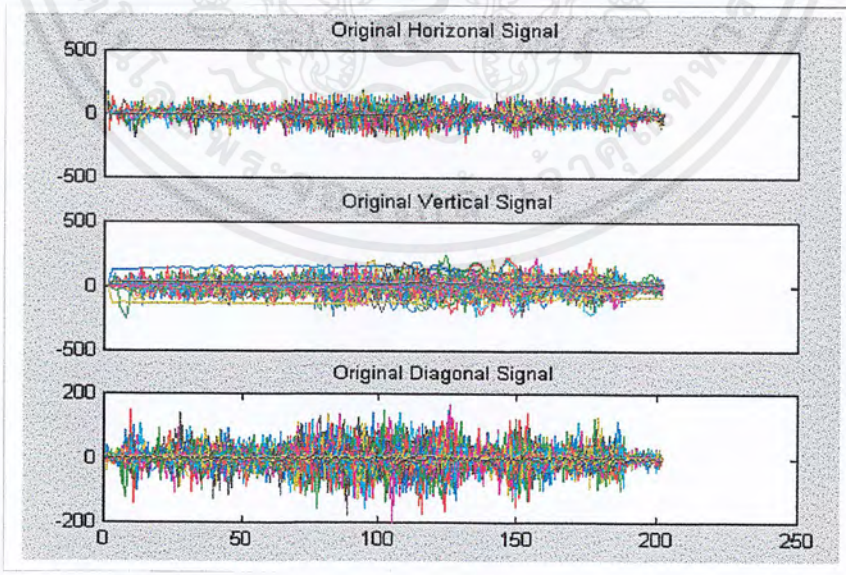
หมายเหตุ

* ในการทดลองจะทำการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตเพียงระดับเดียวเพื่อง่ายต่อการทดลอง

* ในการแสดงผลการทดลองจะเป็นแบบการพร็อตกราฟเพื่อให้เห็นการทดลองที่ง่ายขึ้น



รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ



รูปที่ 2 การผ่านขั้นตอนการ DWT

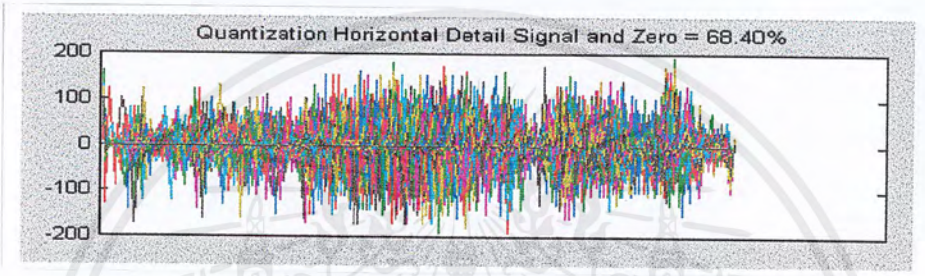
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการจัดระดับ (Quantization)

ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดระดับการจัดระดับไว้ที่ 20 ระดับเพื่อให้ในการทดลอง

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ Horizontal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับจากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้ระดับการจัดระดับให้มีระดับเดียวกันแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การจัดระดับที่ 20ระดับ

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการจัดระดับ ให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ Vertical Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับจากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้ระดับของการจัดระดับให้มีระดับเดียวกัน (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการจัดระดับ ให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ Diagonal Detail

1. ทำการหาค่าสูงสุดของค่าข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบ เพื่อใช้ในการหาระดับของการจัดระดับจากสูตรที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นทำการจัดระดับค่าข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบที่มีระดับใกล้ระดับของการจัดระดับให้มีระดับเดียวกัน (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสัมประสิทธิ์ต้นแบบกับข้อมูลสัมประสิทธิ์ หลังผ่านการจัดระดับ ให้เห็นค่าความแตกต่างของข้อมูลของสัมประสิทธิ์ต้นแบบ (แสดงกราฟหลังการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 การแปลงกลับเพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดและค่าคุณภาพความเหมือน

