ตัววัดคุณภาพของภาพผิดเพี้ยนแบบออบเจคทีฟ

OBJECTIVE MEASUREMENT OF DISTORTED IMAGES

ราชกิจ สกุลดี

RATCHAKIT SAKULDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-230-177

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัววัดคุณภาพของภาพผิดเพี้ยนแบบออบเจคทีฟ

OBJECTIVE MEASUREMENT OF DISTORTED IMAGES

ราชกิจ สกุลดี

RATCHAKIT SAKULDEE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....82754
วัน,เดือน,ปี.....22 ก.ค. 2551

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-230-177

OBJECTIVE MEASUREMENT OF DISTORTED IMAGES

RATCHAKIT SAKULDEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-EN-M-230-177

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ตัววัดคุณภาพของภาพผิดเพี้ยนแบบออบเจคทีฟ
นักศึกษา	นายราชกิจ สกุลดี
รหัสประจำตัว	49061007
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการวัดและการประเมินผลคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพที่ผิดเพี้ยนแบบออบเจคทีฟ (Objective Distorted Image Quality Measurement) แบบใหม่ ที่มีความน่าเชื่อถือสูง และมีความรวดเร็วในการประมวลผล ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญในงานด้านการประมวลผลภาพ โดยตัววัดแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ ได้ถูกพัฒนามาจากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ได้แก่ เอ็มเอสอี เอ็มเออี พีเอสเอ็นอาร์ เอสซี เอ็มดี แอลเอ็มเอสอี และ เอ็นเออี แล้วนำมาทำการพิจารณาด้วยค่าสเปทเชียลฟรีเควนซีเมเชอร์ (Spatial Frequency Measure) หรือเอสเอฟเอ็ม (SFM) เพื่อทำให้ตัววัดแบบออบเจคทีฟแบบใหม่มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการวัดคุณภาพของภาพ เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาต์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาต์เซียน (Gaussian Blur Image) และ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image) เป็นต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ถูกนำมาใช้ในการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบเดิม เพื่อพิจารณาร่วมกับตัววัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟด้วยเอ็มโอเอส ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการประเมินด้วยความรู้สึกของมนุษย์ หรือตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิงที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูง เช่นวีไอเอฟ เพื่อสร้างตัววัดที่เหมาะสมสำหรับภาพแต่ละประเภท และตัววัดที่ออกแบบไว้ยังสามารถวัดคุณภาพของภาพได้หลายชนิด และตัววัดแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ยังแสดงค่าออกมาเป็นระดับของคุณภาพของภาพแบบ 1 ถึง 5 (ภาพมีคุณภาพยอมรับไม่ได้ ถึง ภาพที่มีคุณภาพของภาพดีเลิศ) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความหมายที่สอดคล้องกับการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ ด้วยตัววัดเอ็มโอเอส

Thesis	Objective Measurements of Distorted Images
Student	Ratchakit Sakuldee
Student ID.	49061007
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr.Somkait Udomhunsakul

ABSTRACT

Measurement of the quality of image distortion is important for image processing application. In this thesis we propose new objective distortion image quality assessments to measure the quality of gray scale image, which are correlation well with subjective quality measurement (MOS) and Image Information Fidelity (VIF). The new objective image quality measurements are developed from a few fundamental of objective measurements such as MSE (Mean Square Error), MAE (Mean Average Error), PSNR (Peak Signal to Noise Ratio), SC (Structural Content), MD (Maximum Difference), LMSE (Laplacian Mean Square Error), and NAE (Normalized Absolute Error). SFM (Spectral Frequency Measure) adopted to improve the performance of the new objective image quality measurements. The new objective measurements can be measured the difference types of distorted image such as JPEG image, JPEG2000 image, Gaussian noise image, Gaussian blur image and Salt and Pepper noise image. The reliability of image quality measurement could be evaluation between each fundamental objective measurement and subjective measurement (MOS) or Image Information Fidelity (VIF). In addition, the new objective measurements are scaled to make them equivalent to MOS, given the rate of distorted image quality from 1 to 5 (unacceptable to excellent quality).

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนอื่นขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนการรับฟังความคิดเห็น

ขอบคุณ จักรพันธ์ จิตรทรัพย์, ทศพร คชานุบาล และนภา แซ่เบ๊ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในหลายๆ เรื่อง

ขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 3 และปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่ทำการประเมินผลคุณภาพของภาพ

ราชกิจ สกุลดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....6

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....6

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....6

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....7

1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....7

บทที่ 2 ภาพผิดเพี้ยนชนิดต่างๆ.....9

2.1 ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Compressed Image).....9

2.1.1 ดิสครีตโคซายน์ทรานซ์ฟอร์ม (Discrete Cosine Transform).....9

2.1.2 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก.....11

2.1.3 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก.....13

2.2 ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Compressed Image).....16

2.2.1 ดิสครีตเวฟเลททรานซ์ฟอร์ม (Discrete Wavelet Transform).....16

2.2.2 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก 2000.....18

2.2.3 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000.....18

2.3 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image).....21

2.3.1 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน.....21

2.4 ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image).....23

2.4.1 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน.....23

2.5 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt and Pepper Noise Image).....25

2.5.1 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ.....25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การวัด และการประเมินผลคุณภาพของภาพ....27

3.1 คุณสมบัติของภาพต้นแบบ....27

3.1.1 สเปทเชียลฟรีเควนซีเมเชอร์ (Spatial Frequency Measure)....27

3.2 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพ....27

3.2.1 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ....28

3.2.2 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ....29

3.2.2.1 Mean Square Error (MSE)....29

3.2.2.2 Mean Average Error (MAE)....30

3.2.2.3 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)....31

3.2.2.4 Structural Content (SC)....31

3.2.2.5 Maximum Difference (MD)....32

3.2.2.6 Laplacian Mean Square Error (LMSE)....33

3.2.2.7 Normalized Absolute Error (NAE)....34

3.2.2.8 Picture Quality Scale (PQS)....35

3.2.2.9 Structual Similarity Index Measurement (SSIM)....36

3.2.2.10 Vistual Information Fidelity (VIF))....37

3.3 ความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ....38

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง....39

4.1 ตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Compressed Image Measurement)....41

4.2 ตัววัดของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Compressed Image Measurement)...51

4.3 ตัววัดคุณภาพของภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image Measurement)....59

4.4 ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image Measurement)....66

4.5 ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image Measurement)....75

4.6 ตัววัดคุณภาพของภาพแบบไอคิวเอส (IQS: Image Quality Score Measurement)....83

4.7 ทดสอบเวลาในการประมวลผลของตัววัด....101

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....102

เอกสารอ้างอิง.....103

ภาคผนวก.....105

ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....107

ประวัติผู้เขียน.....114

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ค่าการควอนไตซ์....12

4.1 ค่า SFM ของภาพต้นแบบแต่ละภาพ....39

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพบีบอัดชุดที่ 1....43

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1....44

4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพบีบอัดชุดที่ 1....47

4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพบีบอัดชุดที่ 2....48

4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จากภาพบีบอัดชุดที่ 1....53

4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพบีบอัดชุดที่ 1....53

4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จากภาพบีบอัดชุดที่ 1....56

4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จากภาพบีบอัดชุดที่ 2....57

4.10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 1....61

4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 1....63

4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 2....64

4.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จากชุดที่ 1....68

4.14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพชุดที่ 1....69

4.15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 1....71

4.16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 2....73

4.17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวน แบบจุดขาวดำ จากภาพชุดที่ 1....77

4.18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพชุดที่ 1....77

4.19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ จากภาพชุดที่ 1....80

4.20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ จากภาพชุดที่ 2....81

4.21 ค่าในแต่ละระดับคุณภาพของภาพ และโปรแกรมที่ใช้สร้างภาพ....83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.22 ค่า SFM ของภาพแต่ละประเภท และแต่ละระดับคุณภาพ จากภาพต้นแบบที่ 8.....84
4.23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพประเภทที่ 1 จากชุดที่ 1.....86
4.24 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพประเภทที่ 1 เมื่อทำการพิจารณาด้วยค่า SFM
จากภาพชุดที่ 1.....87
4.25 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพประเภทที่ 2 จากชุดที่ 1.....89
4.26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพทั้ง 4 ประเภท จากภาพชุดที่ 1.....96
4.27 ค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแต่ละตัว ในการวัดภาพในแต่ละชนิด จากภาพชุดที่ 1.....97
4.28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพทั้ง 4 ประเภท จากภาพชุดที่ 2.....99
4.29 ค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแต่ละตัว ในการวัดภาพในแต่ละชนิด จากภาพชุดที่ 2.....99
4.30 ลำดับของคุณภาพของภาพ จากรูปที่ 4.43.....101
4.31 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที).....101

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 เปรียบเทียบรูปภาพที่มี PSNR ประมาณ 30 dB....1
1.2 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า MSE ประมาณ 17....2
1.3 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า PQS ที่ติดลบ....3
1.4 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน....4
1.5 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า SSIM ประมาณ 0.5....5
2.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ทำการแปลงดีซีที....10
2.2 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้เทคนิคแบบเจเปก....11
2.3 การทำซิกแซกสแกน....12
2.4 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก....14
2.4 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก (ต่อ)....15
2.5 ฟิลเตอร์แบงค์....17
2.6 หนึ่งขั้นของการแปลงดีดับเบิลยูทีแบบสองมิติ....17
2.7 ตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ทำการแปลงดีดับเบิลยูที....18
2.8 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้เทคนิคแบบเจเปก 2000....18
2.9 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000....19
2.9 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (ต่อ)....20
2.10 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน....22
2.11 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน....24
2.12 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ....26
3.1 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MSE....30
3.2 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MAE....30
3.3 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด PSNR....31
3.4 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด SC....32
3.5 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MD....33
3.6 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด LMSE....34
3.7 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด NAE....35
3.8 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด PQS....35
3.9 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด SSIM....36
3.10 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด VIF....37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 ภาพต้นแบบ....40
4.2 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1....42
4.3 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1....43
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{MSE} ของตัววัด MSESFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก....45
4.5 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก ชุดที่ 1....47
4.6 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก ชุดที่ 2....48
4.7 เปรียบเทียบรูปภาพที่มี PSNR ประมาณ 30 dB ด้วยตัววัด MSESFM....49
4.8 ตัวอย่างรูปภาพบีบอัดแบบเจเปก ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ....50
4.9 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1....51
4.10 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1....52
4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{MD} ของตัววัด MDSFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000....54
4.12 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1....55
4.13 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 2....57
4.14 ตัวอย่างรูปภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ....58
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับการวัดแบบ VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน....60
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน....61
4.17 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1....62
4.18 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2....64
4.19 ตัวอย่างรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ....65
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับการวัดแบบ VIF ที่ได้จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน....67
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน....68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{LMSE} ของตัววัด LMSESFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน....70
4.23 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1....72
4.24 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2....72
4.25 ตัวอย่างรูปภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ....74
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ....75
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ....76
4.28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ของตัววัด PSNRSFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ....78
4.29 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1....79
4.30 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 2....81
4.31 ตัวอย่างรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ....82
4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพประเภทที่ 1 (มีค่า SFM มากกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)....85
4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพประเภทที่ 1 (มีค่า SFM มากกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)....81
4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพประเภทที่ 2 (มีค่า SFM น้อยกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)....88
4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพประเภทที่ 2 (มีค่า SFM น้อยกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)....89
4.36 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ของตัววัด PSNRs สำหรับวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1....91
4.37 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1....92
4.38 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{LMSE} และ k_{MD} ของตัววัด MDLMSE สำหรับวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2....93
4.39 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2....95
4.40 ตัววัดคุณภาพ PQS และ SSIM ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 1....95

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.41 ตัววัดคุณภาพ IQS ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 1.....96
4.42 ตัววัดคุณภาพ PQS และ SSIM ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 2.....98
4.43 ตัววัดคุณภาพ IQS ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 2.....98
4.44 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า SSIM ประมาณ 0.5.....100

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจวัดคุณภาพของภาพ เป็นกระบวนการที่สำคัญสำหรับการจัดเก็บข้อมูล และระบบการส่งข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบคุณภาพของภาพ เพื่อทำการตัดสินใจ ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลภาพ ถ้าตัววัดคุณภาพของภาพ มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูง และทำการประมวลผลได้รวดเร็ว จะทำให้ระบบการส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพที่สูง เพราะทำงานได้รวดเร็วโดยใช้ช่องสัญญาณเท่าเดิม และมีคุณภาพของภาพที่ส่งออกไป มีคุณภาพของภาพตามที่ต้องการ เป็นต้น แต่การที่จะได้มาซึ่งคุณภาพของภาพที่ดี จำเป็นต้องมีกระบวนการวัด และประเมินผลที่มีคุณภาพ ในการวัดคุณภาพของภาพแบบต่างๆ เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการประเมินผลคุณภาพของภาพ คือตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานส่วนใหญ่ ไม่สอดคล้องกับตัววัดแบบซัพเจคทีฟเท่าที่ควร หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าที่ได้จากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานนั้น ในบางครั้งไม่สามารถที่จะนำมาใช้บ่งบอกถึงลักษณะคุณภาพของภาพที่ถูกต้องได้ [1]

(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

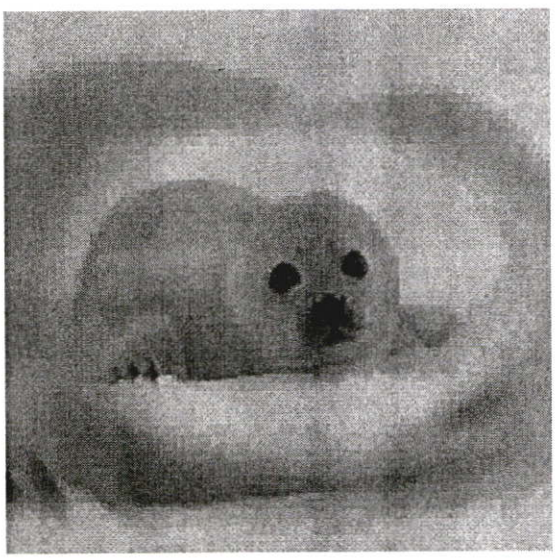
PSNR=31, PQS=1.46 และ MOS=1.7

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

PSNR=30.52, PQS=3.68 และ MOS=4.2

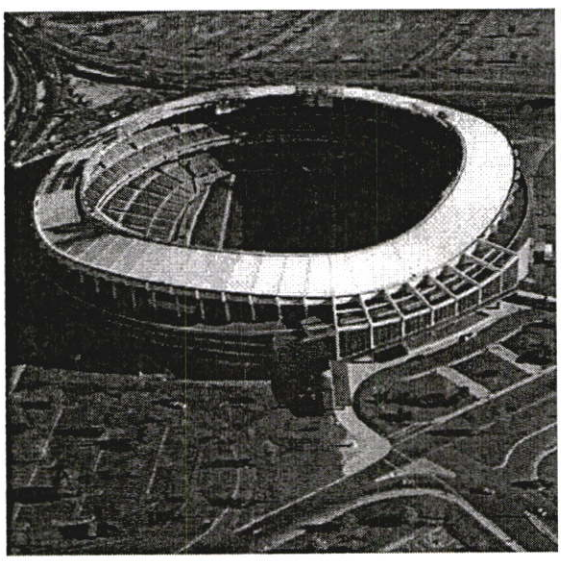
รูปที่ 1.1 เปรียบเทียบรูปภาพที่มี PSNR ประมาณ 30 dB

จากรูปที่ 1.1 ภาพบีบอัดแบบเจเปกทั้งสองรูปมีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 30 เดซิเบล ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่บ่งบอกว่า คุณภาพของภาพยอมรับได้ [1] โดย รูปที่ 1.1 (ก) มีค่า PSNR คือ 31 dB และรูปที่ 1.1 (ข) มีค่า PSNR คือ 30.52 dB ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่บ่งบอกว่า คุณภาพของภาพยอมรับได้ แต่เมื่อสังเกตรูปที่ 1.1 (ข) ก็จะเห็นว่าคุณภาพของภาพยอมรับได้จริง จึงมีค่าที่ได้จากผู้ประเมิน (MOS) คือ 4.2 แต่เมื่อสังเกตรูปที่ 1.1 (ก) ก็จะเห็นว่าภาพมีลักษณะเป็นบล็อก (Blocking Artifact) ซึ่งถือว่าคุณภาพของภาพนั้นไม่สามารถยอมรับได้ จึงมีค่า MOS คือ 1.7 ดังนั้นจึงแสดงได้ว่า ค่า PSNR ที่มีค่าประมาณ 30 เดซิเบล ยังไม่สามารถบ่งบอกค่าคุณภาพของภาพได้สอดคล้องกับความรู้สึกของมนุษย์ได้



(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

MSE=16.48, PQS=2.02 และ MOS=1.72



(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

MSE=17.86, PQS=4.53 และ MOS=4.52

รูปที่ 1.2 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า MSE ประมาณ 17

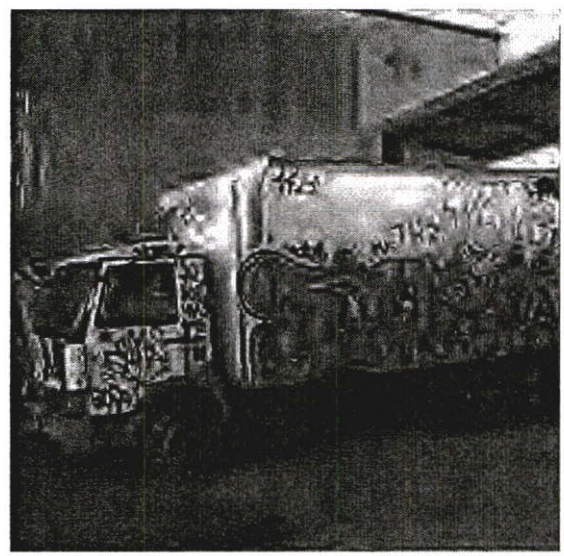
เช่นเดียวกับตัววัดพื้นฐานแบบ MSE เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1.2 ภาพบีบอัดแบบเจเปกทั้งสองมีค่า MSE ที่ใกล้เคียง 17 โดยรูปที่ 1.2 (ก) มีค่า MSE คือ 16.48 และรูปที่ 1.2 (ข) มีค่า MSE คือ 17.86 เมื่อพิจารณารูปทั้งสองแล้ว รูปที่ 1.2 (ข) มีคุณภาพของภาพที่ยอมรับได้ จึงมีค่า MOS คือ 4.52 ส่วนภาพที่ 1.2 (ก) เป็นภาพที่ยอมรับไม่ได้ เพราะภาพมีลักษณะเป็นบล็อก จึงมีค่า MOS คือ 1.72 ดังนั้นแสดงว่าตัววัดคุณภาพของภาพแบบ MSE ยังไม่สามารถให้ผลที่มีความแม่นยำเพียงพอ

ในปี 1998 M. Miyahara, K. Kotani และ V. R. Algazi [2] ได้นำเสนอตัววัดคุณภาพของภาพแบบ PQS (Picture Quality Scale) ซึ่งเป็นตัววัดแบบออบเจคทีฟ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง และ

สามารถแก้ไขปัญหาของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานได้ เช่นภาพที่มีค่า PSNR ประมาณ 30 เดซิเบลดังรูปที่ 1.1 เมื่อพิจารณารูปที่ 1.1 (ข) มีคุณภาพของภาพดีกว่ารูปที่ 1.1 (ก) ดังนั้นค่า PQS ของรูปที่ 1.1 (ข) ซึ่งมีค่า PQS เป็น 3.68 มากกว่ารูปที่1.1 (ก) ซึ่งมีค่า PQS เป็น 1.46 เช่นเดียวกับรูปที่ 1.2 ที่ทั้งสองรูปมีค่า MSE ที่ใกล้เคียงกันที่ 17 แต่มีคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน จึงได้ค่า PQS ที่แตกต่างกันตามคุณภาพของรูปภาพด้วย คือ รูปที่ 1.2 (ข) มีคุณภาพของภาพที่ดีกว่า รูปที่ 1.2 (ก) จึงทำให้รูป 1.2 (ข) มีค่า PQS ที่มากกว่า รูปที่ 1.2 (ก)

แม้ว่าตัววัด PQS จะมีความน่าเชื่อถือที่สูง เพราะสามารถแก้ไขปัญหาของตัววัดได้แต่ตัววัด PQS ก็มีความซับซ้อนสูง จึงทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่สูง และเมื่อนำตัววัด PQS ไปทำการหาคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพที่แย่ ค่าที่ได้จะมีค่าที่ติดลบ (ไม่มีความหมาย) ดังแสดงที่รูปที่ 1.3

(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000
PQS = -2.26, และ MOS = 2.02

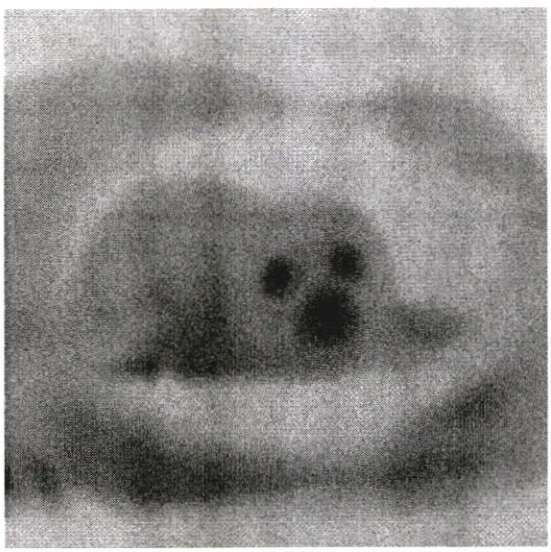


(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000
PQS = -2.31, และ MOS = 1.1

รูปที่ 1.3 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า PQS ที่ติดลบ

ในปี 2004 Z. Wang, H.R. Sheikh และ A. C. Bovik [3] ได้นำเสนอตัววัดคุณภาพของภาพแบบ SSIM (Structural Similarity Index Measurement) ซึ่งเป็นตัววัดแบบออบเจคทีฟ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง โดยค่าที่ได้จากตัววัด SSIM นั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ จะมีค่า SSIM ที่เข้าใกล้ 0 แต่ตัววัด SSIM ก็จะมีข้อเสียในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอ เพราะค่า SSIM ที่ได้จะมีความขัดแย้งกับความรู้สึกของมนุษย์ [4] เช่น ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) ดังแสดงดังรูปที่ 1.4

จากรูปที่ 1.4 เป็นภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน โดยทั้งสองภาพมีค่า SSIM ที่ใกล้เคียงกันคือ 0.95 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง คุณภาพของภาพที่ดีเลิศ แต่พอทำการสังเกตภาพที่ 1.4 (ก) จะเห็นได้ว่าเป็นภาพที่มีลักษณะที่เบลอมาก ซึ่งเป็นคุณภาพของภาพที่แย่ ส่วนรูปที่ 1.4 (ข) ตัววัด SSIM ก็ยังคงให้ค่าที่ขัดแย้งกับความรู้สึกของมนุษย์อยู่



(ก) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

SSIM = 0.953 และ VIF = 0.16

(ข) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

SSIM = 0.946 และ VIF = 0.66

รูปที่ 1.4 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

ในปี 2006 H. R. Sheikh และ A. C. Bovik [5] ได้นำเสนอตัววัดคุณภาพของภาพแบบ VIF (Visual Information Fidelity) ซึ่งเป็นตัววัดแบบออบเจคทีฟ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง โดยค่าที่ได้จากตัววัด VIF จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่จะมีค่าเข้าใกล้ 0 แต่ตัววัดแบบ VIF จะมีข้อเสียคือ มีความซับซ้อนของตัววัด จึงทำให้เป็นตัววัดที่ใช้เวลานานในการวัดคุณภาพของภาพ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1.4 ซึ่งแสดงถึงข้อเสียของตัววัดแบบ SSIM ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จะเห็นได้ว่าตัววัด VIF สามารถวัดคุณภาพได้ เมื่อพิจารณาจากรูปทั้งสอง รูปที่ 1.4 (ข) จะเป็นภาพที่มีคุณภาพที่ดีกว่ารูปที่ 1.4 (ก) จึงทำให้ค่า VIF ของรูปที่ 1.4 (ก) มีค่า VIF ที่สูงกว่า

เช่นเดียวกับรูปที่ 1.5 ภาพผิดเพี้ยนทั้งสี่ภาพจะมีค่า SSIM ประมาณ 0.5 เมื่อพิจารณาจากตัววัด SSIM แล้ว ตัววัด SSIM จะเป็นตัววัดที่ให้ค่าคุณภาพของภาพ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 ดังนั้นถ้าตัววัด SSIM มีค่า 0.5 แสดงถึงภาพที่มีคุณภาพปานกลาง แต่เมื่อทำการสังเกตจากภาพในรูปที่ 3 ทั้ง 4 ภาพ จะมีแค่รูปที่ 1.5 (ง) เท่านั้น ที่สามารถยอมรับได้ว่า

ภาพนั้นมีคุณภาพปานกลาง ส่วนภาพที่เหลือจะมีคุณภาพที่ยอมรับไม่ได้ แต่ตัววัด VIF สามารถวัดคุณภาพของภาพในรูปที่ 1.5 ได้ โดยมีการแสดงค่าระดับคุณภาพที่แตกต่างกันโดยเรียงจากภาพที่มีคุณภาพที่ดี ไปหาภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ ได้ดังนี้ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ซึ่งเป็นการเรียงลำดับที่มีความสอดคล้องกับความรู้สึกของมนุษย์

(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

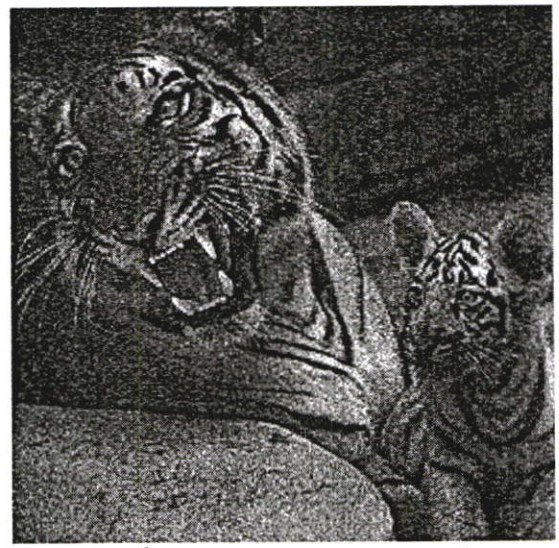
VIF = 0.24, SSIM = 0.53 และ PQS = -1.57

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

VIF = 0.14, SSIM = 0.58 และ PQS = -3.217

(ค) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

VIF = 0.19, SSIM = 0.59 และ PQS = -3.48



(ง) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

VIF = 0.32, SSIM = 0.55 และ PQS = -3

รูปที่ 1.5 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า SSIM ประมาณ 0.5

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์นี้ มีความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา และพัฒนากระบวนการของการวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพผิดเพี้ยน เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Compressed Image) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Compressed Image) ภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image) เป็นต้น ซึ่งเป็นการพัฒนากระบวนการวัดคุณภาพของภาพให้มีความน่าเชื่อถือสูง มีความรวดเร็วในการใช้งาน และสื่อความหมายของค่าที่ได้จากตัววัดให้มีค่าเป็นค่าของระดับของคุณภาพของภาพในรูปแบบแบบ 1 ถึง 5 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 5 และภาพที่มีคุณภาพที่แย่จะมีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟด้วย มีนโอพีเนียนสกอร์ (Mean Opinion Score) หรือเอ็มโอเอส (MOS) [6, 7] ที่ได้จากการประเมินด้วยความรู้สึกของมนุษย์

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ในการวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการตรวจสอบคุณภาพของภาพต้นแบบที่นำมาใช้ ด้วยสเปทเชียลฟรีเควนซีเมเซอร์ (Spatial Frequency Measure) หรือเอสเอฟเอ็ม (SFM) [8] ซึ่งเป็นตัววัดที่ใช้ตรวจสอบรายละเอียดของภาพต้นแบบที่ใช้ มาทำการพิจารณาเพื่อทำการสร้างตัววัดคุณภาพของภาพ และพัฒนาคุณภาพของตัววัดให้มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น

ในกระบวนการวัดความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) [9] โดยเป็นการวัดค่าจากการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ และค่าจากการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ เช่น MOS หรือค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงเช่น VIF

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพผิดเพี้ยน จะทำการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน เช่น MSE MAE PSNR SC MD LMSE และ NAE [8, 9] แล้วทำการพิจารณาร่วมกับตัววัดแบบออบเจคทีฟที่มีความน่าเชื่อถือเช่น PQS SSIM และ VIF ส่วนการวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ จะใช้ตัววัดแบบ MOS เพื่อทำการหาตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับภาพแต่ละประเภท รวมทั้งนำค่า SFM มาทำการพิจารณาเพื่อให้ตัววัดที่สร้างขึ้นใหม่มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น

ในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานแบบไหนมีความน่าเชื่อถือสูงสุด เมื่อเทียบกับตัววัดคุณภาพที่ใช้อ้างอิงเช่น MOS หรือ VIF โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพผิดเพี้ยน โดยจะมุ่งความสนใจในเรื่องต่อไปนี้

1. ภาพผิดเพี้ยนที่ได้ทำการศึกษา จะได้มาจากภาพต้นแบบซึ่งเป็นภาพตามธรรมชาติทั่วไป (General Image) โดยภาพต้นแบบที่นำมาพิจารณาจะมีค่ารายละเอียดของภาพ SFM ที่แตกต่างกัน แล้วนำภาพต้นแบบมาทำการสร้างภาพผิดเพี้ยนชนิดต่างๆ เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image)

2. นำภาพผิดเพี้ยนมาทำการวัดคุณภาพด้วยตัววัดชนิดต่างๆ พร้อมทั้งพิจารณาหาว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานชนิดไหนมีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด เมื่อเทียบกับตัววัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ เช่น MOS หรือตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิงที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูง เช่น VIF โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

3. หารูปแบบการกระจายของข้อมูลความสัมพันธ์ ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ และการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ เช่น MOS หรือตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิงที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูง เช่น VIF

4. สร้างตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ ที่สามารถบอกค่าระดับของคุณภาพของภาพด้วยค่าคะแนน 1 ถึง 5 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 5 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่จะมีค่าเข้าใกล้ 1 โดยสามารถอ้างอิงระดับคุณภาพของภาพได้สอดคล้องกับการวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟด้วย MOS

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎี และหลักการในการสร้างภาพผิดเพี้ยนชนิดต่างๆ เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

บทที่ 3 กล่าวถึง การวัดและประเมินผลคุณภาพของภาพ เช่น การวัดคุณสมบัติของภาพ การวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ การวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ และความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่มีความเหมาะสมสำหรับวัดคุณภาพของภาพในแต่ละชนิด และการสร้างตัววัดคุณภาพของภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพที่ผิดเพี้ยนได้หลายชนิด

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
ภาพผิดเพี้ยนชนิดต่างๆ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน ที่นำมาใช้ในการสร้างภาพที่มีลักษณะผิดเพี้ยนแบบต่างๆ เช่นภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image) เป็นต้น

2.1 ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image)

JPEG ย่อมาจาก Joint Photographic Experts Group เป็นมาตรฐานในการบีบอัดข้อมูลรูปภาพที่เหมาะสมสำหรับรูปภาพ โดยได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดย Joint Photographic Experts Group โดยหลักการบีบอัดข้อมูลที่ใช้มาตรฐานนี้จะอาศัยหลักการของระบบการมองของมนุษย์ที่มีขีดจำกัด ซึ่งทำให้สามารถบีบอัดข้อมูลได้ในอัตราที่สูงมาก โดยการบีบอัดข้อมูลในรูปแบบนี้ข้อมูลบางส่วนจะสูญหายไป และไม่สามารถกู้คืนกลับมาได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถกำหนดคุณภาพของรูปภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลชนิดนี้ได้ ซึ่งคุณภาพที่ได้จะแปรผกผันกับอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) นั่นคือ ยิ่งอัตราการบีบอัดข้อมูลสูงเท่าใดคุณภาพของรูปก็จะลดต่ำลงเท่านั้น [10]

ภาพบีบอัดแบบเจเปก จะใช้หลักการการทรานซ์ฟอร์มแบบ ดิสครีตโคซายน์ทรานซ์ฟอร์ม (Discrete Cosine Transform) หรือดีซีที (DCT)

2.1.1 ดิสครีตโคซายน์ทรานซ์ฟอร์ม (Discrete Cosine Transform)

ประโยชน์อย่างหนึ่งของดีซีทีที่เด่นชัดในงานวิจัยนี้ก็คือ ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก ดีซีทีและอินเวอร์สของดีซีทีแบบหนึ่งมิติ [11] สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 ตามลำดับ

$$T(u) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)\alpha(u)\cos\left[\frac{(2n+1)u\pi}{2N}\right] \tag{2.1}$$

$$x(n) = \sum_{u=0}^{N-1} T(u)\alpha(u)\cos\left[\frac{(2n+1)u\pi}{2N}\right] \tag{2.2}$$

เมื่อ x(n) คือ ฟังก์ชันที่ต้องการแปลงดีเอฟที และ N คือจำนวนข้อมูล x(n) ทั้งหมด

$$\alpha(u)=\begin{cases}\sqrt{\frac{1}{N}} & for \quad u=0\\ \sqrt{\frac{2}{N}} & for \quad otherwise\end{cases} \tag{2.3}$$

ดีซีทีและอินเวอร์สของดีซีทีแบบสองมิติ [11] สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.5 ตามลำดับ

$$T(u,v)=\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1}x(m,n)\alpha(u)\alpha(v)\cos\left[\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2m+1)u\pi}{2M}\right] \tag{2.4}$$

$$x(m,n)=\sum_{u=0}^{M-1}\sum_{v=0}^{N-1}T(u,v)\alpha(u)\alpha(v)\cos\left[\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2m+1)u\pi}{2M}\right] \tag{2.5}$$

เมื่อ x(m, n) เป็นฟังก์ชันของภาพขนาด M×N

(ก) ภาพต้นแบบ

(ข) ภาพที่ทำการแปลงดีซีที

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ทำการแปลงดีซีที

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าภาพที่ทำการแปลงดีซีทีมีลักษณะสว่างตรงส่วนมุมบนซ้าย ส่วนล่างซ้ายจะมืด นั่นคือจะมีค่ามากที่แถบความถี่ต่ำและมีค่าน้อยที่แถบความถี่สูง ทั้งนี้ก็เพราะภาพทั่วไปในธรรมชาติมีองค์ประกอบทางความถี่ส่วนใหญ่เป็นความถี่ต่ำ

2.1.2 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก

การบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก [12] แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การแบ่งบล็อค (Blocking) เพื่อให้กระบวนการต่างๆเป็นไปโดยง่ายจึงได้มีกระบวนการแบ่งบล็อคขึ้น โดยกระบวนการนี้จะนำภาพต้นแบบที่ได้มาทำการแบ่งออกเป็นบล็อค (ภาพเล็กๆ) โดยแต่ละบล็อคจะมีขนาดเท่ากับ 8×8 พิกเซล

2. การทรานซ์ฟอร์ม (Transform) จากบล็อคของภาพต้นแบบที่ได้ แต่ละบล็อคจะถูกทำการ ทรานซ์ฟอร์มโดยใช้ดิสครีตโคซายน์ทรานซ์ฟอร์ม (Discrete Cosine Transform) หรือ ดีซีที (DCT) เพื่อให้ได้บล็อคของดีซีที โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการที่ 2.6

