การลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

SATELLITE IMAGERY DATA COMPRESSION USING VECTOR QUANTIZATION

T028913

นายศิริพงษ์ วงษ์การ

MR. SIRIPONG WONGKHARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ISBN 974-622-019-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 28913

วัน, เดือน, ปี 11 พ.ย. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SATELLITE IMAGERY DATA COMPRESSION USING VECTOR QUANTIZATION

SIRIPONG WONGKHARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTAIL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1997

ISBN 974-622-019-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์
นักศึกษา	นายศิรพงษ์ วงษ์คาร
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

การส่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจากหน่วยงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยงานหนึ่งโดยผ่านทางเครือข่ายการสื่อสารสาธารณะ เช่น ผ่านทางสายโทรศัพท์ ได้ถูกนำมาใช้สำหรับงานตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เช่น การตรวจสอบการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการส่งข้อมูลปริมาณมากอยู่เป็นประจำ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้ความกว้างแถบ (bandwidth) ของการส่งที่กว้าง ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอวิธีการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ก่อนที่จะทำการส่ง ซึ่งวิธีการนี้จะให้อัตราการลดข้อมูลที่สูง โดยมีการถอดรหัสที่ง่าย สามารถนำไปใช้ร่วมกับการลดข้อมูลแบบอื่นได้ดี จึงทำให้ค่าใช้จ่ายและความกว้างแถบของการส่งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	**Satellite Imagery Data Compression using Vector Quantization**
Student	**Mr. Siripong Wongkharn**
Thesis advisor	**Assoc.Prof.Dr.Fusak Cheevasuvit**
Level of study	**Master of Engineering in Electrical Engineering**
Department	**Industrial Instrumentation Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**
Year	**1997**

Abstract

The transmission of satellite image data from an organization to another through public communication network is used for change detection task such as a detection of illegal deforestation. It is necessary to transmit frequently an enormous amount of data. This will cause a high cost and need a huge transmission bandwidth. This thesis presents a satellite image data compression technique via vector quantization before transmission. The proposed technique will give a high compression ratio. And the decoder is very simple to implement. So the cost and transmission bandwidth will be reduced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ก่อนอื่นขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยให้กำลังใจ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนผู้จัดทำสามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน และน้อง ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ มาโดยตลอด

ศิริพงษ์ วงษ์คาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....IX

บทที่

1. บทนำ.....1
   คำนำ.....1
   วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1
   ขอบเขตของการวิจัย.....2

2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาพถ่ายจากดาวเทียมและการปรับปรุงภาพ.....4
   ความหมายและรูปแบบของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม.....4
   การแปรความหมายของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม.....6
   กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข.....8

3. หลักการเบื้องต้นของการลดข้อมูลภาพ.....16
   การลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสีย.....17
      การเข้ารหัสฮัฟแมน.....18
      การเข้ารหัสรันเลนจ์.....19
      การเข้ารหัสเลขคณิต.....19
      การเข้ารหัสยูนิเวอร์แซลและ Lempel-Ziv Codes.....21
      การเข้ารหัสตามระดับของบิท.....22
      การเข้ารหัสทำนาย.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

การเข้ารหัสแบบที่มีการสูญเสีย....23
การควอนไทซ์แบบสเกลาร์....23
การเข้ารหัสทำนายแบบที่มีการสูญเสีย....25
การเข้ารหัสการแปลง....26
การเข้ารหัสแบนด์ย่อย....26
เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพ....27
ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย....27
SNR และ PSNR....28
การวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพด้วยความเข้าใจ....29
อัตราบิท....29
อัตราการลดข้อมูล....30

4. การลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....31
การควอนไทซ์แบบเวกเตอร์สำหรับภาพเชิงตัวเลข....32
การเข้ารหัสภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....32
การถอดรหัสภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....35
การหาอัตราบิทของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....36
การหาอัตราการลดข้อมูลของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....36
การสร้างตัวเก็บรหัส....38
อัลกอริทึม Linde - Buzo - Gray (LBG)....38
การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส....42
การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสแบบ Random....42
การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสแบบยูนิฟอร์มควอนไทเซอร์....42
การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสโดยการแตกตัว (Splitting)....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

5. การลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์.....48
ภาพต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง.....48
การสร้างตัวเก็บรหัสสำหรับการทดลอง.....52
โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....52
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 53
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 54
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 55
โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว.....56
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 56
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 56
การสร้างตัวเก็บรหัสจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 57
ผลการทดลองลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธีการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์.....61
การเข้ารหัสโดยใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....61
การเข้ารหัสโดยใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว.....61

6. สรุปผลและแนวทางการพัฒนา.....81
ข้อดีของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์.....83
ปัญหาที่เกิดขึ้น.....83
แนวทางในการพัฒนา.....83

บรรณานุกรม.....84
ภาคผนวก.....86
ภาคผนวก ก.....87
ประวัติผู้เขียน.....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงการแบ่งขอบเขตตามความน่าจะเป็นสะสม....19

4.2 แสดงอัตราบิทต่อจุดภาพของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ที่มีตัวเก็บรหัสและบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ....37

4.2 แสดงอัตราการลดข้อมูลของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ที่มีตัวเก็บรหัสและบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ....37

5.1 แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2....68

5.2 แสดงค่า PSNR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2....68

5.3 แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4....69

5.4 แสดงค่า PSNR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4....69

5.5 แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8....70

5.5 แสดงค่า PSNR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูล โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8....70

5.6 แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.7 แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์
ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting
โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4.....77

5.8 แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์
ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting
โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

1.1 แสดงการส่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไปยังหน่วยงานย่อยต่าง ๆ
โดยผ่านเครือข่ายสาธารณะ....1
2.1 แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม MOS-I ระบบ MESSR....5
2.2 แสดงหน้าต่างกรองข้อมูลขนาด 3x3....9
2.3 แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีสัญญาณรบกวน....10
2.4 แสดงภาพที่ผ่านการกรองด้วยหน้าต่างขนาด 3x3....10
2.5 แสดงหน้าต่างกรองข้อมูลขนาด 5x5 แบบถ่วงน้ำหนักที่ศูนย์กลาง....11
2.6 แสดงการปรับยืดภาพในลักษณะเส้นตรง....13
2.7 แสดงภาพที่มีระดับสัญญาณต่ำและฮิสโตแกรมของภาพ....13
2.8 แสดงภาพที่ผ่านการยืดภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง
และฮิสโตแกรมของภาพ....14
2.9 แสดงการปรับปรุงรายละเอียดของขอบภายในภาพ
โดยการบวกภาพผลลบที่ถูกทำให้เรียบกับภาพที่ 2.8....15
2.10 ภาพแสดงหน้าต่างขนาด 3x3 ที่ให้น้ำหนักในทิศทางต่าง ๆ....15
3.1 แสดงตัวอย่างการเข้ารหัสฮัฟแมน....18
3.2 แสดงการแบ่งขอบเขตตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้น....20
3.3 แสดงการเข้ารหัสทำนาย....22
3.4 แสดงการถอดรหัสทำนาย....23
3.5 แสดงระดับของการควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม....25
4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์
ทั้งส่วนเข้ารหัสและส่วนถอดรหัส....31
4.2 แสดงการแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อยขนาด 4x4....33
4.3 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงจุดภาพของบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์....33
4.4 แสดงส่วนเข้ารหัสภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....34
4.5 แสดงโครงสร้างของตัวเก็บรหัส....35
4.6 แสดงส่วนถอดรหัสภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตของอัลกอริทึม LBG.....39
4.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตของการสร้างตัวเก็บรหัส โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....43
4.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตของการสร้างตัวเก็บรหัส โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....44
4.8 แสดงการแยกตัวเก็บรหัสเป็น 2 เท่า.....46
5.1 แสดงแผนภาพกระบวนการทั้งหมดของการลดข้อมูลภาพ
ด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์.....49
5.2 แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม MOS-I ขนาด 256x256x8 บิท.....50
5.3 แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม JERS-1 และ LANDSAT ขนาด 512x512x8 บิท.....51
5.4 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....53
5.5 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....54
5.6 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random.....55
5.7 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....58
5.8 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....58
5.9 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....59
5.10 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....59
5.11 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....60
5.12 แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์
ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

5.13 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และบล็อกย่อยขนาด 2x2 62
5.14 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และบล็อกย่อยขนาด 4x4 64
5.15 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และบล็อกย่อยขนาด 8x8 66
5.16 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 2x2 71
5.17 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 4x4 73
5.18 แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 8x8 75
5.19 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 78
5.20 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 78
5.21 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 79
5.22 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

5.23 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8.....80

5.24 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8.....80

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

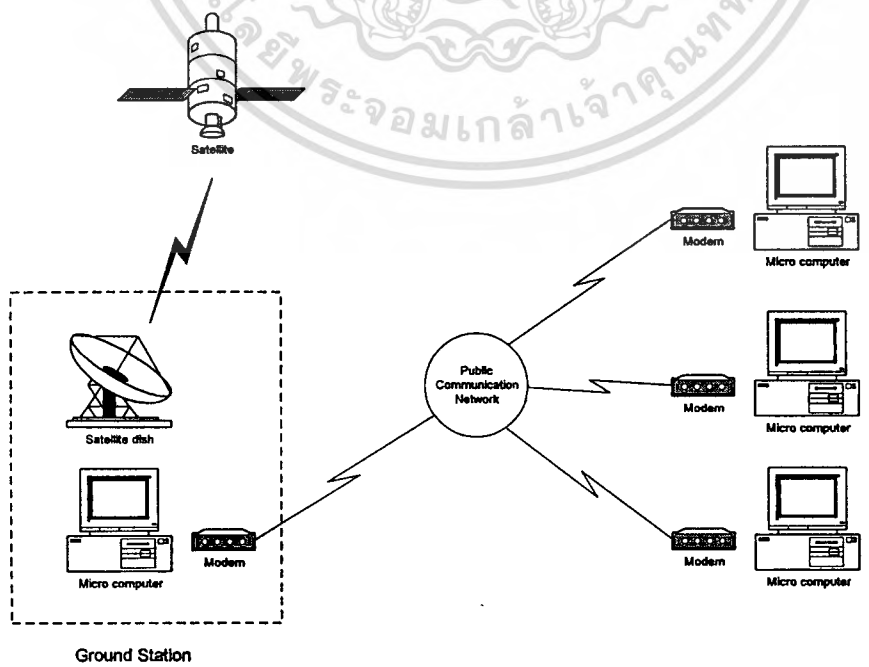
บทนำ

คำนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาไปมาก ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้น ในขณะที่ราคามีแนวโน้มที่จะลดลงไปเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นการเอื้ออำนวยต่อการประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ซึ่งการแสดงภาพเชิงตัวเลขบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ก็สามารถที่จะกระทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะภาพเชิงตัวเลขที่ต้องใช้หน่วยความจำขนาดใหญ่ อย่างเช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นต้น

แต่เนื่องจากการที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมมีขนาดของข้อมูลปริมาณมาก จึงทำให้เป็นปัญหาที่สำคัญต่อระบบการสื่อสารข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจากหน่วยงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยงานหนึ่ง เพราะในการส่งข้อมูลที่มีปริมาณมากนี้ จะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสาธารณะ เช่น ผ่านทางสายโทรศัพท์

ภาพที่ 1.1



แสดงการส่งข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไปยังหน่วยงานย่อยต่าง ๆ โดยผ่านเครือข่ายสาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นการแก้ปัญหาเหล่านี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอวิธีการในการลดขนาดของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธีการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization) เนื่องจากการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์เป็นวิธีการลดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง โดยให้อัตราการลดข้อมูลที่สูง มีการแปลงกลับจากข้อมูลที่ถูกลดแล้วให้เป็นข้อมูลขนาดเท่าเดิมได้เร็ว นอกจากนี้วิธีการนี้ยังสามารถที่จะทำได้โดยง่ายบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เป็นการนำเสนอการใช้วิธีการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์สำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยจะเป็นการศึกษาถึงวิธีการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ด้วยเทคนิคต่าง ๆ และแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน

ขอบเขตของงานวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้เสนอวิธีการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ โดยรายละเอียดของการวิจัยและเนื้อหาแยกออกได้เป็น 6 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาพถ่ายดาวเทียมและการปรับปรุงภาพ

กล่าวถึงความหมายและรูปแบบของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม การแปลความหมายภาพถ่ายจากดาวเทียม กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข และการปรับปรุงภาพ

บทที่ 3 หลักการเบื้องต้นของการลดข้อมูลภาพ

กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและหลักการพื้นฐานของการลดข้อมูลภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ของการลดข้อมูลภาพ โดยจะอธิบายวิธีการต่าง ๆ ในการลดข้อมูลภาพ ทั้งการลดข้อมูลภาพแบบที่มีการสูญเสียและการลดข้อมูลภาพแบบที่ไม่มีการสูญเสีย และกล่าวถึงหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

กล่าวถึงการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ โดยเริ่มจากการอธิบายนิยามความหมายของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ พื้นฐานของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ การสร้างตัวเก็บรหัส การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส การเข้ารหัสและการถอดรหัสภาพเชิงตัวเลขด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง

กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองที่ได้จากการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ โดยได้ทำการทดลองกับตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และ Splitting

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

กล่าวถึงผลสรุปจากการวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับภาพถ่ายจากดาวเทียมและการปรับปรุงภาพ

ความหมายและรูปแบบของข้อมูลภาพจากดาวเทียม

ในขบวนการตรวจจับระยะไกล (remote sensing) ลักษณะของข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบกว้าง ๆ สองประเภท คือในลักษณะข้อมูลรูปถ่ายและในลักษณะข้อมูลภาพเชิงตัวเลข สิ่งที่นำเสนอในข้อมูลทั้งสองรูปแบบก็คือระดับการสะท้อนแสง หรือการแผ่รังสีของสิ่งปกคลุมและพื้นผิวต่าง ๆ ของโลกตามสภาพความเป็นจริง ซึ่งตรวจวัดได้ด้วยอุปกรณ์สำรวจ เราจะเรียกข้อมูลนี้ว่า ข้อมูลเบื้องต้น หรือ ข้อมูลดิบ ซึ่งยังคงมีความไม่สม่ำเสมอของระดับสัญญาณแสงบนภาพ อันเนื่องมาจากความแตกต่างในระดับความไวของตัวตรวจวัด ที่มักจะมีมากกว่าหนึ่งตัวขึ้นไปในอุปกรณ์สำรวจ นอกจากนี้ยังขึ้นกับทิศทางการถ่ายภาพอีกด้วย

ในบางกรณีข้อมูลภาพจากดาวเทียม อาจมีลักษณะที่ปราศจากความคมชัด และไม่ให้ความแตกต่างระหว่างพื้นผิวต่างประเภทที่ชัดเจน อาจด้วยสาเหตุจากสภาพส่องสว่างที่ไม่ดีพอ หรือแตกกระจายของคลื่นแสงในชั้นบรรยากาศ ตลอดจนคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกัน การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพในกรณีเช่นที่ว่ากระทำได้โดยวิธีการเน้นภาพ (enhancement) เพื่อดึงหรือเน้นรายละเอียดที่ต้องการทราบให้เด่นชัดขึ้นมา วิธีการดังกล่าวจะแตกต่างกันไปขึ้นกับประเภทและลักษณะของข้อมูล

ข้อมูลภาพในลักษณะรูปถ่าย

การบันทึกสัญญาณภาพจากดาวเทียมโดยสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินนั้น สัญญาณจะได้รับการเปลี่ยนเป็นตัวเลขแล้วบันทึกลงบนเทปความหนาแน่นสูง เพื่อถ่ายทอดเป็นข้อมูลรูปถ่ายหรือข้อมูลภาพเชิงตัวเลขในภายหลัง ในการผลิตข้อมูลรูปถ่าย ข้อมูลตัวเลขจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับสีเทา (gray level) แล้วบันทึกลงบนฟิล์มต้นฉบับ เพื่อนำไปอัดขยายในห้องแล็บ ให้อยู่ในลักษณะตามความต้องการของผู้ใช้ต่อไป รูปถ่ายของแต่ละช่วงคลื่นของการถ่ายภาพจึงอยู่ในลักษณะภาพขาวดำ โดยมีระดับสีเทาเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยที่ช่วงคลื่นนั้น ๆ ถ้ามีการสะท้อนสูงสุด 100% จะได้ระดับสีเทาเป็นสีขาว และถ้ามีการสะท้อนต่ำสุดคือ 0% หรือมีการดูดกลืนสูงสุด 100% จะได้ระดับสีเทาเป็นสีดำ ในการทำภาพสีซึ่งเป็นการเน้นภาพประเภทหนึ่ง สามารถทำได้โดยการให้สีแต่ละช่วงคลื่นเลียนระบบแสงธรรมชาติ แล้วนำภาพที่ให้แสงสีแล้วนี้ มารวมกันอย่างน้อย 3

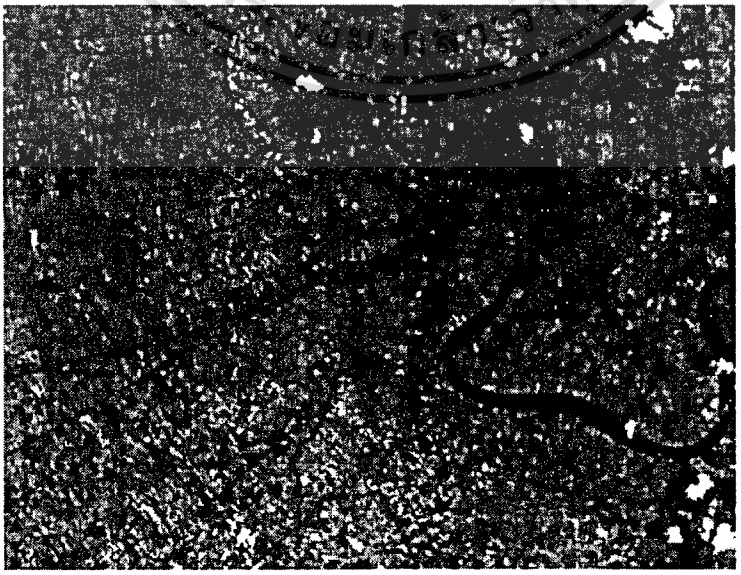
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ จะเกิดเป็นภาพสีผสมขึ้น โดยปกติแล้ว เรามักนิยมใช้แสงสี น้ำเงิน เขียว และแดง สำหรับช่วงคลื่นสั้นและยาวขึ้นมาตามลำดับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านที่ตามองเห็นจนถึงอินฟราเรดและภาพที่ได้จะมีลักษณะเหมือนภาพสีอินฟราเรด คือ พืชพรรณต่าง ๆ จะปรากฏสีแดง เนื่องมาจากปฏิกิริยาการสะท้อนสูงที่ช่วงคลื่นยาว ภาพที่พืชมีสีแดงนี้เราเรียกว่า ภาพสีเท็จ (False Colour Composite - FCC) ซึ่งจะมีประโยชน์ในการใช้แยกพืชพรรณ อย่างไรก็ดี เราสามารถเลือกใช้รูปแบบการผสมด้วยการสลับสีหรือสลับช่วงคลื่นโดยไม่มีขอบเขตจำกัด ขึ้นกับว่าต้องการจะเน้นลักษณะใดบนภาพขึ้นมา ยิ่งมีมากช่วงคลื่น โอกาสที่เราจะมีภาพสีผสมสำหรับใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ก็จะมีมากขึ้นด้วย

ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข

เป็นข้อมูลที่บรรจุอยู่ในเทปแม่เหล็ก ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์มาตรฐานทั่วไปได้ เรียกว่า เทปคอมพิวเตอร์ (Computer Compatible Tape - CCT) ข้อมูลในลักษณะนี้จะใช้ตัวเลขแทนค่าการสะท้อนคลื่นที่มีระดับต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปมักจะใช้ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 คือ เก็บในลักษณะเลขฐานสอง 8 บิท แต่บางกรณีจะเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1,023 ในลักษณะเลขฐานสอง 10 บิท โดยทั่วไปสำหรับข้อมูลภาพในย่านแสงที่ตามองเห็นและไมโครเวฟ ค่าตัวเลขที่สูงจะแสดงถึงระดับการสะท้อนที่มาก คือ มีระดับสีเทาค่อนไปทางขาว (แต่สำหรับข้อมูลภาพในย่านอินฟราเรดความร้อนแล้วมักจะกลับกัน โดยใช้ค่าตัวเลขต่ำแทนอุณหภูมิที่สูง ฉะนั้นบริเวณที่อุ่น เช่น แผ่นดิน แม่น้ำ และทะเล จะเห็นเป็นสีดำ ในขณะที่ก้อนเมฆซึ่งเย็นจะปรากฏเป็นสีขาว ทำให้ง่ายต่อการแปลภาพ) ดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1



แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม MOS-I ระบบ MESSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลความหมายของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

การแปลความหมายของภาพถ่ายจากดาวเทียม ค่อนข้างจะแตกต่างจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศซึ่งบินถ่ายในระดับต่ำ ทำให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ตามลักษณะรูปร่างของสิ่งนั้น ๆ เช่น การมองเห็นเรือนยอดของต้นไม้ บ้านเป็นหลัง ๆ ตลอดจนถนนหนทางและคูคลองได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมได้จากการโคจรถ่ายที่ระดับสูงมาก สิ่งที่ปรากฏ คือ ค่าการสะท้อนแสงของสิ่งนั้น ๆ ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่อยู่ข้างเคียงและเมื่อนำค่าการสะท้อนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ มาประกอบกันเพื่อดูซิกเนเจอร์ (signature) เชิงคลื่น ก็จะสามารถบอกได้ว่าสิ่งนั้น ๆ คืออะไร องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะช่วยให้การแยกแยะทำได้ดีขึ้น คือ รายละเอียด หรือ ขนาดของจุดภาพ ยิ่งขนาดของจุดภาพเล็ก การตีความจะทำได้ดีและมีความถูกต้องสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นผิวต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็ก เพราะจะเน้นให้เห็นรูปลักษณ์ต่าง ๆ ชัดเจนขึ้น ดังนั้น ในการแปลความหมายจากภาพจึงมักอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้ [17]

ลักษณะความแตกต่างทางแสง

เป็นความแตกต่างที่นอกจากจะขึ้นกับคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของวัตถุที่แต่ละช่วงคลื่นแล้ว ยังขึ้นกับลักษณะพื้นผิวนั้น ๆ ว่า มีความสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของมุมมองถ่ายภาพซึ่งจะสัมพันธ์กับมุมสูงของดวงอาทิตย์อีกด้วย ทำให้เกิดความแตกต่างในลักษณะต่อไปนี้

1) **ระดับความเข้ม** สำหรับในภาพขาวดำ จะเป็นความแตกต่างในระดับความเข้มสีเทา จากสีขาว ซึ่งมีการสะท้อนแสงสูง จนถึงสีดำ ซึ่งการสะท้อนต่ำมากเข้าใกล้ศูนย์ เป็นการแสดงถึงความสามารถในการดูดกลืนพลังงานในระดับที่มีมากกว่าการสะท้อน ในกรณีของข้อมูลภาพตัวเลข จะแสดงความแตกต่างในความเข้มจากค่า 255 ลงมาถึง 0 และจะทำให้เกิดเป็นความแตกต่างของสี ตลอดจนระดับความเข้มของสีถ้านำภาพแต่ละแบนด์ที่แสดงความแตกต่างเหล่านี้มารวมกันเป็นภาพสี

2) **ระดับความหยาบ-ละเอียด** เป็นความแตกต่างเนื่องจากสภาพของพื้นผิวที่ปรากฏว่ามีลักษณะราบเรียบ หรือขรุขระ ตลอดจนถึงความสม่ำเสมอหรือไม่ในความราบเรียบและขรุขระนั้น ๆ ลักษณะที่เห็นบนภาพจะสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความเข้ม โดยจะแสดงถึงความละเอียดและหยาบของเนื้อภาพในอัตราที่มากน้อยแตกต่างกันไป ลักษณะดังกล่าวนี้ จะมีส่วนช่วยในการแยกพื้นผิว 2 ประเภท ที่มีระดับความเข้มหรือสีที่เหมือนกัน แต่มีความหยาบละเอียดต่างกัน ซึ่งอาจเรียกได้อีกอย่างว่า เป็นระดับความเข้มจุลภาค ที่ต่างกัน

3) **การเกิดเงา** เป็นปรากฏการณ์ที่สัมพันธ์กับมุมของดวงอาทิตย์ ทำให้พื้นผิวบางส่วนได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์น้อยมาก หรือถูกบดบังมิได้รับแสงเลย ตามความแตกต่างของลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูมิประเทศก่อให้เกิดเป็นเงา หรือส่วนมืด เน้นให้เห็นความสูงต่ำของภูมิประเทศ จึงมีประโยชน์สำหรับการศึกษาด้านธรณีสัณฐาน แต่ในขณะเดียวกัน ก็จะเกิดการสูญเสียรายละเอียดของภาพ ในส่วนที่ถูกบดบังด้วยเงานั้น

ลักษณะความแตก่ต่างทางพื้นที่

1) รูปร่าง เป็นลักษณะที่ปรากฏตามรูปร่างของสภาพพื้นผิว เช่นลักษณะคดเคี้ยวของแม่น้ำที่ต่างไปจากลักษณะเส้นตรงของคลองขุดหรือถนน ตลอดจนลักษณะเป็นแปลงของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น

2) ขนาด อาจอยู่ในหน่วยของความยาว ความกว้าง ความสูง และเนื้อที่ และอยู่ในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับระดับบินถ่ายภาพของดาวเทียม ในการแปลตีความมักจะต้องพิจารณาขนาดและรูปร่างประกอบกันไป

3) รูปแบบการกระจายตัว ได้แก่ ลักษณะการจัดตัวหรือเรียงตัวของประเภทพื้นผิวต่าง ๆ กัน เป็นลักษณะค่อนข้างเฉพาะตัว เช่น ผืนนาหรือลักษณะภูมิประเทศอื่น ๆ ได้แก่ รูปแบบการระบายน้ำ ดินตะกอนรูปพัดและที่ราบชายฝั่ง เป็นต้น

4) ความสัมพันธ์ทางตำแหน่งและขนาดเทียบกับสิ่งข้างเคียง ทั้งนี้เพราะพื้นผิวบางประเภทและต้นไม้บางอย่างจะพบอยู่ในลักษณะภูมิประเทศจำเพาะของมัน เช่น ความแตกต่างของชนิดป่าตามระดับความสูงของพื้นที่ หรือป่าชายเลนที่พบตามหาดเลนปากแม่น้ำ และชายฝั่ง ตัวอย่างที่อาจเห็นได้ชัดอีกประการหนึ่ง คือ ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งแร่กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา

5) รายละเอียดของภาพหรือขนาดของจุดภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์สำรวจและจะเป็นตัวกำหนดขนาดและรูปร่างของพื้นผิวที่ปรากฏบนภาพเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อประกอบการวินิจฉัยตีความด้วยเสมอไป

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา

จากความสามารถของดาวเทียม ในการย้อนกลับมาถ่ายภาพซ้ำทุก ๆ หนึ่งช่วงระยะเวลา ที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เราสามารถที่จะนำภาพคนละระยะเวลามาศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อนำไปเทียบเคียงกับลักษณะของพื้นผิวและทรัพยากรตามปัจจัยต่าง ๆ ได้ เช่น พืชและป่าไม้ จะมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่มีการผลัดใบ ซึ่งจะมีลักษณะต่างไปจากขณะมีใบเขียวชอุ่ม หรือพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งจะมีฤดูเพาะปลูกและฤดูเก็บเกี่ยว เราสามารถที่จะแยกชนิดพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว และอ้อย ได้จากฤดูเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน ความแห้งแล้งและความชุ่มชื้น เป็นลักษณะที่ขึ้นกับฤดูกาลเช่นกัน การคัดเลือกภาพของช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม จะช่วยให้สามารถแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยะประเภททรัพยากรที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างซับซ้อนได้ และยังมีประโยชน์ในการตรวจวัดดูการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากร ตลอดจนภัยธรรมชาติต่าง ๆ

นอกจากจะอาศัยลักษณะแตกต่างที่สำคัญ 3 ประการ เพื่อใช้ประกอบการตีความภาพถ่าย ดังกล่าวแล้ว ยังอาจใช้ข้อมูลอื่น ๆ มาช่วยเสริมด้วย ได้แก่ ข้อมูลจากแผนที่ และข้อมูลที่ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้แล้วในรูปแบบของรายงาน และเอกสารพิมพ์เผยแพร่อื่น ๆ องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่ง และถือได้ว่าเป็นรากฐานของการแปลภาพ คือ คุณสมบัติของผู้แปล ซึ่งนอกจากจะต้องมีความสามารถในการประมวลในระดับสายตาและจิตใจแล้ว ควรจะต้องเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานและประสบการณ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพพื้นที่ที่จะแปลสภาพ หรืออาจจะเทียบเคียงกับลักษณะภูมิประเทศที่เคยสังเกตเห็น ความรู้เฉพาะสาขาวิชาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ผู้แปล มีความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และสามารถประมวลลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏบนภาพถ่ายได้เป็นอย่างดี และมีความถูกต้องสูง

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงตัวเลข

การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นกระบวนการทางข้อมูลที่อยู่ในลักษณะตัวเลข ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการใช้งานต่าง ๆ กัน เช่น กรรมวิธีสร้างภาพกลับคืน (Image restoration) กรรมวิธีเน้นภาพ (Image enhancement) กรรมวิธีวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภท (Image classification) เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มักจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยเฉพาะ โปรแกรมเหล่านี้ ได้รับการพัฒนาสำหรับการใช้งานในระดับความสามารถต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ระดับไมโครคอมพิวเตอร์ มินิคอมพิวเตอร์ จนถึงเมนเฟรม เป็นกรรมวิธีอัตโนมัติซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้ทันที อย่างไรก็ดี ระบบคอมพิวเตอร์เหล่านี้ ไม่ใช่ระบบที่สามารถให้คำตอบทุกอย่างได้ หากแต่ต้องอาศัยวิจารณญาณ และการป้อนข้อมูลที่มีความหมายของผู้วิเคราะห์ เพื่อให้การประมวลผลถูกต้องและมีความหมาย อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ดังกล่าวจึงได้รับการพัฒนาให้อยู่ในลักษณะที่มีการเสนอสนอง หรือปฏิกิริยารับ-ส่งระหว่างผู้ใช้และระบบ

การแก้ไขเชิงเรขาคณิต

การแก้ไขเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางด้านรูปทรงและขนาด หรือมาตราส่วนภาพ อันเนื่องมาจากการหมุนของโลก ความไม่สม่ำเสมอในการทรงตัวของดาวเทียม ตลอดจนความไม่สม่ำเสมอของระบบกวาดเก็บข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับลดสัญญาณรบกวน และการกรองปรับภาพให้เรียบ

