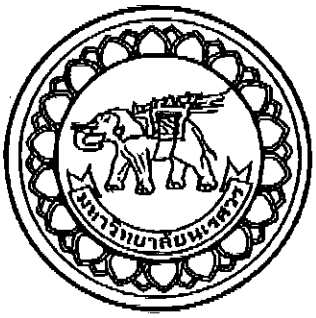


การบีบอัดข้อมูลภาพโดยวิธีเจเปกดิสครีสโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม

IMAGE COMPRESSION USING JPEG DISCRETE COSINE TRANSFORM

นายธนภัทร เอี่ยมตาล รหัส 46363230

นางสาวพรทิพย์ พันดี รหัส 46361705

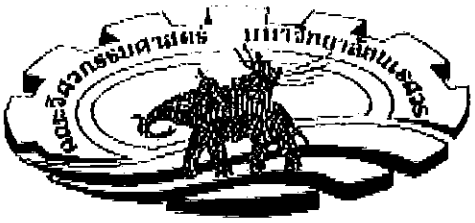
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 / W.A. 2553 /
เลขทะเบียน 150099 ก1
เลขเรียกหนังสือ วิ. ว1392 ก
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549



ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	**การบีบอัดข้อมูลภาพโดยวิธีเจเปกดิสครีสโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม**		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธนภัทร	เอี่ยมตาล	รหัส 46363230
	นางสาวพรทิพย์	พันดี	รหัส 46361705
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

.....กรรมการ

(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงงาน	การบีบอัดข้อมูลภาพโดยวิธีเจเปกดิสครีสโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธนภัทร เอี่ยมตาล รหัส 46363230
	นางสาวพรทิพย์ พันดี รหัส 46361705
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมแมทแล็ปสำหรับการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้วิธีแบบเจเปกดิสครีสโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม (JPEG DCT) โดยนำข้อมูลภาพผ่านกระบวนการแบ่งเป็นบล็อก แต่ละบล็อกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 8×8 พิกเซล จากนั้นนำภาพแต่ละบล็อกมาแปลงรูปดีซีทีทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ดีซีที ต่อมาปรับค่าสัมประสิทธิ์ดีซีทีที่ได้ให้มีขนาดลดลงด้วยวิธีควอนไทซ์ พร้อมกับนำค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้มาเรียงแบบซิกแซกและทำการเข้ารหัสฮัฟแมนสำหรับเขียนข้อมูลในรูปแบบไฟล์นามสกุล JPEG

จากผลการทดลอง เมื่อนำภาพต้นแบบมาผ่านกระบวนการบีบอัด โดยกำหนดค่าควอนไตซ์แฟกเตอร์สามค่า คือ 0, 50 และ 100 พบว่าค่าควอนไตซ์แฟกเตอร์มีผลต่อคุณภาพของข้อมูลภาพที่ได้ถูกบีบอัด เมื่อเพิ่มค่าควอนไตน์แฟกเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการบีบอัดข้อมูลสูงขึ้น ในขณะที่ค่า SNR และ PSNR มีค่าลดลง ส่งผลให้คุณภาพของภาพที่ได้ลดลง

Project Title	Image Compression Using JPEG Discrete Cosine Transform		
Name	Mr. Thanapat	Iamtan	ID. 46363230
	Miss Porntip	Pandee	ID. 46362705
Project Advisor	Assistant Professor Dr. Suchart Yammen, PhD		
Major	Electrical Engineering.		
Department	Electrical and Computer Engineering.		
Academic Year	2006		

.....

Abstract

This project is to study and to develop a MATLAB® program for image compression using JPEG Discrete Cosine Transform (or DCT). Basically, the image is divided into squared blocks of size 8 pixels by 8 pixels, each of which is transformed by using the DCT method to obtain the DCT coefficients. Since the coefficients in each block may be considerably large, the quantization method is applied to reduce the value of coefficients. Then the block of these new coefficients is reordered in the Zigzag pattern and encoded with Huffman coding in order to store the data in the JPEG format.

The program is tested by passing the image through the compression process with three different values of the quantize factor: 0, 50 and 100. The experimental result shows that the quantize factor directly affects the quality of the compressed image, as evidenced by the value of the SNR and PSNR. When the quantize factor increases, the compression ratio does also increase, whilst the SNR and PSNR are decreasing. Consequently, the quality of the compressed image is deteriorated.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร.สุชาติ แย้มเม่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณมาเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และ ดร.ชัยรัตน์ พินทอง ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการคุมสอบโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธนิต มาลากร และขอขอบคุณ นายพิสิษฐ์ นาคใจ นิสิตสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยสละเวลาให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม และให้ความช่วยเหลือรวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวมาใน ณ ที่นี้

นายธนภัทร เอี่ยมตาล

นางสาวพรทิพย์ พันดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขต 2

1.4 แผนการดำเนินการ 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 งบประมาณ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ 3

2.2 หลักการบีบอัดภาพทั่วไป 4

2.2.1 การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย (Lossless Compression) 4

2.2.2 การบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสียข้อมูล (Lossy Compression) 4

2.3 กระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพทั่วไป 4

2.4 มาตรฐานการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ JPEG 5

2.4.1 การบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ JPEG 5

2.4.2 จุดเด่นของมาตรฐาน JPEG 5

2.5 ขั้นตอนการบีบอัดภาพ JPEG 6

2.6 การแปลง DCT (Discrete Cosine Transform) 7

2.6.1 การแปลง DCT 1 มิติ 7

2.6.2 การแปลง DCT 2 มิติ 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 การควอนไตซ์สัมประสิทธิ์ DCT 11
2.8 การสแกนแบบซิกแซก 12
2.9 การเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman encoding) 13
2.10 การคำนวณหาค่า Signal to Noise Ratio และ Peak Signal to Noise Ratio 14

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน
3.1 การบีบอัดข้อมูลภาพ JPEG 17
3.1.1 การแบ่งภาพเป็นแบบ MCU (Minimum Coded Unit) 17
3.1.2 การแปลงบล็อกข้อมูลด้วยวิธี DCT 17
3.1.3 การควอนไตเซชั่น (Quantization) 20
3.1.4 การเข้ารหัสเอนโทรปี 20
3.1.5 การเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman encoding) 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 การบีบอัดข้อมูลที่กำหนดค่า Quantize Factor ที่ค่าต่างๆกัน 33

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง 41
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 41

เอกสารอ้างอิง 42
ประวัติผู้เขียนโครงงาน 43

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 ตารางปฏิบัติงาน 2
2.1 น้ำหนักสัมประสิทธิ์ DCT 1 มิติ 9
2.2 ตารางการทำควอนไทซ์ของมาตรฐาน JPEG 12
3.1 ตารางการจัดกลุ่มองค์ประกอบกระแสตรงและกระแสสลับ 22
3.2 ตารางการเข้ารหัสฮัฟแมนสำหรับองค์ประกอบกระแสตรง 23
3.3 ตารางการเข้ารหัสฮัฟแมนสำหรับองค์ประกอบกระแสสลับ 24
4.1 ผลการทดลอง 40

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เวกเตอร์ DCT พื้นฐาน 10

2.2 ตัวอย่างการเข้ารหัสฮัฟแมน 14

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 16

3.2 สัมประสิทธิ์ความถี่ขนาด 8x8 หลังผ่านการแปลง DCT 18

3.3 การสแกนแบบซิกแซกของเมทริกซ์ขนาด 8x8 21

4.1 รูป Cake ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 33

4.2 รูป Tiger ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 34

4.3 รูป Butterfly ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 35

4.4 รูป Flower ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 36

4.5 รูป Rose ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 37

4.6 รูป Baboon ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 38

4.7 รูป Lena ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ทุกวันนี้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยมีการประยุกต์การใช้งานในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการสื่อสารข้อมูล และการใช้บันทึกข้อมูล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลส่วนหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์นี้จะเป็นข้อมูลภาพ เนื่องจากข้อมูลภาพนี้จะสามารถสื่อความหมายได้ดี แต่การใช้งานของข้อมูลภาพจะมีข้อเสียคือ ปริมาณของข้อมูลที่มีจำนวนมากซึ่งจะเป็นอุปสรรคทำให้การสื่อสารข้อมูลเป็นไปได้ช้า และสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บมาก

ดังนั้นขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะเพิ่มความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ที่มีอยู่ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเพิ่มความสามารถของอุปกรณ์ได้เป็นอันมาก ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งข้อมูลภาพทางไกล ถ้าเราสามารถลดขนาดของข้อมูลภาพลงได้ 20 เท่า ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปจะลดลง 20 เท่าด้วยและในกรณีของการเก็บบันทึกข้อมูลภาพก็เช่นเดียวกัน

ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพขาวดำ ขนาด 256×256 พิกเซล ซึ่งเป็นจำนวนของข้อมูลทั้งสิ้น 65,536 ไบต์ ถ้าส่งข้อมูลนี้ด้วยอัตรา 9,800 บิตต่อวินาที จะต้องใช้เวลาเท่ากับ (65,536×8)/9,800 เท่ากับ 53.499 วินาที ซึ่งค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ ดังนั้นถ้าเราลดปริมาณข้อมูลที่เป็นตัวแทนภาพนี้ให้มีขนาดลดลง เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลก็จะลดลงด้วย หรือในทางกลับกันในเวลาที่เท่าเดิมจะสามารถส่งข้อมูลภาพไปได้มากขึ้น ค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูลภาพจึงลดลง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการของขบวนการบีบอัดข้อมูลภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนของการประมวลผลต่างๆ ให้เข้าใจ
2. เพื่อที่จะนำขบวนการที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้ในระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้เพื่อจะเป็นการประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บหรือบันทึกข้อมูล
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาขบวนการบีบอัดของข้อมูลภาพให้กับผู้ที่สนใจได้ศึกษาต่อไป

1.3 ขอบเขต

1. ศึกษามาตรฐานการบีบอัดข้อมูลภาพชนิด JPEG Discrete Cosine Transform
2. ใช้โปรแกรม MATLAB® ในการบีบอัดข้อมูลภาพ
3. เปรียบเทียบภาพที่ได้จากขบวนการบีบอัดข้อมูลกับภาพต้นแบบ

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางปฏิบัติงาน

การดำเนินงาน	มิ.ย. 49	ก.ค. 49	ส.ค. 49	ก.ย. 49	ต.ค. 49	พ.ย. 49	ธ.ค. 49	ม.ค. 50	ก.พ. 50	มี.ค. 50	เม.ย. 50
ศึกษาข้อมูล	←	→									
ศึกษาโปรแกรม			←	→							
เขียนโปรแกรม					←	→					
ทดสอบโปรแกรม							←	→	→		
ทำรายงาน										←	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการการบีบอัดภาพโดยทั่วไป
2. เข้าวิธีการบีบอัดภาพนิ่งแบบ JPEG Discrete Cosine Transform
3. เป็นความรู้พื้นฐานสำหรับผู้ที่มีความสนใจในเรื่องการบีบอัดข้อมูลภาพ
4. สามารถนำความรู้ที่ได้นำไปพัฒนาในการบีบอัดข้อมูลแบบวิดีโอได้ต่อไป