1. โดยโปรแกรมประกอบการทดลองการจัดระดับ จะทำการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตให้โดย ได้กำหนดให้ใช้เวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 3 และค่าสัมประสิทธิ์นำมาจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านขั้นตอนการจัดระดับที่ได้ทำการทดลอง (แสดงรูปหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากรูปภาพหลังการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยภาพที่เกิดขึ้นจะนำข้อมูลมาหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{rms}) โดยใช้วิธีการของสูตรที่กล่าวไว้ในเนื้อหาการทดลองข้างต้น ซึ่งโปรแกรมการทดลองจะทำการหามาให้เองอัตโนมัติ ซึ่งค่าที่ได้หลังการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์ที่ผ่านการจัดระดับไว้ที่ 20 ระดับ ได้ดังนี้

E_{RMS} = ...

SNR_{RMS} = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาค่าความผิดพลาด (E_{RMS}) และหาค่าการวัดคุณภาพความเหมือนกันในเชิงปริมาณ (SNR_{RMS})

3.1 ให้ผู้ทำการทดลองเลือกรูปภาพต้นแบบชื่อ Demo01.jpg เป็นมาตราฐานการทดลองนี้ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงค่าของระดับการจัดระดับในระดับต่างๆ ตั้งแต่ 5–75 ระดับ ซึ่งจะเพิ่มละดับที่ละ 10 ระดับ โดยบันทึกลงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความผิดพลาดและคุณภาพความเหมือนที่เลือกระดับการจัดระดับต่างๆ

ระดับ Quantization	5 ระดับ	15 ระดับ	25 ระดับ	35 ระดับ	45 ระดับ	55 ระดับ	65 ระดับ	75 ระดับ
ค่า E_{RMS}								
ค่า SNR_{RMS}								

4. สรุปผลการทดลองการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ด้วยวิธีการจัดระดับ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. การจัดระดับมีหน้าที่การทำงานอย่างไร

2. ทำไมจึงต้องนำข้อมูลมาผ่านขั้นตอนการจัดระดับ

3. หากต้องการให้ข้อมูลหลังผ่านขั้นตอนการจัดระดับมีค่าผิดพลาดน้อย ควรกำหนดค่าของการจัดระดับให้มีค่ามากหรือมีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 10
การเข้ารหัสโดยวิธีฮัฟแมน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการการเข้ารหัสฮัฟแมนได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลังจากที่ได้ทำการทดลองโดยทำการตัดระดับและการจัดระดับแล้วนั้น ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำค่าสัมประสิทธิ์ มาผ่านการเข้ารหัส(Coding)เป็นลำดับสุดท้าย เพื่อทำให้ขนาดของข้อมูลหลังทำการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์นั้นน้อยลง

ในใบงานการทดลองนี้จะเป็นการแสดงถึงการเข้ารหัสโดยใช้หลักการฮัฟแมน ซึ่งเนื้อหาสามารถอ่านได้จากบทที่ 2 โดยจะมีตารางการเปรียบเทียบ ของรหัส Huffman โดยตรง ซึ่งตารางที่นำเป็นตัวอย่างเป็นตารางเปรียบเทียบ ของ Huffman ที่ 64 ระดับ สามารถดูได้จากตารางที่ 1

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

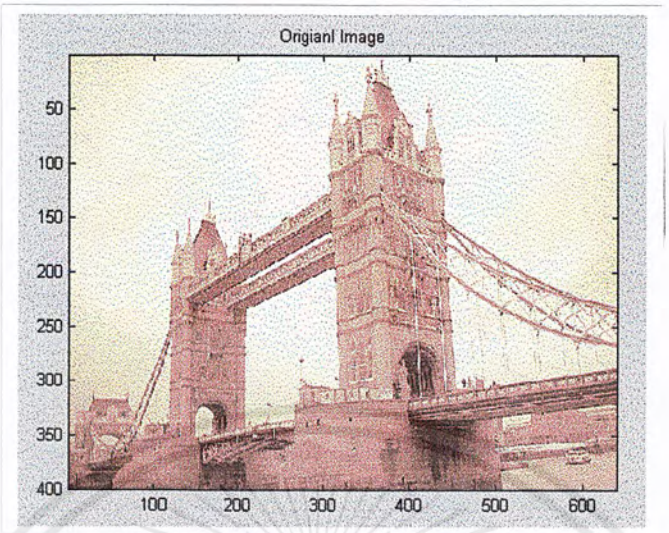
1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมประกอบการทดลองดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมนโดยกด 6 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ

2. การทดลองโดยการตั้งค่าการเทรดโฮลไว้คงที่แล้วเปลี่ยนค่าระดับการควอนไทซ์

2.1 ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับของการตัดระดับที่ 20 % และทำการเปลี่ยนค่าระดับการจัดระดับ เพื่อหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพ พร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองในการกำหนดการตัดระดับที่ 20 %

ระดับการควอนไทซ์	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}						
SNR_{RMS}						
After bit						
Before bit						

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับของการตัดระดับที่ 40 % และการเปลี่ยนค่าระดับการจัดระดับเพื่อหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพ พร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองในการกำหนดการตัดระดับที่ 40 %

ระดับการควอนไทซ์	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}						
SNR_{RMS}						
After bit						
Before bit						

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

2.3 ให้ผู้ทำการทดลองกำหนดให้ระดับของการตัดระดับที่ 60 % และการเปลี่ยนค่าระดับการจัดระดับเพื่อหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพ พร้อมคำนวณหาจำนวนบิตของข้อมูลก่อนและหลังการเข้ารหัสฮัฟแมน พร้อมบันทึกลงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองในการกำหนดการตัดระดับที่ 60 %

ระดับการควอนไทซ์	10 ระดับ	20 ระดับ	30 ระดับ	40 ระดับ	50 ระดับ	60 ระดับ
E_{RMS}						
SNR_{RMS}						
After bit						
Before bit						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

After bit คือ จำนวนบิตข้อมูลหลังการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

Before bit คือ จำนวนบิตข้อมูลก่อนการผ่านการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

จำนวนบิตได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

3. สรุปผลการทดลองการเข้ารหัสด้วยวิธีการฮัฟแมน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. การเข้ารหัสมีหน้าที่การทำงานอย่างไร
2. การเข้ารหัสด้วยวิธีฮัฟแมนการหลักการทำงานอย่างไร
3. จากการทดลองขั้นตอนการตัดระดับและขั้นตอนการจัดระดับ มีส่วนช่วยให้การเข้ารหัสมีประสิทธิ์ภาพขึ้นหรือไม่ อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 11
การเลือกเวฟเล็ตแม่ในการบีบอัดข้อมูลภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถเลือกใช้เวฟเล็ตแม่ได้อย่างเหมาะสมกับการใช้งานได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
2. โปรแกรม MATLAB และโปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

จากทฤษฎีการแตกกระจายสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ จะมีหลักการของการคำนวณที่เหมือนกันอยู่อย่างหนึ่ง คือการเลือกใช้ค่าเวฟเล็ตแม่ที่จะนำมาใช้ในการคอนโวลูชั่น ซึ่งถ้าจะกล่าวถึงการใช้เวฟเล็ตแม่ในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในปัจจุบันนี้มีมากมาย แต่จะขอนำเวฟเล็ตแม่เพียง 2 แบบเท่านั้นที่จะมาใช้ในการทดลองนี้

เวฟเล็ตแม่ที่หนึ่งเป็นแบบ Daubechies ซึ่งจะแบ่งได้เป็น Daubechies 2, Daubechies 4, Daubechies 6, Daubechies 8

เวฟเล็ตแม่ที่สองเป็นแบบ Symmlet ซึ่งจะแบ่งได้เป็น Symmlet 2, Symmlet 4, Symmlet 6, Symmlet 8

โดยมีค่าและจำนวนของสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ตแม่แต่ละชนิดก็จะไม่เท่ากันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เรียกใช้โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.1 พิมพ์ wave_demo ลงตรง Command ของโปรแกรมประกอบการทดลองดังตัวอย่าง

```
>> wave_demo   (Enter)
```