โดยที่ภาพจากดาวเทียมมักจะปรากฏสัญญาณรบกวนอยู่ด้วย ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในระดับความเข้มแสง ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากประสิทธิภาพของระบบอุปกรณ์สำรวจ ในขณะถ่ายทอดสัญญาณมายังสถานีรับภาพพื้นดิน ลักษณะการรบกวนดังกล่าวนอกจากจะมีอิทธิพลต่อการประมวลผลด้วยสายตา เพราะจะบดบัง หรือลดความคมชัดของรูปแบบพื้นผิวที่ปรากฏบนภาพแล้ว ยังมีผลทำให้การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นไปได้อย่างยากลำบาก และมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ดังนั้น เพื่อให้ภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียมมีความสมบูรณ์และเกิดประโยชน์ในการใช้งานมากที่สุด เราจึงต้องทำการปรับลดสัญญาณรบกวน (Noise reduction) และการกรองปรับภาพให้เรียบ (Image smoothing) เสียก่อนที่จะนำมาใช้

การลดสัญญาณรบกวน ทำได้โดยการกรองข้อมูล เพื่อปรับระดับสัญญาณให้เรียบขึ้น กรรมวิธีในการกรองจะใช้หน้าต่างกรองในลักษณะ 2 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 2.2 โดยเลื่อนหน้าต่างให้ตารางที่อยู่ศูนย์กลางวิ่งผ่านทีจะจุดภาพ แล้วแทนค่าจุดภาพนั้นๆ ด้วยค่าที่มีความถี่สูงสุด หรือค่าเฉลี่ยของบรรดาจุดภาพข้างเคียง ตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 2.2 เป็นหน้าต่างขนาด 3x3 สำหรับหาค่าเฉลี่ยจากจุดภาพศูนย์กลางและจุดภาพข้างเคียง ส่วนตัวอย่างในภาพที่ 2.3 และ 2.4 เป็นตัวอย่างของการใช้การกรองด้วยหน้าต่างขนาด 3x3 จากภาพที่ 2.2 ซึ่งในกรณีที่หน้าต่างขนาดเล็ก ไม่สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดี อาจเลือกใช้หน้าต่างขนาดใหญ่ขึ้นมา เช่น 5x5 หรือ 7x7 ซึ่งจะมีผลให้ข้อมูลราบเรียบขึ้นเป็นอย่างมาก แต่ในขณะเดียวกันก็เพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลจริงในภาพขึ้นด้วย กรณีนี้อาจแก้ไขโดยการใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยจะเน้นให้ค่าที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางมีอิทธิพลและน้ำหนักมากกว่าค่าที่อยู่บริเวณริมนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.2

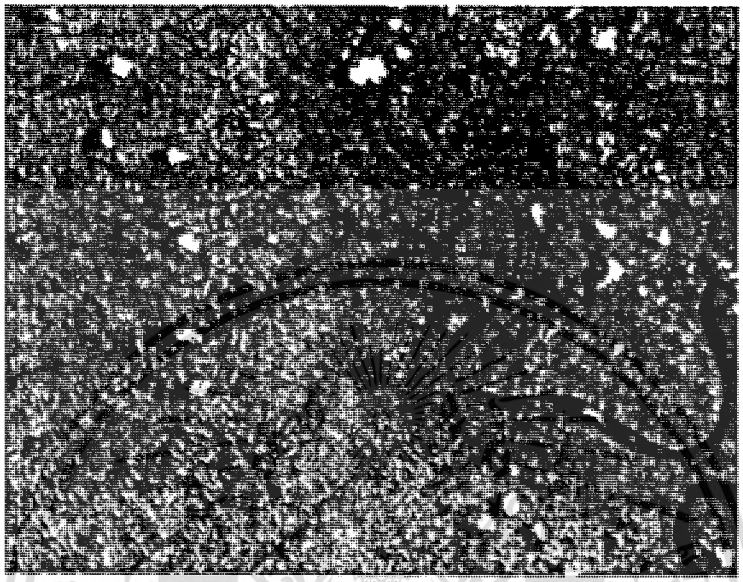
1/9 X

1	1	1
1	1	1
1	1	1

แสดงหน้าต่างกรองข้อมูลขนาด 3 x 3

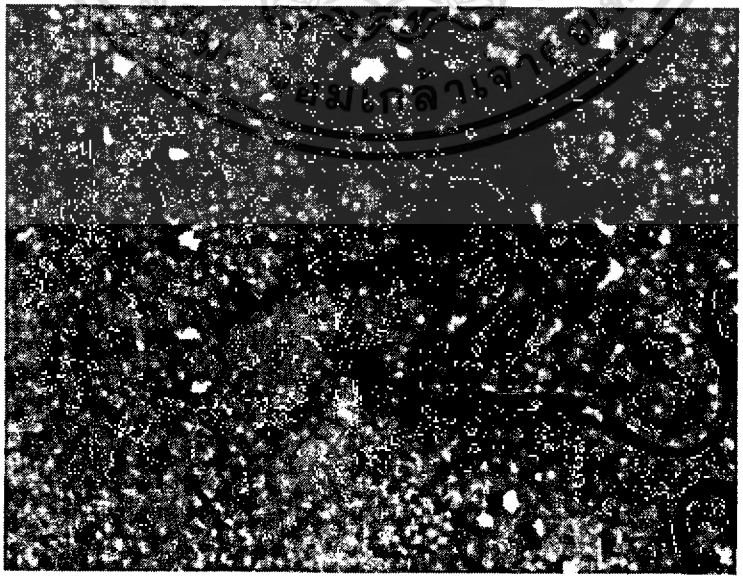
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3



แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีสัญญาณรบกวน

ภาพที่ 2.4



แสดงภาพที่ผ่านการกรองด้วยหน้าต่างขนาด 3x3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.5

1/32	1/32	1/32	1/32	1/32
1/32	1/20	1/20	1/20	1/32
1/32	1/20	1/10	1/20	1/32
1/32	1/20	1/20	1/20	1/32
1/32	1/32	1/32	1/32	1/32

แสดงหน้าต่างกรองข้อมูลขนาด 5x5 แบบถ่วงน้ำหนักที่ศูนย์กลาง

การปรับแก้ระดับสัญญาณ

การปรับแก้ระดับสัญญาณ (Image normalization) เป็นการปรับแก้เชิงแสงอีกประเภทหนึ่งซึ่งมีสาเหตุต่างออกไป คือเป็นความแตกต่างหรือความไม่สม่ำเสมอในระดับความเข้มแสงที่ปรากฏบนภาพ เนื่องจากมุมมองถ่ายภาพ และมุมมองของดวงอาทิตย์ ความแตกต่างในระดับความสว่างที่ผิวโลกตลอดแนวถ่ายภาพสำหรับดาวเทียมที่โคจรในทิศทางจากเหนือไปใต้ ในกรณีเช่นนี้เรามักจะปรับแก้โดยนำไปเทียบกับสิ่งอ้างอิงหรือมาตรฐานเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบภาพของบริเวณเดียวกันแต่คนละเวลา ซึ่งจะอยู่ภายใต้สภาวะความสว่างต่างกัน เพราะค่าของมุมดวงอาทิตย์ต่างกัน การปรับให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ใช้วิธีปรับเสมือนดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะ โดยใช้ค่า $1/\cos\theta$ เป็นตัวประกอบของค่าตัวเลขของข้อมูลภาพ ทั้งนี้ θ เป็นมุมของดวงอาทิตย์ที่เบี่ยงเบนไปจากแนวตั้งฉากกับผิวโลก หรือมุมซีนิธของภาพนั้น ๆ

ความแตกต่างทางสภาวะของแสงเนื่องจากการกระจัดกระจาย และสูญหายของพลังงานในชั้นบรรยากาศ ก็ถือได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญในการเปรียบเทียบภาพต่างระยะเวลา หรือในการศึกษาบางประเภทที่ต้องการปรับเทียบค่าจากดาวเทียมกับค่าตัวแปรทางพื้นดินในลักษณะปริมาณ เช่น ระดับความชื้นของดิน หรือแม้แต่การศึกษาทางสมุทรศาสตร์ ซึ่งนอกจากจะดูรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงทางพื้นที่แล้ว ยังต้องการเปลี่ยนค่าตัวเลขจากดาวเทียมเป็นความข้นของตะกอนในช่วงคลื่นที่ตามอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็น หรือเป็นค่าอุณหภูมิผิวน้ำสำหรับภาพอินฟราเรดความร้อน วิธีการแก้ไขหรือกำจัดสิ่งรบกวนจากชั้นบรรยากาศในข้อมูลภาพ อาจทำได้ง่าย ๆ ด้วยการหักค่าการสะท้อนทุกจุดบนภาพ ด้วยค่าจากตำแหน่งที่คาดว่าการสะท้อนเป็น 0 โดยตั้งสมมติฐานว่าสิ่งที่บันทึกโดยดาวเทียมเป็นค่าจากชั้นบรรยากาศเพียงอย่างเดียว (เช่น จากบริเวณน้ำลึกและใส เป็นต้น) ไปจนถึงวิธีการที่ซับซ้อนโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ จะขึ้นกับประเภทของการใช้งานเป็นหลัก

การปรับปรุงภาพ

การปรับปรุงภาพ เป็นวิธีการที่เน้นแสดงรายละเอียดของภาพให้เห็นเด่นชัดขึ้น ในการเน้นอาจเลือกเน้นเฉพาะบางส่วน หรือเน้นข้อมูลส่วนใหญ่ที่บรรจุอยู่ในภาพตามความต้องการของผู้ใช้ เป็นการเน้นในแง่คุณภาพ เพื่อให้สามารถประมวลด้วยสายตาได้ดีขึ้น หรือดึงลักษณะบางอย่างให้แยกเห็นเด่นชัดจากส่วนประกอบภูมิหลังอื่น ๆ มากกว่าที่จะเป็นการวิเคราะห์ในแง่ปริมาณหรือการจำแนกประเภท และสามารถทำได้หลายวิธีดังตัวอย่างต่อไปนี้

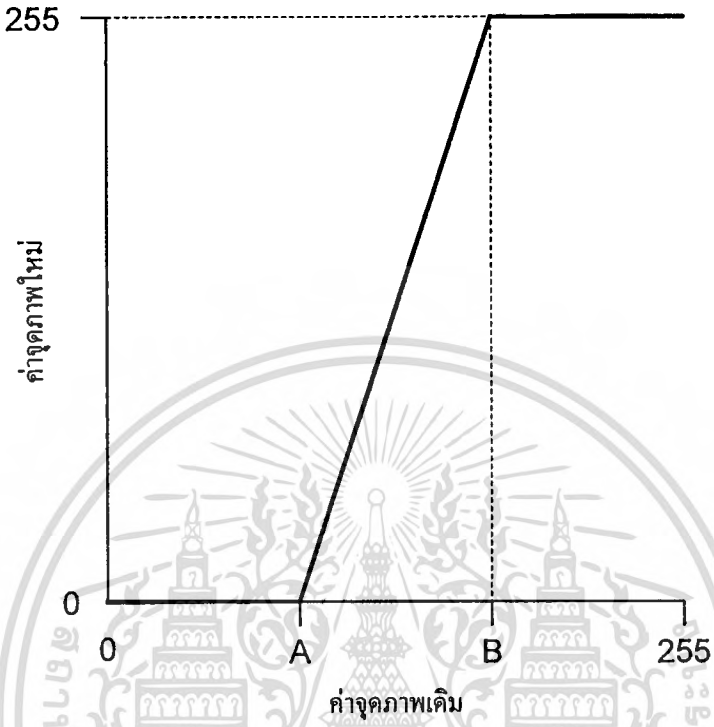
การปรับระดับความเข้มของจุดภาพให้คมชัด (Contrast stretch)

การที่ข้อมูลภาพประกอบด้วยระดับสีเทาถึง 256 ระดับ จากสีดำจะที่มีค่าระดับความเทาเป็น 0 จนถึงสีขาวจะมีค่าระดับความเทาเป็น 255 ทำให้การแยกแยะระดับสีเทาในภาพเป็นไปอย่างยากลำบาก การปรับระดับความเข้มของจุดภาพจะช่วยเน้นความแตกต่างระหว่างระดับสีเทาให้มากขึ้น

การปรับระดับความเข้มของจุดภาพให้คมชัดในลักษณะหนึ่ง เป็นการใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear stretch) ซึ่งสามารถที่จะเลือกปรับเฉพาะช่วงใดช่วงหนึ่งของภาพได้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.6 เป็นการปรับระดับความเข้มของจุดภาพ ที่สมมติให้มีข้อมูลตัวเลขส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง A และ B แล้วทำการปรับระดับความเข้มระหว่าง A และ B นี้ ไปที่ 0 และ 255 แต่การปรับในลักษณะนี้จะสูญเสียข้อมูลส่วนที่ค่าต่ำกว่า A และสูงกว่า B เพราะค่าเหล่านี้จะถูกปรับให้เป็นค่า 0 และ 255 ตามลำดับ การปรับระดับความเข้มของจุดภาพในลักษณะนี้ นอกจากจะใช้ปรับข้อมูลภาพทั้งภาพโดยส่วนรวมแล้ว ยังสามารถเลือกปรับเป็นบางส่วน หรือเป็นช่วง ๆ (Piece-wise) แต่ละช่วงอาจกำหนดขอบเขต หรือพิสัยของการปรับแตกต่างกันไป

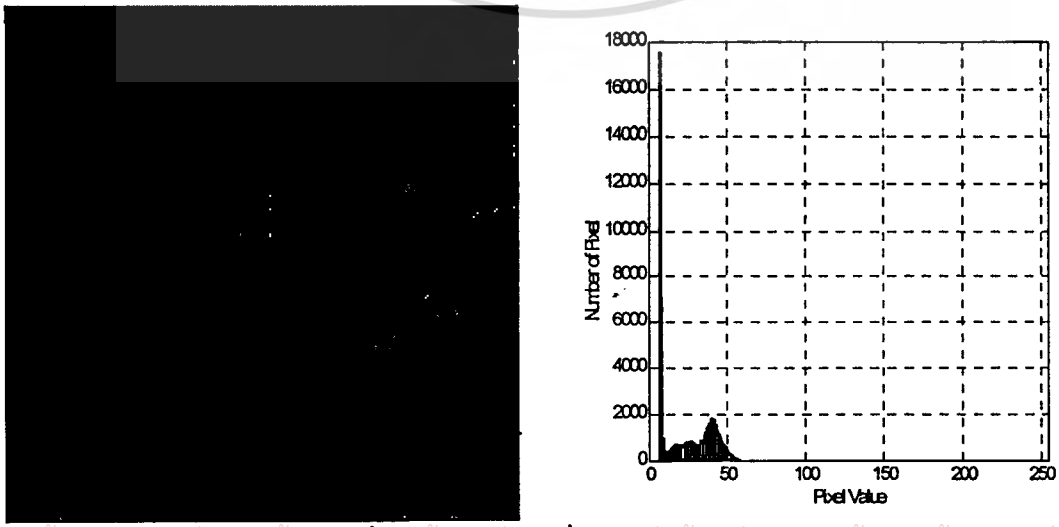
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.6



แสดงการปรับยืดภาพในลักษณะเส้นตรง

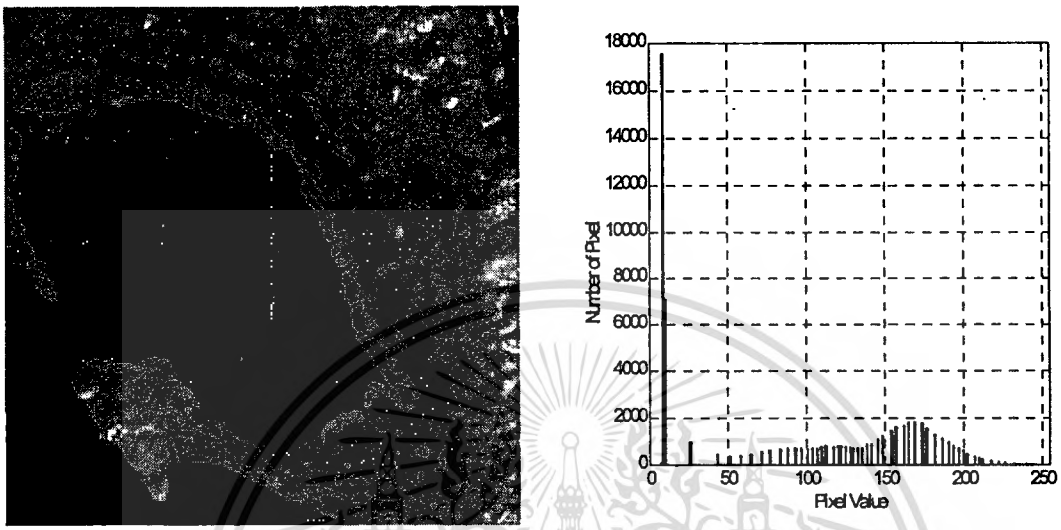
ภาพที่ 2.7



แสดงภาพที่มีระดับสัญญาณต่ำและฮิสโตแกรมของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.8



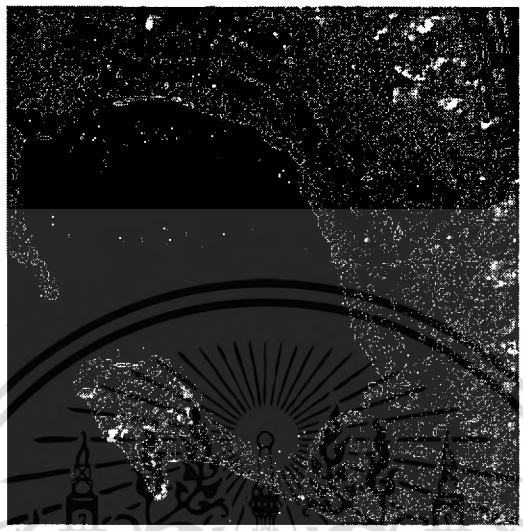
แสดงภาพที่ผ่านการยืดภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและฮิสโตแกรมของภาพ

การปรับปรุงขอบภายในภาพ (Edge enhancement)

ใช้วิธีการเดียวกันกับการกรองปรับภาพให้เรียบ แต่จะใช้หน้าต่างที่มีการให้น้ำหนักต่าง ๆ กัน หรือมีการปฏิบัติการเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเน้นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน เช่น เส้นของอ่างเก็บน้ำ หรือของฝั่งทะเล เป็นต้น โดยทางปฏิบัติแล้ว มักจะปรับภาพให้เรียบก่อนโดยใช้หน้าต่างแบบหาค่าเฉลี่ย (ขนาด 3x3) แล้วนำค่าของภาพใหม่จากการเฉลี่ยไปลบออกจากภาพเดิม จะได้ภาพใหม่อีกภาพหนึ่งที่แสดงผลต่าง เราจะใช้ภาพที่แสดงผลต่างนี้เป็นส่วนของการเน้น โดยบวกกลับเข้าไปในภาพเดิม จะได้เป็นภาพเน้นขอบตามที่ต้องการ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.9 นอกจากนี้ยังอาจกำหนดทิศทางการเน้น เพื่อดูค่าเปลี่ยนแปลงในทิศทางต่าง ๆ กัน ซึ่งทำได้โดยปรับภาพให้เรียบก่อนเช่นกัน แล้วสร้างหน้าต่างกำหนดทิศทางที่ต้องการดังภาพที่ 2.10 จากนั้นใช้หน้าต่างวิ่งผ่านจุดภาพ เพื่อแทนค่าเก่าด้วยค่าใหม่ที่ได้จากการคำนวณจากหน้าต่าง นั่นคือใช้ค่าในตารางหน้าต่างเป็นตัวคูณประกอบของค่าจุดภาพ 9 จุดภาพ แล้วนำค่าที่ได้จากการคูณมารวมกันได้เป็นค่าจุดภาพที่ศูนย์กลาง การสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีนี้ จะได้ภาพที่แสดงแนวเส้นในทิศทางที่กำหนด การเน้นโดยกำหนดทิศทางนี้มีประโยชน์มากในการศึกษาทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.9



แสดงการปรับปรุงรายละเอียดของขอบภายในภาพ
โดยการบวกภาพผลลบที่ถูกทำให้เรียบกับภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.10

East-West

-1	-2	-1
2	4	2
-1	-2	-1

North-South

-1	2	-1
-2	4	-2
-1	2	-1

NW-SE

2	-1	-2
-1	4	-1
-2	-1	2

NE-SW

-2	-1	2
-1	4	-1
2	-1	-2

WNW-ESE

1	-2	-2
1	4	1
-2	-2	1

NNW-SSE

1	1	-2
-2	4	-2
-2	1	1

ENE-WSW

-2	-2	1
1	4	1
1	-2	-2

NNE-SSW

-2	1	1
-2	4	-2
1	1	-2

ภาพแสดงหน้าต่างขนาด 3x3 ที่ให้น้ำหนักในทิศทางต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการเบื้องต้นของการลดข้อมูลภาพ

ภาพเชิงตัวเลข (digital image) จะประกอบด้วยชุดของบิทข้อมูล ตัวอย่างเช่น ภาพระดับความเทาที่ประกอบด้วยอาเรย์ของข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่มขนาด 256 x 256 ซึ่งในแต่ละการสุ่มจะประกอบด้วยค่าความเข้มจำนวน 8 บิท ดังนั้นจึงต้องการเนื้อที่สำหรับทำการเก็บข้อมูลจำนวน 524,288 บิท หรือ 65536 ไบท์ ข้อมูลการสุ่มนี้เราเรียกง่ายว่าเป็นจุดภาพ (pixel) ซึ่งกรณีที่เป็นภาพสีขนาดเดียวกันนี้ก็จะใช้หน่วยความจำในการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า เนื่องจากความต้องการในการส่งข้อมูลภาพจะเป็นสัดส่วนกับจำนวนของบิทข้อมูล โดยในการส่งภาพเชิงตัวเลขตามปกตินั้นจะต้องใช้ความกว้างแถบ (bandwidth) ที่กว้างและใช้ระยะเวลานาน ยกตัวอย่างการส่งภาพจำนวน 524,288 บิท จะใช้เวลา 54.6 วินาที สำหรับการส่งข้อมูลผ่านโมเด็มที่ความเร็วในการส่ง 9,600 บิท/วินาที ซึ่งภาพเชิงตัวเลขอื่น ๆ อาจจะมีขนาดใหญ่กว่านี้ เช่น ภาพที่ได้จากรังสีเอกซ์ขนาด 2048 x 2048 จุดภาพ ที่ค่าความเข้ม 12 บิท ก็จะใช้เวลา 87 นาทีสำหรับการส่งที่ความเร็ว 9,600 บิท/วินาที

ค่าใช้จ่ายจะมีความสัมพันธ์กับการเก็บลงหน่วยความจำและการส่งข้อมูลภาพ จึงทำให้การลดข้อมูลมีความจำเป็นที่สำคัญ การลดข้อมูลภาพเป็นกระบวนการลดจำนวนของบิทที่จะใช้ในการแสดงภาพ การลดข้อมูลภาพจะคำนึงถึงข้อมูลทางสถิติของภาพร่วมกับความเหมือนจริงที่ยอมรับได้ด้วยการสังเกตด้วยตาของมนุษย์ โดยการลดจำนวนของบิทที่ต้องการใช้ในการแสดงภาพ ทำให้การลดข้อมูลภาพสามารถนำไปประยุกย์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดเก็บข้อมูลสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ด้วยการใช้การลดข้อมูลเพื่อทำการลดความต้องการหน่วยความจำ การส่งภาพสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้ด้วยการลดความต้องการความกว้างแถบ หรือการเพิ่มความเร็วในการส่งให้กับความกว้างแถบที่ใช้อยู่ การลดข้อมูลยังสามารถออกแบบให้มีการส่งแบ่บโปรเกรสซีฟ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อผู้สังเกตุต้องการดูภาพที่มีรายละเอียดต่ำเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อที่จะสามารถทำนายภาพที่จะถูกส่งต่อมาได้ เช่น การแสดงภาพในการสื่อสารอินเตอร์เน็ท

เทคนิคในการลดข้อมูลภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือการลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสีย (lossless compression) และการลดที่มีการสูญเสีย (lossy compression) การลดข้อมูลแบบไม่มีการสูญเสียจะสามารถนำข้อมูลกลับมาได้ใหม่อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันคือ การเข้ารหัสแบบไม่มีสัญญาณรบกวน (noiseless) , การเข้ารหัสที่สามารถสร้างกลับมาได้ (invertible) , การเข้ารหัสเอนโทรปี (entropy coding) และ การอัดข้อมูล (data compaction) การลดข้อมูลโดย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปราศจากการสูญเสียนี้มีความจำเป็นสำหรับข้อมูลบางชนิด เช่น ข้อมูลทางการธนาคาร และข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพราะถ้าแม้เพียงบิทเดียวของข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างกระบวนการลดข้อมูล ก็สามารถทำให้ข้อมูลเหล่านี้เกิดความเสียหายขึ้นอย่างมากได้ ตัวอย่างของการลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสีย เช่น โปรแกรม compress และ compact บนระบบยูนิกซ์ (UNIX) ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปจะมีอัตราการลดข้อมูลภาพแบบที่ไม่มีการสูญเสียในช่วงตั้งแต่ 2:1 ถึง 4:1 การลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสียที่ใช้เป็นมาตราฐานสากลได้แก่การลดข้อมูลแบบ JPEG (Joint photographic expert group) [11] จะมีอัตราการลดข้อมูลสำหรับภาพสีที่มีความซับซ้อนพอสมควรประมาณ 2:1 ดังนั้นเพื่อให้ได้อัตราการลดข้อมูลที่สูงขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องใช้การลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสีย การลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสียนี้จะทำให้เกิดความเพี้ยน (distortion) กับข้อมูลที่ได้ถูกสร้างกลับขึ้นมาใหม่ หัวใจในการออกแบบระบบการลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสีย คือการทำให้มีค่าความเพี้ยนเฉลี่ยต่ำที่สุดสำหรับอัตราบิท (bit rate) หรืออัตราการลดข้อมูล (compression ratio) หนึ่ง ๆ ซึ่งวิธีการลดข้อมูลในแบบต่าง ๆ สามารถที่จะนำมารวมกันได้ เรียกว่าเป็นการลดข้อมูลแบบผสมผสาน (hybrid compression)

การลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสีย (Lossless Compression)

การลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสียจะนำเอาประโยชน์ของส่วนเกินของข้อมูล (redundancy) มาใช้ ซึ่งวิธีการหนึ่งที่จะนำมาใช้วัดส่วนเกินของข้อมูล คือการหาความน่าจะเป็นของการกระจายของค่าความเข้มของจุดภาพ โดยที่เอนโทรปีอันดับที่หนึ่ง (first order entropy) สามารถหาได้จาก

$$H = -\sum_{i} p(i)\log_2(p(i)) \qquad \text{(bits)} \tag{3.1}$$

เมื่อ $p(i)$ คือความน่าจะเป็นของค่าความเข้ม i ของจุดภาพที่เกิดขึ้น

เอนโทรปีจะใช้อธิบายความไม่แน่นอนหรือ randomness ของข้อมูล และจะแสดงค่าเฉลี่ยของจำนวน บิทที่จะใช้แทนข้อมูล ภาพจะถูกลดข้อมูลโดยการเข้ารหัสค่าความเข้มของจุดภาพที่เกิดขึ้นบ่อยด้วยจำนวนบิทที่น้อย และเข้ารหัสค่าความเข้มของจุดภาพที่เกิดขึ้นน้อยกว่าด้วยจำนวนบิทที่มาก ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะเป็นการลดจำนวนบิทที่ใช้แทนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28913

การเข้ารหัสฮัฟแมน (Huffman Coding)

การเข้ารหัสฮัฟแมนเป็นการลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสียวิธีหนึ่ง หลักการที่สำคัญของการเข้ารหัสฮัฟแมนคือ ข้อมูลที่มีความน่าจะเป็นสูงกว่าจะถูกเข้ารหัสด้วยจำนวนบิตที่น้อยกว่า

การเข้ารหัสฮัฟแมน [2] สามารถอธิบายโดยย่อ ได้ดังนี้

(1) ทำการนับความถี่เพื่อหาความน่าจะเป็นของข้อมูลทุกตัว และเรียงลำดับข้อมูลตามความน่าจะเป็นจากน้อยไปหามาก

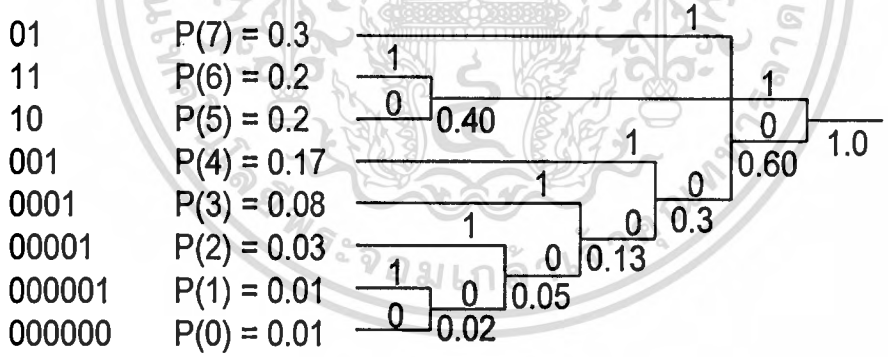
(2) นำความน่าจะเป็นที่มีค่าต่ำสุด 2 ค่ามารวมกันเพื่อสร้างเป็นโหนด (node) ใหม่ แล้วนำความน่าจะเป็นใหม่ที่ได้ มาเรียงลำดับใหม่ร่วมกับความน่าจะเป็นเดิมที่เหลือ

(3) กำหนดค่าไบนารี่ให้กับโหนดคู่ที่ถูกกำหนดให้เป็นเส้นทางของโหนดใหม่นั้น โดยโหนดหนึ่งมีค่าเป็น 0 ส่วนอีกโหนดหนึ่งมีค่าเป็น 1

(4) ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกระทั่งได้ความน่าจะเป็นสุดท้ายเป็น 1.0

ตัวอย่างของการสร้างรหัสฮัฟแมน แสดงได้ภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1



แสดงตัวอย่างการเข้ารหัสฮัฟแมน

หลังจากที่ได้รหัสฮัฟแมนแล้ว การเข้ารหัสและการถอดรหัสสามารถทำได้โดยใช้การเปิดตาราง (look-up table) และรหัสที่ได้ก็สามารถที่จะทำการถอดรหัสได้ทันทีโดยไม่ต้องอ้างถึงข้อมูลตัวอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสรันเลนจ์ (Run-Length Coding)

เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการเข้ารหัสข้อมูลไบนารี่ที่มักจะเกิดกลุ่มของ 0 และ 1 เช่น ในข้อมูลภาพหรือข้อความสำหรับการส่งแฟกซ์ (facsimile) หรืออาจใช้กับภาพที่จุดภาพที่อยู่ใกล้กันมีระดับการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มไม่มาก และมีการซ้ำเป็นจำนวนมาก โดยจะเก็บจำนวนของจุดภาพที่ซ้ำกันแทนที่จะเก็บค่าระดับความเข้มของจุดภาพเหล่านั้น [3]

