

การผสมภาพที่มีจุดโฟกัสที่ต่างกัน

MULTI-FOCUS IMAGE FUSION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-EN-M-230-015

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผสมภาพที่มีจุดโฟกัสที่ต่างกัน

MULTI-FOCUS IMAGE FUSION



T110323



วิรัตน์ รัตนพิทักษ์

WIRAT RATTANAPITAK

ฉบับที่ ๑๖๙๗
๒๕๕๓

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**110323**
วัน,เดือน,ปี.....- 1 พ.ย. 2553

b.....1226183x
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL 2010-EN-M-230-015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MULTI-FOCUS IMAGE FUSION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL 2010-EN-M-230-015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผสมภาพที่มีจุดโฟกัสที่ต่างกัน

Thesis Title Multi-Focus Image Fusion

นักศึกษา นายวิรัตน์ รัตนพิทักษ์

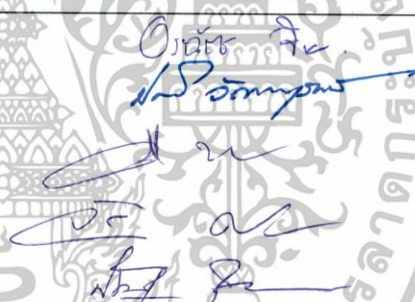
รหัสประจำตัว 49061051

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมherrษากุล

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-230-015

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักตร์	
ดร.ปกรณ	วัฒน์จตุรพร	
รศ.ดร.อรรณดิษฐ์	เหล่าสกุล	
ดร.จักรี	ศรินทร์ฉัตร	
ผศ.ดร.สมเกียรติ	อุดมherrษากุล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 15.00-17.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG


คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 5 เดือน ๒๙.๒ พ.ศ. ๕3
ลงชื่อ 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Multi-focus Image Fusion
Student Wirat Rattanapitak
Student ID. 49061051
Degree Master of Engineering
Program Information Engineering
Year 2010
Thesis Advisor Asst.Prof.Dr. Somkait Udomhunsakul

ABSTRACT

This thesis is presented a multi-focus image fusion approach based on Stationary Wavelet Transform and extended the Spatial Frequency Measurements. It performs on both gray scale and color images in the same scene. In our fusion process, two source images with different focus are decomposed into four subbands, which are one approximation subband (LL) and three details subbands (HL, LH and HH) by using stationary wavelet transform. Next, each subband is partitioned into blocks and each block is identified the clearer regions by computing the focus measure using the extended Spatial Frequency Measurement (SFM). Finally, the fused image is reconstructed by performing the Inverse Stationary Wavelet Transform. From the experimental results, we found that the proposed method outperforms the traditional Wavelet Transform and SFM based methods in terms of objective and subjective assessments. Moreover, the factors that influence for fused image quality are subbands block size, color models and wavelet filters.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่อาจจะสมบูรณ์ได้ หากมิได้รับความกรุณาจากบุคคล ท่านต่างๆ ซึ่งผู้ที่มีส่วนสำคัญในการประสิทธิ์ประสาทวิชาการและความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าได้ศึกษาอยู่ในสถาบันแห่งนี้ คือ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ อุดมธรรมากุล ตลอดจนคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ทั้งนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และมูลนิธิเพื่อการศึกษา คอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ที่มอบทุนสนับสนุนเพื่อใช้ในการศึกษา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านอดีตคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพภูฏ สุวจินานนท์ ที่สนับสนุนด้าน การศึกษาของข้าพเจ้าในระหว่างที่ข้าพเจ้าต้องปฏิบัติงาน ตลอดจนขอขอบพระคุณ ดร.ประพัทธ์ พงษ์ อุปลา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำในด้านต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาของข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณพี่ๆบุคลากรของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน สำหรับความเมตตาและกรุณา ต่างๆแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณพี่น้องๆ และเพื่อนๆ สตูดิโอกลางน้ำทุกคน สำหรับทุกสิ่งที่ดีๆ ขอขอบคุณ พระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ข้าพเจ้ามิได้เอ่ยนาม และนอกเหนือจากบิดาและมารดาผู้ซึ่งมอบชีวิตแก่ ข้าพเจ้าแล้ว ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ซึ่งมีบุญคุณสูงสุดกับข้าพเจ้า สองท่านมา ณ ที่นี้ด้วย คือ คุณ เพชรรัตน์ ลิ้มปีสวัสดิ์ ผู้ซึ่งผลักดัน สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่องไม่ว่าจะเป็นเรื่อง เล็กเพียงใด เพื่อให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาต่อ อย่างที่ข้าพเจ้าได้ตั้งใจไว้ และผู้พระคุณสูงสุดกับข้าพเจ้าอีก ท่านคือ คุณย่าเนย์ รัตนพิทักษ์ ย่าผู้อบรมเลี้ยงดู และให้ความรักแก่ข้าพเจ้าตลอดจนลมหายใจ สุดท้ายของท่าน สุดท้ายนี้หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำให้เกิดสิ่งอันดีใดขึ้น ข้าพเจ้าขอให้สิ่งดีนั้นได้ บังเกิดแก่บุคคลทั้งสองด้วยเทอญ

จิรัตน์ รัตนพิทักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ความหมายและจุดประสงค์ของการผสมภาพ	5
2.2 คุณลักษณะของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน	5
2.3 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพ	5
2.3.1 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพด้วยดีสคริปต์เวฟเลททรานส์ฟอร์ม	7
2.3.2 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพ โดยใช้ค่าปริภูมิเชิงความถี่	8
2.4 สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม	9
2.5 แบบจำลองสีของภาพ	11
2.5.1 แบบจำลองสี RGB	12
2.5.2 แบบจำลองสี YIQ	13
2.5.2 แบบจำลองสี HSV	14
2.5.2 แบบจำลองสี HSI	16
2.5.2 แบบจำลองสี YCbCr	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน	19
3.1 การผสมแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดิสกรีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม	20
3.2 การผสมแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	23
3.3 การผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	27
3.4 การประเมินคุณภาพของผสมแบบระดับความเข้มเทา	30
3.4.1 พีคซิกแนลทูนอยส์เรโซ	30
3.4.2 การวัดค่าของขอบภาพ	31
บทที่ 4 การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน	34
4.1 การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	34
4.2 การประเมินคุณภาพของผสมแบบภาพสี	37
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	39
5.1 การทดลองผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน.....	45
5.2 การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน	51
บทที่ 6 สรุป วิจัยณ์ผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนา.....	75
6.1 สรุปและวิจัยณ์ผลการทดลอง	75
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	75
6.2.1 ประเด็นเรื่องข้อมูลสีของภาพ	75
6.2.2 ประเด็นเรื่องตำแหน่งของวัตถุภายในภาพ	75
6.2.3 ประเด็นเรื่องการประเมินคุณภาพของภาพผสม	76

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก ก	80
ภาคผนวก ข	86
ภาคผนวก ค	90
ภาคผนวก ง.....	111
ประวัติผู้เขียน.....	126



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากการผสมภาพด้วยวิธีต่างๆ	45
5.2 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ ที่เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ.....	46
5.3 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ ที่ขนาดบล็อกต่างกัน	47
5.4 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ และวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่.....	58
5.5 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสีด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ โดยใช้แบบจำลองสี YCbCr ที่เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ	60
5.6 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสีด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ โดยใช้แบบจำลองสี YCbCr ที่ขนาดบล็อกต่างกัน.....	61
5.7 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสีด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ ที่แบบจำลองสีแบบต่างๆ.....	62
ก.1 แสดงค่าปริภูมิเชิงความถี่ของรูปที่ ก.1	81
ก.2 แสดงค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท ของรูปที่ ก.1 ในแต่ละแบนด์ย่อย ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มตั้งแต่ระดับ 1-4	82
ข.1 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดีสครีตเวฟเลทโดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 3	87
ข.2 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ	87
ข.3 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4	88

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.4 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดคบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8	88
ข.5 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดคบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16	89
ค.1 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดคบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ RGB	91
ค.2 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดคบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ YIQ	92
ค.3 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดคบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ HSV	93
ค.4 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดคบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ HSI	94
ค.5 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดคบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr	95
ค.6 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดคบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ RGB	96
ค.7 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดคบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ RGB	97
ค.8 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดคบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ RGB	98

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.9 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ YIQ.....	99
ค.10 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ YIQ.....	100
ค.11 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ YIQ.....	101
ค.12 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ HSV.....	102
ค.13 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ HSV.....	103
ค.14 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ HSV.....	104
ค.15 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ HSI.....	105
ค.16 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ HSI.....	106

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.17 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ HSIบรรณานุกรม.....	107
ค.18 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr	108
ค.19 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr	109
ค.20 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr	110



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงตัวอย่างของกระบวนการผสมภาพ.....	4
2.2 แสดงตัวอย่างและลักษณะของภาพที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน	5
2.3 แสดงตัวอย่างภาพต้นฉบับและภาพที่เกิดปัญหาแบบบล็อกสีเหลี่ยม	6
2.4 แสดงตัวอย่างภาพต้นฉบับและภาพที่เกิดปัญหาแบบพื้นเลื้อย	6
2.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสีสกรีนเวฟเลทสองมิติ	7
2.6 ภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอค้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์	7
2.7 แสดงแสดงภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอค้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์.....	9
2.8 กระบวนการทรานส์ฟอร์มรูปภาพด้วยเวฟเลททรานส์ฟอร์ม แบบสองมิติ ที่ระดับ 1	10
2.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสีขั้นนารีเวฟเลทสองมิติ	11
2.10 ภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอค้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์	11
2.11 แบบจำลองสี RGB	12
2.12 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง RGB	13
2.13 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี YIQ	14
2.14 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี HSV	16
2.15 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี HSI	17
2.16 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี YCbCr	18
3.1 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม	20
3.2 ภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดีสครีตเวฟเลท	22
3.3 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	23
3.4 ตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องของค่าในแต่ละพิกเซลของภาพผสม	25
3.5 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่และใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8	26

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 กระบวนการผสมภาพระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกันด้วยสแต็ช่นารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่.....	27
3.7 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากวิธีสแต็ช่นารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ และใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4)	29
3.8 ภาพอ้างอิงพร้อมตำแหน่งภาพที่จะทำการขยาย (พื้นที่ภาพภายในกรอบสีขาว).....	32
3.9 ภาพอ้างอิงและภาพผสมจากวิธีทั้งสามแบบที่ได้ทำการขยายในตำแหน่งเดียวกันกับรูปที่ 3.8 พร้อมแสดงสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพผสม (บริเวณวงกลมสีแดง)	32
4.1 กระบวนการผสมภาพสีที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกันด้วยสแต็ช่นารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	35
4.2 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบภาพสีที่ได้จากวิธีสแต็ช่นารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4)	37
4.3 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบภาพสีที่ได้จากวิธีสแต็ช่นารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่	38
5.1 ภาพแบบระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการทดลอง	41
5.2 ตัวอย่างภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน	42
5.3 ภาพสีแบบ RGB ที่ใช้ในการทดลองที่ 5.2	43
5.4 ตัวอย่างภาพสีแบบ RGB ที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน	44
5.5 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5.....	48
5.6 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5	49
5.7 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5.....	50

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5.....	51
5.9 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3.....	52
5.10 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3.....	53
5.11 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3.....	54
5.12 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3.....	55
5.13 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3.....	56
5.14 แสดงภาพอ้างอิงและภาพขยายของภาพผสมที่ได้จากวิธีในตารางที่ 5.4.....	59
5.15 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr.....	63
5.16 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr.....	64
5.17 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr.....	65
5.18 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr.....	66
5.19 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr.....	67

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.20 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	68
5.21 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	69
5.22 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	70
5.23 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	71
5.24 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	72
5.25 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	73
5.26 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr	74
ก.1 แสดงภาพต้นฉบับและภาพที่ผ่านกระบวนการทำให้เบลอด้วยการใช้ตัวกรองแบบเกาส์เซียน ฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ต่างๆ	81
ก.2 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ก) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟ เลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1.....	83
ก.3 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ข) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟ เลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1.....	83
ก.4 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ค) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟ เลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1.....	84
ก.5 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ง) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ ฟอร์ม ที่ระดับ1	84

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.6 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(จ) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ ฟอร์ม ที่ระดับ1.....	85
ก.7 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ฉ) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟ เลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1.....	85



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อก้าวถึงการพัฒนาของกล้องถ่ายภาพนิ่ง (Still Camera) จะเห็นได้ว่าการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากในอดีตที่กล้องถ่ายภาพต้องใช้ฟิล์มในการบันทึกภาพที่ถ่ายได้ จนมาถึงปัจจุบันกล้องถ่ายภาพนั้นสามารถบันทึกภาพที่ถ่ายเป็นรูปแบบไฟล์ดิจิทัล หรือที่รู้จักกันดีในชื่อกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) ซึ่งการบันทึกภาพด้วยกล้องดิจิทัลนี้สามารถบันทึกภาพถ่ายลงบนอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น เมโมรีการ์ด (Memory Card) ได้โดยไม่ต้องใช้ฟิล์มอีกต่อไป และด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะทำให้ขีดความสามารถของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลเทียบเคียงได้กับกล้องแบบฟิล์มแล้ว ยังเป็นผลให้ราคาของตัวกล้องถ่ายภาพดิจิทัลนั้นมีราคาที่ถูกลง ทำให้ในปัจจุบันกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลนั้นได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด ก็คือ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบพกพา หรือในคอมพิวเตอร์แบบพกพา เกือบทุกรุ่นมักจะต้องติดตั้งกล้องถ่ายภาพมาเป็นอุปกรณ์มาตรฐานตัวหนึ่งที่ขาดไม่ได้ แต่แม้จะมีข้อดีดังที่กล่าวมาข้างต้นแต่ข้อจำกัดประการหนึ่งของกล้องถ่ายภาพทั่วไปมักจะพบ ก็คือ ความสามารถในการจับโฟกัส ไปยังวัตถุที่ต้องการถ่าย หรือกล่าวได้ง่ายๆ ก็คือ กล้องถ่ายภาพทั่วไปจะไม่สามารถจับโฟกัสไปยังวัตถุทุกๆ วัตถุที่อยู่บนระยะที่ต่างกันในการถ่ายภาพเพียงครั้งเดียวได้ สาเหตุก็คือ ขีดจำกัดของตัวเลนส์ที่ใช้ภายในกล้องนั้นไม่สามารถที่จะจับโฟกัสไปยังวัตถุที่ตั้งอยู่ในระยะที่แตกต่างกันได้ แม้จะมีผู้พัฒนาตัวเลนส์ที่ใช้ให้มีความสามารถในการจับโฟกัสได้มากขึ้นก็ตาม แต่ก็จะต้องแลกมาด้วยราคาที่สูงขึ้นตามไปด้วย เพื่อลดขีดจำกัดดังกล่าวโดยไม่ให้ส่งผลกระทบต่อราคาของกล้องนั้น จึงต้องใช้กระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งหนึ่งในกระบวนการประมวลผลภาพที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ก็คือ กระบวนการผสมภาพ หรืออิมเมจฟิวชั่น (Image Fusion) [1-6] สำหรับกระบวนการผสมภาพนั้นกล่าวโดยหลักการ ก็คือ กระบวนการในการสังเคราะห์ข้อมูลใดๆ ก็ตามภายในภาพที่เราต้องการ จากภาพถ่ายหลายๆ ภาพ เพื่อให้ได้ภาพหนึ่งภาพที่ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เรารู้ได้จากการสังเคราะห์ออกมา ในกรณีนี้เราต้องการสังเคราะห์ข้อมูลภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ดีที่สุด ดังนั้น จึงต้องใช้กระบวนการที่เรียกว่า การผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน (Multi-focus Image Fusion) [5,7]

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบวนการในการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสภายในภาพต่างกัน เพื่อให้ได้ภาพที่มีระดับการโฟกัสภายในภาพที่ดีที่สุด ทั้งนี้กระบวนการผสมภาพดังกล่าวจะต้องรักษารายละเอียดของภาพให้ครบถ้วนและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อข้อมูลภายในภาพผสมที่ได้ หรือต้องไม่ก่อให้เกิดสิ่งที่ไม่ต้องการขึ้นในภาพผสม พร้อมกันนี้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบวนการผสมภาพให้ดียิ่งขึ้น ไป