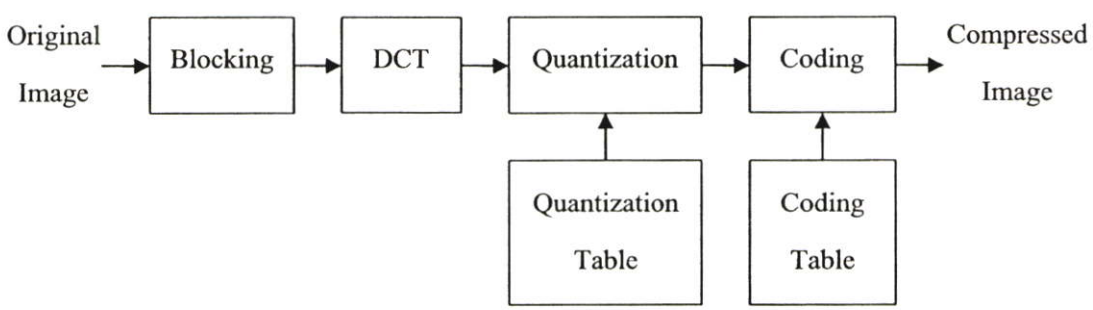
$$C = TOT^T \tag{2.6}$$

เมื่อ C คือ สัมประสิทธิ์ดีซีที (DCT Coefficient)

T คือ แมทริกซ์ดีซีที (DCT Matrix) แสดงดังสมการที่ 2.7

O คือ บล็อคของภาพต้นแบบ

$$T = \begin{bmatrix} 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & 0.35355 \\ 0.49039 & 0.41573 & 0.27779 & 0.097545 & -0.097545 & -0.27779 & -0.41573 & -0.49039 \\ 0.46194 & 0.19134 & -0.19134 & -0.46194 & -0.46194 & -0.19134 & 0.19134 & 0.46194 \\ 0.41573 & -0.097545 & -0.49039 & -0.27779 & 0.27779 & 0.49039 & 0.097545 & -0.41573 \\ 0.35355 & -0.35355 & -0.35355 & 0.35355 & 0.35355 & -0.35355 & -0.35355 & 0.35355 \\ 0.27779 & -0.49039 & 0.097545 & 0.41573 & -0.41573 & -0.097545 & 0.49039 & -0.27779 \\ 0.19134 & -0.46194 & 0.46194 & -0.19134 & -0.19134 & 0.46194 & -0.46194 & 0.19134 \\ 0.097545 & -0.27779 & 0.41573 & -0.49039 & 0.49039 & -0.41573 & 0.27779 & -0.097545 \end{bmatrix} \tag{2.7}$$



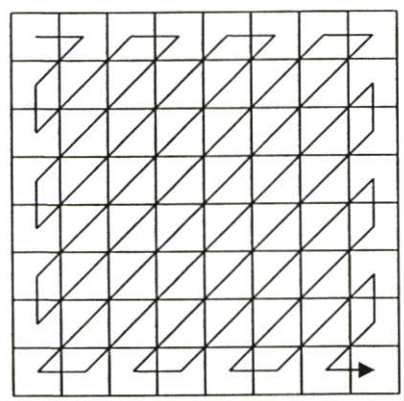
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้เทคนิคแบบเจเปก

ตารางที่ 2.1 ค่าการควอนไตซ์

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	59
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	12	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

3. การควอนไตซ์ (Quantization) การกำจัดส่วนที่ไม่สำคัญต่อรูปภาพออกจะใช้กระบวนการที่เรียกว่า การควอนไตซ์ ซึ่งก็คือการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณใหม่ โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ดีซีทีที่ได้ไปคูณด้วยค่าจากตารางการควอนไตซ์ในตารางที่ 2.1 ในขั้นตอนนี้เราสามารถกำหนดว่าจะให้อัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลได้โดยการกำหนดค่าในตารางการควอนไตซ์ให้เหมาะสม โดยการนำค่าคงที่ (Scalar) ไปคูณแต่ละค่าในตารางนี้ก่อนทำการควอนไตซ์

4. การเข้ารหัส (Coding) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกระบวนการควอนไตซ์จะถูกนำมาเรียงเป็นข้อมูล 1 มิติ ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า ซิกแซกสแกน (Zigzag Scan) ดังรูปที่ 2.3 ก่อนทำการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding)

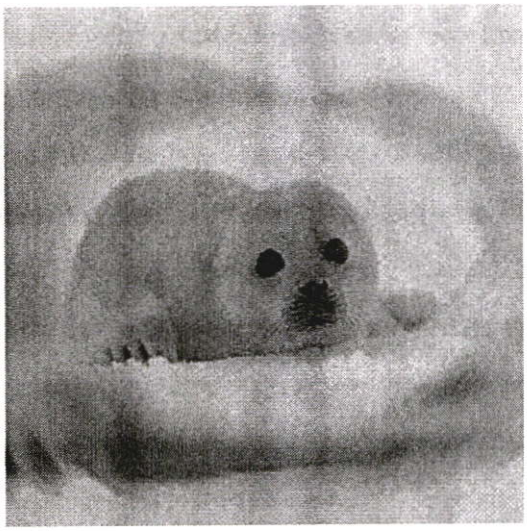


รูปที่ 2.3 การทำซิกแซกสแกน

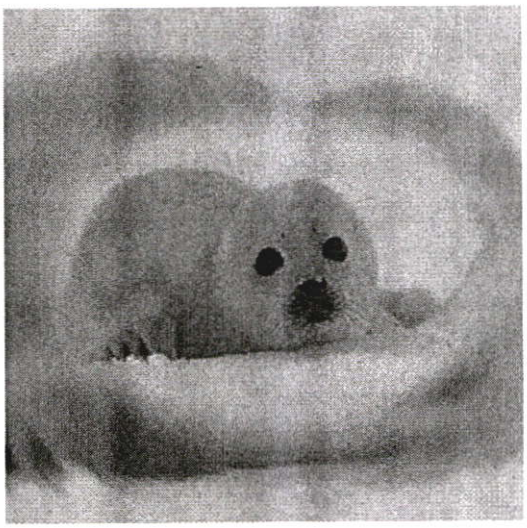
2.1.3 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก

ในการสร้างภาพบีบอัดแบบเจเปก ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โปรแกรม Matlab R2006a ในการสร้างภาพบีบอัดแบบเจเปกที่มีระดับของคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 10 ระดับโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การควอนไตซ์ (Quantized Parameter, Q) ดังนี้ Q = 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, และ 2.5 ดังรูปที่ 2.4

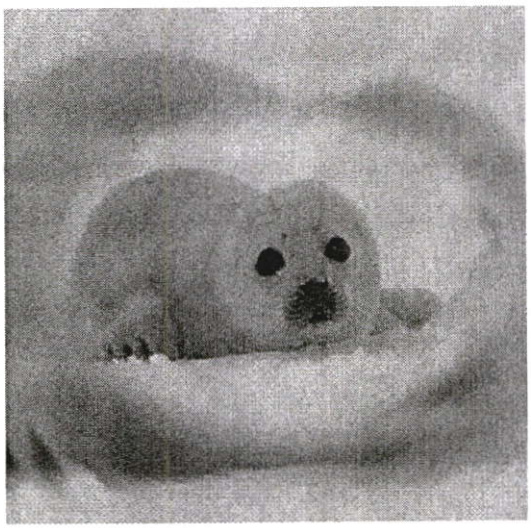
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.4 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การควอนไตซ์มีค่าที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของภาพลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับค่า MOS ที่ได้จากผู้ประเมิน และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.4 (ฎ) ซึ่งมีการกำหนดค่า Q เป็น 2.5 และเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ที่สุด โดยภาพจะมีลักษณะเป็นบล็อก (Blocking Artifact) และมีค่าที่ได้จากผู้ประเมินคือ 1.72 ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่



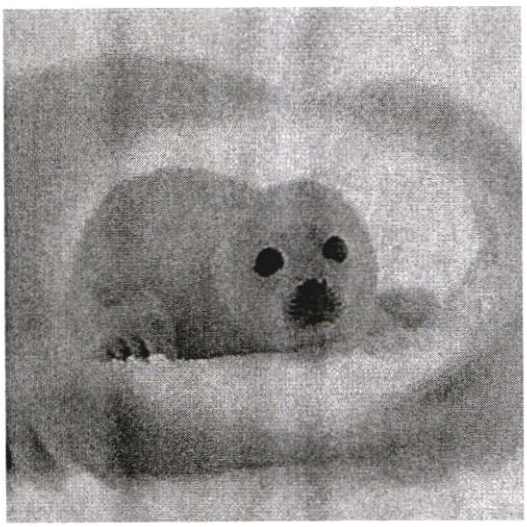
(ก) ภาพต้นแบบ



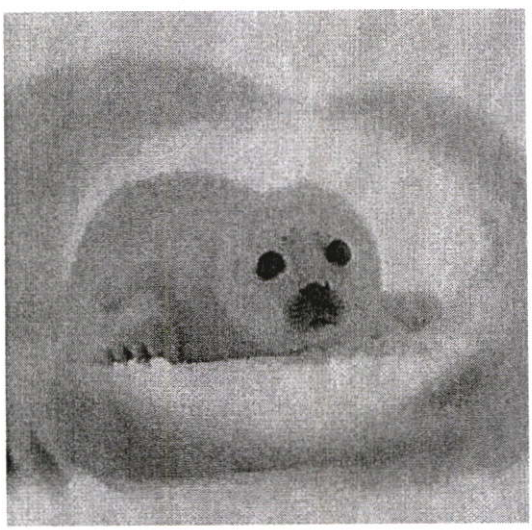
(ข) Q = 0.25, MOS = 4.42



(ค) Q = 0.5, MOS = 3.78

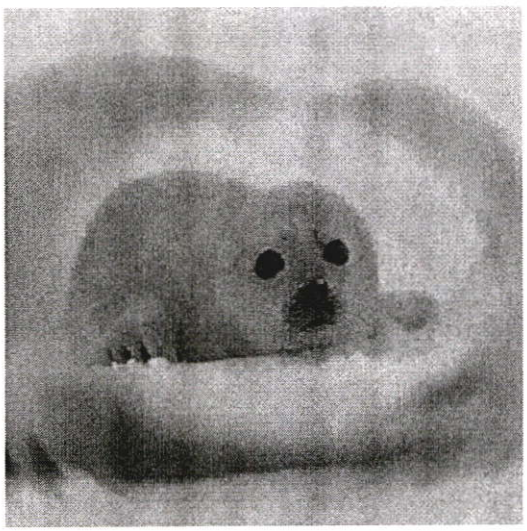


(ง) Q = 0.75, MOS = 3.2

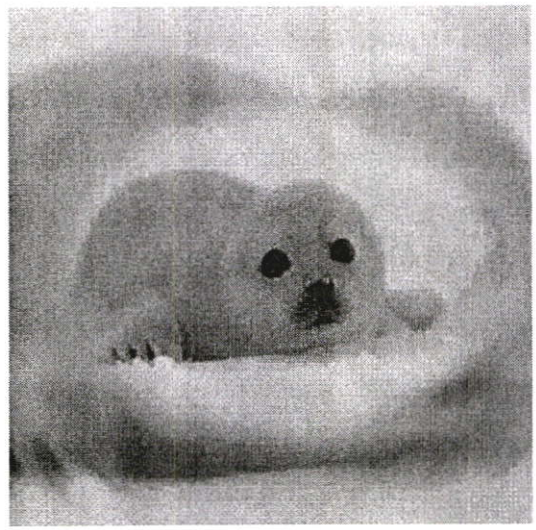


(จ) Q = 1, MOS = 3

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก



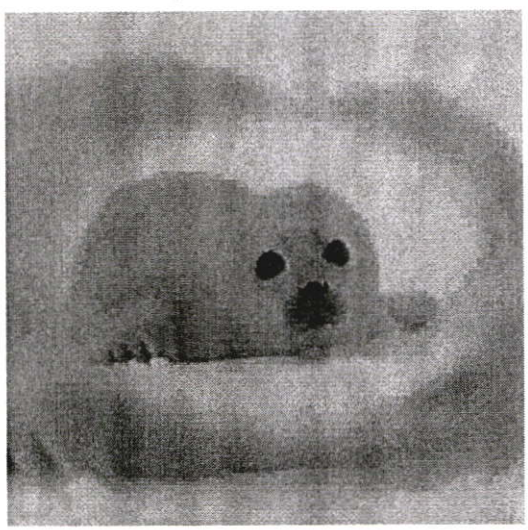
(ฉ) Q = 1.25, MOS = 2.48



(ช) Q = 1.5, MOS = 2.28

(ซ) Q = 1.75, MOS = 2.02

(ฌ) Q = 2, MOS = 2.04



(ญ) Q = 2.25, MOS = 1.8

(ฎ) Q = 2.5, MOS = 1.72

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก (ต่อ)

2.2 ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Compressed Image)

JPEG2000 เป็นมาตรฐานการบีบอัดภาพนิ่งที่เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกพัฒนาโดย Joint Photographic Experts Group ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ International Organization for Standardization (ISO) มาตรฐานในการบีบอัดแบบ JPEG2000 ถูกออกแบบมาเพื่อบีบอัดภาพนิ่งรูปแบบต่างๆ โดยมาตรฐานของภาพบีบอัดแบบ JPEG2000 นั้นสร้างขึ้นเพื่อพัฒนาคุณภาพการบีบอัดให้มีคุณภาพเหนือกว่ามาตรฐานก่อนหน้านี้ โดย JPEG2000 มีประสิทธิภาพการบีบอัดสูงกว่า JPEG ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนี้มาตรฐาน JPEG2000 ยังมีรูปแบบการเข้ารหัสแบบ Discrete Wavelet Transform

2.2.1 ดิสครีตเวฟเลททรานซ์ฟอร์ม (Discrete Wavelet Transform)

ในการบีบอัดข้อมูลแบบเจเปก2000 ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคที่ใหม่กว่าแบบเจเปก ได้อาศัยหลักการของดีดับเบิลยูที ทั้งนี้ก็เนื่องจากคุณสมบัติในการลดขนาดของข้อมูล [13, 14, 15] รวมทั้งการแก้ปัญหาแบบแอดแดปทีฟสเปทเชียล-ฟรีเควนซี (Adaptive Spatial-Frequency) นั่นคือการแก้ปัญหาสเปทเชียลที่ดีกว่าที่ความถี่สูงและการแก้ปัญหาฟรีเควนซีที่ดีกว่าที่ความถี่ต่ำ มันสามารถให้คุณภาพของภาพที่ดีกว่าดีซีทีโดยเฉพาะที่อัตราส่วนบีบอัดที่สูงๆ [15]

เวฟเลททรานส์ฟอร์มเป็นการสร้างสัญญาณภาพซึ่งเกิดจากการรวมกันของฟังก์ชันเวฟเลทซึ่งมีความแตกต่างกันของตำแหน่งและสเกล จากหลักการนี้เองทำให้เกิดการค้นพบเวฟเลทวิเคราะห์ซึ่งก็คือ ฟิลเตอร์แบงค์ (filter bank) เพอร์เฟครีคอนสตรัคชัน (Perfect Reconstruction) ฟิลเตอร์แบงค์นี้เกิดจากการใช้ลำดับของสัมประสิทธิ์ a_H และ a_L ซึ่งเป็นฟิลเตอร์แอนาไลซิส (Analysis Filter) ดังรูปที่ 2.4 เมื่อสัญญาณอินพุทถูกกรองด้วยไฮพาสฟิลเตอร์ (High Pass Filter) หรือเอชพีเอฟ (HPF) และโลวพาสฟิลเตอร์ (Low Pass Filter) หรือแอลพีเอฟ (LPF) จะได้สัญญาณ x_L และ x_H ตามลำดับ แต่ละส่วนจะถูกดาวน์แซมเปิล (Down Sample) ด้วย 2 ทำให้ได้สัญญาณ x_{LD} และ x_{HD} ตามลำดับ สัญญาณ x_{LD} และ x_{HD} จะถูกกู้กลับโดยผ่านการอัพแซมเปิล (Up Sample) และคอนโวลูชัน (Convolution) ด้วยฟิลเตอร์ซินธีสิส (Synthesis Filter) s_L และ s_H สำหรับการออกแบบฟิลเตอร์ที่ถูกต้องสามารถสร้างสัญญาณ x กลับมาได้เหมือนเดิม (นั่นคือ y=x)

ในการเลือกฟิลเตอร์ไม่เพียงบอกว่าเพอร์เฟครีคอนสตรัคชันจะเป็นได้หรือไม่ แต่ยังรวมไปถึงรูปร่างของสัญญาณเวฟเลทซึ่งเรานำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ ดีคอมโพซิชันที่รู้จักกันในนามดีดับเบิลยูทีสามารถถูกสร้างได้ด้วยการต่อแคสเคดฟิลเตอร์แอนาไลซิสกับตัวมันเองจำนวนหนึ่ง การคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งก่อให้เกิดการสังเคราะห์ขึ้นถูกเรียกว่าอินเวอร์ส (Inverse) ดีดับเบิลยูที

ดีดับเบิลยูทีสำหรับสัญญาณสองมิติสามารถสร้างได้จากดีดับเบิลยูทีหนึ่งมิติ วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การแปลงดีดับเบิลยูทีแบบหนึ่งมิติ 2 ครั้ง โดยทำในแนวแถว (Row) หนึ่งครั้ง และทำในแนวหลัก (Column) อีกครั้งสำหรับการแปลงหนึ่งชั้น ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งจะได้สี่ส่วนด้วยกัน ได้แก่

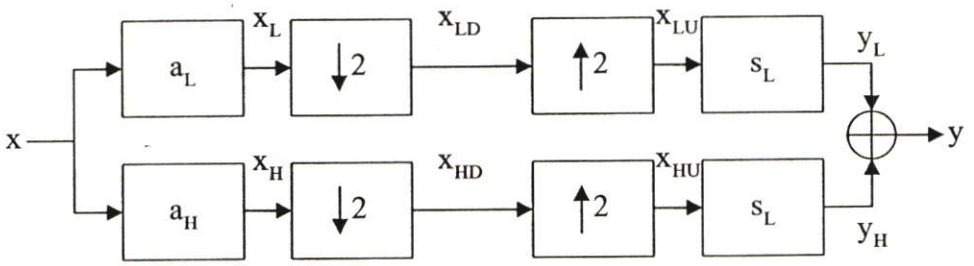
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. ส่วนที่ผ่านแอลพีเอฟในแนวนอนและผ่านเอชพีเอฟในแนวตั้งบางครั้งก็จะเรียกว่า แอลเอช (LH)

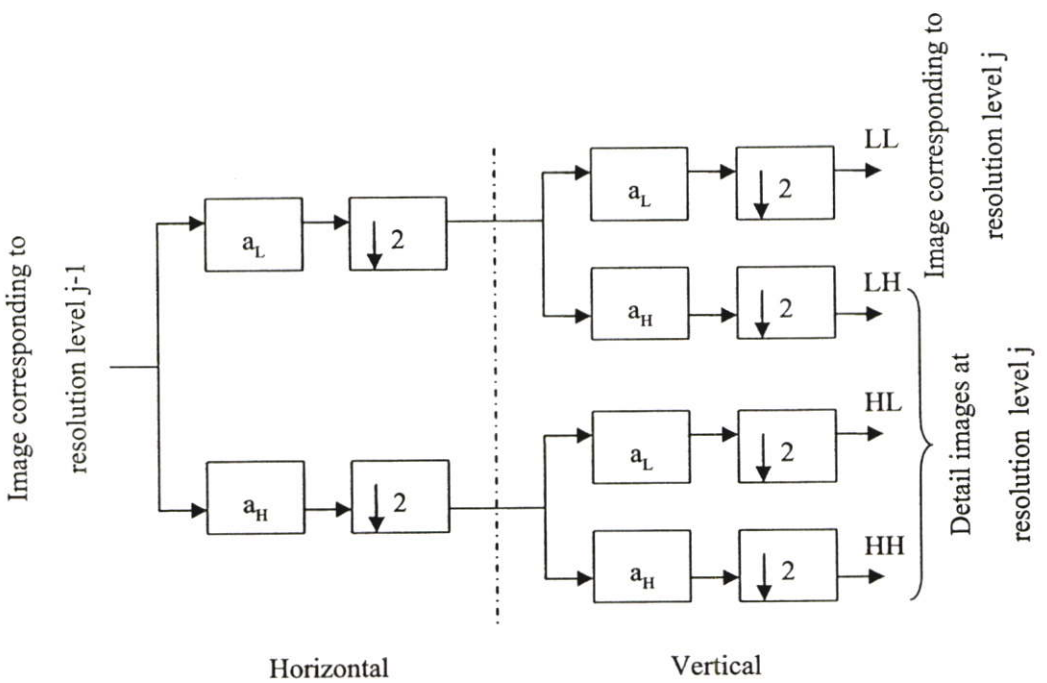
3. ส่วนที่ผ่านเอชพีเอฟในแนวนอนและผ่านแอลพีเอฟในแนวตั้งซึ่งก็จะเรียกว่า เอชแอล (HL)

4. ส่วนที่ผ่านเอชพีเอฟทั้งแนวนอนและแนวตั้งเรียกว่า เอชเอช (HH)

โดยแต่ละส่วนก็จะถือเป็นหนึ่งดีคอมโพซีชัน ส่วนที่ผ่านเอชพีเอฟซึ่งได้แก่ แอลเอช เอชแอล และเอชเอช เรียกรวมกันว่า ดีเทล (Detail)



รูปที่ 2.5 ฟิลเตอร์แบงค์



รูปที่ 2.6 หนึ่งขั้นของการแปลงดีดับเบิลยูทีแบบสองมิติ

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า สัญญาณส่วนบนซ้ายของภาพที่ทำการแปลงดีดับเบิลยูทีซึ่งเป็นส่วนแอลแอล มีลักษณะคล้ายกับภาพต้นแบบมากที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะภาพทั่วไปในธรรมชาติมีองค์ประกอบทางความถี่ส่วนใหญ่เป็นความถี่ต่ำ

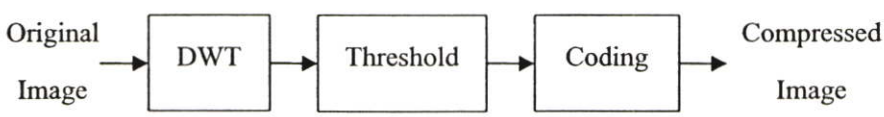
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ทำการแปลงดีดับเบิลยูที

2.2.2 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก 2000

การบีบอัดข้อมูลภาพแบบเจเปก2000 [16] แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. การทรานซ์ฟอร์ม (Transform) ภาพต้นแบบจะถูกทำการทรานซ์ฟอร์มโดยใช้ดิสครีตเวฟ เลททรานซ์ฟอร์ม (Discrete Wavelet Transform) หรือดีดับเบิลยูที (DWT) ซึ่งจะใช้ฟิลเตอร์ดอบีชี 9/7 (Daubechies 9/7) และทำการแปลงจำนวน 4 ระดับ (Level)

2. การทำเธรชโชลด์ (Threshold) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกระบวนการดีดับเบิลยูทีจะถูกลดข้อมูลลงโดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่ต่ำกว่าค่าเธรชโชลด์ให้เป็น 0



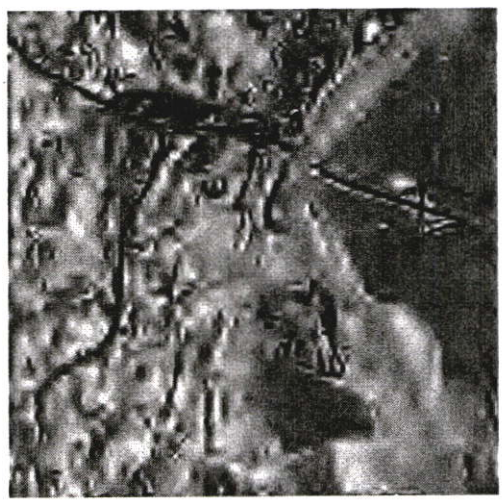
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลภาพโดยใช้เทคนิคแบบเจเปก 2000

3. การเข้ารหัส (Coding) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกระบวนการทำเธรชโชลด์จะถูกนำมาเข้ารหัสด้วยกระบวนการเข้ารหัสแบบเรขาคณิต (Arithmetic Coding)

2.2.3 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

ในการสร้างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โปรแกรม Matlab R2006a ในการสร้างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ที่มีระดับของคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 10 ระดับโดยการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์เทรสโชลด์ (Percentage Threshold) ที่แตกต่างกัน 10 อัตราส่วน ดังนี้ %T = 2%, 3%, 5%, 8%, 10%, 15%, 18%, 20%, 25%, และ 30% ดังรูปที่ 2.9

(ก) ภาพต้นแบบ



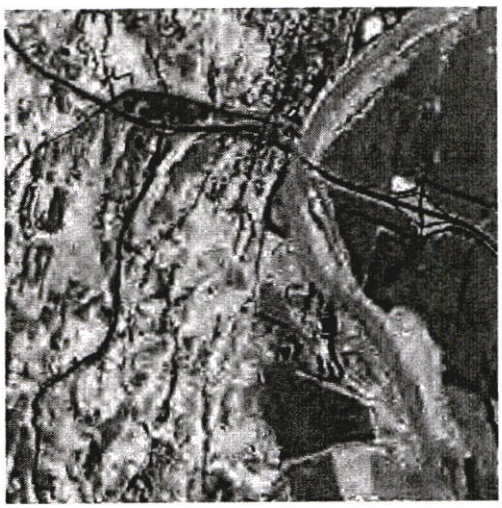
(ข) %T = 2, MOS = 1.02

(ค) %T = 3, MOS = 1

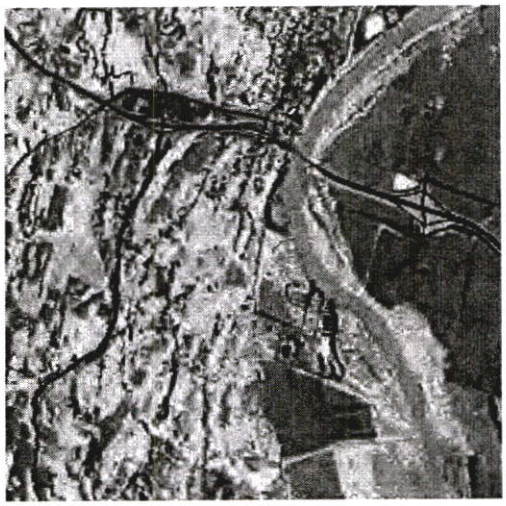
(ง) %T = 5, MOS = 1.26

(จ) %T = 8, MOS = 1.72

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

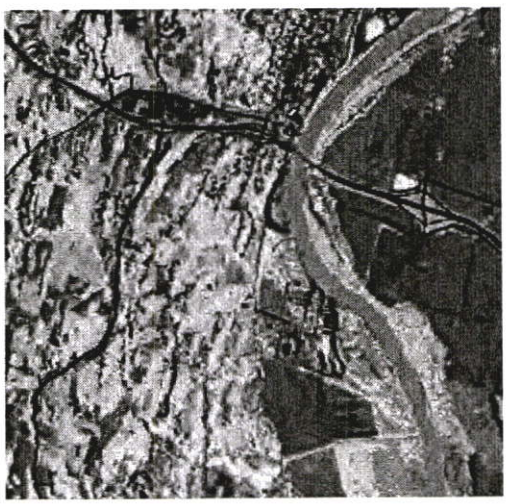


(ฉ) %T = 10, MOS = 2



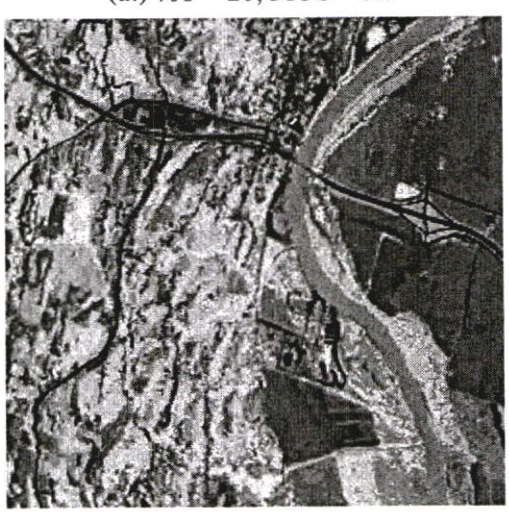
(ช) %T = 15, MOS = 2.44

(ซ) %T = 18, MOS = 2.68



(ฌ) %T = 20, MOS = 3.5

(ญ) %T = 25, MOS = 3.6



(ฎ) %T = 30, MOS = 4.22

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (ต่อ)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.9 เมื่อค่าเปอร์เซ็นต์เทรสโชลด์มีค่าที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของภาพจะดีขึ้น ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับค่า MOS ที่ได้จากผู้ประเมิน และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.9 (ข) ซึ่งมีการกำหนดค่า %T เป็น 2% และเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ที่สุด โดยภาพจะมีลักษณะที่เบลอจนทำลายรายละเอียดของภาพ และมีค่าที่ที่จากผู้ประเมินคือ 1.02 ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ยอมรับไม่ได้

2.3 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image)

สัญญาณรบกวนประเภทนี้มีลักษณะการกระจายข้อมูลของสัญญาณรบกวนเป็นไปตามรูปแบบของฟังก์ชั่นเกาส์เซียน ตามสมการที่ 2.8 ซึ่งสัญญาณรบกวนนี้เป็นสัญญาณรบกวนที่นิยมและถูกนำมาใช้จำลองในการเพิ่มสัญญาณรบกวนให้กับภาพต้นแบบ [10]

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{2.8}$$

เมื่อ z แทนค่าระดับความเข้มเทา

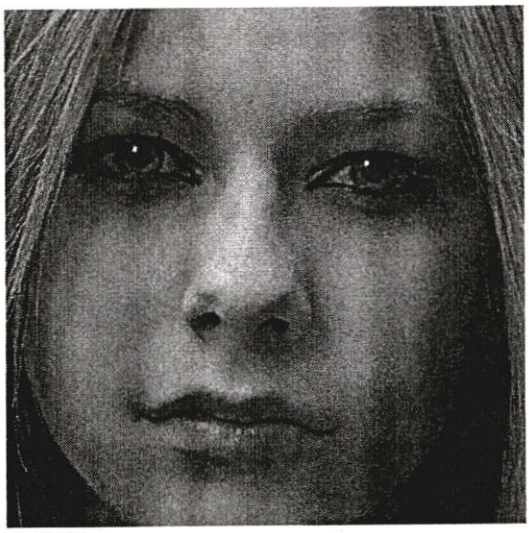
μ แทนค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ z

σ^2 แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

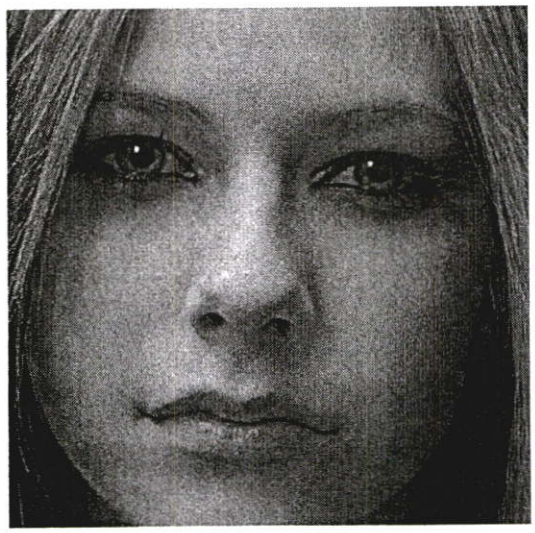
2.3.1 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

ในการสร้างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้โปรแกรม Photoshop CS2 ในการสร้างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ที่มีระดับของคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 2, 4, 8, 10, และ 15 ดังรูปที่ 2.10

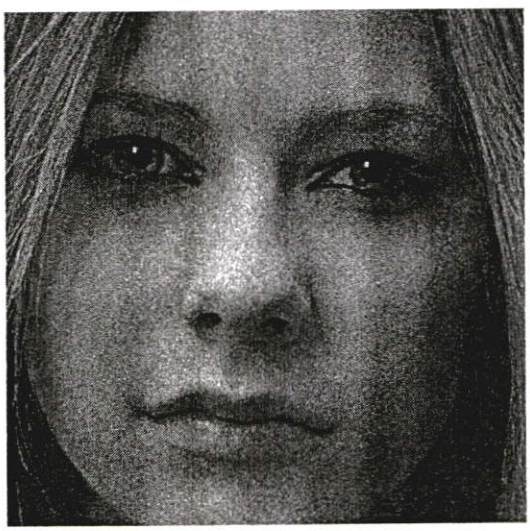
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.10 เมื่อค่า Rate มีค่าที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของภาพจะลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับค่า VIF และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.10 (ช) ซึ่งมีการกำหนดค่า Rate เป็น 15 และมีเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ที่สุด โดยภาพจะมีสัญญาณรบกวนมาก และมีค่า VIF คือ 0.11 ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่



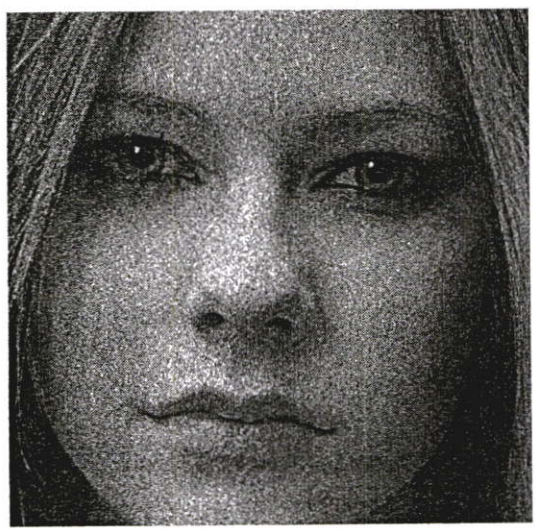
(ก) ภาพต้นแบบ



(ข) Rate = 2, VIF = 0.68

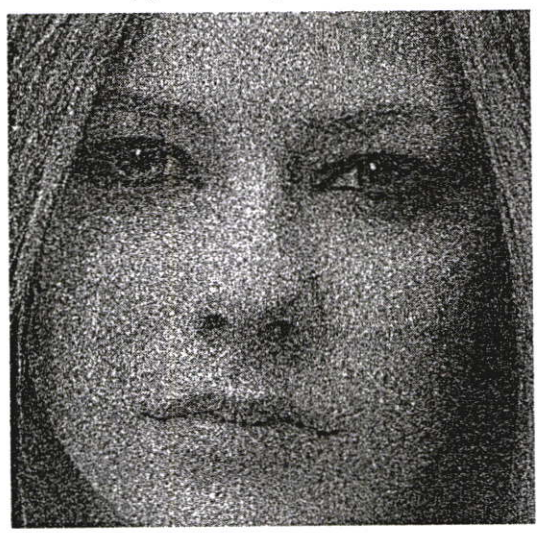


(ค) Rate = 4, VIF = 0.41



(ง) Rate = 8, VIF = 0.23

(จ) Rate = 10, VIF = 0.16



(ช) Rate = 15, VIF = 0.11

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

2.4 ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image)

ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนเป็นภาพที่เกิดจากตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Operator) โดยตัวกรองประเภทนี้สามารถที่จะออกแบบสัมประสิทธิ์ของตัวกรองได้หลายรูปแบบ โดยที่สัมประสิทธิ์ของตัวกรองแบบเกาส์เซียนสองมิติ G(x,y) จะมีค่าตามสมการที่ 2.9 [10]

$$G(x,y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{2.9}$$

ตัวอย่างของมาส์คขนาดต่างๆ ของเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ได้มาจากฟังก์ชั่นของ Matlab โดยที่ค่าความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 1 ดังตัวอย่างในสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตัวกรองประเภทนี้ หากค่าของค่าแปรปรวน (σ^2) ยิ่งมีค่ามากเท่าไร ก็จะมีผลทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะเบลอ (Blur) มากยิ่งขึ้น