การเข้ารหัสเลขคณิต (Arithmetic Coding)

ในการเข้ารหัสเลขคณิตนั้นข่าวสารต้นแบบจะถูกแทนด้วยช่วงระยะห่างของจำนวนจริงระหว่าง 0 และ 1 โดยข้อมูลแต่ละตัวของข่าวสารจะทำให้ช่วงระยะห่างนั้นแคบลง ซึ่งระยะห่างที่เล็กลงนี้จะทำให้ใช้จำนวนของบิทมากขึ้น ตัวข้อมูลที่ต่อเนื่องกันของข่าวสารจะลดขนาดของระยะห่างตามความน่าจะเป็นของข้อมูล ข่าวสารที่มีความน่าจะเป็นสูงจะทำให้ระยะห่างถูกลดลงได้น้อยกว่าข่าวสารที่มีความน่าจะเป็นต่ำ ดังนั้นจึงทำให้ข่าวสารที่มีความน่าจะเป็นสูงใช้จำนวนบิทในการเข้ารหัสที่น้อยกว่า [4], [5]

ขบวนการจะเริ่มจากข้อมูลต้นแบบที่ไม่ได้มีการเรียงลำดับความน่าจะเป็น จากนั้นจะทำการแบ่งช่วงระยะห่างระหว่าง 0 กับ 1 เป็นช่วงย่อย ๆ ตามความน่าจะเป็นสะสม (cumulative probability) อาทิเช่น กำหนดให้ข้อมูลต้นแบบคือ $\{A, B, C, D, !\}$ มีความน่าจะเป็นเป็น $\{0.3, 0.1, 0.2, 0.3, 0.1\}$ ตามลำดับ การแบ่งช่วงระยะห่างระหว่าง 0 กับ 1 แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

ข้อมูลต้นแบบ	ความน่าจะเป็น (Probability)	ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability)	ขอบเขต (Range)
A	0.3	0.3	[0,0.3)
B	0.1	0.4	[0.3,0.4)
C	0.2	0.6	[0.4,0.6)
D	0.3	0.9	[0.6,0.9)
!	0.1	1.0	[0.9,0.1)

แสดงการแบ่งขอบเขตตามความน่าจะเป็นสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

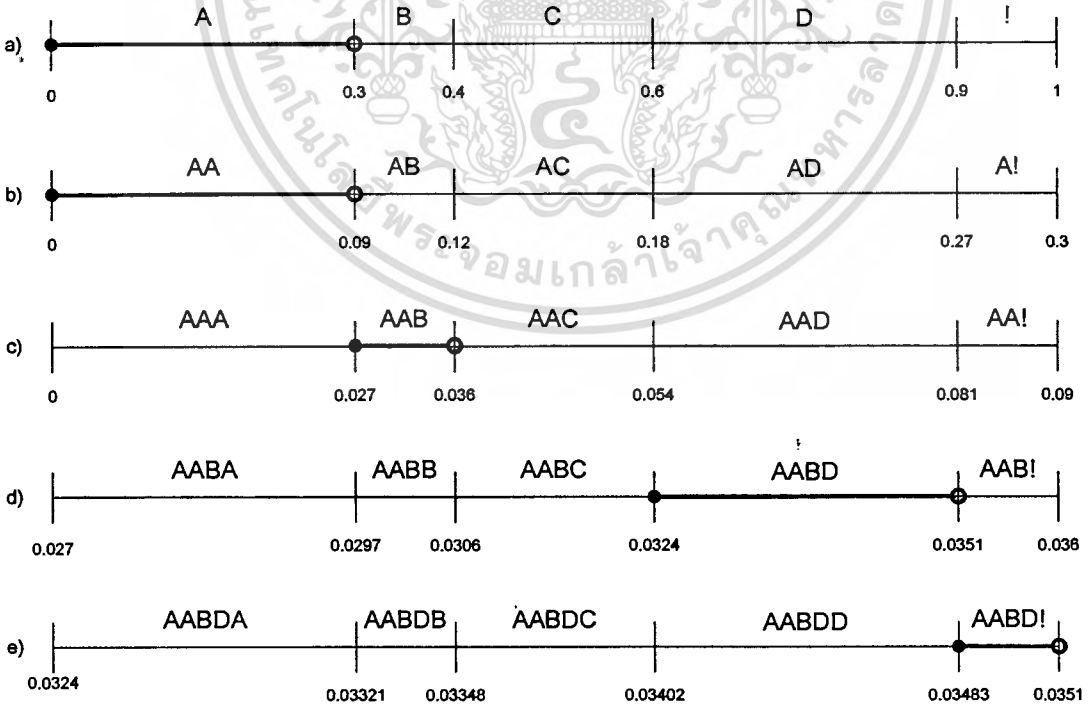
ตัวอย่างการเข้ารหัส *AABD!* แสดงไว้ในภาพที่ 3.2 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. *A* ตัวแรกจะลดขอบเขตของระยะห่างระหว่าง 0 กับ 1 ลงเป็น [0,0.3) ตามภาพที่ 3.2 a)
2. *A* ตัวที่สองจะลดขอบเขตของระยะห่างระหว่าง 0 กับ 0.3 ลงเป็น [0,0.09) ตามภาพที่ 3.2 b)
3. *B* จะลดขอบเขตระยะห่างระหว่าง 0 กับ 0.09 ลงเป็น [0.027,0.036) ตามภาพที่ 3.2 c)
4. *D* จะลดขอบเขตระยะห่างระหว่าง 0.027 กับ 0.036 ลงเป็น [0.0324,0.0351) ตามภาพที่ 3.2 d)
5. ! จะลดขอบเขตระยะห่างระหว่าง 0.0324 กับ 0.0351 ลงเป็น [0.03483,0.0351)ตามภาพที่ 3.2 e)

โดยที่ [0,0.3) หมายถึงระยะห่างที่อยู่ในช่วงมากกว่าหรือเท่ากับ 0 และน้อยกว่า 0.3 เป็นต้น

ดังนั้นข้อมูล *AABD!* สามารถจะเข้ารหัสได้โดยการแทนด้วยช่วงระยะห่างหรือตัวเลขจำนวนใด ๆ ที่อยู่ในช่วง [0.03483,0.0351)

ภาพที่ 3.2



แสดงการแบ่งขอบเขตตามข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติว่าตัวถอดรหัสได้รับข้อมูลรหัสเป็น i = 0.0350 ดังนั้นขบวนการถอดรหัสจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มจากแบ่งช่วง [0,1) ตามความน่าจะเป็น แล้วพบว่า i = 0.0350 อยู่ในช่วง [0,0.3) ซึ่งเป็นช่วงของตัวอักษร A ดังนั้นจะได้อักษรตัวแรกคือ A จากนั้นจะลดขอบเขตของ [0,1) ลงเป็น [0,0.3)

2. แบ่งช่วง [0,0.3) ตามความน่าจะเป็น แล้วพบว่า i = 0.0350 อยู่ในช่วง [0,0.9) ซึ่งเป็นช่วงของตัวอักษร A ดังนั้นจะได้อักษรตัวที่สองคือ A จากนั้นจะลดขอบเขตของ [0,0.3) ลงเป็น [0,0.09)

3. แบ่งช่วง [0,0.09) ตามความน่าจะเป็น แล้วพบว่า i = 0.0350 อยู่ในช่วง [0.027,0.036) ซึ่งเป็นช่วงของตัวอักษร B ดังนั้นจะได้อักษรตัวที่สามคือ B จากนั้นจะลดขอบเขตของ [0,0.09) ลงเป็น [0.027,0.036)

4. แบ่งช่วง [0.027,0.036) ตามความน่าจะเป็น แล้วพบว่า i = 0.0350 อยู่ในช่วง [0.0324,0.0351) ซึ่งเป็นช่วงของตัวอักษร D ดังนั้นจะได้อักษรตัวที่สามคือ D จากนั้นจะลดขอบเขตของ [0.027,0.036) ลงเป็น [0.0324,0.0351)

5. แบ่งช่วง [0.0324,0.0351) ตามความน่าจะเป็น แล้วพบว่า i = 0.0350 อยู่ในช่วง [0.03483,0.0351) ซึ่งเป็นช่วงของตัวอักษร ! ดังนั้นจะได้อักษรตัวที่สามคือ ! จากนั้นจะลดขอบเขตของ [0.0324,0.0351) ลงเป็น [0.03483,0.0351)

ในทางปฏิบัติแล้วมีอยู่หลายปัจจัยที่ทำให้การเข้ารหัสและถอดรหัสเลขคณิตมีความซับซ้อนกว่าการเข้ารหัสฮัฟแมน แต่ก็จะสามารถลดข้อมูลที่มากกว่า

Universal Coding and Lempel-Ziv Codes

เป้าหมายของการเข้ารหัสยูนิเวอร์แซล (Universal Coding) คือการลดขนาดของข้อมูลที่ไม่รู้ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งอัลกอริทึมจะต้องปรับตัวไปตามข้อมูล ตัวอย่างที่สำคัญของการเข้ารหัสยูนิเวอร์แซลคืออัลกอริทึม Lempel-Ziv [6] ลำดับของรหัสข้อมูลจะใช้ลักษณะของพจนานุกรมหรือตารางของลำดับ ซึ่งจะถูกปรับปรุงในระหว่างกระบวนการเข้ารหัสโดยการปรับตัวตามข้อมูลอินพุท ดังนั้นจึงสามารถเรียกได้ว่าเป็นการเข้ารหัสพจนานุกรมที่ปรับตัว (adaptive dictionary encoding) ได้ โดยปกติแล้ว การเข้ารหัสเลขคณิตมักจะมีข้อเสียเรื่องความยุ่งยากในการคำนวณ ในขณะที่การเข้ารหัส Lempel-Ziv จะมีความง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสตามระดับของบิท (Bit Plane Coding)

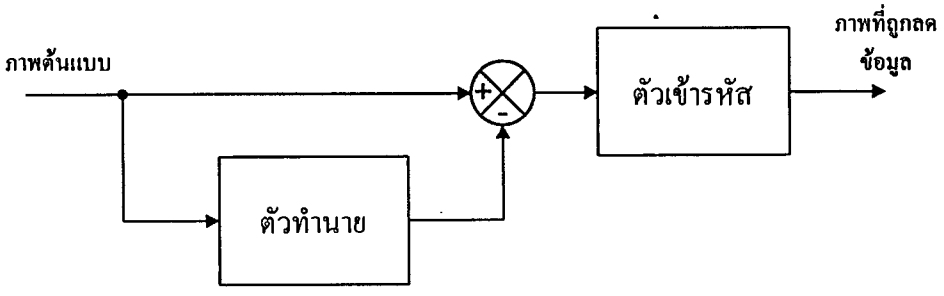
สมมติว่าแต่ละค่าของจุดภาพในภาพระดับเทาภาพหนึ่งถูกแทนด้วยข้อมูล k บิท ดังนั้นเราสามารถสร้างภาพไบนารีจำนวน k ภาพ ซึ่งบิทแต่ละตำแหน่งจะสร้างได้ 1 ภาพ โดยภาพที่ได้มาจากบิทตำแหน่งที่มีนัยสำคัญสูงกว่าจะประกอบด้วยข่าวสารที่สำคัญกว่า และจะมี spatial redundancy ที่สูงกว่า ดังนั้นจึงทำให้ง่ายต่อการลดข้อมูล วิธีการเข้ารหัสตามระดับของบิทจะอาศัยค่าระดับความเทาของภาพในการเพิ่มความสัมพันธ์ (correlation) ของจุดภาพ จากนั้นจึงนำการเข้ารหัสแบบรันเลนจ์หรือการเข้ารหัสเลขคณิตมาใช้ในการลดข้อมูล ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จาก [4], [5]

การเข้ารหัสทำนาย (Lossless Predictive Coding)

โดยปกติสำหรับภาพทั่วไปแล้ว จุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันจะมีความสัมพันธ์ต่อกันสูง (high correlation) นั่นหมายความว่าข้อมูลของจุดภาพสามารถที่จะหาได้โดยการตรวจสอบจุดภาพที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ของจุดภาพที่เราสนใจ ด้วยคุณสมบัตินี้เองที่ได้นำมาใช้ในการเข้ารหัสแบบทำนายโดยพยายามที่จะทำการคำนวณหาค่าของจุดภาพจากจุดภาพที่อยู่รอบ ๆ [4], [5]

การเข้ารหัสแบบทำนายจะทำการลดข้อมูลส่วนเกินระหว่างจุดภาพ (interpixel redundancy) แล้วเข้ารหัสเฉพาะข่าวสารใหม่ของแต่ละจุดภาพ โดยข่าวสารใหม่ของจุดภาพนี้สามารถหาได้จากความแตกต่างระหว่างค่าจริงของจุดภาพกับค่าที่ได้มาจากการทำนาย ดังสามารถแสดงได้ในภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3

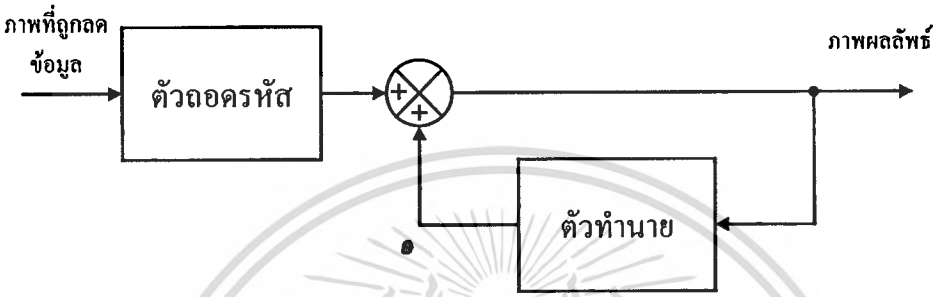


แสดงการเข้ารหัสทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการถอดรหัสนั้นจะนำภาพที่ถูกลดข้อมูลแล้วมาบวกกับค่าของตัวทำนายที่มีฟังก์ชันของตัวทำนายเช่นเดียวกันกับตัวเข้ารหัส ซึ่งผลที่ได้นั้นจะเรียกว่าภาพผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4



แสดงการถอดรหัสทำนาย

<u>การลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสีย (Lossy Compression)</u>

การลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสียจะทำให้เกิดความเพี้ยนของข้อมูลขึ้น แต่ก็มีอัตราการลดข้อมูลที่สูงกว่าการลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสียมาก ซึ่งมีอยู่หลายวิธีการดังนี้

การควอนไทซ์แบบสเกลาร์ (Scalar Quantization, SQ)

การควอนไทซ์แบบสเกลาร์เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดของการลดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสีย โดยการควอนไทซ์จะทำการตรวจสอบข้อมูลอินพุทที่ได้รับและเลือกค่าประมาณที่ได้จากฐานข้อมูลที่กำหนดไว้ล่วงหน้าให้ใกล้เคียงที่สุด โดยปกติแล้วข้อมูลอินพุทจะอยู่ในรูปอนาลอกหรือสัญญาณต่อเนื่อง ส่วนเอาท์พุทที่ได้จะอยู่ในรูปดิจิตอล โดยสามารถนิยามการควอนไทซ์แบบสเกลาร์ได้ว่าเป็นการ Mapping $Q:R \to C$ เมื่อ R คือค่าจำนวนจริง และ $C = \{y_i; i = 1,2,\ldots,N\}$ เป็นชุดของข้อมูลเอาท์พุท y_i หรือตัวเก็บรหัส (codebook) ที่มีขนาดเป็น N

ในการสร้างตัวควอนไทซ์ขนาด N จุด จะต้องทำการแบ่งเส้นจริง R ออกเป็น N ส่วน เรียกว่า R_i เมื่อ $i = 1,2,\ldots,N$ และค่าของส่วนที่ i สามารถหาได้จาก

$$R_i = \{x \in R; Q(x) = y_i\} \equiv Q^{-1}(y_i) \qquad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่แต่ละส่วนจะมีคุณสมบัติดังนี้

$$\bigcup_{i=1}^{N} R_i = R \text{ และ } R_i \cap R_j = \varnothing \text{ เมื่อ } i \neq j \tag{3.3}$$

การควอนไทซ์จะแบ่งระดับหรือย่านของข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ โดยที่แต่ละช่วงจะแทนระดับของข้อมูลที่เป็นค่าเดี่ยว ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Quantization) เป็นการควอนไทซ์ที่มีรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยการแบ่งย่านของข้อมูลออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน ดังแสดงในภาพที่ 3.5 ในการออกแบบตัวควอนไทซ์จะมี d_i เป็นระดับการตัดสินใจ (decision level) และ r_i เป็นระดับของข้อมูลผลลัพธ์ (reconstruction level) เมื่อ $i = 0,1,2,\ldots,L$ โดยที่

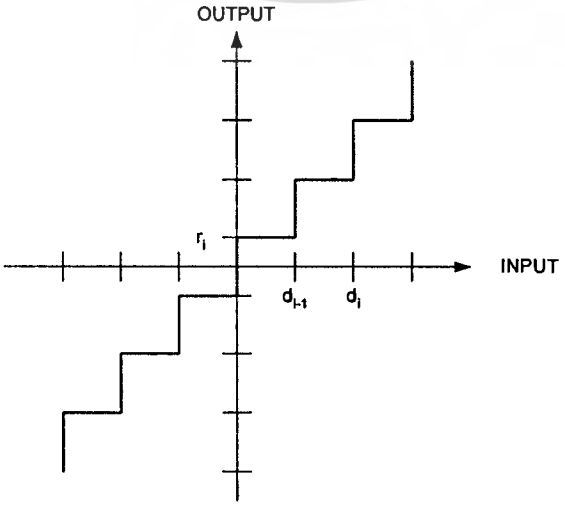
$$r_i = \frac{d_i + d_{i+1}}{2} \tag{3.4}$$

และ จะได้ช่วงห่างของการควอนไทซ์ (Δ) เป็น

$$\Delta = d_{i+1} - d_i \tag{3.5}$$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์มมีค่าของ Δ เท่ากันตลอดย่านของข้อมูลอินพุท

ภาพที่ 3.5



แสดงระดับของการควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ [illegible] ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การควอนไทซ์แบบนอน-ยูนิฟอร์ม (Non-Uniform Quantization) เป็นการออกแบบการควอนไทซ์ให้มีความเพี้ยนเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยอัลกอริทึม Lloyd-Max Qunatizer ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Lloyd [7] และ Max [8] ซึ่งทั้ง Lloyd และ Max ได้วิเคราะห์สัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์โดยใช้ความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (mean square error, MSE) และได้พยายามลดสัญญาณรบกวนนี้ลงโดยกำหนดความน่าจะเป็นของความหนาแน่นสัญญาณในช่วงหนึ่งมีค่าไม่คงที่ โดยที่ความเพี้ยนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการควอนไทซ์หาได้จาก

$$E = \sum_{k=0}^{N} \int_{d_k}^{d_{k+1}} (y - r_k)^2 \, p(y) dy \tag{3.6}$$

เมื่อ $p(y)$ คือฟังก์ชันความน่าจะเป็นของข้อมูล y
และกำหนดให้อนุพันธ์ของค่าความเพี้ยนเมื่อเทียบกับระดับ r_i และช่วง d_i เท่ากับศูนย์ ทำให้ได้

$$d_i = \frac{r_i + r_{i-1}}{2} \tag{3.7}$$

และ

$$r_i = \frac{\int_{d_i}^{d_{i+1}} y p(y) dy}{\int_{d_i}^{d_{i+1}} p(y) dy} \tag{3.8}$$

การเข้ารหัสแบบทำนาย (Lossy Predictive Coding)

ในการเข้ารหัสแบบทำนายโดยทั่วไป ความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันจะถูกนำมาใช้ในการทำนายค่าของแต่ละจุดภาพ วิธีหนึ่งในการลดข้อมูลที่นำเอาการเข้ารหัสแบบทำนายมาใช้คือการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์เชิงอนุพันธ์ (differential pulse code modulation, DPCM) โดยจะนำเอาค่าความผิดพลาดจากการทำนายที่ได้มาจากการลบค่าการทำนายออกจากค่าจริงของจุดภาพมาทำการควอนไทซ์แบบสเกลาร์ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของข้อมูลขึ้น แต่ก็จะสามารถลดข้อมูลได้ในอัตราที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสโดยการแปลง (Transform Coding)

การลดข้อมูลด้วยการเข้ารหัสการแปลงจะทำการแปลง ข้อมูลอินพุทที่อยู่ในรูปของ spatial domain ให้อยู่ในรูปของ spectral หรือ frequency domain โดยใช้วิธีการแปลงแบบต่าง ๆ เช่น การแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) ในการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปของ spatial domain ให้อยู่ในรูปสัมประสิทธิ์ของพลังงานความถี่ จะได้ที่ความถี่ต่ำ ๆ จะมีพลังงานสูง และที่ความถี่สูง ๆ พลังงานจะลดลงไป สำหรับข้อมูลภาพโดยทั่ว ๆ ไปนั้นจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นความถี่สูงคือส่วนที่เป็นรายละเอียดหรือขอบภายในภาพ และส่วนที่เป็นความถี่ต่ำภาพคือข้อมูลส่วนที่เป็นพื้นของภาพ ซึ่งจำนวนบิทที่ใช้ในการเข้ารหัสของแต่ละช่วงความถี่จะไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อต้องการลดข้อมูลให้ได้มาก ค่าของพลังงานความถี่สูงจะถูกตัดทิ้งไปเป็นส่วนใหญ่ ทำให้รายละเอียดส่วนที่เป็นขอบในภาพขาดหายไป ภาพที่ได้จะเบลอ (blur) ขาดความคมชัด

การแปลงที่ใช้ในการลดข้อมูลภาพมีอยู่หลายวิธี เช่น การแปลงฟูริเยร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform), การแปลงวอล์ช-ฮาดามาร์ด (Walsh-Hadamard Transform) , การแปลงดีสครีทโคซายน์ (Discrete Cosine Transform), การแปลงดีสครีทซายน์ (Discrete Sine Transform), การแปลงฮาร์ (Haar Transform) และการแปลงคาร์ฮูเนนเลิฟ (Karhunen Loeve Transform) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป แต่ที่วิธีนิยมใช้ในการลดข้อมูลกันมากที่สุดคือการแปลง ดีสครีทโคซายน์ (DCT) [4], [5], [9] เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถคำนวณได้ง่ายและเร็ว ตัวอย่างของการลดข้อมูลที่ใช้การแปลงดีสครีทโคซายน์คือ การลดข้อมูลแบบ JPEG ซึ่งปัจจุบันวิธีการนี้เป็นวิธีการมาตราฐานที่ใช้ในการลดข้อมูล

การเข้ารหัสแบนด์ย่อย (Subband Coding)

ในการเข้ารหัสแบนด์ย่อย [10], [11] ภาพต้นแบบจะถูกกรองตามช่วงของความถี่เพื่อสร้างเป็นภาพภาพย่อย ซึ่งภาพเหล่านี้ถูกเรียกว่าภาพแบนด์ย่อย (subbands) เนื่องจากแต่ละภาพแบนด์ย่อยนี้ได้ถูกลดความกว้างแถบ (bandwidth) เมื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ ทำให้สามารถที่จะทำการลดจำนวนการสุ่ม (downsampling) ลงได้ ซึ่งสามารถทำได้ด้วยกระบวนการในการกรอง (filtering) ส่วนการลดจำนวนการสุ่มนี้เรียกว่าเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ (analysis stage) หลังจากนั้นภาพแบนด์ย่อยที่ได้จะถูกเข้ารหัสด้วยตัวเข้ารหัสต่าง ๆ โดยที่อัตราบิท (bit rate) ต่าง ๆ หรือแม้แต่วิธีการเข้ารหัสต่าง ๆ กันก็สามารถนำมาใช้กับภาพแต่ละแบนด์ย่อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างภาพกลับคืนมาอีกครั้งสามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนการสุ่ม (upsampling) ของภาพแบนด์ย่อยที่ได้ถอดรหัสแล้ว จากนั้นนำมาผ่านตัวกรอง แล้วรวมภาพที่สร้างกลับคืนมาแต่ละแบนด์ย่อยเข้าด้วยกัน กระบวนเรียกว่าขั้นตอนการสังเคราะห์ (synthesis stage)

จะสังเกตุได้ว่าการสร้างภาพแบนด์ย่อยจะไม่ทำให้เกิดการลดลงของข้อมูล เนื่องจากจำนวนของการสุ่ม (sample) ของทุกแบนด์ย่อยรวมกันแล้วยังคงเท่ากันกับภาพต้นแบบ แต่จะมีข้อดีในแง่ที่แต่ละภาพแบนด์ย่อยนั้นสามารถที่จะทำการเข้ารหัสได้ด้วยประสิทธิภาพที่ดีกว่าภาพต้นแบบเดิม

เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพ

ในการวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลในเชิงคณิตศาสตร์สามารถกระทำได้หลายวิธีการ คือ

ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error, MSE)

เราสามารถใช้ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยในการวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูล คือถ้าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยมีค่าน้อย แสดงว่าภาพที่ได้จากการแปลงกลับภาพที่ถูกลดข้อมูลแล้วมีความผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นแบบน้อย ซึ่งเราสามารถหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของการลดข้อมูลภาพขนาด $M \times N$ ได้ดังนี้

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j) - \hat{f}(i,j)\right]^2 \qquad (3.9)$$

โดยที่ M คือจำนวนจุดภาพตามความกว้างของภาพ

N คือจำนวนจุดภาพตามความสูงของภาพ

$f(i,j)$ คือระดับความเทา (Gray level)ที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพต้นแบบภาพต้นแบบ

$\hat{f}(i,j)$ คือระดับความเทาที่ตำแหน่ง (i,j) ของภาพที่ได้ถูกสร้างกลับขึ้นมาใหม่

ในบางครั้งเราอาจจะพบว่ามีการใช้ค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square error, $RMSE$) ในการวัดประสิทธิภาพการลดข้อมูลแทนค่า MSE ซึ่งค่า $RMSE$ สามารถหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j) - \hat{f}(i,j)\right]^2} \qquad (3.10)$$

SNR และ PSNR

อีกวิธีการหนึ่งของการอธิบายประสิทธิภาพของอัลกอริทึมคือ ค่าสัดส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (signal-to-noise ratio, SNR) ในบางครั้งก็เรียกว่า ค่าสัดส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนการควอนไทซ์ (signal-to-quantization-noise ratio) ซึ่งในการวัดค่าจะมีความสัมพันธ์ของกำลังของสัญญาณกับความเพี้ยนของสัญญาณ สามารถหาได้จากการนำค่าเฉลี่ยของภาพต้นแบบยกกำลังสองแล้วหารด้วย MSE โดยมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) ดังนี้

$$SNR = 10\log_{10}\frac{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j)\right]^2}{MSE} \quad \text{(dB)} \qquad (3.11)$$

$$SNR = 10\log_{10}\frac{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j)\right]^2}{\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\left[f(i,j) - \hat{f}(i,j)\right]^2} \quad \text{(dB)} \qquad (3.12)$$

การวัดที่คล้าย ๆ กันคือ ค่าสัดส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (peak-signal-to-noise ratio, PSNR) โดยสามารถหาได้ดังนี้

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{Peak^2}{MSE} \quad \text{(dB)} \qquad (3.13)$$

เมื่อ Peak แทนค่าสูงสุดของขอบเขตของข้อมูล ทั้ง SNR และ PSNR เป็นวิธีที่นิยมใช้อธิบายคุณภาพของการลดข้อมูลภาพ

สำหรับภาพที่มีจุดภาพแทนด้วยข้อมูลขนาด n บิท หรืออาจกล่าวได้ว่ามีจำนวนระดับความเทา (gray scale) เป็น 2^n จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{(2^n-1)^2}{MSE} \quad \text{(dB)} \qquad (3.14)$$

ดังนั้นภาพที่มีจุดภาพแทนด้วยข้อมูลขนาด 8 บิท หรือมีจำนวนระดับความเทาเป็น 256 จะได้

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{(2^8-1)^2}{MSE} \qquad (3.15)$$

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{255^2}{MSE} \qquad (3.16)$$

$$PSNR = 20\log_{10}\frac{255}{RMSE} \qquad (3.17)$$

การวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพด้วยความเข้าใจ (Perceptual Measures)

เป็นการยากที่จะใช้คณิตศาสตร์ในการบอกปริมาณความผิดพลาดตามความเข้าใจของมนุษย์ และการวัดเชิงคณิตศาสตร์ก็ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพของภาพ หมายความว่าอัลกอริทึมอาจจะทำให้เกิดความผิดภาพเชิงคณิตศาสตร์มากกว่า แต่เมื่อสังเกตด้วยตาแล้วอาจจะมีคุณภาพดีกว่า ซึ่งกรณีนี้สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าอัลกอริทึมให้เกิดความผิดพลาดในพื้นที่หรือความถี่มากขึ้นซึ่งตาไม่สามารถที่จะวัดได้ โดยทั่ว ๆ ไปรหัสที่สร้างขึ้นด้วยการควอนไทซ์แบบหยาบ ๆ เช่น ผลจากบล็อก (block effect) ผลจากทางเดิน (contour effect) ผลจากวงแหวน (ringing effect) เป็นต้น จะไม่แสดงความเพี้ยนทางคณิตศาสตร์ให้เห็นอย่างชัดเจน แต่สามารถที่จะสังเกตเห็นได้ง่ายด้วยสายตาของมนุษย์

อัตราบิท

อัตราบิท (bit rate) คือค่าเฉลี่ยของจำนวนบิทต่อจุดภาพ (bits per pixel, BPP) ของภาพที่ถูกลดข้อมูล โดยสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างจำนวนบิทข้อมูลทั้งหมดของภาพที่ถูกลดข้อมูล ต่อจำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพต้นแบบ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Bit Rate (bits per pixel, BPP)} = \frac{\text{จำนวนบิททั้งหมดของภาพที่ถูกลดข้อมูล}}{\text{จำนวนจุดภาพทั้งหมดของภาพต้นแบบ}} \qquad (3.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการลดข้อมูล (compression ratio)

อัตราการลดข้อมูลคืออัตราส่วนระหว่างจำนวนบิทข้อมูลที่ใช้แทนภาพต้นแบบ และจำนวนบิทข้อมูลที่ใช้แทนภาพที่ถูกทำการลดข้อมูล โดยสามารถหาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการลดข้อมูล} = \frac{\text{จำนวนบิทข้อมูลของภาพต้นแบบ}}{\text{จำนวนบิทข้อมูลของภาพที่ถูกลดข้อมูล}} \tag{3.19}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