1.6 งบประมาณ

1. ค่าหนังสือและเอกสารประกอบการทำโครงงาน	เป็นจำนวน	850	บาท
2. ค่าจ้างถ่ายเอกสาร	เป็นจำนวน	500	บาท
3. ค่าจ้างเข้าเล่ม	เป็นจำนวน	300	บาท
4. ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	เป็นจำนวน	350	บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2000	บาท

(สองพันบาทถ้วน)

(หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในปัจจุบันการส่งสัญญาณข้อมูลภาพผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับความนิยมอย่างมากนับตั้งแต่ที่ผู้ผลิตเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ ด้วยเหตุนี้จึงมีการบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพ (Image compression) เนื่องจากช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายมีข้อจำกัดในเรื่องแบนด์วิดท์สำหรับการส่งข้อมูล ฉะนั้นเทคนิคการบีบอัดสัญญาณภาพที่มีประสิทธิภาพจะสามารถช่วยลดขนาดแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณในการรับส่งได้ทำให้ระบบสามารถรองรับปริมาณการใช้งานได้เพิ่มมากขึ้น

เนื่องจากกรรมวิธีการบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพมีคุณลักษณะที่แตกต่างจากการบีบอัดสัญญาณข้อมูลไบนารี ดังนั้นการนำเทคนิคบีบอัดข้อมูลไบนารีมาใช้งานโดยตรงสำหรับการบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพจึงให้ผลที่ไม่ดีนัก เพราะสัญญาณข้อมูลภาพมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถนำมาใช้ประกอบการบีบอัดได้ ประเด็นที่น่าสนใจประการหนึ่งคือ การบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพจะใช้เทคนิคที่เรียกว่า เทคนิคการบีบอัดที่มีการสูญเสีย (Lossy compression techniques) เนื่องจากการบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพสามารถยอมให้เกิดการสูญเสียข่าวสารบางส่วนได้แต่ภาพที่ได้จากการบีบอัดยังมีคุณภาพอยู่ในระดับที่ดีและยอมรับได้ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีการบีบอัดที่ใช้กับไฟล์ข้อมูลไบนารี

นอกจากการส่งสัญญาณข้อมูลภาพผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว การบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพยังมีบทบาทสำคัญในการใช้งานด้านคอมพิวเตอร์มัลติมิเดีย (Computer Multimedia) การประชุมด้วยภาพระยะไกล (Televideo conferencing) การควบคุมทางไกล (Remote sensing) ภาพถ่ายทางการแพทย์ (Medical Image) การส่งโทรสาร (Facsimile) และอื่นๆอีกมากที่ต้องใช้ความสามารถในการจัดการ จัดเก็บ และการส่งสัญญาณข้อมูลภาพ ดังนั้นขบวนการลดขนาดข้อมูลภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการลดขนาดเนื้อที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและลดเวลาในการโหลดข้อมูล

2.2 หลักการบีบอัดข้อมูลภาพทั่วไป

การบีบอัดภาพ คือ การลดจำนวนของข้อมูลสัญญาณภาพ โดยนำข้อมูลส่วนที่มีความสำคัญน้อยออกไป การบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย (Lossless Compression)

เป็นการบีบอัดที่ข้อมูลไม่มีการสูญเสียเลย ภาพที่ถูกบีบอัดจะทำการบีบอัดและขยายภาพคืนแบบพิกเซลต่อพิกเซลเหมือนภาพต้นแบบ ไฟล์ภาพที่ได้จะมีความละเอียดสูง แต่จะมีขนาดใหญ่ทำให้เปลืองหน่วยความจำ วิธีนี้นิยมใช้กับไฟล์นามสกุล BMP, PNG, TIF

วิธีการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย คือ นำข้อมูลสัญญาณภาพต้นแบบมาเข้ากระบวนการเข้ารหัส โดยการผ่านการแปลงข้อมูล และการเข้ารหัสเอนโทรปีจะได้ภาพที่ถูกบีบอัด

2.2.2 การบีบอัดข้อมูลแบบสูญเสียข้อมูล (Lossy Compression)

เป็นการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพในลักษณะที่มีการตัดทอนข้อมูลบางส่วนออกไป เพื่อให้ไฟล์ภาพมีขนาดเล็กลง แต่จะทำให้มีการสูญเสียข้อมูลบางอย่างไปและไม่สามารถเรียกกลับคืนได้ การบีบอัดแบบสูญเสียข้อมูลนิยมใช้กับไฟล์นามสกุล JPG

การบีบอัดข้อมูลแบบสูญเสียข้อมูล มีขั้นตอนคือ นำข้อมูลสัญญาณภาพต้นแบบมาเข้ากระบวนการบีบอัดสัญญาณข้อมูลภาพ โดยผ่านการแปลงข้อมูลและผ่านการควอนไทเซชั่นและเข้ารหัสเอนโทรปี จะได้ภาพที่ถูกบีบอัด

2.3 กระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพทั่วไป

กระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ จะแยกเป็นสองส่วนคือ ขั้นตอนของขบวนการเข้ารหัส (Encoder) และขั้นตอนการถอดรหัส (Decoder) ข้อมูลสัญญาณภาพต้นแบบ จะผ่านขบวนการของการเข้ารหัสซึ่งจะได้รหัสแทนข้อมูลนี้ที่มีจำนวนลดลง หลังจากรหัสแทนข้อมูลนี้ผ่านตัวกลางมายังภาคการถอดรหัสที่จะทำการสร้างภาพผลลัพธ์กลับออกมา เพื่อนำไปใช้งานต่อไป โดยทั่วไปมีกระบวนการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพสามารถแยกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1. การแปลงข้อมูล (Transformation) คือ การกระทำข้อมูลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ใดๆ แล้วทำให้ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป มีทั้งการแปลงไปข้างหน้า (Forward transform) และการแปลงย้อนกลับ (Inverse transform) สมการการแปลงได้แก่ การแปลง DFT (Discrete Fourier Transform) และการแปลง DCT (Discrete Cosine Transform)

2. การควอนไทเซชั่น (Quantization) คือ การลดความแม่นยำของข้อมูล เพื่อทำให้ข้อมูลน้อยลงง่ายต่อการเข้ารหัสและถอดรหัส ในการควอนไทเซชั่นนี้จะทำให้ข้อมูลหายไปไม่สามารถเรียกกลับคืนได้

3. การทำจำนวนของบิตให้น้อยลง (Minimization of number of bits) หรือการเข้ารหัสซึ่งการเข้ารหัสมีหลายวิธี ได้แก่ การเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman coding) การเข้ารหัสอะริธเมติก (Arithmetic coding) การเข้ารหัสเลมเปล (LZW coding หรือ Lempel-Ziv-Welch) เป็นต้น

2.4 มาตรฐานการบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ JPEG

ข้อมูลสัญญาณภาพชนิด JPEG (Joint Photographic Experts Group) ซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการของผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกที่สนับสนุนร่วมกันโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) และคณะกรรมการที่ปรึกษาระหว่างประเทศเกี่ยวกับโทรเลขและโทรศัพท์ (CCITT) ในการพัฒนามาตรฐาน JPEG เป็นแนวคิดอันดีสำหรับภาพที่มีความซับซ้อน ซึ่งรวมถึงภาพถ่ายภาพศิลปะ และภาพวาด JPEG ใช้การบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพแบบมีการสูญเสียข้อมูลเข้าช่วย โดยอาศัยหลักการการมองเห็นของมนุษย์ที่ว่าการเปลี่ยนแปลงของสีเพียงเล็กน้อยจะสังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของแสง นอกจากนี้การบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ JPEG จะไม่สามารถสังเกตเห็นขอบบล็อกหรือสัญญาณรบกวนได้ ถ้าไม่ใช้อัตราส่วนการบีบอัดที่สูง

2.4.1 การบีบอัดข้อมูลสัญญาณภาพ JPEG แบ่งออกเป็น 3 ระบบได้แก่

1. Baseline Coding System เป็นระบบการแปลงโดยใช้ DCT ยอมสูญเสียข้อมูลบางส่วน ไปมักถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Sequential Baseline System

2. Extended Coding System สำหรับภาพที่ต้องการการบีบอัดที่ดีกว่า มีความแม่นยำสูงกว่า Baseline Coding System ทำให้ได้ภาพที่มีความละเอียดสูงกว่า Baseline Coding System

3. Independent Coding System การบีบอัดที่สามารถย้อนกลับไปเป็นภาพต้นแบบได้โดยไม่มีการสูญเสียข้อมูล

2.4.2 จุดเด่นของมาตรฐาน JPEG

เนื่องมาจากมาตรฐาน JPEG นั้น ได้มีการพัฒนามาตรฐานการบีบอัดภาพของ JPEG ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิม โดยมาตรฐาน JPEG นั้นมีความสามารถเหนือกว่ามาตรฐานอื่นๆ ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. มีสมรรถนะในการบีบอัดภาพที่อัตราบิตต่ำ (Superior Low Bit Rate Performance) โดยภาพที่ผ่านการบีบอัดแบบ JPEG ที่อัตราบิตต่ำ(จำนวนบิตข้อมูลเฉลี่ยต่อ 1 จุดภาพ)มีประสิทธิภาพในการบีบอัด

2. เป็นการบีบอัดแบบที่มีความสูญเสียเล็กน้อย (Lossy Compression)

3. มีรูปแบบการส่งข้อมูลแบบก้าวไปข้างหน้า (Progressive Transmission) ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมอย่างมากในการรับข้อมูลภาพบนช่องสัญญาณที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ต่ำ (Slow Communication Link) การส่งแบบนี้ทำให้สามารถสร้างคืนภาพโดยมีความถูกต้องของจุดภาพและความละเอียดของภาพสูงขึ้นเรื่อยๆได้ ส่งผลให้สามารถสร้างคืนภาพได้ที่ความถูกต้องและความละเอียดตามที่ต้องการ หรือเลือกให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ได้

4. ความทนทานต่อการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลระดับบิตในช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน ได้แก่ การส่งไร้สายและอินเทอร์เน็ต เนื่องจากบางส่วนของรหัสอาจจะมีความสำคัญมากกว่าบริเวณอื่น จึงมีการออกแบบรหัสให้สามารถแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลได้

5. ด้านความปลอดภัย JPEG รองรับการรักษาความปลอดภัยและลิขสิทธิ์ในรูปแบบของการเข้ารหัสภาพ

6. การปรับปรุงวิธีการบีบอัดภาพให้ดีขึ้นเพื่อรองรับภาพที่มีรายละเอียดและความละเอียดของภาพมากขึ้น