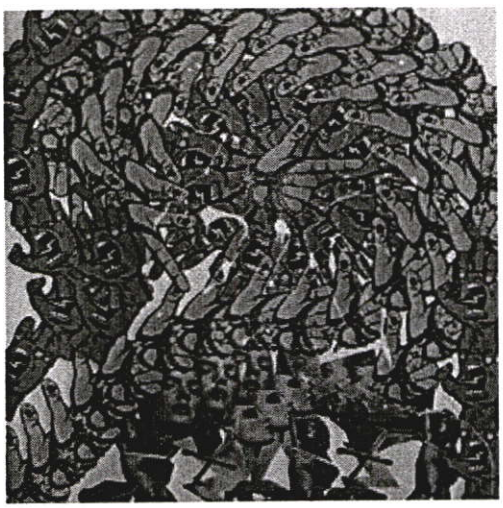
$$Mask3x3 = \begin{bmatrix} 0.0751 & 0.1238 & 0.0751 \\ 0.1238 & 0.2042 & 0.1238 \\ 0.0751 & 0.1238 & 0.0751 \end{bmatrix} \tag{2.10}$$

$$Mask5x5 = \begin{bmatrix} 0.0030 & 0.0133 & 0.0219 & 0.0133 & 0.0030 \\ 0.0133 & 0.0596 & 0.0983 & 0.0596 & 0.0133 \\ 0.0219 & 0.0983 & 0.1621 & 0.0983 & 0.0219 \\ 0.0133 & 0.0596 & 0.0983 & 0.0596 & 0.0133 \\ 0.0030 & 0.0133 & 0.0219 & 0.0133 & 0.0030 \end{bmatrix} \tag{2.11}$$

2.4.1 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

ในการสร้างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้โปรแกรม Photoshop CS2 ในการสร้างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ที่มีระดับของคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.2, 0.5, 2, 4, และ 6 ดังรูปที่ 2.11

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.11 เมื่อค่า Rate มีค่าที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของภาพจะลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับค่า VIF และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.11 (ช) ซึ่งมีการกำหนดค่า Rate เป็น 6 และมีเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ที่สุด โดยภาพจะมีลักษณะที่เบลอมาก และมีค่า VIF คือ 0.01 ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงว่าเป็นภาพที่ยอมรับไม่ได้

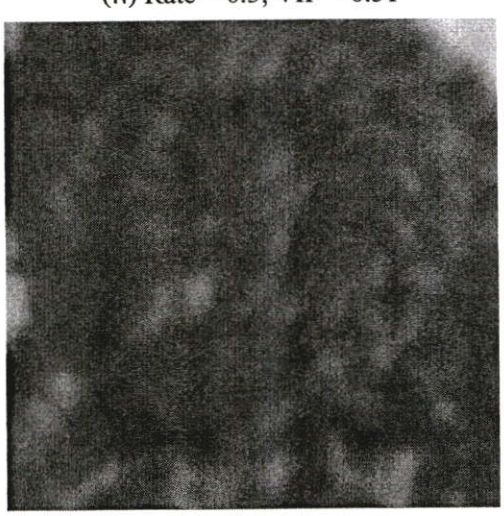


(ก) ภาพต้นแบบ

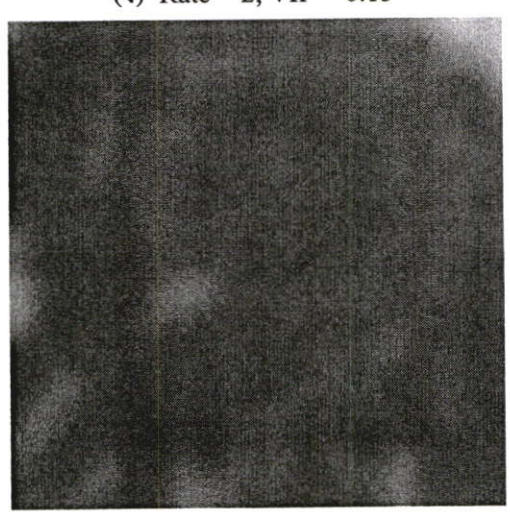
(ข) Rate = 0.2, VIF = 0.94

(ค) Rate = 0.5, VIF = 0.51

(ง) Rate = 2, VIF = 0.13



(จ) Rate = 4, VIF = 0.03



(ช) Rate = 6, VIF = 0.01

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

2.5 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt and Pepper Noise Image)

สัญญาณรบกวนประเภทนี้อาจเรียกอีกแบบได้ว่า สัญญาณรบกวนแบบจุด (Impulse Noise) ซึ่งสัญญาณรบกวนประเภทนี้ จะเป็นสัญญาณรบกวนที่ปรากฏกระจายอยู่บนพิกเซลของภาพเป็นจุดๆ ทั่วไป โดยจะเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของพิกเซล ณ.ตำแหน่งหนึ่งๆ ให้มีค่าความแตกต่างไปจากพิกเซลข้างเคียง ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จำลองกัน โดยมากจะมีลักษณะความเข้มแสงสีขาว และดำ (Salt and Pepper) นั่นคือรูปภาพดิจิตอลบางตำแหน่งพิกเซลจะปนไปด้วยสัญญาณรบกวน กล่าวคือพิกเซลบางตำแหน่งจะถูกเปลี่ยนเป็นจุดดำ หรือจุดขาว โดยพิกเซลรบกวน (Noise Pixels) สัญญาณรบกวนแบบนี้จะมีการกระจายของฟังก์ชั่นตามสมการที่ 2.12 [10]

$$p(z)=\begin{cases} Pa & z=a \\ Pb & z=b \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (2.12)$$

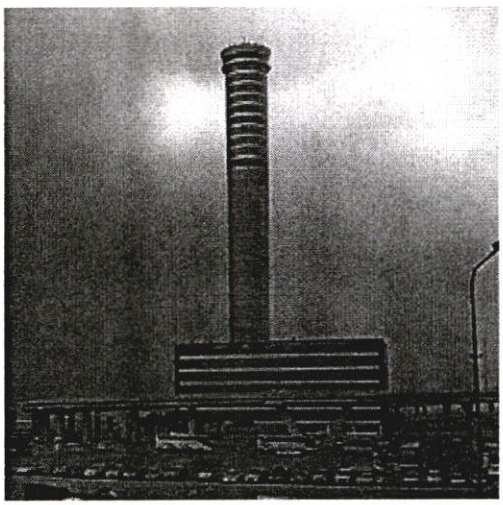
เมื่อค่าระดับความเข้มเทาของ b > a ค่าระดับความเข้มเทาของ b จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดขาว

เมื่อค่าระดับความเข้มเทาของ a > b ค่าระดับความเข้มเทาของ a จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดดำ

2.5.1 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

ในการสร้างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้โปรแกรม Matlab R2006a ในการสร้างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ที่มีระดับของคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0001, 0.001, 0.01, 0.05, และ 0.1 ดังรูปที่ 2.12

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.12 เมื่อค่า Rate มีค่าที่เพิ่มขึ้น คุณภาพของภาพจะลดลง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับค่า VIF และเมื่อพิจารณารูปที่ 2.12 (ช) ซึ่งมีการกำหนดค่า Rate เป็น 0.1 และมีเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ที่สุด โดยภาพจะมีสัญญาณรบกวนมาก และมีค่า VIF คือ 0.17 ซึ่งเป็นค่าที่หมายถึงว่าเป็นภาพที่แย่



(ก) ภาพต้นแบบ

(ข) Rate = 0.0001, VIF = 0.99

(ค) Rate = 0.001, VIF = 0.90

(ง) Rate = 0.01, VIF = 0.49

(จ) Rate = 0.05, VIF = 0.25

(ช) Rate = 0.1, VIF = 0.17

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

บทที่ 3
การวัด และการประเมินผลคุณภาพของภาพ

3.1 คุณสมบัติของภาพต้นแบบ

คุณสมบัติของภาพต้นแบบสามารถวัดได้หลายรูปแบบ เช่น ในรูปของสเปทเชียลโดเมน ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้สเปทเชียลฟรีเควนซีเมเชอร์ (Spatial Frequency Measure) หรือเอสเอฟเอ็ม (SFM) [9] สำหรับในงานวิจัยนี้ ได้มีการอาศัยค่า SFM จากภาพต้นแบบมาเป็นปัจจัยในการเลือกภาพต้นแบบที่มีค่า SFM ที่หลากหลาย ทำให้ได้ภาพที่รายละเอียดของภาพที่มีรายละเอียดของภาพที่แตกต่างกัน พร้อมทั้งยังนำค่า SFM มาทำการพิจารณาในการสร้างตัววัด ให้มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น ในการวัดคุณภาพของภาพ

3.1.1 สเปทเชียลฟรีเควนซีเมเชอร์ (Spatial Frequency Measure) หรือเอสเอฟเอ็ม (SFM)

คุณสมบัติของภาพต้นแบบ สามารถวัดในรูปของสเปทเชียลโดเมนโดยการใช้ SFM (Spatial Frequency Measure) ดังสมการที่ 3.1

$$SFM = \sqrt{R^2 + C^2} \tag{3.1}$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=2}^{N}\left(x(m,n) - x(m,n-1)\right)^2} \tag{3.2}$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{m=2}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(x(m,n) - x(m-1,n)\right)^2} \tag{3.3}$$

เมื่อ R เป็นความถี่ในแนวนอน และ C เป็นความถี่ในแนวตั้ง $x(m,n)$ คือค่าความเข้มเทาของภาพในตำแหน่งที่ m และ n ส่วน M และ N คือความกว้าง และยาวของภาพตามลำดับ มีหน่วยเป็นพิกเซล โดยค่ามากขึ้นของ SFM บ่งบอกถึงรายละเอียด (content) ของภาพที่มากขึ้น

3.2 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพ

การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การวัดและประเมินผลคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟซึ่งเป็นการประเมินผลคุณภาพของภาพที่อาศัยความรู้สึกของมนุษย์ และการวัดและประเมินผลคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟซึ่งเป็นการวัดคุณภาพของภาพที่อาศัยสมการทางคณิตศาสตร์

3.2.1 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ

เป็นตัววัดที่มีคุณภาพความถูกต้องมากที่สุด เพราะอาศัยความรู้สึกของมนุษย์มาทำการพิจารณาคุณภาพของภาพ เช่น ตัววัดมีน โอพีเนียนสกอร์ (Mean Opinion Score) หรือเอ็มโอเอส (MOS) [6, 7]

$$MOS = \frac{1}{s}\sum_{i=1}^{5} ip(i) \tag{3.4}$$

โดย i เป็นค่าคะแนน $p(i)$ เป็นจำนวนของค่าคะแนนนั้นๆ และ s เป็นจำนวนของผู้ที่ทำการทดสอบ

โดยในงานวิจัยนี้ จะใช้การวัดคุณภาพของภาพด้วย MOS (Mean Opinion Score) ที่มีการแบ่งระดับคุณภาพออกเป็น 5 ระดับ ซึ่งเป็นผลของการวัดโดยมีพื้นฐานของความรู้สึกของมนุษย์ โดยมีความหมายของระดับดังนี้

5 – คุณภาพของภาพผิดเพี้ยนดีเลิศ หรือไม่สามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบ และภาพผิดเพี้ยน (Imperceptible)

4 - คุณภาพของภาพผิดเพี้ยนดี หรือสามารถรับรู้ได้ถึงความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพบีบอัด แต่ไม่รู้สึกถูกรบกวน (Perceptible, but not annoying)

3 - คุณภาพของภาพผิดเพี้ยนยอมรับได้ หรือรู้สึกถูกรบกวนเล็กน้อยจากสัญญาณรบกวน (Slightly annoying)

2 – คุณภาพของภาพผิดเพี้ยนแย่ หรือรู้สึกรบกวนจากสัญญาณรบกวน (annoying)

1 - คุณภาพของภาพผิดเพี้ยนยอมรับไม่ได้ หรือรู้สึกถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนมาก (Very annoying)

โดยค่าของเอ็มโอเอส (MOS) จะได้มาจากค่าเฉลี่ยของคุณภาพของภาพจากผู้ประเมิน ตามสมการที่ 3.4 โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้จำนวนผู้ประเมินคุณภาพของภาพจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 และ 4 ของภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ซึ่งเป็นผู้ที่ได้เรียนวิชาการประมวลผลภาพ

แม้ว่าการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟ จะให้ค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด แต่เป็นกระบวนการวัดคุณภาพที่ใช้เวลานานในการประมวลผล

3.2.2 การวัด และประเมินผลคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ

เป็นการวัดคุณภาพของภาพโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ หรือที่เรียกว่า การวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ แม้ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟจะมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่า แต่ก็ใช้เวลาในการวัดคุณภาพของภาพน้อกว่าตัววัดแบบซับเจคทีฟ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟแบบพื้นฐานทั้งหมด 7 ตัว ด้วยกัน คือ Mean Square Error (MSE), Mean Average Error (MAE), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Structural Content (SC), Maximum Difference (MD), Laplacian Mean Square Error (LMSE) และ Normalized Absolute Error (NAE) [8, 9] และในงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการสร้างตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ ที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงหลายตัว โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัววัดแบบออบเจคทีฟที่ใช้อ้างอิงทั้งหมด 3 ตัว ด้วยกัน คือ Picture Quality Scale (PQS), Structural Similarity Index Measurement (SSIM) และ Visual Information Fidelity (VIF) โดยจะนำค่าที่ได้จากตัววัดพื้นฐานมาทำการพิจารณากับตัววัดแบบออบเจคทีฟ หรือ ตัววัดแบบออบเจคทีฟที่ใช้อ้างอิง เพื่อนำมาสร้างตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น

โดยกำหนดให้ $x(m,n)$ คือค่าระดับความเข้มเทาของภาพต้นแบบ และ $\hat{x}(m,n)$ คือค่าระดับความเข้มเทาของภาพบีบอัด ในตำแหน่งที่ m และ n ส่วน M และ N คือความกว้างและยาวของภาพตามลำดับ มีหน่วยเป็นพิกเซล

3.2.2.1 Mean Square Error (MSE)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.5 โดยค่าที่มากขึ้นของ MSE บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังรูปที่ 3.1

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(x(m,n)-\hat{x}(m,n)\right)^2 \tag{3.5}$$

(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

MSE = 17.86, VIF = 0.86, MOS = 4.52

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

MSE = 123.96, VIF = 0.36, MOS = 2.7

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MSE

3.2.2.2 Mean Average Error (MAE)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.6 โดยค่าที่มากขึ้นของ MAE บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.2

$$MAE = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left|x(m,n) - \hat{x}(m,n)\right| \tag{3.6}$$

(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

MAE = 16.76, VIF = 0.12, MOS = 1.1

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

MAE = 3.11, VIF = 0.76, MOS = 3.82

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MAE

3.2.2.3 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.7 โดยค่าที่น้อยลงของ PSNR บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.3

$$PSNR = 10\log\frac{255^2}{MSE} \tag{3.7}$$

(ก) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

PSNR = 40.42, VIF = 0.96

(ข) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

PSNR = 18.77, VIF = 0.02

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด PSNR

3.2.2.4 Structural Content (SC)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.8 จากการทดลองวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 และภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ค่าที่เพิ่มขึ้นของ SC บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.4 (ก) และ (ข) ส่วนภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน และแบบจุดขาวดำ ค่าที่ลดลงของ SC บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.4 (ค) และ (ง)

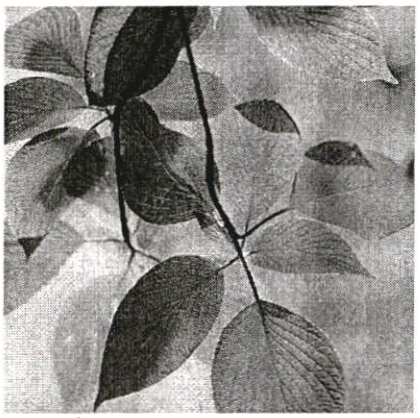
$$SC = \frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} x(m,n)^2}{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N} \hat{x}(m,n)^2} \tag{3.8}$$

(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

SC = 1.009, VIF = 0.64

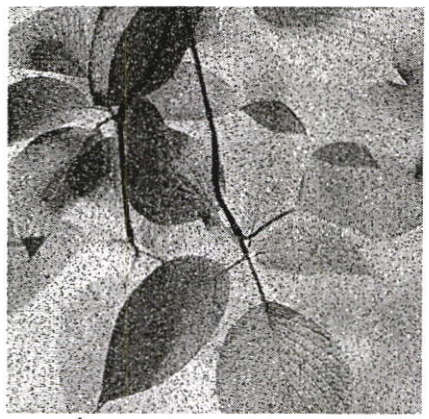
(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

SC = 1.022, VIF = 0.39



(ค) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

SC = 1.049, VIF = 1.01



(ง) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

SC = 1.019, VIF = 0.13

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด SC

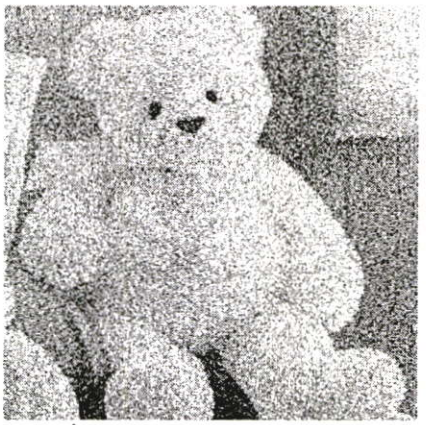
3.2.2.5 Maximum Difference (MD)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.9 โดยค่าที่เพิ่มขึ้นของ MD บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.5

$$MD = Max\left(\left|x(m,n) - \hat{x}(m,n)\right|\right) \tag{3.9}$$

(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

MD = 17, VIF = 0.73



(ข) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

MD = 196, VIF = 0.13

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด MD

3.2.2.6 Laplacian Mean Square Error (LMSE)

เป็นตัววัดที่ทำการวัดขอบภาพ ซึ่งนิยามตามสมการที่ 3.10 โดยค่าที่เพิ่มขึ้นของ LMSE บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.6

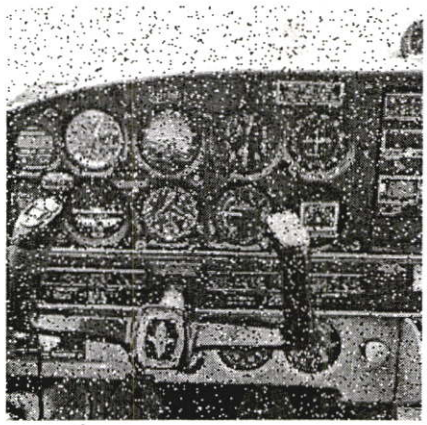
$$LMSE = \frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left[L(x(m,n)) - L(\hat{x}(m,n))\right]^2}{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left[L(x(m,n))\right]^2} \tag{3.10}$$

โดยที่ $L(x(m,n))$ คือ Laplacian Operator ตามสมการที่ 3.11

$$L(x(m,n)) = x(m+1,n)+x(m-1,n)+x(m,n+1)+x(m,n-1)-4x(m,n) \tag{3.11}$$

(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

LMSE = 0.008, VIF = 0.99



(ข) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

LMSE = 16.83, VIF = 0.18

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด LMSE

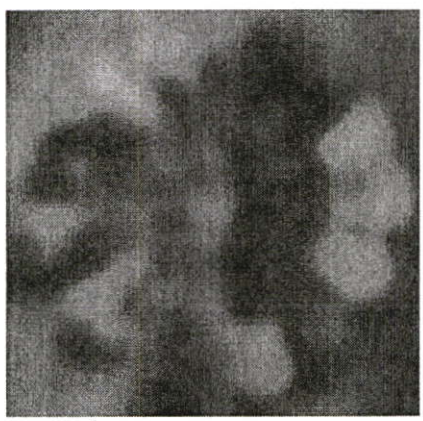
3.2.2.7 Normalized Absolute Error (NAE)

เป็นตัววัดซึ่งถูกนิยามตามสมการที่ 3.12 โดยค่าที่เพิ่มขึ้นของ NAE บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ลง ดังแสดงที่รูป 3.7

$$NAE = \frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left|x(m,n)-\hat{x}(m,n)\right|}{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left|x(m,n)\right|} \tag{3.12}$$

(ก) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

NAE = 0.0095, VIF = 0.96



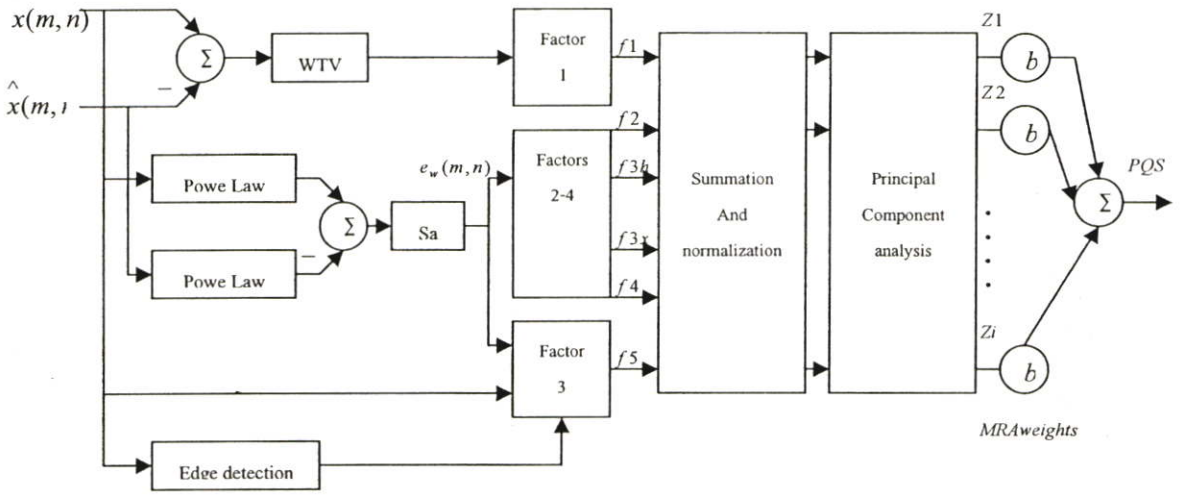
(ข) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

NAE = 0.3104, VIF = 0.02

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างรูปภาพที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัด NAE

3.2.2.8 Picture Quality Scale (PQS)

ในปี 1998 M. Miyahara และคณะ ได้เสนอตัววัดคุณภาพของภาพที่มีชื่อว่า Picture Quality Scale (PQS) โดยรูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างของตัววัดคุณภาพของภาพชนิด PQS [2]



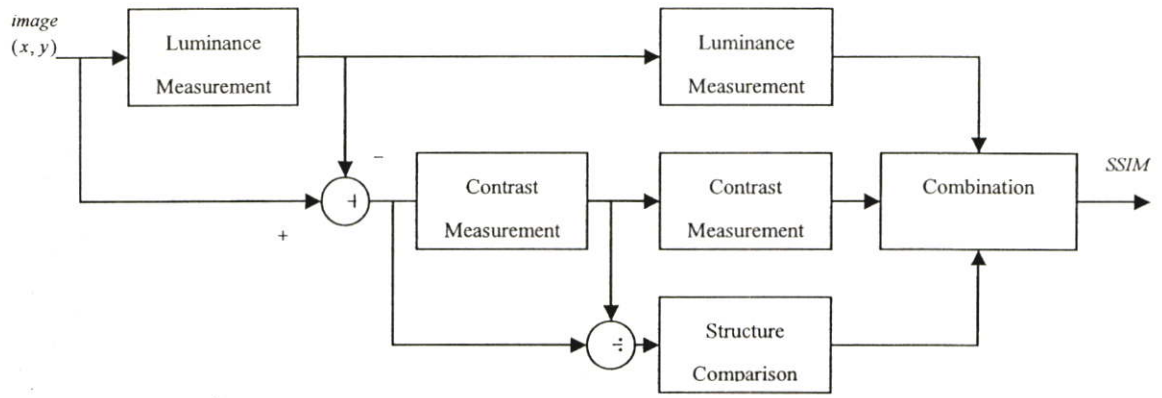
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด PQS

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพชนิด PQS มีความซับซ้อนของตัววัดที่สูง จึงทำให้ตัววัดชนิด PQS นั้นใช้เวลาในการประมวลผลที่นาน

ตัววัด PQS มีตัววัดที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 5 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 5 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ จะมีค่า PQS ที่เข้าใกล้ 0 แต่ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีคุณภาพที่แย่นั้น บางครั้งค่า PQS ก็จะแสดงออกมาเป็นค่าที่ติดลบ ซึ่งไม่สามารถที่จะบ่งบอกความหมายของค่านั้นได้

3.2.2.9 Structual Similarity Index Measurement (SSIM)

ในปี 2004 A. C. Bovik และคณะได้เสนอตัววัดคุณภาพชนิด SSIM โดยมีโครงสร้างของตัววัดคุณภาพของภาพชนิด SSIM ดังรูปที่ 3.9 [3]



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด SSIM

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด SSIM เป็นตัววัดที่จะทำการตรวจวัด Luminance และ Contrast ของภาพ และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบแบบ Luminance Contrast และ Structure ของภาพ โดยมีรูปแบบตามสมการที่ 3.13

$$SSIM(i,j) = L(i,j) \cdot C(i,j) \cdot S(i,j) \tag{3.13}$$

โดย L เป็นค่าจากการวัด Luminance ของภาพ

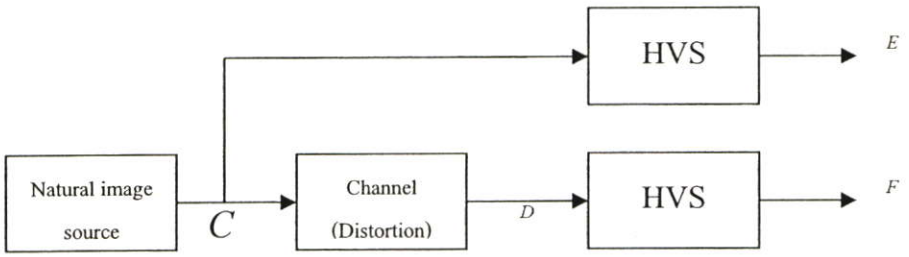
C เป็นค่าจากการวัด Contrast ของภาพ

S เป็นค่าจากการวัด Structure ของภาพ

ตัววัด SSIM เป็นตัววัดที่แสดงค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ จะมีค่า SSIM ที่เข้าใกล้ 0 แม้ว่าตัววัด SSIM จะมีความน่าเชื่อถือที่สูง แต่ตัววัด SSIM จะมีปัญหาเมื่อทำการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะที่เบลอ โดยไม่สามารถให้ค่าได้สอดคล้องกับความรู้สึกของมนุษย์ [4]

3.2.2.10 Vistual Information Fidelity (VIF)

ในปี 2006 A. C. Bovik และคณะได้เสนอตัววัดคุณภาพชนิด VIF โดยมีโครงสร้างของตัววัดคุณภาพของภาพชนิด VIF ดังรูปที่ 3.10 [5]



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของตัววัดคุณภาพชนิด VIF

โดย HVS คือ Human Visual System เป็นตัววัดคุณภาพของภาพเลียนแบบระบบการมองเห็นของมนุษย์

$$\text{VIF} = \text{Distorted Image Information} / \text{Reference Image Information} \tag{3.14}$$

ตัววัด VIF เป็นตัววัดที่แสดงค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยภาพที่มีคุณภาพที่ดีจะมีค่าเข้าใกล้ 1 และภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ จะมีค่า VIF ที่เข้าใกล้ 0 แม้ว่าตัววัด VIF จะมีความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าตัววัดชนิด SSIM แล้ว ตัววัด VIF ยังสามารถวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอที่ ตัววัด SSIM วัดไม่ได้ แต่ตัววัด VIF จะใช้เวลาในการประมวลผลที่สูง

3.3 ความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ

ตัววัดคุณภาพใดๆ ก็ตามจะมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ได้ก็ต่อเมื่อสามารถบอกค่าคุณภาพของภาพได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีความสอดคล้องกับตัววัดคุณภาพแบบซัพเจคทีฟ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัววัดความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ตามสมการที่ [9]

$$r = \frac{\sum_i \left(s_i - \bar{s}\right)\left(o_i - \bar{o}\right)}{\sqrt{\sum_i \left(s_i - \bar{s}\right)^2 \left(o_i - \bar{o}\right)^2}} \tag{3.15}$$

โดย s_i และ o_i เป็นลำดับของค่าจากการวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ หรือค่าจากการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง และค่าจากการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟตามลำดับ ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดจะมีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1

บทที่ 4

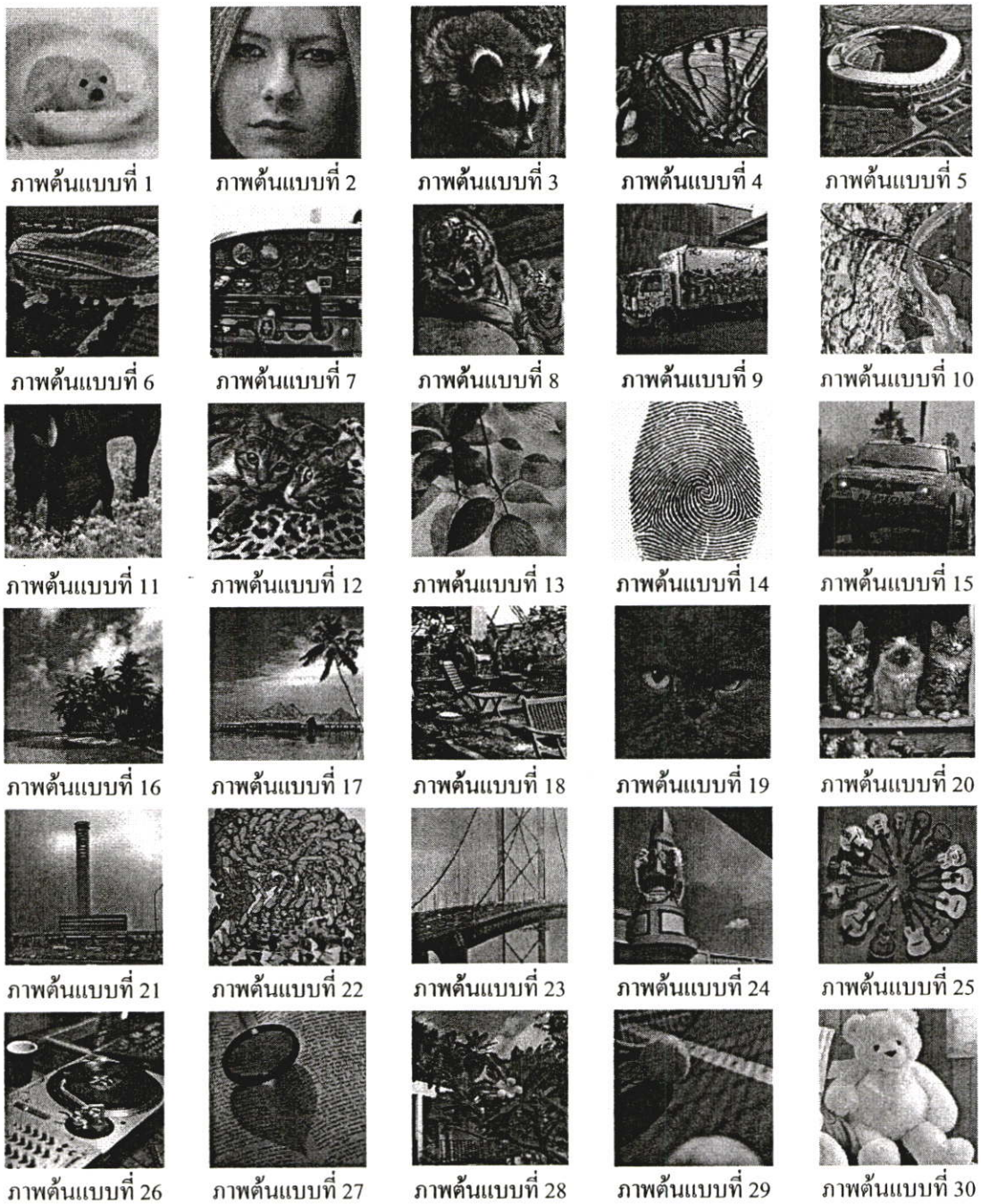
การทดลอง และผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ ตัววัดคุณภาพของภาพของภาพได้ถูกพัฒนาขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน เช่น MSE, MAE, PSNR, SC, MD, LMSE และ NAE กับตัววัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟด้วย MOS และตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิงด้วย VIF โดยพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในการนิยามนั้นจะต้องอาศัยภาพต้นแบบ และภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพ (Distortion image) เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image) เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพต้นแบบ จำนวน 30 ภาพ ดังรูปที่ 4.1 โดยภาพต้นแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, และ 20 เป็นภาพที่มีขนาด 512x512 พิกเซล ส่วนภาพต้นแบบที่ 6, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, และ 30 เป็นภาพที่มีขนาด 256x256 พิกเซล โดยภาพต้นแบบทั้งหมดจะมีความละเอียดที่ 8 บิตต่อพิกเซล

ตารางที่ 4.1 ค่า SFM ของภาพต้นแบบแต่ละภาพ

ภาพต้นแบบที่	SFM	ภาพต้นแบบที่	SFM	ภาพต้นแบบที่	SFM
1	3.74	**2**	12.17	**3**	15.23
4	22	**5**	25	**6**	30.55
7	33.96	**8**	37.02	**9**	42.64
10	48.12	**11**	14.01	**12**	27.82
13	18.81	**14**	59.68	**15**	17.27
16	21.04	**17**	31.63	**18**	40.69
19	16.78	**20**	22.43	**21**	24.16
22	60.08	**23**	28.84	**24**	20.28
25	34.92	**26**	29.42	**27**	37.2
28	29.51	**29**	13.30	**30**	14.03



รูปที่ 4.1 ภาพต้นแบบ

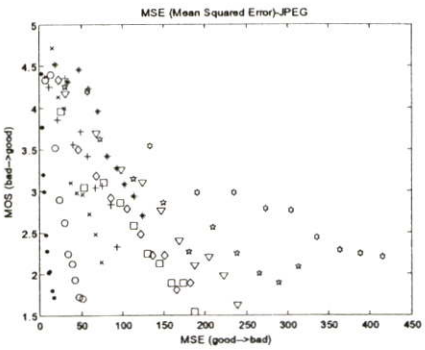
ภาพต้นแบบทั้งหมด ถูกนำมาหาค่าคุณสมบัติของภาพโดยการใช้ค่า SFM (Spatial Frequency Measure) ทำให้ได้ภาพที่นำมาทดลองมีค่า SFM ที่หลากหลาย ตามตารางที่ 4.1 โดยภาพที่ 22 เป็นภาพที่มีค่า SFM มากที่สุด คือ 60.08 และภาพที่ 1 เป็นภาพที่มีค่า SFM น้อยที่สุด คือ 3.74

ภาพต้นแบบทั้งหมด ถูกนำมาทำการสร้างภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (Distortion image) ดังนี้

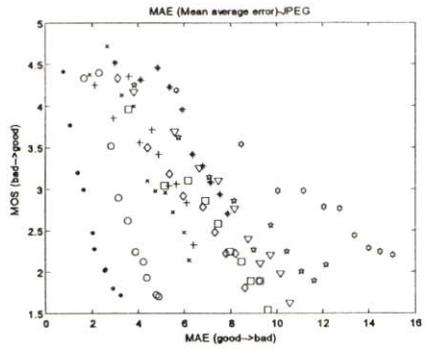
4.1 ตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image Measurement)