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การผสมภาพด้วยวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลท[4-6] และวิธีการผสมภาพโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่[7,8] นั้น เมื่อประเมินด้วยสายตาแล้วแม้จะให้คุณภาพที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก็ตามแต่หากทำการพิจารณาภาพที่ได้จากวิธีทั้งสองแบบอย่างละเอียดโดยการขยายบางส่วนของภาพก็จะพบว่าวิธีทั้งสองแบบนี้ก็ยังคงก่อให้เกิดสิ่งรบกวนขึ้นในภาพด้วย สำหรับวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลทนั้นจะเป็นผลกระทบมาจากขั้นตอนในการคำนวณแอมพลิจูดของดีสครีตเวฟเลท[4-6] และส่วนของวิธีการผสมภาพ โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่นั้นจะเป็นผลกระทบมาจากขั้นตอนในการแบ่งบล็อกละเอียดของภาพ โดยใช้ข้อมูลของภาพโดยตรง ดังนั้นหากใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มของภาพโดยไม่มีกรลดทอนสัมประสิทธิ์หรือไม่มีการคำนวณแอมพลิจูด แทนการพิจารณาข้อมูลภาพโดยตรงแล้ว ก็อาจจะช่วยแก้ไขปัญหาร่องผลกระทบดังกล่าวต่อภาพผสมได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาร่องผลกระทบจากการผสมภาพที่พิจารณากับข้อมูลของภาพโดยตรงแล้ว การทรานส์ฟอร์มภาพโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของภาพแทนการใช้ข้อมูลของภาพโดยตรงจึงเป็นวิธีที่น่าจะเหมาะสมที่สุด แต่ทั้งนี้เพื่อรักษาข้อมูลของภาพให้ครบถ้วนการทรานส์ฟอร์มนี้จะต้องโดยปราศจากการคำนวณแอมพลิจูดที่ ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เลือกใช้สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มในการทรานส์ฟอร์ม (Stationary Wavelet Transform)[9,10] เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของรูปภาพ อีกทั้งยังได้ประยุกต์ใช้หลักการของการวัดค่าปริภูมิเชิงความถี่ (Spatial Frequency Measurement) เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาระดับการโฟกัสที่ดีที่สุดของภาพ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษา วิจัย และพัฒนากระบวนการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสของภาพที่ต่างกัน โดยตั้งประเด็นในการทำวิจัยไว้ดังนี้

1. ศึกษาและทดลองผสมภาพ โดยกระทำกับภาพอินพุตที่มีระดับการโฟกัสภายในภาพต่างกันจำนวนสองภาพ และเป็นภาพที่ถ่ายในฉาก (Scene) เดียวกัน
2. ศึกษาและทดลองผสมภาพ โดยกระทำกับภาพทั้งในรูปแบบภาพแบบระดับเข้มเทาและภาพสีแบบ RGB
3. ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสมได้
4. วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผสมภาพ
5. แสดงให้เห็นถึงผลของการผสมภาพที่ได้จากวิธีการผสมที่ได้พัฒนาขึ้น กับวิธีการผสมภาพด้วยวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดิสครีตเวฟเลทและวิธีการผสมภาพโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทตามลำดับ ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย โดยประกอบด้วยหลักในการพิจารณาระดับการโฟกัสของรูปภาพ และแบบจำลองสีต่างๆ ของภาพ

บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดิสครีตเวฟเลท วิธีการผสมภาพโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ และวิธีการผสมภาพที่ได้พัฒนาขึ้น

บทที่ 4 กล่าวถึงกระบวนการผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยวิธีการผสมภาพที่ได้พัฒนาขึ้น

บทที่ 5 แสดงถึงผลการทดลองที่ได้จากการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทา และการผสมภาพสี ที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

บทที่ 6 แสดงข้อสรุปที่ได้จากการทำวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการพัฒนากระบวนการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสต่างกันให้ดียิ่งขึ้น

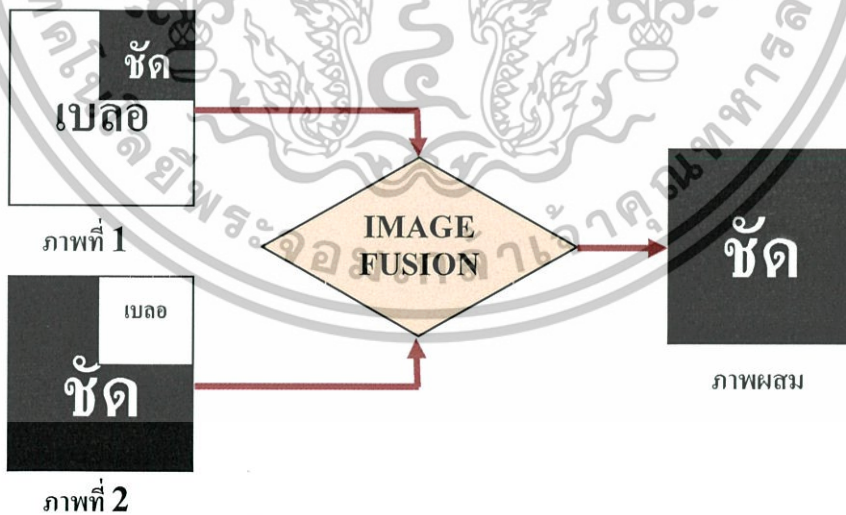
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

สำหรับเนื้อหาในบทนี้ จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีตลอดจนหลักการพื้นฐานซึ่งจะนำไปใช้กับเนื้อหาในบทต่อไป โดยเนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ ความหมายและจุดประสงค์ของการผสมภาพ คุณลักษณะของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน แบบจำลองสีของภาพ และการพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพด้วยวิธีต่างๆ

2.1 ความหมายและจุดประสงค์ของการผสมภาพ

การผสมภาพ (Image Fusion) คือ กระบวนการในการสังเคราะห์ข้อมูลที่เราสนใจหรือต้องการจากภาพต่างๆ ที่มีจำนวนตั้งแต่สองภาพเป็นต้นไป โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ภาพหนึ่งภาพที่ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เราต้องการ โดยที่ข้อมูลที่ได้นั้นต้องมีความถูกต้องครบถ้วนและสมบูรณ์ อีกทั้งภาพผลที่ได้ยังต้องปราศจากข้อมูลที่ไม่พึงประสงค์ เช่น สัญญาณรบกวน อีกทั้งการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน (Multi-focus Image Fusion) ก็คือกระบวนการสังเคราะห์เพื่อนำเอาส่วนต่างๆ ของรูปภาพในบริเวณที่มีความชัดที่สุด จากภาพต่างๆ ที่มีการโฟกัสของภาพต่างกัน มาเพื่อสร้างเป็นภาพใหม่ที่มีความชัดเจนของภาพครบถ้วนทั้งภาพ สำหรับตัวอย่างกระบวนการผสมภาพแสดงดังในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของกระบวนการผสมภาพ

จากรูปที่ 2.1 เมื่อเราต้องการสังเคราะห์พื้นที่ภาพเฉพาะส่วนที่ชัดจากภาพที่ 1 และ 2 โดยเมื่อนำภาพอินพุตทั้งสอง ผ่านกระบวนการผสมภาพเราจะต้องได้ภาพผสมที่ประกอบด้วยพื้นที่ส่วนที่ชัดเท่านั้น

2.2 คุณสมบัติของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

โดยคุณสมบัติพื้นฐานของกล้องถ่ายภาพทั่วไป เมื่อเราทำการถ่ายภาพ เราจะมุ่งจับภาพไปที่วัตถุสิ่งของหรืออะไรก็ตามที่เราสนใจเท่านั้น ซึ่งจะเป็นผลให้เมื่อเราถ่ายภาพออกมาแล้วสิ่งๆ นั้นที่เราสนใจจะมีความคมชัด มากกว่าสิ่งที่เราไม่ได้สนใจ หรือกล่าวได้ว่าสิ่งที่เราสนใจนั้นมีลักษณะของภาพเป็นแบบอยู่ในโฟกัส (In focus) และสิ่งที่เราไม่ได้สนใจนั้นมีลักษณะของภาพเป็นแบบอยู่นอกโฟกัส (Out of focus) ดังนั้นกล่าวโดยสรุปก็คือ คุณสมบัติของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันก็คือภาพๆ หนึ่งที่มีความชัดของส่วนต่างๆ ภายในภาพต่างกันหรือมีระดับการโฟกัสภายในภาพนั้นๆ ต่างกันนั่นเอง ตัวอย่างและลักษณะของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างและลักษณะของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

(ก) วัตถุ (กระป๋อง) อยู่ในโฟกัส (ข) วัตถุ (กระป๋อง) อยู่นอกโฟกัส

2.3 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพ

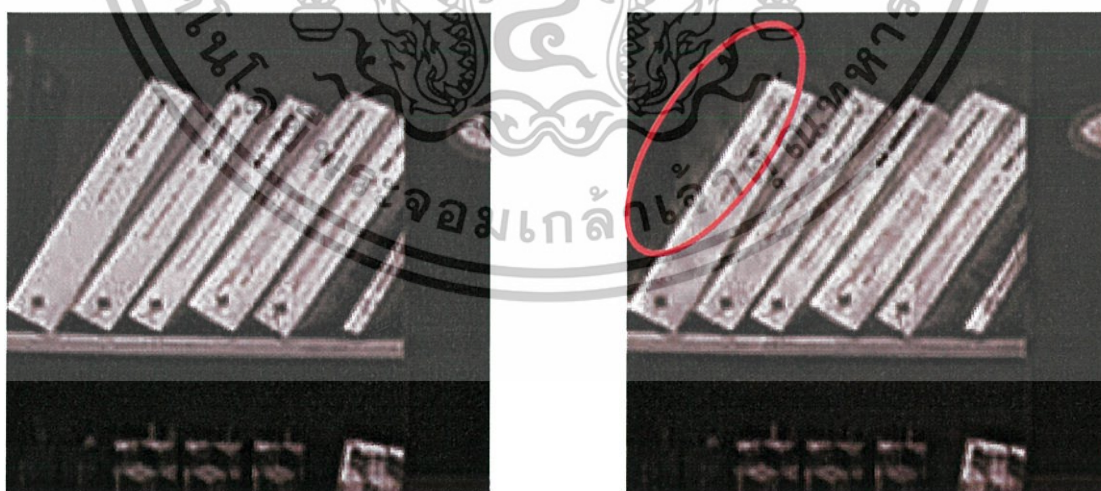
การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพ กล่าวง่าย ๆ ก็คือการพิจารณาหาพื้นที่ของภาพในบริเวณที่มีความชัดเจนหรือความคมชัดมากที่สุด ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของกระบวนการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน เนื่องจากเป็นส่วนที่จะสังเคราะห์พื้นที่ภาพที่มีความคมชัดมากที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการสร้างภาพผสมที่ต้องการ ดังนั้น คุณภาพของภาพผสมที่ได้จะดีหรือไม่ดี ก็จะขึ้นอยู่กับวิธีการพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพด้วยเช่นกัน โดยการพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพทำให้คุณภาพของภาพผสมที่ค่อนข้างดีและนิยมใช้ในงานด้านการผสมภาพนั้น หลักๆ แล้วจะมีอยู่ 2 แบบ โดยแบบแรก คือ การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพที่ผ่านการทรานส์ฟอร์ม เช่น Laplacian pyramid Transform [1-3] Ratio pyramid Transform [1-3] Discrete Wavelet Transform[3-6] และอีกแบบก็คือวิธีการพิจารณาโดยใช้ค่าปริภูมิเชิงความถี่ (Spatial Frequency Measurement)[7,8] ซึ่งทั้งสองแบบก็จะมีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันไป เป็นผลให้ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจุดเด่นของการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์นั้นคือผลลัพธ์ที่ได้จะปราศจากปัญหาเรื่องบล็อกสีเหลี่ยม (Blocking artifact) ตัวอย่างดังรูปที่ 2.3 (พื้นที่ในบริเวณที่ถูกวง) แต่จะมีปัญหาในบริเวณส่วนที่เป็นขอบของภาพเป็นฟันเลื่อย (Saw-tooth Edge) แทน ซึ่งเป็นผลมาจากขั้นตอนในการคำนวณแซมปลิงข้อมูลในกระบวนการแปลงคิสตรีตเวฟเลท ตัวอย่างดังรูปที่ 2.4 (พื้นที่ในบริเวณที่ถูกวง) ในทางตรงข้ามวิธีการพิจารณาโดยใช้ค่าปริภูมิเชิงความถี่นั้นจะไม่ก่อปัญหาเรื่องขอบภาพเป็นฟันเลื่อยแต่จะเกิดปัญหาเรื่องบล็อกสีเหลี่ยมของภาพแทน



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างภาพต้นฉบับและภาพที่เกิดปัญหาแบบบล็อกสีเหลี่ยม
(ก) รูปภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่เกิดปัญหาแบบบล็อกสีเหลี่ยม



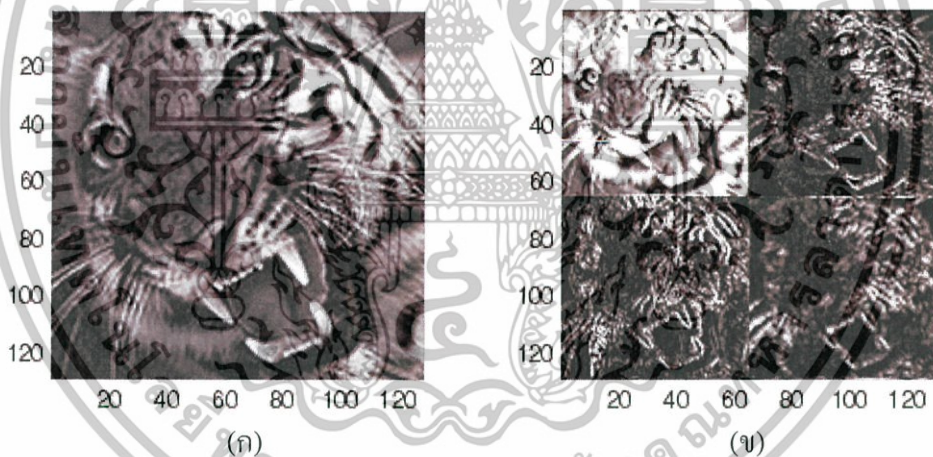
รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างภาพต้นฉบับและภาพที่เกิดปัญหาแบบฟันเลื่อย
(ก) รูปภาพต้นฉบับ (ข) ภาพที่เกิดปัญหาแบบฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพด้วยดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม (Discrete

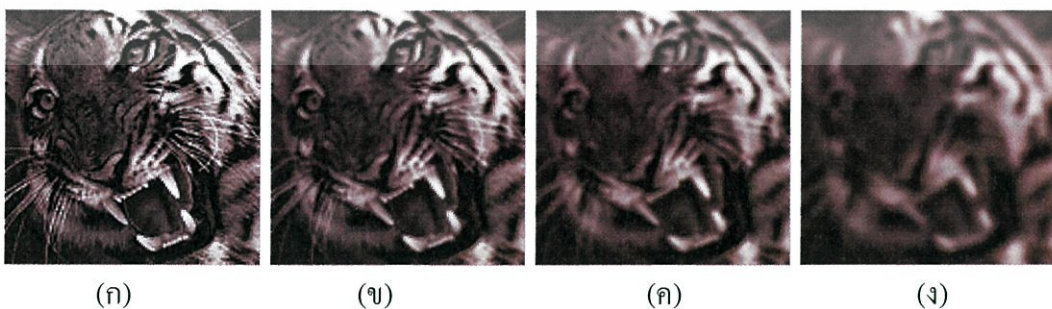
Wavelet Transform) [4-6]

หากเราพิจารณาภาพที่มีระดับโฟกัสภายในภาพต่างกันด้วยสายตาแล้วเราจะสามารถบอกได้ว่าบริเวณไหนของภาพที่อยู่ในโฟกัส แต่ทั้งนี้หากเราพิจารณาในระดับพิกเซลโดยอาศัยค่าในแต่ละพิกเซลของภาพแล้วเราจะไม่สามารถบอกได้ว่าค่าในพิกเซลใดที่มีระดับการโฟกัสที่ดี เนื่องจากโดยปกติแล้วค่าที่อยู่ในแต่ละพิกเซลนั้นจะบ่งบอกถึงค่าระดับความเข้มเทาหรือระดับสีของภาพเพียงเท่านั้น ดังนั้น กระบวนการทรานส์ฟอร์มภาพเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในในแต่ละพิกเซล ด้วยการใช้ดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์มแบบสองมิติจึงได้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน[5] เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มนั้นจะสามารถบ่งบอกถึงระดับการโฟกัสของภาพได้ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่มากที่สุดนั้นจะบ่งบอกถึงระดับการโฟกัสที่มากที่สุด ในกรณีเดียวกันหาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทของรูปภาพในทุกแบนด์ย่อยมีค่าน้อยก็หมายความว่าระดับการโฟกัสก็น้อยตามไปด้วย [4-6] โดยตัวอย่างผลลัพธ์จากการแปลงดีสครีตเวฟเลทแสดงดังในรูปที่ 2.5 และตัวอย่างภาพที่มีระดับโฟกัสต่างกันพร้อมค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลท (ส.ป.ส.) ของแต่ละภาพนั้นแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดีสครีตเวฟเลทสองมิติ

(ก) ภาพต้นฉบับขนาด 128×128 พิกเซล (ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงดีสครีตเวฟเลท



รูปที่ 2.6 ภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ภาพต้นฉบับ มีค่า ส.ป.ส. = 443.309

(ข) ภาพถูกทำให้เบลคด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 0.5 และมีค่า ส.ป.ส. = 172.412

(ค) ภาพถูกทำให้เบลคด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 1.0 และมีค่า ส.ป.ส. = 77.882

(ง) ภาพถูกทำให้เบลคด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 2.0 และมีค่า ส.ป.ส. = 30.398

โดยค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์เวฟเลขของทั้ง 4 แบนด์ย่อย ที่การแปลงเวฟเลขระดับ 1