1.2 เลือกเมนูการทดลองการเลือกใช้เวฟเล็ตแม่โดยกด 7 ให้แก่โปรแกรมประกอบการทดลองเวฟเล็ต

1.3 เลือกรูปภาพต้นแบบชื่อไฟล์ Demo01.jpg แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 รูปภาพต้นแบบ

2. ทำการเลือกเวฟเล็ตแม่เพื่อใช้ในการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตและการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

เมื่อเรียกใช้โปรแกรมในหัวข้อการเลือกใช้เวฟเล็ตแม่พร้อมเลือกรูปภาพต้นแบบได้แล้ว จะกำหนดให้ผู้ทำการทดลองเลือกเวฟเล็ตแม่ เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์และการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ แล้วจะให้ผู้ทำการทดลองเลือกระดับของการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์

โดยกำหนดระดับการเทรดโฮลไว้ที่ 10 % และระดับการครอนไทซ์ไว้ที่ 10 ระดับ เพื่อหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพความเหมือนของรูปภาพเมื่อมีการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตโดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่ต่างกันในแต่ละการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 กำหนดผู้ทำการทดลองให้เลือกเวฟเล็ตแบบ Daubechies ซึ่งในการทดลองจะกำหนดไว้ค่าเวฟเล็ตแม่ไว้ 4 ตัวด้วยกัน คือ

1. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 2 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

2. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 4 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

3. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 6 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

4. ค่าสัมประสิทธิ์ Daubechies 8 คือ

Lo_D = ...

.....

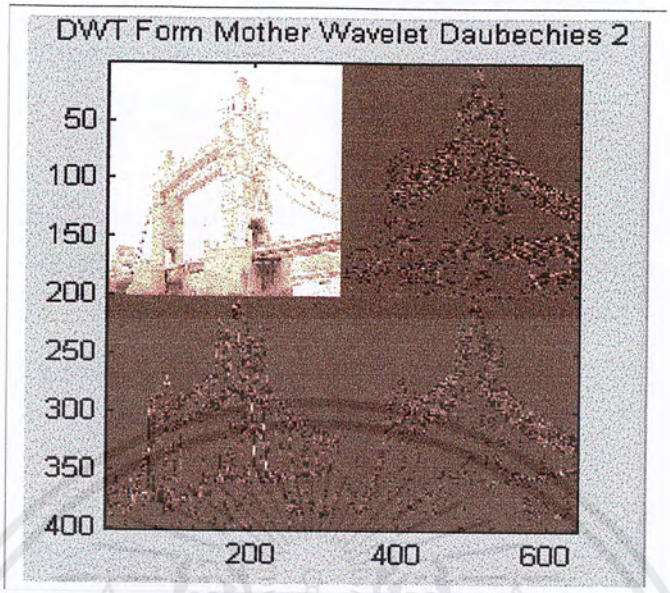
Hi_D = ...

.....

2.2 นำข้อมูลต้นแบบมาทำการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่กำหนดในขั้นตอนที่ 2.1

1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 2 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์แสดงดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต Daubechies 2

2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 4 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 6 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 8 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 นำค่าสัมประสิทธิ์ผ่านขั้นตอนการตัดระดับและการจักระดับ พร้อมกับการแปลงกลับสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยเวฟเล็ตแม่ที่กำหนด

1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 2 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 4 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 6 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies 8 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 หลังการทำในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.1-2.3 ต่อไปจะเป็นขั้นตอนการหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพหลังการทำการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ โดยบันทึกค่าความผิดพลาดและค่าการวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Daubechies ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ค่า E_{RMS} และ SNR_{RMS} เมื่อทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ที่ต่างๆ

เวฟเล็คแม่	Daubechies 2	Daubechies 4	Daubechies 6	Daubechies 8
E_{RMS}				
SNR_{RMS}				

2.5 กำหนดผู้ทำการทดลองให้เลือกเวฟเล็ตแบบ Symmlet ซึ่งในการทดลองจะกำหนดไว้ค่าเวฟเล็ตแม่ไว้ 4 ตัวด้วยกัน คือ

1. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 2 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

2. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 4 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

3. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 6 คือ

Lo_D = ...