ภาพบีบอัดแบบเจเปก จะใช้การปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การควอนไตซ์ (Quantized Parameter, Q) ที่แตกต่างกัน 10 อัตราส่วน คือ (Q) = 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, และ 2.5 ในการทดลองจะนำภาพต้นแบบที่ 1 ถึง 10 มาทำการบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1 ที่มีค่า Q ที่แตกต่างกัน 10 ระดับ ทำให้ได้ภาพบีบอัดแบบเจเปก จำนวน 100 ภาพ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ เช่น MSE MAE PSNR SC MD LMSE NAE PQS SSIM และ VIF พร้อมทั้งทำการวัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟ ด้วย MOS โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ชั้นปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนรู้ถึงความแตกต่างของระดับคุณภาพของภาพบีบอัด ในแต่ละระดับ ในการประเมินได้ทำการสุ่มภาพมาแสดงให้เปรียบเทียบกันระหว่างภาพต้นแบบ และภาพบีบอัดทีละชุด แล้วให้ผู้ประเมินทำการให้คะแนนภาพที่ทำการบีบอัด โดยเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ ถ้ามีค่าระดับคะแนนเป็น 5 จะหมายถึงภาพบีบอัดนั้นมีคุณภาพที่ดีใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ และ 1 คะแนนนั้น หมายถึงว่าภาพบีบอัดนั้นมีคุณภาพของภาพที่แย่ โดยทำการทดสอบที่ห้องทดสอบการประมวลผลภาพ แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟ และซับเจคทีฟมาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดแบบซับเจคทีฟมากที่สุด

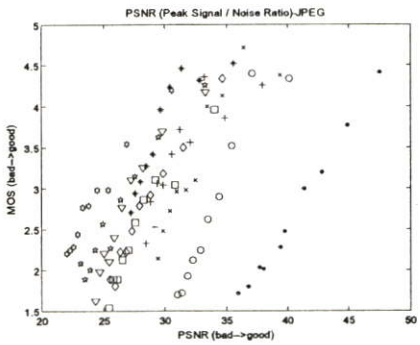
เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.2 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับการวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟด้วย MOS จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าตัววัดพื้นฐานยังให้ค่าที่ค่อนข้างกระจาย เช่น ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด MSE โดยเมื่อทำการพิจารณาค่า MSE ประมาณ 50 จะมีคุณภาพของภาพที่ได้จากการประเมินด้วย MOS จาก 1 ไปจนถึง 4.5 ซึ่งทำให้ตัววัด MSE มีค่าความน่าเชื่อถือที่น้อย เป็นต้น แต่เมื่อทำการพิจารณาการกระจายของข้อมูลจากตัววัด LMSE และ NAE มีการกระจายของข้อมูลน้อยที่สุด เมื่อไม่ทำการพิจารณาภาพต้นแบบที่มีค่า SFM ต่ำๆ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเมื่อทำการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก แล้วภาพต้นแบบที่นำมามีค่า SFM ที่สูงๆ ตัววัด LMSE และ NAE ก็จะให้ความน่าเชื่อถือที่สูง ส่วนรูปที่ 4.3 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟด้วย MOS จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่า ตัววัด PQS และ VIF มีการกระจายตัวของข้อมูลที่น้อย จึงเป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูง



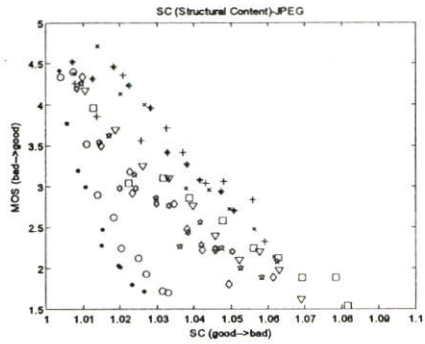
(ก) MSE กับ MOS



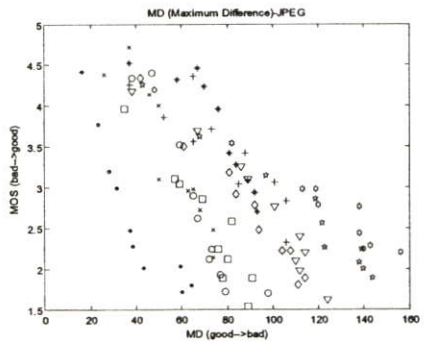
(ข) MAE กับ MOS



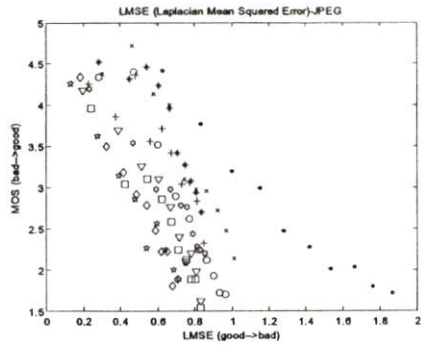
(ค) PSNR กับ MOS



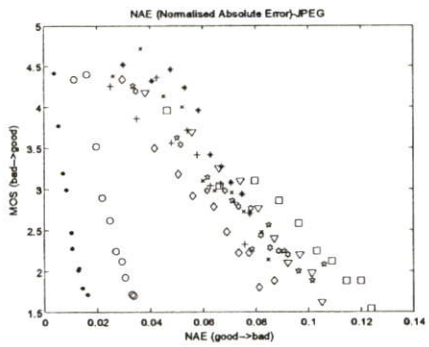
(ง) SC กับ MOS



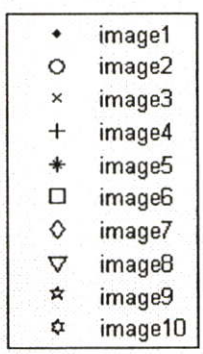
(จ) MD กับ MOS



(ฉ) LMSE กับ MOS

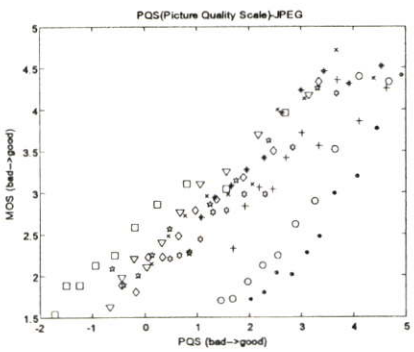


(ช) NAE กับ MOS

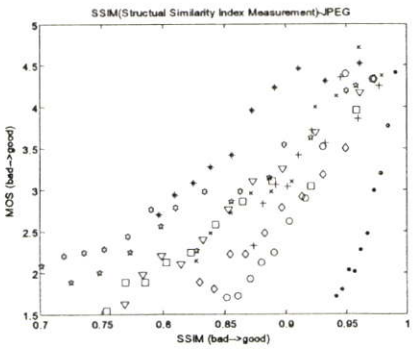


(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

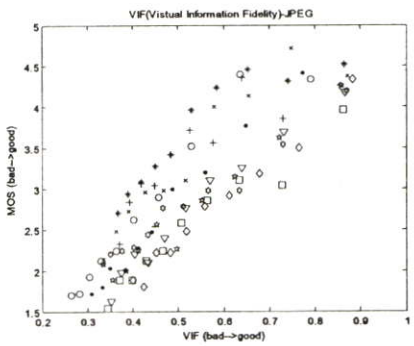
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1



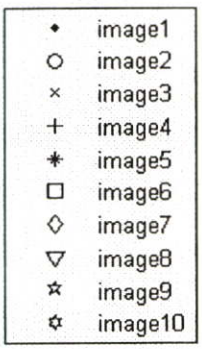
(ก) PQS กับ MOS



(ข) SSIM กับ MOS



(ค) VIF กับ MOS



(ง) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ของภาพบีบอัดแบบเจเปก ชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก
MSE	-0.505
MAE	-0.524
PNSR	0.494
SC	**-0.705**
MD	-0.601
LMSE	-0.637
NAE	-0.487

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากตารางที่ 4.2 จะพบว่า ตัววัดภาพแบบ SC เป็นตัววัดที่มีความน่าเชื่อถือสูงที่สุดในการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1 แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.2 (ช) ตัววัด NAE จะมีปัญหาเฉพาะภาพที่มีค่า SFM ต่ำกว่า 15 ดังนั้นถ้า

ต้องการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปกที่มีค่า SFM ของภาพต้นแบบสูงกว่า 15 ตัววัด NAE จะให้ค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด

ในงานวิจัยนี้ ได้นิยามสมการของตัววัดคุณภาพของภาพตามสมการที่ 4.1

$$New_Measurement = Fundamental_Measurement \times SFM^{k_x} \tag{4.1}$$

ในการทดลองได้ทำการหาสมการตัววัดตัวใหม่ ที่มีการพัฒนามาจากตัววัดพื้นฐานจากสมการที่ 4.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ตามตารางที่ 4.3 [17, 18]

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1

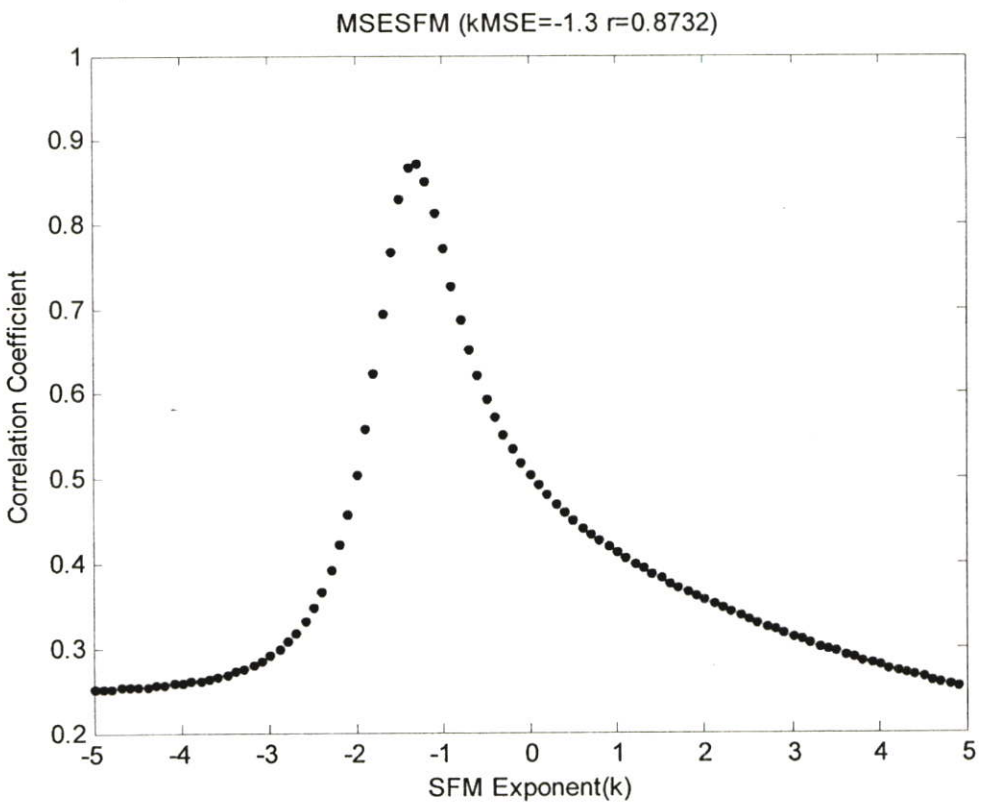
ตัววัด	สมการตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก เมื่อทำการพัฒนาด้วย SFM
MSE	$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right)$	**0.873**
MAE	$MAESFM = -\left(MAE \times SFM^{k_{MAE}}\right)$	0.852
PNSR	$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}}$	0.866
SC	$SCSFM = \left(1 - SC\right) \times SFM^{k_{SC}}$	0.756
MD	$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right)$	0.807
LMSE	$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right)$	0.828
NAE	$NAESFM = -\left(NAE \times SFM^{k_{NAE}}\right)$	0.539

จากตารางที่ 4.3 เมื่อทำการพัฒนาตัววัด MSE ด้วยค่า SFM จะทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดที่เพิ่มขึ้น และตัววัด MSESFM ก็ยังมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุดดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสร้างตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปกตัวใหม่ ซึ่งจะมีการนำค่า SFM ของภาพต้นแบบมาทำการพิจารณา โดยมีรูปแบบตามสมการที่ 4.2

$$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right) \tag{4.2}$$

เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{MSE}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{MSE} ให้ปรับเปลี่ยนครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ -5 จนถึง 5 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ

ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ (MOS) กับตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ (MSESFM) เพื่อให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{MSE} ของตัววัด MSESFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก

จากรูปที่ 4.4 จะทำการกำหนดค่า k_{MSE} มีค่า -1.3 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.8732 ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.3

$$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{-1.3}\right) \tag{4.3}$$

ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าเป็นระดับของคุณภาพของภาพแบบ 1 ถึง 5 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.4

$$MSESFM' = \frac{MSESFM - MSESFM_{Min}}{MSESFM_{Max} - MSESFM_{Min}} \quad (4.4)$$

จากการทดลอง จะนำภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพต้นแบบชุดที่ 1 จำนวน 100 ภาพ มาทำวัดคุณภาพของภาพด้วย MSESFM แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$MSESFM_{MIN}$, $MSESFM_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $MSESFM \in [-2.967, \ -0.187]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพบีบอัดยอมรับไม่ได้ ถึงคุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.5

$$j = \frac{jMax - jMin}{iMax - iMin}(i - iMin) + jMin \quad (4.5)$$

โดย i เป็นค่าลำดับของสเกลเดิม ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

j เป็นค่าลำดับของสเกลใหม่ ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง 5

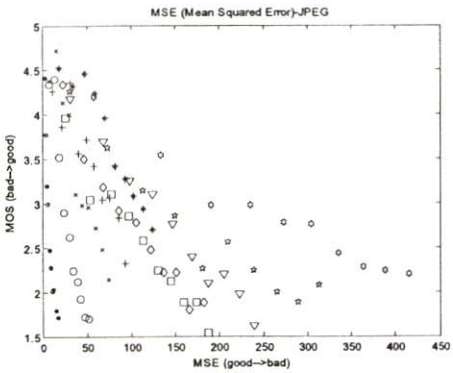
เมื่อนำสมการที่ 4.5 มาแทนค่า จะได้ดังนี้

$$j = \frac{5-1}{1-0}(i-0)+1 \quad (4.6)$$

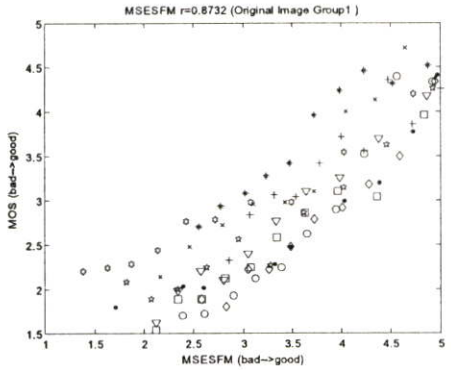
$$j = 4(i)+1 \quad (4.7)$$

จากนั้น นำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.4 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปกแบบใหม่ MSESFM มีค่าระดับคุณภาพของภาพที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.5 โดยรูปที่ 4.5 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด MSE ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลอยู่มาก จึงทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือเพียง -0.505 แต่เมื่อทำการพัฒนาตัววัด MSE ด้วยค่า SFM ซึ่งเป็นตัววัดตัวใหม่ MSESFM ดังรูปที่ 4.5 (ข) จากรูปจะสังเกตได้ว่า การกระจายตัวของข้อมูลมีขนาดที่แคบลง ดังนั้นจึงทำให้ตัววัด MSESFM มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้นเป็น 0.8732

แล้วเมื่อทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตาราง 4.4 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปกตัวใหม่ MSESFM มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดชุดที่ 1



(ก) MSE กับ MOS



(ข) MSESFM กับ MOS

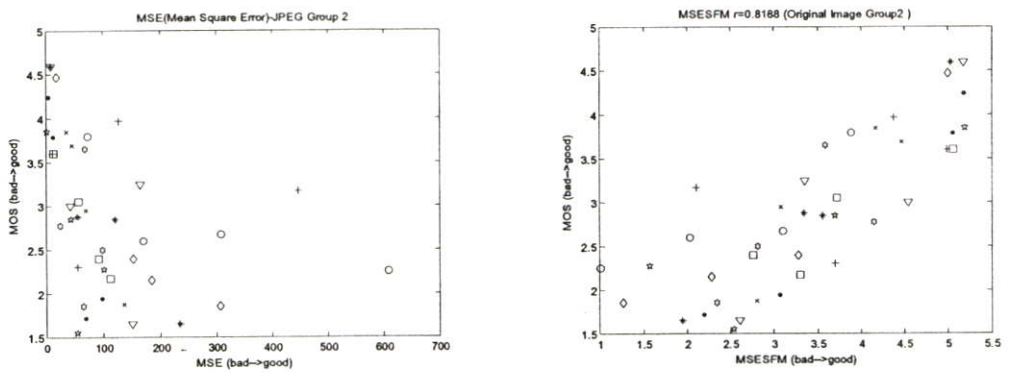
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก ชุดที่ 1

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพบีบอัดชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก
MSE	-0.505
MAE	-0.524
PNSR	0.494
SC	-0.705
MD	-0.601
LMSE	-0.637
NAE	-0.487
PQS	0.774
SSIM	0.662
VIF	0.862
MSESFM	**0.873**

จากนั้นนำภาพต้นแบบที่ 11 ถึง 30 มาทำการบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 2 ที่มีการสุ่มค่า Q ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ต่อ 1 ภาพ ทำให้ได้ภาพบีบอัดแบบเจเปกจำนวน 40 ภาพมาทำการทดสอบตัววัดชนิด MSESFM และทำการวัดคุณภาพของภาพด้วย MOS จากผู้ประเมินจำนวน 20 คน ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลของตัววัด MSESFM ดังรูปที่ 4.5 โดยรูปที่ 4.5 (ก) เป็นตัววัดพื้นฐานแบบ MSE จะมีการกระจายตัวของข้อมูลที่มากกว่ารูปที่ 4.5 (ข) ซึ่งเป็นตัววัดที่นำเอาค่า SFM มาพิจารณาในการสร้างตัววัด

จากตารางที่ 4.5 เป็นค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพในการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปกชุดที่ 2 จากตารางตัววัด PQS เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด แต่ตัวที่ได้ทำการสร้างขึ้นใหม่ MSESFM นั้น มีค่าความน่าเชื่อถือคือ 0.818 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับตัววัด PQS แต่ตัววัด MSESFM นั้น ทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS



(ก) MSE กับ MOS (ข) MSESFM กับ MOS

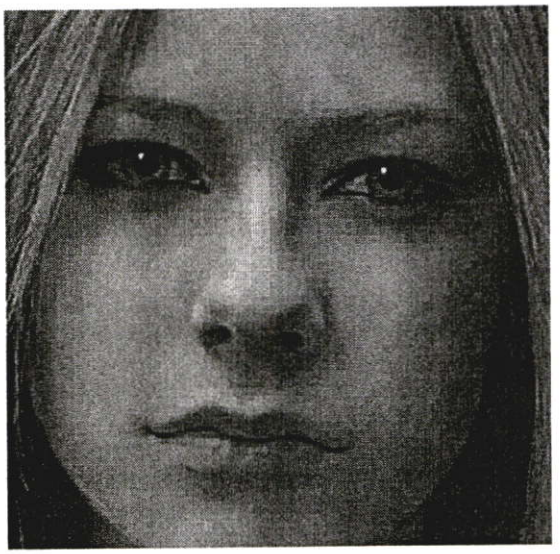
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก ชุดที่ 2

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก จากภาพบีบอัดชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก
MSE	-0.395
MAE	-0.509
PNSR	0.654
SC	-0.689
MD	-0.712
LMSE	-0.842
NAE	-0.579
PQS	**0.882**
SSIM	0.757
VIF	0.821
MSESFM	0.818

จากรูปที่ 4.7 ภาพบีบอัดแบบเจเปกทั้งสองรูปมีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 30 เดซิเบล แต่คุณภาพของภาพนั้นแตกต่างกัน โดยตัววัด MSESFM สามารถให้ค่าระดับคะแนนที่

สอดคล้องกับตัววัด MOS โดยรูปที่ 4.7 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ค่า MOS และ MSESFM ที่ได้จึงมีค่าน้อย ส่วนรูปที่ 4.7 (ข) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีค่า MOS และ MSESFM ที่ได้จึงมีค่าที่สูงเช่นเดียวกัน



(ก) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

PSNR=31, MSESFM=2.39 และ MOS=1.7

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก

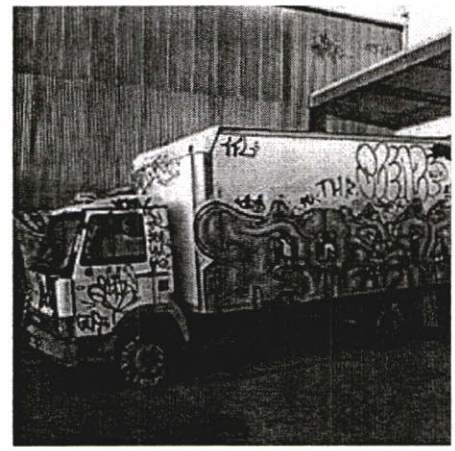
PSNR=30.52, MSESFM=4.73 และ MOS=4.2

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบรูปภาพที่มี PSNR ประมาณ 30 dB ด้วยตัววัด MSESFM

จากรูปที่ 4.8 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพบีบอัดแบบเจเปก ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัดคุณภาพของภาพชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.8 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีจึงได้ค่า MOS จากการประเมินที่สูง และมีค่าจากตัววัด MSESFM คือ 4.87 ซึ่งมีความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีเช่นเดียวกัน เป็นต้น

(ก) MOS=4.52, PQS=4.53, SSIM=0.96

VIF=0.86 และ MSESFM=4.87



(ข) MOS=4.26, PQS=3.32, SSIM=0.95

VIF=0.85 และ MSESFM=4.93

(ค) MOS=3.8, PQS=3.14, SSIM=0.9

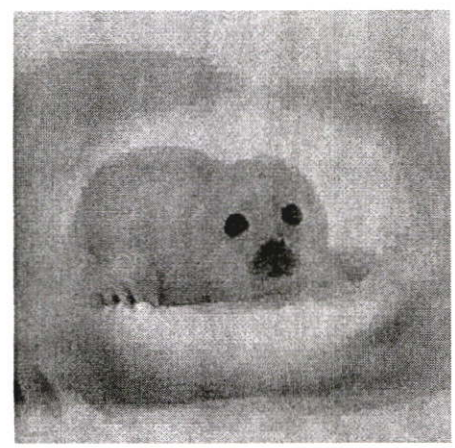
VIF=0.56 และ MSESFM=3.89

(ง) MOS=2.15, PQS=2.78, SSIM=0.77

VIF=0.28 และ MSESFM=2.28

(จ) MOS=1.72, PQS=0.25, SSIM=0.89

VIF=0.31 และ MSESFM=2.18



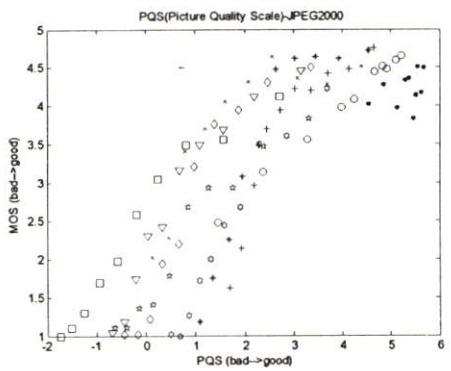
(ฉ) MOS=1.72, PQS=2.02, SSIM=0.94

VIF=0.31 และ MSESFM=1

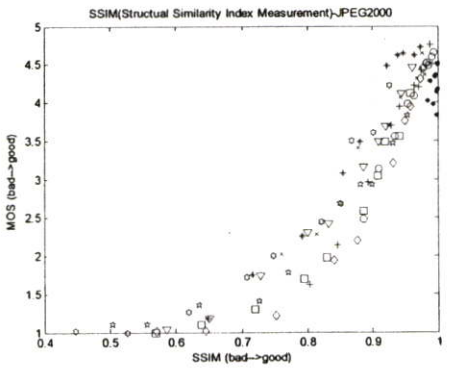
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างรูปภาพบีบอัดแบบเจเปก ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ

4.2 ตัววัดของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image Measurement)

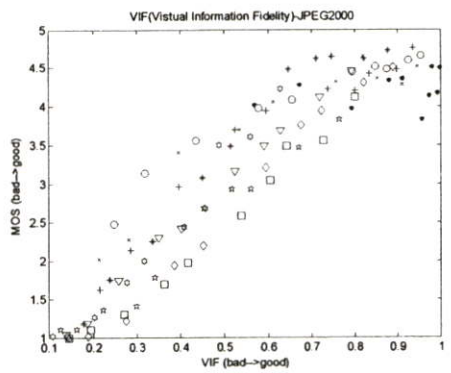
ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จะใช้การปรับเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์เธรชโชลด์ (Percentage Threshold) ที่แตกต่างกัน 10 อัตราส่วน คือ 2%, 3%, 5%, 8%, 10%, 15%, 18%, 20%, 25% และ 30% ในการทดลองจะนำภาพต้นแบบที่ 1 ถึง 10 มาทำการบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1 ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์เธรชโชลด์ที่แตกต่างกัน 10 ระดับ ทำให้ได้ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จำนวน 100 ภาพ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟ และตัววัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟ ด้วย MOS โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 50 คน แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟ และซับเจคทีฟมาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับการวัดแบบซับเจคทีฟมากที่สุด



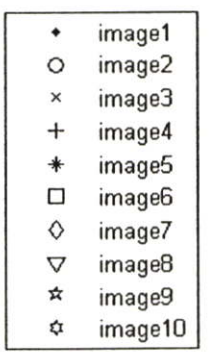
(ก) PQS กับ MOS



(ข) SSIM กับ MOS

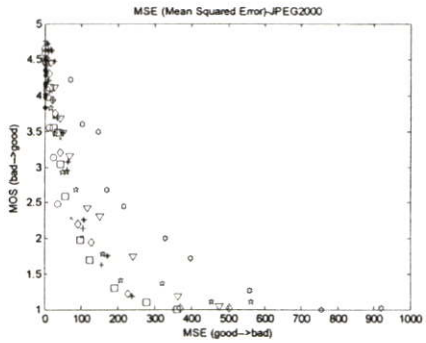


(ค) VIF กับ MOS

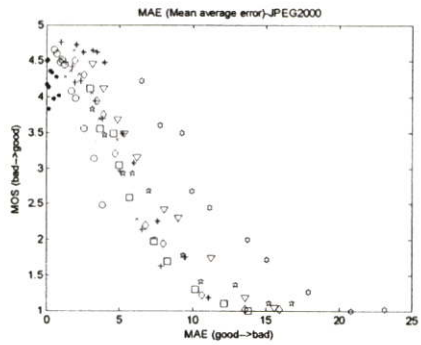


(ง) สัญลักษณ์ของรูป

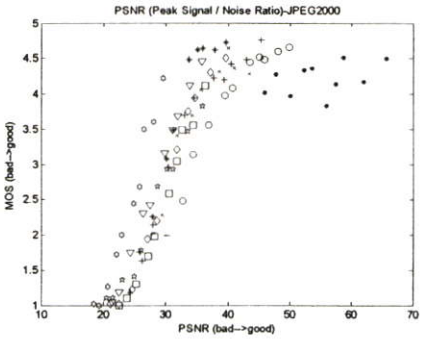
รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1



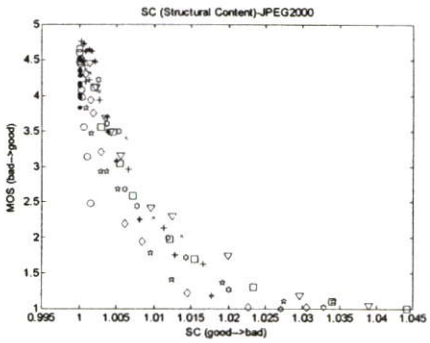
(ก) MSE กับ MOS



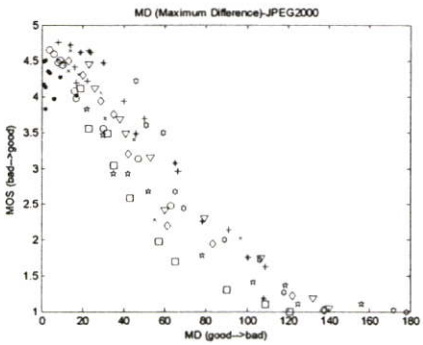
(ข) MAE กับ MOS



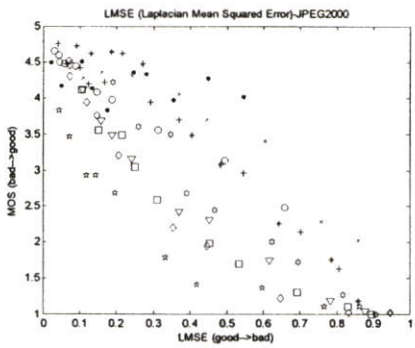
(ค) PSNR กับ MOS



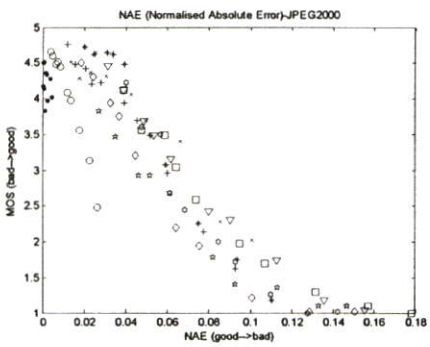
(ง) SC กับ MOS



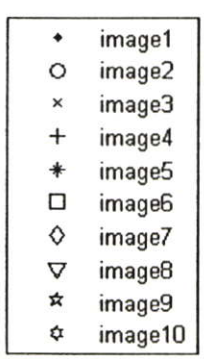
(จ) MD กับ MOS



(ฉ) LMSE กับ MOS



(ช) NAE กับ MOS



(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.10 การกระจายตัวของค่าจากตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.10 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายของข้อมูลจากตัววัด MD มีการกระจายของข้อมูลน้อยที่สุด เมื่อทำการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากตารางที่ 4.6 จะพบว่า ตัววัดภาพชนิด MD เป็นตัววัดที่มีความน่าเชื่อถือสูงที่สุดในการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.10(ช) ตัววัด NAE จะมีปัญหาเฉพาะภาพที่มีค่า SFM ต่ำกว่า 15 ดังนั้นถ้าต้องการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ที่มีค่า SFM ของภาพต้นแบบสูงกว่า 15 ก็อาจจะใช้ตัววัด NAE ทำการวัดได้

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟ จากภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000
MSE	-0.794
MAE	-0.894
PNSR	0.802
SC	-0.871
MD	**-0.937**
LMSE	-0.873
NAE	-0.929

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพบีบอัดชุดที่ 1

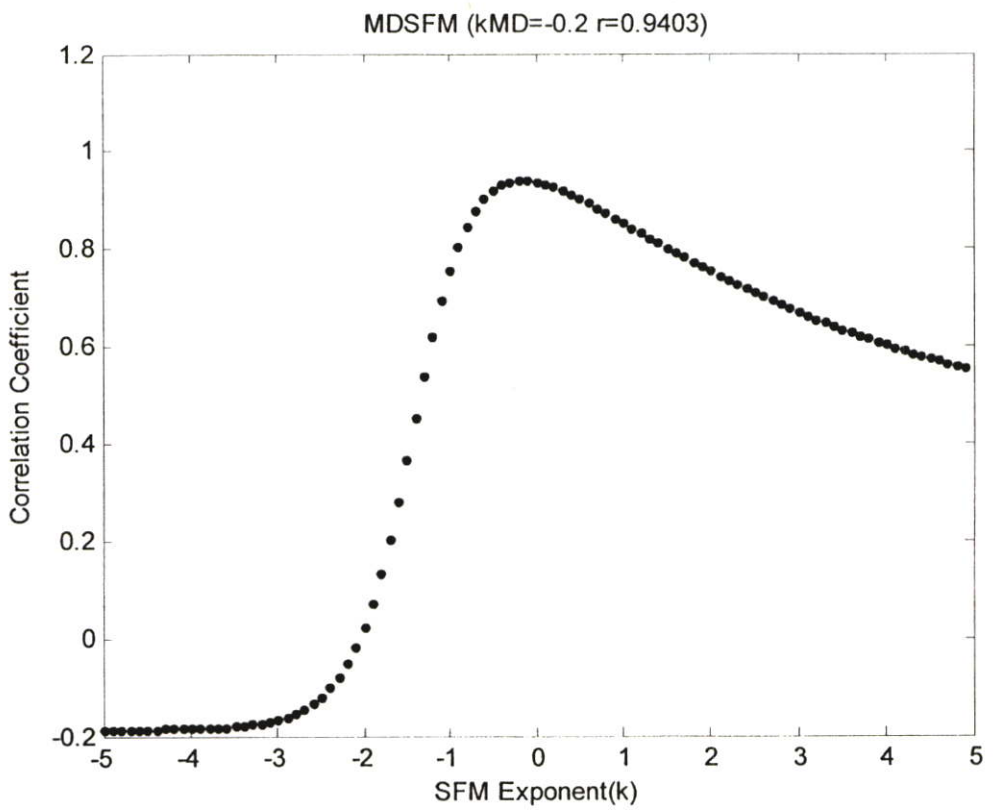
ตัววัด	สมการตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 เมื่อทำการพัฒนาด้วย SFM
MSE	$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right)$	0.8850
MAE	$MAESFM = -\left(MAE \times SFM^{k_{MAE}}\right)$	0.9343
PNSR	$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}}$	0.9144
SC	$SCSFM = \left(1 - SC\right) \times SFM^{k_{SC}}$	0.8720
MD	$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right)$	**0.9403**
LMSE	$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right)$	0.9225
NAE	$NAESFM = -\left(NAE \times SFM^{k_{NAE}}\right)$	0.9309

ในการทดลองได้ทำการหาสมการตัววัดตัวใหม่ ที่มีการพัฒนามาจากตัววัดพื้นฐานจากสมการที่ 4.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ตามตารางที่ 4.7

จากตารางที่ 4.7 ตัววัด MDSFM จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด เมื่อทำการพัฒนาตัววัดด้วยค่า SFM ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสร้างตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปกตัวใหม่ ซึ่งจะมีการนำค่า SFM ของภาพต้นแบบมาทำการพิจารณา โดยมีรูปแบบตามสมการที่ 4.8

$$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right) \tag{4.8}$$

เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{MD}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{MD} ให้ปรับเปลี่ยนครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ -5 จนถึง 5 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบซัพเจคทีฟ (MOS) กับตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ (MDSFM) เพื่อให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{MD} ของตัววัด MDSFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

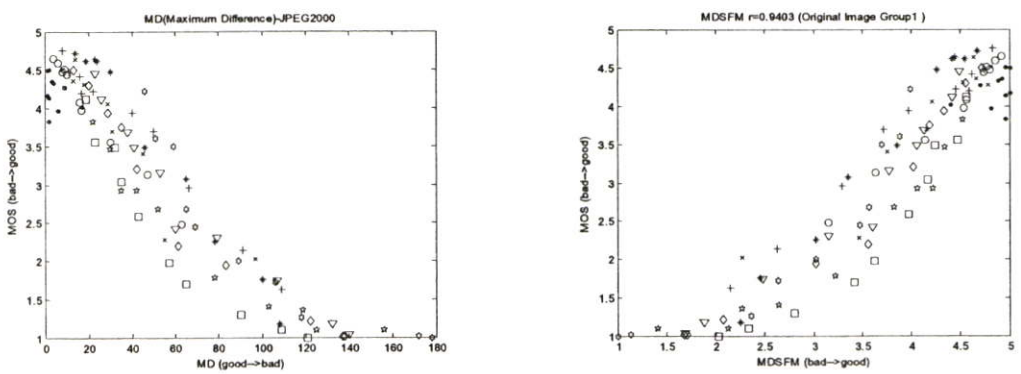
จากรูปที่ 4.11 จะทำการกำหนดค่า k_{MD} มีค่า -0.2 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.9403 ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.9

$$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{-0.2}\right) \tag{4.9}$$

ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.10

$$MDSFM' = \frac{MDSFM - MDSFM_{Min}}{MDSFM_{Max} - MDSFM_{Min}} \tag{4.10}$$

จากการทดลอง จะนำภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1 จำนวน 100 ภาพ มาทำวัดคุณภาพของภาพด้วย MDSFM แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$MDSFM_{MIN}$, $MDSFM_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $MDSFM \in$[–82.026, –0.768]