2.3.2 การพิจารณาพื้นที่โฟกัสของภาพโดยใช้ค่าปริภูมิเชิงความถี่ (Spatial Frequency Measurement) [7,8]

ค่าเชิงปริภูมิความถี่ หรือค่าเอสเอฟเอ็ม (Spatial Frequency Measurement, SFM) คือ การวัดคุณสมบัติของภาพ โดยคำนวณหาค่าความแตกต่างของระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกันในแต่ละแนวระดับ สำหรับค่าเอสเอฟเอ็มในแต่ละภาพนั้นจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับรายละเอียดที่มีอยู่ในภาพ ยิ่งรายละเอียดของภาพมีมากค่าเอสเอฟเอ็มก็จะมีค่ามากตามไปด้วยและภาพที่มีรายละเอียดของภาพน้อยหรือลักษณะของภาพเป็นลักษณะที่มีสีหรือความสว่างของภาพเท่าๆกันทั้งภาพ ก็จะให้ค่าเอสเอฟเอ็มน้อย สำหรับสมการในการพิจารณาค่าเอสเอฟเอ็มของภาพ I ที่มีขนาดบล็อกเท่ากับ $M \times N$ แสดงดังสมการที่ (2.1 – 2.5) ซึ่งค่าเอสเอฟเอ็มนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อบ่งบอกถึงรูปภาพที่มีโฟกัสต่างๆ กันได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.7

$$RF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=2}^N [I(i, j) - I(i, j-1)]^2} \quad (2.1)$$

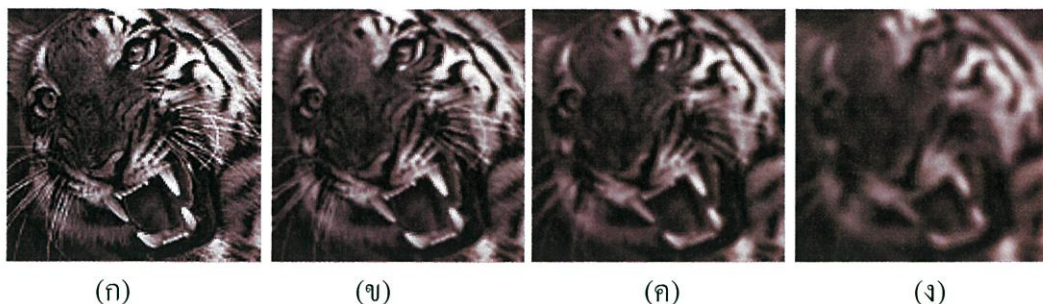
$$CF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=2}^M [I(i, j) - I(i-1, j)]^2} \quad (2.2)$$

$$MDF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=2}^M \sum_{j=2}^N [I(i, j) - I(i-1, j-1)]^2} \quad (2.3)$$

$$SDF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=2}^M [I(i, j) - I(i-1, j+1)]^2} \quad (2.4)$$

$$SF = \sqrt{(RF)^2 + (CF)^2 + (MDF)^2 + (SDF)^2} \quad (2.5)$$

เมื่อ RF, CF, MDF, SDF, SF คือ ค่าเอสเอฟเอ็มในทิศทางแนวนอน แนวตั้ง แนวทแยงหลัก แนวทแยงรองและค่าเอสเอฟเอ็มของทั้งทุกแนวระดับ ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 แสดงแสดงภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์

(ก) ภาพต้นฉบับ มีค่า เอสเอฟเอ็ม = 34.328

(ข) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 0.5 และมีค่า เอสเอฟเอ็ม = 19.019

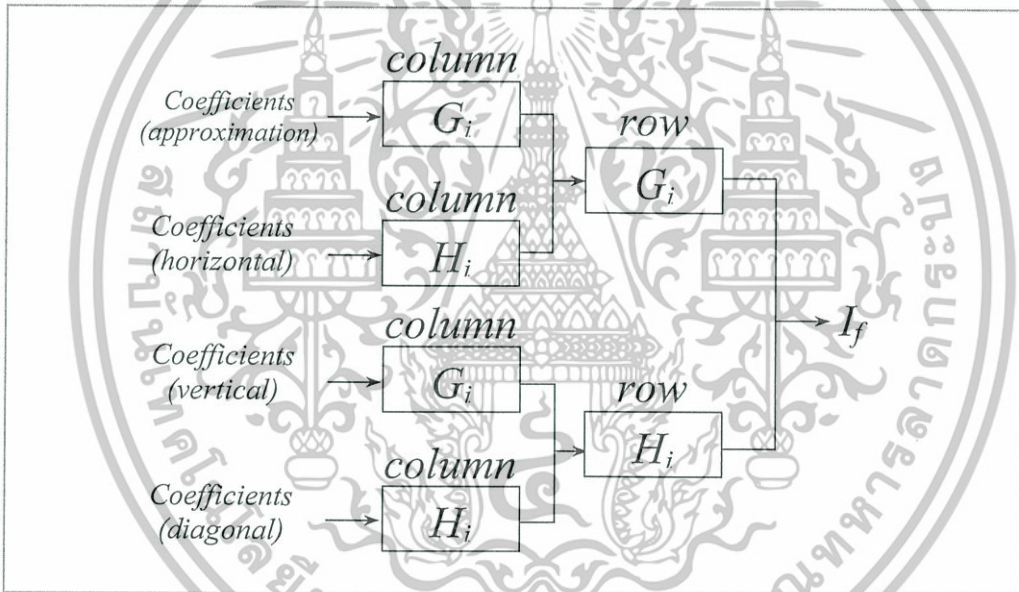
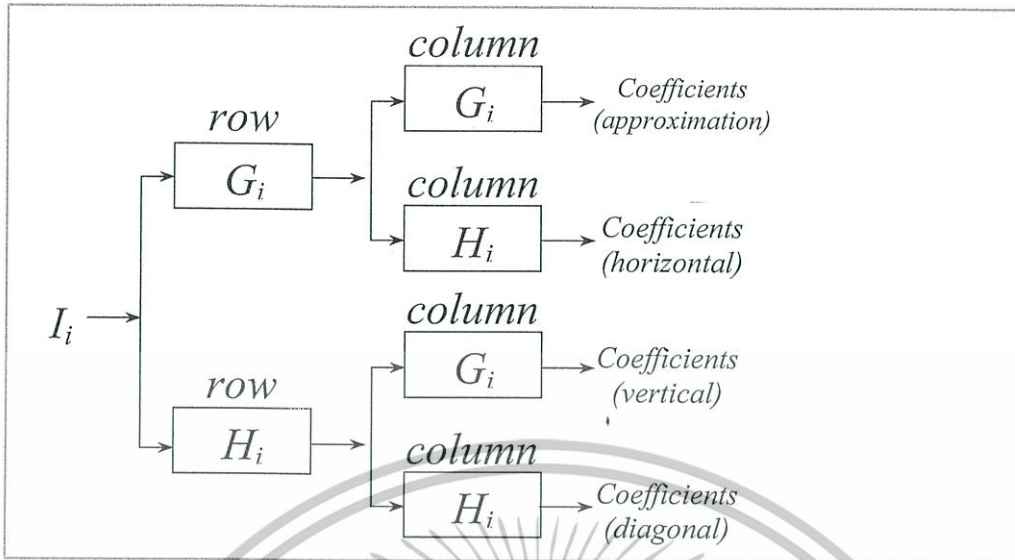
(ค) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 1.0 และมีค่า เอสเอฟเอ็ม = 13.1914

(ง) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 2.0 และมีค่า เอสเอฟเอ็ม = 7.591

โดยค่าเอสเอฟเอ็มของแต่ละภาพสามารถหาได้โดยใช้สมการ (2.1-2.5)

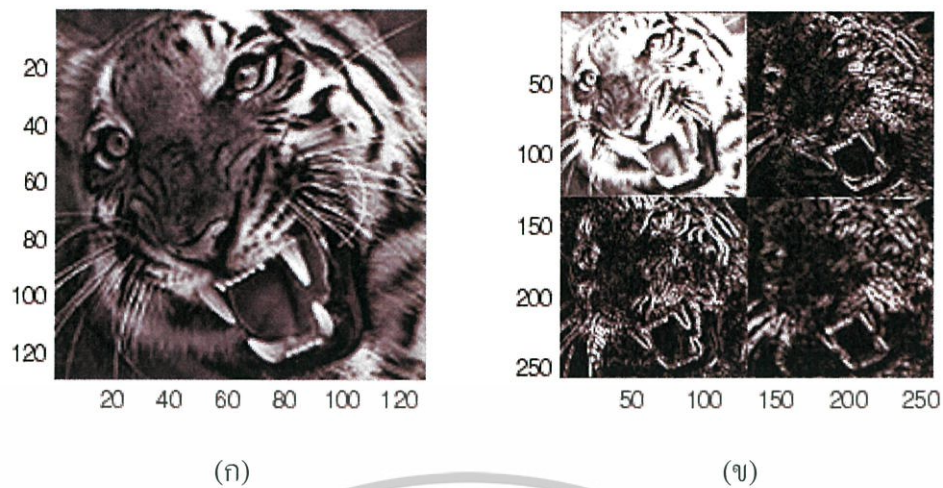
2.4 สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม (Stationary Wavelet Transform)

สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม (Stationary Wavelet Transform) [9,10] นั้นมีรูปแบบในการทรานส์ฟอร์มที่คล้ายคลึงกับดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม กล่าวคือ เมื่อทำการทรานส์ฟอร์มสัญญาณรูปภาพอินพุตจะถูกแยกออกเป็นสัญญาณที่อยู่บนย่านความถี่ที่แตกต่างกันหรือแยกออกเป็นแบนด์ย่อย ทำให้เราสามารถเลือกพิจารณาได้ในแบนด์ที่เราต้องการหรือสนใจ จากนั้นเราจึงนำค่าสัมประสิทธิ์ในแบนด์ย่อยที่เราสนใจมาพิจารณาหาพื้นที่โฟกัสของภาพ สำหรับประเด็นที่แตกต่างกันระหว่างดีสครีตเวฟเลทและสเตชันนารีเวฟเลท คือ สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มจะไม่มีกระบวนการควมแซมปลิงข้อมูลหรือกล่าวได้ว่าข้อมูลในแต่ละแบนด์ย่อยที่ผ่านการทรานส์ฟอร์มมานั้นจะมีขนาดของสัมประสิทธิ์เวฟเลทเท่ากับขนาดของสัญญาณอินพุต เช่น ขนาดของสัญญาณภาพอินพุตมีขนาด 128×128 พิกเซล ขนาดของสัมประสิทธิ์เวฟเลทในแต่ละแบนด์ย่อยก็จะมีขนาด 128×128 ด้วยไม่ว่าจะทรานส์ฟอร์มกี่ระดับก็ตาม ซึ่งต่างจากการทรานส์ฟอร์มด้วยดีสครีตเวฟเลทที่ขนาดของสัมประสิทธิ์ในแต่ละแบนด์ย่อยนั้นจะมีขนาดของสัมประสิทธิ์ลดลงครึ่งหนึ่งในทุกระดับของการทรานส์ฟอร์มดังในรูปที่ 2.5 สำหรับกระบวนการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลทแบบสองมิติ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 แสดงดังรูปที่ 2.8 และตัวอย่างผลลัพธ์จากการแปลงสเตชันนารีเวฟเลทแสดงดังในภาพที่ 2.9 โดยค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่มีค่ามากนั้นบ่งบอกถึงการโฟกัสที่มากตามไปด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10



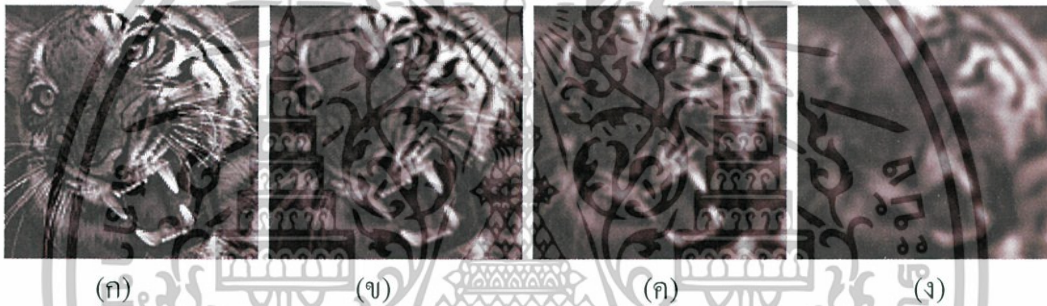
- เมื่อ I_i = ภาพอินพุต
 I_f = ภาพผลลัพธ์
 G_i = เวฟเลทฟิลเตอร์ทางความถี่ต่ำ (lowpass filter)
 H_i = เวฟเลทฟิลเตอร์ทางความถี่สูง (highpass filter)

รูปที่ 2.8 กระบวนการทรานส์ฟอร์มรูปภาพด้วยเวฟเลททรานส์ฟอร์ม แบบสองมิติ ที่ระดับ 1
 (ก) กระบวนการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลท แบบสองมิติ
 (ข) กระบวนการทรานส์ฟอร์มกลับด้วยสเตชันนารีเวฟเลท แบบสองมิติ



รูปที่ 2.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสแตชันนารีเวฟเลทสองมิติ

(ก) ภาพต้นฉบับขนาด 128×128 พิกเซล (ข) ภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงสแตชันนารีเวฟเลท



รูปที่ 2.10 ภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์

(ก) ภาพต้นฉบับ มีค่า ส.ป.ส. = 443.309

(ข) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 0.5 และมีค่า ส.ป.ส. = 172.412

(ค) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 1.0 และมีค่า ส.ป.ส. = 77.882

(ง) ภาพถูกทำให้เบลอด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ = 2.0 และมีค่า ส.ป.ส. = 30.398

โดยค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์เวฟเลทของแต่ละแบนด์ย่อย

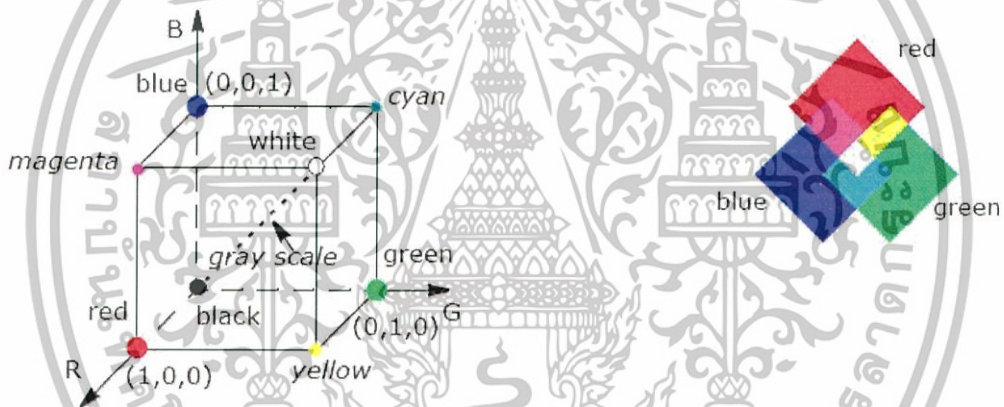
2.5 แบบจำลองสีของภาพ[14,15,18]

แบบจำลองสี คือ มาตรฐานในการกำหนดสีเพื่อใช้ในการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งแบบจำลองสีแต่ละแบบนั้นก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ส่วนภาพถ่ายดิจิทัลที่เราใช้งานกันในปัจจุบันหรือภาพถ่ายดิจิทัลที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัลนั้น โดยทั่วไปแล้วจะใช้แบบจำลองสีแบบ RGB เนื่องจากเป็นแบบจำลองสีที่ถูกใช้เพื่อแสดงผลข้อมูลบนจอภาพในระบบคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้แบบจำลองสีแต่ละแบบนั้นจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้แบบจำลองสีในการทดลองจำนวน 5 แบบดังนี้