.....

Hi_D = ...

.....

4. ค่าสัมประสิทธิ์ Symmlet 8 คือ

Lo_D = ...

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hi_D = ...

.....

2.6 นำข้อมูลต้นแบบมาทำการแตกกระจายค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต โดยใช้เวฟเล็ตแม่ที่กำหนดในขั้นตอนที่ 2.5

1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 2 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 4 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 6 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 8 เพื่อใช้ในการแตกกระจายสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.7 นำค่าสัมประสิทธิ์ผ่านขั้นตอนการตัดระดับและการจัดระดับ พร้อมกับการแปลงกลับค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยเวฟเล็ตแม่ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 2 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 4 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 6 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. เมื่อเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet 8 เพื่อใช้ในการแปลงกลับสัมประสิทธิ์ (แสดงรูปภาพหลังการทดลอง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.8 หลังการทำในขั้นตอนตั้งแต่ข้อ 2.5-2.7 ต่อไปจะเป็นขั้นตอนการหาค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพหลังการทำการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ในแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ โดยบันทึกค่าความผิดพลาดและค่าการวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบ Symmlet ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่า E_{RMS} และ SNR_{RMS} เมื่อทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ที่ต่างๆ

เวฟเล็คแม่	Symmlet 2	Symmlet 4	Symmlet 6	Symmlet 8
E_{RMS}				
SNR_{RMS}				

ในการทดลองต่อไปจะเป็นการกำหนด ข้อมูลต้นแบบที่ลักษณะรูปภาพที่แตกต่างจากการทดลองข้างต้น เพื่อทำการทดลองค่าความผิดพลาดและค่าวัดคุณภาพของรูปภาพในการเลือกเวฟเล็ตแม่แบบต่างๆ

กำหนดให้ผู้ทำการทดลองเปลี่ยนรูปภาพต้นแบบเป็นไฟล์ชื่อ Demo03.jpg พร้อมบันทึกผลการทดลองเมื่อทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ลงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า E_{RMS} และ SNR_{RMS} เมื่อทำการเลือกเวฟเล็ตแม่ที่ต่างๆ

เวฟเล็คแม่	**DB 2**	**DB 4**	**DB 6**	**DB 8**	**Sym 2**	**Sym 4**	**Sym 6**	**Sym 8**
E_{RMS}								
SNR_{RMS}								

หมายเหตุ DB = Daubechies

Sym = Symmlet

3. สรุปผลการทดลองการเปรียบเทียบการเลือกใช้เวฟเล็ตแม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

A. S. Lewis and G. Knowles, **Image Compression Using the 2-D Wavelet Transform**, IEEE Trans. Image Processing, vol. 1 no. 2, pp. 244-250, 1992

I. Daubechies, **Orthobomal Bases of Compactly Supported Wavelet**, IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 36, pp. 961-1005, 1990

M. a. Sid-Ahmed, **Image Processing Theory, Algorithms, & Architectures.** McGraw-Hill, Inc., pp. 377-400, 1995

ชินภัทร นันทจิวากรชัย. "การลดขนาดข้อมูลภาพโดยการใช้ เวฟเล็ต ทรานฟอร์ม." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบันฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บันฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวชนิดา ศรียา
เกิดวันที่	1 พฤศจิกายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดพัทลุง
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 62/1 หมู่ที่11 ตำบลนาปะขอ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง 93140
โทรศัพท์	01-8974752
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหาดไข่เต่า
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางแก้วพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนัยบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ปริญญาตรี	สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายภูเบศร์ ปรีดาศักดิ์
เกิดวันที่	23 กุมภาพันธ์ 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดยะลา
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดยะลา
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่15/40 หมู่ที่ 6 ตำบลสะเตลนอก อำเภอเมือง จังหวัดยะลา
โทรศัพท์	073-242438

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลยะลา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงจังหวัดยะลา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคยะลา
ประกาศนัยบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมลคลวิทยาเขตภาคใต้ สงขลา
ปริญญาตรี	สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	คุณไม่ทำผมทำเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้