(ก) MD กับ MOS (ข) MDSFM กับ MOS

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 1

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพบีบอัดยอมรับไม่ได้ ถึงคุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.10 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 แบบใหม่ MDSFM มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.12 โดยรูปที่ 4.12 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด MD ที่มีค่าความ

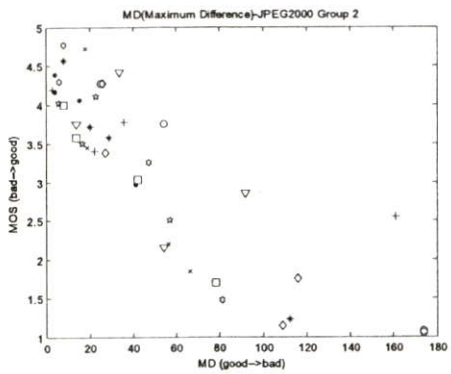
น่าเชื่อถือคือ -0.937 แต่เมื่อทำการพัฒนาตัววัด MD ด้วยค่า SFM ซึ่งเป็นตัววัดตัวใหม่ MDSFM ดังรูปที่ 4.12 (ข) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้นเป็น 0.9403

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จากภาพบีบอัดชุดที่ 1

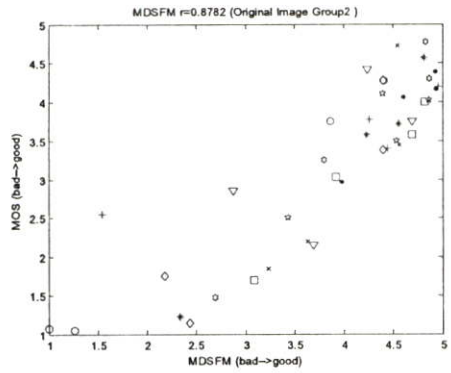
ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000
MSE	-0.794
MAE	-0.894
PNSR	0.802
SC	-0.871
MD	-0.937
LMSE	-0.873
NAE	-0.929
PQS	0.841
SSIM	0.925
VIF	0.931
MDSFM	**0.940**

แล้วเมื่อทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตาราง 4.8 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ตัวใหม่ MDSFM มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดชุดที่ 1

จากนั้นนำภาพต้นแบบที่ 11 ถึง 30 มาทำการบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 2 ที่มีการสุ่มค่าเปอร์เซ็นต์เธรดโชลด์ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ต่อ 1 ภาพ ทำให้ได้ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จำนวน 40 ภาพมาทำการทดสอบตัววัดชนิด MDSFM และทำการวัดคุณภาพของภาพด้วย MOS จากผู้ประเมินจำนวน 20 คน ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลของตัววัด MDSFM ดังรูปที่ 4.13 โดยรูปที่ 4.13 (ก) เป็นตัววัดพื้นฐานแบบ MD ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ -0.843 ส่วนรูปที่ 4.13 (ข) ซึ่งเป็นตัววัด MDSFM ที่นำเอาค่า SFM มาพิจารณาในการสร้างตัววัด จึงมีค่าความน่าเชื่อถือที่เพิ่มขึ้นเป็น 0.878



(ก) MD กับ MOS



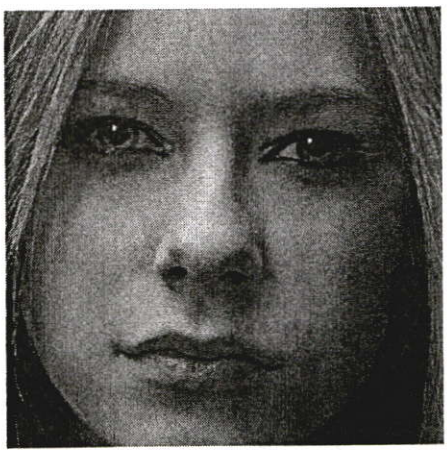
(ข) MDSFM กับ MOS

รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 2

ตารางที่ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 จากภาพบีบอัดชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000
MSE	-0.598
MAE	-0.745
PNSR	0.809
SC	-0.661
MD	-0.843
LMSE	-0.886
NAE	-0.756
PQS	**0.905**
SSIM	0.851
VIF	**0.905**
MDSFM	0.878

จากตารางที่ 4.9 เป็นค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพในการวัดภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ชุดที่ 2 จากตารางตัววัด PQS และ VIF เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุดคือ 0.905 แต่ตัวที่ได้ทำการสร้างขึ้นใหม่ MDSFM นั้น มีค่าความน่าเชื่อถือคือ 0.878 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับตัววัด PQS และ VIF แต่ตัววัด MDSFM นั้น ทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS และ VIF

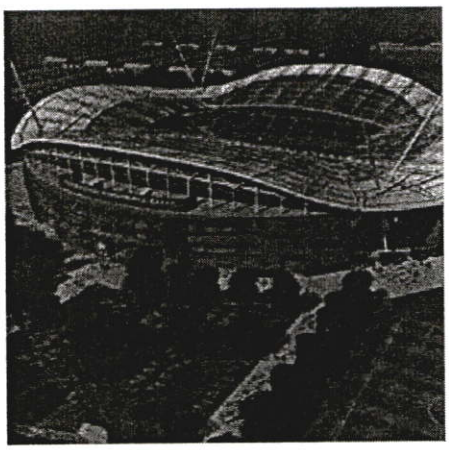


(ก) MOS=4.66, PQS=5.21, SSIM=0.993

VIF=0.95 และ MDSFM=4.91

(ข) MOS=4.22, PQS=4.01, SSIM=0.96

VIF=0.73 และ MDSFM=4.45

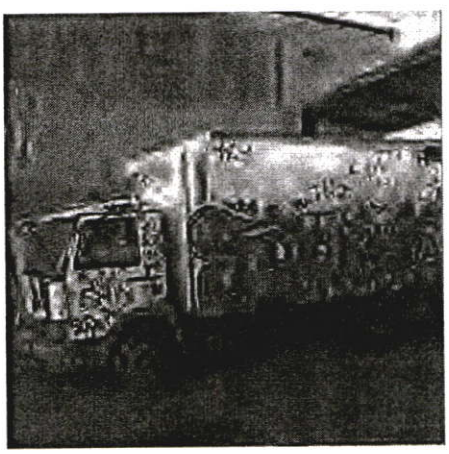


(ค) MOS=3.56, PQS=1.96, SSIM=0.94

VIF=0.72 และ MDSFM=4.46

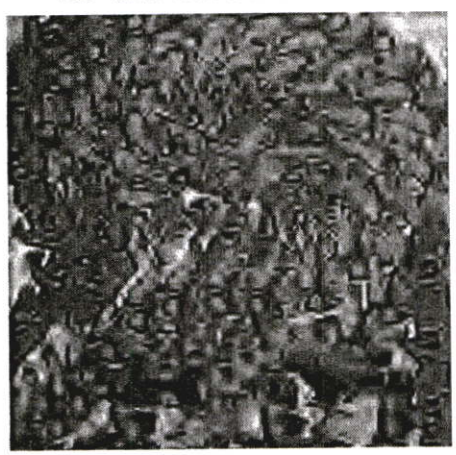
(ง) MOS=2.85, PQS=1.35, SSIM=0.85

VIF=0.41 และ MDSFM=2.87



(จ) MOS=1.1, PQS=-2.84, SSIM=0.51

VIF=0.12 และ MDSFM=1.4



(ฉ) MOS=1.05, PQS=-3.48, SSIM=0.48

VIF=0.12 และ MDSFM=1.26

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างรูปภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ

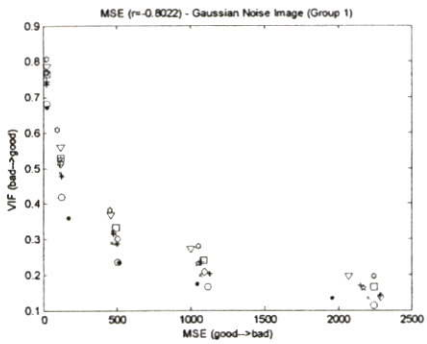
จากรูปที่ 4.14 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัดคุณภาพของภาพชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.14 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดี จึงได้ค่า MOS จากการประเมินที่สูง และมีค่าจากตัววัด MDSFM คือ 4.91 ซึ่งมีความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีเช่นเดียวกัน เป็นต้น แต่เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.14 (จ) และ4.14 (ฉ) ซึ่งเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ ค่า MOS จากผู้ประเมิน ค่า VIF และค่าจากตัววัดคุณภาพของภาพที่นำเสนอ MDSFM มีค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ แต่เมื่อพิจารณาค่า SSIM ซึ่งมีค่า 0.51 และ 0.48 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพปานกลาง ซึ่งขัดแย้งกับความรู้สึก

4.3 ตัววัดคุณภาพของภาพที่เกิดสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image Measurement)

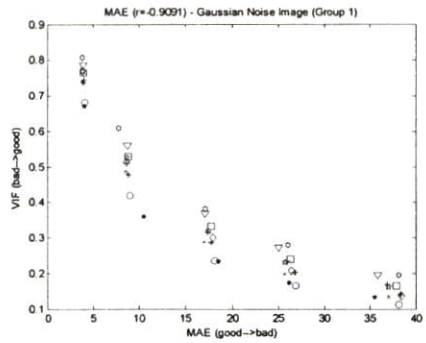
ภาพที่เกิดจากสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน จะถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมโฟโต้ช็อพ (Adobe Photoshop CS2) โดยใช้การปรับเปลี่ยนค่าระดับคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนโดยมีระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 2, 4, 8, 10, และ 15 ในการทดลองจะนำภาพต้นจำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 1, 2, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, และ 27 มาทำภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1 ที่มีค่าระดับของคุณภาพแตกต่างกัน 5 ระดับ ทำให้ได้ภาพจำนวน 50 ภาพ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง เช่น PQS, SSIM และ VIF

จากการทดลองตัววัด VIF จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับการวัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟด้วย MOS ดังนั้นในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยความรู้สึกของมนุษย์ได้ยาก จึงได้ใช้ตัววัด VIF มาเป็นตัววัดที่ใช้อ้างอิงแทนตัววัดแบบ MOS

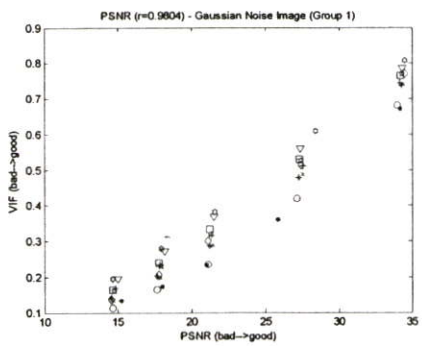
ในการทดลองจะนำภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนจำนวน 50 ภาพ มาทำการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดชนิด VIF มาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับตัววัดชนิด VIF มากที่สุด



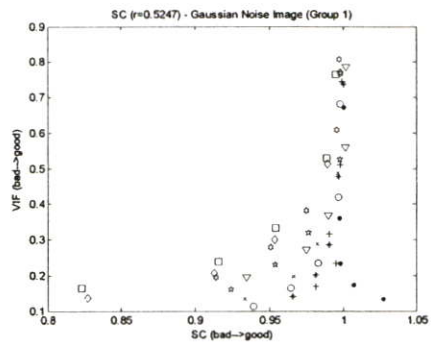
(ก) MSE กับ VIF



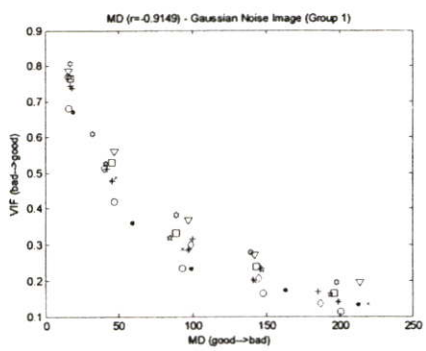
(ข) MAE กับ VIF



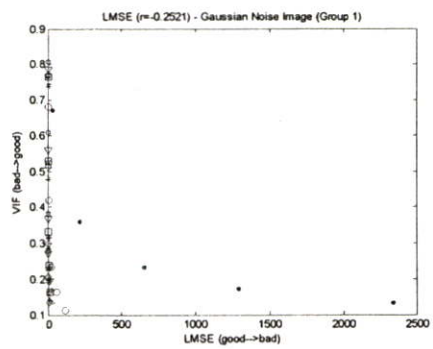
(ค) PSNR กับ VIF



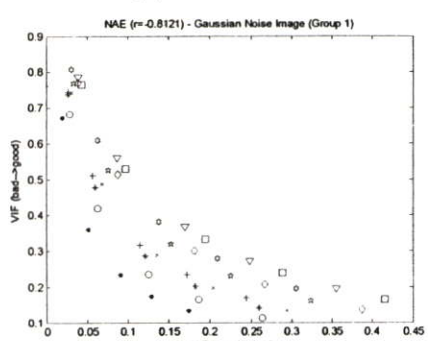
(ง) SC กับ VIF



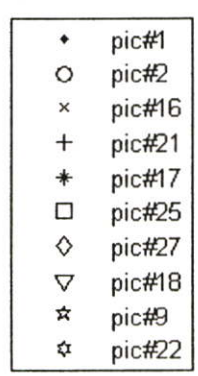
(จ) MD กับ VIF



(ฉ) LMSE กับ VIF

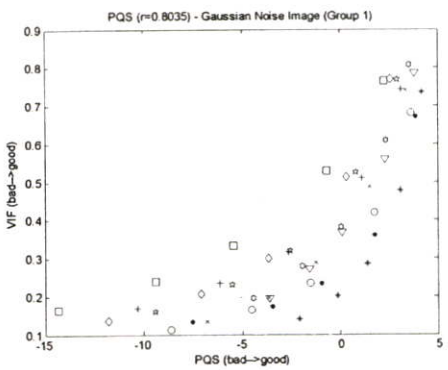


(ช) NAE กับ VIF

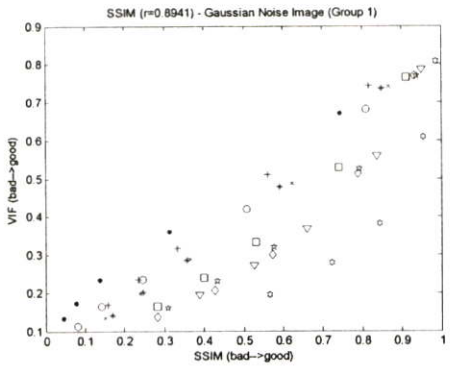


(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน



(ก) PQS กับ VIF



(ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบ VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.15 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัดชนิด VIF จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลตัววัด MAE, PSNR, และ MD มีการกระจายข้อมูลที่น้อย ส่วนตัววัดชนิด LMSE จะมีการกระจายตัวอยู่มากโดยสังเกตได้ว่า ภาพที่มีค่า SFM น้อย จะมีการแยกตัวออกจากกลุ่มข้อมูล เมื่อพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าตัววัด PSNR เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด เมื่อนำมาเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตารางที่ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1

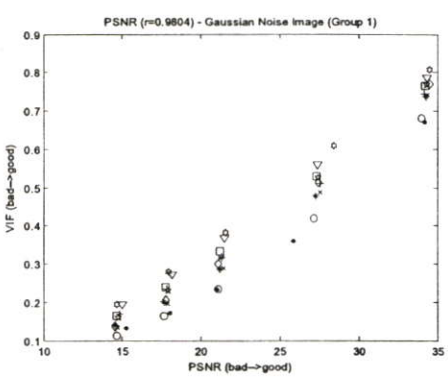
ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.802
MAE	-0.909
PNSR	**0.980**
SC	0.524
MD	-0.914
LMSE	-0.252
NAE	-0.812

เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าตัววัด PSNR มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงอยู่แล้ว จึงนำเอาตัววัด PSNR มาทำการสร้างเป็นตัววัดที่สามารถแสดงค่าบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.11

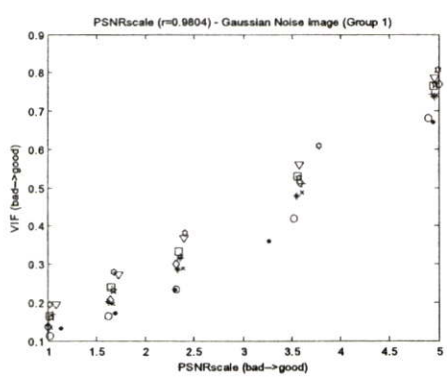
$$PSNRscale' = \frac{PSNR - PSNR_{Min}}{PSNR_{Max} - PSNR_{Min}} \tag{4.11}$$

จากการทดลอง จะนำภาพที่มีการรบกวนด้วยสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนจำนวน 50 ภาพจากภาพต้นแบบชุดที่ 1 มาทำวัดด้วย PSNR แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว $[PSNR_{MIN},\ PSNR_{MAX}]$ เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $PSNR \in [14.533,\ 34.509]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพยอมรับไม่ได้ ถึง คุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.11 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนแบบใหม่ PSNRscale มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.17 โดยรูปที่ 4.17 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด PSNR ก่อนที่จะมีการทำสเกลแบบ 1 ถึง 5 ส่วนรูปที่ 4.17 (ข) เป็นการกระจายตัวของตัววัด PSNRscale ซึ่งค่าความน่าเชื่อถือของทั้งสองตัววัดจะมีค่าเป็น 0.9804 เมื่อเทียบกับตัววัดแบบ VIF



(ก) PSNR กับ VIF



(ข) PSNRscale กับ VIF

รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1

ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนจากภาพชุดที่1

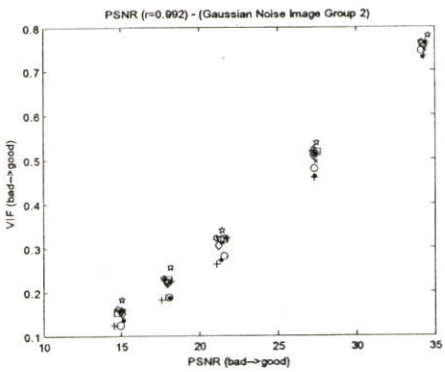
ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.802
MAE	-0.909
PNSR	**0.980**
SC	0.524
MD	-0.914
LMSE	-0.252
NAE	-0.812
PQS	0.803
SSIM	0.894
PSNRscale	**0.980**

แล้วเมื่อทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตาราง 4.11 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ตัววัด PSNRscale และ PSNR มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุดในการวัดคุณภาพของภาพชุดที่ 1 แม้ว่าตัววัดทั้งสองตัวจะมีค่าความน่าเชื่อถือที่เท่ากัน แต่ตัววัด PSNRscale มีการแสดงค่าได้ในระดับคุณภาพของภาพแบบ 1 ถึง 5 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับการวัดแบบ MOS

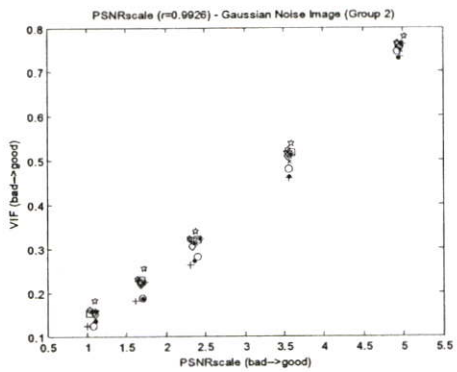
จากนั้นนำภาพต้นจำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 3, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 20, 23, และ 30 มาทำการภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2 ที่มีระดับคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 2, 4, 8, 10, และ 15 ทำให้ได้ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนจำนวน 50 ภาพ มาทำการทดสอบตัววัดชนิด PSNRscale และทำการหาความน่าเชื่อถือของตัววัดโดยเทียบกับตัววัดแบบ VIF ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลของตัววัดดังรูปที่ 4.18 โดยรูปที่ 4.18 (ก) เป็นตัววัดพื้นฐานแบบ PSNR ส่วนรูปที่ 4.18 (ข) ซึ่งเป็นตัววัด PSNRscale โดยทั้งสองตัววัดมีความน่าเชื่อถือเป็น 0.992

จากตารางที่ 4.12 เป็นค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพในการวัดภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนชุดที่ 2 จากตารางตัววัด PSNR และ PSNRscale เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุดคือ 0.992 ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิงทั้ง

PQS และ SSIM แล้วตัววัดที่ทำการออกแบบขึ้นมา PSNRscale ยังสามารถทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS, SSIM และ VIF



(ก) PSNR กับ VIF



(ข) PSNRscale กับ VIF

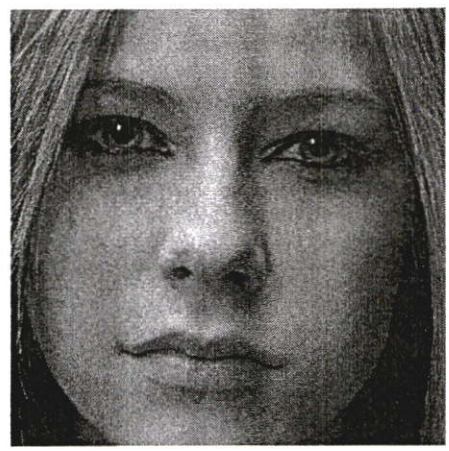
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2

ตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.818
MAE	-0.923
PNSR	**0.992**
SC	0.510
MD	-0.914
LMSE	-0.567
NAE	-0.811
PQS	0.857
SSIM	0.965
PSNRscale	**0.992**

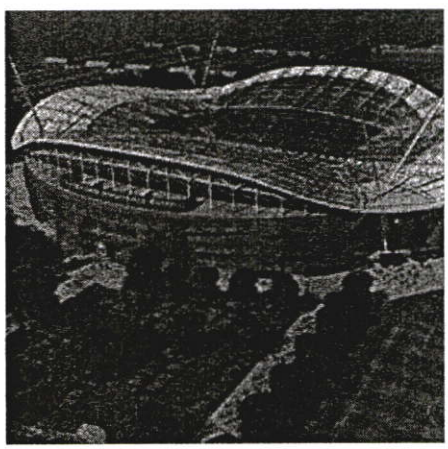
(ก) VIF=0.74, PQS=3.35

SSIM=0.86 และ PSNRscale=4.98



(ข) VIF=0.68, PQS=3.62

SSIM=0.80 และ PSNRscale=4.89

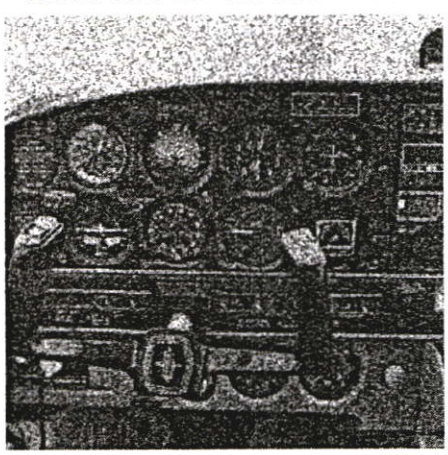


(ค) VIF=0.51, PQS=-0.89

SSIM=0.76 และ PSNRscale=3.54

(ง) VIF=0.32, PQS=-0.69

SSIM=0.49 และ PSNRscale=2.4



(จ) VIF=0.25, PQS=-8.25

SSIM=0.43 และ PSNRscale=1.72

(ฉ) VIF=0.15, PQS=-7.84

SSIM=0.15 และ PSNRscale=1.09

รูปที่ 4.19 ตัวอย่างรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ

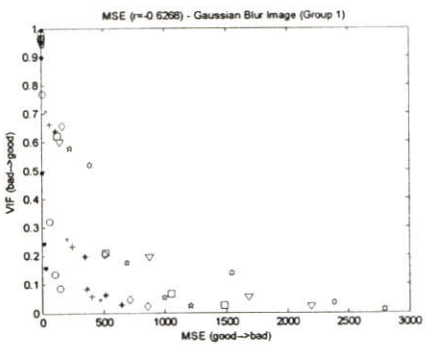
จากรูปที่ 4.19 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัดคุณภาพของภาพชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.19 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดี จึงได้ค่า VIF ที่สูง และมีค่าจากตัววัด PSNRscale คือ 4.98 ซึ่งมีความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีเช่นเดียวกัน เป็นต้น แต่เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.19 (จ) และ4.19 (ฉ) ซึ่งเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ ค่า VIF และค่าจากตัววัดคุณภาพของภาพที่นำเสนอ PSNRscale มีค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ ดังนั้นตัววัดที่สร้างขึ้นใหม่ PSNRscale จึงมีความสอดคล้องกับตัววัดแบบ VIF

4.4 ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image Measurement)

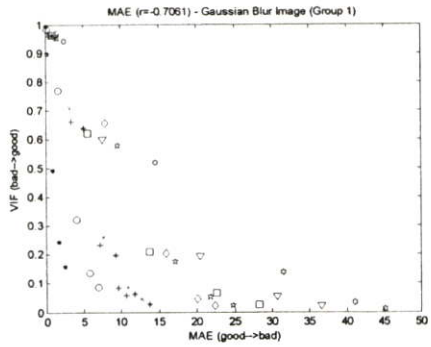
ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จะถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมโฟโต้ช็อพ (Adobe Photoshop CS2) โดยใช้การปรับเปลี่ยนค่าระดับคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน โดยมีระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.2, 0.5, 2, 4, และ 6 ในการทดลองจะนำภาพต้นจำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 1, 2, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, และ 27 มาทำภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1 ที่มีค่าระดับของคุณภาพแตกต่างกัน 5 ระดับ ทำให้ได้ภาพจำนวน 50 ภาพ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง เช่น PQS, SSIM และ VIF

จากการทดลองตัววัด VIF จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับการวัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟด้วย MOS ดังนั้นในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยความรู้สึกของมนุษย์ได้ยาก จึงได้ใช้ตัววัด VIF มาเป็นตัววัดที่ใช้อ้างอิงแทนตัววัดแบบ MOS

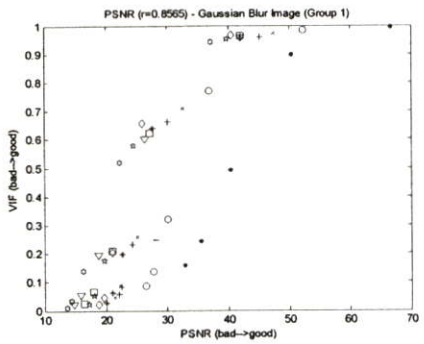
ในการทดลองจะนำภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนจำนวน 50 ภาพ มาทำการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดชนิด VIF มาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับตัววัดชนิด VIF มากที่สุด



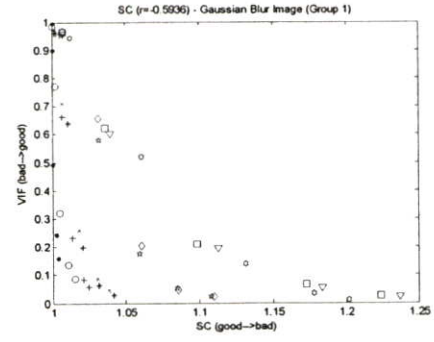
(ก) MSE กับ VIF



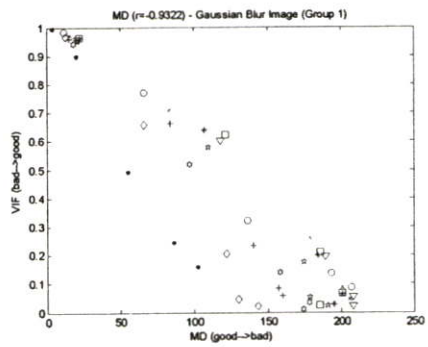
(ข) MAE กับ VIF



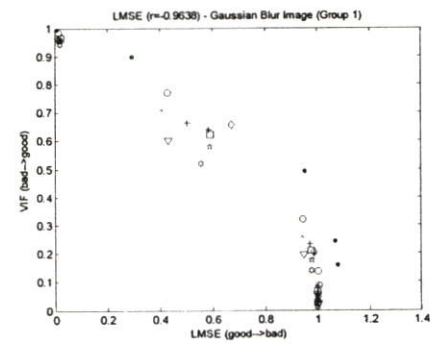
(ค) PSNR กับ VIF



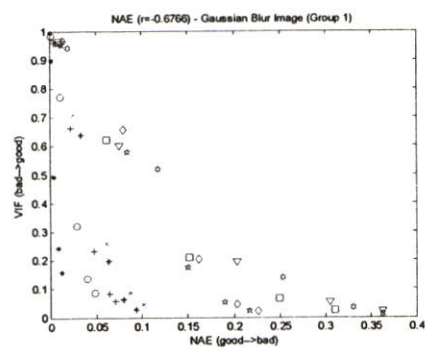
(ง) SC กับ VIF



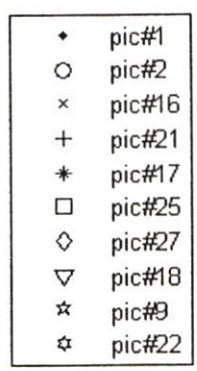
(จ) MD กับ VIF



(ฉ) LMSE กับ VIF

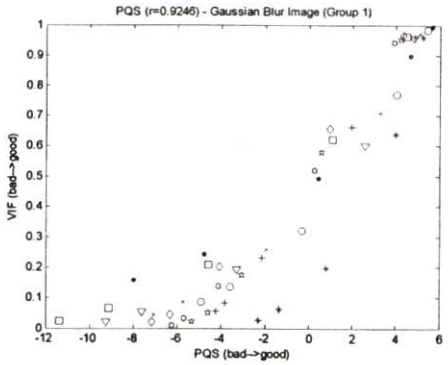


(ช) NAE กับ VIF

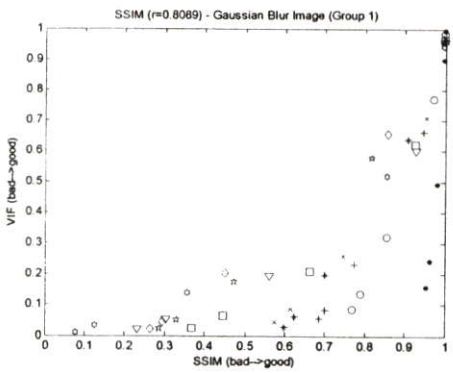


(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน



(ก) PQS กับ VIF



(ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบ VIF ที่ได้จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.20 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัดชนิด VIF จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลตัววัด PSNR, MD และ LMSE มีการกระจายข้อมูลที่น้อย ส่วนตัววัดชนิด SC จะมีการกระจายตัวอยู่มาก เมื่อพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าตัววัด LMSE เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด เมื่อนำมาเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตารางที่ 4.13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.626
MAE	-0.706
PNSR	0.856
SC	-0.593
MD	-0.932
LMSE	**-0.963**
NAE	-0.676

ตารางที่ 4.14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพชุดที่ 1

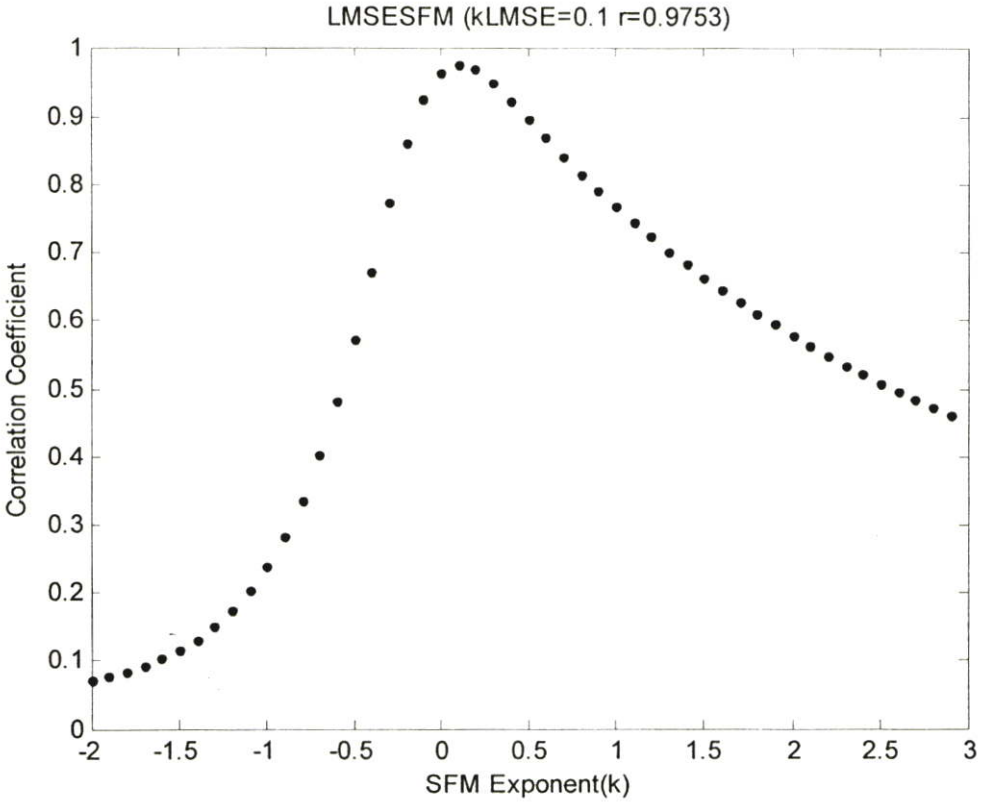
ตัววัด	สมการตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน เมื่อทำการพัฒนาด้วย SFM
MSE	$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right)$	0.861
MAE	$MAESFM = -\left(MAE \times SFM^{k_{MAE}}\right)$	0.920
PNSR	$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}}$	0.952
SC	$SCSFM = \left(1 - SC\right) \times SFM^{k_{SC}}$	0.713
MD	$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right)$	0.932
LMSE	$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right)$	**0.968**
NAE	$NAESFM = -\left(NAE \times SFM^{k_{NAE}}\right)$	0.858

ในการทดลองได้ทำการหาสมการตัววัดตัวใหม่ ที่มีการพัฒนามาจากตัววัดพื้นฐานจากสมการที่ 4.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ตามตารางที่ 4.14

จากตารางที่ 4.14 ตัววัด LMSESFM จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด เมื่อทำการพัฒนาตัววัดด้วยค่า SFM ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสร้างตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนตัวใหม่ ซึ่งจะมีการนำค่า SFM ของภาพต้นแบบมาทำการพิจารณา โดยมีรูปแบบตามสมการที่ 4.12

$$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right) \tag{4.12}$$

เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{LMSE}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{LMSE} ให้ปรับเปลี่ยนครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ -2 จนถึง 3 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง (VIF) กับตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ (LMSESFM) เพื่อให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{LMSE} ของตัววัด LMSESFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

จากรูปที่ 4.22 จะทำการกำหนดค่า k_{LMSE} มีค่า 0.1 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.9753 ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.13

$$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{0.1}\right) \tag{4.13}$$

ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.14

$$LMSESFM' = \frac{LMSESFM - LMSESFM_{Min}}{LMSESFM_{Max} - LMSESFM_{Min}} \tag{4.14}$$

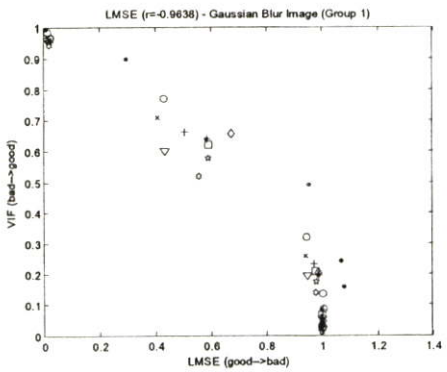
จากการทดลอง จะนำภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1 จำนวน 50 ภาพ มาทำวัดด้วย LMSESFM แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$LMSESFM_{MIN}$, $LMSESFM_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $LMSESFM \in [-1.5061, -0.0094]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพยอมรับไม่ได้ ถึง คุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.14 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน แบบใหม่ LMSESFM มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.23 โดยรูปที่ 4.23 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด LMSE ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ -0.963 แต่เมื่อทำการพัฒนาตัววัด LMSE ด้วยค่า SFM ซึ่งเป็นตัววัดตัวใหม่ LMSESFM ดังรูปที่ 4.23 (ข) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้นเป็น 0.9753