2.5 ขั้นตอนการบีบอัดภาพแบบ JPEG

JPEG จะแบ่งภาพออกเป็นบล็อกตัวอย่างขนาด 8×8 จุดภาพ แต่ละบล็อก จะถูกกระทำด้วยกระบวนการ DCT แบบ 8×8 ในการทำควอนไทซ์ JPEG จะให้กำหนดตารางควอนไทซ์ (Quantization Matrix) ที่แตกต่างกัน การใช้ตารางควอนไทซ์จะทำให้แต่ละช่องความถี่ถูกควอนไทซ์มีขนาดช่วงที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปส่วนประกอบของความถี่ต่ำจะถูกควอนไทซ์ ให้มีขนาดช่องแคบกว่าส่วนประกอบของความถี่สูง สิ่งนี้ทำให้ได้ประโยชน์จากความจริงที่ว่าสายตาของมนุษย์จะมีความไวต่ำต่อการรบกวนความถี่สูง แต่จะมีความไวสูงกว่าต่อการรบกวนความถี่ต่ำ การรบกวนเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นเป็นข้อบกพร่องที่เป็นบล็อกสี่เหลี่ยม การปรับปรุงตารางควอนไทซ์ คือ วิธีการแรกที่จะควบคุมคุณภาพและอัตราการบีบอัดของ JPEG ได้ ถึงแม้ว่าขนาดช่วงของส่วนประกอบของความถี่หนึ่ง ๆ สามารถแก้ไขได้อย่างอิสระแต่เทคนิคที่ใช้ทั่วไปจะนิยมปรับขนาดขององค์ประกอบทุกตัวในตารางไปพร้อมกัน

ขั้นตอนสุดท้ายของการบีบอัดคือการทำซิกแซกสแกน (Zigzag Scan) และการเข้ารหัสเอนโทรปี (Entropy Encoding) ถึงแม้ว่า JPEG จะอนุญาตให้ใช้ตัวเข้ารหัสเอนโทรปีที่แตกต่างกันสองแบบได้ แต่การใช้งานจริงเกือบทั้งหมดจะเลือกแบบการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน JPEG มาตรฐานจะให้ผู้ใช้กำหนดตารางรหัสฮัฟแมนเองได้ ในการถอดรหัสภาพ JPEG แต่ละการทำงานจะถูกกระทำในลักษณะย้อนกลับ

2.6 การแปลง DCT (Discrete Cosine Transform)

2.6.1 การแปลง DCT 1 มิติ

DCT เป็นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณองค์ประกอบความถี่ของสัญญาณตัวอย่างที่อัตราการแซมปลิ้ง DCT จะเป็นประโยชน์กับข้อมูลที่เป็นเลขที่มีการจำกัดเขตข้อมูล DCT 1 มิติจะทำการแปลงอาร์เรย์ของขนาดของสัญญาณที่ระยะทางใดๆไปเป็นอาร์เรย์ของขนาดขององค์ประกอบความถี่ของสัญญาณเริ่มต้น อาร์เรย์ผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาดเท่ากับอาร์เรย์เริ่มต้น อาร์เรย์ผลลัพธ์ตัวแรกจะถูกเรียกว่า สัมประสิทธิ์ DC (DC Coefficient) อาร์เรย์ผลลัพธ์ที่เหลือเรียกว่า สัมประสิทธิ์ AC (AC Coefficient) ความถี่ประกอบด้วยชุดของตัวอย่างที่แต่ละความถี่ถูกคำนวณโดยนำค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชุดทั้งหมด ค่าน้ำหนักแต่ละอินพุตคำนวณได้จากการคูณอาร์เรย์อินเด็กซ์ปัจจุบันด้วยไพ และอินเด็กซ์ของตัวอย่างอินพุตจะได้อนุกรมของค่าสัมประสิทธิ์เป็นโคซายน์เวฟที่ซึ่งความถี่เป็นสัดส่วนกับอาร์เรย์อินเด็กซ์ ค่าน้ำหนักสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 1 เท่านั้น

ความสัมพันธ์ของค่าน้ำหนักสัมประสิทธิ์ DCT 1 มิติ จะมี 8 อาร์เรย์ตัวอย่างมีความถี่สูงสุดที่ 3.5 ไซเคิล ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้สำหรับการคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบความถี่ ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Coeff(k,m) = C(k)\cos\left[\frac{(2m+1)k\pi}{2N}\right] \tag{2.1}$$

โดยที่กำหนดให้

$C(k) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ เมื่อ $k = 0$

$C(k) = 1$ เมื่อ $k \neq 0$

k คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ผลลัพธ์

m คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ตัวอย่าง

N คือ ขนาดอาร์เรย์ตัวอย่าง

จากสมการสามารถกล่าวได้ว่า เมื่ออินเด็กซ์อาร์เรย์ผลลัพธ์เป็น 0 ตัวเลขในเศษส่วนจะเป็น 0 ค่าโคซายน์ของ 0 คือ 1 ดังนั้นขนาดของแฟกเตอร์จะเหมือนกันทั้งหมดในกรณีนี้ขยายสมการหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยดังสมการ 2.2 ซึ่งมีขนาดอาร์เรย์ตัวอย่างเท่ากับ N

$$X(k) = \sqrt{\frac{2}{N}}C(k)\sum_{m=0}^{N-1} x(m)\cos\left[\frac{(2m+1)k\pi}{2N}\right] \tag{2.2}$$

โดยที่กำหนดให้

$C(k) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ เมื่อ $k = 0$

$C(k) = 1$ เมื่อ $k \neq 0$

X() คือ อาร์เรย์ผลลัพธ์

x() คือ อาร์เรย์ตัวอย่าง

N คือ ขนาดอาร์เรย์

k คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ผลลัพธ์

m คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ตัวอย่าง

DCT ได้ถูกคำนวณไว้เป็นเมตริกสัมประสิทธิ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 สามารถคำนวณครั้งเดียวแล้วได้ค่าทั้งหมด ชุดตัวอย่างที่จะแปลงให้อยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ความถี่ สามารถเลือกควอนไทซ์เพื่อลดขนาดของชุดข้อมูลและรักษาข้อมูลส่วนสำคัญ ถ้าสัมประสิทธิ์ความถี่ถูกควอนไทซ์ ข้อมูลเริ่มต้นจะไม่สามารถเก็บได้สมบูรณ์ จะอยู่ในรูปของผลรวมของสัมประสิทธิ์ความถี่และน้ำหนักสัมประสิทธิ์ สำหรับสมการการแปลงกลับของชุดตัวอย่างคือ IDCT สำหรับ DCT 1 มิติ ดังแสดงในสมการ 2.3

$$x(m) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)C(k)\cos\left[\frac{(2m+1)k\pi}{2N}\right] \qquad (2.3)$$

โดยที่กำหนดให้

$C(k) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ เมื่อ $k = 0$

$C(k) = 1$ เมื่อ $k \neq 0$

$X(\,)$ คือ อาร์เรย์ผลลัพธ์

$x(\,)$ คือ อาร์เรย์ตัวอย่าง

N คือ ขนาดอาร์เรย์

k คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ผลลัพธ์

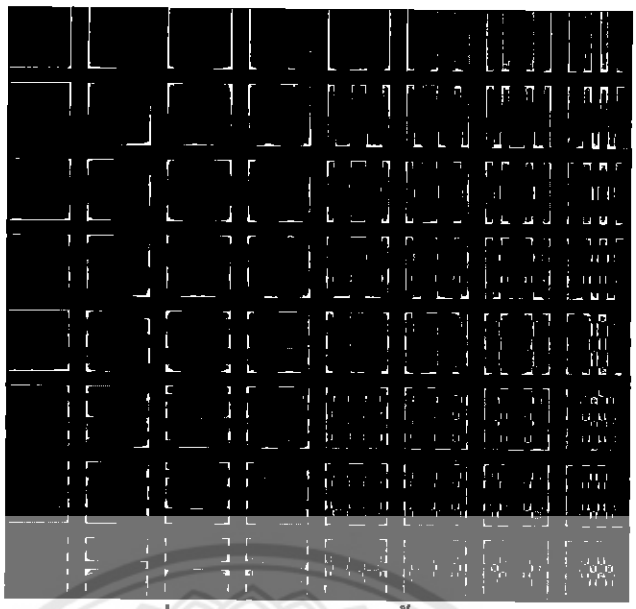
m คือ อินเด็กซ์อาร์เรย์ตัวอย่าง

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักสัมประสิทธิ์ DCT 1 มิติ [4]

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	+0.707	+0.707	+0.707	+0.707	+0.707	+0.707	+0.707	+0.707
1	+0.981	+0.831	+0.556	+0.195	-0.195	-0.556	-0.831	-0.981
2	+0.924	+0.383	-0.383	-0.924	-0.924	-0.383	+0.383	+0.924
3	+0.831	-0.195	-0.981	-0.556	+0.556	+0.981	+0.195	-0.831
4	+0.707	-0.707	-0.707	+0.707	+0.707	-0.707	-0.707	+0.707
5	+0.556	-0.981	+0.195	+0.831	-0.831	-0.195	+0.981	-0.556
6	+0.383	-0.924	+0.924	-0.383	-0.383	+0.924	-0.924	+0.383
7	+0.195	-0.556	+0.831	-0.981	+0.981	-0.831	+0.556	-0.195

2.6.2 การแปลง DCT 2 มิติ

เมื่อเรารู้หลักการของ DCT 1 มิติ แล้วเราก็จะสามารถพิจารณา DCT 2 มิติได้ ชุดข้อมูลจะเป็นอาร์เรย์ของพิกเซล เมื่อพิจารณาอาร์เรย์ 2 มิติของพิกเซลขนาด 8×8 จะสามารถแบ่งเป็น 8 แถว หรือ 8 หลัก ซึ่งแต่ละแถวหรือหลักมี 8 พิกเซล เมื่อแปลง DCT 1 มิติ ของแต่ละแถวจะได้ผลลัพธ์จะเป็น 8 แถวของสัมประสิทธิ์ DCT ถ้าทั้ง 8 แถวของสัมประสิทธิ์ความถี่ถูกเรียงเป็น 8 คอลัมน์ คอลัมน์แรกจะเก็บค่าสัมประสิทธิ์ DC คอลัมน์ที่สองจะเก็บค่าแรกของสัมประสิทธิ์ AC จากแต่ละแถว ซึ่งยังไม่สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของหลักได้ ดังนั้น DCT 1 มิติ สามารถนำมาใช้อีกครั้งเป็นคอลัมน์ แต่ละส่วนของผลลัพธ์อาร์เรย์ 2 มิติขององค์ประกอบความถี่จะถูกแสดงเป็นองค์ประกอบความถี่ 2 มิติ ส่วนมุมบนขวาสุดคือ สัมประสิทธิ์ DC สำหรับแต่ละสัมประสิทธิ์ความถี่ เมื่อใช้ IDCT 2 มิติจะได้รูปแบบที่แตกต่างของพื้นที่สว่างและพื้นที่มืด พร้อมกับสัดส่วนความเข้มแสงถูกนิยามโดยขนาดของสัมประสิทธิ์ ดังรูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบสัมประสิทธิ์ความถี่ในผลลัพธ์ DCT ขนาด 8×8 พิกเซล บล็อกบนขวาสุดเป็นสีเทาแสดงค่าเฉลี่ยสำหรับบล็อกขนาด 8×8 พิกเซล บล็อกล่างสุดด้านขวาดูคล้ายกระดานหมากรุกเพราะแสดงค่าองค์ประกอบความถี่สูงสุดในแนวตั้งและแนวนอน บล็อกบนสุดด้านขวาและล่างสุดด้านซ้ายแสดงแถบแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ เพราะแสดงความถี่สูงสุดในแนวตั้งและความถี่ที่เป็น 0 ในแนวนอน สำหรับการแปลง DCT 2 มิติ แสดงในสมการที่ 2.4