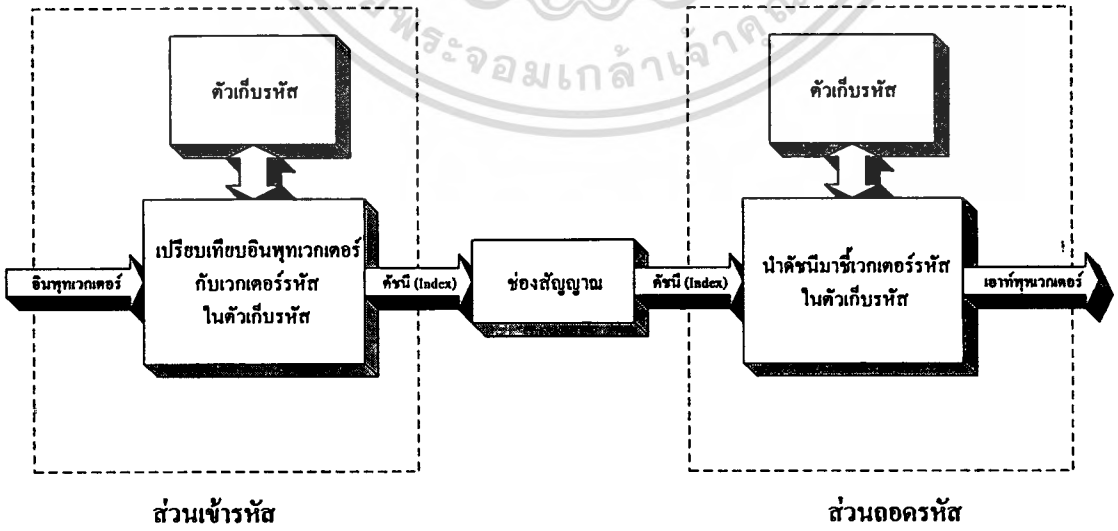
การลดข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization , VQ) เป็นวิธีการลดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสียวิธีหนึ่ง ซึ่งนิยามของการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ [12],[13],[14] คือการสร้างความสัมพันธ์ (Q) ระหว่างข้อมูลของ สเปซยูคลิเดียน (Euclidian space) K มิติ (R^K) ลงในเซตย่อย Y ของ R^K

$$Q : R^K \rightarrow Y \tag{4.1}$$

ซึ่ง $Y = (\hat{x}_i; i = 1,2,\ldots,N)$ คือ เซตของเวกเตอร์ที่ถูกสร้างกลับขึ้นมาใหม่ และ N คือจำนวนของเวกเตอร์ใน Y

การควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1



แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ทั้งส่วนเข้ารหัสและส่วนถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเข้ารหัสจะทำหน้าที่เปรียบเทียบอินพุทเวกเตอร์ที่ต้องการจะเข้ารหัสกับเวกเตอร์รหัส (codevector หรือ codeword) ทั้งหมดที่เก็บอยู่ในตัวเก็บรหัส (codebook) โดยกลุ่มของเวกเตอร์รหัสเหล่านี้จะแทนเวกเตอร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของอินพุทเวกเตอร์ โดยการเปรียบเทียบนี้จะได้ผลลัพธ์คือดัชนี (Index) ที่แทนเวกเตอร์รหัสที่มีความเพี้ยนน้อยที่สุด (Minimum Distortion) กับอินพุทเวกเตอร์

ส่วนถอดรหัสจะทำหน้าที่นำเอาค่าดัชนีมาชี้เวกเตอร์รหัสที่เก็บอยู่ในตัวเก็บรหัส ซึ่งจะต้องเป็นตัวเก็บรหัสเดียวกันกับตอนเข้ารหัส โดยเวกเตอร์รหัสที่ได้จะเป็นเอาท์พุทเวกเตอร์

การควอนไทซ์แบบเวกเตอร์สำหรับภาพเชิงตัวเลข

การควอนไทซ์แบบเวกเตอร์สำหรับภาพเชิงตัวเลขเป็นวิธีการในการลดข้อมูลภาพวิธีการหนึ่ง โดยอาศัยหลักการแทนที่บล็อกย่อยของข้อมูลภาพต้นแบบด้วยเลขดัชนีของชุดข้อมูลที่ใช้แทนบล็อกย่อยนั้น ซึ่งมักจะใช้ดัชนีเป็นเลขจำนวนนับ และมีค่าจำกัดอยู่ในระดับหนึ่ง

(1) การเข้ารหัสภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

ในการเข้ารหัสภาพเชิงตัวเลขด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ภาพต้นแบบจะถูกแยกองค์ประกอบให้เป็นเวกเตอร์ของภาพขนาด K มิติ ซึ่งเวกเตอร์เหล่านี้ สามารถสร้างได้ด้วยวิธีการต่างๆ หลายวิธี เช่น แบ่งภาพให้เป็นบล็อกของจุดภาพขนาด $l \times m = K$ ซึ่งจะทำการจัดเรียงให้อยู่ในรูปเวกเตอร์ขนาด K มิติได้ หรือองค์ประกอบของสี RGB ของภาพก็สามารถจัดให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ขนาด 3 มิติได้ เป็นต้น

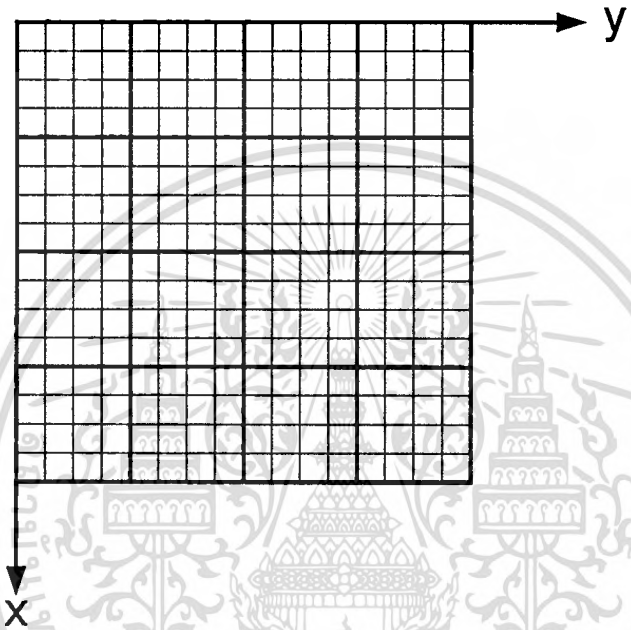
โดยทั่วไปอินพุทเวกเตอร์ที่จะนำมาทำการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์มักจะได้มาจากการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกย่อย ๆ ของจุดภาพที่ไม่ซ้อนทับกัน ซึ่งมักจะแบ่งเป็นบล็อกสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่า ๆ กัน เนื่องจากมีความง่ายในการจัดแบ่งให้ครอบคลุมได้ทั้งภาพ ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.2 จากนั้นจะทำการจัดเรียงข้อมูลจุดภาพในแต่ละบล็อกย่อยให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ ดังตัวอย่างในภาพที่ 4.3

ดังนั้นจะพบว่าถ้าภาพต้นแบบมีขนาดเป็น 256 x 256 จุดภาพ จะสามารถทำการแบ่งเป็นบล็อกย่อยขนาด 2x2 ที่ไม่ซ้อนทับกันได้ทั้งหมดจำนวน 16,384 บล็อก และถ้าแบ่งเป็นบล็อกย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

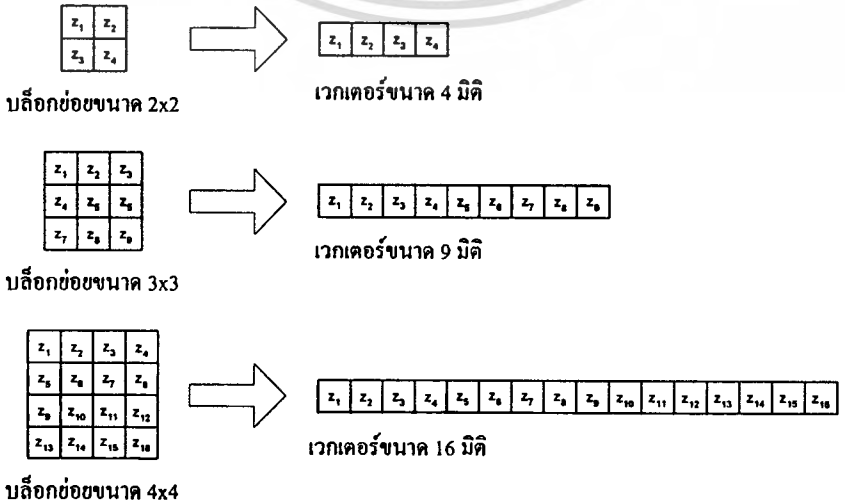
ขนาด 4x4 ที่ไม่ซ้อนทับกันก็จะได้ทั้งหมดจำนวน 4,096 บล็อก เป็นต้น ซึ่งจำนวนบล็อกย่อยที่แบ่งได้พอดีนี้จะเท่ากับจำนวนอินพุทเวกเตอร์ที่จะนำมาทำการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ต่อไป

ภาพที่ 4.2



แสดงการแบ่งภาพเป็นบล็อกย่อยขนาด 4x4

รูปที่ 4.3



แสดงตัวอย่างการจัดเรียงจุดภาพของบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาอัตราบิท (Bit rate)
ของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

ถ้าตัวเก็บรหัสประกอบด้วยเวกเตอร์รหัสจำนวน N_c เวกเตอร์ (ระดับ) จะได้อัตราบิทต่อเวกเตอร์ หรือจำนวนบิทของดัชนี

$$I = \log_2 N_c \tag{4.3}$$

และถ้า เวกเตอร์รหัสมีขนาดเป็น K มิติ หรือกล่าวได้ว่าประกอบด้วยสมาชิก K จุดภาพ จะได้อัตราบิทต่อจุดภาพ (bits per pixel , BPP) ดังนี้

$$BPP = \frac{I}{K} = \frac{1}{K}\log_2 N_c \tag{4.4}$$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าอัตราบิทจะขึ้นอยู่กับตัวเก็บรหัส โดยที่จำนวนของเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสจะแปรผันตรงกันกับอัตราบิท คือถ้าตัวเก็บรหัสประกอบด้วยเวกเตอร์รหัสจำนวนมากขึ้นจะทำให้มีอัตราบิทที่สูงขึ้น ส่วนขนาดของเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสจะแปรผกผันกับอัตรา บิท คือถ้าเวกเตอร์รหัสมีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้มีอัตราบิทที่ลดลง

การหาอัตราการลดข้อมูล (Compression rate)
ของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างจำนวนบิทข้อมูลจุดภาพทั้งหมดใน 1 บล็อกย่อย (เวกเตอร์) ของภาพต้นแบบ ต่อจำนวนบิทข้อมูลที่ใช้แทน 1 บล็อกย่อย ดังนั้น สำหรับภาพต้นแบบขนาด 8 บิทต่อจุดภาพ สามารถทำการคำนวณหาอัตราการลดข้อมูลได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการลดข้อมูล} = \frac{\text{จำนวนบิทข้อมูลจุดภาพทั้งหมดใน 1 บล็อกย่อย}}{\text{จำนวนบิทข้อมูลที่ใช้แทน 1 บล็อกย่อย}} \tag{4.5}$$

$$= \frac{K \times 8}{I} = \frac{K \times 8}{\log_2 N_c} = \frac{8}{BPP} \tag{4.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1

ระดับของตัวเก็บรหัส (N_c)	จำนวนบิทของดัชนี (I)	อัตราบิทต่อจุดภาพ (Bit Per Pixel ,BPP)		
		ขนาดบล็อกย่อย 2 x 2 $K=4$	ขนาดบล็อกย่อย 4 x 4 $K=16$	ขนาดบล็อกย่อย 8 x 8 $K=64$
256	8	2	0.5	0.125
128	7	1.75	0.4375	0.1094
64	6	1.5	0.375	0.09375
32	5	1.25	0.3125	0.078125
16	4	1	0.25	0.0625
8	3	0.75	0.1875	0.046875
4	2	0.5	0.125	0.03125
2	1	0.25	0.0625	0.015625

แสดงอัตราบิทต่อจุดภาพของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์
ที่มีตัวเก็บรหัสและบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2

ระดับของตัวเก็บรหัส (N_c)	จำนวนบิทของดัชนี (I)	อัตราการลดข้อมูล (Compression Rate)		
		ขนาดบล็อกย่อย 2 x 2 $K=4$	ขนาดบล็อกย่อย 4 x 4 $K=16$	ขนาดบล็อกย่อย 8 x 8 $K=64$
256	8	4	16	64
128	7	4.571	18.286	73.143
64	6	5.333	21.333	85.333
32	5	6.4	25.6	102.4
16	4	8	32	128
8	3	10.667	42.667	170.667
4	2	16	64	256
2	1	32	128	512

แสดงอัตราการลดข้อมูลของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์
ที่มีตัวเก็บรหัสและบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างตัวเก็บรหัส (Codebook)

แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

(1) การสร้างตัวเก็บรหัสด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์

จะได้การควอนไทซ์ที่เป็นแบบยูนิฟอร์ม (uniform) โดยทำการกำหนดโครงสร้างที่เป็นลักษณะปกติทั่วไปของภาพให้กับตัวเก็บรหัสเพื่อทำให้การเข้ารหัสและการถอดรหัสสามารถกระทำได้รวดเร็ว โดยปกติจำเป็นต้องรู้โมเดลความน่าจะเป็นของเวกเตอร์ของภาพ และต้องการตัวเก็บรหัสที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี

(2) การสร้างตัวเก็บรหัสโดยการหาตัวเก็บรหัสที่ดีที่สุดจากการเรียนรู้จากชุดข้อมูลที่นำมาทำการฝึก (training set)

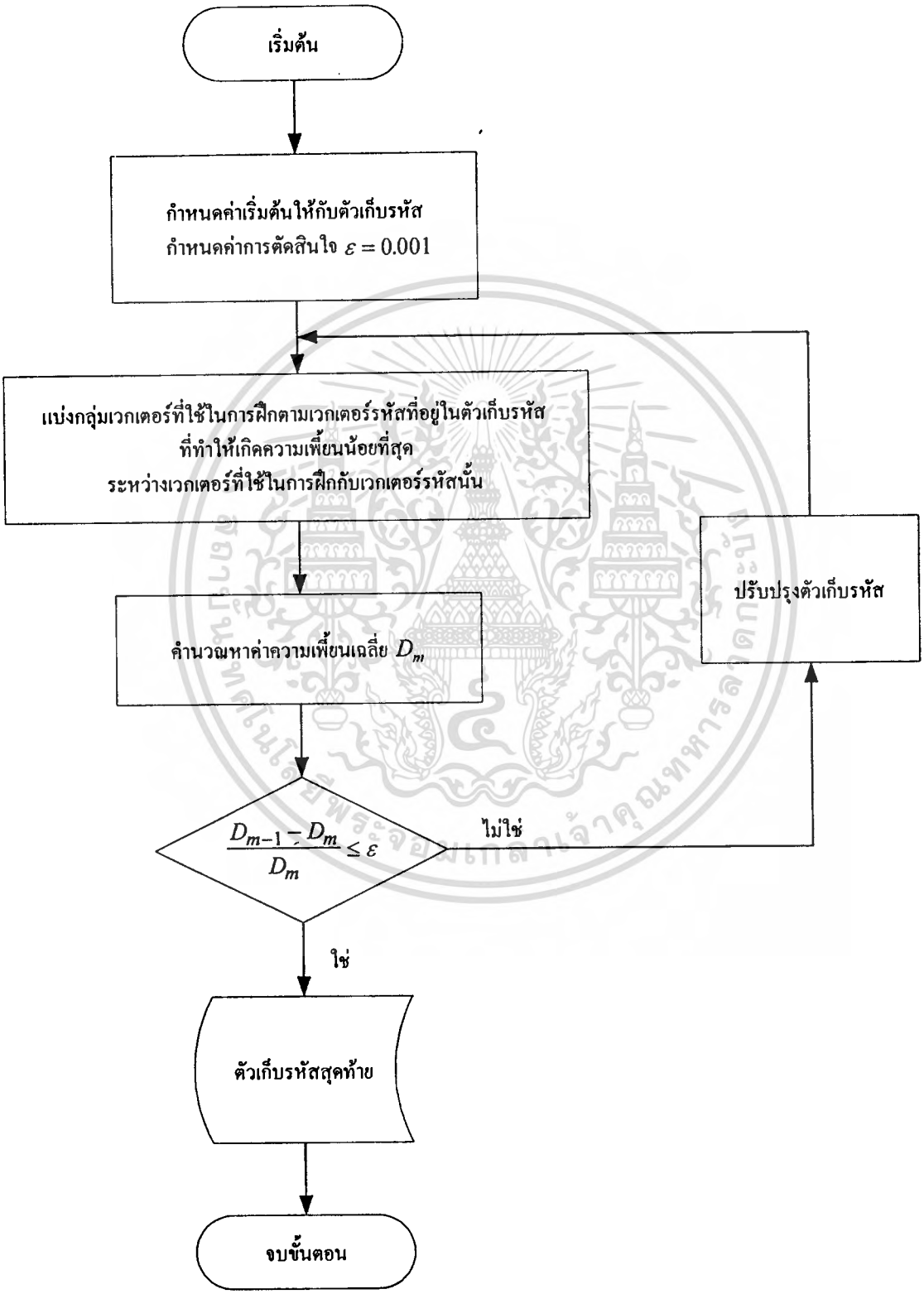
วิธีนี้มีความเหมาะสมในการใช้งานตามความเป็นจริงมากกว่า เหมาะสำหรับตัวเก็บรหัสที่มีขนาดเล็ก โดยไม่จำเป็นต้องรู้โมเดลความน่าจะเป็นของเวกเตอร์ของภาพ ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้กันได้แก่การสร้างตัวเก็บรหัสโดยใช้อัลกอริทึมของ Linde-Buzo-Gray หรือ LBG

อัลกอริทึม Linde-Buzo-Gray (LBG)

อัลกอริทึม LBG [12],[13] เป็นอัลกอริทึมที่นิยมใช้ในการสร้างตัวเก็บรหัส โดยอัลกอริทึมจะเริ่มต้นจากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส แล้วทำการปรับปรุงตัวเก็บรหัสโดยการแทนเวกเตอร์รหัสแต่ละตัวที่อยู่ในตัวเก็บรหัสด้วยเวกเตอร์ตัวใหม่ที่จะทำให้เกิดความเพี้ยนลดลงไปเรื่อย ๆ โดยจะทำการปรับปรุงวนซ้ำไปจนกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเพี้ยนที่ลดลงมีค่าต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ อัลกอริทึมของ LBG สามารถเขียนเป็นโฟลว์ชาร์ต ได้ดังภาพที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7



แสดงโฟลว์ชาร์ตของอัลกอริทึม LBG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึม LBG สามารถอธิบายโดยละเอียดได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำภาพที่จะมาทำการฝึก (training) แบ่งเป็นบล็อกย่อยขนาดเท่า ๆ กันจำนวน แล้วจัดให้อยู่ในรูปเวกเตอร์สำหรับการฝึก (training vectors) x_j

โดยที่ $x_j = [x_j(1)\ x_j(2)\ x_j(3)\ \ldots x_j(K)]$ เมื่อ $j = 1,2,3,\ldots,n$

n คือ จำนวนบล็อกย่อยหรือจำนวนเวกเตอร์ที่ได้มาจากภาพที่จะนำมาทำการฝึก

K คือ ขนาดมิติของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับอัลกอริทึมดังนี้

(2.1) กำหนด m เป็นจำนวนรอบของการคำนวณ = 0

(2.2) กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ ตัวเก็บรหัส $Y_m = \{\hat{x}_i ; i = 1,2,3,\ldots, N_c\}$

(2.3) กำหนด D_m เป็นตัวแปรวัดความเพี้ยนเฉลี่ย (average distortion) ของเวกเตอร์ทั้งหมดให้มีค่ามาก ๆ

(2.4) กำหนด ε เป็นค่าตัดสินใจของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเพี้ยนเฉลี่ย = 0.001

ขั้นตอนที่ 3 ทำการจัดกลุ่มของเวกเตอร์ที่นำมาฝึก x_j ตามจำนวนของเวกเตอร์รหัส

$$P(Y_m) = (S_i ; i = 1,2,\ldots, N_c) \tag{4.7}$$

เมื่อ

Y_m คือ ตัวเก็บรหัสของรอบการคำนวณที่ m

N_c คือ จำนวนของเวกเตอร์รหัสที่เก็บอยู่ในตัวเก็บรหัส

S_i คือ เซ็ตของเวกเตอร์ที่มีความเพี้ยนน้อยที่สุดกับ เวกเตอร์รหัส $\hat{x}_i$

โดยการจัดกลุ่มจะใช้หลักความเพี้ยนน้อยที่สุดดังนี้ คือ

$$x_j \in S_k \quad \text{ถ้า } d(x_j, \hat{x}_k) \le d(x_j, \hat{x}_i) \text{ สำหรับทุกค่าของ } i$$

เมื่อ

$$d(x_j, \hat{x}_i) = \frac{1}{K} \sum_{m=1}^{K} [x_j(m) - \hat{x}_i(m)]^2 \tag{4.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 ทำการคำนวณหาค่าความเพี้ยนเฉลี่ย (average distortion) D_{m+1} โดยที่

$$D_{m+1} = D[(Y_m, P(Y_m))] = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \min_{\hat{x} \in Y_m} d(x_j, \hat{x}) \tag{4.9}$$

ขั้นตอนที่ 5 ทำการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความเพี้ยนเฉลี่ยของรอบการคำนวณที่แล้วกับรอบการคำนวณปัจจุบัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก $\frac{D_m - D_{m+1}}{D_{m+1}}$ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าการตัดสินใจ ε

(5.1) ถ้า $\frac{D_m - D_{m+1}}{D_{m+1}}$ มีค่ามากกว่าค่าการตัดสินใจ ε ให้ทำการปรับปรุงค่าของเวกเตอร์รหัสในตัวเก็บรหัส โดยการนำแต่ละกลุ่มของเวกเตอร์ที่จัดไว้ในขั้นตอนที่ (3) มาทำการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละมิติของเวกเตอร์ ดังนั้นจะได้ตัวเก็บรหัสที่ปรับปรุงแล้วเป็น

$$\hat{X}(P(Y_m)) = (\hat{X}(S_i); i = 1, 2, \ldots, N_c) \tag{4.10}$$

เมื่อ

$$\hat{X}(S_i) = \frac{1}{\|S_i\|}\sum_{j: x_j \in S_i} x_j \tag{4.11}$$

ดังนั้นจะได้ตัวเก็บรหัสใหม่เป็น

$$Y_{m+1} = \hat{X}(S_i) \tag{4.12}$$

จากนั้นทำการเพิ่มค่าให้กับตัวจำนวนรอบของการคำนวณ m ขึ้นอีก 1 $(m = m + 1)$ แล้วกลับไปทำซ้ำเริ่มจากขั้นตอนที่ 3

(5.2) ถ้า $\frac{D_m - D_{m+1}}{D_{m+1}}$ น้อยกว่าหรือเท่ากับ ε จะเป็นการจบอัลกอริทึม และได้ตัวเก็บรหัสคือ Y_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส

การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสจะมีผลต่อการทำงานของอัลกอริทึม LBG โดยในการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสสามารถกำหนดให้ตัวเก็บรหัสมีขนาดได้ตามที่ต้องการ ซึ่งมักจะกำหนดตามจำนวนบิทของเลขดัชนีที่จะใช้ เช่นถ้าต้องการใช้เลขดัชนีที่มีขนาด I บิท จะได้ตัวเก็บรหัสมีขนาดเป็น 2^I เวกเตอร์ หรืออีกวิธีคือเราสามารถกำหนดให้ตัวเก็บรหัสขนาดเล็ก ๆ ก่อนที่จะทำการคำนวณแบบเรียกตัวเอง (recursive) เพื่อสร้างตัวเก็บรหัสที่ใหญ่ขึ้น จนได้ตามขนาดที่ต้องการได้

การกำหนดค่าเริ่มต้นของ ตัวเก็บรหัสให้กับอัลกอริทึมนั้นมีอยู่หลายวิธี คือ

1. การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่าย โดยจะเริ่มต้นจากการนำภาพที่ต้องการจะใช้ในการฝึกมาแบ่งเป็นบล็อกย่อย แล้วจัดเรียงบล็อกย่อยให้เป็นเวกเตอร์ จากนั้นนำ N_c เวกเตอร์แรกของเวกเตอร์ที่ได้มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส แล้วนำไปผ่านอัลกอริทึม LBG ต่อไป ขั้นตอนทั้งหมดสามารถอธิบายได้ตามโฟลว์ชาร์ตที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.8

ข้อเสียของวิธีการนี้คืออาจจะไม่ได้เวกเตอร์ที่มีการกระจายที่ดีพอ

2. การกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยยูนิฟอร์มควอนไทเซอร์ (uniform quantizer) [12]

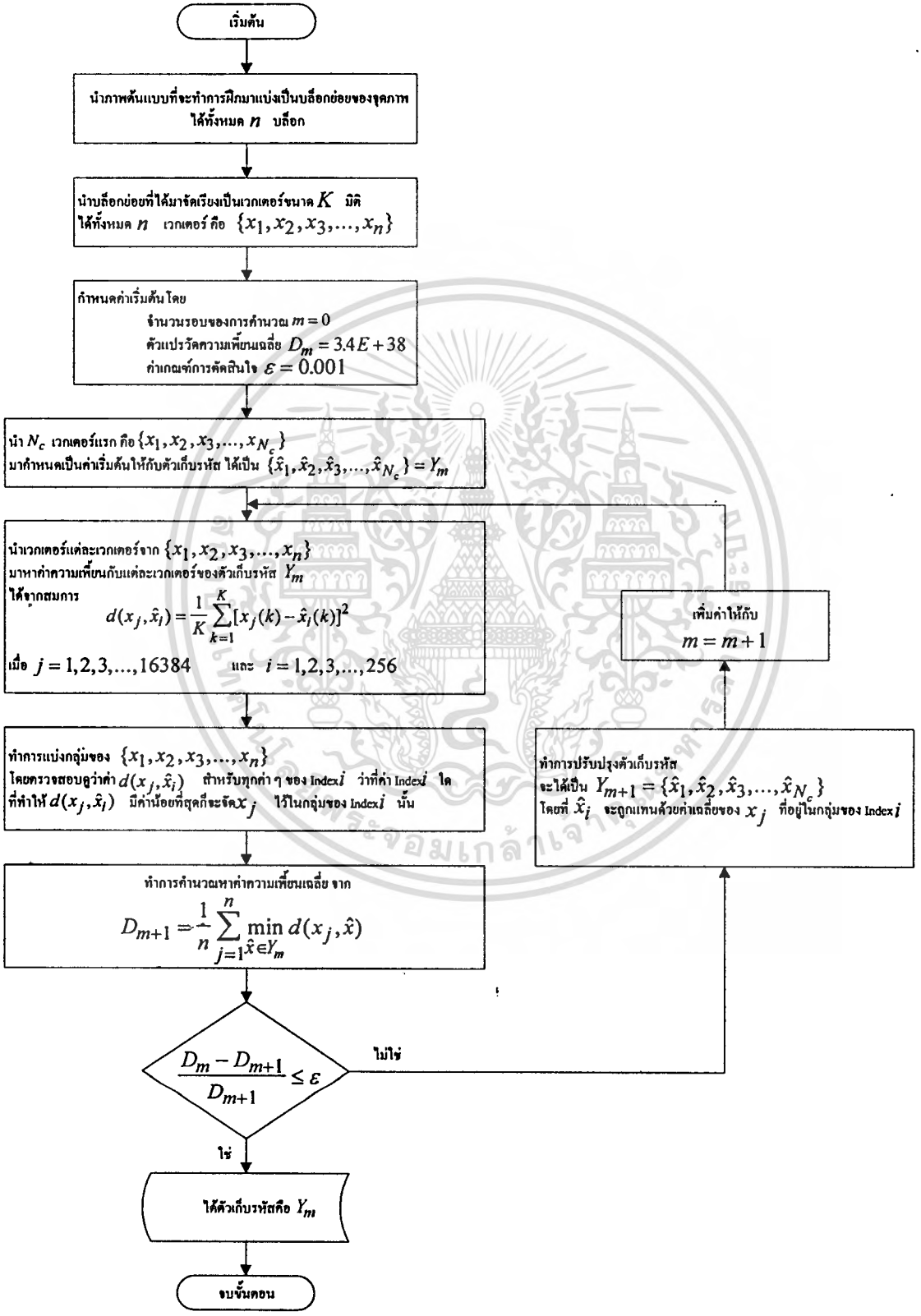
เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นให้ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมด ที่จะนำมาทำการฝึก ซึ่งวิธีนี้จะใช้กับข้อมูลที่มีการกระจายแบบเกาส์ (Gaussian)

3. การกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว (splitting)

วิธีการนี้จะมีประโยชน์ในการออกแบบตัวควอนไทซ์ที่มีอัตรา (rate) สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งได้ระดับความเพี้ยนตามที่ต้องการ เราสามารถกำหนดตัวควอนไทซ์ M ระดับ ด้วย $M = 2^R$ เมื่อ $R = 0, 1, \ldots,$ จนกระทั่งได้ค่าเริ่มต้นสำหรับตัวควอนไทซ์ N_c ระดับ ในภาพที่ 4.9 จะแสดงโฟลว์ชาร์ตของการกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

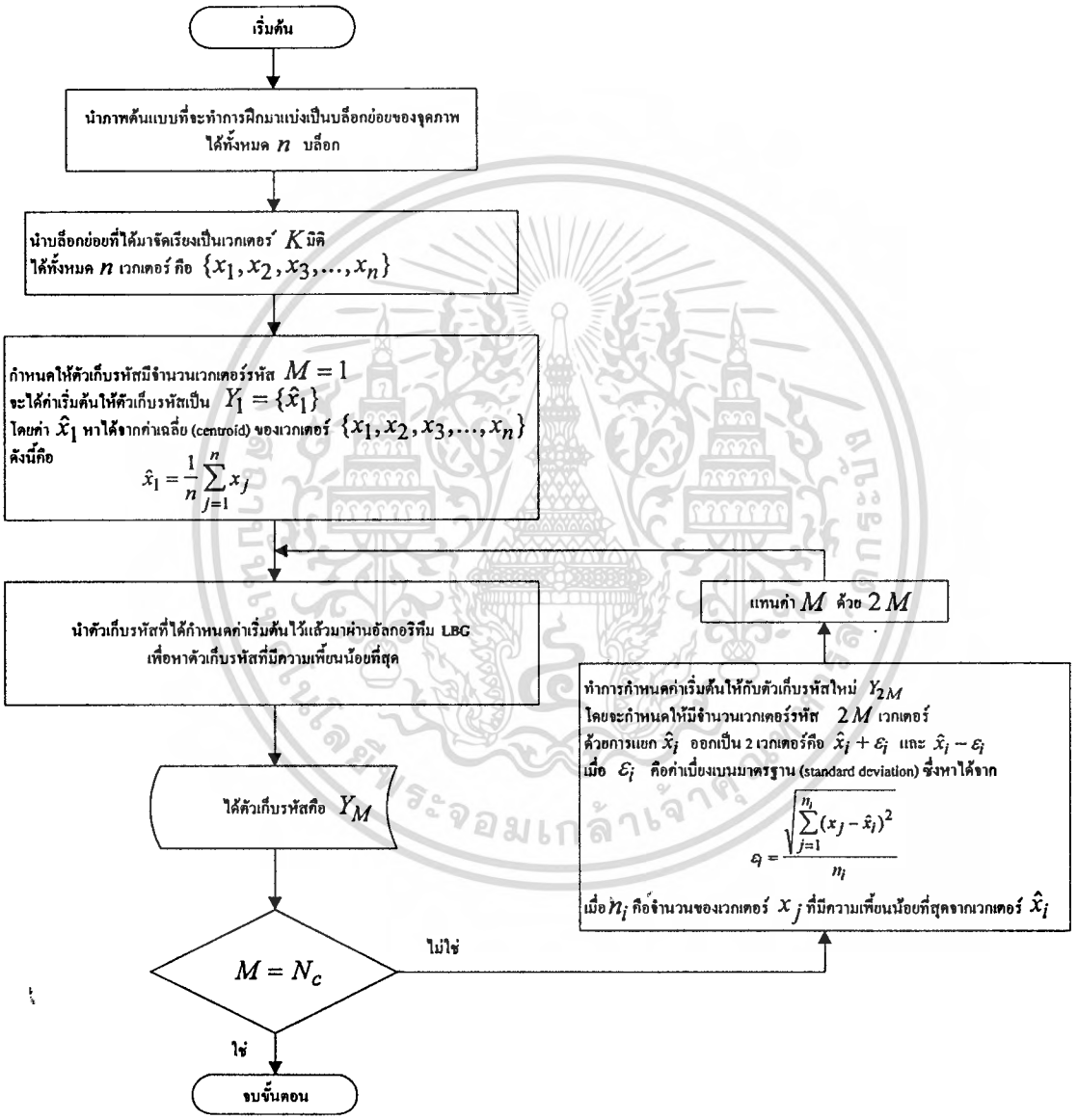
ภาพที่ 4.8



แสดงโฟล์ตชาร์ตของการสร้างตัวเก็บรหัส โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9