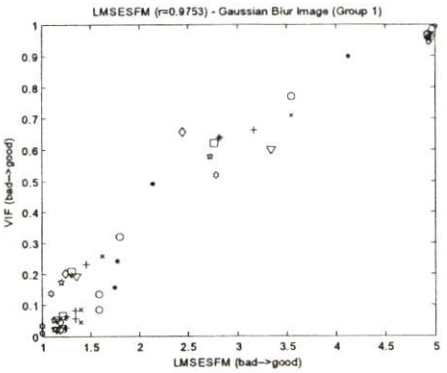
ตารางที่ 4.15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.626
MAE	-0.706
PNSR	0.856
SC	-0.593
MD	-0.932
LMSE	-0.963
NAE	-0.676
PQS	0.924
SSIM	0.809
LMSESFM	**0.975**

แล้วเมื่อทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตาราง 4.15 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนตัวใหม่ LMSESFM มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนชุดที่ 1



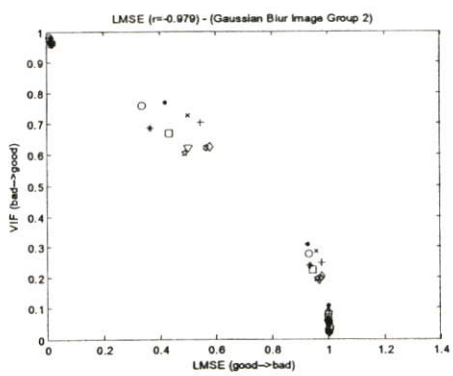
(ก) LMSE กับ VIF



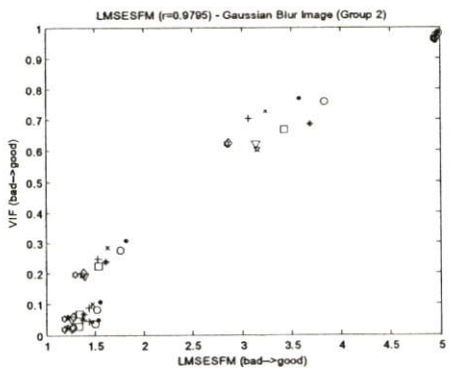
(ข) LMSESFM กับ VIF

รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 1

จากนั้นนำภาพต้นแบบชุดที่ 2 จำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 3, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 20, 23, และ 30 มาทำการภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2 ที่มีระดับคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.2, 0.5, 2, 4, และ 6 ทำให้ได้ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนจำนวน 50 ภาพ มาทำการทดสอบตัววัดชนิด LMSESFM และทำการหาความน่าเชื่อถือของตัววัดโดยเทียบกับตัววัดแบบ VIF ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลของตัววัด LMSESFM ดังรูปที่ 4.24 โดยรูปที่ 4.24 (ก) เป็นตัววัดพื้นฐานแบบ LMSE ส่วนรูปที่ 4.24 (ข) ซึ่งเป็นตัววัด LMSESFM ซึ่งทั้งสองตัววัดมีความน่าเชื่อถือเป็น 0.979



(ก) LMSE กับ VIF



(ข) LMSESFM กับ VIF

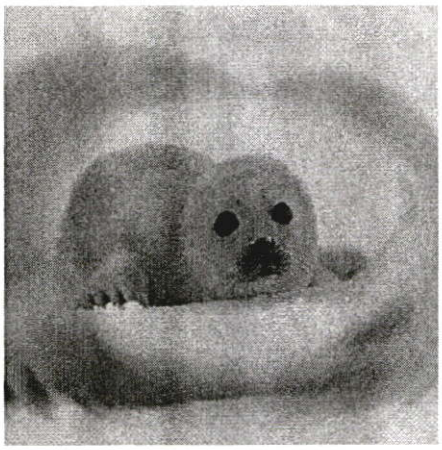
รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ชุดที่ 2

ตารางที่ 4.16 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน จากภาพชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของ ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.772
MAE	-0.879
PNSR	0.946
SC	-0.681
MD	-0.982
LMSE	-0.979
NAE	-0.782
PQS	0.954
SSIM	0.913
LMSESFM	**0.9795**

จากตารางที่ 4.16 เป็นค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพในการวัดภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนชุดที่ 2 จากตารางตัววัด LMSESFM เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุดคือ 0.9795 ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิงทั้ง PQS และ SSIM แล้วตัววัดที่ทำการออกแบบขึ้นมา LMSESFM ยังสามารถทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS, SSIM และ VIF แล้วยังสามารถแสดงค่าออกมาเป็นระดับคุณภาพแบบ 1 ถึง 5 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับการวัดแบบ MOS

จากรูปที่ 4.25 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัดคุณภาพของภาพชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.25 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดี จึงได้ค่า VIF ที่สูง และมีค่าจากตัววัด LMSESFM คือ 5 ซึ่งมีความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีเลิศเช่นเดียวกัน เป็นต้น แต่เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.25 (ฉ) ซึ่งเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ ค่า VIF และค่าจากตัววัดคุณภาพของภาพที่นำเสนอ LMSESFM มีค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ทั้งสองตัววัด แต่เมื่อพิจารณารูปทั้ง 6 รูป ตัววัด SSIM ยังให้ค่าที่ไม่สอดคล้องกับความรู้สึกของมนุษย์ เช่น รูปที่ 4.25 (ฉ) มีค่า SSIM เป็น 0.56 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ความหมายว่าภาพที่มีคุณภาพปานกลาง ซึ่งขัดแย้งกับความเป็นจริง เป็นต้น



(ก) VIF=0.99, PQS=5.63

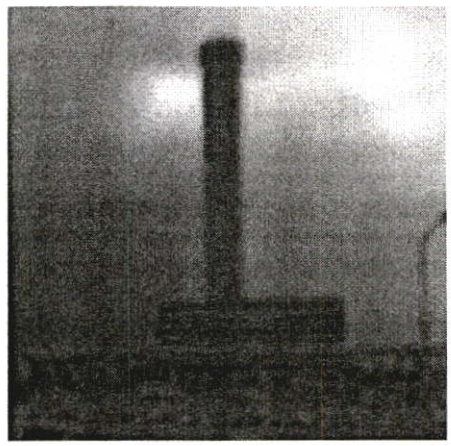
SSIM=1 และ LMSESFM=5

(ข) VIF=0.62, PQS=1.04

SSIM=0.9 และ LMSESFM=2.84

(ค) VIF=0.3, PQS=-2.18

SSIM=0.84 และ LMSESFM=1.81



(ง) VIF=0.23, PQS=-2.15

SSIM=0.77 และ LMSESFM=1.46

(จ) VIF=0.13, PQS=-4.15

SSIM=0.35 และ LMSESFM=1.09

(ฉ) VIF=0.04, PQS=-7.01

SSIM=0.56 และ LMSESFM=1.43

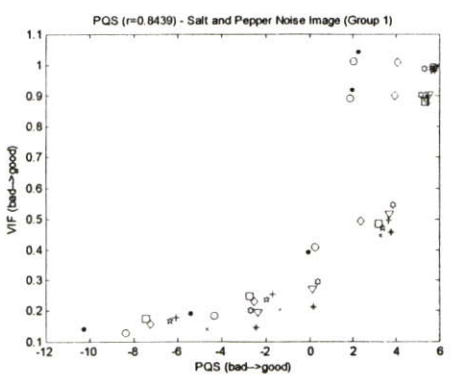
รูปที่ 4.25 ตัวอย่างรูปภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ

4.5 ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image Measurement)

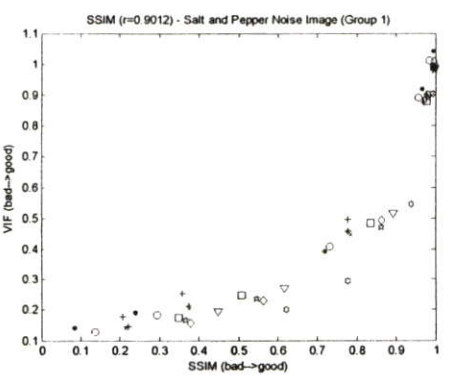
ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ จะถูกสร้างขึ้นโดยใช้การปรับเปลี่ยนค่าระดับคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ โดยมีระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0001, 0.001, 0.01, 0.05, และ 0.1 ในการทดลองจะนำภาพต้นจำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 1, 2, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, และ 27 มาทำภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำชุดที่ 1 ที่มีค่าระดับของคุณภาพแตกต่างกัน 5 ระดับ ทำให้ได้ภาพจำนวน 50 ภาพ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง เช่น PQS, SSIM และ VIF

จากการทดลองตัววัด VIF จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับการวัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟด้วย MOS ดังนั้นในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยความรู้สึกของมนุษย์ได้ยาก จึงได้ใช้ตัววัด VIF มาเป็นตัววัดที่ใช้อ้างอิงแทนตัววัดแบบ MOS

ในการทดลองจะนำภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำจำนวน 50 ภาพ มาทำการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดชนิด VIF มาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับตัววัดชนิด VIF มากที่สุด

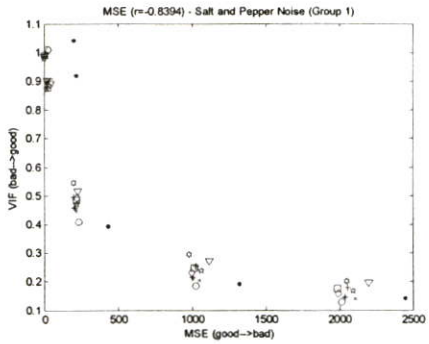


(ก) PQS กับ VIF

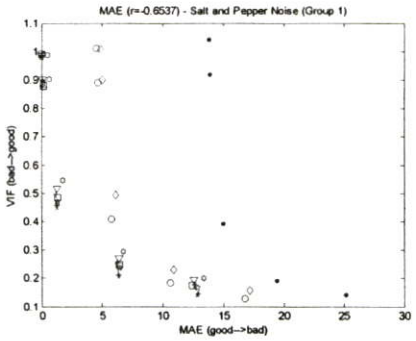


(ข) SSIM กับ VIF

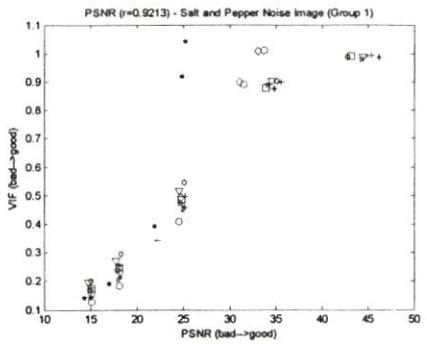
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ



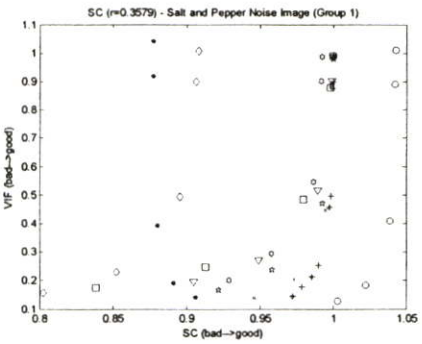
(ก) MSE กับ VIF



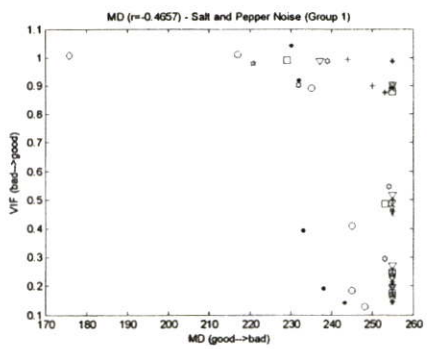
(ข) MAE กับ VIF



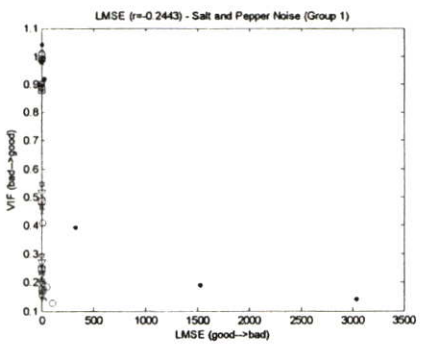
(ค) PSNR กับ VIF



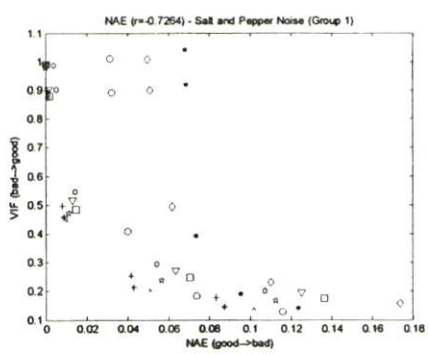
(ง) SC กับ VIF



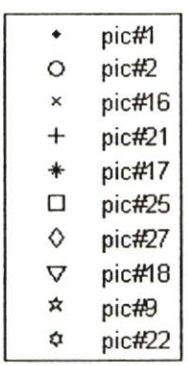
(จ) MD กับ VIF



(ฉ) LMSE กับ VIF



(ช) NAE กับ VIF



(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟ กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.27 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัดชนิด VIF จากภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลตัววัด PSNR มีการกระจายข้อมูลที่น้อย ส่วนตัววัดชนิด LMSE จะมีการกระจายตัวอยู่มาก จากรูปจะเห็นได้ว่าภาพที่ 1 จะหลุดออกจากกลุ่มของภาพ เมื่อพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าตัววัด PSNR เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด เมื่อนำมาเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตารางที่ 4.17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวน แบบจุดขาวดำ จากภาพชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน
MSE	-0.8394
MAE	-0.6537
PNSR	**0.9213**
SC	0.3579
MD	-0.4657
LMSE	-0.2443
NAE	-0.7264

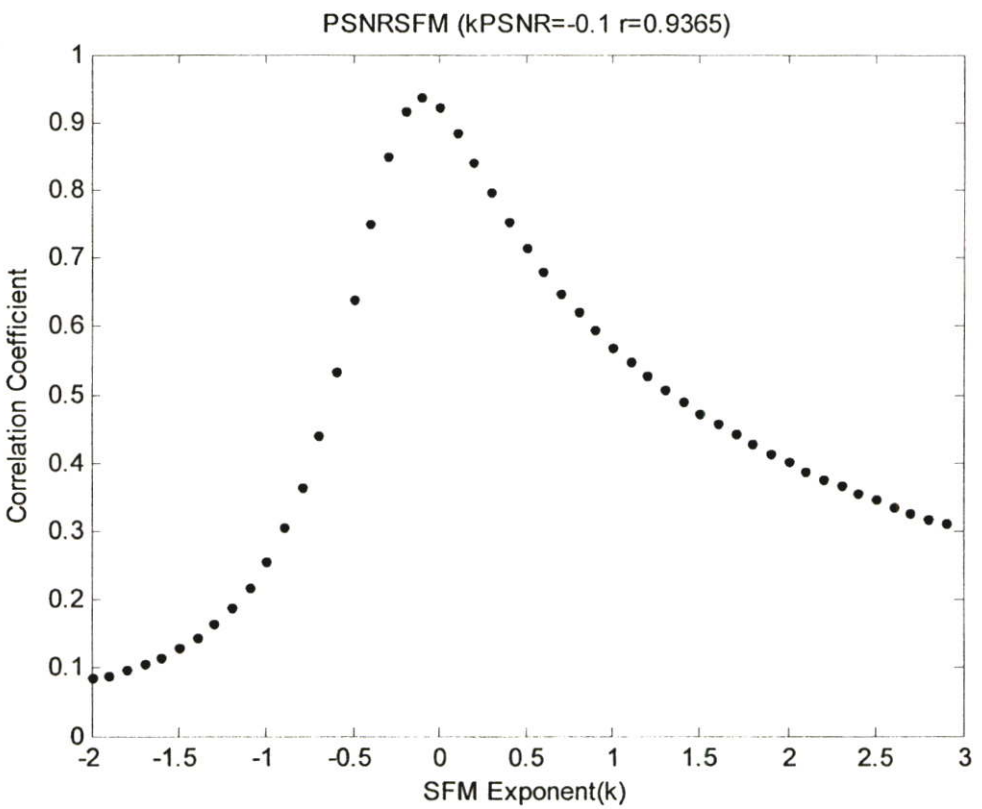
ตารางที่ 4.18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ เมื่อทำการพิจารณาด้วย SFM จากภาพชุดที่ 1

ตัววัด	สมการตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ เมื่อทำการพัฒนาด้วย SFM
MSE	$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right)$	0.8394
MAE	$MAESFM = -\left(MAE \times SFM^{k_{MAE}}\right)$	0.7573
PNSR	$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}}$	**0.9365**
SC	$SCSFM = (1-SC) \times SFM^{k_{SC}}$	0.4104
MD	$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right)$	0.4657
LMSE	$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right)$	0.7972
NAE	$NAESFM = -\left(NAE \times SFM^{k_{NAE}}\right)$	0.7332

ในการทดลองได้ทำการหาสมการตัววัดตัวใหม่ ที่มีการพัฒนามาจากตัววัดพื้นฐานจากสมการที่ 4.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ตามตารางที่ 4.18 ตัววัด PSNRSFM จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด เมื่อทำการพัฒนาตัววัดด้วยค่า SFM ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสร้างตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำตัวใหม่ ซึ่งจะมีการนำค่า SFM ของภาพต้นแบบมาทำการพิจารณาโดยมีรูปแบบตามสมการที่ 4.15

$$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}} \tag{4.15}$$

เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{PSNR}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ให้ปรับเปลี่ยนครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ -2 จนถึง 3 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง (VIF) กับตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ (PSNRSFM) เพื่อให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ของตัววัด PSNRSFM สำหรับวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

จากรูปที่ 4.28 จะทำการกำหนดค่า k_{PSNR} มีค่า -0.1 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.9365 ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.16

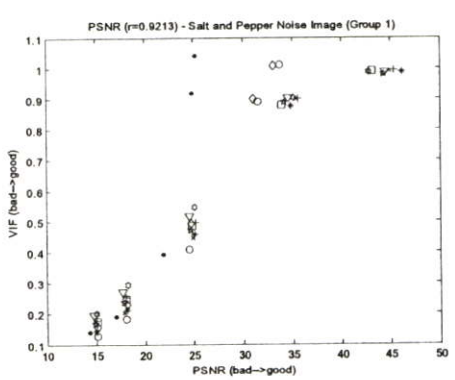
$$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{-0.1} \tag{4.16}$$

ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.17

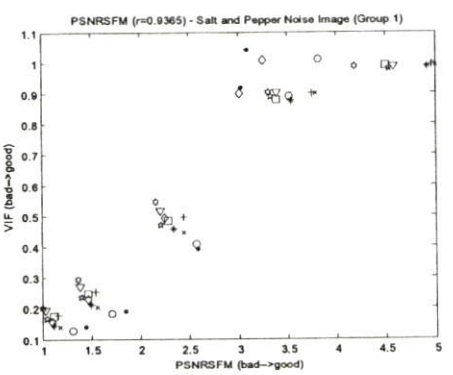
$$PSNRSFM' = \frac{PSNRSFM - PSNRSFM_{Min}}{PSNRSFM_{Max} - PSNRSFM_{Min}} \tag{4.17}$$

จากการทดลอง จะนำภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1 จำนวน 50 ภาพ มาทำวัดด้วย PSNRSFM แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$PSNRSFM_{MIN}$, $PSNRSFM_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $PSNRSFM \in [9.9705,\ 33.1181]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพยอมรับไม่ได้ ถึง คุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.17 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7



(ก) PSNR กับ VIF



(ข) PSNRSFM กับ VIF

รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1

ตารางที่ 4.19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำจากภาพชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ
MSE	-0.839
MAE	-0.653
PNSR	0.921
SC	0.357
MD	-0.465
LMSE	-0.244
NAE	-0.726
PQS	0.843
SSIM	0.901
PSNRSFM	**0.936**

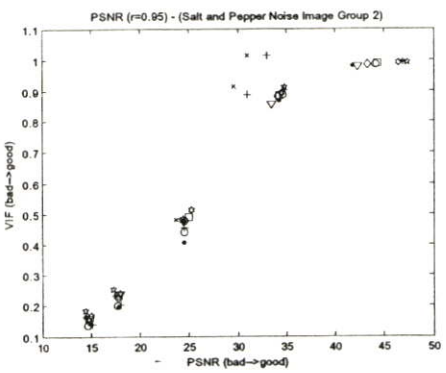
จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำแบบใหม่คือ PSNRSFM มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.29 โดยรูปที่ 4.29 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด PSNR ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ 0.921 แต่เมื่อทำการพัฒนาตัววัด PSNR ด้วยค่า SFM ซึ่งเป็นตัววัดตัวใหม่ PSNRSFM ดังรูปที่ 4.29 (ข) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้นเป็น 0.936

แล้วเมื่อทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตาราง 4.19 จะเห็นได้ว่าตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ตัวใหม่ PSNRSFM มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 1

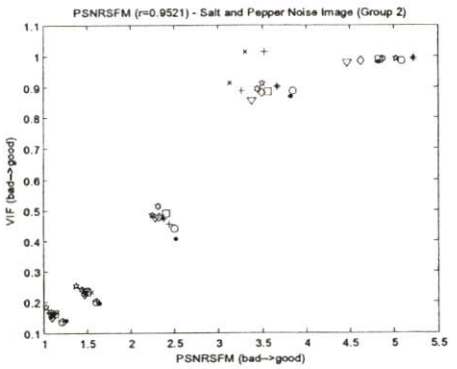
จากนั้นนำภาพต้นชุดที่ 2 จำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 3, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 20, 23, และ 30 มาทำเป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำชุดที่ 2 ที่มีระดับคุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0001, 0.001, 0.01, 0.05 และ 0.1 ทำให้ได้ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำจำนวน 50 ภาพ มาทำการทดสอบตัววัดชนิด PSNRSFM และทำการหาความน่าเชื่อถือของตัววัดโดยเทียบกับตัววัดแบบ VIF ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลของตัววัด PSNRSFM ดังรูปที่ 4.30โดยรูปที่ 4.30 (ก) เป็นตัววัดพื้นฐานแบบ PSNR ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือเป็น 0.95 ส่วนรูปที่ 4.30 (ข) ซึ่งเป็นตัววัดที่มีการพัฒนาด้วยค่า SFM ซึ่งเป็นตัววัด PSNRSFM ซึ่งมีความน่าเชื่อถือเป็น 0.952

จากตารางที่ 4.20 เป็นค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดคุณภาพของภาพในการวัดภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำชุดที่ 2 จากตารางตัววัด PSNRSFM เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือ

สูงที่สุดคือ 0.952 ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงกว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิงทั้ง PQS และ SSIM แล้วตัววัดที่ทำการออกแบบขึ้นมา PSNRSFM ยังสามารถทำการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS, SSIM และ VIF และตัววัด PSNRSFM ยังสามารถแสดงค่าออกมาเป็นระดับของคุณภาพแบบ 1 ถึง 5 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับตัววัดแบบ MOS



(ก) PSNR กับ VIF

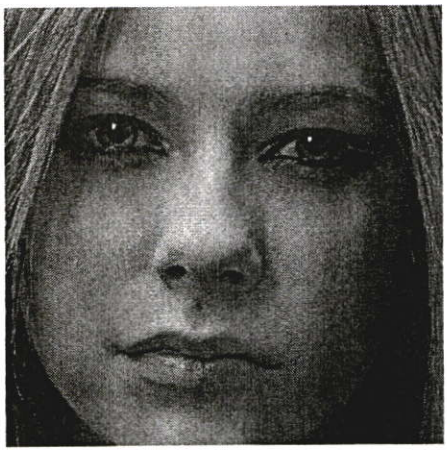


(ข) PSNRSFM กับ VIF

รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ชุดที่ 2

ตารางที่ 4.20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ จากภาพชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ
MSE	-0.845
MAE	-0.768
PNSR	0.950
SC	0.536
MD	-0.588
LMSE	-0.590
NAE	-0.756
PQS	0.847
SSIM	0.930
PSNRSFM	**0.952**



(ก) VIF=1.01, PQS=2.02

SSIM=0.98 และ PSNRSFM=3.81

(ข) VIF=0.51, PQS=3.70

SSIM=0.89และ PSNRSFM=2.20

(ค) VIF=0.48, PQS=3.39

SSIM=0.85 และ PSNRSFM=2.2

(ง) VIF=0.29, PQS=0.38

SSIM=0.77 และ PSNRSFM=1.36

(จ) VIF=0.16, PQS=-5.6

SSIM=0.36 และ PSNRSFM=1

(ฉ) VIF=0.13, PQS=-7.3

SSIM=0.22 และ PSNRSFM=1.3

รูปที่ 4.31 ตัวอย่างรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพ

จากรูปที่ 4.31 เป็นรูปที่แสดงตัวอย่างของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ที่ทำการวัดคุณภาพของภาพด้วยตัววัดคุณภาพของภาพชนิดต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.31 (ก) เป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดี จึงได้ค่า VIF ที่สูง และมีค่าจากตัววัด PSNRSFM คือ 3.81 ซึ่งมีความหมายว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่ดีเช่นเดียวกัน เป็นต้น แต่เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.31 (ฉ) ซึ่งเป็นภาพที่มีคุณภาพของภาพที่แย่ ค่า VIF และค่าจากตัววัดคุณภาพของภาพที่นำเสนอ PSNRSFM มีค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่แย่ทั้งสองตัววัด

4.6 ตัววัดคุณภาพของภาพแบบไอคิวเอส (IQS: Image Quality Score Measurement)

ตัววัดคุณภาพของภาพแบบ IQS เป็นตัววัดที่สามารถทำการวัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt & Pepper Noise Image) โดยภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพต้นแบบชุดที่ 1 จำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 1, 2, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, และ 27 โดยภาพต้นแบบทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้นโดยใช้การปรับเปลี่ยนระดับคุณภาพที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ตามตารางที่ 4.21 [19, 20]

ตารางที่ 4.21 ค่าในแต่ละระดับคุณภาพของภาพ และโปรแกรมที่ใช้สร้างภาพ

ประเภทของภาพ	สร้างจาก	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	ระดับที่ 5
JPEG2000	Matlab R2006a	30	20	15	10	5
Gaussian Noise	Adobe Photoshop	2	4	8	10	15
Gaussian Blur	Adobe Photoshop	0.2	0.5	2	4	6
Salt&Pepper Noise	Matlab R2006a	0.0001	0.001	0.01	0.05	0.1

จากตารางที่ 4.21 ที่สร้างภาพแต่ละชนิดให้มีความแตกต่างของระดับคุณภาพ 5 ระดับ ทำให้มีภาพต้นแบบแต่ละชนิดละ 50 ภาพ รวมทั้งหมด 200 ภาพ ในการพิจารณาสร้างตัววัด สำหรับการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ประเภท

ตารางที่ 4.22 ค่า SFM ของภาพแต่ละประเภท และแต่ละระดับคุณภาพ จากภาพต้นแบบที่ 8

ประเภทของภาพ	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	ระดับที่ 5
JPEG2000	36.3	35.2	34.2	32.3	28.1
Gaussian Noise	38.3	42.9	58.1	74.8	98.3
Gaussian Blur	33.5	20.4	8.3	3.8	2.4
Salt & Pepper Noise	37.1	38.1	46.2	73.1	95.2

จากการทดลองจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า SFM ของแต่ละรูปภาพในแต่ละระดับคุณภาพ โดยแสดงไว้ในตารางที่ 4.22 ซึ่งได้แสดงค่า SFM ของภาพแต่ละประเภท และแต่ละระดับคุณภาพ จากทำการพิจารณาจากภาพต้นแบบรูปที่ 8 (Tiger) ซึ่งมีค่า SFM ของภาพคือ 37.02

เมื่อทำการพิจารณาค่า SFM จากตารางที่ 4.22 โดยภาพในระดับที่ 1 จะเป็นภาพที่มีคุณภาพที่ดี ส่วนภาพที่อยู่ในระดับที่ 5 จะมีคุณภาพที่แย่ แล้วเมื่อพิจารณาค่า SFM จะสังเกตได้ว่า ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 และภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนจะมีค่า SFM ที่ลดลงเมื่อคุณภาพของภาพนั้นแย่ลง และมีค่า SFM ทุกระดับน้อยกว่า SFM ของภาพต้นแบบ ส่วนภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ จะมีค่า SFM ที่เพิ่มขึ้นเมื่อคุณภาพของภาพนั้นแย่ลง และมีค่า SFM ทุกระดับมากกว่า SFM ของภาพต้นแบบ

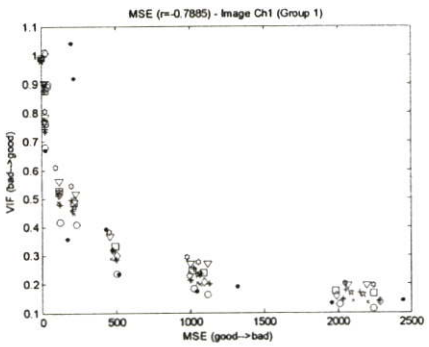
ดังนั้นตัววัด IQS จึงทำการแบ่งการพิจารณาตัววัดออกเป็น 2 แบบ

1. ตัววัดที่ทำการวัดคุณภาพของภาพที่มีค่า SFM มากกว่า SFM ของภาพต้นแบบ เช่น ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt and Pepper Noise Image)

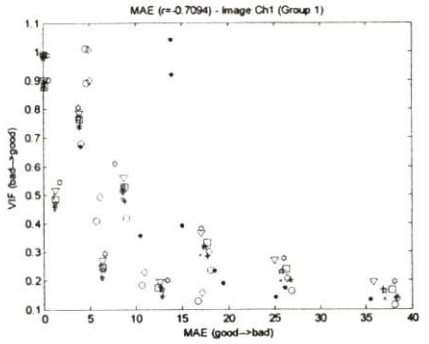
2. ตัววัดที่ทำการวัดคุณภาพของภาพที่มีค่า SFM น้อยกว่า SFM ของภาพต้นแบบ เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) และภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image)

โดยตัววัดทั้ง 2 แบบ แล้วนำภาพนั้นมาทำการหาค่าคุณภาพของภาพด้วย ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง เช่น PQS, SSIM และ VIF จากการทดลองตัววัด VIF จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับการวัดคุณภาพแบบซับเจคทีฟด้วย MOS ดังนั้นในการวัดคุณภาพของภาพด้วยความรู้สึกของมนุษย์จึงทำได้ยาก จึงได้ใช้ตัววัด VIF มาเป็นตัววัดที่ใช้อ้างอิงแทนตัววัดแบบ MOS

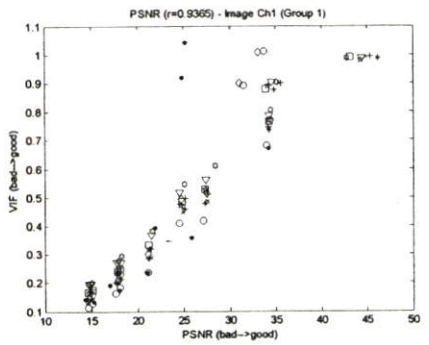
ในการทดลองจะนำภาพทั้งหมดแต่ละประเภทมาทำการวัดคุณภาพของภาพ ทั้งแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน และตัววัดชนิด VIF มาทำการหาค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแบบออบเจคทีฟ ว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ชนิดไหนมีค่าที่ใกล้เคียงกับตัววัดชนิด VIF มากที่สุด



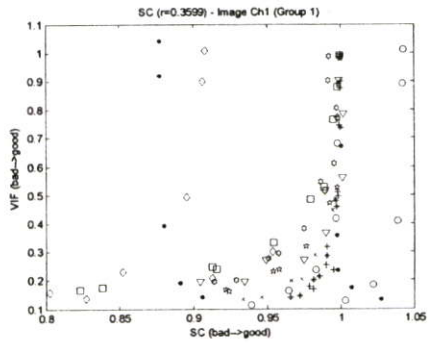
(ก) MSE กับ VIF



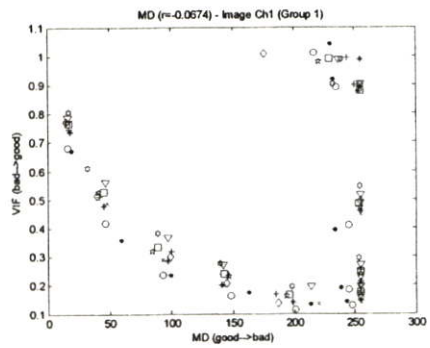
(ข) MAE กับ VIF



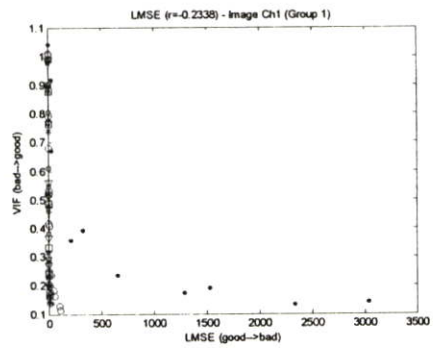
(ค) PSNR กับ VIF



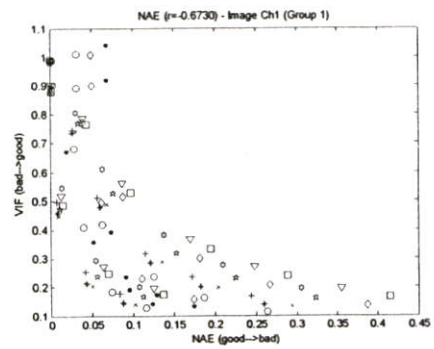
(ง) SC กับ VIF



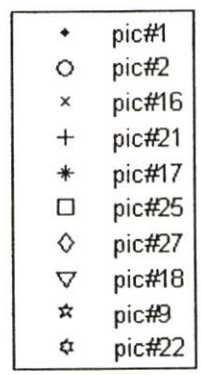
(จ) MD กับ VIF



(ฉ) LMSE กับ VIF

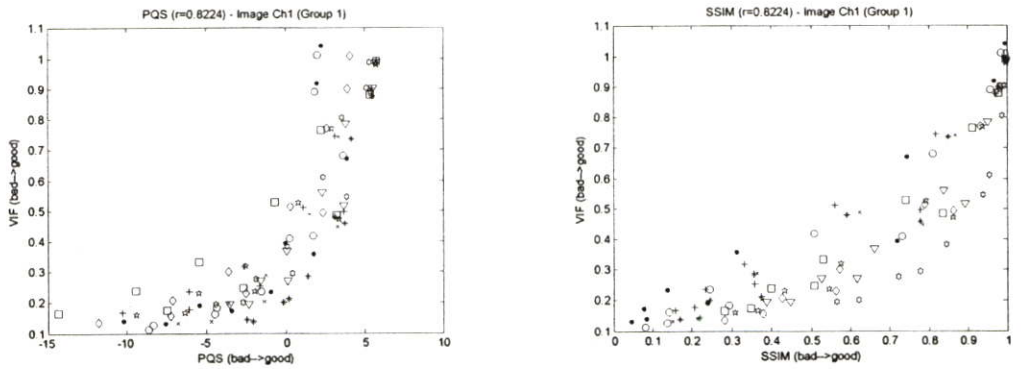


(ช) NAE กับ VIF



(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัด VIF ที่ได้จากภา ประเภทที่ 1 (มีค่า SFM มากกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)