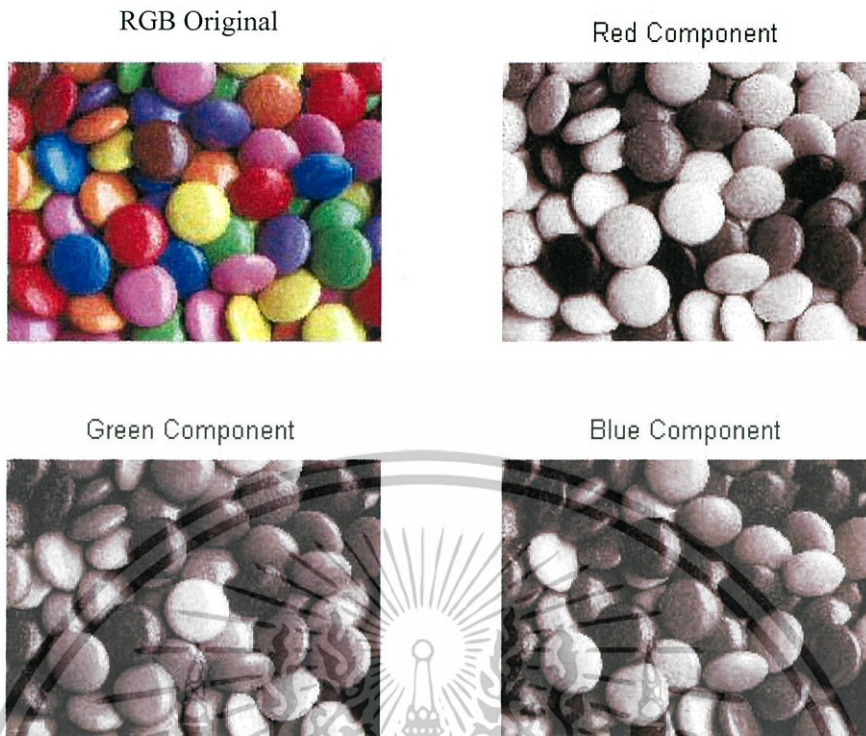
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสีนี้เป็นแบบจำลองของแม่สีหลัก 3 สี (Primary color) ซึ่งเป็นสีที่เกิดจากการรวมกันของแสง (Additive color) ประกอบด้วยสีที่สำคัญ 3 สีด้วยกัน ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ถูกนำมาใช้งานในด้านการแสดงผลข้อมูลบนจอภาพ รวมไปถึงการเก็บข้อมูลภาพในระบบคอมพิวเตอร์ แบบจำลองสีชนิดนี้สามารถทำให้เกิดสีได้จำนวนมากที่สุดใกล้เคียงกับสีที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ เราสามารถแสดงคุณสมบัติในการผสมสีของแบบจำลองสีนี้ได้ดังรูปที่ 2.11 โดยที่จุดกำเนิด $(R,G,B) = (0,0,0)$ จะเป็นสีดำ ส่วนที่ตำแหน่ง $(1,1,1)$ จะเป็นสีขาว ขณะที่ค่าตัวเลขในแต่ละแกนก็จะแสดงปริมาณความเข้มของสีแต่ละสี สำหรับการแสดงระดับสีที่เรียกว่าระดับเทา (Gray Scale) จะสามารถแสดงได้ในเส้นทแยงมุมจากจุดกำเนิด $(0,0,0)$ ที่มีสีค่าที่ตำแหน่ง $(1,1,1)$ สีขาว ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง RGB แสดงดังในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 แบบจำลองสี RGB



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง RGB

2.5.2 แบบจำลองสี YIQ

แบบจำลองสีแบบ YIQ จะประกอบด้วยแบนด์ค่าความเข้มแสงหรือ Luminance (Y) และแบนด์ข้อมูลของสี Chrominance 2 แบนด์ (I) (Q) โดยสมการในการแปลงแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี YIQ แสดงในสมการที่ (2.6-2.9) และการแปลงแบบจำลองสี YIQ เป็น RGB แสดงในสมการที่ (2.10-2.12) ตามลำดับ ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง YIQ แสดงดังในรูปที่ 2.13

$$\text{เมื่อ } r = \frac{R}{R+B+G}, g = \frac{G}{R+B+G}, b = \frac{B}{R+B+G} \quad (2.6)$$

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B \quad (2.7)$$

$$I = 0.569R - 0.275G - 0.321B \quad (2.8)$$

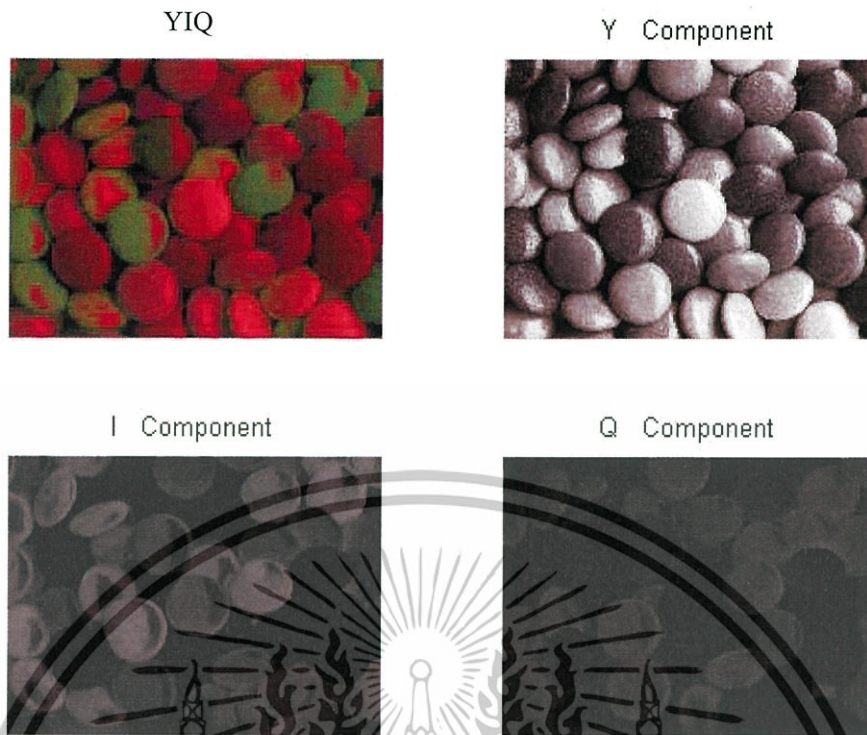
$$Q = 0.212R - 0.523G + 0.311B \quad (2.9)$$

$$R = Y + 0.956I + 0.621Q \quad (2.10)$$

$$G = Y - 0.272I - 0.647Q \quad (2.11)$$

$$B = Y - 1.105I + 1.702Q \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี YIQ

2.5.3 แบบจำลองสี HSV

แบบจำลองสีแบบ HSV จะประกอบด้วยแบนด์ค่าความเข้มแสงหรือ Value (V) และแบนด์ข้อมูลของสี 2 แบนด์ ได้แก่ Hue (H) และ Saturation (S) โดยสมการในการแปลงแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี HSV แสดงในสมการที่ (2.13-2.24) และสมการแปลงกลับแสดงดังในสมการที่ (2.25-2.35) ตามลำดับ ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง HSV แสดงดังในรูปที่ 2.14

$$\text{เมื่อ } r = \frac{R}{R+B+G}, g = \frac{G}{R+B+G}, b = \frac{B}{R+B+G} \quad (2.13)$$

และ

$$R' = \frac{MAX - r}{MAX - MIN} \quad (2.14)$$

$$G' = \frac{MAX - g}{MAX - MIN} \quad (2.15)$$

$$B' = \frac{MAX - b}{MAX - MIN} \quad (2.16)$$

โดย $MAX =$ ค่าที่มากที่สุดของ (r, g, b) , $MIN =$ ค่าที่น้อยที่สุดของ (r, g, b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX} \quad (2.17)$$

$$V = MAX \quad (2.18)$$

ในกรณีที่ $S=0$ ค่าของ Hue หรือ H จะไม่สามารถหาค่าได้หรือกล่าวได้ว่าภาพนั้นคือภาพในโทนสีเทา และในกรณีที่ $S \neq 0$ จะได้

$$H = (5 + B') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \text{ and } g = MIN \quad (2.19)$$

$$H = (1 - G') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \text{ and } g \neq MIN \quad (2.20)$$

$$H = (R' + 1) \times 60 \rightarrow \text{if } g = MAX \text{ and } b = MIN \quad (2.21)$$

$$H = (3 - B') \times 60 \rightarrow \text{if } g = MAX \text{ and } b \neq MIN \quad (2.22)$$

$$H = (3 + G') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \quad (2.23)$$

$$H = (5 - R') \times 60 \rightarrow \text{Otherwise} \quad (2.24)$$

สำหรับการแปลงกลับจากแบบจำลองสี HSV เป็น RGB จะมีสมการดังนี้

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor \quad (2.25)$$

$$f = \frac{H}{60} - H_i \quad (2.26)$$

$$p = V(1 - S) \quad (2.27)$$

$$q = V(1 - fS) \quad (2.28)$$

$$t = V(1 - (1 - f)S) \quad (2.29)$$

$$\text{if } H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p \quad (2.30)$$

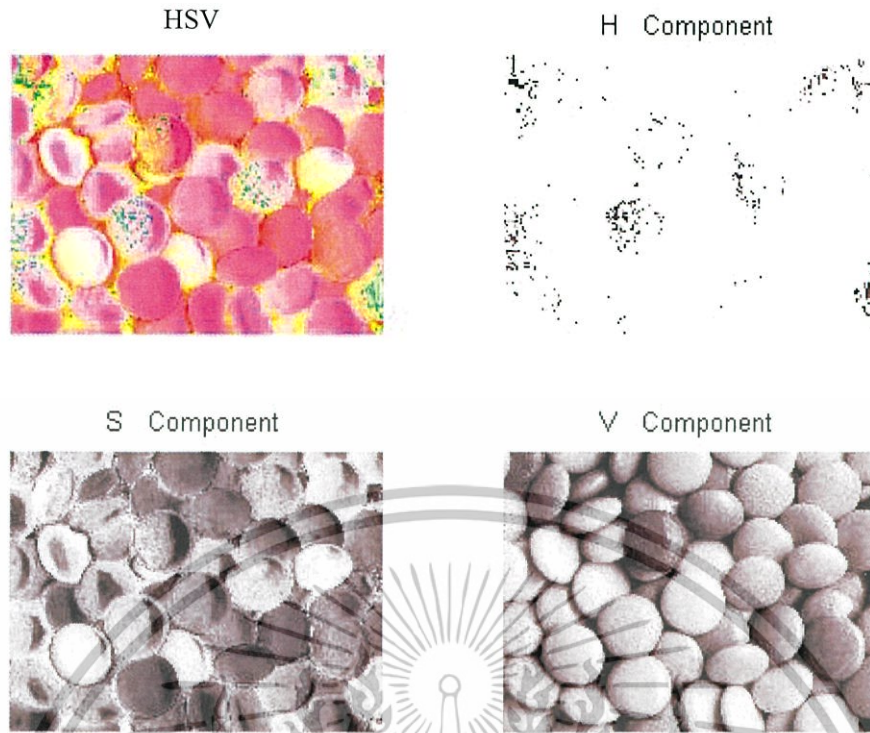
$$\text{if } H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p \quad (2.31)$$

$$\text{if } H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t \quad (2.32)$$

$$\text{if } H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = v \quad (2.33)$$

$$\text{if } H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = v \quad (2.34)$$

$$\text{if } H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q \quad (2.35)$$



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี HSV

2.5.4 แบบจำลองสีแบบ HSI

แบบจำลองสีแบบ HSI จะประกอบด้วยแบนด์ค่าความเข้มแสงหรือ Intensity (I) และแบนด์ข้อมูลของสี 2 แบนด์ ได้แก่ Hue (H) และ Saturation (S) โดยสมการในการแปลงแบบจำลองสี RGB เป็น แบบจำลองสี HSI แสดงในสมการที่ (2.36-2.41) และสมการแปลงกลับแสดงดังในสมการที่ (2.45-2.52) ตามลำดับ ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง HSI แสดงดังในรูปที่ 2.15

$$\text{เมื่อ } r = \frac{R}{R+B+G}, g = \frac{G}{R+B+G}, b = \frac{B}{R+B+G} \quad (2.36)$$

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \quad h \in [0, \pi] \text{ for } b \leq g \quad (2.37)$$

$$h = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \quad h \in [\pi, 2\pi] \text{ for } b > g \quad (2.38)$$

$$s = 1 - 3 \times \text{MIN}(r, g, b); \quad s \in [0, 1] \quad (2.39)$$

$$i = (R + G + B) / (3 \times 255) \quad i \in [0, 1] \quad (2.40)$$

$$H = h \times 180 / \pi; \quad S = s \times 100; \quad I = i \times 255 \quad (2.41)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการแปลงกลับจากแบบจำลองสี HSV เป็น RGB จะมีสมการดังนี้

$$h = H \frac{\pi}{180}; s = S/100; i = I/255 \tag{2.45}$$

$$x = i(1-s) \tag{2.46}$$

$$y = i \left[1 + \frac{s \cos(h)}{\cos(\pi/3 - h)} \right] \tag{2.47}$$

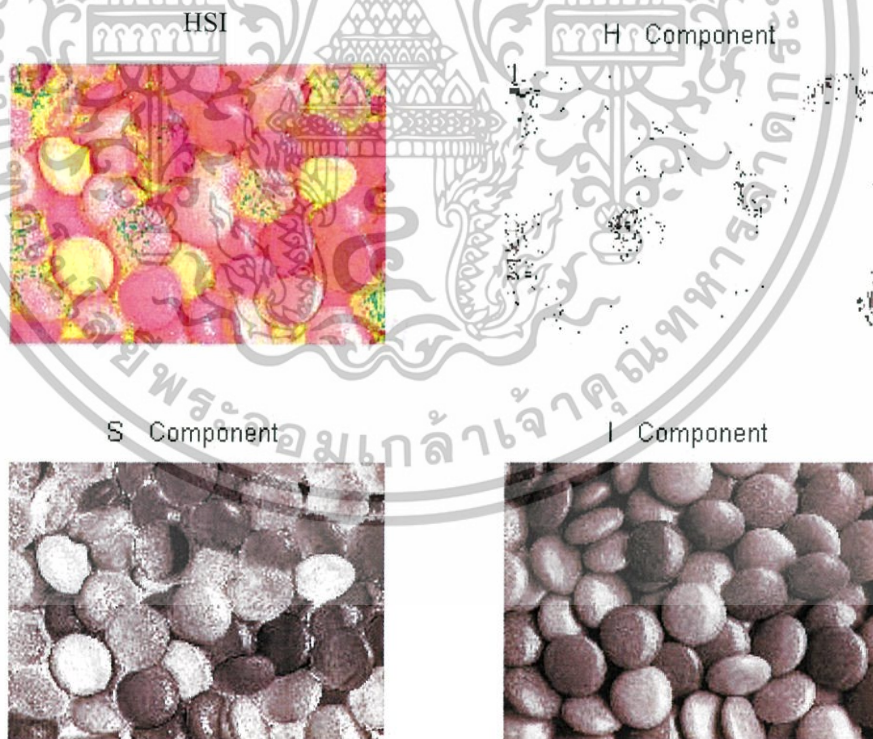
$$z = 3i - (x + y) \tag{2.48}$$

$$\text{if } h < 2\pi/3 \rightarrow b = x, r = y, g = z \tag{2.49}$$

$$\text{if } 2\pi/3 \leq h < 4\pi/3, h = h - 2\pi/3 \rightarrow r = x, g = y, b = z \tag{2.50}$$

$$\text{if } 4\pi/3 \leq h < 2\pi, h = h - 4\pi/3 \rightarrow g = x, b = y, r = z \tag{2.51}$$

$$R = r \times 255, G = g \times 255, B = b \times 255 \tag{2.52}$$



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี HSI

2.5.5 แบบจำลองสีแบบ YCbCr

แบบจำลองสีแบบ YCbCr จะประกอบด้วยแบนด์ค่าความเข้มแสงหรือ Luminance (Y) และแบนด์ข้อมูลของสี 2 แบนด์(Cb), (Cr)โดยสมการในการแปลงแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี YCbCr แสดงในสมการที่ (2.53-2.55) และสมการแปลงกลับแสดงดังในสมการที่ (2.56-2.58) ตามลำดับ ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลอง YCbCr แสดงดังในรูปที่ 2.16

$$Y' = 0.257 R + 0.504 G + 0.098 B + 16 \quad (2.53)$$

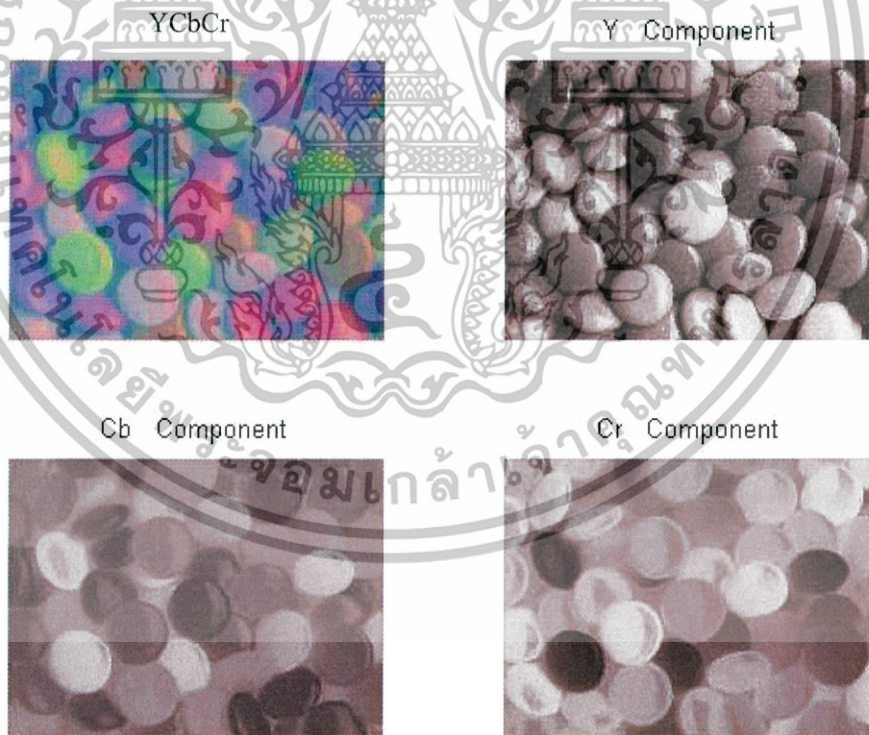
$$Cb' = -0.148 R - 0.291 G + 0.439 B + 128 \quad (2.54)$$

$$Cr' = 0.439 R - 0.368 G - 0.071 B + 128 \quad (2.55)$$

$$R' = 1.164(Y - 16) + 1.596(Cr - 128) \quad (2.56)$$

$$G' = 1.164(Y - 16) - 0.813(Cr - 128) - 0.392(Cb - 128) \quad (2.57)$$

$$B' = 1.164(Y - 16) + 2.017(Cb - 128) \quad (2.58)$$



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างภาพในแต่ละแบนด์สีของแบบจำลองสี YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