รูปที่ 2.1 เวกเตอร์ DCT พื้นฐาน [5]

จากรูปแสดงค่าของพิกเซลสำหรับบล็อกขนาด 8×8 รูปแบบต่างๆที่ใช้เป็นเวกเตอร์พื้นฐานของการแปลง DCT สำหรับแต่ละองค์ประกอบความถี่ ค่าการแปลง DCT ที่ได้จะมีองค์ประกอบกระแสสลับทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยหากยิ่งค่าของสีทั้งสองแนวมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเท่าใด ค่าของการแปลง DCT ที่ได้จะประกอบด้วยค่าองค์ประกอบกระแสสลับที่ความถี่ที่สูงขึ้น

Forward DCT

$$F[u,v]=\frac{1}{N}C_uC_v\sum_{m=0}^{N-1}\sum_{n=0}^{N-1}f[m,n]\cos\left[\frac{(2m+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right] \qquad (2.4)$$

Inverse DCT

$$f(m,n)=\sum_{U=0}^{N-1}\sum_{V=0}^{N-1}C_uC_vF[u,v]\cos\left[\frac{(2m+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right] \qquad (2.5)$$

โดยที่กำหนดให้

C_u และ C_v = 1 เมื่อ u,v = 0,0 (องค์ประกอบ DC)

C_u และ C_v = 2 เมื่อ $u,v \neq 0,0$

$F[u,v]$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT

$f(m,n)$ คือ ค่าระดับสีในพิกเซล

จากสมการเป็นการแสดงผลรวมในรูปโคซายน์สำหรับแนวตั้งและแนวนอนสำหรับแต่ละส่วนในอาร์เรย์ผลลัพธ์ สมการเป็นการรวมกันของสมการ DCT 2 มิติในแนวตั้งและแนวนอน

ข้อดีของ DCT คือสามารถเลือกการควอนไทซ์ได้หลายองค์ประกอบความถี่ เพื่อใช้คำนวณลดค่าความสำคัญของข้อมูล ข้อเสียคือหลังจากการสร้างขึ้นใหม่จะมองเห็นขอบบล็อกของพิกเซล ในทางปฏิบัติระดับของการควอนไทซ์สามารถใช้ได้หลายองค์ประกอบความถี่ สำหรับภาพสีจะทำการควอนไทซ์องค์ประกอบสีมากกว่าองค์ประกอบแสง ในการคำนวณ DCT สำหรับบล็อกภาพจะใช้ตัวเลขตัวเลขจำนวนเต็มมากกว่าทศนิยมเพราะเลขทศนิยมใช้การคำนวณมาก

2.7 การควอนไตซ์สัมประสิทธิ์ DCT

การควอนไทเซชั่นเป็นการลดค่าของข้อมูลภายในบล็อกข้อมูลของสัมประสิทธิ์ DCT เพื่อที่จะลดจำนวนบิตที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเหล่านี้ในขั้นตอนการเข้ารหัสต่อไป และจากการที่ภาพส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของข้อมูลสีอยู่ในช่วงความถี่ต่ำๆ JPEG จึงให้ความสำคัญต่อข้อมูลในช่วงความถี่ต่ำมากกว่าข้อมูลในช่วงความถี่สูง ดังนั้นการควอนไทเซชั่นคือความพยายามในการลดความสำคัญของข้อมูลในช่วงความถี่สูง โดยพยายามทำให้ค่าเป็นศูนย์มากที่สุด โดยใช้บล็อกข้อมูลของควอนไทเซอร์ (Quantizer) 8×8 ค่า หารด้วยบล็อกข้อมูลสัมประสิทธิ์ DCT 8×8 ค่าดังสมการต่อไปนี้

$$\hat{T}(u,v) = round\left[\frac{T(u,v)}{Q(u,v)}\right] \tag{2.6}$$

เมื่อ $T(u,v)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT

$\hat{T}(u,v)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT เมื่อถูกควอนไทซ์

$Q(u,v)$ คือ ค่าควอนไทเซอร์

round คือ การหาจำนวนเต็มที่มีค่าใกล้เคียงที่สุด

โดยที่ $0 \le u \le 7, 0 \le v \le 7$

การกำหนดระดับความละเอียดของสัมประสิทธิ์แต่ละตัวจึงต้องมีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน โดยการคำนึงถึงคุณภาพของภาพที่ได้ สำหรับมาตรฐาน JPEG ได้กำหนดตารางการทำควอนไทซ์ที่ตายตัว ดังแสดงในตารางที่ 2.2 สังเกตว่าตัวเลขที่อยู่ทางมุมบนด้านซ้ายของตารางจะมีขนาดเล็กที่สุด นั่นคือจะได้ความละเอียดสูง ในบริเวณนี้จะใช้กับสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบสัญญาณความถี่ต่ำ และตัวเลขจะมีขนาดเพิ่มขึ้นในทิศทางจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง ซึ่งเป็นการเข้าสู่บริเวณที่มีองค์ประกอบความถี่สูงมากขึ้น ในการออกแบบโปรแกรมได้ออกแบบโปรแกรมให้สามารถเปลี่ยนค่า $Q(u,v)$ ภายในตารางการทำควอนไทซ์ของมาตรฐาน JPEG ได้หลายระดับ ด้วยการนำค่าของ Quantization Factor มาเพิ่มให้กับควอนไทเซอร์ทั้ง 64 ตัว ภายในตารางการทำควอน

ไทซ์ของมาตรฐาน JPEG โดยรับค่าจากโปรแกรม จะได้สมการควอนไทเซชั่นที่ใช้ในโปรแกรม ดังสมการที่ 2.6

$$\hat{T}(u,v) = round\left[\frac{T(u,v)}{Q(u,v)+Q.F.}\right] \tag{2.7}$$

เมื่อ $Q.F.$ คือ ค่า Quantization Factor มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100

ตารางที่ 2.2 ตารางการทำควอนไทซ์ของมาตรฐาน JPEG [8]

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

2.8 การสแกนแบบซิกแซก

บล็อกสัมประสิทธิ์ DCT ที่คำนวณได้ขนาด 8×8 ทั้ง 64 ค่าในขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาเข้ารหัสเอนโทรปี โดยเริ่มจากการจัดเรียงข้อมูลภายในเมทริกซ์ให้อยู่ในลำดับที่เหมาะสมก่อนกรรมวิธีการจัดเรียงที่เลือกใช้คือ การสแกนแบบซิกแซก (Zig-zag scan) ซึ่งการทำซิกแซกสแกนนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าเมทริกซ์ 2 มิติ ให้เป็นเวกเตอร์ 1 มิติ นั่นคือเปลี่ยนค่าจากเมทริกซ์ขนาด 8×8 ไปเป็นเวกเตอร์ขนาด 1×64 โดยสัมประสิทธิ์ค่าแรกที่อ่านออกคือ องค์ประกอบกระแสตรง แล้วตามด้วยค่าองค์ประกอบกระแสสลับตัวแรก (AC_1) ซึ่งอยู่บนด้านซ้ายของบล็อก จากนั้นจะอ่านค่าองค์ประกอบกระแสสลับตัวที่สอง(AC_2) แล้วตามด้วยองค์ประกอบกระแสสลับที่ความถี่สูงขึ้นเรื่อยๆ ตามเส้นที่แสดงในรูปที่ 3.4 และค่าท้ายสุดคือ AC_{63} เหตุผลที่ทำการเรียงข้อมูลแบบนี้เพื่อที่ต้องการรวมค่าข้อมูลที่เป็น 0 ให้อยู่ติดๆกัน เพื่อจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำการบีบอัดข้อมูล

2.9 การเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman encoding)

การเข้ารหัสฮัฟแมน เป็นการนำเอนโทรปีมาคิดเชิงสถิติ โดยจะใช้ความยาวของรหัสแทนข้อมูลภาพใช้รหัสที่สั้นที่สุดแทนข้อมูลที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดและใช้รหัสที่ยาวที่สุดแทนข้อมูลที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลส่วนใหญ่จะมีรหัสสั้น ดังนั้นเป็นการลดจำนวนของข้อมูล รหัสฮัฟแมนมีลักษณะพิเศษกว่ารหัสที่ใช้เทคนิคความยาวของรหัสอื่นๆ คือ

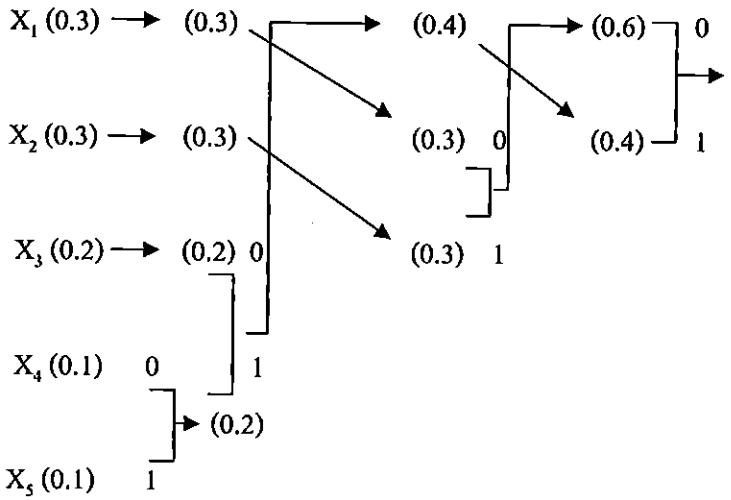
1. ไม่มีรหัสที่เหมือนกัน
2. รหัสมีจุดเริ่มต้นและจุดจบด้วยตัวของมันเอง
3. มีการเรียงจำนวนของสัญลักษณ์จากโอกาสที่เกิดขึ้นจากมากไปน้อย ความยาวของค่ารหัสจะเกี่ยวข้องกับสัญลักษณ์ จะน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวของรหัสที่ใกล้เคียงกัน

การสร้างตารางรหัสฮัฟแมน มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ให้เรียงลำดับของสัญลักษณ์ทั้งหมดในแนวดิ่ง โดยให้สัญลักษณ์ที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดอยู่บน
2. พิจารณาเฉพาะสัญลักษณ์ 2 ตัวล่างสุด กำหนดบิตศูนย์ให้กับสัญลักษณ์ตัวบนและกำหนดบิตหนึ่งกับสัญลักษณ์ตัวล่าง จากนั้นให้ผนวกสัญลักษณ์ใหม่ที่มีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเท่ากับผลรวมของความน่าจะเป็นทั้งสองสัญลักษณ์บวกกัน
3. หลังจากผ่านขั้นตอนที่ 2 จะมีจำนวนสัญลักษณ์รวมลดลงหนึ่งตัวเสมอ จากนั้นให้กลับไปทำกระบวนการขั้นตอนที่ 1 ใหม่และให้ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะเหลือสัญลักษณ์เพียงสองตัวสุดท้ายจึงจะสิ้นสุดกระบวนการเข้ารหัส

ตัวอย่างที่ 2.1 การเข้ารหัสฮัฟแมน

Letter	Probability	codeword
X_1	0.3	00
X_2	0.3	01
X_3	0.2	10
X_4	0.1	110
X_5	0.1	111