(ก) PQS กับ VIF (ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพประเภทที่ 1 (มีค่า SFM มากกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.31 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัดชนิด VIF จากภาพประเภทที่ 1 ซึ่งได้แก่ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (มีค่า SFM เพิ่มขึ้น เมื่อคุณภาพของภาพแย่ลง และมีค่า SFM ที่มากกว่าภาพต้นแบบ) จากภาพต้นแบบชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลตัววัด PSNR มีการกระจายข้อมูลที่น้อยที่สุด ส่วนตัววัดชนิด LMSE และ MD จะมีการกระจายตัวอยู่มาก จากรูปของตัววัด LMSE จะเห็นได้ว่าภาพที่ 1 จะหลุดออกจากกลุ่มของภาพส่วนใหญ่ เมื่อพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตารางที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าตัววัด PSNR เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด เมื่อนำมาเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตารางที่ 4.23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน ของภาพประเภทที่ 1 ชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1
MSE	-0.788
MAE	-0.709
PNSR	**0.936**
SC	0.359
MD	-0.067
LMSE	-0.233
NAE	-0.673

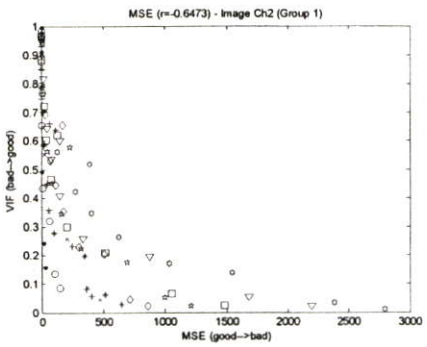
ในการทดลองได้ทำการหาสมการตัววัดตัวใหม่ ที่มีการพัฒนามาจากตัววัดพื้นฐานจากสมการที่ 4.1 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ตามตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพประเภทที่ 1 เมื่อทำการพิจารณาด้วยค่า SFM จากภาพชุดที่ 1

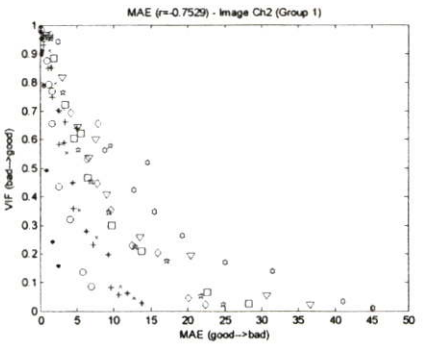
ตัววัด	สมการตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 เมื่อทำการพัฒนาด้วย SFM
MSE	$MSESFM = -\left(MSE \times SFM^{k_{MSE}}\right)$	0.7886
MAE	$MAESFM = -\left(MAE \times SFM^{k_{MAE}}\right)$	0.7095
PNSR	$PSNRSFM = PSNR \times SFM^{k_{PSNR}}$	**0.9366**
SC	$SCSFM = \left(1 - SC\right) \times SFM^{k_{SC}}$	0.4063
MD	$MDSFM = -\left(MD \times SFM^{k_{MD}}\right)$	0.0854
LMSE	$LMSESFM = -\left(LMSE \times SFM^{k_{LMSE}}\right)$	0.7591
NAE	$NAESFM = -\left(NAE \times SFM^{k_{NAE}}\right)$	0.6944

จากตารางที่ 4.24 ตัววัด PSNRSFM จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด เมื่อทำการพัฒนาตัววัดด้วยค่า SFM แต่ก็ยังคงมีค่าความน่าเชื่อถือเท่ากับการวัดคุณภาพด้วยตัววัด PSNR ดังนั้นจึงทดลองทำการพัฒนาตัววัด PSNR ตามสมการที่ 4.18 เพื่อนำมาวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นภาพที่มีค่า SFM มากกว่าภาพต้นแบบได้แก่ภาพประเภทภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

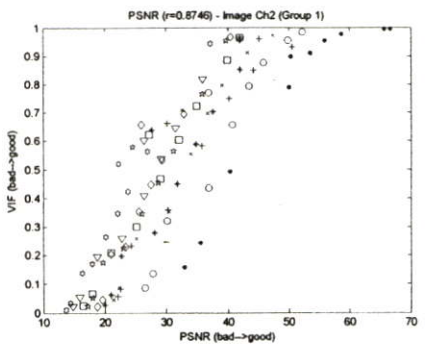
$$PSNRs = PSNR^{k_{PSNR}} \tag{4.18}$$



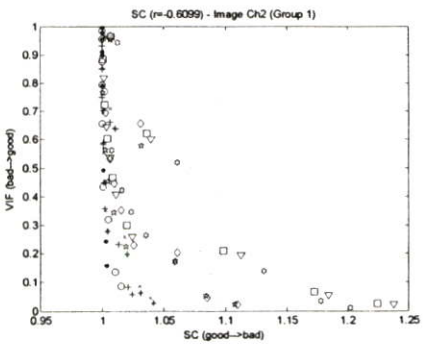
(ก) MSE กับ VIF



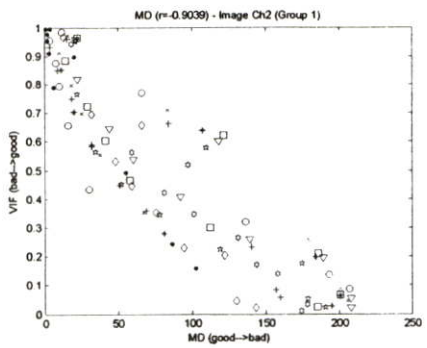
(ข) MAE กับ VIF



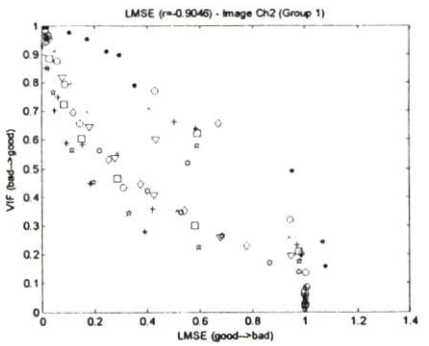
(ค) PSNR กับ VIF



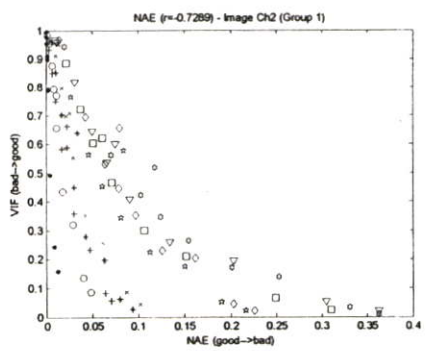
(ง) SC กับ VIF



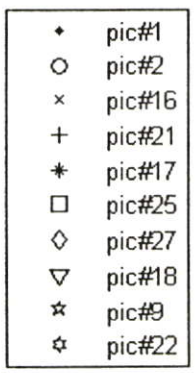
(จ) MD กับ VIF



(ฉ) LMSE กับ VIF

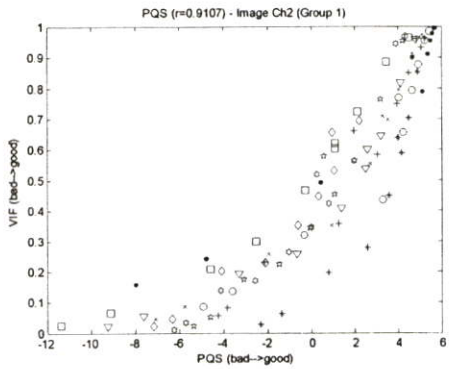


(ช) NAE กับ VIF

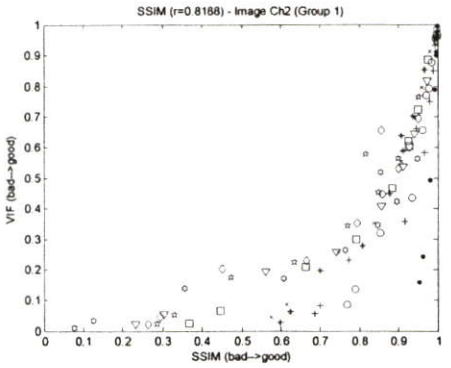


(ญ) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัด VIF ที่ได้จากภาพประเภทที่ 2 (มีค่า SFM น้อยกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)



(ก) PQS กับ VIF



(ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบออบเจคทีฟอ้างอิง กับการวัดแบบซัพเจคทีฟ ที่ได้จากภาพประเภทที่ 2 (มีค่า SFM น้อยกว่า ค่า SFM ของภาพต้นแบบ)

เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 4.34 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแบบคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน กับตัววัดชนิด VIF จากภาพประเภทที่ 2 ซึ่งได้แก่ ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (มีค่า SFM ลดลง เมื่อคุณภาพของภาพแย่ลง และมีค่า SFM น้อยกว่าภาพต้นแบบ) จากภาพต้นแบบชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของข้อมูลตัววัด MD และ LMSE มีการกระจายข้อมูลที่น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือจากตารางที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าตัววัด MD และ LMSE เป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือสูง โดยมีค่าความน่าเชื่อถือคือ -0.904

ตารางที่ 4.25 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐาน จากภาพประเภทที่ 2 ชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1
MSE	-0.6473
MAE	-0.7529
PNSR	0.8746
SC	-0.6099
MD	**-0.9039**
LMSE	**-0.9046**
NAE	-0.7289

จากตารางที่ 4.25 ตัววัด SC และ LMSE มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูง ดังนั้นตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2 จะนำเอาตัววัดคุณภาพ SC และ LMSE มารวมกัน ตามสมการที่ 4.19 เพื่อนำมาวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นภาพที่มีค่า SFM น้อยกว่าภาพต้นแบบได้แก่ภาพประเภทภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

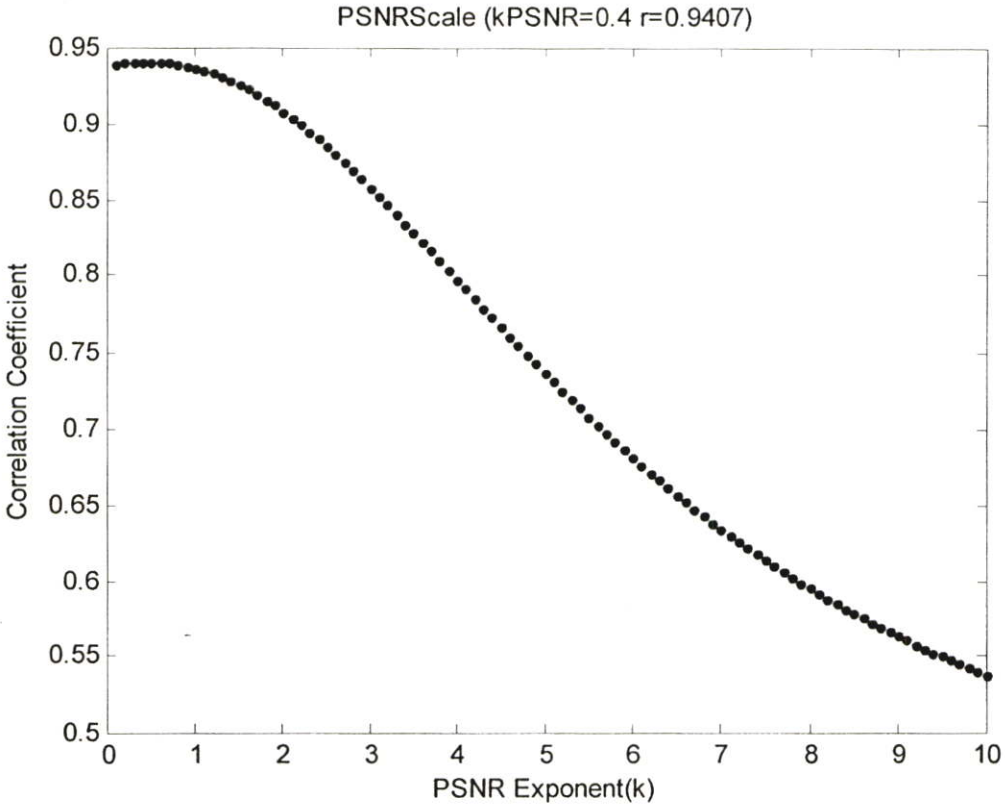
$$MDLMSE = -\left(MD^{k_{MD}} \times LMSE^{k_{LMSE}}\right) \tag{4.19}$$

จากค่าความน่าเชื่อถือที่ได้จากการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 ตัววัดแบบ PSNR ให้ค่าความน่าเชื่อถือสูงที่สุด จึงนำมาสร้างเป็นตัววัดแบบ PSNRs ส่วนในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2 ตัววัดแบบ MD และ LMSE ให้ความน่าเชื่อถือสูงที่สุด จึงนำมาสร้างเป็นตัววัดแบบ MDLMSE ดังนั้นตัววัดคุณภาพแบบ IQS ก็คือ การรวมกันของตัววัด 2 ตัววัดทั้ง PSNRs และ MDLMSE สำหรับทำการวัดภาพแบบประเภทที่ 1 และ 2 ดังนี้

1. ตัววัด PSNRs

เป็นตัววัดสำหรับการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นตัววัดที่วัดคุณภาพของภาพที่ทำการตรวจวัดมีค่า SFM มากกว่าค่า SFM ของภาพต้นแบบ ได้แก่ภาพประเภท ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ

จากสมการที่ 4.18 เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{PSNR}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ให้ปรับเปลี่ยนครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ 0 จนถึง 10 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟอ้างอิง (VIF) กับตัววัดคุณภาพแบบออบเจคทีฟแบบใหม่ (PSNRs) เพื่อให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{PSNR} ของตัววัด PSNRs สำหรับวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1

จากรูปที่ 4.36 จะทำการกำหนดค่า k_{PSNR} มีค่า 0.4 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.9407 ในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 ชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.20

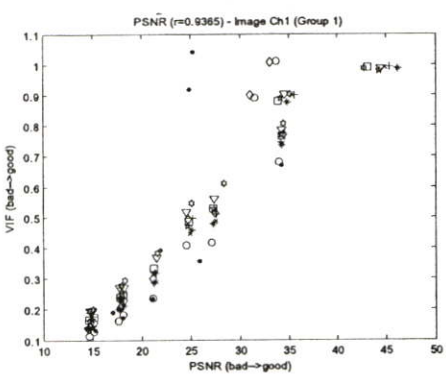
$$PSNRs = PSNR^{0.4} \tag{4.20}$$

ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.21

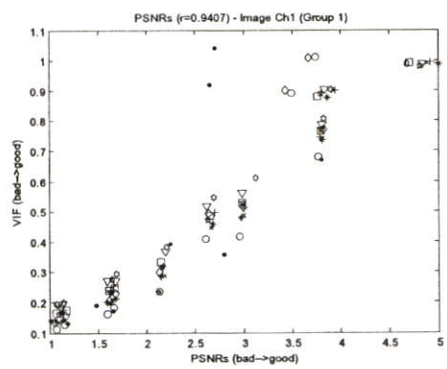
$$PSNRs' = \frac{PSNRs - PSNRs_{Min}}{PSNRs_{Max} - PSNRs_{Min}} \tag{4.21}$$

จากการทดลอง จะนำภาพประเภทที่ 1 ชุดที่ 1 จำนวน 100 ภาพ มาทำวัดด้วย PSNRs แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$PSNRs_{MIN}$, $PSNRs_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $PSNRs \in [2.894,\ 4.632]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพยอมรับไม่ได้ ถึง คุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.21 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 แบบใหม่ PSNRs มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.37 โดยรูปที่ 4.37 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด PSNR ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ 0.936 แต่เมื่อทำการพัฒนาตัววัด PSNR ซึ่งเป็นตัววัดตัวใหม่ PSNRs ดังรูปที่ 4.37 (ข) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้นเป็น 0.9407



(ก) PSNR กับ VIF



(ข) PSNRs กับ VIF

รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1

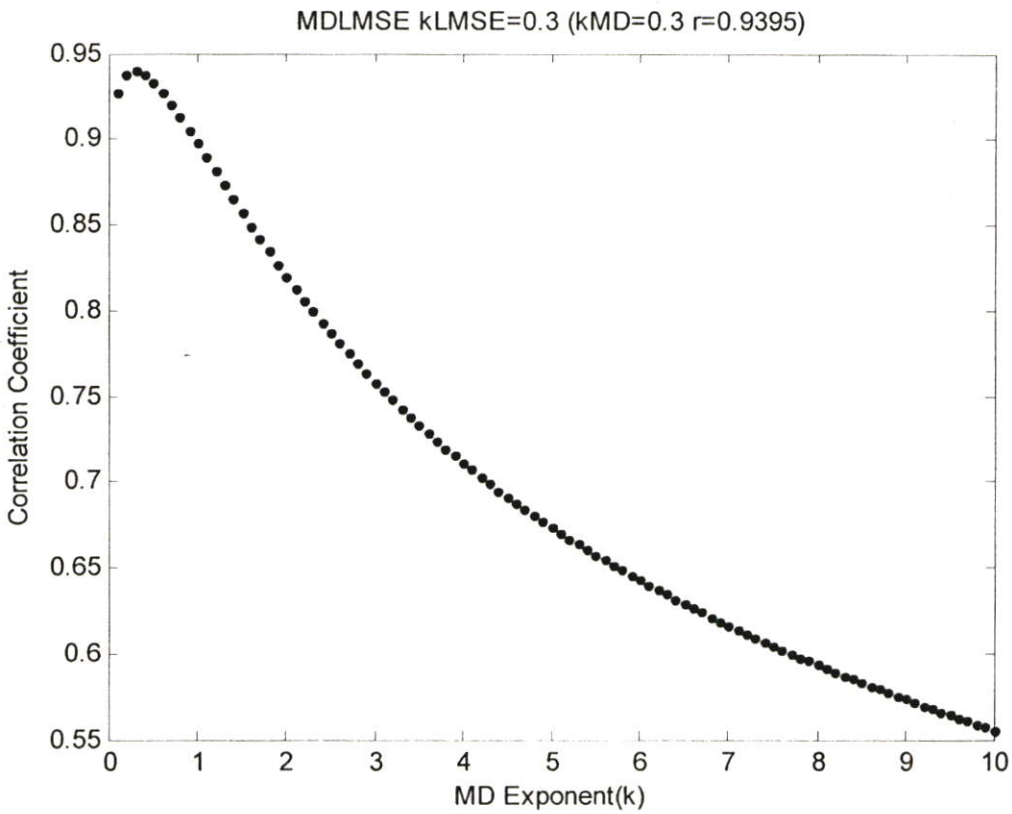
2. ตัววัด MDLMSE

จากตารางที่ 4.25 ตัววัด MD และ LMSE จะมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุด ดังนั้นจึงนำตัววัดทั้ง 2 ชนิดมารวมกันเป็นตัววัด MDLMSE ดังสมการที่ 4.19 ในการรวมกันของตัววัดทั้ง 2 ชนิดที่มีค่าที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องมีการนอร์มอลไลท์ค่าจาก ตัววัด MD และ LMSE เพื่อที่จะให้ตัววัดทั้ง 2 ตัวมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.22 และ 4.23

$$MD' = \frac{MD - MD_{Min}}{MD_{Max} - MD_{Min}} \tag{4.22}$$

$$LMSE' = \frac{LMSE - LMSE_{Min}}{LMSE_{Max} - LMSE_{Min}} \tag{4.23}$$

จากการทดลอง จะนำภาพประเภทที่ 2 ชุดที่ 1 จำนวน 100 ภาพ มาทำวัดด้วย MD และ LMSE แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [MD_{MIN}, MD_{MAX}] และ [$LMSE_{MIN}$, $LMSE_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $MD \in$[1, 208] และ $LMSE \in$[0.0063, 1.0762]



รูปที่ 4.38 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เนื่องจากเลขชี้กำลัง k_{LMSE} และ k_{MD} ของตัววัด MDLMSE สำหรับวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2

เมื่อนำค่าที่ได้จากการนอร์มอลไลท์มาแทนค่าในสมการที่ 4.19 เพื่อให้ได้ค่า เลขชี้กำลัง (k_{MD}) และ (k_{LMSE}) ที่เหมาะสมสำหรับตัววัดคุณภาพของภาพตัวใหม่ จึงได้ทำการปรับค่าเลขชี้กำลัง k_{MD} และ k_{LMSE} ในการทดลองจะกำหนดการเปลี่ยนแปลงของ k_{MD} ครั้งละ 0.1 ตั้งแต่ 0 จนถึง 1 แล้ว k_{LMSE} ก็จะทำการปรับเปลี่ยนเพื่อหาค่าที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ แล้วเมื่อทำการกำหนดค่า k_{MD} มีค่า 0.3 จะทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดที่สูงที่สุดคือ 0.9395 เมื่อ k_{LMSE} มีค่าเป็น 0.3 ซึ่งแสดงผลดังรูปที่ 4.38

จากรูปที่ 4.38 จะทำการกำหนดค่า k_{MD} มีค่า 0.3 และ k_{LMSE} มีค่า 0.3 ทำให้ได้ค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ เป็น 0.9395 ในการวัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 1 ชุดที่ 1 แสดงได้ตามสมการที่ 4.24

$$MDLMSE = -\left(MD^{0.3} \times LMSE^{0.3}\right) \tag{4.24}$$

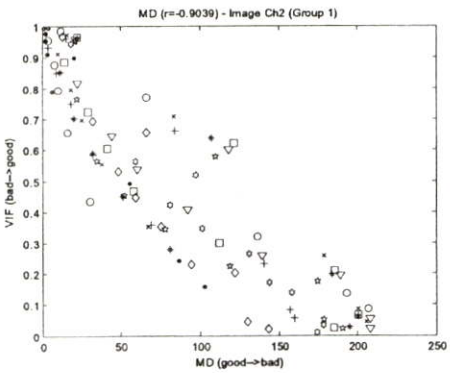
ในการพิจารณาสร้างตัววัดที่สามารถบ่งบอกค่าได้ 1 ถึง 5 ซึ่งสามารถอ้างอิงได้จากตัววัดแบบ MOS นั้น ในการทดลองนี้ จะทำการนอร์มอลไลท์ค่าที่ได้จากตัววัดเพื่อให้มีค่าที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 4.25

$$MDLMSE' = \frac{MDLMSE - MDLMSE_{Min}}{MDLMSE_{Max} - MDLMSE_{Min}} \tag{4.25}$$

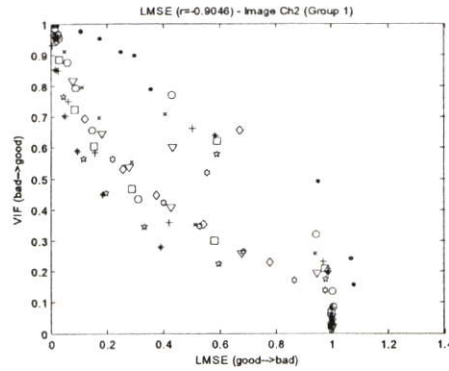
จากการทดลอง จะนำภาพประเภทที่ 1 ชุดที่ 2 จำนวน 100 ภาพ มาทำวัดด้วย MDLMSE แล้วจะหาค่าสูงสุด และต่ำสุดของตัววัดแต่ละตัว [$MDLMSE_{MIN}$, $MDLMSE_{MAX}$] เพื่อจะนำค่านี้ไปเป็นค่าอ้างอิงของตัววัดตัวใหม่ จากการทดลองจะได้ $MDLMSE \in [-0.98,\ 0]$

ในการที่จะทำให้ตัววัดสามารถแสดงค่าได้จาก 1 ถึง 5 (คุณภาพของภาพยอมรับไม่ได้ ถึง คุณภาพของภาพดีเลิศ) ในการทดลองจะใช้วิธีการเปรียบเทียบสเกล ตามสมการที่ 4.7 โดยการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 4.25 มาทำการแทนค่า ในตัวแปร i ในสมการที่ 4.7 จึงทำให้ตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2 แบบใหม่ MDLMSE มีค่าระดับคุณภาพของภาพอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ดังรูปที่ 4.39 โดยรูปที่ 4.39 (ก) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด MD ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ -0.903 และรูปที่ 4.39 (ข) เป็นการกระจายตัวของข้อมูลจากตัววัด LMSE ที่มีค่าความน่าเชื่อถือคือ -0.904 แต่เมื่อนำตัววัดทั้ง 2 ตัวมารวมกันเป็นตัววัด MDLMSE ทำให้มีค่าความน่าเชื่อถือสูงขึ้นเป็น 0.9395 ดังแสดงดังรูปที่ 4.39 (ค)

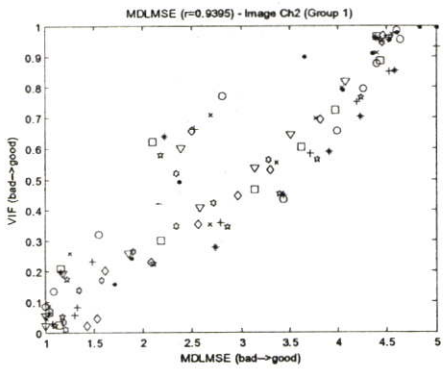
จากนั้นจะนำตัววัด PSNRs และ MDLMSE มาใช้งานสร้างเป็นตัววัดแบบ IQS ที่สามารถวัดคุณภาพของภาพผิดเพี้ยนได้หลายชนิด โดยแสดงข้อมูลการกระจายตัวของตัววัด IQS ในรูปที่ 4.41 โดยมีค่าความน่าเชื่อถือคือ 0.9366 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถือที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัววัดชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.26



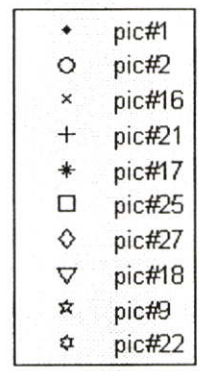
(ก) MD กับ VIF



(ข) LMSE กับ VIF

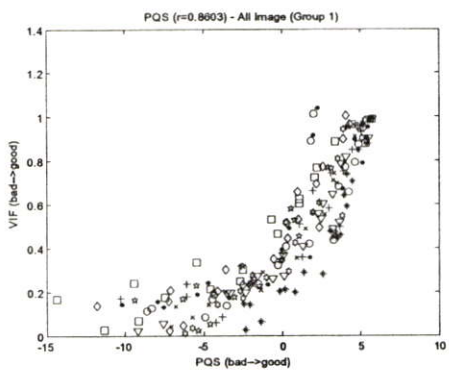


(ค) MDLMSE กับ VIF

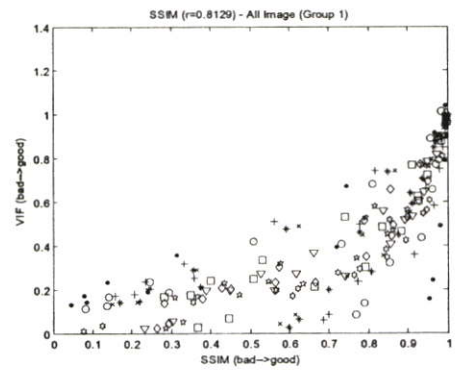


(ง) สัญลักษณ์ของรูป

รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบตัววัดคุณภาพของภาพประเภทที่ 2

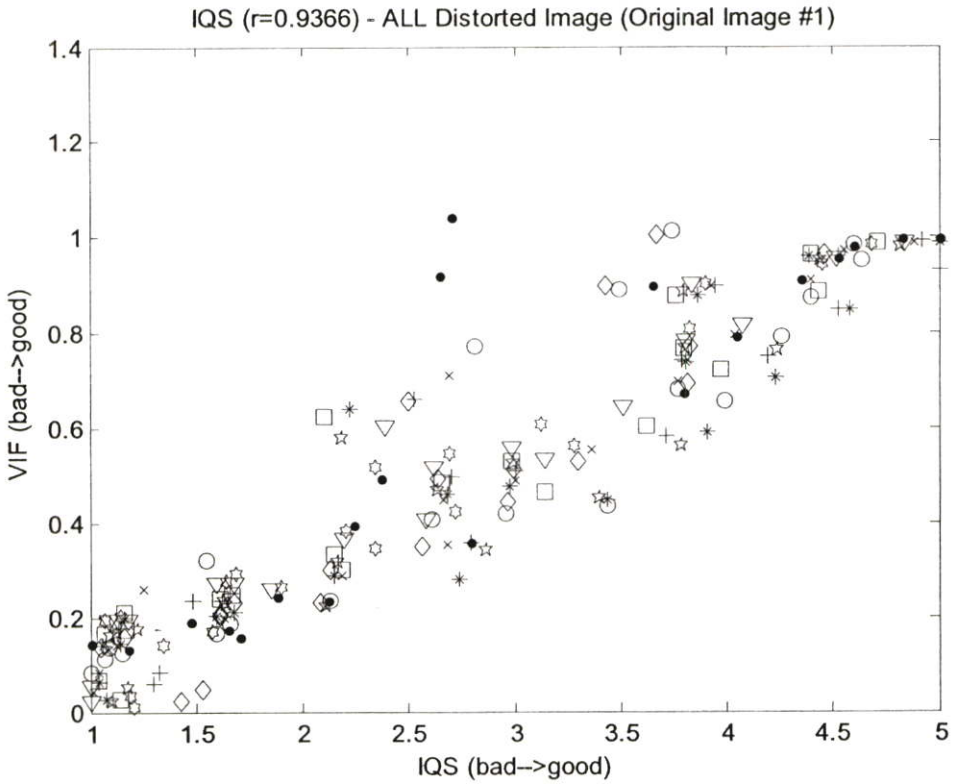


(ก) PQS กับ VIF



(ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.40 ตัววัดคุณภาพ PQS และ SSIM ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 1



รูปที่ 4.41 ตัววัดคุณภาพ IQS ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 1

ตารางที่ 4.26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพทั้ง 4 ประเภท จากภาพชุดที่ 1

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด
MSE	-0.6893
MAE	-0.7187
PNSR	0.8619
SC	-0.1066
MD	-0.4069
LMSE	-0.1656
NAE	-0.6969
PQS	0.8603
SSIM	0.8129
IQS	**0.9366**

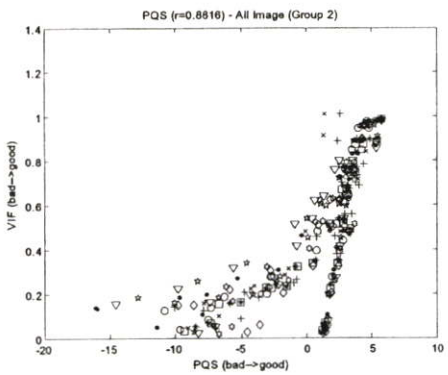
พิจารณาค่าจากตารางที่ 4.27 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถือของแต่ละประเภทของรูปแต่ละชนิด ซึ่งตัววัดที่สร้างขึ้นใหม่ IQS ก็ให้ความน่าเชื่อถือสูงที่สุดในการวัดรูปภาพแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับตัววัดอ้างอิงแบบ PQS และ SSIM

ตารางที่ 4.27 ค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแต่ละตัว ในการวัดภาพในแต่ละชนิด จากภาพชุดที่ 1

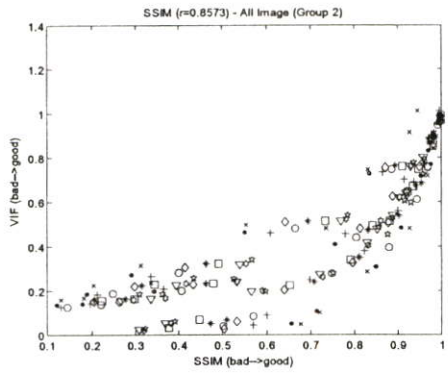
ชนิดของภาพ	PQS	SSIM	IQS
JPEG2000 Compressed	0.8932	0.8809	**0.9607**
Gaussian Noise	0.8035	0.8941	**0.9715**
Gaussian Blur	0.9246	0.8089	**0.9569**
Salt & Pepper Noise	0.8439	0.9012	**0.9376**

จากนั้นนำภาพต้นแบบชุดที่ 2 จำนวน 10 ภาพ โดยใช้ภาพต้นแบบที่ 3, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 20, 23, และ 30 มาทำเป็นภาพทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ โดยแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างของคุณภาพ 5 ระดับ ทำให้ได้ภาพที่ทำการทดสอบตัววัด IQS ชนิดละ 50 ภาพ รวมทั้งหมด 200 ภาพ

โดยรูปที่ 4.43 เป็นการกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากตัววัดคุณภาพของภาพแบบ IQS ที่ทำการวัดภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพต้นแบบชุดที่ 2 ซึ่งมีการกระจายตัวของข้อมูลที่แคบกว่าตัววัดแบบอ้างอิง PQS และ SSIM แล้วเมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากตารางที่ 4.28 จะเห็นได้ว่า ตัววัด IQS มีค่าความน่าเชื่อถือที่ใกล้เคียงกับตัววัดแบบ VIF มากที่สุด แล้วตัววัด IQS ก็ยังคงสามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่าตัววัดแบบ PQS, SSIM และ VIF พร้อมทั้งค่าที่ได้จากตัววัด IQS ก็ยังแสดงออกมาในรูปของระดับของคุณภาพของภาพแบบ 1 ถึง 5 ซึ่งเป็นระดับของคุณภาพที่สอดคล้องกับตัววัดแบบ MOS

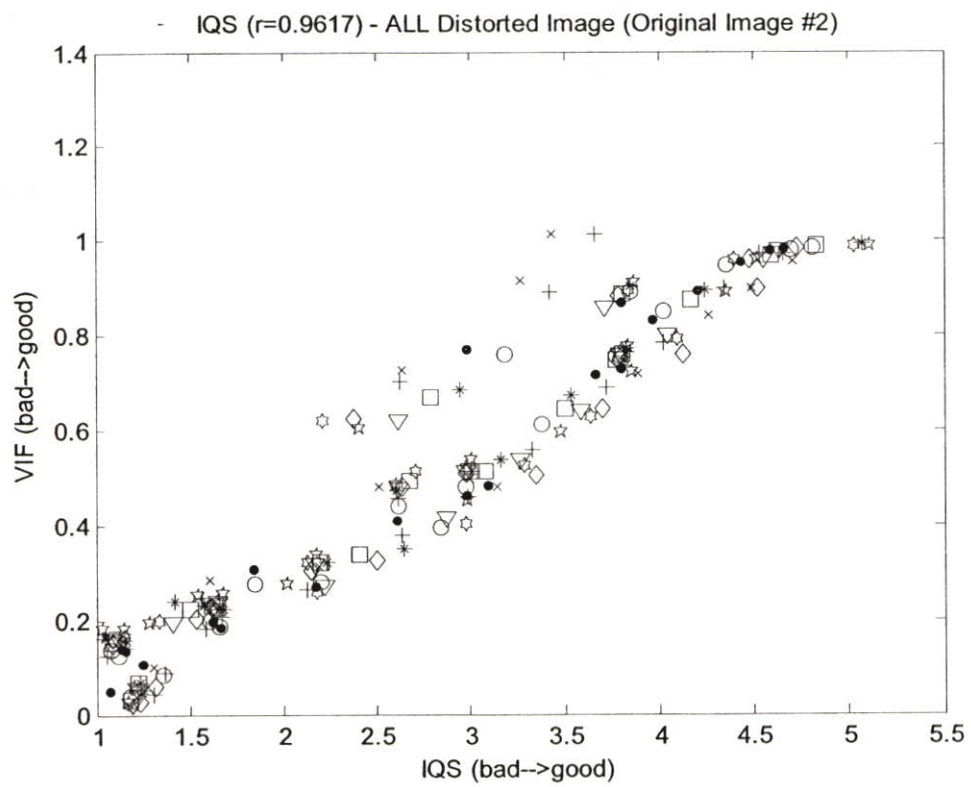


(ก) PQS กับ VIF



(ข) SSIM กับ VIF

รูปที่ 4.42 ตัววัดคุณภาพ PQS และ SSIM ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 2