แสดงโฟล์ตชาร์ทของการสร้างตัวเก็บรหัส โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างตัวเก็บรหัสขนาด N_c เวกเตอร์ โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีการแตกตัวมีขั้นตอนโดยละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำภาพที่จะมาทำการฝึก (training) แบ่งเป็นบล็อกย่อยขนาดเท่า ๆ กันจำนวน แล้วจัดให้อยู่ในรูปเวกเตอร์สำหรับการฝึก (training vectors) x_j

โดยที่ $x_j = [x_j(1)\ x_j(2)\ x_j(3)\ \ldots x_j(K)]$ เมื่อ $j = 1,2,3,\ldots,n$

n คือ จำนวนบล็อกย่อยหรือจำนวนเวกเตอร์ที่ได้มาจากภาพที่จะนำมาทำการฝึก

K คือ ขนาดมิติของเวกเตอร์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสโดยการกำหนดจำนวนของเวกเตอร์รหัส $M = 1$ และกำหนดตัวเก็บรหัส $Y_1 = \{\hat{x}_1\}$ เมื่อ $\hat{x}_1$ คือ ค่าเฉลี่ยหรือ centroid ของเวกเตอร์สำหรับการฝึก ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\hat{x}_1 = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_j \quad \text{เมื่อ} \quad j = 1,2,3,\ldots,n \tag{4.13}$$

ขั้นตอนที่ 3 นำตัวเก็บรหัสที่ได้ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นแล้วไปผ่านอัลกอริทึม LBG เพื่อให้ได้ตัวเก็บรหัสที่มีความเพี้ยนน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ทำการตรวจสอบว่า M เท่ากับ N_c หรือไม่

- ถ้า $M = N_c$ จะเป็นการจบอัลกอริทึม และได้ตัวเก็บรหัสคือ Y_M

- ถ้า $M < N_c$ ให้ไปที่ขั้นตอนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

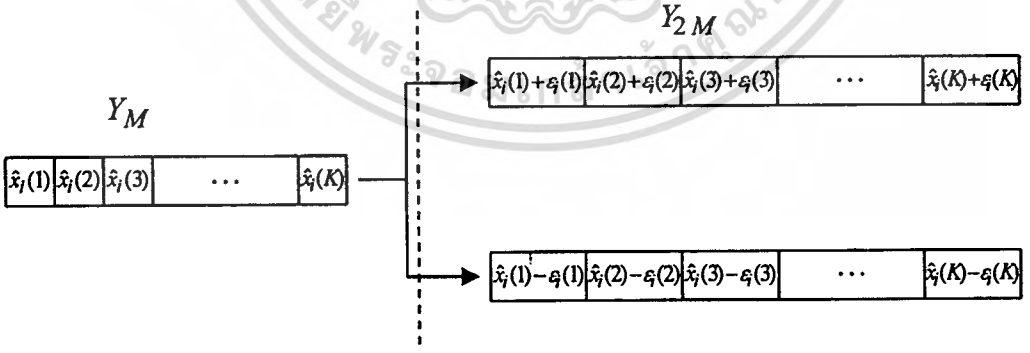
ขั้นตอนที่ 5 นำตัวเก็บรหัส Y_M ซึ่งประกอบด้วยเวกเตอร์รหัสจำนวน M เวกเตอร์คือ $Y_M = \{\hat{x}_i; i = 1,2,3,\ldots,M\}$ ทำการแยกเวกเตอร์ $\hat{x}_i$ ทุกตัว ให้เป็น 2 เวกเตอร์ที่ใกล้เคียงกันคือ $\hat{x}_i + \varepsilon_i$ และ $\hat{x}_i - \varepsilon_i$ เมื่อ ε_i คือเวกเตอร์ที่ใช้ในการแยก ซึ่งสามารถหาได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ดังนี้

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i}(x_j - \hat{x}_i)^2}}{n_i} \tag{4.14}$$

เมื่อ n_i คือจำนวนของเวกเตอร์ x_j ที่มีความเพี้ยนน้อยที่สุดกับเวกเตอร์รหัส $\hat{x}_i$

ทำให้ได้ตัวเก็บรหัส $Y_{2M} = \{\hat{x}_i + \varepsilon_i, \hat{x}_i - \varepsilon_i; i = 1,2,3,\ldots,M\}$ ประกอบด้วยจำนวนเวกเตอร์รหัส $2M$ เวกเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4.10 จากนั้นแทนค่า M ด้วย $2M$ จากนั้นกลับไปทำที่ขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 4.10



แสดงการแยกตัวเก็บรหัสให้มีขนาดเป็น 2 เท่า

การสร้างตัวเก็บรหัสโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยการแตกตัว ภายหลังจากการแบ่งกลุ่มเวกเตอร์สำหรับการฝึกที่มีความเพี้ยนน้อยที่สุดกับเวกเตอร์รหัสทุกเวกเตอร์แล้ว อาจจะมีเวกเตอร์รหัสที่ไม่มีเวกเตอร์สำหรับการฝึกเป็นสมาชิกอยู่เลย ซึ่งทำให้เวกเตอร์รหัสนั้นไม่เกิดประโยชน์ในเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ารหัส ดังนั้นจึงต้องกำจัดเวกเตอร์รหัสนั้นออก แล้วสร้างเวกเตอร์ใหม่โดยการนำเวกเตอร์รหัสที่มีสมาชิกมากที่สุด ($\hat{x}_{\max}$) มาทำการแตกตัวออกเป็นเวกเตอร์รหัส 2 เวกเตอร์ที่ใกล้เคียงกันคือ $\hat{x}_{\max} + \varepsilon_{\max}$ และ $\hat{x}_{\max} - \varepsilon_{\max}$ แทนที่เวกเตอร์ $\hat{x}_{\max}$ เดิมและเวกเตอร์รหัสที่ถูกกำจัดออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้เสนอการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้วิธีการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ซึ่งได้อธิบายมาแล้วในหัวข้อข้างต้น โดยในการทดลองจะเริ่มจากการสร้างตัวเก็บรหัสด้วยวิธีการแบบ Randoms และ Splitting จากนั้นจะนำภาพต้นแบบมาเข้ารหัสแล้วถอดรหัสด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ ดังภาพที่ 5.1 แล้วทำการวัดประสิทธิภาพของการลดข้อมูลภาพโดยการใช้ค่า MSE (สมการที่ 3.9), ค่า PSNR (สมการที่ 3.16) และค่าอัตราบิท (สมการที่ 4.4) โดยได้ทำการทดลองในส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ภาพต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง

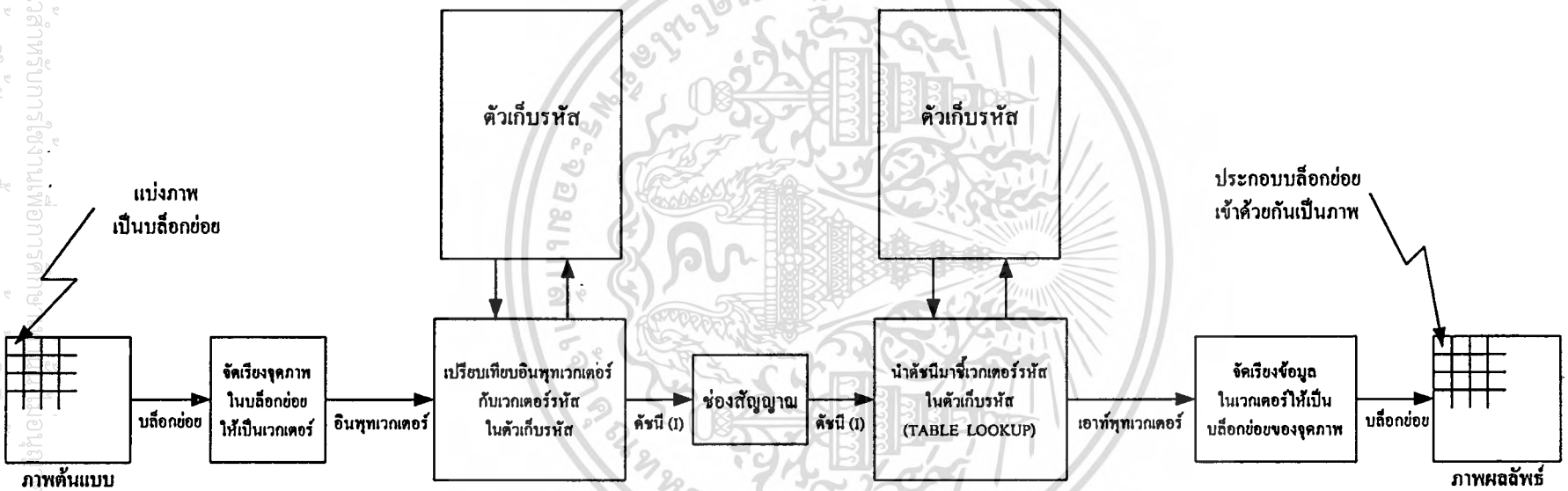
ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ

1) ภาพที่ถ่ายจากดาวเทียม MOS-I ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทางทะเลที่พัฒนาโดยญี่ปุ่น มีรายละเอียดของภาพประมาณ 50x50 เมตรต่อ 1 จุดภาพ โดยภาพที่ใช้ในการทดลองจะมีจำนวน 2 ภาพ คือ ภาพต้นแบบวันที่ 1 (MOS-I-1) และภาพต้นแบบวันที่ 2 (MOS-I-2) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5.2 ภาพต้นแบบทั้งสองนี้เป็นภาพที่ถ่ายตรงบริเวณพื้นที่เดียวกัน แต่ถ่ายต่างวันและเวลากัน ซึ่งเราจะสามารถสังเกตุเห็นการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มเมฆได้อย่างชัดเจน ภาพต้นแบบทั้งสองนี้จะมีขนาดเท่ากันคือขนาด 256x256 จุดภาพ และแต่ละจุดภาพจะใช้หน่วยความจำขนาด 8 บิทหรือ 1 ไบท์ ดังนั้นภาพต้นแบบแต่ละภาพจะใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำขนาด 65536 ไบท์

2) ภาพที่ถ่ายจากดาวเทียม JERS-1 และดาวเทียม LANDSAT โดยภาพต้นแบบที่จะใช้ในการทดลองมีจำนวน 6 ภาพ ดังแสดงในภาพที่ 5.3 ภาพต้นแบบ OPS1, OPS2, OPS3, OPS4 และ OPS5 เป็นภาพที่ถ่ายจากดาวเทียม JERS-1 ซึ่งเป็นดาวเทียมที่พัฒนาโดยญี่ปุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจแหล่งแร่และพลังงาน ตลอดจนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดของภาพประมาณ 18x24 ตารางเมตรต่อ 1 จุดภาพ โดยภาพทั้ง 5 นี้เป็นภาพที่ตัดมาจากภาพต้นแบบเดียวกัน ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ส่วนภาพต้นแบบ TM4 เป็นภาพที่ถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่พัฒนาโดย

เอกสารนี้ ได้รับการสนับสนุนให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.1

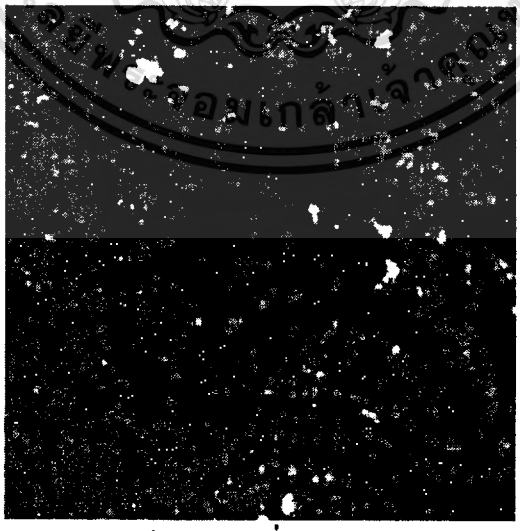


แสดงแผนภาพกระบวนการทั้งหมดของการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

ประเทศอเมริกา มีรายละเอียดของภาพประมาณ 30x30 ตารางเมตรต่อ 1 จุดภาพ โดยภาพต้นแบบ TM4 นี้เป็นภาพที่แสดงบริเวณอ่างเก็บน้ำในประเทศแคนาดา ภาพต้นแบบทั้ง 6 ภาพที่แสดงในภาพที่ 5.3 นี้ จะมีขนาด 512x512 จุดภาพ และแต่ละจุดภาพจะใช้หน่วยความจำขนาด 8 บิท หรือ 1 ไบท์ ดังนั้นภาพต้นแบบแต่ละภาพจะใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำขนาด 262,144 ไบท์

ภาพที่ 5.2

ภาพต้นแบบวันที่ 1(MOS-I-1)

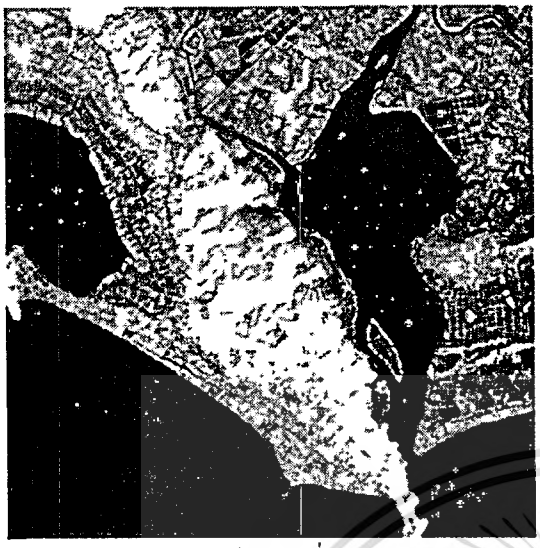


ภาพต้นแบบวันที่ 2 (MOS-I-2)

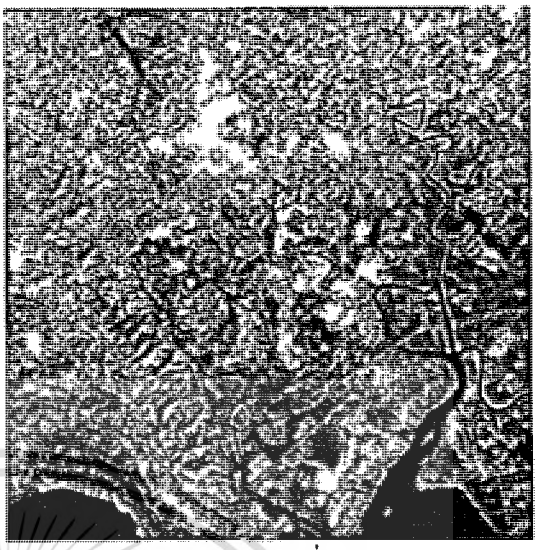
แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม MOS-I ขนาด 256x256x8 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

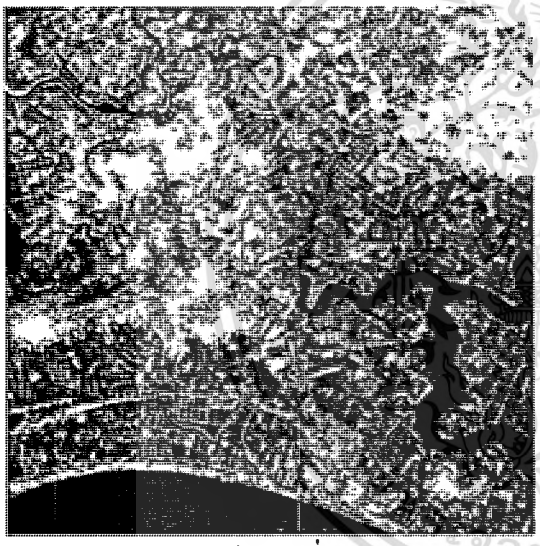
ภาพที่ 5.3



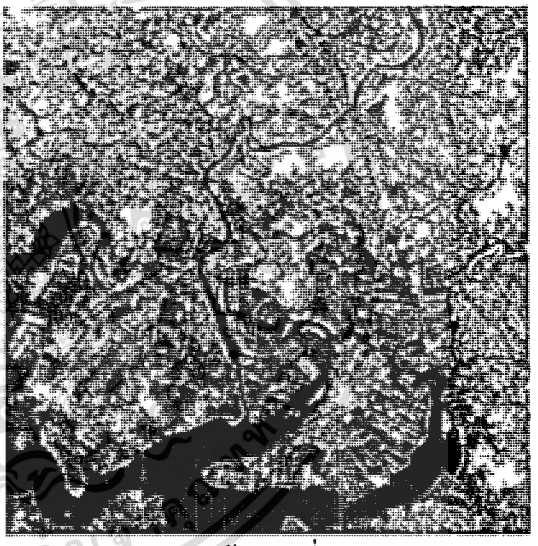
แสดงภาพต้นแบบที่ 1 (OPS1)



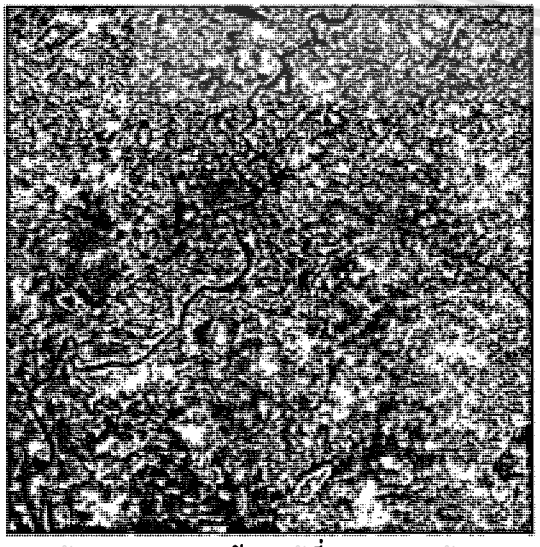
แสดงภาพต้นแบบที่ 2 (OPS2)



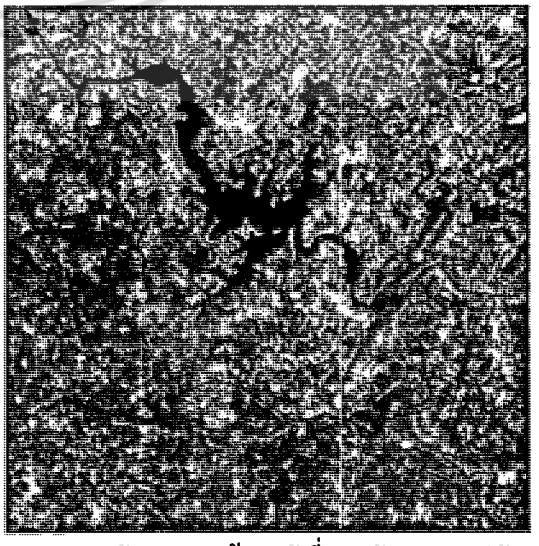
แสดงภาพต้นแบบที่ 3 (OPS3)



แสดงภาพต้นแบบที่ 4 (OPS4)



แสดงภาพต้นแบบที่ 5 (OPS5)



แสดงภาพต้นแบบที่ 6 (TM4)

แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม JERS-1 และ LANDSATขนาด 512x512x8 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างตัวเก็บรหัสสำหรับการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการสร้างตัวเก็บรหัส โดยใช้อัลกอริทึม LBG ซึ่งมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 โดยการทดลองได้แบ่งออกตามการวิธีกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส 2 วิธี ดังนี้

1. การสร้างตัวเก็บรหัสโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

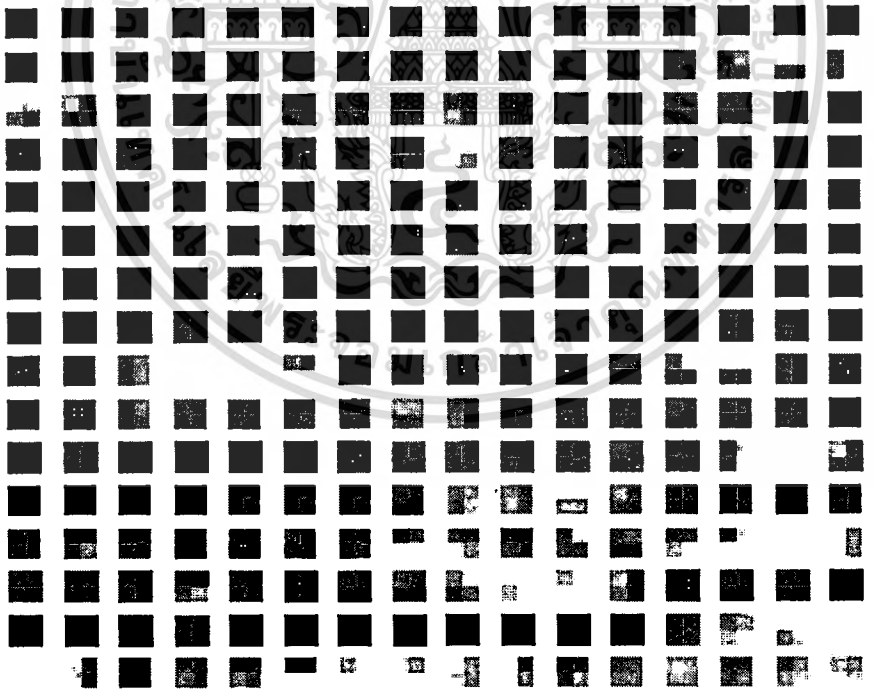
เป็นการสร้างตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ (มีจำนวนเวกเตอร์รหัส = 256 เวกเตอร์) ด้วยอัลก่อริทึม LBG โดยใช้ภาพต้นแบบที่นำมาทำการฝึกจำนวน 3 ภาพ คือ OPS3, OPS4 และ OPS5 โดยได้ทำการสร้างตัวเก็บรหัสทั้งหมด 3 ชุด แบ่งออกเป็นบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ คือ 2x2, 4x4 และ 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 บล็อกย่อยขนาด 2x2

เริ่มจากการนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาแบ่งเป็นบล็อกย่อยได้ทั้งหมด (512x512)x3/(2x2) = 196,608 บล็อก แล้วนำข้อมูลในแต่ละบล็อกมาเรียงเป็นเวกเตอร์ขนาด 4 มิติ ได้จำนวน 196,608 เวกเตอร์ จากนั้นจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส โดยนำ 256 เวกเตอร์แรกจาก 196,608 เวกเตอร์ที่ได้ มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส แล้วจึงทำการฝึกโดยใช้อัลกอริทึม LBG โดยสามารถแสดงตัวเก็บรหัสที่ได้ในภาพที่ 5.4

ภาพที่ 5.4



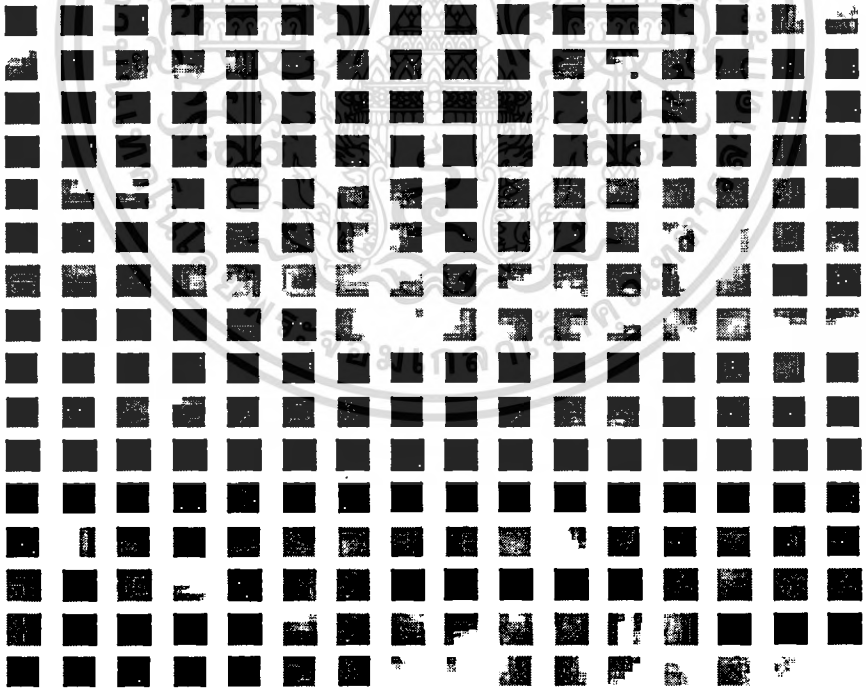
แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 บล็อกย่อยขนาด 4x4

เริ่มจากการนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาแบ่งเป็นบล็อกย่อยได้ทั้งหมด (512x512)x3/(4x4) = 49,152 บล็อก แล้วนำข้อมูลในแต่ละบล็อกมาเรียงเป็นเวกเตอร์ขนาด 16 มิติ ได้จำนวน 49,152 เวกเตอร์ จากนั้นจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส โดยนำ 256 เวกเตอร์แรกจาก 49,152 เวกเตอร์ที่ได้ มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส แล้วจึงทำการฝึกโดยใช้อัลกอริทึม LBG โดยสามารถแสดงตัวเก็บรหัสที่ได้ในภาพที่ 5.5

ภาพที่ 5.5



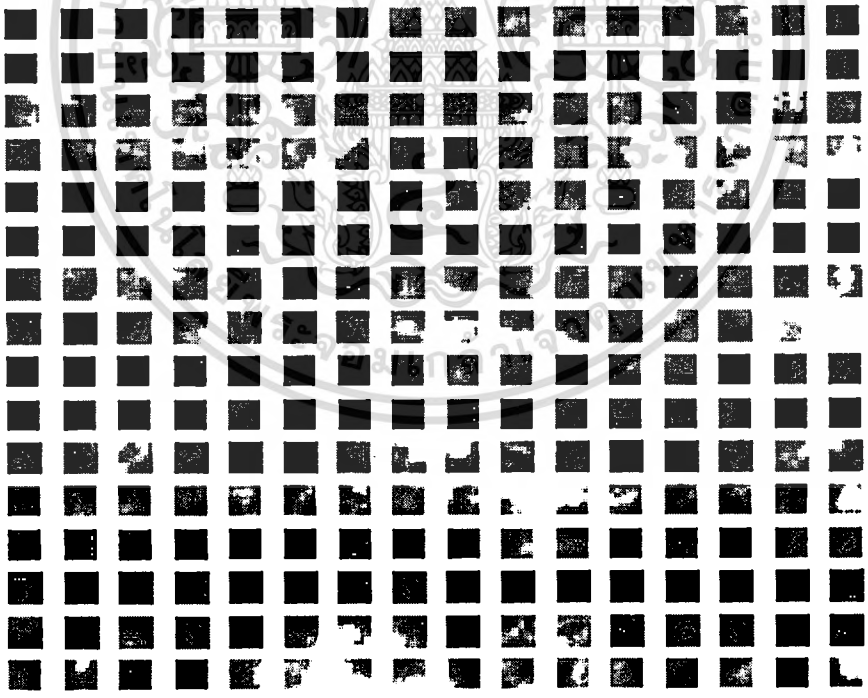
แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 บล็อกย่อยขนาด 8x8

เริ่มจากการนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาแบ่งเป็นบล็อกย่อยได้ทั้งหมด (512x512)x3/(8x8) = 12,288 บล็อก แล้วนำข้อมูลในแต่ละบล็อกมาเรียงเป็นเวกเตอร์ขนาด 64 มิติ ได้จำนวน 12,288 เวกเตอร์ จากนั้นจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส โดยนำ 256 เวกเตอร์แรกจาก 12,288 เวกเตอร์ที่ได้ มากำหนดเป็นค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัส แล้วจึงทำการฝึกโดยใช้อัลกอริทึม LBG โดยสามารถแสดงตัวเก็บรหัสที่ได้ในภาพที่ 5.6

ภาพที่ 5.6



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างตัวเก็บรหัสโดยการกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยการแตกตัว

ทำการสร้างตัวเก็บรหัสโดยเริ่มต้นจากการกำหนดให้ตัวเก็บรหัสมีขนาดเป็น 1 เวกเตอร์ (มีจำนวนเวกเตอร์รหัส 1 เวกเตอร์) แล้วนำมาผ่านอัลกอริทึม LBG จากนั้นทำการแยกตัวเก็บรหัสที่ได้ออกให้มีขนาดเป็น 2 เท่า (มีจำนวนเวกเตอร์รหัส 2 เวกเตอร์) แล้วทำการฝึกตัวเก็บรหัสให้ได้ตัวเก็บรหัสที่ทำให้เกิดความเพี้ยนน้อยที่สุด จากนั้นมาทำการแยกตัวเก็บรหัสเป็น 2 เท่าอีก (มีจำนวนเวกเตอร์รหัส 4 เวกเตอร์) แล้วนำมาผ่านอัลกอริทึม LBG อีก โดยจะทำเช่นนี้วนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ตัวเก็บรหัสมีขนาดเป็น 256 เวกเตอร์ (มีจำนวนเวกเตอร์รหัส 256 เวกเตอร์) ดังนั้นจะได้ตัวเก็บรหัสที่มีขนาดเป็น 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 เวกเตอร์ ตามลำดับ ในการสร้างตัวเก็บรหัสสำหรับการทดลองนี้จะใช้ภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพ คือ OPS3, OPS4 และ OPS5 เป็นภาพสำหรับการฝึกตัวเก็บรหัส โดยเวกเตอร์สำหรับการฝึกได้มาจากการแบ่งภาพเป็นบล็อกสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดต่าง ๆ คือ 2x2, 4x4 และ 8x8 โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังดังนี้