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการเข้ารหัสฮัฟแมน

จะสังเกตได้ว่ารหัสฮัฟแมนที่ได้ไม่มีข้อมูลตัวไหนเหมือนกันและข้อมูลที่มีความถี่มากสุดจะมีรหัสฮัฟแมนที่มีความยาวสั้นที่สุดและมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งใช้แทนข้อมูลที่เกิดขึ้นมากที่สุด

2.10 การคำนวณหาค่า Signal to Noise Ratio และ Peak Signal to Noise Ratio

Signal to Noise Ratio (SNR) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างสัญญาณจริงที่ได้รับต่อสัญญาณที่เป็นสัญญาณรบกวน มีค่าเป็นเดซิเบล (dB) โดยหากค่า SNR มีค่าต่ำมากๆ นั้นหมายความว่าความแรงของสัญญาณรบกวนแรงพอกับสัญญาณจริง ทำให้มีการรับส่งข้อมูลได้ไม่มีประสิทธิภาพ มีสูตรคำนวณ คือ

$$\text{SNR} = 10 \log \left\{ \frac{\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1} f(i,j)^2}{\sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left[f(i,j) - \tilde{f}(i,j) \right]^2} \right\} \qquad (2.8)$$

M คือ จำนวนแถวของเมทริกซ์

N คือ จำนวนคอลัมน์เมทริกซ์

$f(i,j)$ คือ ค่าระดับสีในพิกเซลก่อนที่จะทำการบีบอัด

$\tilde{f}(i,j)$ คือ ค่าระดับสีในพิกเซลที่ทำการบีบอัดแล้ว

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของรูปภาพที่ผ่านกระบวนการบีบอัดโดยทำการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ โดยค่า PSNR จะบ่งบอกถึงคุณภาพการบีบอัดเช่นเดียวกับ SNR ซึ่งมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{PSNR} = 10 \log \left[\underset{(i,j)}{MAX}(f(i,j)) \right]^2 - 10 \log \text{MSE} \tag{2.9}$$

โดยที่

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \left[f(i,j) - \tilde{f}(i,j) \right]^2 \tag{2.10}$$

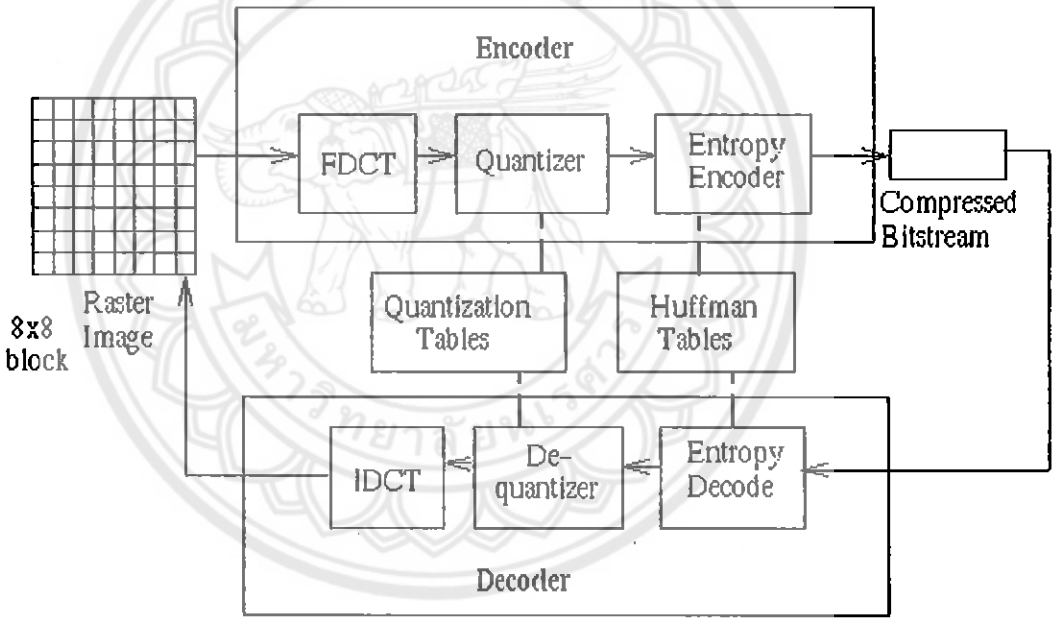
MSE คือ Mean Square Error

$\underset{(i,j)}{MAX}(f(i,j))$ คือ ค่าระดับสีที่สูงสุดในพิกเซลก่อนที่จะทำการบีบอัด

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ในการทำโครงงานนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม MATLAB® เพราะเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ การเขียนโปรแกรมง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น และสามารถนำไปใช้งานทางด้านกราฟิกได้เป็นอย่างดี ทั้งการแสดงภาพตั้งแต่สองมิติที่เป็น Rectangular Polar Stair Bar รวมทั้งภาพสามมิติในรูปแบบพื้นผิว (Surface) และระดับสูงต่ำ (Contour) ตลอดสามารถนำภาพมาต่อกัน และเก็บไว้เพื่อที่จะสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีกด้วย

ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพโดยวิธี JPEG Discrete Cosine Transform ได้แบ่งขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน [6]

3.1 การบีบอัดข้อมูลภาพแบบ JPEG

ในการบีบอัดภาพแบบ JPEG จะทำการบีบอัดข้อมูล MCU ทีละหน่วยโดยมีลำดับการบีบอัดเรียงจากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านบนลงไปด้านล่างของภาพ การบีบอัดข้อมูล MCU แต่ละหน่วยจะทำทีละบล็อก (8×8 พิกเซล) ขององค์ประกอบภายใน MCU หน่วยนั้น โดยเรียงลำดับตามลำดับการเรียงตัวของบล็อกองค์ประกอบภายใน MCU ที่แสดงไปแล้ว ซึ่งการบีบอัดข้อมูลในแต่ละบล็อกมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 การแบ่งภาพเป็นแบบ MCU (Minimum Coded Unit)

ในการบีบอัดข้อมูลภาพแบบ JPEG นั้นจะมีการแบ่งการบีบอัดข้อมูลภาพเป็นหน่วยย่อยๆ เรียกว่า MCU โดยมีขนาดหน่วยละ 16×16 พิกเซล ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการซับแซมปลิ้งที่ใช้ ดังนั้นภาพมีขนาดที่ไม่สามารถแบ่งให้เป็นหน่วย MCU ได้ลงตัวพอดีจำเป็นที่จะต้องมีการลดขนาดของภาพลง เพื่อให้สามารถแบ่งเป็นหน่วย MCU ได้ครอบคลุมภาพทั้งหมดโดยไม่มีส่วนสำคัญส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพหายไป โดยจะลดจำนวนจุดพิกเซลทางด้านซ้ายหรือขวาของแต่ละแถว หรือลดจำนวนแถวของจุดพิกเซลทางด้านล่างหรือด้านบนของภาพขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพที่นำมาบีบอัด สีของจุดพิกเซลตรงบริเวณที่ตัดออกต้องเท่ากัน เพราะถ้าสีของจุดพิกเซลแตกต่างกันมาก จะทำให้ข้อมูลของ MCU ในภาพบริเวณนั้นมีการกระจายตัวอยู่ในระดับความถี่ที่สูง ซึ่งในการบีบอัดข้อมูลภาพ ณ บริเวณนั้นมีความผิดพลาดมาก เมื่อมีการขยายคืน(decompress) ถึงแม้ว่าในการขยายภาพจุดพิกเซลจะถูกตัดทิ้งโดยอุปกรณ์หรือโปรแกรมที่ทำหน้าที่ขยายภาพแบบอัตโนมัติแล้วก็ตาม

3.1.2 การแปลงบล็อกข้อมูลด้วยวิธี DCT

ในขั้นตอนการแปลง DCT นั้น ข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปเมทริกซ์ 2 มิติของพิกเซล (Spatial domain) จะถูกนำมาแปลงให้อยู่ในรูปโดเมนความถี่ (Frequency domain) โดยก่อนที่จะทำการแปลงDCT ข้อมูลภาพจะต้องถูกแบ่งออกเป็นบล็อกเล็กๆขนาด $N \times N$ ซึ่งตามมาตรฐาน JPEG จะใช้ขนาด 8×8 จากนั้นทำการแปลง DCT ทีละบล็อก สมมติให้ข้อมูลภาพภายในบล็อกแต่ละบล็อกสามารถเขียนแทนได้ด้วยฟังก์ชัน $x(i,j)$ โดย $0 \le i,j \le N-1$ ซึ่งในที่นี้ก็คือ $0 \le i,j \le 7$ สมการที่ในการแปลง DCT เป็นดังนี้

$$X(0,0) = \frac{1}{\sqrt{4N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x(i,j) \qquad \text{เมื่อ } u,v = 0 \tag{3.1}$$

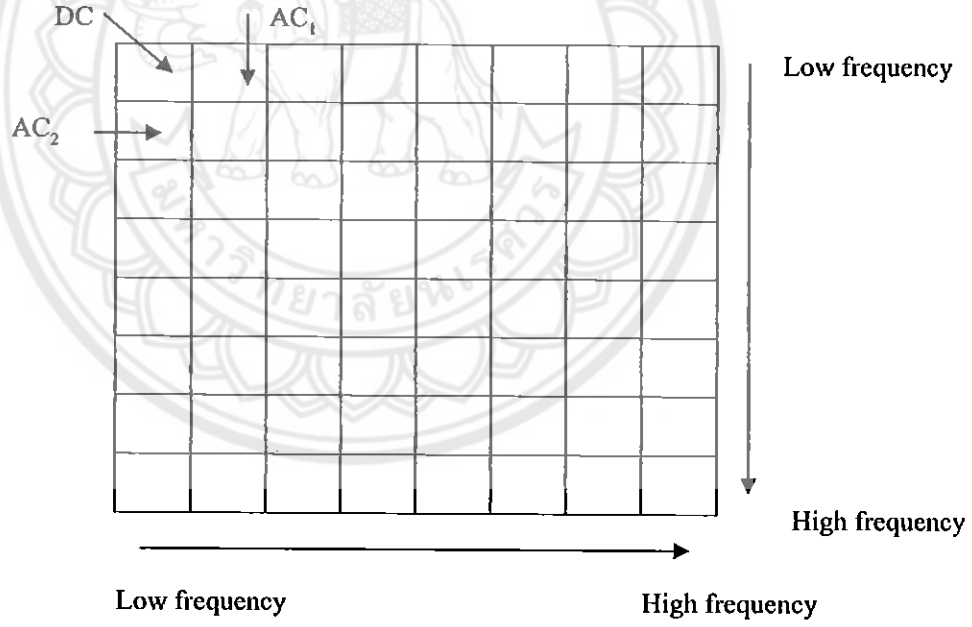
$$X(u,v) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} x(i,j) \cos\left[\frac{(2i+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2j+1)v\pi}{2N}\right] \tag{3.2}$$