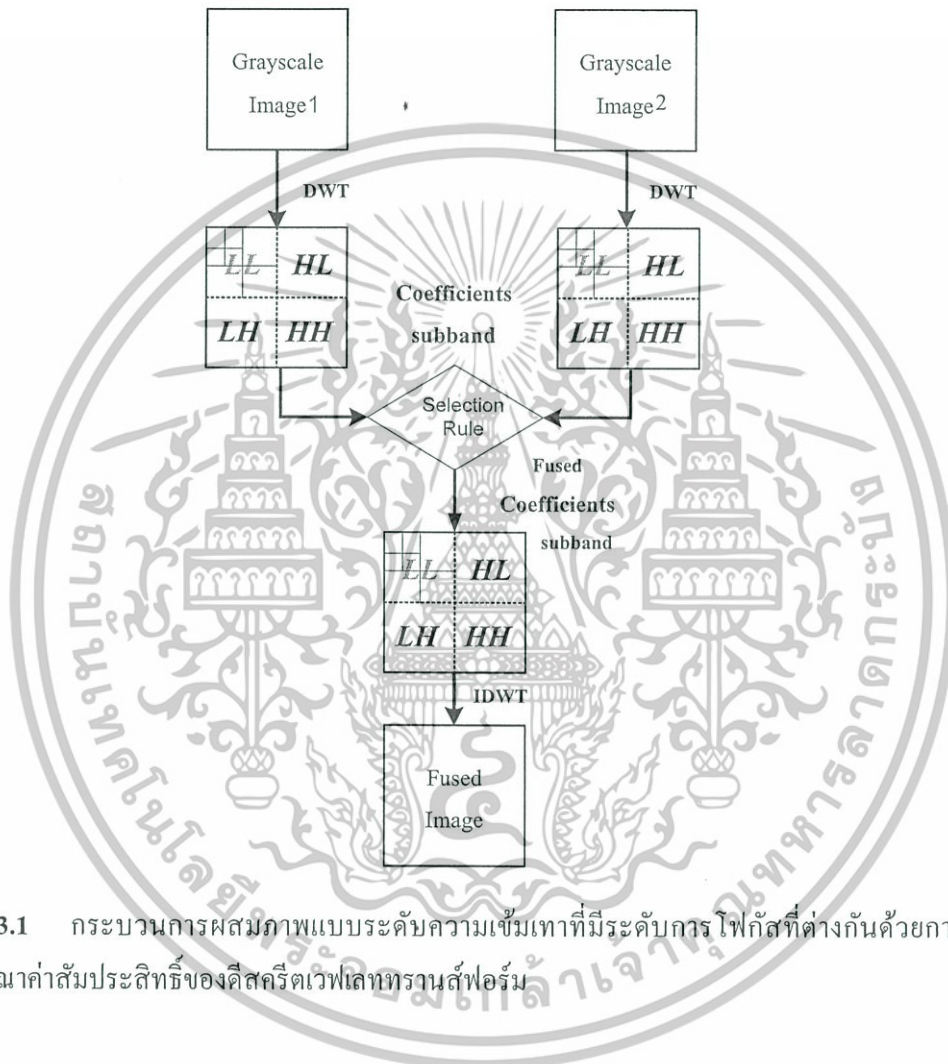
การผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทา ที่มีระดับการโฟกัสภายในภาพที่ต่างกัน โดยวิธีการผสมภาพด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 กระบวนการผสมภาพด้วยวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลทยังคงมีปัญหาในเรื่องของขอบภาพจะไม่ราบเรียบหรือมีลักษณะเป็นฟันเลื่อย และวิธีการภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียวก็จะมีปัญหาบดบังรายละเอียดในรูปภาพขึ้น ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ยังได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการผสมภาพโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์มและวิธีการผสมภาพโดยพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว เพื่อให้เห็นถึงกระบวนการผสมและผลกระทบต่อภาพผสมที่ได้จากวิธีการทั้งสอง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวพร้อมทั้งยังต้องทำให้ภาพผสมที่ได้มีข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์มากที่สุด



3.1 การผสมแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม

กระบวนการในการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์มแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม

จากรูปที่ 3.1 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์มมีขั้นตอนดังนี้

1. นำรูปอินพุตแบบระดับความเข้มเทาทั้งสองมาผ่านการทรานส์ฟอร์มด้วยดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ 3 (Decomposition Level: 3) เนื่องจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าการทรานส์ฟอร์มที่ระดับ 3 นั้นให้ผลการผสมภาพที่เหมาะสมที่สุด [5]

2. พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทของรูปภาพทั้งสองในแต่ละแบนด์ย่อยเพื่อนำไปใช้เป็นสัมประสิทธิ์สำหรับภาพผสม จากที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3.1 เราทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่มีค่ามากนั้นบ่งบอกถึงระดับการโฟกัสของภาพที่ดี ดังนั้น วิธีในการพิจารณาเลือกค่าสัมประสิทธิ์สำหรับภาพผสมนั้นหรือ Selection Rule สามารถพิจารณาได้ดังในสมการที่ (3.1) เมื่อ R คือแบนด์ย่อยในทิศทางแนวนอน (HL) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวตั้ง (LH) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวทแยง (HH) โดย j คือ ระดับของการทรานส์ฟอร์ม และ (m,n) คือ ตำแหน่งพิกเซลของสัมประสิทธิ์

$$\omega F_j^R(m,n) = \begin{cases} \omega A_j^R(m,n), & \text{if } \omega A_j^R(m,n) \geq \omega B_j^R(m,n) \\ \omega B_j^R(m,n), & \text{if } \omega A_j^R(m,n) < \omega B_j^R(m,n) \end{cases} \quad (3.1)$$

โดยที่ $\omega F_j^R(m,n)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทของภาพผสม

$\omega A_j^R(m,n)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของภาพอินพุตที่ 1

$\omega B_j^R(m,n)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของภาพอินพุตที่ 2

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ในแบนด์ทางด้านความถี่ต่ำ (LL) ของภาพผสมนั้นจะนำค่าเฉลี่ยของแบนด์ดังกล่าวจากภาพอินพุตที่ 1 และ 2 มาใช้ ดังในสมการที่ (3.2)

$$\omega F_j^{LL}(m,n) = \frac{\omega A_j^{LL}(m,n) + \omega B_j^{LL}(m,n)}{2} \quad (3.2)$$

3. ทำการแปลงดีสครีตเวฟเลทกลับด้วยค่าสัมประสิทธิ์จากในขั้นตอนที่ 2 เพื่อให้ได้ภาพผสมแบบระดับความเข้มเทา

สำหรับตัวอย่างของภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดีสครีตเวฟเลทแสดงดังในรูปที่ 3.2



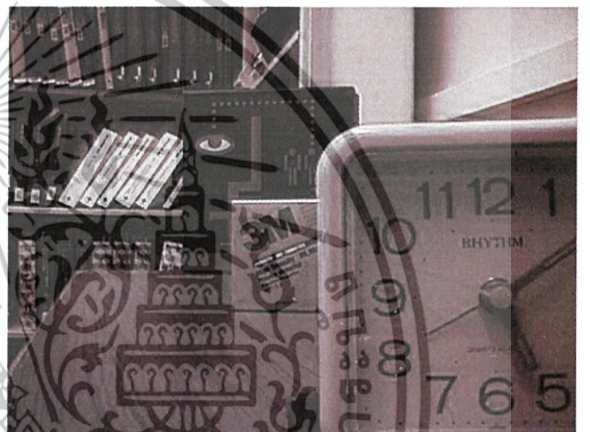
(ก)



(ข)



(ค)

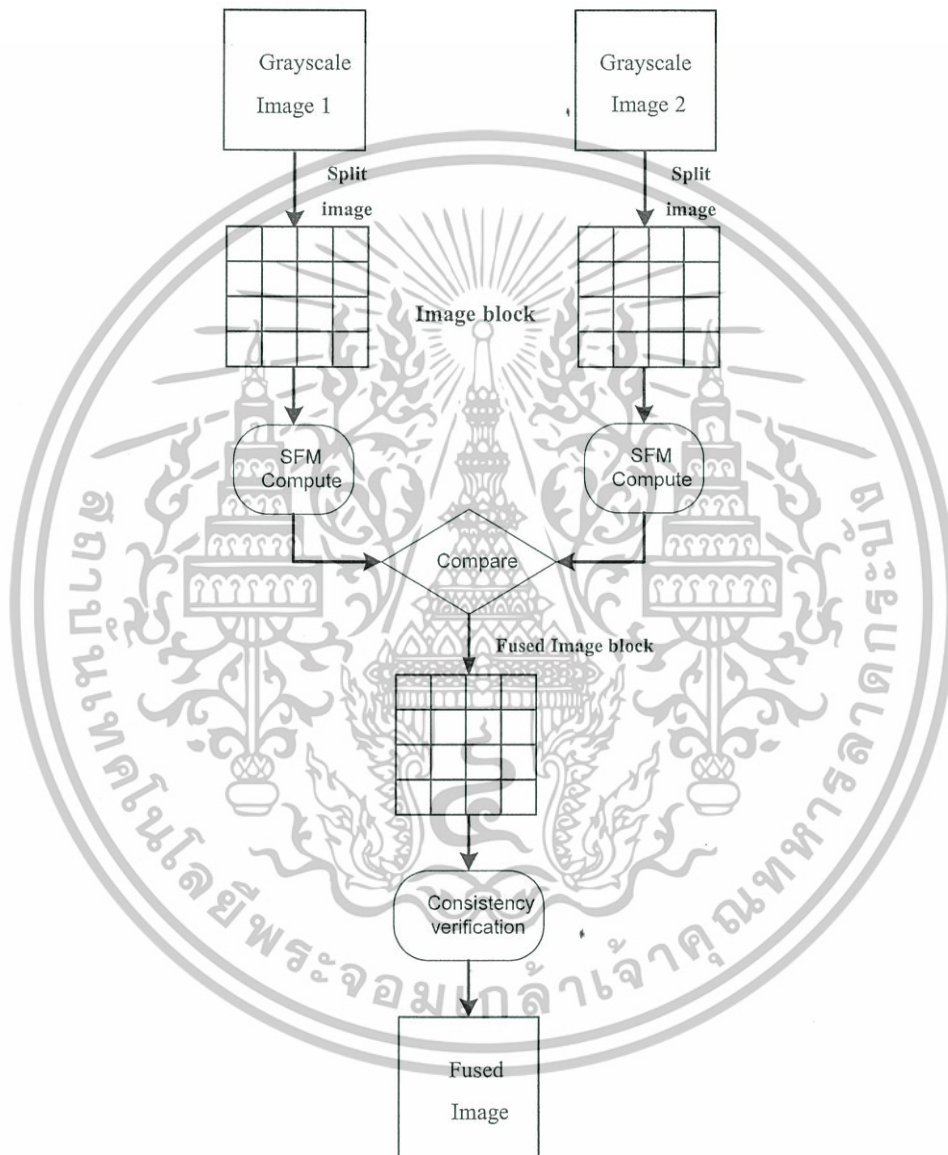


(ง)

รูปที่ 3.2 ภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดิคริตเวฟเลท
ที่ระดับ 3 โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4) [11-13]
(ก) ภาพทดสอบโฟกัสด้านขวา (ข) ภาพทดสอบโฟกัสด้านซ้าย
(ค) ภาพต้นฉบับ (ง) ภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดิคริตเวฟเลท

3.2 การผสมแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

กระบวนการในการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

จากรูปที่ 3.3 กระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ มีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งรูปภาพอินพุตทั้งสองออกเป็นบล็อกย่อย ขนาด $(M \times N)$ โดยกำหนดให้ตำแหน่งของบล็อกย่อยที่ตำแหน่ง i th ของภาพอินพุตที่ 1 และ 2 แทนด้วย A_i และ B_i ตามลำดับ

2. ทำการคำนวณหาค่าปริภูมิเชิงความถี่ในแต่ละบล็อกย่อยทั้งหมด ในที่นี้กำหนดให้ SFA_i และ SFB_i คือ ค่าปริภูมิเชิงความถี่ ณ ตำแหน่งบล็อก i ของภาพอินพุตที่ 1 และ ภาพอินพุตที่ 2 ตามลำดับ โดยสมการที่ใช้หาค่าปริภูมิเชิงความถี่ของแต่ละบล็อกย่อยเป็นไปตามสมการที่ (3.3 - 3.5) ตามลำดับ

$$RF_i = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=2}^N [I_i(i, j) - I_i(i, j-1)]^2} \quad (3.3)$$

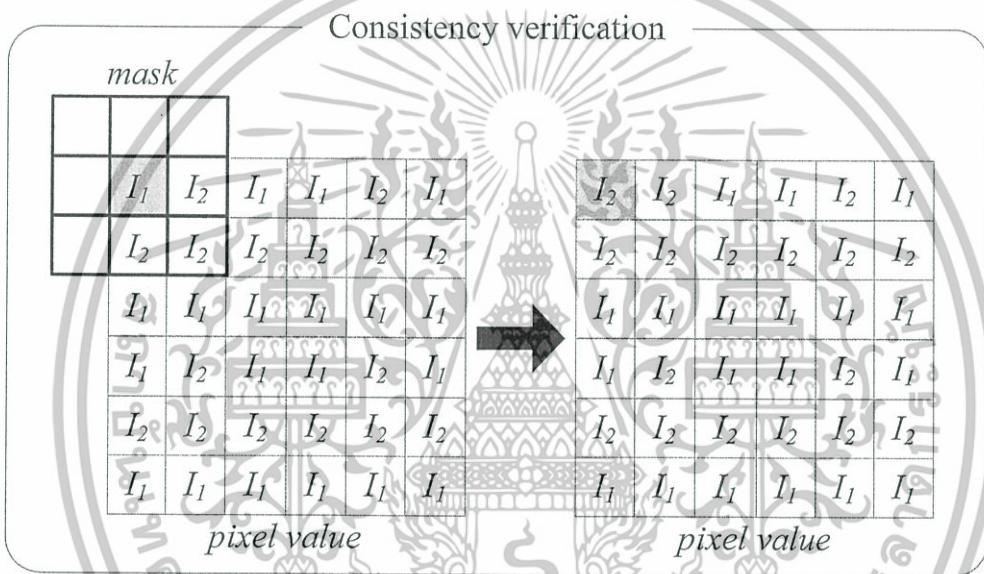
$$CF_i = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=2}^M [I_i(i, j) - I_i(i-1, j)]^2} \quad (3.4)$$

$$SF_i = \sqrt{(RF_i)^2 + (CF_i)^2} \quad (3.5)$$

3. พิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ของแต่ละบล็อกย่อย A_i และ B_i เพื่อเลือกพื้นที่บล็อกย่อยที่จะนำไปใช้สำหรับภาพผสม ซึ่งขั้นตอนในการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ของแต่ละบล็อกย่อยนั้นเป็นไปตามสมการที่ (3.6) โดยที่ F_i คือพื้นที่ของบล็อกย่อยที่ i ของภาพผสม

$$F_i = \begin{cases} A_i, & SF_i^A > SF_i^B \\ B_i, & SF_i^A < SF_i^B \\ \frac{(A_i + B_i)}{2}, & otherwise \end{cases} \quad (3.6)$$

4. ตรวจสอบความถูกต้องของค่าในแต่ละพิกเซลของภาพผสมจากในขั้นตอนที่ 3 ด้วย มาตรฐานขนาด 3×3 โดยมีหลักในการตรวจสอบ คือ ในกรณีที่ค่าในพิกเซลที่อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าที่ได้จากรูปอินพุต 1 แต่ค่าในพิกเซลทุกตำแหน่งที่อยู่โดยรอบจุดกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าที่ได้จากรูปอินพุต 2 แล้วจะทำการเปลี่ยนค่าในพิกเซล ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์ให้เป็นค่าที่ตำแหน่งเดียวกันของรูปอินพุตที่ 2 ในกรณีเดียวกันหากค่าในพิกเซลที่อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าที่ได้จากรูปอินพุตที่ 2 ก็จะทำการเปลี่ยนค่าในพิกเซล ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์ให้เป็นค่าที่ตำแหน่งเดียวกันของรูปอินพุต 1 แทน ตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องของค่าในแต่ละพิกเซลของภาพผสม แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องของค่าในแต่ละพิกเซลของภาพผสม [7]

* สำหรับตัวอย่างของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ และใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 แสดงดังในรูปที่ 3.5