2.1 บล็อกย่อยขนาด 2x2

การทดลองจะนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาทำการแบ่งออกเป็นบล็อกย่อยขนาด 2x2 ซึ่งสามารถแบ่งได้ทั้งหมด (512x512)x3/(2x2) = 196,608 บล็อก จากนั้นนำข้อมูลมาจัดเรียงเป็นเวกเตอร์สำหรับการฝึกขนาด 4 มิติ ได้จำนวน 196,608 เวกเตอร์ จากนั้นนำไปผ่านอัลกอริทึม LBG โดยใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสโดยวิธีการแตกตัว ผลลัพธ์จะได้ตัวเก็บรหัสทั้งหมด 9 ชุด คือตัวเก็บรหัสขนาด 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 เวกเตอร์ตามลำดับ ซึ่งในภาพที่ 5.7 และภาพที่ 5.8 จะแสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 และ 128 เวกเตอร์ โดยจะนำเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสมาจัดเรียงให้เป็นบล็อกย่อยขนาด 2x2

2.2 บล็อกย่อยขนาด 4x4

การทดลองจะนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาทำการแบ่งออกเป็นบล็อกย่อยขนาด 4x4 ซึ่งสามารถแบ่งได้ทั้งหมด (512x512)x3/(4x4) = 49,152 บล็อก จากนั้นนำข้อมูลมาจัดเรียงเป็นเวกเตอร์สำหรับการฝึกขนาด 16 มิติ ได้จำนวน 49,152 เวกเตอร์ จากนั้นนำไปผ่านอัลกอริทึม LBG โดยมีการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสโดยวิธีการแตกตัว ผลลัพธ์จะได้ตัวเก็บรหัสทั้งหมด 9 ชุด คือตัวเก็บรหัสขนาด 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 เวกเตอร์ตามลำดับ ซึ่งในภาพที่ 5.9 และภาพที่ 5.10 จะแสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด256 และ 128 เวกเตอร์ โดยจะนำเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสมาจัดเรียงให้เป็นบล็อกย่อยขนาด 4x4

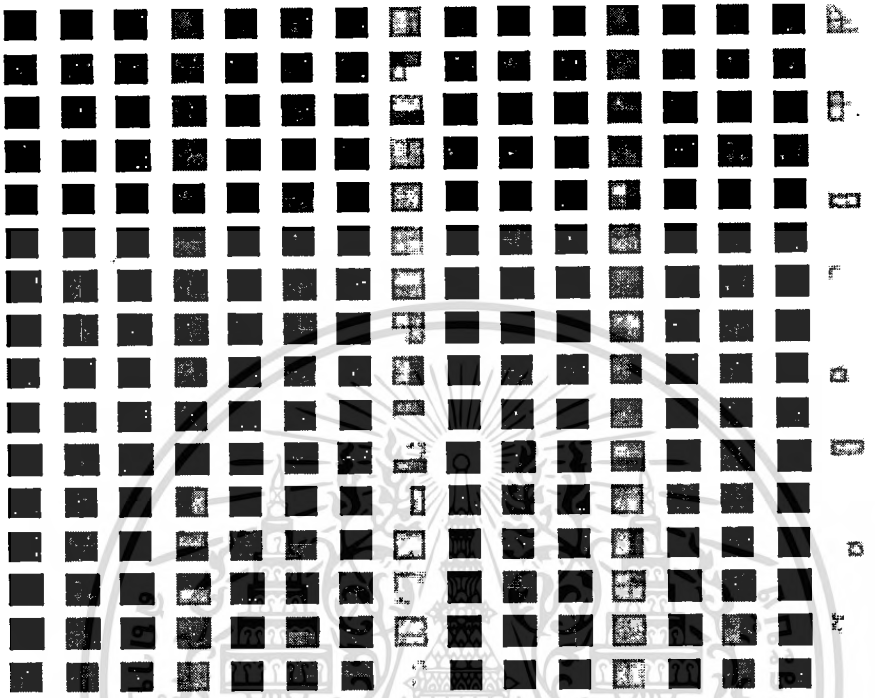
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 บล็อกย่อยขนาด 8x8

การทดลองจะนำภาพต้นแบบจำนวน 3 ภาพคือ OPS3, OPS4 และ OPS5 มาทำการแบ่งออกเป็นบล็อกย่อยขนาด 8x8 ซึ่งสามารถแบ่งได้ทั้งหมด (512x512)x3/(8x8) = 12,288 บล็อก จากนั้นนำข้อมูลมาเรียงเป็นเวกเตอร์สำหรับการฝึกขนาด 64 มิติ ได้จำนวน 12,288 เวกเตอร์ จากนั้นนำไปผ่านอัลกอริทึม LBG โดยมีการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวเก็บรหัสโดยวิธีการแตกตัว ผลลัพธ์จะได้ตัวเก็บรหัสทั้งหมด 9 ชุด คือตัวเก็บรหัสขนาด 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 เวกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งในภาพที่ 5.11 และภาพที่ 5.12 จะแสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 และ 128 เวกเตอร์ โดยจะนำเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสมาจัดเรียงให้เป็นบล็อกย่อยขนาด 8x8

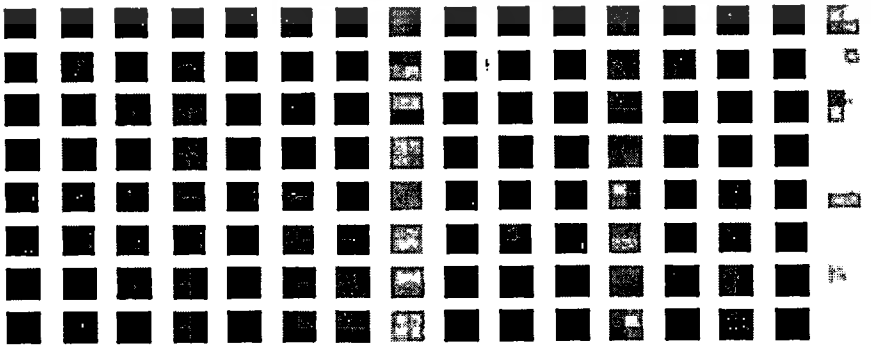
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.7



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

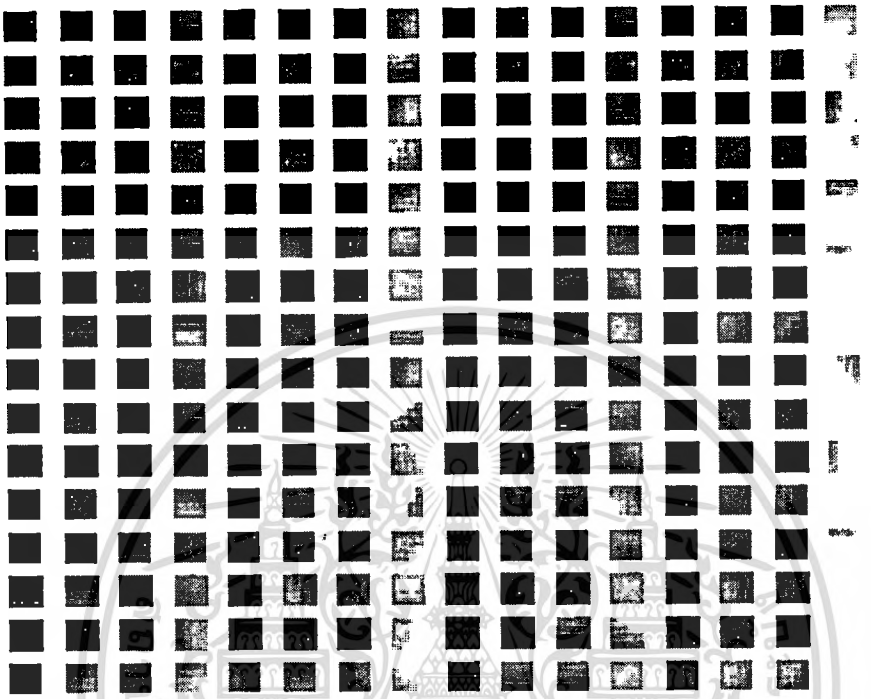
ภาพที่ 5.8



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

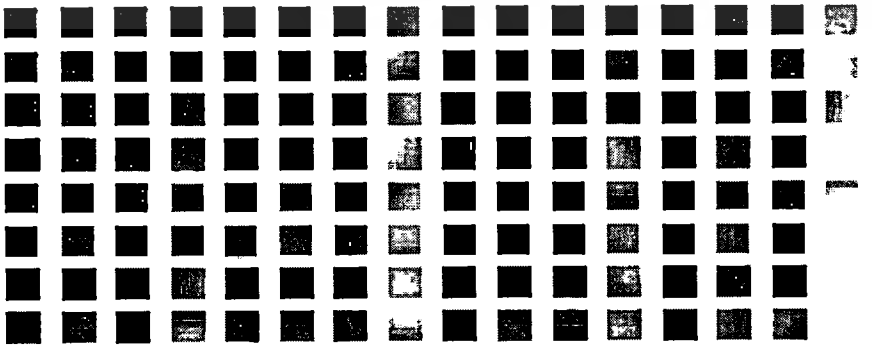
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.9



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

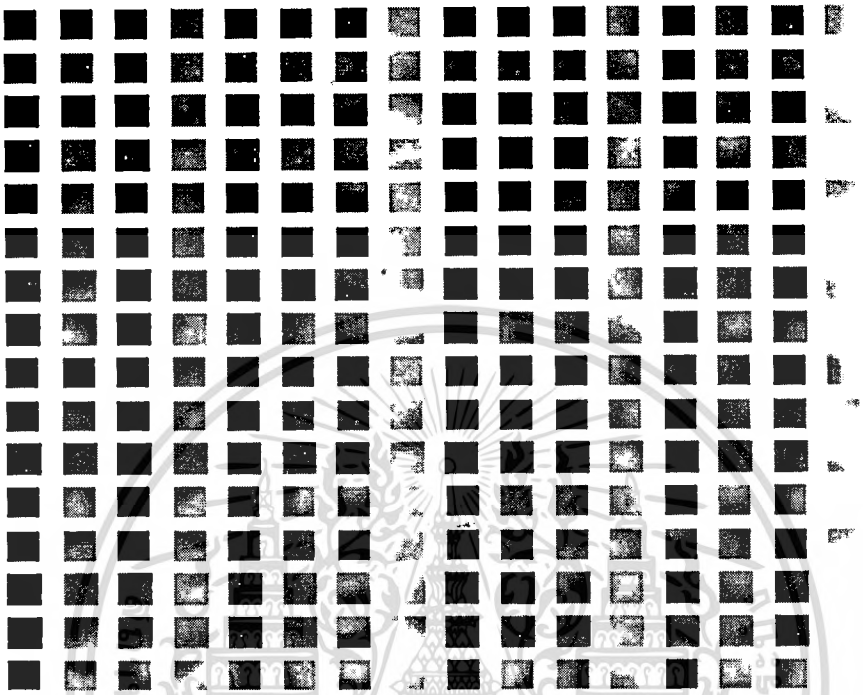
ภาพที่ 5.10



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

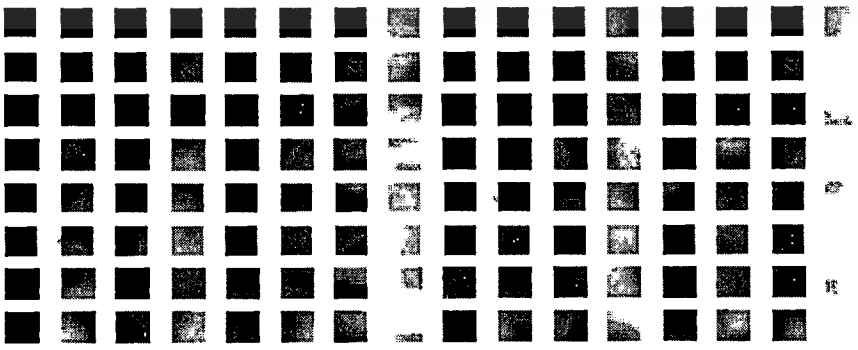
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.11



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

ภาพที่ 5.12



แสดงเวกเตอร์รหัสที่อยู่ในตัวเก็บรหัสขนาด 128 เวกเตอร์ ที่สร้างจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธีการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

1. การเข้ารหัสโดยใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

เป็นการนำภาพต้นแบบ MOS-I-1, MOS-I-2, OPS1, OPS2, OPS3, OPS4, OPS5 และ TM4 มาทำการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่มีจำนวนเวกเตอร์รหัส 256 เวกเตอร์ ที่ได้สร้างขึ้นด้วยอัลกอริทึม LBG โดยใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และภาพที่ใช้ในการฝึกได้มาจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาดต่าง ๆ ของภาพ OPS3, OPS4 และ OPS5 ในการแปลงกลับจะใช้ตัวเก็บรหัสเดิม

โดยในภาพที่ 5.13 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 ในภาพที่ 5.14 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 และภาพที่ 5.15 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

2. การเข้ารหัสโดยใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว

เป็นการนำภาพต้นแบบ MOS-I-1, MOS-I-2, OPS1, OPS2, OPS3, OPS4, OPS5 และ TM4 มาทำการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่มีจำนวนเวกเตอร์รหัสจำนวนเป็น 1, 2 ,4, 8, 16, 32, 64, 128 และ 256 เวกเตอร์ ที่ได้สร้างขึ้นด้วยอัลกอริทึม LBG โดยใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นโดยการแตกตัว และภาพที่ใช้ในการฝึกได้มาจากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2, 4x4 และ 8x8 ของภาพต้นแบบ OPS3, OPS4 และ OPS5 ในการแปลงกลับจะใช้ตัวเก็บรหัสเดิม

โดยในตารางที่ 5.1 และ 5.2 จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากใช้บล็อกย่อยขนาด 2x2 สำหรับตารางที่ 5.3 และ 5.4 จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากใช้บล็อกย่อยขนาด 4x4 ส่วนในตารางที่ 5.3 และ 5.4 จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากใช้บล็อกย่อยขนาด 8x8

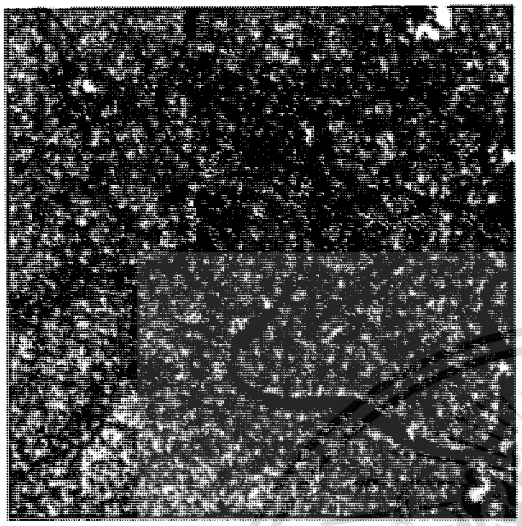
ในภาพที่ 5.16 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2 ในภาพที่ 5.17 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4 และภาพที่ 5.18 จะแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

ในตารางที่ 5.6, 5.7 และ 5.8 เป็นตารางแสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพที่ผ่านการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2, 4x4 และ 8x8 ตามลำดับ

และในภาพที่ 5.19 ถึง 5.24 จะเป็นกราฟเปรียบค่า MSE และ PSNR ของภาพที่ผ่านการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์โดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2, 4x4 และ 8x8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.13

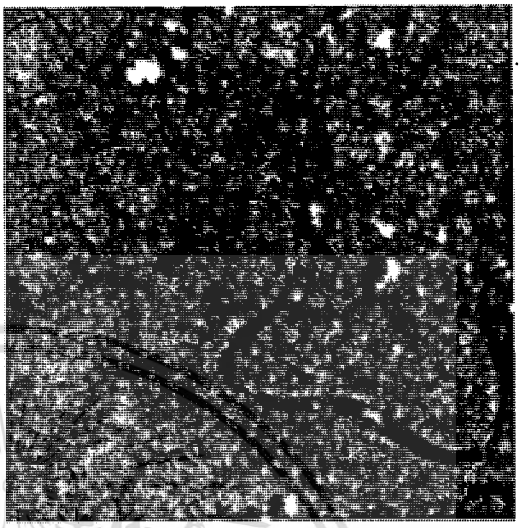


MOS-I-1

Bit rate = 2 bpp

MSE = 45.16

PSNR = 31.58 dB

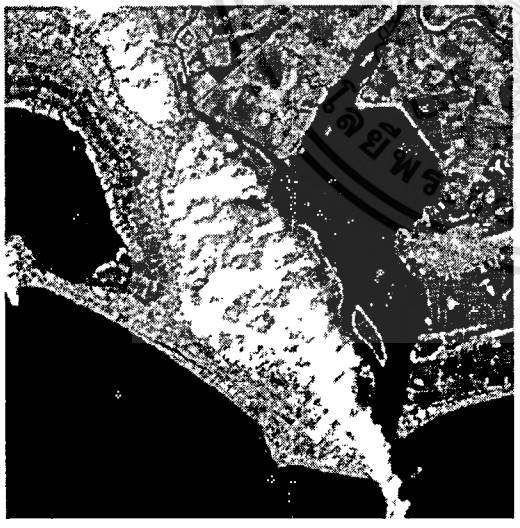


MOS-I-2

Bit rate = 2 bpp

MSE = 45.96

PSNR = 31.51 dB

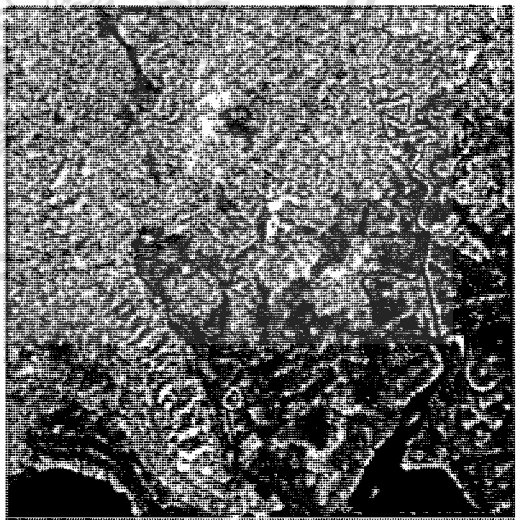


OPS1

Bit rate = 2 bpp

MSE = 31.81

PSNR = 33.10 dB



OPS2

Bit rate = 2 bpp

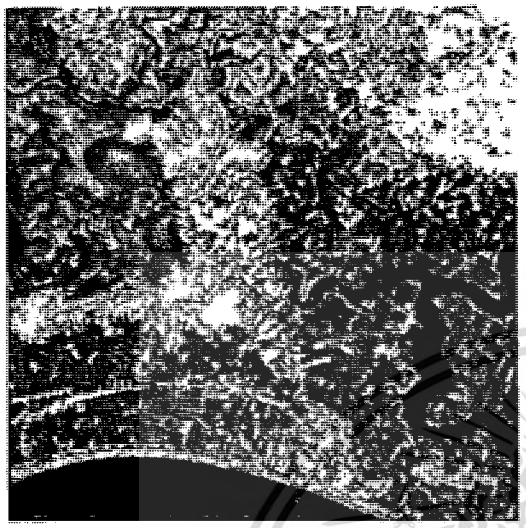
MSE = 23.58

PSNR = 34.40 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.13 (ต่อ)

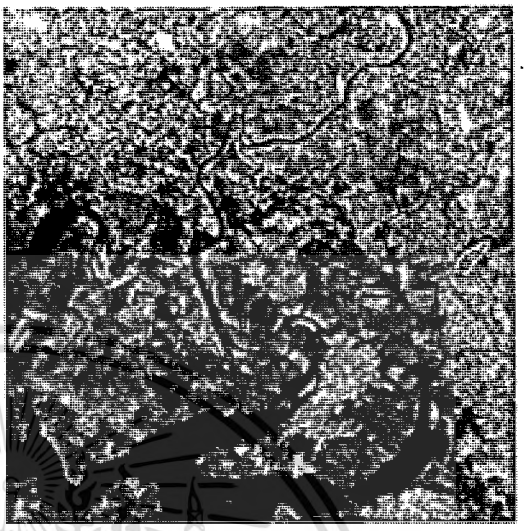


OPS3

Bit rate = 2 bpp

MSE = 47.89

PSNR = 31.33 dB

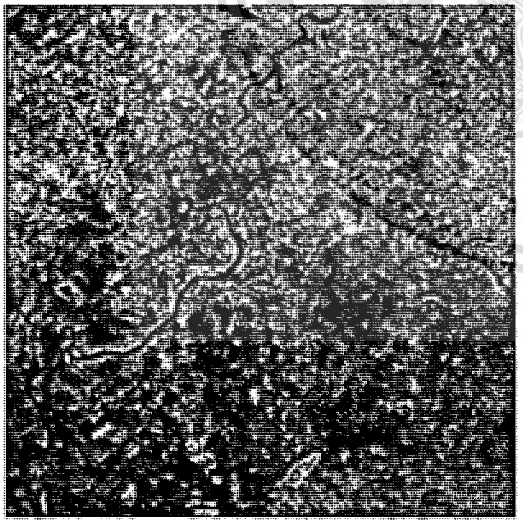


OPS4

Bit rate = 2 bpp

MSE = 35.97

PSNR = 32.57 dB

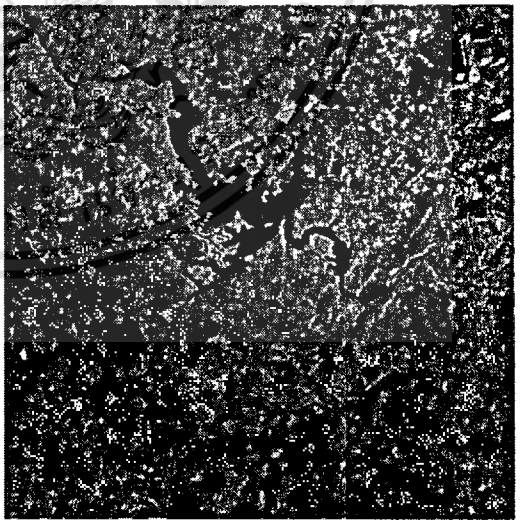


OPS5

Bit rate = 2bpp

MSE = 23.65

PSNR = 34.39 dB



TM4

Bit rate = 2bpp

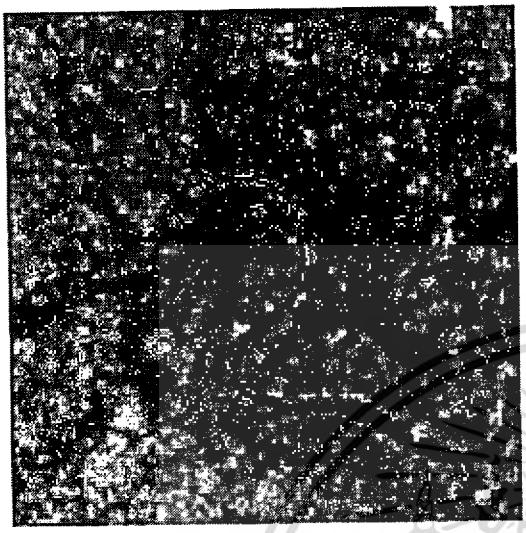
MSE = 35.34

PSNR = 32.65 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.14

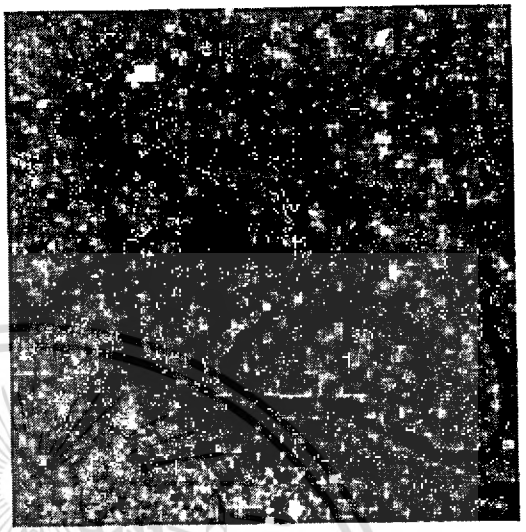


MOS-I-1

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 145.33

PSNR = 26.51 dB

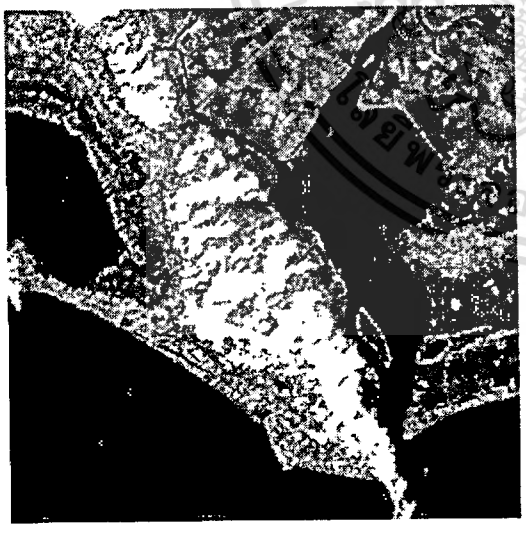


MOS-I-2

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 154.62

PSNR = 26.24 dB

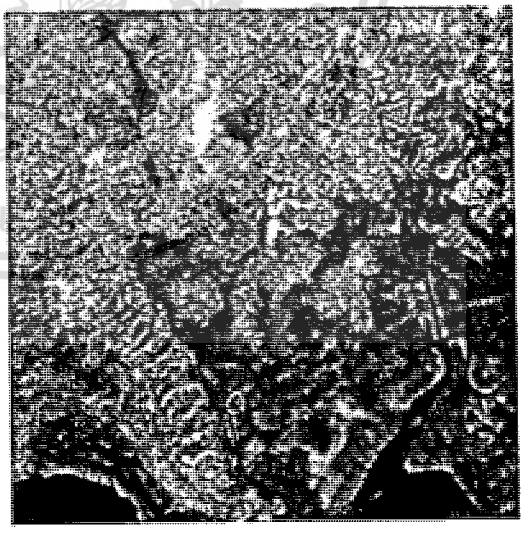


OPS1

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 120.56

PSNR = 27.32 dB



OPS2

Bit rate = 0.5 bpp

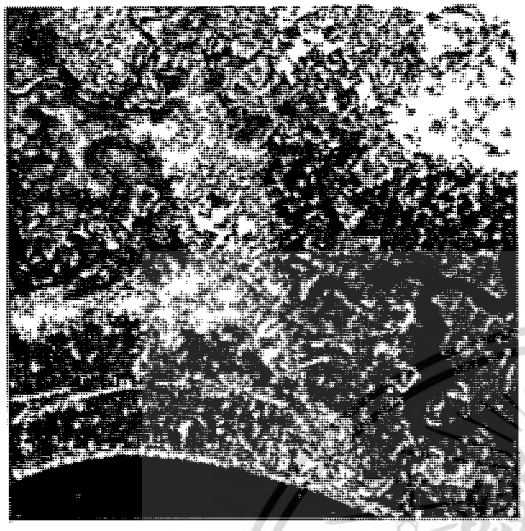
MSE = 85.36

PSNR = 28.82 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.14 (ต่อ)