เมื่อ $1 \le u, v \le N-1$

$X(u,v)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT

$x(i,j)$ คือ ค่าของระดับสีในพิกเซล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลง DCT จะได้บล็อกของสัมประสิทธ์ความถี่ขนาดเท่าเดิมคือ $N \times N$ โดย $X(0,0)$ ซึ่งอยู่ ณ ตำแหน่งมุมบนด้านซ้ายสุดของเมทริกซ์จะหมายถึงค่าองค์ประกอบกระแสตรงของภาพต้นฉบับ นั่นคือ $X(0,0)$ จะแสดงค่าความสว่างของพิกเซลภายในบล็อกนั้นๆ และ $X(u,v)$ ค่าอื่นๆแทนองค์ประกอบกระแสสลับของภาพที่ความถี่ต่างๆซึ่งองค์ประกอบกระแสสลับความถี่ต่ำจะอยู่บริเวณด้านบนซ้ายของเมทริกซ์แล้วเพิ่มความถี่ขึ้นเมื่อเคลื่อนที่ลงมาทางด้านล่างขวาของเมทริกซ์ โดยองค์ประกอบกระแสสลับของภาพนั้นจะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าของสีในแต่ละพิกเซล นั่นคือหากค่าสีภายในบล็อกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อยต่อเนื่อง ค่าองค์ประกอบกระแสสลับที่ความถี่ต่ำก็จะมีค่ามาก แต่หากค่าสีภายในบล็อกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ค่าองค์ประกอบกระแสสลับที่ความถี่สูงก็จะมีค่ามาก



รูปที่ 3.2 สัมประสิทธิ์ความถี่ขนาด 8×8 หลังผ่านการแปลง DCT

โดยปกติความสว่างหรือระดับความเข้มลูมิแนนซ์ของค่าพิกเซล (Pixel) แต่ละจุดจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดย 0 หมายถึงพิกเซลที่มีความสว่างน้อยที่สุด และ 255 หมายถึงพิกเซลที่มีความสว่างมากที่สุด ทำให้ค่าเฉลี่ยความสว่างของพิกเซลมีค่ามากกว่าศูนย์ ตามมาตรฐาน JPEG จึงได้กำหนดให้นำบล็อกของพิกเซลไปผ่านกระบวนการเลื่อนระดับหรือทำออฟเซตด้วยการลบค่าในแต่ละพิกเซลด้วยค่า 128 ก่อนที่จะทำการแปลง DCT ขั้นตอนการทำออฟเซตที่ว่านี้ส่งผลให้ระดับความสว่างโดยเฉลี่ยมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ฉะนั้นเมื่อนำบล็อกหรือเมทริกซ์ $x(i,j)$ ของพิกเซลขนาด 8×8 ไปผ่านการออฟเซตและทำการแปลง DCT ซึ่งจะได้เมทริกซ์ $X(u,v)$ ขนาด 8×8 โดยที่จะประกอบด้วยค่าองค์ประกอบกระแสตรงของภาพต้นฉบับ $X(0,0)$ 1 ค่า และค่าองค์ประกอบกระแสสลับของภาพ $X(u,v)$ อีก 63 ค่า ต่อ 1 บล็อก ทั้งนี้ค่าที่ได้ จะมีอยู่ระหว่าง -1024 ถึง 1023

ตัวอย่างที่ 3.1 จงทำการแปลง DCT หาค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่ต่างๆ โดยที่บล็อกของพิกเซลสามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของตาราง ขนาด 8×8 พิกเซลได้ดังนี้

160	160	180	180	200	200	220	220
140	160	160	180	180	200	200	220
140	140	160	160	180	180	200	200
120	140	140	160	160	180	180	200
120	120	140	140	160	160	180	180
100	120	120	140	140	160	160	180
100	100	120	120	140	140	160	160
80	100	100	120	120	140	140	160

ขั้นแรกให้ทำการลบค่าพิกเซลทุกค่าในตารางด้วย 128 ซึ่งจะได้ผลดังนี้

32	32	52	52	72	72	92	92
12	32	32	52	52	72	72	92
12	12	32	32	52	52	72	72
-8	12	12	32	32	52	52	72
-8	-8	12	12	32	32	52	52
-28	-8	-8	12	12	32	32	52
-28	-28	-8	-8	12	12	32	32
-48	-28	-28	-8	-8	12	12	32

นำค่าที่ได้ไปทำการแปลง DCT โดยอาศัยความสัมพันธ์ในสมการที่ (3.1) จะได้ผลดังนี้

216	-182	0	-19	0	-6	0	-1
182	1	0	2	0	2	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0
19	2	0	2	0	3	0	8
0	0	0	0	0	0	0	0
6	2	0	3	0	4	0	12
0	0	0	0	0	0	0	0
1	7	0	8	0	12	0	33

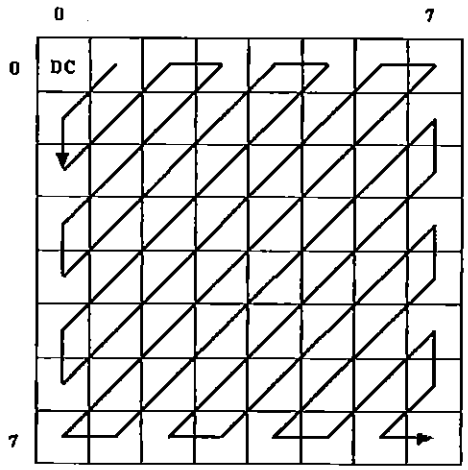
3.1.3 การควอนไทเซชั่น (Quantization)

การควอนไทเซชั่นเป็นการลดค่าของข้อมูลภายในบล็อกข้อมูลของสัมประสิทธิ์ DCT เพื่อที่จะลดจำนวนบิตที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเหล่านี้ในขั้นตอนการเข้ารหัสต่อไป และจากการที่ภาพส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของข้อมูลสีอยู่ในช่วงความถี่ต่ำๆ JPEG จึงให้ความสำคัญต่อข้อมูลในช่วงความถี่ต่ำมากกว่าข้อมูลในช่วงความถี่สูง ดังนั้นการควอนไทเซชั่น คือ ความพยายามในการลดความสำคัญของข้อมูลในช่วงความถี่สูง โดยพยายามทำให้ค่าเป็นศูนย์มากที่สุด การกำหนดระดับความละเอียดของสัมประสิทธิ์แต่ละตัวจึงต้องมีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน โดยการคำนึงถึงคุณภาพของภาพที่ได้

3.1.4 การเข้ารหัสเอนโทรปี

การสแกนแบบซิกแซก

บล็อกสัมประสิทธิ์ DCT ที่คำนวณได้ขนาด 8×8 ทั้ง 64 ค่าในขั้นตอนที่ผ่านมา จะนำมาเข้ารหัสเอนโทรปี โดยเริ่มจากการจัดเรียงข้อมูลภายในเมทริกซ์ให้อยู่ในลำดับที่เหมาะสมก่อน กรรมวิธีการจัดเรียงที่เลือกใช้คือ การสแกนแบบซิกแซก (Zig-zag scan) ซึ่งการทำซิกแซกสแกนนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าเมทริกซ์ 2 มิติ ให้เป็นเวกเตอร์ 1 มิติ นั่นคือเปลี่ยนค่าจากเมทริกซ์ขนาด 8×8 ไปเป็นเวกเตอร์ขนาด 1×64 โดยสัมประสิทธิ์ค่าแรกที่อ่านออกคือ องค์ประกอบกระแสตรง แล้วตามด้วยค่าองค์ประกอบกระแสสลับตัวแรก (AC_1) ซึ่งอยู่บนด้านซ้ายของบล็อก จากนั้นจะอ่านค่าองค์ประกอบกระแสสลับตัวที่สอง (AC_2) แล้วตามด้วยองค์ประกอบกระแสสลับที่ความถี่สูงขึ้นเรื่อยๆ ตามเส้นที่แสดงในรูปที่ 3.3 และค่าท้ายสุดคือ AC_{63} เหตุผลที่ทำการเรียงข้อมูลแบบนี้เพื่อที่ต้องการรวมค่าข้อมูลที่เป็น 0 ให้อยู่ติดๆกัน เพื่อจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการทำการบีบอัดข้อมูล



รูปที่ 3.3 การสแกนแบบซิกแซกของเมทริกซ์ขนาด 8×8 [7]

การเข้ารหัสส่วนต่างและการเข้ารหัสแบบ Run-length

สำหรับองค์ประกอบกระแสตรง (DC) ซึ่งก็คือ $X(0,0)$ จะทำการเข้ารหัสส่วนต่าง (Differential Encoding) โดยจะนำเฉพาะค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าองค์ประกอบกระแสตรงจากบล็อกก่อนหน้านี้มาเข้ารหัสเท่านั้น นั่นคือจะนำค่าสัมประสิทธิ์กระแสตรงจากบล็อกก่อนหน้ามาหักลบออกก่อน แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปเข้ารหัส เหตุผลที่ทำเช่นนี้เพราะบล็อกที่อยู่ติดกันมักจะมีค่าเฉลี่ยของสัญญาณ (DC) ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้น เมื่อนำค่าผลต่างมาเข้ารหัส จะสามารถปริมาณบิตข้อมูลลงได้มาก

สำหรับองค์ประกอบกระแสสลับ (AC_1-AC_{63}) เนื่องจากมีค่าข้อมูล 0 อยู่ติดกันเป็นจำนวนมาก จึงทำการเข้ารหัสแบบ (จำนวนค่าศูนย์ที่อยู่ติดกัน,ค่าของข้อมูลตัวถัดไปที่ไม่ใช่ 0)

3.1.5 การเข้ารหัสฮัฟแมน

ในการเข้ารหัสฮัฟแมนนั้น จะทำการเข้ารหัสโดยแยกพิจารณาค่าองค์ประกอบกระแสตรงและค่าองค์ประกอบกระแสสลับแยกกันคือ องค์ประกอบกระแสตรงนั้นการเข้ารหัสจะประกอบด้วยค่าสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นการเข้ารหัสส่วนต่างโดยจะแบ่งกลุ่มส่วนต่าง (CAT.Value) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตารางการจัดกลุ่มองค์ประกอบกระแสตรงและกระแสสลับ

DC Category (SSSS)	AC Category (SSSS)	Coefficient
0	N/A	0
1	1	-1 , 1
2	2	-3,-2 , 2,3
3	3	-7,...,-4 , 4,...,7
4	4	-15,...,-8 , 8,...,15
5	5	-31,...,-16 , 16,...,31
6	6	-63,...,-32 , 32,...,63
7	7	-127,...,-64 , 64,...,127
8	8	-255,...,-128 , 128,...,255
9	9	-511,...,-256 , 256,...,511
10	10	-1023,...,-512 , 512,...,1023
11	11	-2047,...,-1024 , 1024,...,2047
12	12	-4095,...,-2048 , 2048,...,4095
13	13	-8191,...,-4096 , 4096,...,8191
14	14	-16383,...,-8192 , 8192,...,16383
15	N/A	-32767,...,-16384 , 16384,...,32767

แล้วจึงเข้ารหัสฮัฟแมนส่วนต่างตามกลุ่มที่จัดได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ตารางการเข้ารหัสฮัฟแมนสำหรับองค์ประกอบกระแสตรง

Category	Huffman Code
0	00
1	010
2	011
3	100
4	101
5	110
6	1110
7	11110
8	111110
9	1111110
10	11111110
11	111111110
...	...