รูปที่ 4.43 ตัววัดคุณภาพ IQS ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด จากภาพชุดที่ 2

ตารางที่ 4.28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของภาพทั้ง 4 ประเภท จากภาพชุดที่ 2

ตัววัด	ความน่าเชื่อถือของตัววัด ในการวัดคุณภาพของภาพทั้ง 4 ชนิด
MSE	-0.6877
MAE	-0.7479
PNSR	0.9199
SC	0.0062
MD	-0.4095
LMSE	-0.3901
NAE	-0.7015
PQS	0.8816
SSIM	0.8573
IQS	**0.9617**

ตารางที่ 4.29 ค่าความน่าเชื่อถือของตัววัดแต่ละตัว ในการวัดภาพในแต่ละชนิด จากภาพชุดที่ 2

ชนิดของภาพ	PQS	SSIM	IQS
JPEG2000 Compressed	0.9029	0.9386	**0.9825**
Gaussian Noise	0.8570	0.9659	**0.9842**
Gaussian Blur	0.9545	0.9137	**0.9663**
Salt & Pepper Noise	0.8479	0.9307	**0.9645**

(ก) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบ Salt&Pepper

PQS=-1.57, SSIM=0.53

VIF=0.24 และ IQS=1.64

(ข) ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000

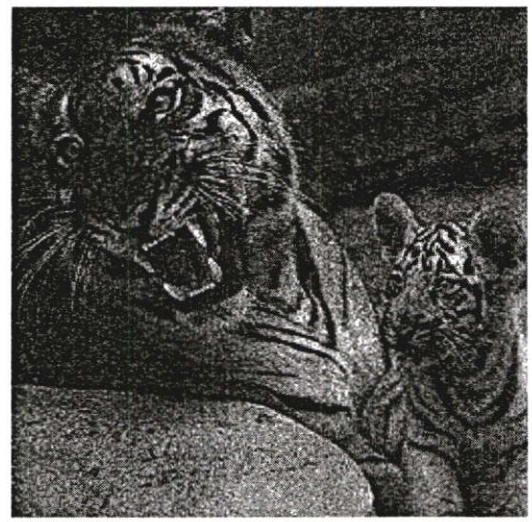
PQS=-3.217, SSIM=0.58

VIF=0.14 และ IQS=1.59

(ค) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน

PQS=-3.48, SSIM=0.59

VIF=0.19 และ IQS=1.34



(ง) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

PQS=-3, SSIM=0.55

VIF=0.32 และ IQS=2.12

รูปที่ 4.44 เปรียบเทียบรูปภาพที่มีค่า SSIM ประมาณ 0.5

เมื่อพิจารณาค่าจากตารางที่ 4.29 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถือของแต่ละประเภทของรูปแต่ละชนิด จากภาพต้นแบบชุดที่ 2 ซึ่งตัววัดที่สร้างขึ้นใหม่ IQS ก็ให้ความน่าเชื่อถือสูงที่สุดในการวัดรูปภาพแต่ละชนิด เมื่อเทียบกับตัววัดอ้างอิงแบบ PQS และ SSIM

รูปที่ 4.44 เป็นภาพที่มีคุณภาพที่ผิดเพี้ยนทั้ง 4 ชนิด โดยมีค่าของ SSIM ใกล้เคียงกันที่ประมาณ 0.5 ซึ่งเป็นค่าที่หมายความว่าภาพนั้นมีคุณภาพปานกลาง แต่จากการสังเกตสามารถ

ยอมรับได้ว่าเฉพาะภาพ 4.44 (ง) เท่านั้นที่มีคุณภาพปานกลาง และภาพที่เหลือจะมีคุณภาพค่อนข้างแย่ ส่วนตารางที่ 4.30 แสดงลำดับของคุณภาพของภาพจากรูปที่ 4.44 โดยจากการประเมินด้วยความรู้สึกของมนุษย์ ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน รูปที่ 4.44 (ง) เป็นภาพที่มีคุณภาพมากที่สุด ถัดมาจะเป็นภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 และภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียนตามลำดับ แล้วเมื่อทำการจัดลำดับคุณภาพของภาพจากตัววัดแบบ IQS ก็สามารถเรียงลำดับของคุณภาพของภาพได้สอดคล้องกับการประเมินจากความรู้สึกของมนุษย์

ตารางที่ 4.30 ลำดับของคุณภาพของภาพ จากรูปที่ 4.43

	Gaussian Noise	**Salt&Pepper Noise**	**JPEG2000 Compressed**	**Gaussian Blur**
ลำดับคุณภาพ	1	2	3	4
VIF	0.32	0.24	0.14	0.19
IQS	2.12	1.65	1.59	1.34

4.7 ทดสอบเวลาในการประมวลผลของตัววัด

ในการทดลองจะทำการตรวจวัดเวลาในการประมวลผลของตัววัดโดยใช้โปรแกรม Matlab R2006a โดยทำการตรวจวัดเวลาในการใช้งานต่อหนึ่งรูป ดังแสดงที่ตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที)

	512x512	**256x256**
PQS	9.89	1.99
SSIM	1.95	0.47
VIF	21.62	6.15
IQS	**1.3**	**0.31**

ในการทดลองได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มี AMD Athlon XP 1.8 GHz และ 256 MB RAM เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 4.31 จะเห็นได้ว่า แม้ว่าตัววัด VIF จะมีความน่าเชื่อถือที่สูง แต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็สูงตามไปด้วย เพราะตัววัด VIF เป็นตัววัดที่มีความซับซ้อนมาก ส่วนตัววัดที่ทำการสร้างขึ้นใหม่ IQS ซึ่งเป็นตัววัดที่มีค่าความน่าเชื่อถือใกล้เคียงกับตัววัด VIF มากกว่าตัววัดแบบ PQS และ SSIM แล้วตัววัด IQS ก็ยังใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่าตัววัดแบบ PQS, SSIM และ VIF เพราะว่าตัววัด IQS เป็นตัววัดที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวัดและประเมินผลคุณภาพของภาพที่พัฒนา และนำเสนอในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ตัววัดคุณภาพของภาพแบบออบเจคทีฟพื้นฐานแบบต่างๆ มาพิจารณาสร้างตัววัดตัวใหม่ ของภาพแต่ละประเภท แล้วใช้ค่าคุณสมบัติของภาพต้นแบบ (SFM) มาทำให้ตัววัดมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น และประมวลผลได้อย่างรวดเร็วกว่าตัววัดแบบออบเจคทีฟพื้นฐานที่ใช้อ้างอิง แล้วตัววัดแบบออบเจคทีฟตัวใหม่ยังสามารถแสดงค่าออกมาเป็นระดับของคุณภาพแบบ 1 ถึง 5 (ภาพที่มีคุณภาพที่ยอมรับไม่ได้ ถึงภาพที่มีคุณภาพที่ดีเลิศ) ซึ่งเป็นการสื่อความหมายของคุณภาพของภาพที่มีความสอดคล้องกับค่าระดับการวัดคุณภาพของภาพแบบซับเจคทีฟแบบเอ็มโอเอส (MOS) โดยสามารถสรุปการใช้งานของตัววัดแต่ละประเภทได้ดังนี้

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด MSESFM เป็นตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก (JPEG Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ MOS

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด MDSFM เป็นตัววัดคุณภาพของภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ MOS

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด PSNRscale เป็นตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด LMSESFM เป็นตัววัดคุณภาพของภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด PSNRSFM เป็นตัววัดคุณภาพของภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบซอลทแอนด์เพพเพอะ (Salt and Pepper Noise Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ตัววัดคุณภาพของภาพชนิด IQS (Image Quality Score) เป็นตัววัดคุณภาพของภาพที่ผิดเพี้ยน 4 ชนิด เช่น ภาพบีบอัดแบบเจเปก2000 (JPEG2000 Compressed Image) ภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise Image) ภาพที่มีลักษณะเบลอแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blur Image) และภาพที่มีสัญญาณรบกวนแบบจุดขาวดำ (Salt and Pepper Noise Image) ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับตัววัดแบบ VIF

ในการพัฒนาต่อไปนั้นผู้พัฒนาสามารถใช้ข้อมูลคุณภาพของภาพแบบต่างๆ ในงานวิจัยนี้เพื่อทำการพัฒนาตัววัดให้มีค่าความน่าเชื่อถือที่สูงขึ้น หรืออาจจะทำการสร้างตัววัดแบบไม่ต้องมีภาพต้นแบบในการวัดคุณภาพของภาพ (No Reference Measurement)

เอกสารอ้างอิง

[1] Taubman, D.S. and Marellin, M.W. 2002. "JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice." **Journal of Electronic Imaging**, Vol. 11, Issue 2, pp. 286-287.

[2] Miyahara, M., Kotani, K. and Algazi, V.R. 1998. "Objective Picture Quality Scale (PQS) for Image Coding." **IEEE Transactions on Communication**, Vol. 46, No. 9, pp. 1215-1226.

[3] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R. and Simoncelli, E.P. 2004. "Image quality assessment: from error measurement to structural similarity." **IEEE Transactions on Image Processing,** Vol. 13, No. 4, pp. 600-612.

[4] Chen, G.H., Yang, C.L. and Xie, S.L. 2006. "Gradient-Based Structural Similarity for Image Quality Assessment." **ICIP 2006**, pp. 2929-2932.

[5] Sheikh, H.R. and Bovik, A.C. 2006. "Image Information and Visual Quality." **IEEE Transaction on image processing,** Vol. 15, No.2, pp. 430-444.

[6] CCIR Rec. 500-2. 1982. **Method for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures.**

[7] ITU-R Rec. BT. 500-9. 1998. **Methodology for the Subjective Assessment of Television Pictures.**

[8] Eskicioglu, M. and Fisher P.S. 1995. "Image Quality Measures and Their Performance." **IEEE Transactions on Communications**, Vol. 43, No. 12, pp. 2959-2965.

[9] Grgic, S., Grgic M. and Mrak, M. 2004. "Reliability of Objective Picture Quality Measures Measurement.", **Journal of Electrical Engineering**, Vol. 55, No. 1-2, pp. 3-10.

[10] สมเกียรติ อุดมหรรษากุล. 2550. **การประมวลผลภาพเบื้องต้น**. กรุงเทพ : สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[11] Gonzalez, R.C. and Woods. 2002, **Digital Image Processing**. 2nd , Prentice Hall.

[12] ธำรงรัตน์ อมรรักษา และบัณฑิต ทิพากร. **การทำภาพลายน้ำดิจิตอลเบื้องต้น.** กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[13] Grgic, S., Mrak, M., Grgic, M. and Zovko-Cihlar, B. 2003. "Comparative Study of JPEG and JPEG2000 Image Coders." **17th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications**, 2003, pp. 109-112.

[14] Antonini, M., Barland, M., Mathieu, P., Daubechies, I. 1992. "Image Coding Using the Wavelet Transform." **IEEE Transactions on Image Processing**, Vol. 1, Issue 2, pp. 205-220.

[15] Grgic, S., Grgic, M., and Zovko-Cihlar, B. 2001. "Performance analysis of image compression using wavelets." **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, Volume 48, Issue 3, pp. 682-695.

[16] Wang, Z. and Bovik, A.C. 2002. "A universal image quality index.", **IEEE Signal Processing Letters**, Vol. 9, No. 3, pp. 81-84.

[17] Yamsang N. and Udomhunsakul S. 2007. "Distribution Model between Objective Measurement and Subjective Measurement." **IEEE International Conference on Computer Science (RIVF)**, pp. 81-86.

[18] Yamsang, N. and Udomhunsakul, S. 2007. "Influence of SFM to Objective assessment of compressed image." **International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering**, pp. 704-709.

[19] Gayle, D., Mahlab, H., Ucar, Y. and Eskicioglu M. **"A Full-Reference Color Image Quality Measure in the DWT domain."** [Online]. Available: http://www.ee.bilkent.edu.tr/~signal/defevent/papers/cr1039.pdf. 2008.

[20] Shnayderman, A., Gusev, A. and Eskicioglu, M. **"A multidimensional image quality measure using Singular Value Decomposition."** [Online]. Available: http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~eskicioglu/ papers/EI2004-EI20.pdg. 2008.

[21] นันทพงศ์ แหยมแสง. "การวัดและการประเมินผลคุณภาพของภาพบีบอัด." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

[1] ราชกิจ สกุลดี, อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ และสมเกียรติ อุดมหรรษากุล, 2550. "ความน่าเชื่อถือของการวัดคุณภาพของภาพบีบอัด." **11th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC 2007)**, หน้า 395-402.

[2] Ratchakit Sakuldee and Somkait Udomhunsakul, 2007. "Objective Performance of Compressed Image Assessments." **International Journal of Computer Science (IJCS),** Vol. 2, No. 4, pp. 258-267.

[3] Ratchakit Sakuldee and Somkait Udomhunsakul, 2008. "Objective Measurements of Distorted Image Quality Evaluation." **International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 08),** pp. 1046-1051.

Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering 2008 May 13-15, 2008 Kuala Lumpur, Malaysia

Objective Measurements of Distorted Image Quality Evaluation

Ratchakit Sakuldee, Somkait Udomhunsakul
Faculty of Engineering, Department of Information Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Email: sakuldee_r@yahoo.com, kusomkai@kmitl.ac.th

Abstract

Measurement of the quality of distorted image still remains an important issue. In this paper, we propose a new objective measurement, denoted as Image Quality Score (IQS) that better matches the Visual Information Fidelity (VIF) than using fundamental image quality measurements. IQS can be used to measure the quality of gray scale image in different distortion types such as blurring, additive Gaussian noise, impulsive salt & pepper noise and JPEG2000 images. From the experiments, we found that IQS correlates well with the judgment of human observers. Moreover, it gives the result of distorted image quality from 1 to 5 (unacceptable to excellent quality).

I. Introduction

Nowadays, measurement of the quality of image distortion is challenging problem in image processing system. Existing image quality evaluation methods can be divided into two types: subjective and objective measurement. Subjective measurement which measured by observer's response is truly definitive, but too inconvenient, the most time taken and expensive. Fundamental objective measurement such as MSE, MAE, PSNR, MD, and LMSE are less time taken than subjective measurement. However, they do not correlation well with subjective measurement [1], [2].

During the last several decades, many researchers have developed some objective measurements. For example, Eskicioglu et al [1] and Grgic et al [2] had shown that some objective measures correlation well with the observer's response. However, their results are unreliable measure, especially for evaluation across distortion types. In 1998, Miyahara et al [3] had proposed a Picture Quality Scale (PQS) that is closely approximates the MOS (Mean Opinion Score). However, for very high quality images, it is possible to obtain values of PQS larger than five. At the low end of the image quality scale, PQS can obtain negative values (meaning less result) [2]. In addition, Universal Quality Index (UQI) and Structural Similarity (SSIM) were introduced [4], [5]. Their results demonstrated that they were greater accuracy and consistency than MSE and PSNR. Although SSIM is correlated well with human's response than UQI, it failed in measuring badly blurred images [6]. Recently, Bovik et al [7] had proposed Visual Information Fidelity (VIF) which was demonstrated to be better than SSIM. It performs well in single-distortion and in cross-distortion scenaries but incur computational complexity that leads to greater computational cost.

In this paper, we propose the new objective measurement, Image Quality Score (IQS), which is developed from a few fundamental objective measurements. In our experiments, IQS is correlated well with VIF and less time taken than VIF. In addition, IQS gives the rate of distorted image quality from 1 to 5 (unacceptable to excellent quality) comparable to MOS.

In the following sections, image characteristic measurement is given in section 2. Image quality measurements and their reliabilities are contained in section 3 and 4, respectively. Finally, the experimental results and conclusion will be expressed.

II. Image Characteristic

The spatial frequency measurement (SFM) indicates the overall activity level in an image [2].

$$SFM = \sqrt{R^2 + C^2} \tag{1}$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=2}^{N}\left(x(m,n) - x(m,n-1)\right)^2} \tag{2}$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{MN}\sum_{m=2}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(x(m,n) - x(m-1,n)\right)^2} \tag{3}$$

978-1-4244-1692-9/08/$25.00 ©2008 IEEE

where R is row frequency, C is column frequency, $x(m,n)$ denotes the samples of image, M and N are number of pixels in row and column directions, respectively. The large value of SFM means that image contain component in high frequency area.

III. Objective Image Quality Measurement

The objective quality measurements are save time more than subjective quality measurement [3], [4]. The seven simple objective measurements are selected and used for this work study. Definition: $x(m,n)$ denotes the samples of original image, $\hat{x}(m,n)$ denotes the samples of compression image. M and N are number of pixels in row and column directions, respectively.

A. Mean Square Error (MSE)

The simplest of image quality measurement is Mean Square Error (MSE). The large value of MSE means that image is poor quality. MSE is defined as follow:

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left(x(m,n)-\hat{x}(m,n)\right)^2 \quad (4)$$

B. Mean Average Error (MAE)

The large value of Mean Average Error (MAE) means that image is poor quality. MAE is defined as follow:

$$MAE = \frac{1}{MN}\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left|x(m,n)-\hat{x}(m,n)\right| \quad (5)$$

C. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

The small value of Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) means that image is poor quality. PSNR is defined as follow:

$$PSNR = 10\log\frac{255^2}{MSE} \quad (6)$$

D. Maximum Difference (MD)

The large value of Maximum Difference (MD) means that image is poor quality. MD is defined as follow:

$$MD = Max\left(\left|x(m,n)-\hat{x}(m,n)\right|\right) \quad (7)$$

E. Laplacian Mean Square Error (LMSE)

This measure is based on the importance of edges and objective boundaries in images for the human observer. The large value of Laplacian Mean Square Error (LMSE) means that image is poor quality. LMSE is defined as follow:

$$LMSE = \frac{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left[L(x(m,n))-L(\hat{x}(m,n))\right]^2}{\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\left[L(x(m,n))\right]^2} \quad (8)$$

where $L(m,n)$ is laplacian operator:

$$L(x(m,n)) = x(m+1,n)+x(m-1,n)+x(m,n+1)+x(m,n-1)-4x(m,n)$$

The LMSE measure performs well for images that have been degraded by low pass filtering (blurred). However, it can yield a good quality measure for images which are severely degraded (by subjective measure) with low spatial frequency noise [8].

IV. Reliability of Objective Measurement

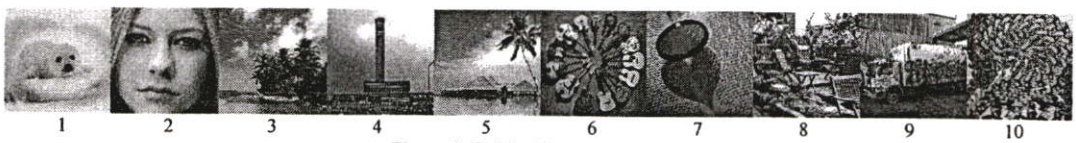
The reliability of an objective measurement could be evaluated by finding the correlation between objective measurement and VIF. The Correlation coefficient (r) is expressed as [2].

$$r = \frac{\sum_i\left(v_i-\bar{v}\right)\left(o_i-\bar{o}\right)}{\sqrt{\sum_i\left(v_i-\bar{v}\right)^2\left(o_i-\bar{o}\right)^2}} \quad (9)$$

where v_i and o_i are the series of VIF and objective measurements, respectively. The possible values of correlation coefficient are between -1 and 1, the better correlation make the correlation coefficient closer to -1 or 1.

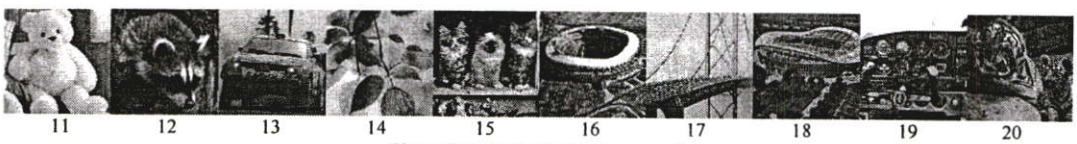
V. Image Quality Score (IQS)

In our experiments, the characteristic of all original images are measured by using SFM. The results are shown in table 1. From table 1, original images1 and 10 have the lowest SFM (3.74) and highest SFM (60.08) values, respectively. Next, twenty original images are used to create the four distortion image types, and five different distortion levels as shown in Table 2 [9]. The qualities of these images are measured by MSE, MAE, PSNR, MD, and LMSE. Next, the correlation between each existing measurement and VIF are used to define a new measurement, Image Quality Score (IQS).



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Figure 1. Original image in group 1



11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Figure 2. Original image in group 2

TABLE 1. SFM VALUES OF EACH ORIGINAL IMAGE

Group 1		Group 2	
Image no.	**SFM**	**Image no.**	**SFM**
1	3.74	**11**	14.03
2	12.17	**12**	15.23
3	21.04	**13**	17.27
4	24.16	**14**	18.81
5	31.63	**15**	22.43
6	34.92	**16**	25
7	37.2	**17**	28.84
8	40.69	**18**	30.55
9	42.64	**19**	33.96
10	60.08	**20**	37.02

TABLE 2. DISTORTION TYPES AND DISTORTION LEVELS

Type\Level	LV 1	LV 2	LV 3	LV 4	LV 5
Gaussian blur (Photoshop)	0.2	0.5	2	4	6
Gaussian noise (Photoshop)	2	4	8	10	15
Salt & Pepper (Programming)	0.0001	0.001	0.01	0.05	0.1
JPEG2000 (Programming)	30	20	15	10	5

In our experiments, an original image (Tiger) has SFM value equivalent to 37.02. As can be seen from Table 3, when Gaussian blur and JPEG2000 images get worse quality, the SFM value diminishes accordingly. In contrast, for Gaussian noise and salt & pepper noise images, the SFM value increases consequently. Therefore, there are two cases of distorted images. Case 1 is included Gaussian noise and salt & pepper noise distorted images, while case 2 is included Gaussian blur and JPEG2000 distorted images.

From our experiment results in Table 4, we were testing the objective measurements with image group 1. The reliability is considered by correlation coefficient between each existing objective measurements and VIF. Their reliabilities can be used to determine the proper objective measurements for distorted images case 1 (distorted image SFM value more than original image SFM value) and distorted images case 2 (distorted image SFM value less than original image SFM value) .

TABLE 3. SFM VALUES IN ORIGINAL IMAGE NUMBER 20

Type\Level	LV 1	LV 2	LV 3	LV 4	LV 5
Gaussian blur	33.5	20.4	8.3	3.8	2.4
Gaussian noise	38.3	42.9	58.1	74.8	98.3
Salt & Pepper	37.1	38.1	46.2	73.1	95.2
JPEG2000	36.3	35.2	34.2	32.3	28.1

TABLE 4. RELIABILITY OF OBJECTIVE MEASUREMENT

Case 1	
	Reliability
MSE	-0.788
MAE	-0.709
PSNR	**0.936**
MD	-0.067
LMSE	-0.233

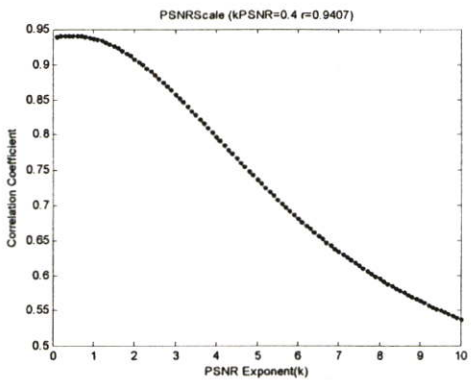
Case 2	
	Reliability
MSE	-0.647
MAE	-0.752
PSNR	0.874
MD	**-0.903**
LMSE	**-0.904**

In table 4, we found that PSNR is given the highest reliability for distorted images case 1 (Gaussian noise and salt & pepper noise images). But MD and LMSE are provided the highest reliability for distorted images case 2 (Gaussian blur and JPEG2000 images). Therefore, the Image Quality Score (IQS) can be defined as follows:

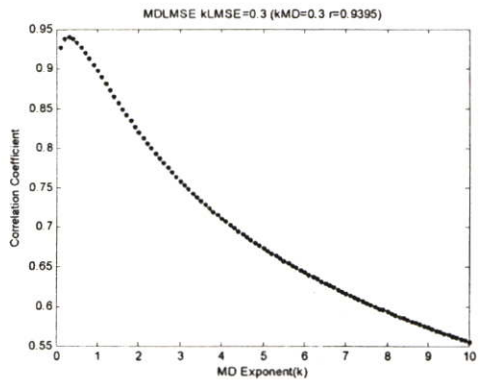
$$PSNRS = PSNR^{kPSNR} \tag{10}$$

$$MDLMSE = -\left(LMSE^{kLMSE} \times MD^{kMD}\right) \tag{11}$$

Suppose that the variable ranges of MD and LMSE from both Gaussian blur and JPEG2000 images are $[MD_{MIN}, MD_{MAX}]$, $[LMSE_{MIN}, LMSE_{MAX}]$ respectively. From the experiments, LMSE and MD were determined as follows, $LMSE \in [0.0063 \quad 1.0762]$ and $MD \in [1 \quad 208]$ that must be normalized over the interval [0, 1] as show in equation 12.



(a) PSNRS



(b) MDLMSE

Figure 3. Optimal exponents

$$LMSE' = \frac{LMSE - LMSE_{Min}}{LMSE_{Max} - LMSE_{Min}}$$
$$MD' = \frac{MD - MD_{Min}}{MD_{Max} - MD_{Min}} \quad (12)$$

To find the optimal exponents (k_{PSNR}), equation 10, bringing out the possible highest reliabilities, the k_{PSNR} was varied from 0 to 10. In Figure 3 (a), when k_{PSNR} is equal to 0.4, it could make the highest correlation coefficient value from image case 1 led to 0.9407. The equation 10 can be replaced as in equation 13. Next, to find the optimal exponents (k_{LMSE} and k_{MD}), equation 11, bringing out the possible highest reliabilities, the k_{MD} was varied from 0 to 10 and the k_{LMSE} was automatically varied. In Figure 3 (b) when k_{MD} is equal to 0.3, it could make the highest correlation coefficient value led to 0.9395. The equation 11 can be replaced as in equation 14 [10].

$$PSNRS = PSNR^{0.4} \quad (13)$$
$$MDLMSE = -\left(LMSE^{0.3} \times MD^{0.3}\right) \quad (14)$$

From the experiments, the variable ranges of PSNRS and MDLMSE were determined as follows: $PSNRS \in [2.894 \quad 4.632]$, $MDLMSE \in [-0.98 \quad 0]$. They can be normalized over the interval [0, 1] as follows:

$$PSNRS' = \frac{PSNRS - PSNRS_{Min}}{PSNRS_{Max} - PSNRS_{Min}}$$
$$MDLMSE' = \frac{MDLMSE - MDLMSE_{Min}}{MDLMSE_{Max} - MDLMSE_{Min}} \quad (15)$$

To make PSNRS and MDLMSE measurements, given the rate from 1 to 5 (unacceptable to excellent quality), a new proposed measurement, Image Quality Score (IQS), can be defined as.

$$IQS = 4(x) + 1 \quad (16)$$

where x is obtained from equation 13 and 14.

Our proposed algorithm, IQS, is as follows:

1. Checking the SFM value between original image and distorted image.
2. If SFM values of distorted image are more than original image, case 1, PSNRS is used.
3. If SFM values of distorted image are less than original image, case 2, MDLMSE is used.

To test the performance of our new proposed measurement (IQS), a new set of tested images, image 11 to image 20 are used (Figure 2). The SFM values are ranged from 14.03 to 37.02. Therefore, we have 200 distorted images for testing, fifty images for each distortion type. Figure 4 and 5 show the relations between IQS and VIF of all distorted image from distorted images group 1 and 2, respectively. We can see that all data are closely distribution. In table 5-7, IQS give the highest reliability both in image group 1 and 2 within across distortion types and each type of distorted image.

TABLE 5. RELIABILITY OF EACH OBJECTIVE MEASUREMENT

Group 1	
	Reliability
MSE	-0.689
MAE	-0.718
PSNR	0.862
MD	-0.406
LMSE	-0.165
PQS	0.860
SSIM	0.813
IQS	**0.936**

Group 2	
	Reliability
MSE	-0.687
MAE	-0.747
PSNR	0.919
MD	-0.409
LMSE	-0.390
PQS	0.881
SSIM	0.857
IQS	**0.961**

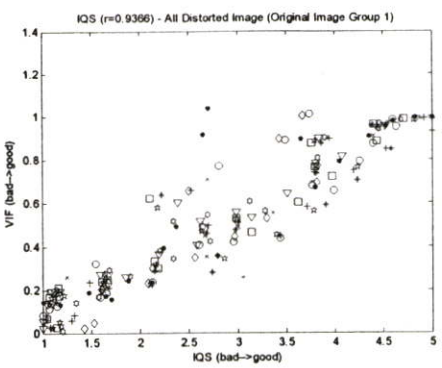


Figure 4. IQS and VIF from original image group 1

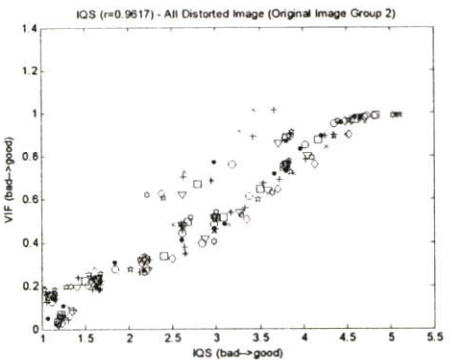
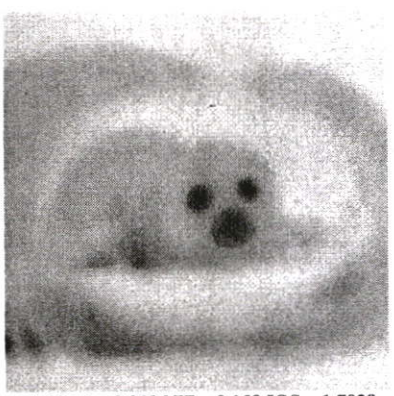
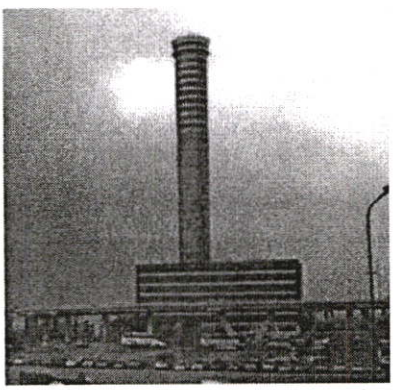


Figure 5. IQS and VIF from original image group 2



(a) SSIM = 0.953 VIF = 0.158 **IQS = 1.7028**



(b) SSIM = 0.946 VIF = 0.661 **IQS = 2.5295**

Figure 6. Gaussian blur image compared score

TABLE 6. RELIABILITY OF EACH DISTORTED IMAGE GROUP 1

Type	PQS	SSIM	IQS
JPEG2000	0.893	0.881	**0.960**
Gaussian noise	0.803	0.894	**0.971**
Gaussian blur	0.924	0.808	**0.956**
Salt & Pepper Noise	0.843	0.901	**0.937**

TABLE 7. RELIABILITY OF EACH DISTORTED IMAGE GROUP 2

Type	PQS	SSIM	IQS
JPEG2000	0.902	0.938	**0.982**
Gaussian noise	0.857	0.965	**0.984**
Gaussian blur	0.954	0.913	**0.966**
Salt & Pepper Noise	0.847	0.931	**0.964**

Figure 6 shows the Gaussian blur images (a) and (b) that almost have the same SSIM value but their visual quality are obviously different, The quality of image (a) is worse than image (b). To compare between SSIM and IQS value, we can see that the IQS is more rational than SSIM.

In Figure 7, all distorted images have SSIM values closely to 0.5. We rank the image quality score by the judgment of human observers shown in Table 8. We can see that IQS is consistent to VIF and the judgment of human's response.

TABLE 8. RANKING SCORE

	Gaussian noise	Salt & Pepper	JPEG 2000	Gaussian blur
Rank	1	2	3	4
VIF	0.32	0.24	0.14	0.19
IQS	2.12	1.65	1.59	1.34

To test the running speed time of four measurements (PQS, SSIM, VIF and IQS), our experiments were tests on MATLAB R2006a, implementation running on a PC (AMD Athlon XP 1.8 GHz, 256 MB RAM). In table 9, we can see that VIF has the most time taken, while IQS has the least time taken.

TABLE 9. COMPUTATION TIME (SECONDS)

	512x512	256x256
PQS	9.89	1.99
SSIM	1.95	0.47
VIF	21.62	6.15
IQS	**1.3**	**0.31**

(a) Gaussian blur
SSIM = 0.59 VIF = 0.1969 **IQS = 1.336**

(b) Gaussian noise
SSIM = 0.55 VIF = 0.3225 **IQS = 2.1248**

(c) Salt &Pepper Noise
SSIM = 0.53 VIF = 0.2408 **IQS = 1.6489**

(d) JPEG2000
SSIM = 0.585 VIF = 0.1394 **IQS = 1.596**

Figure 7. Comparison measurements of different types of distortions

VI. CONCLUSION

In this paper, we proposed a new image quality measurement, Image Quality Score (IQS), which was developed from a few fundamental objective measurements. The IQS measurement can be used to measure the quality of Gaussian blur image, Gaussian noise image, salt & pepper noise image, and JPEG2000 image. From the experiments, we show that the IQS measurement has better performance than SSIM, especially in Gaussian blur images. Moreover, the IQS measurement gives the rate of distorted image quality from 1 to 5 (unacceptable to excellent quality) comparable to MOS (Mean Opinion Score). Importantly, it is correlation well with VIF and less complexity and time taken than VIF.

REFERENCES

[1] M. Eskicioglu, and P. S. Fisher, "Image Quality Measures and Their Performance", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 43, no. 12, December 1995, pp. 2959-2965.

[2] S. Grgic, M. Grgic, and M. Mrak, "Reliability of Objective Picture Quality Measurement", *Journal of Electrical Engineering*, vol. 55, no. 1-2, 2004, pp. 3-10.

[3] M. Miyahara, K. Kotani and V. R. Algazi, "Objective Picture Quality Scale (PQS) for Image Coding", *IEEE Transactions on Communication*, vol. 46, no. 9, September 1998.

[4] Z. Wang and A. C. Bovik, "A universal image quality index", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, no. 3, March 2002, pp. 81-84

[5] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error measurement to structural similarity", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, April 2004.

[6] G. H. Chen, C. L. Yang, and S. L. Xie, "Gradient-Based Structural Similarity for Image Quality Assessment", ICIP 2006, pp.2929-2932.

[7] H. R. Sheikh and A. C. Bovik, "Image Information and Visual Quality", *IEEE Transaction on image processing*, vol. 15, no. 2, Febuary 2006, pp. 430-444.

[8] J. Starge, V. Walworth and A. Shepp, Imaging Processes and Materials: Neblette's, 8th Edition, May 1989, pp. 327-328

[9] A. Shnayderman, A. Gusev, A. M. Eskicioglu, "A multidimensional image quality measure using Singular Value Decomposition",www.sci.brooklyn.cuny.edu/~eskicioglu/papers/EI2004-EI20.pdf

[10] N. Yamsang and S. Udomhunsakul, "Influence of SFM to Objective assessment of compressed image", International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, April 2007, pp. 704-709

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายราชกิจ สกุลดี

วัน เดือน ปี เกิด 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ที่อยู่

บ้านเลขที่ 128/3 หมู่ 8 ถนนสกุลดี แขวงหนองจอก เขตหนองจอก
กรุงเทพมหานคร 10530

ประวัติการศึกษา

ปัจจุบัน	กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2548	สำเร็จการศึกษาจากวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

กุมภาพันธ์ 2549 - ปัจจุบัน วิศวกร บริษัททรอนิคส์เซริฟ จำกัด

พฤษภาคม 2548 - มกราคม 2549 วิศวกร บริษัทแลนโทร (ประเทศไทย) จำกัด