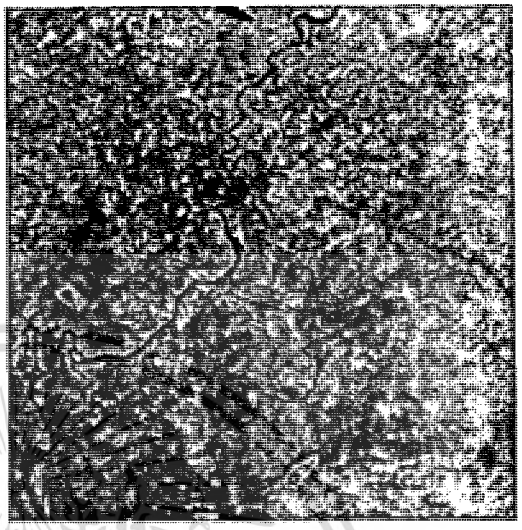


OPS3

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 185.08

PSNR = 25.46 dB

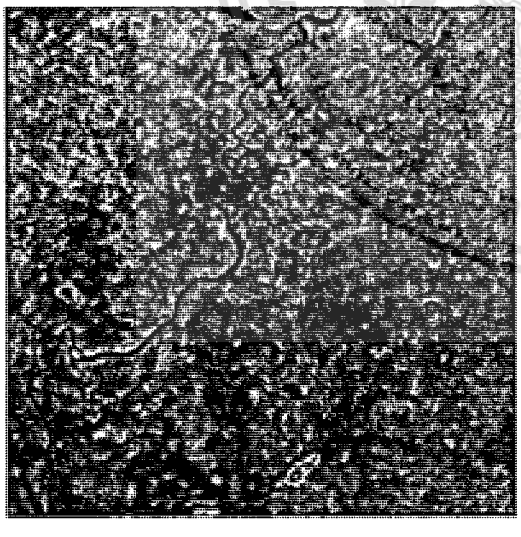


OPS4

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 137.28

PSNR = 26.75 dB

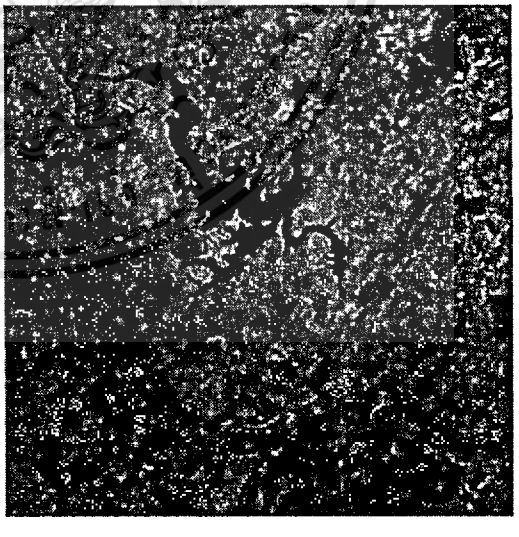


OPS5

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 91.53

PSNR = 28.52 dB



TM4

Bit rate = 0.5 bpp

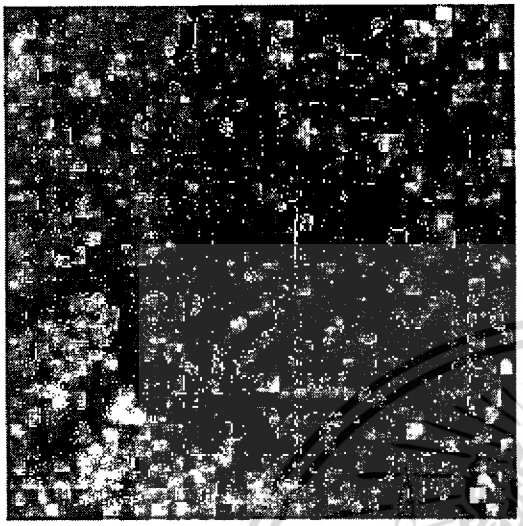
MSE = 117.07

PSNR = 27.45 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.15

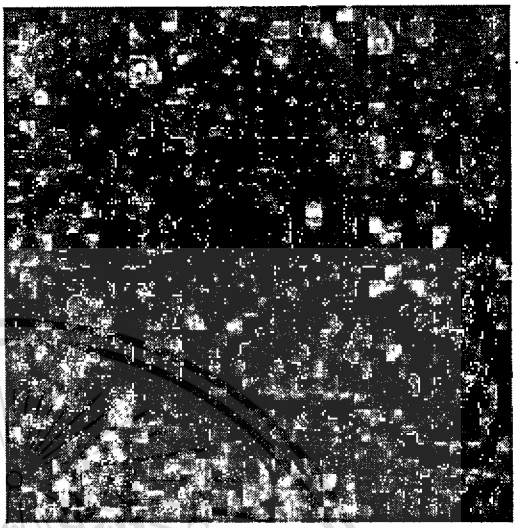


MOS-I-1

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 293.59

PSNR = 23.45 dB

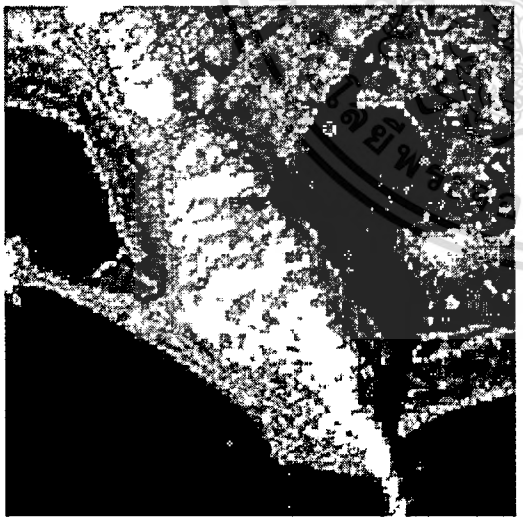


MOS-I-2

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 337.75

PSNR = 22.84 dB

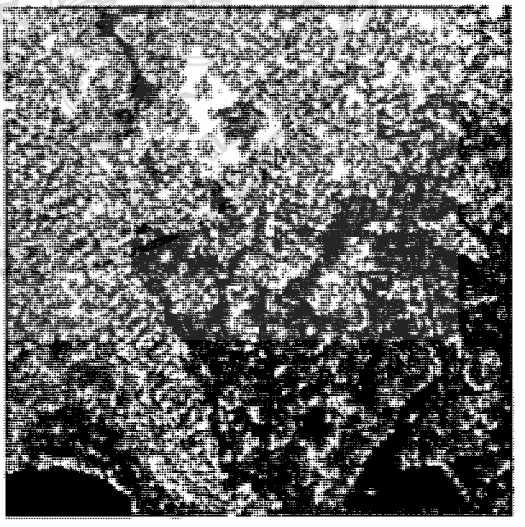


OPS1

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 319.79

PSNR = 23.08 dB



OPS2

Bit rate = 0.125 bpp

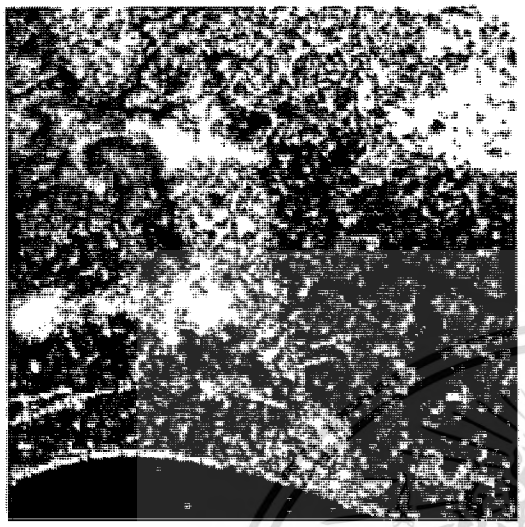
MSE = 215.75

PSNR = 24.79 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.15 (ต่อ)

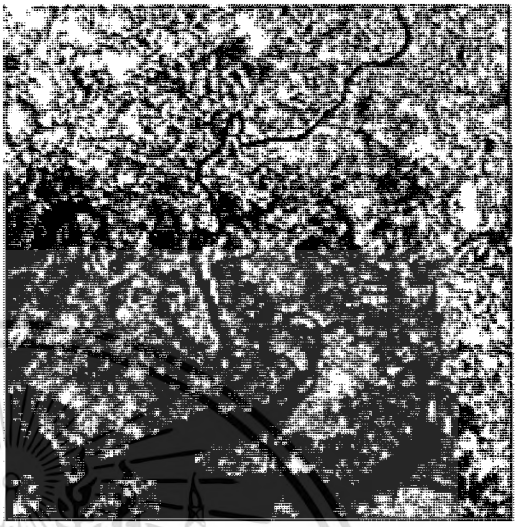


OPS3

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 431.78

PSNR =21.78 dB

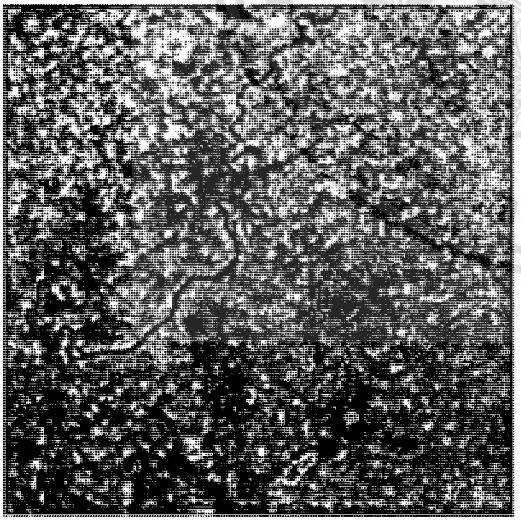


OPS4

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 322.07

PSNR = 23.05 dB

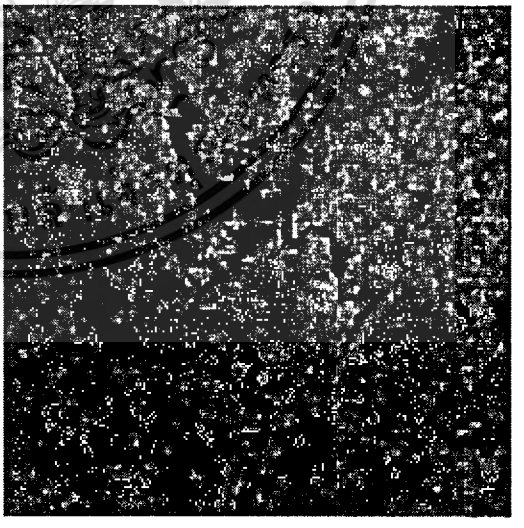


OPS5

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 208.45

PSNR = 24.94 dB



TM4

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 239.54

PSNR = 24.34 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Randoms และบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1

N_c	Rate (BPP)	MSE							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	1632.94	1833.69	8938.27	2549.03	4967.53	3847.48	1179.60	1159.66
2	0.2500	1371.15	1360.16	2291.43	918.09	1591.97	1033.70	614.02	1496.45
4	0.5000	338.95	350.64	562.10	304.10	514.10	354.82	283.00	346.32
8	0.7500	163.56	171.68	199.91	120.47	234.63	169.84	116.48	139.20
16	1.0000	108.41	114.14	116.23	72.65	168.66	119.63	76.10	87.70
32	1.2500	92.52	98.15	74.82	57.12	111.21	82.82	56.60	71.96
64	1.5000	65.61	71.31	52.68	40.38	77.33	57.89	40.22	52.44
128	1.7500	48.59	51.14	36.97	28.92	54.49	40.97	28.66	37.58
256	2.0000	35.20	37.28	26.76	20.61	38.48	28.85	20.34	27.29

แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2

ตารางที่ 5.2

N_c	Rate (BPP)	PSNR (dB)							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	16.00	15.50	8.62	14.07	11.17	12.28	17.41	17.49
2	0.2500	16.76	16.79	14.53	18.50	16.11	17.99	20.25	16.38
4	0.5000	22.83	22.68	20.63	23.30	21.02	22.63	23.61	22.74
8	0.7500	25.99	25.78	25.12	27.32	24.43	25.83	27.47	26.69
16	1.0000	27.78	27.56	27.48	29.52	25.86	27.35	29.32	28.70
32	1.2500	28.47	28.21	29.39	30.56	27.67	28.95	30.60	29.56
64	1.5000	29.96	29.60	30.91	32.07	29.25	30.51	32.09	30.93
128	1.7500	31.27	31.04	32.45	33.52	30.77	32.01	33.56	32.38
256	2.0000	32.67	32.42	33.86	34.99	32.28	33.53	35.05	33.77

แสดงค่า PNSR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3

N_c	Rate (BPP)	MSE							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	1632.94	1833.69	8938.27	2549.03	4967.53	3847.48	1179.60	1574.14
2	0.0625	1388.01	1390.39	2570.10	976.52	1777.03	1192.55	683.42	1159.66
4	0.1250	476.61	505.89	735.63	414.62	757.78	541.98	403.11	491.31
8	0.1875	289.13	323.62	379.71	227.58	482.86	358.83	237.80	232.16
16	0.2500	273.84	298.68	266.36	184.69	368.10	279.69	186.79	212.19
32	0.3125	200.68	221.84	199.77	140.47	285.82	213.43	146.70	162.17
64	0.3750	171.42	188.74	157.45	112.29	231.86	172.00	118.21	136.26
128	0.4375	149.57	160.55	127.77	92.89	191.54	141.11	96.80	117.39
256	0.5000	130.23	139.35	106.08	78.17	159.03	117.60	81.38	102.02

แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4

ตารางที่ 5.4

N_c	Rate (BPP)	PSNR (dB)							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	16.00	15.50	8.62	14.07	11.17	12.28	17.41	16.16
2	0.0625	16.71	16.70	14.03	18.23	15.63	17.37	19.78	17.49
4	0.1250	21.35	21.09	19.46	21.95	19.34	20.79	22.08	21.22
8	0.1875	23.52	23.03	22.34	24.56	21.29	22.58	24.37	24.47
16	0.2500	23.76	23.38	23.88	25.47	22.47	23.66	25.42	24.86
32	0.3125	25.11	24.67	25.13	26.66	23.57	24.84	26.47	26.03
64	0.3750	25.79	25.37	26.16	27.63	24.48	25.78	27.40	26.79
128	0.4375	26.38	26.07	27.07	28.45	25.31	26.64	28.27	27.43
256	0.5000	26.98	26.69	27.87	29.20	26.12	27.43	29.03	28.04

แสดงค่า PSNR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5

N_c	Rate (BPP)	MSE							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	1636.24	1837.78	8941.94	2548.07	4968.26	3847.56	1178.32	1162.46
2	0.0156	1390.89	1429.41	2974.34	1093.05	2078.36	1419.27	771.98	1605.12
4	0.0312	646.36	721.42	1020.26	586.06	1088.25	807.64	548.56	630.33
8	0.0469	462.77	546.37	658.95	399.59	822.71	626.26	390.82	360.57
16	0.0625	436.88	504.50	519.66	340.72	675.63	519.28	334.24	363.52
32	0.0781	351.05	415.16	427.85	284.01	571.00	432.52	279.52	279.67
64	0.0938	314.45	370.55	359.23	247.24	498.03	371.16	242.92	250.79
128	0.1094	290.27	337.28	313.39	220.41	433.78	321.57	213.54	231.91
256	0.1250	263.30	304.20	277.75	198.27	373.36	275.76	185.40	209.97

แสดงค่า MSE ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

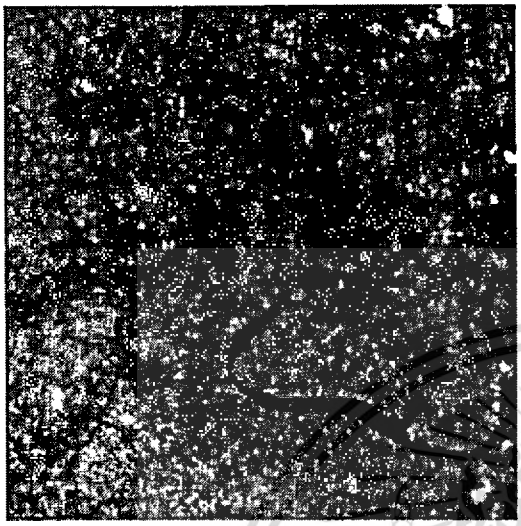
ตารางที่ 5.6

N_c	Rate (BPP)	PSNR (dB)							
		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
1	0	15.99	15.49	8.62	14.07	11.17	12.28	17.42	17.48
2	0.0156	16.70	16.58	13.40	17.74	14.95	16.61	19.25	16.08
4	0.0312	20.03	19.55	18.04	20.45	17.76	19.06	20.74	20.14
8	0.0469	21.48	20.76	19.94	22.11	18.98	20.16	22.21	22.56
16	0.0625	21.73	21.10	20.97	22.81	19.83	20.98	22.89	22.53
32	0.0781	22.68	21.95	21.82	23.60	20.56	21.77	23.67	23.66
64	0.0938	23.16	22.44	22.58	24.20	21.16	22.44	24.28	24.14
128	0.1094	23.50	22.85	23.17	24.70	21.76	23.06	24.84	24.48
256	0.1250	23.93	23.30	23.69	25.16	22.41	23.73	25.45	24.91

แสดงค่า PSNR ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการลดข้อมูลโดยใช้ตัวเก็บรหัสขนาดต่าง ๆ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และการแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.16

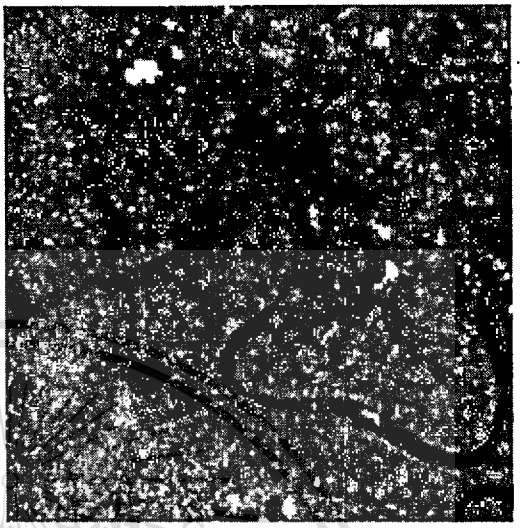


MOS-I-1

Bit rate = 2 bpp

MSE = 35.20

PSNR = 32.67 dB

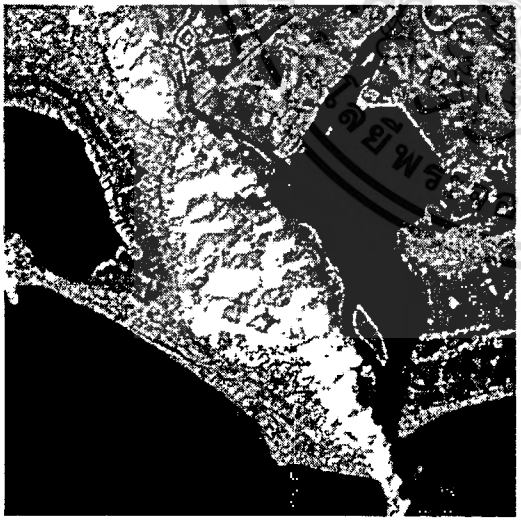


MOS-I-2

Bit rate = 2 bpp

MSE = 37.28

PSNR = 32.42 dB

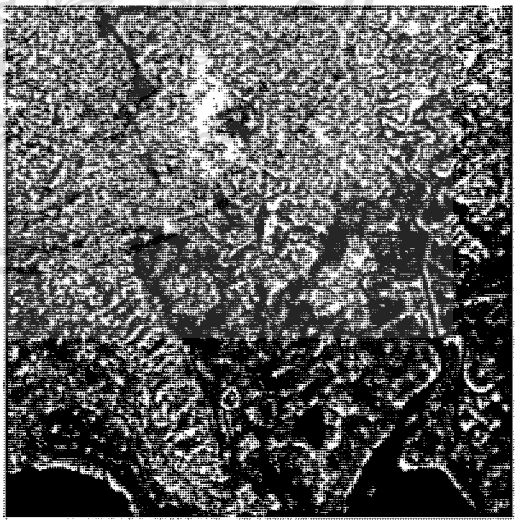


OPS1

Bit rate = 2bpp

MSE = 26.76

PSNR = 33.86 dB



OPS2

Bit rate = 2bpp

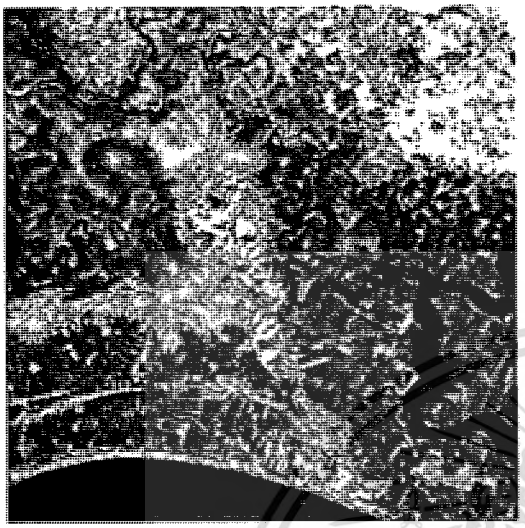
MSE = 20.61

PSNR = 34.99 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.16 (ต่อ)

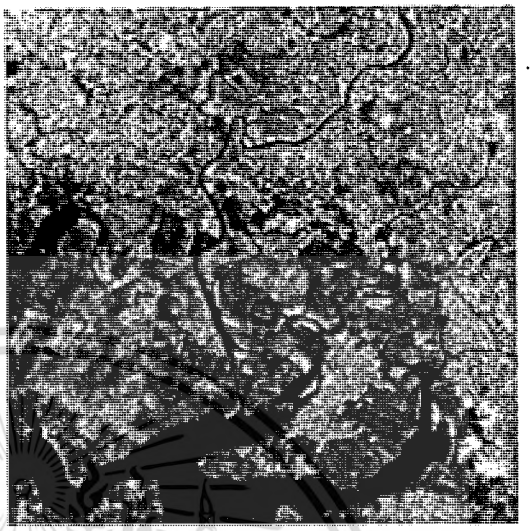


OPS3

Bit rate = 2 bpp

MSE = 38.48

PSNR = 32.28 dB

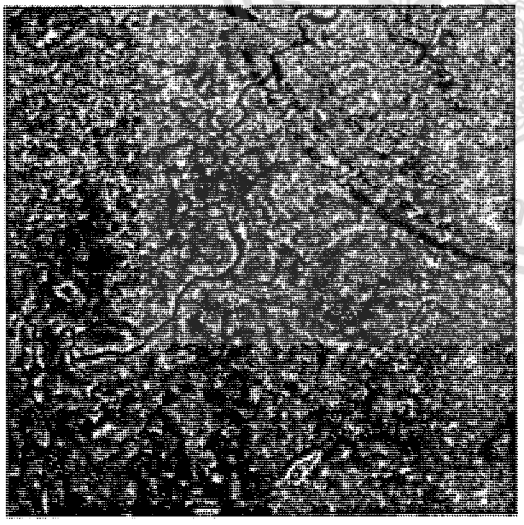


OPS4

Bit rate = 2 bpp

MSE = 28.85

PSNR = 33.53 dB

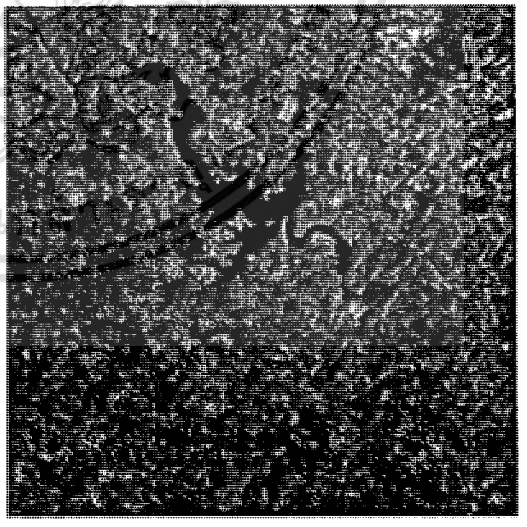


OPS5

Bit rate = 2bpp

MSE = 20.34

PSNR = 35.05 dB



TM4

Bit rate = 2bpp

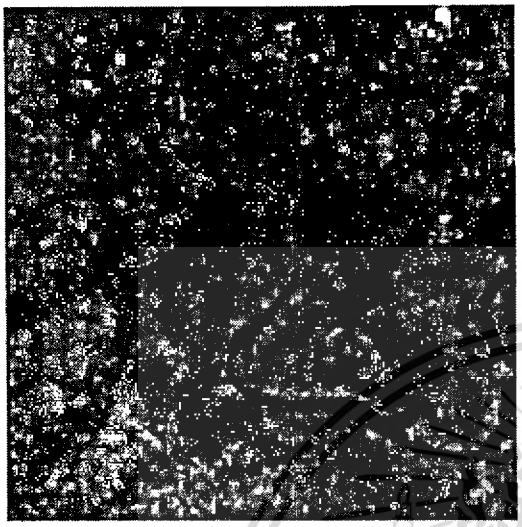
MSE = 27.29

PSNR = 33.77 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 2x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.17

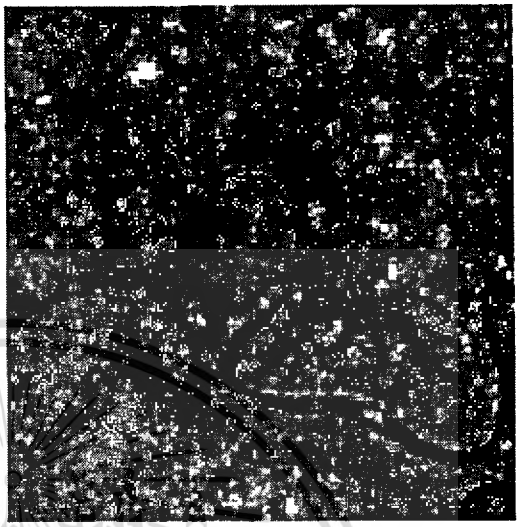


MOS-I-1

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 130.23

PSNR = 26.98 bB

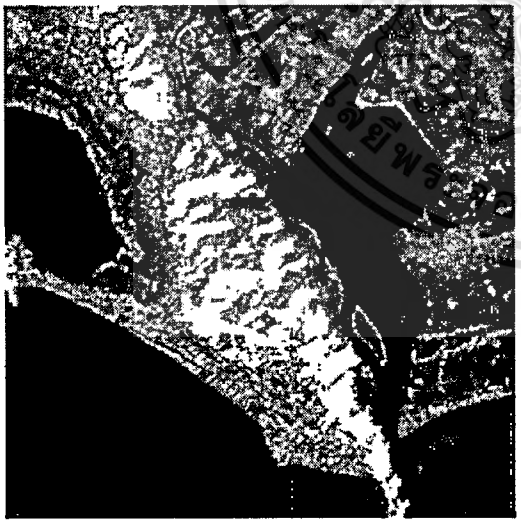


MOS-I-2

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 139.35

PSNR = 26.69 dB

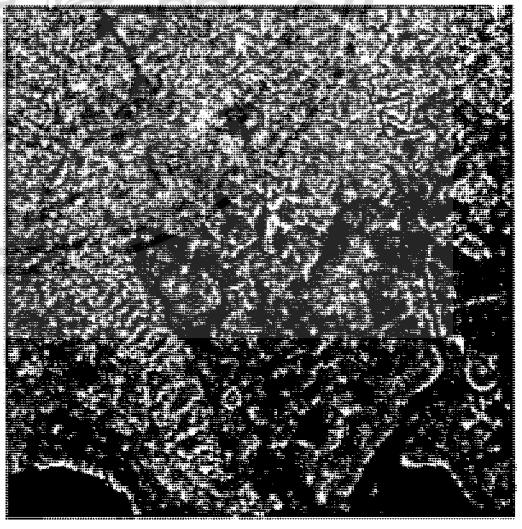


OPS1

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 106.08

PSNR = 27.87 dB



OPS2

Bit rate = 0.5 bpp

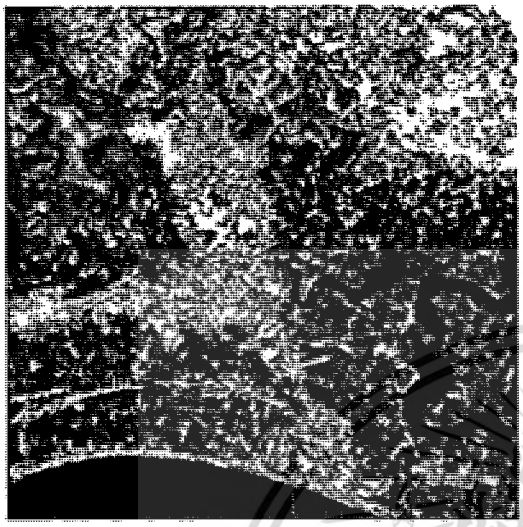
MSE = 78.17

PSNR = 29.20 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.17 (ต่อ)

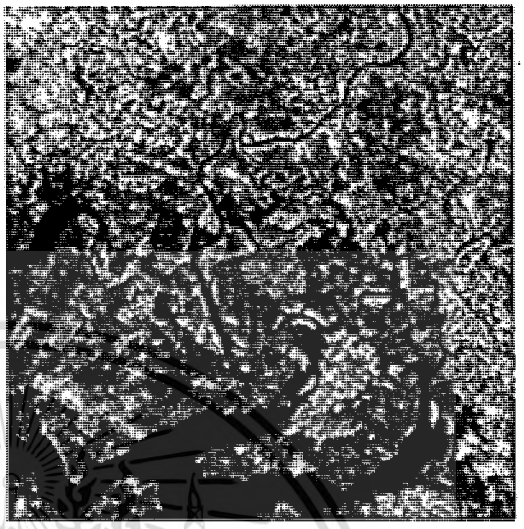


OPS3

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 159.03

PSNR = 26.12 dB

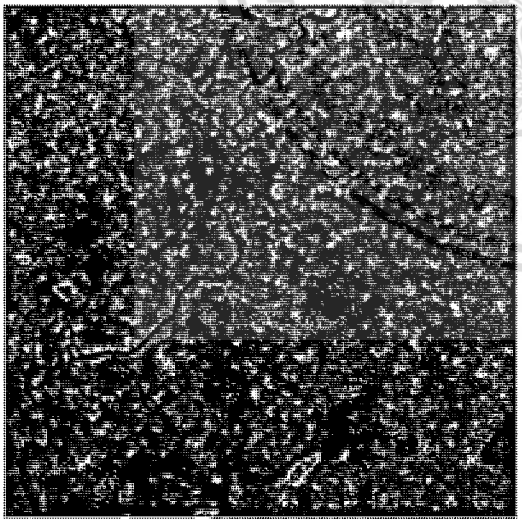


OPS4

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 117.60

PSNR = 27.43 dB

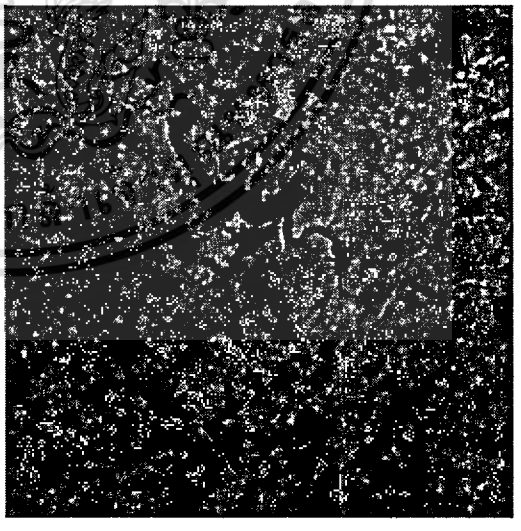


OPS5

Bit rate = 0.5 bpp

MSE = 81.38

PSNR = 29.03 dB



TM4

Bit rate = 0.5 bpp

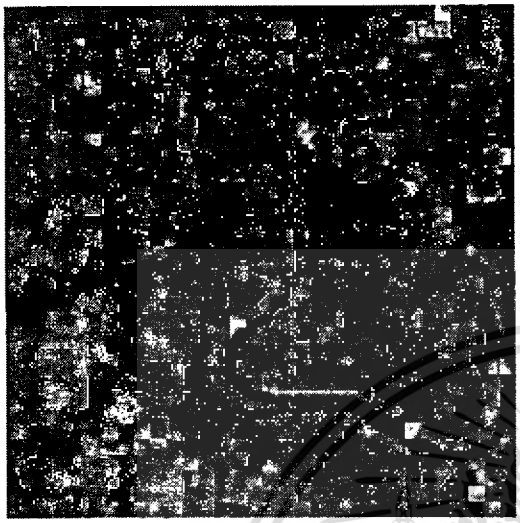
MSE = 102.02

PSNR = 28.04 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.18

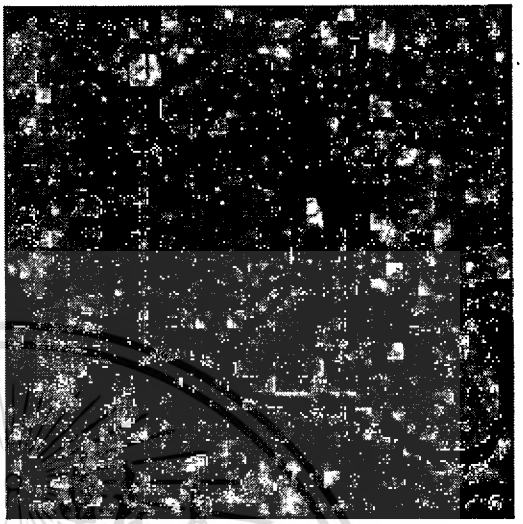


MOS-I-1

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 263.30

PSNR = 23.93 dB

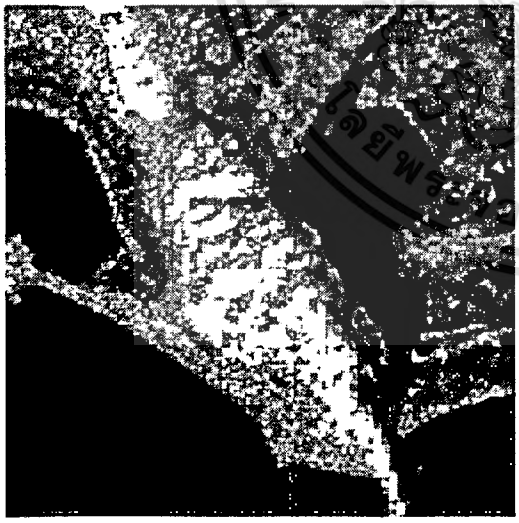


MOS-I-2

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 304.20

PSNR = 23.30 dB

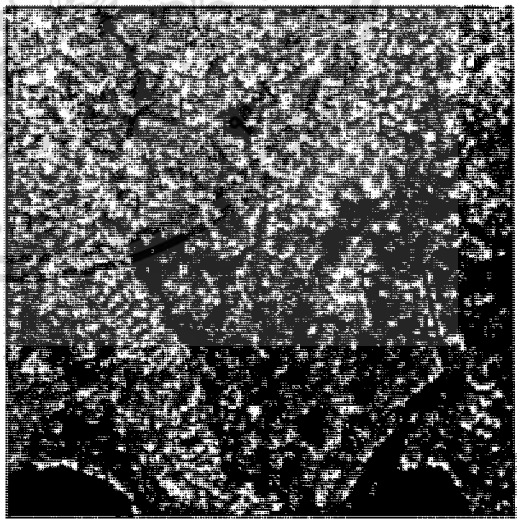


OPS1

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 277.75

PSNR = 23.69 dB



OPS2

Bit rate = 0.125 bpp

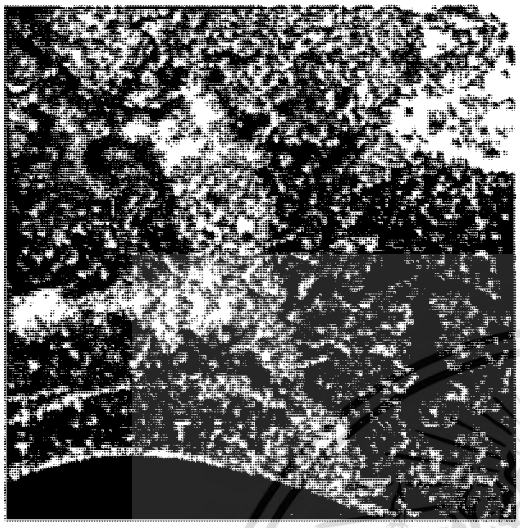
MSE = 198.27

PSNR = 25.16 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.18 (ต่อ)