ส่วนที่สองจะเป็นการแสดงค่าของส่วนต่าง โดยหากค่าของส่วนต่างเป็นค่าบวกจะแทนค่าด้วยเลขไบนารีแต่หากค่าส่วนต่างเป็นลบจะแทนค่านั้นด้วย 1'Complement

สำหรับองค์ประกอบกระแสสลับนั้น ขั้นแรกให้พิจารณาทีละคู่ข้อมูลโดยให้นำค่าของข้อมูลที่ไม่ใช่ศูนย์ในแต่ละคู่ข้อมูล ไปทำการจัดกลุ่มโดยใช้ตารางที่ 3.2 ในลักษณะเดียวกันกับการจัดกลุ่มกระแสตรง แล้วทำการเปลี่ยนรูปแบบของคู่ข้อมูลให้อยู่ในลักษณะ (จำนวนค่า 0 ที่อยู่ติดกัน/กลุ่มที่จัดได้ข้างต้น) หลังจากนั้นก็นำไปเข้ารหัสฮัฟแมนดังตารางที่ 3.4 แล้วตามด้วยค่าข้อมูลที่ไม่ใช่ 0

ตารางที่ 3.3 ตารางการเข้ารหัสฮัฟแมนสำหรับองค์ประกอบกระแสสลับ

RUN,CAT	Code-word
0,0 (EOB)	1010
0,1	00
0,2	01
0,3	100
0,4	1011
0,5	11010
0, 6	1111000
0,7	11111000
0,8	1111110110
0,9	1111111110000010
0,10	1111111110000011
1,1	1100
1,2	11011
1,3	1111001
1,4	111110110
1,5	11111110110
1,6	1111111110000100
1,7	1111111110000101
1,8	1111111110000110
1,9	1111111110000111
1,10	1111111110001000
2,1	11100
2,2	11111001
2,3	1111110111
2,4	111111110100
2,5	1111111110001001
2,6	1111111110001010
2,7	1111111110001011

วิอ. จุฬา ๒๕๔๑ ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

RUN,CAT	Code- word
2,8	1111111110001100
2,9	1111111110001101
2,10	1111111110001110
3,1	111010
3,2	111110111
3,3	111111110101
3,4	1111111110001111
3,5	1111111110010000
3,6	1111111110010001
3,7	1111111110010010
3,8	1111111110010011
3,9	1111111110010100
3,10	1111111110010101
4,1	111011
4,2	1111111000
4,3	1111111110010110
4,4	1111111110010111
4,5	1111111110011000
4,6	1111111110011001
4,7	1111111110011010
4,8	1111111110011011
4,9	1111111110011100
4,10	1111111110011101
5,1	1111010
5,2	11111110111
5,3	1111111110011110
5,4	1111111110011111
5,5	1111111110100000

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

RUN,CAT	Code-word
5,6	1111111110100001
5,7	1111111110100010
5,8	1111111110100011
5,9	1111111110100100
5,10	1111111110100101
6,1	1111011
6,2	111111110110
6,3	1111111110100110
6,4	1111111110100111
6,5	1111111110101000
6,6	1111111110101001
6,7	1111111110101010
6,8	1111111110101011
6,9	1111111110101100
6,10	1111111110101101
7,1	11111010
7,2	111111110111
7,3	1111111110101110
7,4	1111111110101111
7,5	1111111110110000
7,6	1111111110110001
7,7	1111111110110010
7,8	1111111110110011
7,9	1111111110110100
7,10	1111111110110101
8,1	111111000
8,2	111111111000000
8,3	1111111110110110

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

RUN,CAT	Code-word
8,4	1111111110110111
8,5	1111111110111000
8,6	1111111110111001
8,7	1111111110111010
8,8	1111111110111011
8,9	1111111110111100
8,10	1111111110111101
9,1	111111001
9,2	1111111110111110
9,3	1111111110111111
9,4	1111111111000000
9,5	1111111111000001
9,6	1111111111000010
9,7	111111111000011
9,8	111111111000100
9,9	111111111000101
9,10	111111111000110
10,1	111111010
10,2	1111111111000111
10,3	1111111111001000
10,4	1111111111001001
10,5	1111111111001010
10,6	1111111111001011
10,7	1111111111001100
10,8	1111111111001101
10,9	1111111111001110
10,10	1111111111001111
11,1	1111111001

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

RUN,CAT	Code-word
11,2	1111111111010000
11,3	1111111111010001
11,4	1111111111010010
11,5	1111111111010011
11,6	1111111111010100
11,7	1111111111010101
11,8	1111111111010110
11,9	1111111111010111
11,10	1111111111011000
12,1	1111111010
12,2	1111111111011001
12,3	1111111111011010
12,4	1111111111011011
12,5	1111111111011100
12,6	1111111111011101
12,7	1111111111011110
12,8	1111111111011111
12,9	1111111111100000
12,10	1111111111100001
13,1	1111111000
13,2	1111111111100010
13,3	1111111111100011
13,4	1111111111100100
13,5	1111111111100101
13,6	1111111111100110
13,7	1111111111100111
13,8	1111111111101000
13,9	1111111111101001

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

RUN,CAT	Code-word
13,10	1111111111101010
14,1	1111111111101011
14,2	1111111111101100
14,3	1111111111101101
14,4	1111111111101110
14,5	1111111111101111
14,6	1111111111110000
14,7	1111111111110001
14,8	1111111111110010
14,9	1111111111110011
14,10	1111111111110100
15,1	1111111111110101
15,2	1111111111110110
15,3	1111111111110111
15,4	1111111111111000
15,5	1111111111111001
15,6	1111111111111010
15,7	1111111111111011
15,8	1111111111111100
15,9	1111111111111101
15,10	1111111111111110
15,0 (ZRL)	11111111001
The special symbol representing 16 "zero"	

ตัวอย่างที่ 3.2 กำหนดรูปภาพที่ต้องการบีบอัด แบ่งรูปภาพที่ต้องการบีบอัดออกเป็นบล็อกเล็กๆ ขนาด 8×8 แล้วจึงทำการบีบอัดทีละบล็อก สมมติบล็อกที่ต้องการบีบอัดมีค่าต่างๆดังนี้

209	214	184	165	161	152	161	173
214	212	172	153	146	154	152	151
214	209	171	147	136	140	145	150
212	206	175	143	129	138	133	149
199	190	163	153	139	139	140	148
169	166	147	139	143	146	150	153
148	141	134	152	176	167	159	154
145	135	157	188	189	175	165	161

ขั้นแรกให้ทำการลบค่าพิกเซลทุกค่าในบล็อกด้วย 128 เพื่อให้ระดับความสว่าง**โดยเฉลี่ยมีค่าใกล้ศูนย์** ซึ่งจะได้ผล ดังนี้

81	86	56	37	33	24	33	45
86	84	44	25	18	26	24	23
86	81	43	19	8	12	17	22
84	78	47	15	1	10	5	21
71	62	35	25	11	11	12	20
41	38	19	11	15	18	22	25
20	13	6	24	48	39	31	26
17	7	29	60	61	47	37	33

หลังจากลบด้วย 128 แล้วนำบล็อกที่ได้ไปทำการแปลง DCT โดยอาศัยสมการ (3.2) จะได้ผลดังนี้

276	96	58	13	2	-14	-7	-7
46	88	64	-13	-20	-11	-4	-5
33	-56	-46	5	12	3	-4	5
-7	-9	10	-1	-1	-6	-5	3
23	10	-8	-15	7	4	5	-1
-6	-7	4	1	0	-8	1	4
2	0	4	-11	0	3	-1	2
4	-3	-5	3	6	1	-5	1

จากนั้นนำเมทริกซ์ที่ได้มาผ่านกระบวนการควอนไทซ์ จะได้ผลดังนี้

17	9	6	1	0	0	0	0
4	7	5	-1	-1	0	0	0
2	-4	-3	0	0	0	0	0
-1	-1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

นำเมทริกซ์ที่ได้มาทำการสแกนแบบซิกแซกจะได้

17	9	4	2	7	6	1	5	-4	-1	1	-1
-3	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0								

เมื่อนำค่าองค์ประกอบกระแสตรงมาเข้ารหัสส่วนต่างจะได้ (สมมติค่าองค์ประกอบกระแสตรงบล็อกก่อนหน้านี้มีค่าเท่ากับ 19)

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

นำค่าองค์ประกอบกระแสสลับมาเข้ารหัสแบบ Run-length จะได้

-2(0,9) (0,4) (0,2) (0,7) (0,6) (0,1) (0,5) (0,-4) (0,-1) (0,1) (0,-1) (0,-3) (0,-1) (2,-1)EOB

และเมื่อนำไปเข้ารหัสฮัฟแมน จะได้

01101 10111001 100100 0110 100111 100110 001 100101 100011 000 001 000 0100 000 111000 1010

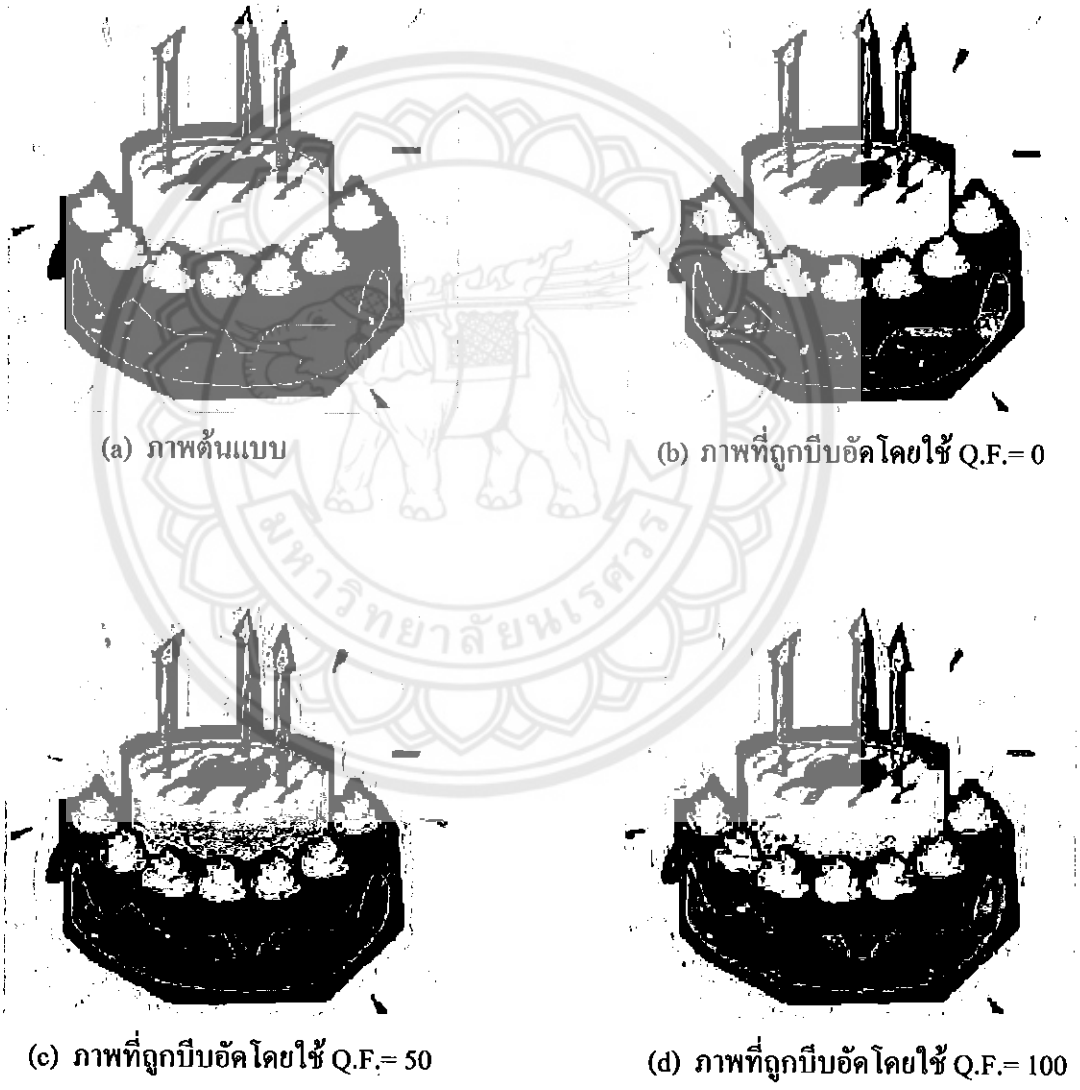
หลังจากกระบวนการเข้ารหัสฮัฟแมนแล้วก็ทำการถอดรหัสแบบฮัฟแมน, ควอนไตเซชั่นกลับ,อินเวอร์สทรานส์ฟอร์มและจัดเรียงแบบรีซิกแซกจนครบทุกขั้นตอน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การบีบอัดข้อมูลที่กำหนดค่า Quantize Factor ที่ค่าต่างๆกัน