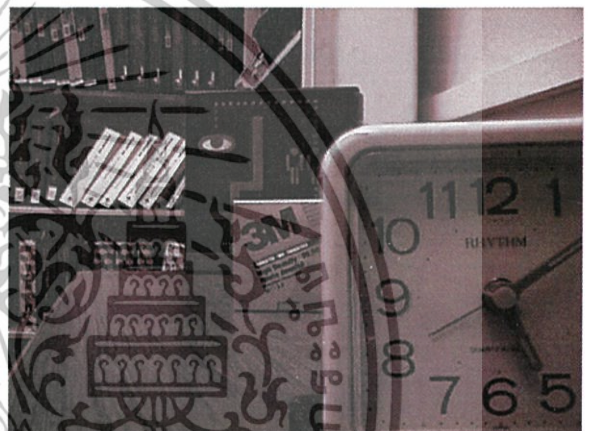
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

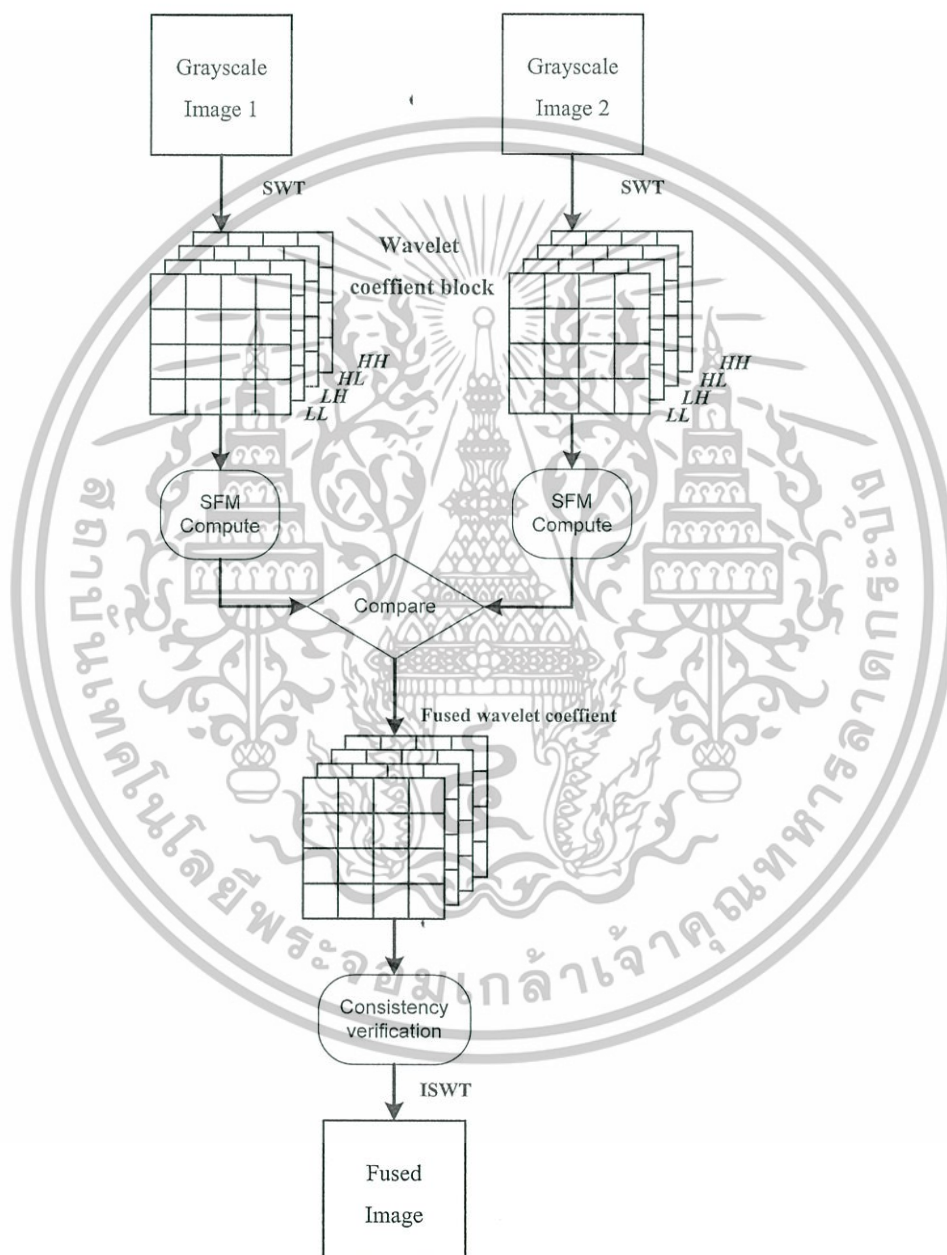
รูปที่ 3.5 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับความเข้มเท่าที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ และใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8

(ก) ภาพทดสอบไฟกัสด้านขวา (ข) ภาพทดสอบไฟกัสด้านซ้าย

(ค) ภาพต้นฉบับ (ง) ภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

3.3 การผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

กระบวนการในการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 กระบวนการผสมภาพระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

จากรูปที่ 3.6 ขั้นตอนในการผสมภาพมีขั้นตอนดังนี้

1. นำรูปอินพุตแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับ โฟกัสที่ต่างกัน มาผ่านกระบวนการแปลงสเกลชันนารีเฟลททรานส์ฟอร์มที่ระดับ 1 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลขของรูปอินพุตทั้งสอง

2. ทำการแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ในแต่ละแบนด์ย่อยของแต่ละรูปอินพุต ออกเป็นบล็อกย่อยๆ ที่ขนาด $M \times N$ ในที่นี้กำหนดให้ ωA_i^s ωB_i^s คือ บล็อกย่อยของสัมประสิทธิ์เวฟเลขของรูปอินพุตที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยที่ $i =$ ลำดับของบล็อกย่อย และ $s =$ แบนด์ย่อย ซึ่งประกอบไปด้วยแบนด์ย่อยทางด้านความถี่ต่ำ (LL) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวนอน (HL) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวตั้ง (LH) และแบนด์ย่อยในทิศทางแนวทแยง (HH)

3. คำนวณค่าปริภูมิเชิงความถี่ของแต่ละบล็อกย่อยสัมประสิทธิ์ ωA_i^s และ ωB_i^s ด้วยสมการที่ (2.1-2.5) โดยหากเป็นแบนด์ย่อยในทิศทางแนวนอน (HL) ใช้สมการที่ (2.1) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวตั้ง (LH) ใช้สมการที่ (2.2) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวทแยง (HH) ใช้ผลรวมจากสมการที่ (2.3) และ (2.4) ส่วนในแบนด์ย่อยทางด้านความถี่ต่ำ (LL) นั้นจะใช้สมการที่ 2.5

4. พิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ของ ωA_i^s และ ωB_i^s เพื่อเลือกค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลขที่จะนำไปใช้สำหรับภาพผสม โดยมีสมการที่ใช้ในการพิจารณา คือ

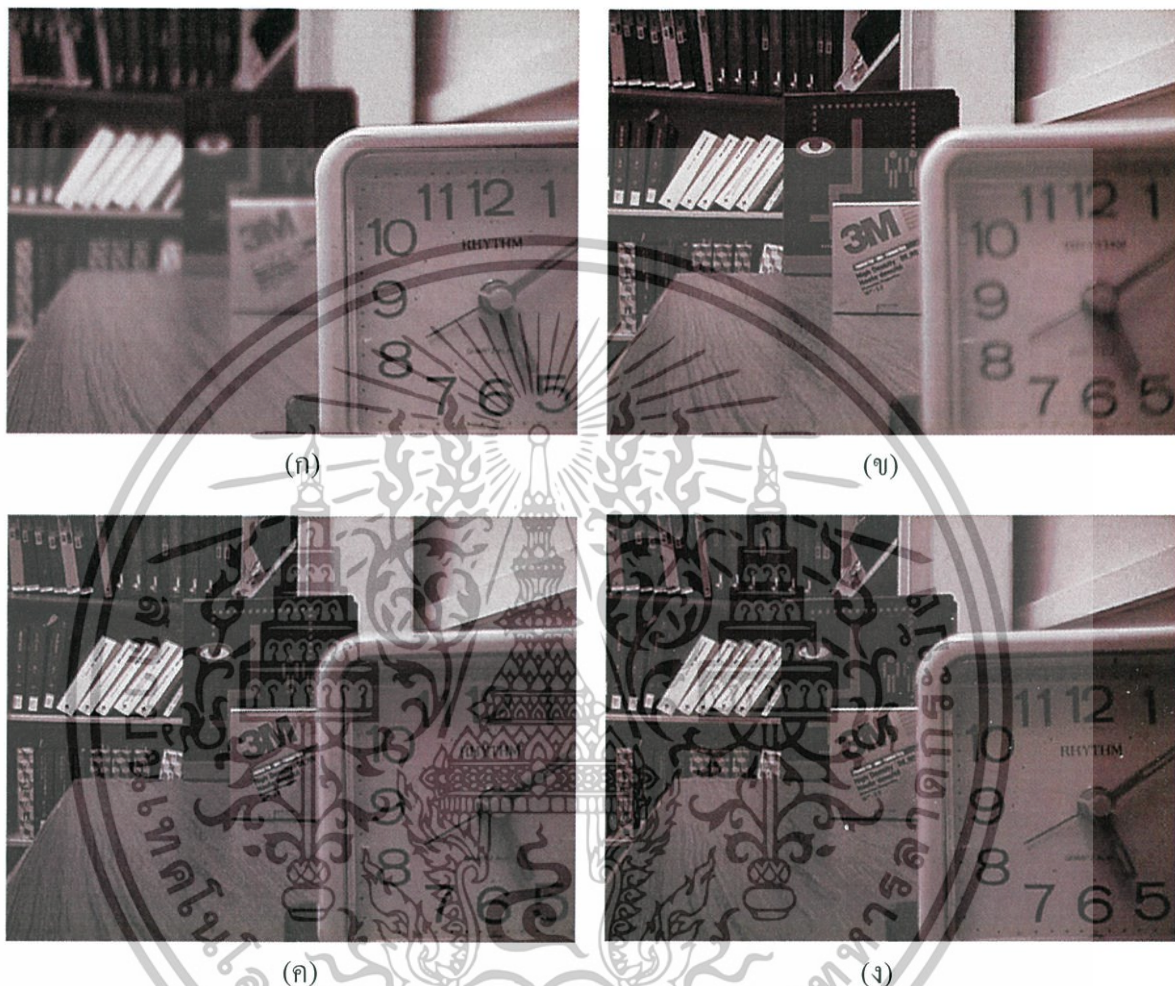
$$\omega F_i^s = \begin{cases} \omega A_i^s, & SF \omega A_i^s > SF \omega B_i^s \\ \omega B_i^s, & SF \omega A_i^s < SF \omega B_i^s \\ \frac{\omega A_i^s + \omega B_i^s}{2}, & otherwise \end{cases} \quad (3.7)$$

โดยที่ ωF_i^s คือค่าสัมประสิทธิ์สำหรับภาพผสม $SF \omega A_i^s$ และ $SF \omega B_i^s$ คือค่าค่าปริภูมิเชิงความถี่ของบล็อกสัมประสิทธิ์จากรูปอินพุต 1 และ 2 ตามลำดับ

5. ตรวจสอบความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์ของภาพผสมจากในขั้นตอนที่ 4 ด้วยมาสก์ขนาด 3×3 โดยมีหลักในการตรวจสอบคือ ในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าที่ได้จากรูปอินพุต 1 แต่ค่าที่อยู่โดยรอบจุดกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าสัมประสิทธิ์จากรูปอินพุต 2 แล้วจะทำการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์ให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของรูปอินพุต 2 ในกรณีเดียวกันหากค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์เป็นค่าที่ได้จากรูปอินพุต 2 จะทำการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของมาสก์ให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของรูปอินพุต 1 แทน

6. ทำการแปลงเวฟเลขกลับด้วยค่าสัมประสิทธิ์จากในขั้นตอนที่ 5 เพื่อให้ได้ภาพผสม

สำหรับตัวอย่างของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ด้วยการเลือกใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4) แสดงดังในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ด้วยการเลือกใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4) [11-13]

(ก) ภาพทดสอบโฟกัสด้านขวา (ข) ภาพทดสอบโฟกัสด้านซ้าย (ค) ภาพต้นฉบับ

(ง) ภาพผสมที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

3.4 การประเมินคุณภาพของผสมแบบระดับความเข้มเทา

ในการประเมินคุณภาพของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทานั้น ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการเปรียบเทียบถึงระดับความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลภาพภาพผสมที่ได้กับภาพอ้างอิง ซึ่งในที่นี้เราตั้งสมมติฐานว่าเป็นภาพที่มีระดับการโฟกัสที่เท่ากันทั้งภาพ เนื่องจากกระบวนการที่ใช้สำหรับการประเมินคุณภาพของภาพผสมในปัจจุบันนั้นมีขั้นตอนในการคำนวณที่ยุ่งยากและซับซ้อน อีกทั้งการประเมินคุณภาพของภาพผสมโดยการประเมินแบบซับเจกทีฟ (Subjective Measurements) นั้นเป็นการประเมินโดยการคาดคะเนด้วยสายตาของมนุษย์ซึ่งจะมีระดับความคลาดเคลื่อนที่ไม่แน่นอน ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เลือกใช้ตัวประเมินคุณภาพแบบออปเจกทีฟ (Objective Measurements) ที่เป็นตัววัดมาตรฐานซึ่งนิยมใช้ในการประเมินคุณภาพของภาพ คือ พีคซิกแนลทูนอยส์เรโซ (Peak Signal to Noise Ratio) นอกจากนี้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังใช้การประเมินคุณภาพโดยการวัดขอบภาพ (Edges Measurement) ร่วมในการประเมินคุณภาพของภาพผสมด้วย

3.4.1 พีคซิกแนลทูนอยส์เรโซ (Peak Signal to Noise Ratio) หรือ พีเอสเอ็นอาร์ (PSNR)

ค่าพีเอสเอ็นอาร์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังสูงสุดที่เป็นไปได้ของสัญญาณอินพุตต่อกำลังของสัญญาณรบกวน โดยหน่วยของค่าพีเอสเอ็นอาร์ คือ เดซิเบล (Decibel, dB) สำหรับภาพแบบระดับความเข้มเทาจะมีการเก็บข้อมูลของภาพที่ระดับความละเอียด 8 บิตต่อพิกเซล (8 bit/pixel) ดังนั้นค่าของพีเอสเอ็นอาร์จะเป็นไปตามสมการที่ (3.8) ซึ่งค่าพีเอสเอ็นอาร์ที่มากบ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่ดี

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \text{ dB} \quad (3.8)$$

เมื่อ MSE คือ ค่าผลต่างกำลังสองเฉลี่ยหรือค่ามีนสแควร์เออร์เรอร์ (Mean Square Error) ซึ่งเป็นไปตามสมการดังนี้คือ

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [f(m,n) - f'(m,n)]^2 \quad (3.9)$$

- โดยที่ M คือ ขนาดความกว้างของภาพ
 N คือ ขนาดความยาวของภาพ
 $f(m,n)$ คือ ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง (m,n) ของภาพอ้างอิง
 $f'(m,n)$ คือ ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง (m,n) ของภาพผสม

3.4.2 การวัดค่าของขอบภาพ (Edge Measurement)

จุดสังเกตที่เห็นได้ชัดของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันก็คือขอบภาพในบริเวณภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ดีมักจะมีความชัดเจนของขอบภาพมากกว่าขอบภาพในพื้นที่ของภาพที่มีระดับการโฟกัสที่ต่ำ ดังนั้น การวัดค่าของขอบภาพจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณภาพของภาพผสมได้อีกวิธีหนึ่ง นอกเหนือจากวิธีการประเมินคุณภาพด้วยค่าพีเอสเอ็นอาร์ โดยสมการในการวัดค่าขอบภาพเป็นไปตามสมการที่ (3.10)[8] ทั้งนี้ค่าที่น้อยที่สุดบ่งบอกถึงคุณภาพของภาพที่ดี