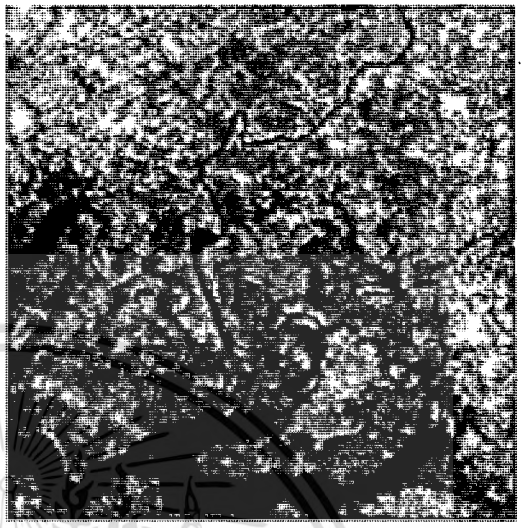


OPS3

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 373.36

PSNR = 22.41 dB

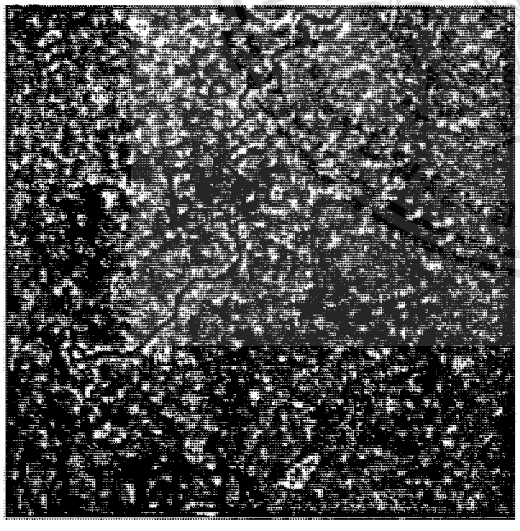


OPS4

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 275.76

PSNR = 23.73 dB

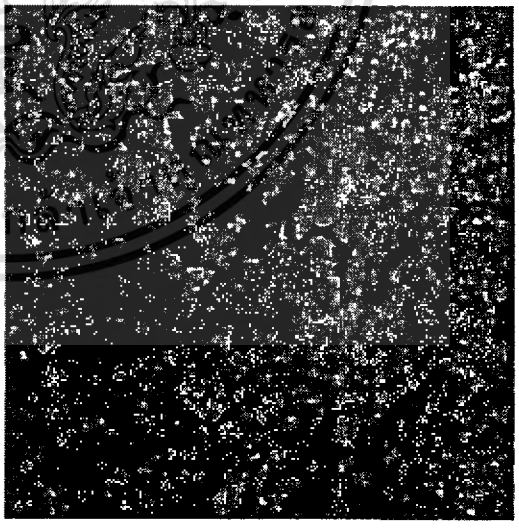


OPS5

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 185.40

PSNR = 25.45 dB



TM4

Bit rate = 0.125 bpp

MSE = 209.97

PSNR = 24.91 dB

แสดงภาพผลลัพธ์โดยใช้ตัวเก็บรหัสที่กำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting และบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7

		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
MSE	Random	45.16	45.96	31.81	23.58	47.89	35.97	23.65	35.34
	Splitting	35.20	37.28	26.76	20.61	38.48	28.85	20.34	27.29
PSNR	Random	31.58	31.51	33.10	34.40	31.33	32.57	34.39	32.65
(dB)	Splitting	32.67	32.42	33.86	34.99	32.28	33.53	35.05	33.77

แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2

ตารางที่ 5.8

		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
MSE	Random	145.33	154.62	120.56	85.36	185.08	137.28	91.53	117.07
	Splitting	130.23	139.35	106.08	78.17	159.03	117.06	81.38	102.02
PSNR	Random	26.51	26.24	27.32	28.82	25.46	26.75	28.52	27.45
(dB)	Splitting	26.98	26.69	27.87	29.20	26.12	27.43	29.03	28.04

แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4

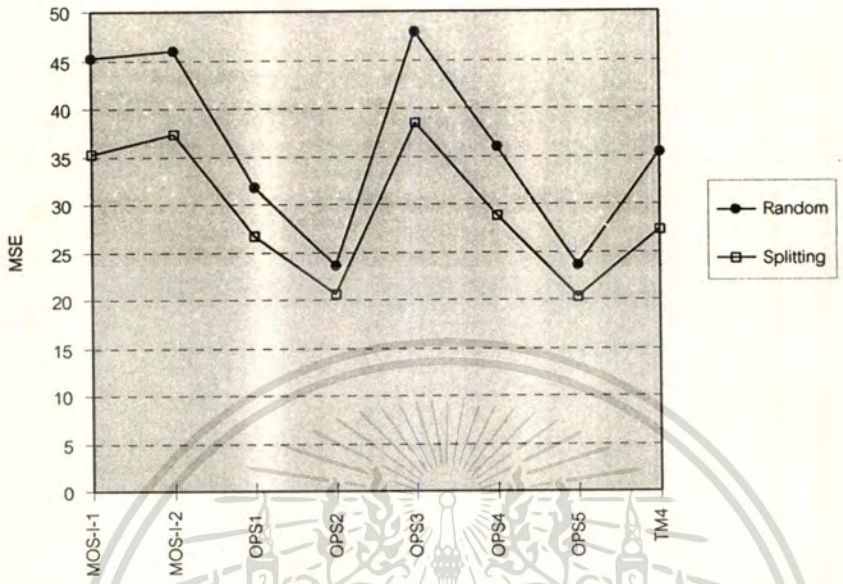
ตารางที่ 5.9

		MOS-I-1	MOS-I-2	OPS1	OPS2	OPS3	OPS4	OPS5	TM4
MSE	Random	293.59	337.75	319.79	215.75	431.78	322.07	208.45	239.54
	Splitting	263.30	304.20	277.75	198.27	373.36	275.76	185.40	209.97
PSNR	Random	23.45	22.84	23.08	24.79	21.78	23.05	24.94	24.34
(dB)	Splitting	23.93	23.30	23.69	25.16	22.41	23.73	25.45	24.91

แสดงผลเปรียบเทียบค่า MSE และ PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

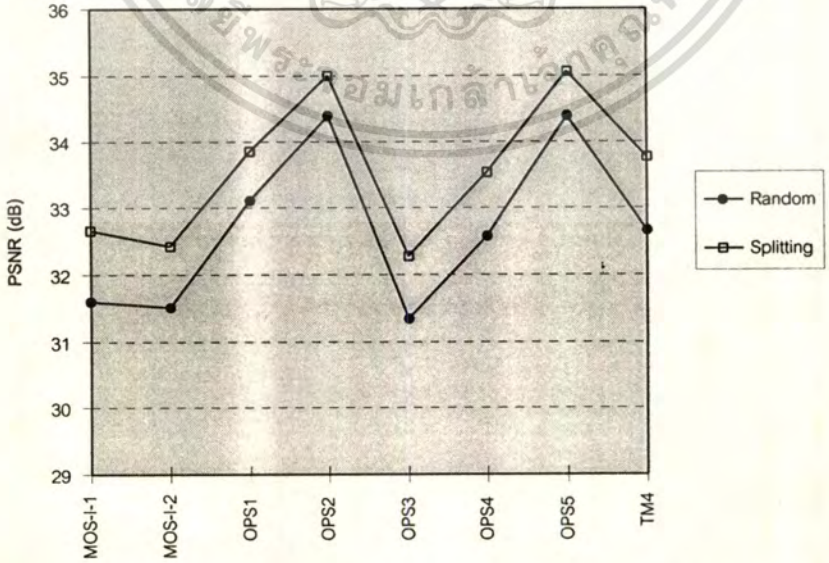
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.19



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2

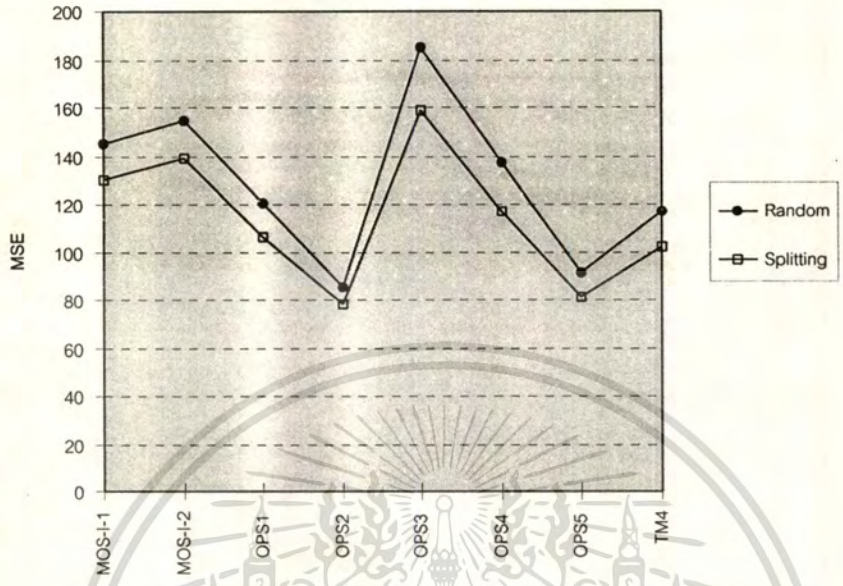
ภาพที่ 5.20



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 2x2

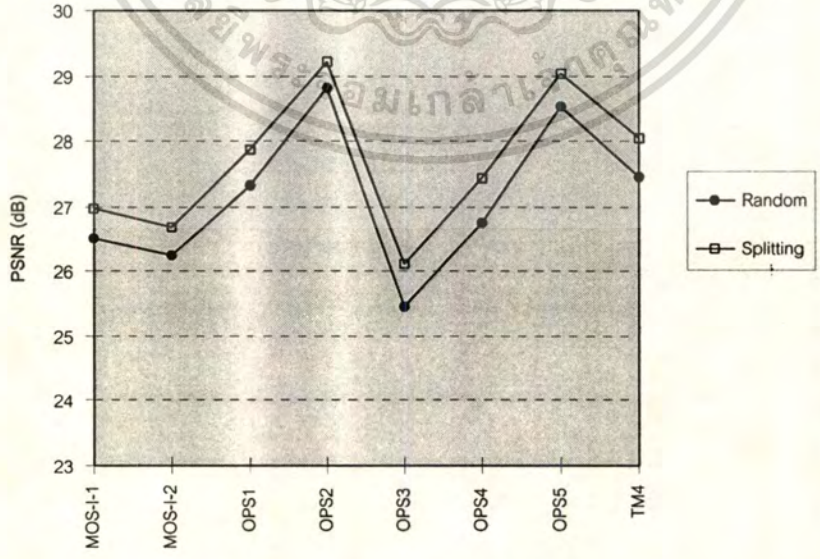
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.21



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4

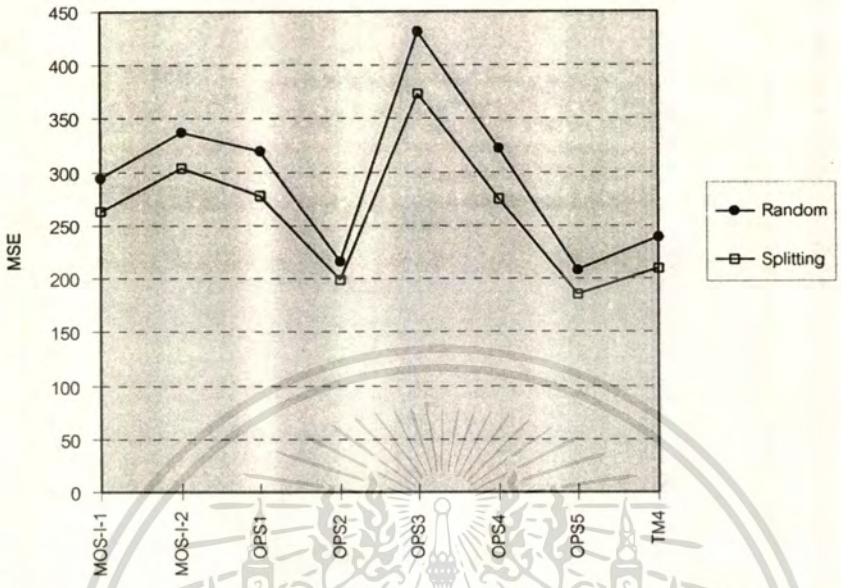
ภาพที่ 5.22



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 4x4

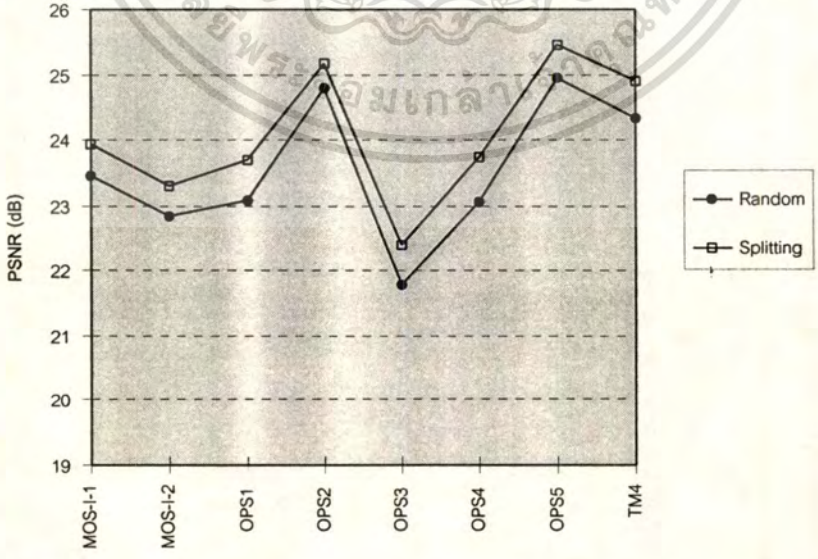
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.23



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า MSE ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

ภาพที่ 5.23



แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า PSNR ของภาพผลลัพธ์ ที่ใช้ตัวเก็บรหัสขนาด 256 เวกเตอร์ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random และ Splitting โดยใช้การแบ่งบล็อกย่อยขนาด 8x8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

จากผลการเปรียบเทียบค่า MSE และค่า PSNR ที่เกิดขึ้นกับภาพที่ผ่านการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์โดยการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากอัลกอริทึม LBG โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random กับแบบ Splitting พบว่าการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting จะให้ค่า MSE ที่ต่ำกว่าการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random ในทางกลับกันการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting จะให้ค่า PSNR ที่สูงกว่าการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าในการลดข้อมูลภาพด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์โดยการใช้ตัวเก็บรหัสที่สร้างจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Splitting จะทำให้เกิดความเพี้ยนของภาพน้อยกว่าการใช้ตัวเก็บรหัสที่ได้มาจากการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบ Random

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าจำนวนบิทข้อมูลที่ใช้ในการเข้ารหัสด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์จะขึ้นอยู่กับจำนวนของเวกเตอร์รหัส (ระดับการควอนไทซ์ของตัวเก็บรหัส) และขนาดมิติของเวกเตอร์รหัสหรือขนาดของบล็อกย่อยที่ทำการแบ่งจากภาพต้นแบบ โดยถ้าจำนวนของเวกเตอร์รหัสมากขึ้น (ระดับของการควอนไทซ์ที่มากขึ้น) ทำให้จะต้องใช้จำนวนบิทของดัชนีที่ใช้แทนเวกเตอร์รหัสเหล่านั้นมากขึ้นด้วย จึงทำให้บิทข้อมูลที่ใช้ในการเข้ารหัสสูงขึ้น ส่วนขนาดมิติของเวกเตอร์รหัสจะมีผลโดยตรงกับขนาดของบล็อกย่อยที่จะทำการแบ่งให้ครอบคลุมของภาพต้นแบบที่จะนำมาทำการสร้างตัวเก็บรหัสหรือนำมาทำการเข้ารหัส ถ้าขนาดของบล็อกย่อยที่ใช้มีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะใช้จำนวนบล็อกย่อยในการแบ่งให้ครอบคลุมทั้งภาพน้อยลง ซึ่งจะมีการนำบล็อกย่อยเหล่านั้นมาจัดเรียงให้เป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดมิติเท่ากันกับมิติของเวกเตอร์รหัสเพื่อที่จะทำการเข้ารหัส ทำให้ใช้จำนวนดัชนีที่จะใช้แทนบล็อกย่อยเหล่านั้นน้อยลง จึงทำให้จำนวนบิทข้อมูลที่ใช้ในการเข้ารหัสลดลง

ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนบิทที่ใช้ในการลดข้อมูล คือ

- จำนวนบิทของดัชนีที่ใช้ในการเข้ารหัส ซึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนของเวกเตอร์รหัสหรือระดับการควอนไทซ์ของตัวเก็บรหัส
- จำนวนดัชนีที่ใช้ในการเข้ารหัส ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดมิติของเวกเตอร์รหัสหรือขนาดของบล็อกย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองวัดประสิทธิภาพในการลดข้อมูลที่อัตราบิทต่าง ๆ จะพบว่าถ้าอัตราบิทที่ใช้ในการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ลดลงจะทำให้เกิดความเพี้ยนของภาพที่สูงขึ้น คือจะมีค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยที่สูงขึ้น และมีค่าสัดส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุดที่ลดลง

ถ้ากำหนดให้การแบ่งบล็อกย่อยที่ขนาดต่าง ๆ กัน แต่จำนวนของเวกเตอร์รหัสที่ใช้เท่ากัน (ระดับการควอนไทซ์ของตัวเก็บรหัสเท่ากัน) จะพบว่าถ้าบล็อกย่อยที่แบ่งนั้นมีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้อัตราบิทของภาพที่ถูกลดข้อมูลลดลงคือสามารถลดข้อมูลได้มากขึ้น แต่ก็จะทำให้เกิดความเพี้ยนสูงขึ้นด้วย และภาพที่ได้จากการสร้างกลับขึ้นมาใหม่จะแสดงลักษณะผลของบล็อก (blocking effect) ที่เห็นได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณส่วนที่เป็นขอบและรายละเอียดภายในภาพ ทำให้ภาพที่ผ่านการเข้ารหัสโดยการแบ่งบล็อกย่อยขนาดใหญ่จะสูญเสียรายละเอียดส่วนที่เป็นขอบและรายเส้นภายในภาพ ดังนั้นในการประยุกต์ใช้งานกับภาพถ่ายจากดาวเทียม ควรจะใช้ในงานการสำรวจการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น แม่น้ำ กลุ่มเมฆ ป่าไม้ เป็นต้น

ถ้ากำหนดให้จำนวนของเวกเตอร์รหัส (ระดับการควอนไทซ์ของตัวเก็บรหัส) ที่ใช้ในการลดข้อมูลมีปริมาณต่าง ๆ กัน แต่กำหนดให้ขนาดของบล็อกย่อย (มิติของเวกเตอร์รหัส) มีขนาดเท่ากัน จะพบว่าถ้าจำนวนของเวกเตอร์รหัสที่ใช้ลดลง จะทำให้อัตราบิทของภาพที่ถูกลดข้อมูลลดลงคือสามารถลดข้อมูลได้มากขึ้น แต่ก็จะทำให้เกิดความเพี้ยนสูงขึ้นด้วย และภาพที่ได้จากการสร้างกลับขึ้นมาใหม่จะแสดงลักษณะใกล้เคียงกับภาพไบนารีมากขึ้น เนื่องจากระดับของการควอนไทซ์ลดลงนั่นเอง

ลักษณะของภาพจะที่นำมาใช้ในการเข้ารหัสควรจะเป็นภาพที่มีลักษณะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันกับภาพที่ใช้ในการสร้างตัวเก็บรหัส เพื่อที่จะทำให้เกิดความเพี้ยนน้อยที่สุด ดังนั้นในการสร้างตัวเก็บรหัสสำหรับการลดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมก็ควรจะใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และระดับคอนทราสที่ใกล้เคียงกัน

ในการประยุกต์ใช้งานสำหรับการส่งข้อมูลนั้นอาจเลือกได้เป็นสองวิธี คือ

- การส่งตัวเก็บรหัสประกอบไปพร้อมกับดัชนีที่ใช้แทนข้อมูลภาพในลักษณะข้อมูลส่วนหัว (header data) วิธีนี้จะมีข้อดีคือจะทำให้เกิดความเพี้ยนของข้อมูลน้อย โดยการเลือกใช้ตัวเก็บรหัสที่สร้างจากภาพที่จะส่งนั้น แต่ก็จะใช้จำนวนบิทข้อมูลในการส่งที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับส่งตัวเก็บรหัส

- การส่งเฉพาะดัชนีที่ใช้แทนข้อมูลภาพ วิธีการนี้จะที่ปลายทางจะต้องใช้ตัวเก็บรหัสเดียวกันกับต้นทาง โดยตัวเก็บรหัสที่ใช้นั้นได้มีการส่งไปก่อนหน้าแล้ว ดังนั้นวิธีการนี้จะใช้จำนวนบิทข้อมูลในการส่งน้อยกว่าวิธีแรก แต่อาจจะทำให้เกิดความเพี้ยนของข้อมูลสูงกว่า เนื่องจากตัวเก็บรหัสที่ใช้ไม่ได้สร้างจากภาพที่จะทำการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์

- เป็นวิธีการเข้ารหัสที่ให้อัตราการลดข้อมูลสูง โดยการแบ่งบล็อกย่อยขนาดเล็กของภาพแล้วแทนด้วยเลขดัชนี
- การเข้ารหัสและถอดรหัสจะใช้วิธีการในการคำนวณที่ไม่ยุ่งยาก คือในการเข้ารหัสจะใช้เพียงการคำนวนหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ส่วนการถอดรหัสก็สามารถทำได้โดยง่ายและเร็วมาก เนื่องจากเป็นการนำค่าดัชนี (index) มาชี้ข้อมูลในตัวเก็บรหัสโดยไม่มีการคำนวณใด ๆ

ปัญหาที่เกิดขึ้น

เนื่องจากในการสร้างตัวเก็บรหัส จะใช้อัลกอริทึม LBG ซึ่งจะมีการคำนวณแบบแบบวนรอบ (iterative) จึงใช้เวลานาน โดยในตอนเริ่มแรกของการวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC รุ่น 486DX2-66 โดยใช้โปรแกรมภาษาซี และใช้บอร์แลนด์ซี (Borland C) คอมไพเลอร์ ปัญหาที่พบคือจะใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก และการจองหน่วยความจำเพื่อใช้ในการคำนวณก็สามารถทำได้อย่างจำกัด จึงสามารถใช้ได้กับข้อมูลภาพที่มีขนาดเล็ก แต่เมื่อได้มีการพัฒนาโดยการเปลี่ยนรุ่น CPU ของเครื่อง PC ที่ใช้ขึ้นมาเรื่อย ๆ จนกระทั่งเป็นรุ่น Pentium - 166 โดยใช้วัตคอมซี (Watcom C) [16] คอมไพเลอร์ จะไม่เกิดปัญหาเรื่องการจองหน่วยความจำ เพราะสามารถจองได้ไม่จำกัด สามารถใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมที่มีขนาดใหญ่ได้ และจะมีการคำนวณที่เร็วขึ้น นอกจากนี้ได้ทำการปรับปรุงตัวโปรแกรมให้มีการคำนวณที่ลดน้อยลง โดยตัดส่วนที่ไม่จำเป็นและการคำนวณที่ซ้ำซ้อนทิ้ง จึงทำให้ใช้เวลาในการคำนวณที่ลดลงได้อย่างมาก

แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์เป็นวิธีการที่มีอัตราการลดข้อมูลที่สูงแต่จะมีปัญหาในเรื่องของความเพี้ยนที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการพัฒนาต่อไปคือการนำเอาวิธีการลดข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันกับการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ เพื่อลดความเพี้ยนและอัตราบิทลง เช่น นำมาใช้ร่วมกับการเข้ารหัสฮัฟแมน[15] หรือการแปลงเวฟเลท เป็นต้น การที่การลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์มีความเหมาะสมในการใช้ลดข้อมูลร่วมกับการลดข้อมูลแบบอื่น ก็เนื่องจากการลดข้อมูลด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์จะรักษาความสัมพันธ์ของจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันไว้ได้ที่อัตราการลดข้อมูลที่สูง นอกจากนี้ควรต้องจะปรับปรุงอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวเก็บรหัสและการเข้ารหัส เพื่อทำให้ใช้เวลาในการเข้ารหัสลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, Van Nortrand Reinhold Publish, New York, 1993.

[2] R. G. Gallager, "Variations on a theme by Huffman," IEEE Trans. Inform. Theory, IT-25:668-674, Nov 1978.

[3] H. Gharavi, "Conditional run-length and variable-length coding of digital picture," IEEE Trans. Comm., COM-35(6):671-677, June 1987.

[4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison - Wesley Publish Commpany, Inc.,1992.

[5] M. Rabbani and P.W. Jones, *Digital Image Compression Techniques*, vol TT7 of SPIE Tutorial Texts in Optical Engineering, SPIE Press, 1991.

[6] J. Ziv and A. Lempel, "A universal algorithm for sequential data compression," IEEE Trans. Inform. Theory, IT-23:337-343, 1977.

[7] S. P. Lloyd, "Least Squares Quantization in PCM," IEEE Trans. on Inform. Theory, vol.IT-28, Mar 1982, pp. 129-137.

[8] J. Max, "Quantizing for Minimum Distortion," IRE Trans. Inf. Theory, vol.IT-6, Mar 1960, pp. 7-12.

[9] M. A. Sid - Ahmed, *Image Processing, Theory, Algorithm, and Architectures*, McGraw-Hill Inc., 1995.

[10] J. W. Woods, *Subband Image Coding*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.

[11] J. W. Woods and S. D. O'Neil, "Subband Coding of Images," IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process., ASSP-34:1278-1288, Oct. 1986.

[12] N. M. Nasrabadi and R. A. King, "Image coding using vector quantization: A Review," IEEE Trans. Commun., vol. COM-36, pp. 957-971, Aug 1980.

[13] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun., vol COM-28, pp. 84-95, Jan 1980.

[14] A. Gersho and R. M. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*, Kluwer Academic Publishes, Boston, 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha and S. Wongkharn, "Data Compression using Vector Quantization and Huffman Coding for Satellite Imagery," Proceeding of the 16th Asean Conference on Remote Sensing, Nakhon Ratchasima, Thailand, Nov. 20-24, 1995.

[16] *WATCOM C/C++*[32] *Optimizing Compiler User's Guide 1st Edition*, Watcom International Corporation, 1993.

[17] ดาราศรี ดาวเรือง , *รีโมทเซนซิ่งพื้นฐาน*, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงาน, 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] F. Cheevasuvit, K. Dejhan, S. Mitatha and S. Wongkharn, "Data Compression using Vector Quantization and Huffman Coding for Satellite Imagery," Proceeding of the 16th Asean Conference on Remote Sensing, Nakhon Ratchasima, Thailand, Nov. 20-24, 1995.

[2] F. Cheevasuvit, K. Dejhan, V. Tipsuwanporn, S. Wongkharn and A. Somboonkeaw, "Digital Image Data Recovery from Printed Image," Proceeding of the 16th Asean Conference on Remote Sensing, Nakhon Ratchasima, Thailand, Nov. 20-24, 1995.

[3] S. Wongkharn, F. Cheevasuvit, K. Dejhan and M. Chongcheawchamnan, "Edge Enhancement by Adding Highpass Filtered Image using Wavelet Transform," Proceeding of the Regional Symposium on Telecommunications Electronics Circuits and Systems, KMITL, Bangkok, Thailand, July 6-8, 1996.

[4] A. Somboonkeaw, F. Cheevasuvit, K. Dejhan, W. Chupaween and S. Wongkharn, "Design and Development of an Automatic Visual Inspection System for Ink Stamp Quality Control," Proceeding of International Conference on Robotics Vision and Parallel Processing for Industrial Automation, Ipoh, Perak, Malaysia, Nov. 28-30, 1996.

[5] ทิพย์ แม้นเมฆ, ศิริพงษ์ วงษ์คาร, พัลลภ ตั้งบวรพิเชฐ และพนม เพชรจตุพรม, "เทคนิคการลดขนาดข้อมูลเสียงพูดที่บันทึกแบบ PCM อย่างง่าย," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 18, พัทยา, พฤศจิกายน 2538.

[6] วรพล ลีลาเกียรติสกุล, ศิริพงษ์ วงษ์คาร, บพิตร ทุวิรัตน์, พิเชษฐ์ ช่อผกา, ณรงค์วิทย์ ตั้งปัญญารัช, "เครื่องจำลองสัญญาณเวลาดิจิตอล," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 17, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ, 1-2 ธันวาคม 2537.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายศิริพงษ์ วงษ์คาร
เกิดวันที่	2 ตุลาคม 2515 ที่จังหวัดอุตรดิตถ์
การศึกษา	ปีการศึกษา 2521-2526 ระดับประถม โรงเรียนชุมชนไกรลาสวิทยาคม อุตรดิตถ์
	ปีการศึกษา 2527-2529 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์ อุตรดิตถ์
	ปีการศึกษา 2530-2532 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์
	ปีการศึกษา 2533-2536 ระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.
ปัจจุบัน	ทำงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้