ในการทดสอบได้นำภาพต้นแบบ ซึ่งเป็นไฟล์ภาพ BMP จำนวน 7 ภาพ มาทดสอบในโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ที่ระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ เพื่อศึกษาอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลและคุณภาพของภาพที่ได้ ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปภาพต่อไปนี้



(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

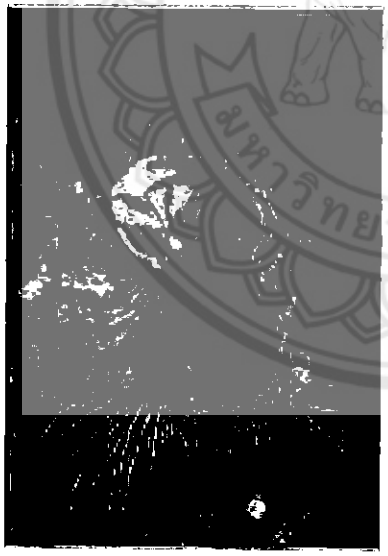
(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50

(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

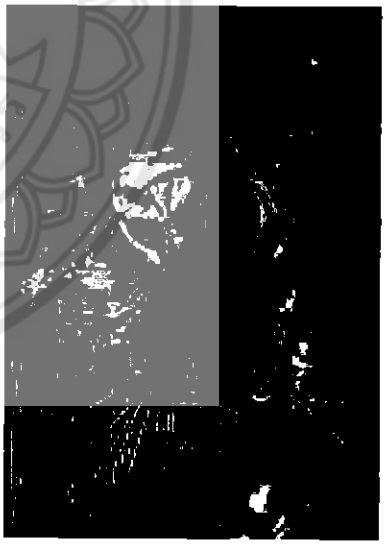
รูปที่ 4.1 รูป Cake ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0



(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50



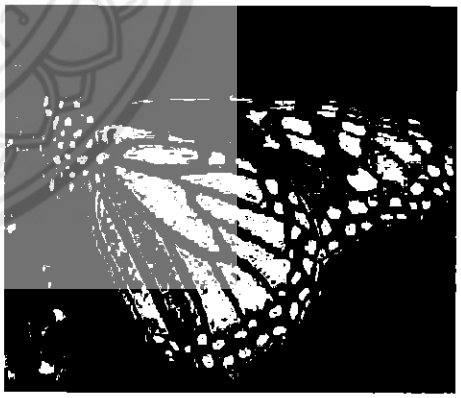
(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.2 รูป Tiger ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50



(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.3 รูป Butterfly ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

(a) ภาพต้นแบบ (b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50 (d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.4 รูป Flower ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

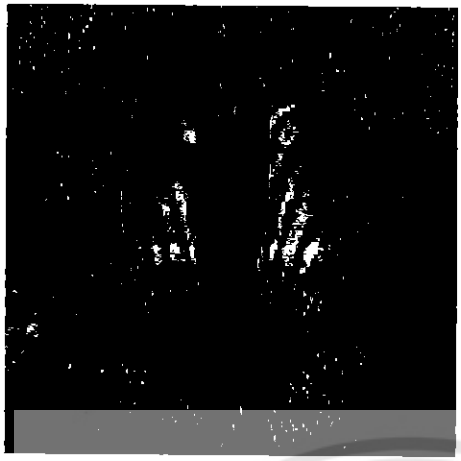
(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50

(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.5 รูป Rose ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ



(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50

(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.6 รูป Baboon ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

(a) ภาพต้นแบบ

(b) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 0

(c) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 50

(d) ภาพที่ถูกบีบอัดโดยใช้ Q.F.= 100

รูปที่ 4.7 รูป Lena ที่ถูกบีบอัดโดยการปรับระดับค่า Quantize Factor ต่างๆ

จากรูปข้างต้นสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

ข้อมูลภาพ	Quantize Factor (Q.F.)	ขนาดของภาพที่ถูกบีบอัดแล้ว (bytes)	อัตราส่วนการบีบอัด (CR.)	SNR (dB.)	PSNR (dB.)
Cake.bmp 47,670 bytes	0	11,363	4.195	10.00831	34.60983
	50	8,939	5.332	7.84563	32.44716
	100	7,352	6.483	7.03188	31.63341
Tiger.bmp 41,398 bytes	0	12,008	3.447	9.10351	33.42380
	50	7,285	5.682	7.10382	31.42411
	100	5,328	7.769	5.97516	30.29545
Butterfly.bmp 72,502 bytes	0	13,531	5.358	11.40178	35.39879
	50	10,431	6.950	8.62815	32.62515
	100	8,327	8.706	7.43160	31.42861
Flower.bmp 31,990 bytes	0	4,235	7.553	20.93345	45.33004
	50	3,455	9.259	10.21221	34.60879
	100	2,585	12.375	7.85694	32.25352
Rose.bmp 16,438 bytes	0	3,668	4.481	12.00803	36.03930
	50	2,262	7.267	8.47641	32.50768
	100	1,678	9.796	7.04075	31.07202
Baboon.bmp 17,462 bytes	0	5,555	3.143	8.78621	31.84262
	50	2,664	6.554	6.55421	29.61062
	100	1,467	11.903	5.72636	28.78277
Lena.bmp 148,534 bytes	0	15,627	9.504	24.60620	48.25294
	50	11,369	13.064	11.69562	35.34237
	100	7,724	19.230	9.01524	32.66198

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของโครงงาน และผลการทดลองการดำเนินโครงงาน ที่กล่าวมาในตอนต้งทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากหลักการการบีบอัดข้อมูลภาพโดยวิธีเจเปกดีสครีสโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม ได้ออกแบบการพัฒนาโปรแกรมด้วย MATAB® ภาพต้นแบบที่ใช้เป็นไฟล์ BMP. โดยโปรแกรมสามารถเปลี่ยนค่า Q.F. ได้หลายระดับตั้งแต่ 0,50 และ 100 ได้ถูกนำมาเขียนเป็นโปรแกรม เพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งให้ผลการทดลองจะดังในตารางที่ 4.1 สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อใช้ค่า Q.F. ต่ำจะได้อัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (CR.) ที่ต่ำ และเมื่อใช้ Q.F. ที่สูงจะได้อัตราส่วนการบีบอัดที่สูง (CR.) เช่นกัน และคุณภาพของภาพที่ถูกบีบอัดจะลดลง คือเมื่อใช้ Q.F. ต่ำจะได้ภาพที่เหมือนกับภาพต้นแบบ และเมื่อเปลี่ยนมาใช้ Q.F.ที่สูง คุณภาพ ของภาพที่ได้จะลดลง ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้
2. เนื่องจากสูตรในการคำนวณ PSNR ใช้ค่าสูงสุดของสัญญาณภาพที่เข้ามาแต่ในขณะที่ SNR จะใช้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เข้ามา ดังนั้นค่า PSNR จึงมีค่าสูงกว่าค่า SNR เสมอ
3. จากตารางการทดลองที่ 4.1 ในขณะที่ Q.F. มีการปรับระดับค่าที่สูงขึ้นจะเห็นได้ชัดว่าค่า PSNR และค่า SNR จะมีค่าที่ลดลงเนื่องจากว่ามีสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณภาพที่เข้ามามีมากขึ้น

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบในการบีบอัดภาพด้วยการแปลง DCT คือ ขบวนการ Quantization เนื่องจากขบวนการ Quantization เป็นการลดความสำคัญของข้อมูลในช่วงความถี่สูง โดยพยายามทำให้ค่าเป็นศูนย์มากที่สุด ถ้าข้อมูลศูนย์มีการกระจายไปจะทำให้ไม่สามารถลดขนาดของข้อมูลภาพได้เท่าที่ควร แต่สามารถแก้ไขโดยการเพิ่มค่า Quantize Factor เพื่อให้ภาพที่บีบอัดมีคุณภาพที่สามารถยอมรับได้ และมีอัตราการบีบอัดที่สูง

สำหรับผู้ที่สนใจสามารถนำไปเป็นพื้นฐานสำหรับการบีบอัดภาพนิ่ง JPEG2000 ซึ่งเป็นวิธีการบีบอัดภาพนิ่งอีกชนิดหนึ่ง และสามารถนำมาประยุกต์กับวีดีทัศน์ได้อีกด้วย เราเรียกการประยุกต์นี้ว่า Motion-JPEG หรือ M-JPEG

เอกสารอ้างอิง

[1] พัฒชรินทร์ ฝุ่นทอง. "การศึกษามาตรฐานการบีบอัดข้อมูลภาพนิ่ง JPEG ชนิด SEQUENTIAL BASELINE SYSTEM". ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร 2547.

[2] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. หลักการไฟฟ้าสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.

[3] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจและคณะ. เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย CDMA. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.

[4] Bob John Perlas. " DCT Table". Available: http://www.image.jpeg.dct.et.uk

[5] ETH Zurich. "JPEG Discrete Cosine Transform" [Online]. Available: http://www. vision.ee.ethz.ch

[6] Office of the Dean of Engineering. "Zigzag Pattern" [Online]. Available: http://cobweb.ecn.purdue.edu/~ips/tutorials/jpeg/jpeg_zig.gif

[7] Office of the Dean of Engineering "JPEG DCT" [Online]. Available: http://cobweb.ecn.purdue.edu/~ips/tutorials/jpeg/jpeg_zig.gif

[8] Thomas E. "JPEG DCT Method" [Online]. Available: http://ei.cs.vt.edu/~mm/gifs/DCTcodec.html

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายธนภัทร เอี่ยมตาล

ภูมิลำเนา 10/4 ถ.เอกาทศรฐ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : i.thanapat@msn.com

ชื่อ นางสาวพรทิพย์ พันดี

ภูมิลำเนา 79 หมู่ 14 ต.ลานบ่า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเมืองกลางวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : gozoo_thai@hotmail.com