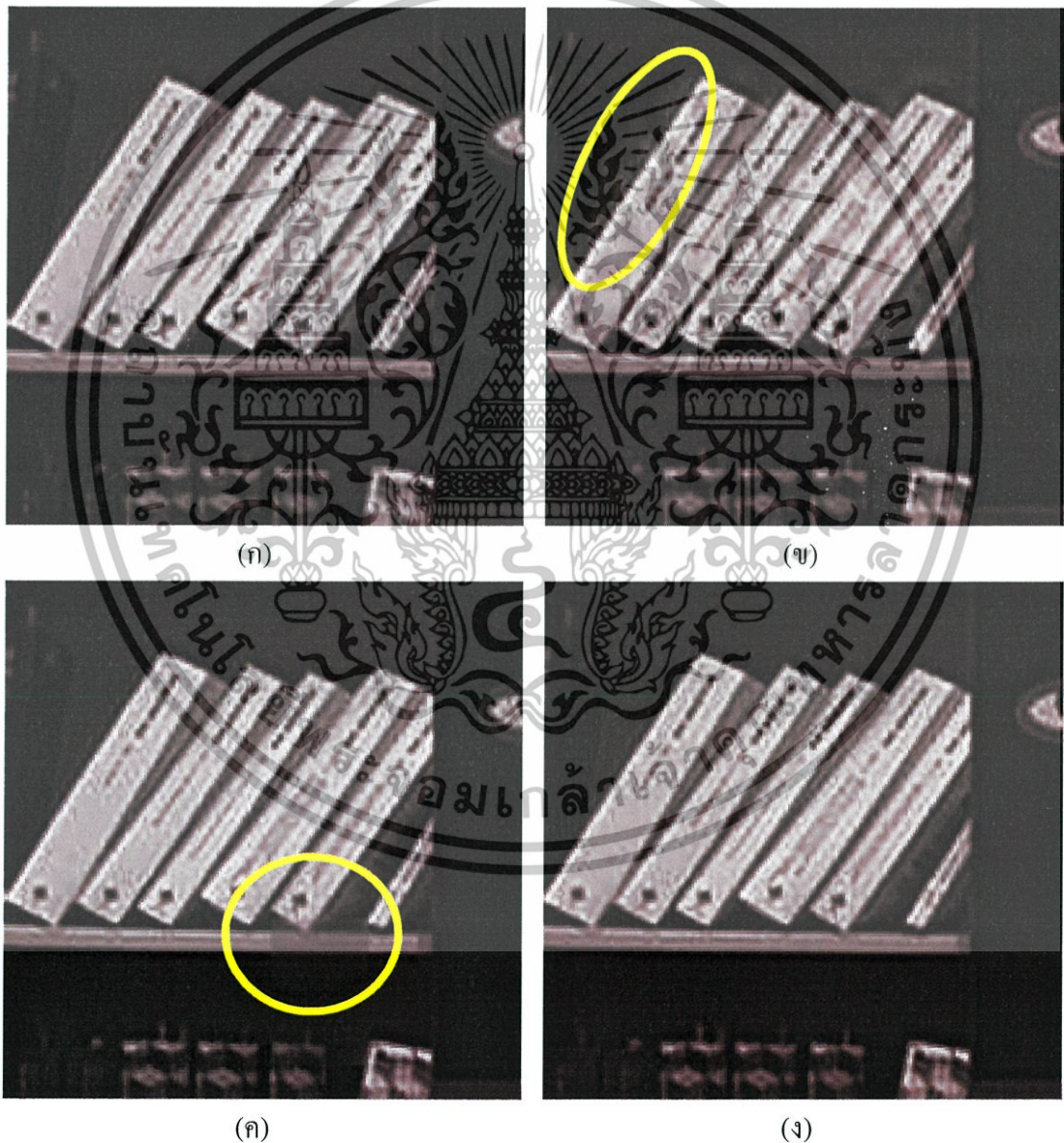
$$Edge = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (Q_R(m,n) - Q_F(m,n))^2 \quad (3.10)$$

โดยที่ $Q_R(m,n)$ และ $Q_F(m,n)$ คือ ค่าเกรเดียนท์ของขอบภาพ (Edge Gradients) ของพิกเซล (m,n) ที่ตำแหน่งของภาพอ้างอิงและภาพผสม ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถหาได้โดยการนำภาพอ้างอิงและภาพผสมมาผ่านตัวกระทำหาขอบภาพแบบโซเบล (Sobel Operator) โดยค่าขอบภาพที่มีค่าน้อยบ่งบอกถึงคุณภาพของภาพผสมที่ดี

สำหรับตัวอย่างความสัมพันธ์ของภาพผสมที่สมบูรณ์และภาพผสมที่มีสิ่งรบกวนในภาพกับค่าพีเอสเอ็นอาร์และค่าขอบภาพที่วัดได้ แสดงดังในรูปที่ 3.8-3.9 ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 ภาพอ้างอิงพร้อมตำแหน่งภาพที่จะทำการขยาย (พื้นที่ภาพภายในกรอบสีขาว)



รูปที่ 3.9 ภาพอ้างอิงและภาพผสมจากวิธีทั้งสามแบบที่ได้ทำการขยายในตำแหน่งเดียวกันกับรูปที่ 3.8 พร้อมแสดงสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพผสม (บริเวณวงสีเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ภาพขยายของรูปภาพอ้างอิง

(ข) ภาพขยายของรูปภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดีสครีตเวฟเลต

มีค่า PSNR = 31.982 และมีค่า Edge = 1.691

(ค) ภาพขยายของรูปภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว

มีค่า PSNR = 33.748 และมีค่า Edge = 1.192

(ง) ภาพขยายของรูปภาพผสมที่ได้จากวิธีสเตรซันนารีเวฟเลตทรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่า

ปริภูมิเชิงความถี่ มีค่า PSNR = 37.206 และมีค่า Edge = 0.878



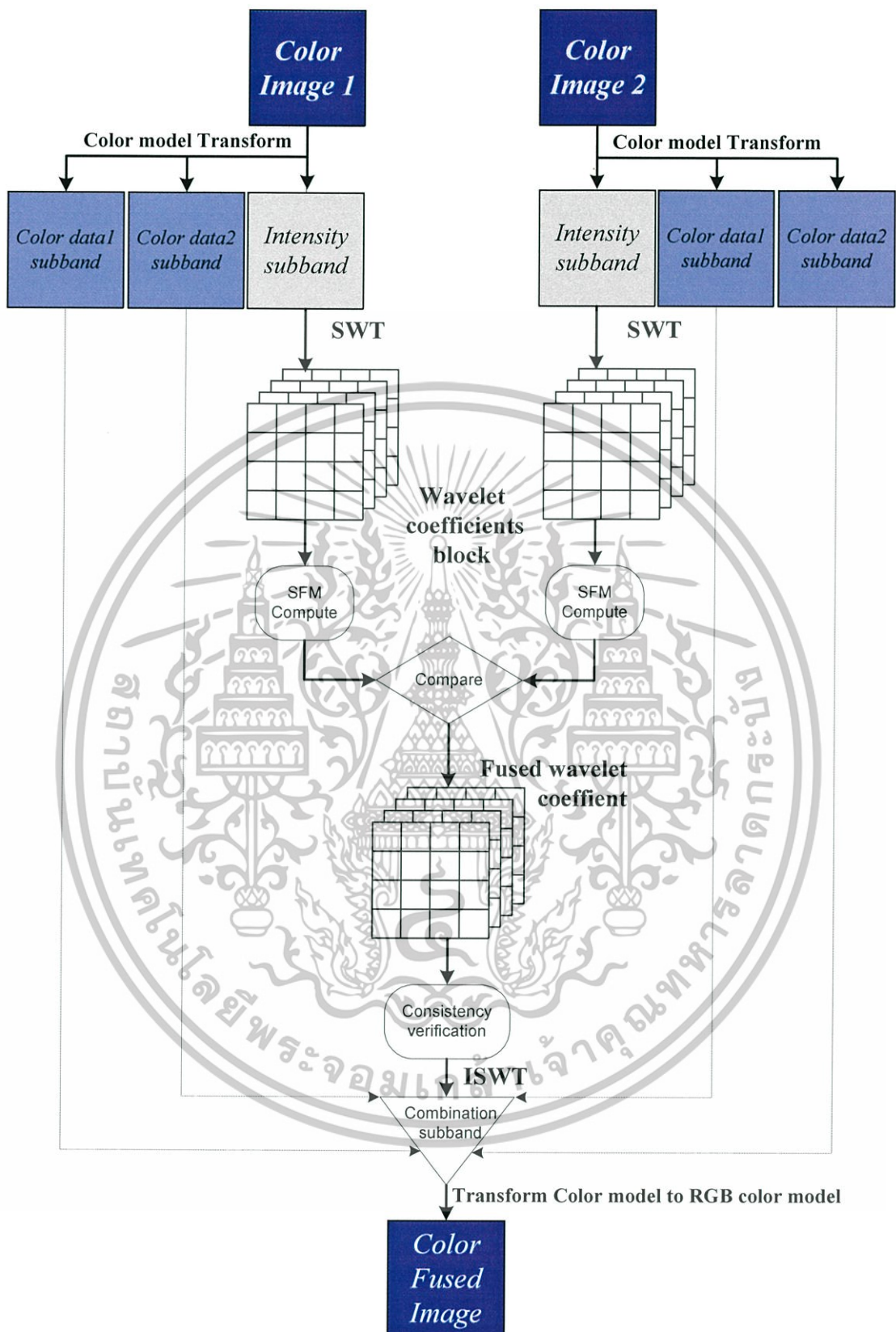
บทที่ 4

การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

กระบวนการในการผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันนั้น จะมีกระบวนการในการผสมที่คล้ายคลึงกันกับการกระบวนการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และจากทฤษฎีแบบจำลองสีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เราทราบว่าในทุกแบบจำลองสีของภาพ นั้น จะประกอบด้วยแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาและแบนด์ข้อมูลสีของภาพ ด้วยหลักนี้เราจึงได้ทำการทดสอบเบื้องต้น โดยการวัดระดับการโฟกัสของภาพสีในแต่ละแบนด์ด้วยการวัดค่าปริภูมิเชิงความถี่ และพบว่าหากเราพิจารณา ณ แบนด์ที่เป็นข้อมูลสีของภาพนั้น เราจะไม่สามารถสรุปถึงความแตกต่างของระดับการโฟกัสภายในภาพได้ ซึ่งต่างจากการพิจารณาในแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาของภาพซึ่งเราจะสามารถบ่งบอกถึงระดับการโฟกัสของภาพด้วยค่าปริภูมิเชิงความถี่ได้อย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงพิจารณาการผสมเฉพาะแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาของภาพเท่านั้น ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอเฉพาะการผสมภาพสีด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ เพียงวิธีเดียวเนื่องจากวิธีการผสมภาพด้วยค่าสัมประสิทธิ์ดีสครีตเวฟเลทและวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ นั้นยังคงมีผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสม ดังนั้นในการผสมภาพสีในบทนี้จึงไม่นำวิธีดังกล่าวมาพิจารณา

4.1 การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน ด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น กระบวนการผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสของภาพต่างกัน นั้น มีกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการในการผสมภาพแบบระดับความเข้มเทา แต่ทั้งนี้ในกระบวนการผสมภาพสีจะมีขั้นตอนในการแยกแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาของภาพสีก่อนเพื่อที่จะนำแบนด์ข้อมูลนี้ไปใช้ในการผสมภาพ และเนื่องจากแบบจำลองสีปกติของภาพดิจิทัลนั้นจะเป็นแบบจำลองสีแบบ RGB ซึ่งในการที่เราจะแยกแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาของภาพได้นั้นจึงจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแบบจำลองสีของภาพไปเป็นแบบจำลองสีอื่นๆ ก่อนดังสมการในหัวข้อที่ 2.5 โดยกระบวนการในการผสมภาพสีด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กระบวนการผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันด้วยด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 ขั้นตอนในการผสมภาพสีมีขั้นตอนดังนี้

1. นำรูปอินพุตสีแบบ RGB ที่มีระดับโพกัสที่ต่างกัน มาผ่านกระบวนการแปลงแบบจำลองสีเพื่อให้ได้แบนด์ข้อมูลภาพของแต่ละองค์ประกอบสี ตามสมการในหัวข้อที่ 2.5

2. นำเฉพาะแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาที่ได้มาผ่านกระบวนการแปลงสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มที่ระดับ 1 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทของแบนด์ดังกล่าว

3. ทำการแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ในแต่ละแบนด์ย่อยของแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาออกเป็นบล็อกย่อยๆ ที่ขนาด $(M \times N)$ ในที่นี้กำหนดให้ ωA_i^s ωB_i^s คือ บล็อกย่อยของสัมประสิทธิ์ของรูปอินพุตที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยที่ $i =$ ลำดับของบล็อกย่อย และ $s =$ แบนด์ย่อย ซึ่งประกอบไปด้วย แบนด์ย่อยทางด้านความถี่ต่ำ (LL) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวนอน (HL) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวตั้ง (LH) และแบนด์ย่อยในทิศทางแนวทแยง (HH)

4. กำหนดหาค่าปริภูมิเชิงความถี่ของแต่ละบล็อกย่อยสัมประสิทธิ์ ωA_i^s และ ωB_i^s ด้วยสมการที่ (2.1-2.5) โดยหากเป็นแบนด์ย่อยในทิศทางแนวนอน (HL) ใช้สมการที่ (2.1) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวตั้ง (LH) ใช้สมการที่ (2.2) แบนด์ย่อยในทิศทางแนวทแยง (HH) ใช้ผลรวมจากสมการที่ (2.3) และ (2.4) ส่วนในแบนด์ย่อยทางด้านความถี่ต่ำ (LL) นั้นจะใช้สมการที่ 2.5

5. พิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ของ ωA_i^s และ ωB_i^s เพื่อเลือกค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่จะนำไปใช้สำหรับภาพผสม โดยมีสมการที่ใช้ในการพิจารณาคือ

$$\omega F_i^s = \begin{cases} \omega A_i^s, & SF \omega A_i^s > SF \omega B_i^s \\ \omega B_i^s, & SF \omega A_i^s < SF \omega B_i^s \\ \frac{\omega A_i^s + \omega B_i^s}{2}, & otherwise \end{cases} \quad (4.1)$$

โดยที่ ωF_i^s คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับภาพผสม $SF \omega A_i^s$ และ $SF \omega B_i^s$ คือ ค่าค่าปริภูมิเชิงความถี่ของบล็อกสัมประสิทธิ์จากรูปอินพุต 1 และ 2 ตามลำดับ

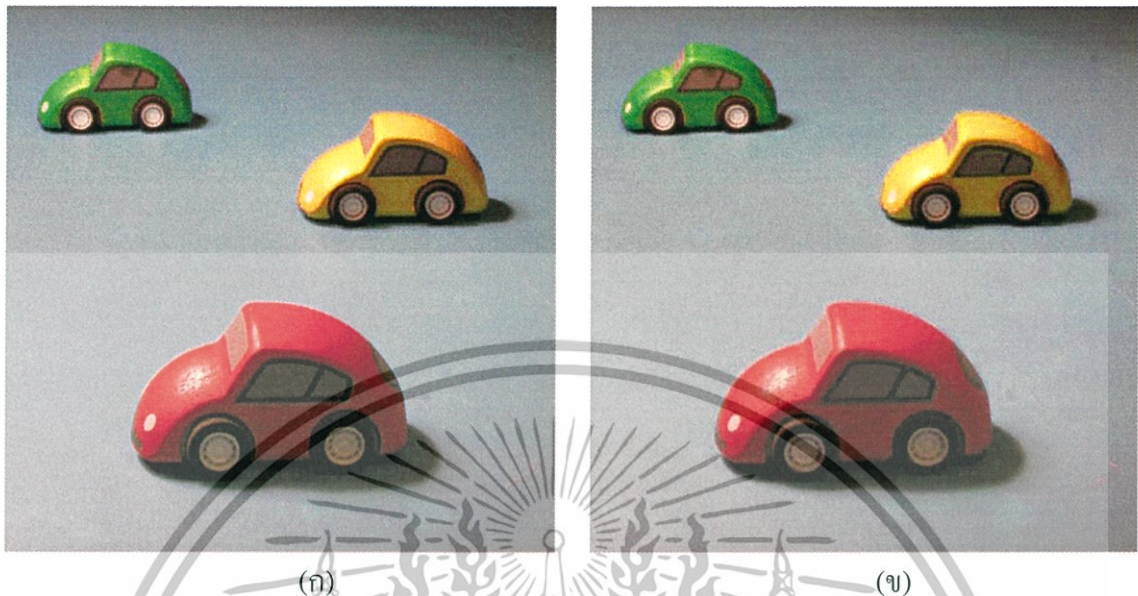
6. สำหรับวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์ของภาพผสมที่ได้จากในขั้นตอนที่ 5 นั้นจะกระทำเช่นเดียวกับที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 3.3

7. ทำการแปลงเวฟเลทกลับด้วยค่าสัมประสิทธิ์จากในขั้นตอนที่ 6 เพื่อให้ได้แบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทาของภาพ

8. นำค่าแบนด์ข้อมูลสีจากรูปอินพุตมาใช้เป็นแบนด์ข้อมูลสีสำหรับภาพผสม

9. ทำการแปลงแบบจำลองสีกลับไปเป็นแบบจำลองสี RGB เพื่อให้ได้ภาพผสม

ตัวอย่างภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลทธานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบภาพสีที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลทธานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Orthogonal (DB4) [11, 13]

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพผสมที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลทธานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

4.2 การประเมินคุณภาพของผสมแบบภาพสี

สำหรับการประเมินคุณภาพผสมแบบภาพสีนั้นจะใช้ตัววัดคุณภาพของภาพเช่นเดียวกันกับการประเมินคุณภาพของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทา นั่นคือ พีคซิกแนลทูนอยส์เรโซ (Peak Signal to Noise Ratio) ส่วนการประเมินคุณภาพโดยการวัดขอบภาพ (Edges Measurement) นั้นจากการทดลองพบว่า ในบางกรณีค่าของขอบภาพนั้นไม่สอดคล้องกับการประเมินด้วยค่าพีเอสเอ็นอาร์ ดังนั้นในการทดลองผสมภาพสีจึงใช้การประเมินคุณภาพของภาพผสมด้วยการพิจารณาค่าพีเอสเอ็นอาร์เพียงค่าเดียว จากในกระบวนการผสมภาพในหัวข้อที่ 4.1 จะเห็นว่าการผสมนั้นจะพิจารณาเฉพาะแบนด์ข้อมูลค่าความเข้มเทา ส่วนแบนด์ข้อมูลสีของภาพนั้นจะไม่ได้นำมาพิจารณาดังนั้น การประเมินคุณภาพผสมแบบภาพสีจึงใช้รูปแบบในการประเมินเช่นเดียวกันกับการประเมินคุณภาพของภาพแบบระดับความเข้มเทา โดยตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างภาพผสมแบบสีที่ได้กับการประเมินคุณภาพของภาพผสม แสดงดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบภาพสีที่ได้จากวิธีสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

(ก) รูปภาพอ้างอิง

(ข) รูปภาพผสมจากแบบจำลองสี RGB และมีค่า PSNR = 124.660

(ค) รูปภาพผสมจากแบบจำลองสี YCbCr และมีค่า PSNR = 137.225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ผลการทดลองผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสของภาพที่ต่างกันด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่ได้จากสเตรซันารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม จะจำแนกผลการทดลองออกตามคุณลักษณะของภาพที่นำมาทดลอง คือ ผลการทดลองผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาและผลการทดลองผสมภาพแบบภาพสี ซึ่งกระบวนการในการผสมภาพทั้งสองแบบนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ทั้งนี้ เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้นั้นมีความเที่ยงตรงและถูกต้องมากที่สุด ในการทดลองนี้จึงได้กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นในการทดสอบไว้ดังนี้

1. การทดลองผสมภาพจะใช้รูปที่มีระดับการ โฟกัสต่างกันจำนวน 2 รูป เป็นรูปอินพุต
2. รูปแบบของภาพหรือไฟล์ฟอร์แมต ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้รูปภาพที่มีไฟล์ฟอร์แมตแบบเจปค (JPEG) เนื่องจากเป็นรูปแบบมาตรฐานของภาพที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ในกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัล หรือในระบบคอมพิวเตอร์
3. สำหรับการทดลองผสมภาพแบบระดับความเข้มเทานั้น จะใช้รูปภาพในการทดลองจำนวน 9 ชุด และในการทดลองผสมภาพที่เป็นภาพสีนั้น จะใช้รูปภาพในการทดลองจำนวน 12 ชุด และรูปภาพทั้งสองแบบนี้ในแต่ละชุดจะประกอบด้วยภาพจำนวน 3 รูป โดยเป็นภาพอ้างอิงจำนวน 1 รูป และภาพที่มีระดับการ โฟกัสต่างกันจำนวน 2 รูป
4. เพื่อให้การประเมินคุณภาพของภาพผสมที่ได้มีความเที่ยงตรงและถูกต้องมากที่สุด ในที่นี้รูปภาพอ้างอิงจึงเปรียบเสมือนว่าเป็นภาพที่มีระดับการ โฟกัสของภาพเท่ากับทั้งภาพ และรูปภาพที่ใช้ทดสอบหรือภาพอินพุตนั้นก็จะเป็นภาพเดียวกับภาพอ้างอิง แต่ภาพอินพุตนั้นจะผ่านกระบวนการกรองด้วยเกาส์เซียนฟิลเตอร์ทางครึ่งซ้ายของรูป 1 รูป และทางครึ่งขวาของรูปจำนวน 1 รูป ทั้งนี้เพื่อให้ภาพอินพุตนั้นเปรียบเสมือนมีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน
5. ภาพที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ ในแต่ละชุดภาพทดสอบ จะเป็นภาพที่มีลักษณะภายในภาพเหมือนกันหรือเป็นภาพที่อยู่ในฉาก (Scene) เดียวกัน เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นในการพัฒนากระบวนการผสมภาพที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน ดังนั้น ในการทดลองจึงไม่ได้พิจารณาในประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของวัตถุต่างๆ บนภาพสองภาพหรือการทำอิมเมจรีจิสเทชันของภาพ (Image Registration)[16,19]
6. ภาพระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการทดลอง เป็นภาพที่มีความละเอียด 8 บิตต่อพิกเซล โดยมีขนาด 512×512 พิกเซล จำนวน 4 ชุด และรูปขนาด 256×256 พิกเซลจำนวน 5 ชุด

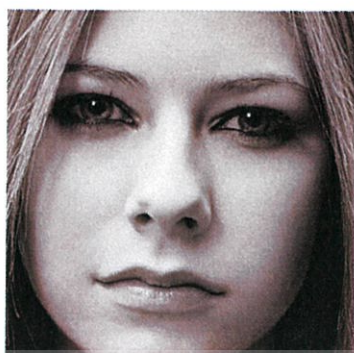
7. ภาพสีที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพแบบ RGB โดยมีความละเอียด 24 บิตต่อพิกเซล และมีขนาด 640×480 พิกเซล จำนวน 2 ชุด ขนาด 460×298 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 512×512 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 450×450 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 360×270 พิกเซล จำนวน 2 ชุด ขนาด 480×360 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 396×396 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 494×494 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 512×384 พิกเซล จำนวน 1 ชุด ขนาด 720×540 พิกเซล จำนวน 1 ชุด

8. ขนาดของบล็อกย่อยที่ใช้ในการทดลองคือ ขนาด 4×4 8×8 และ 16×16

9. เวฟเลทแม่ที่เลือกใช้ในการทดลองจะใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal [5, 11] และ Orthogonal [5, 11] ได้แก่ DB4 Bior2.2 Bior3.3 Bior3.5 และ Bior4.4

โดยภาพอ้างอิงแบบระดับเข้มเทา จำนวน 9 รูป ที่นำมาใช้ในการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.1 และตัวอย่างภาพแบบระดับเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันแสดงดังในรูปที่ 5.2 ส่วนภาพอ้างอิงแบบสี จำนวน 12 รูป ที่นำมาใช้ในการทดลองแสดงดังในรูปที่ 5.3 และตัวอย่างภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกันแสดงดังในรูปที่ 5.4 ตามลำดับ





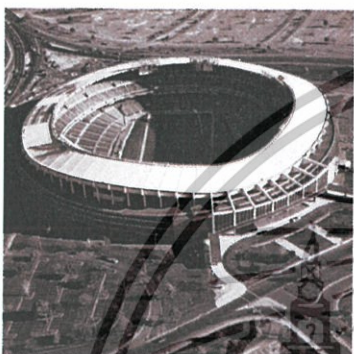
(ก)



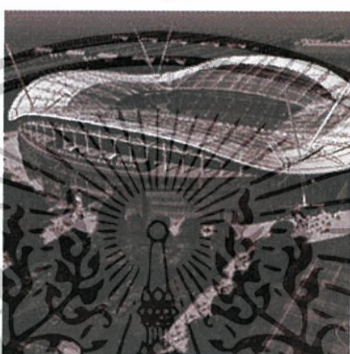
(ข)



(ค)



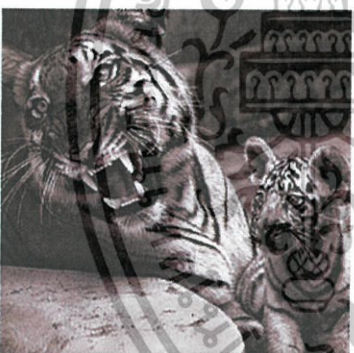
(ง)



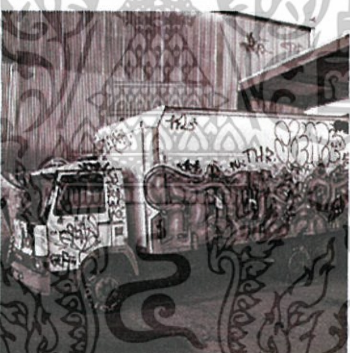
(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)



(ฅ)

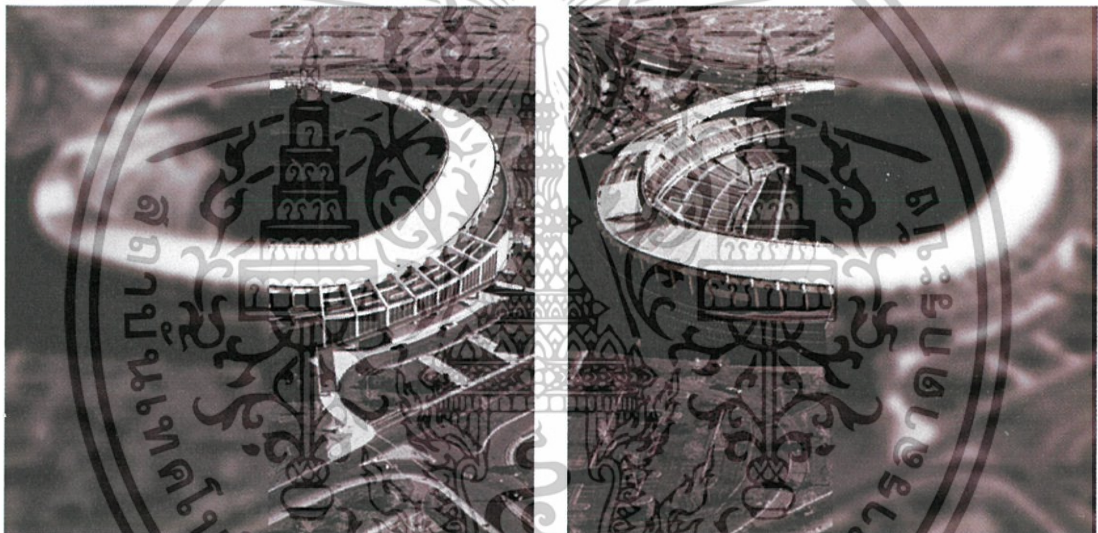
รูปที่ 5.1 ภาพแบบระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการทดลอง

(ก-ง) ภาพแบบระดับเข้มเทา ขนาด 512×512 พิกเซล

(จ-ฅ) ภาพแบบระดับเข้มเทา ขนาด 256×256 พิกเซล



(ก)



(ข)

(ค)

รูปที่ 5.2 ตัวอย่างภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน
(ก) ภาพอ้างอิง (ข) ภาพอินพุตที่มีการโฟกัสทางด้านขวา (ค) ภาพอินพุตที่มีการโฟกัสที่ด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)



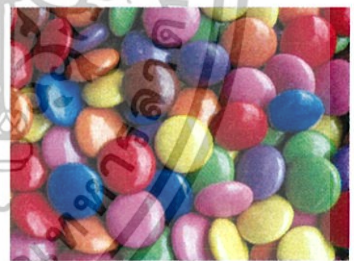
(ฌ)



(ญ)



(ฎ)



(ฏ)

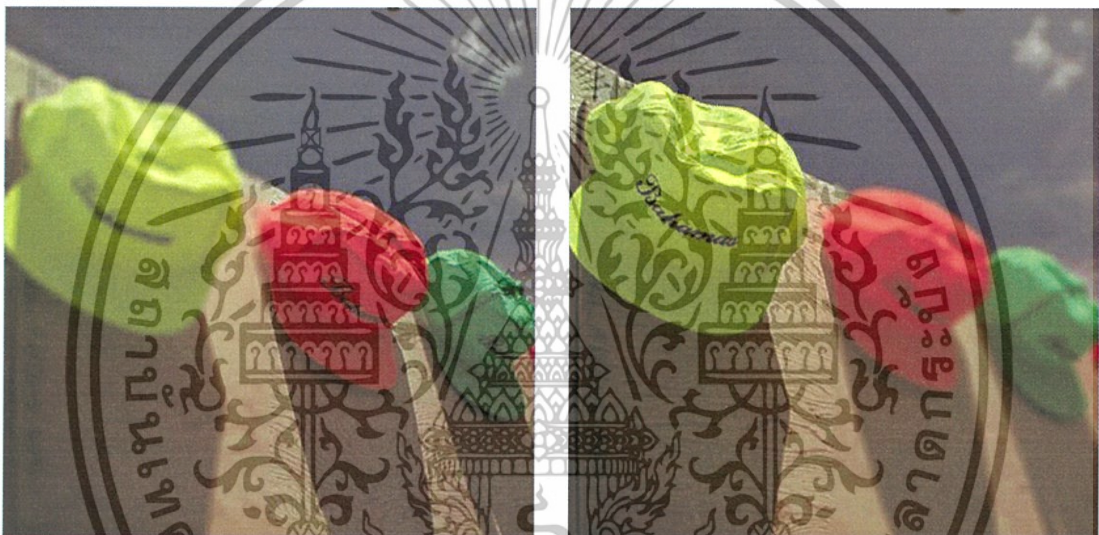
รูปที่ 5.3 ภาพสีแบบ RGB ที่ใช้ในการทดลองที่ 5.2

- (ก) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 640×480 พิกเซล (ข) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 460×298 พิกเซล
 (ค) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 512×512 พิกเซล (ง) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 450×450 พิกเซล
 (จ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 360×270 พิกเซล (ฉ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 480×360 พิกเซล
 (ช) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 396×396 พิกเซล (ซ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 360×270 พิกเซล
 (ฌ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 494×494 พิกเซล (ญ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 640×480 พิกเซล
 (ฎ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 512×384 พิกเซล (ฏ) ภาพสีแบบ RGB ขนาด 720×540 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

(ค)

รูปที่ 5.4 ตัวอย่างภาพสีแบบ RGB ที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

(ก) ภาพอ้างอิง (ข) ภาพอินพุตที่มีการ โฟกัสทางด้านขวา (ค) ภาพอินพุตที่มีการ โฟกัสที่ด้านซ้าย

5.1 การทดลองผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

ในส่วนของการทดลองผสมภาพแบบระดับความเข้มเทาที่มีระดับการ โฟกัสที่ต่างกัน จะใช้ การประเมินคุณภาพของภาพผสมด้วยการวัดค่าพีเอสเอ็นอาร์ร่วมกับการวัดค่าขอบภาพ โดยในการ ทดลองนั้นนอกเหนือจากจะเปรียบเทียบภาพผสมที่ได้จากวิธีต่างๆแล้ว ในการทดลองยังพิจารณา ถึงปัจจัยที่ว่าจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสม ซึ่งได้แก่ ชนิดของเวฟเลทฟิลเตอร์ที่เลือกใช้ ในการทรานส์ฟอร์มด้วยสแควร์เวฟเลท และขนาดบล็อกของสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่ใช้ในการ ทดลอง โดยผลการประเมินคุณภาพนั้นแสดงในตารางที่ 5.1 ถึงตารางที่ 5.3 และตัวอย่างภาพผสม แบบเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้งสามแบบ แสดงดังในรูปที่ 5.5 ถึงรูปที่ 5.13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทาที่ได้จากการผสมภาพด้วยวิธีต่างๆ

ภาพ / ขนาด	ตัวประเมิน คุณภาพ	วิธีการผสมภาพ		
		SFMSWT	SFM	DWT
(ก) 512×512	PSNR	45.8280	45.0992	39.1920
	Edges	0.0889	0.1567	0.1538
(ข) 512×512	PSNR	39.9627	39.5519	33.9911
	Edges	0.5249	0.5820	0.7193
(ค) 512×512	PSNR	38.5553	37.6913	30.3362
	Edges	0.7995	0.9675	1.5590
(ง) 512×512	PSNR	35.1088	34.3237	30.4362
	Edges	1.4880	1.8201	1.8461
(จ) 256×256	PSNR	33.0186	32.6329	29.9133
	Edges	3.1216	3.3891	3.5735
(ฉ) 256×256	PSNR	31.5533	31.3461	29.4634
	Edges	4.0444	4.2929	3.3462
(ช) 256×256	PSNR	34.5353	34.2343	29.9568
	Edges	2.3021	2.4257	3.0002
(ซ) 256×256	PSNR	33.2440	32.3114	30.3902
	Edges	3.6669	4.5823	3.8541
(ณ) 256×256	PSNR	33.5195	33.2520	28.1649
	Edges	3.1347	3.3077	4.1594

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าคุณภาพของภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการใช้สเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ (SWTSFM) นั้น ให้ค่าจากการประเมินคุณภาพด้วยค่าพีเอสเอ็นอาร์และค่าขอบภาพได้ดีที่สุด (ดังค่าที่ถูกแรเงา) เมื่อเทียบวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว (SFM) และยังเห็นได้ว่าภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมด้วยดีสครีตเวฟเลททรานส์ฟอร์ม (DWT) นั้นให้ผลการประเมินคุณภาพที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทา ด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มๆ ที่เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ

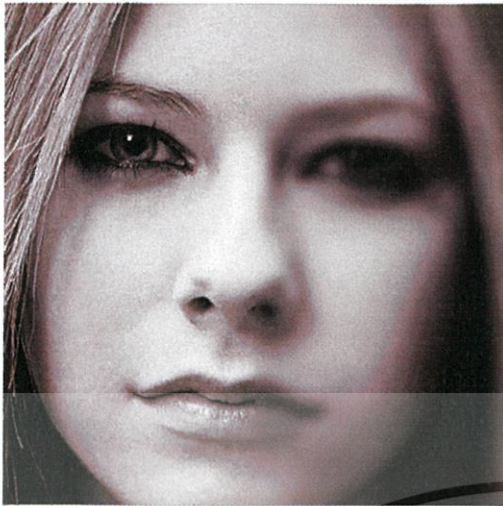
ภาพ / ขนาด	ตัวประเมิน คุณภาพ	- เวฟเลทฟิลเตอร์				
		DB4	Bior2.2	Bior3.3	Bior3.5	Bior4.4
(ก) 512×512	PSNR	44.0142	44.7211	45.7404	45.8280	44.1952
	Edges	0.1799	0.1087	0.0906	0.0889	0.1754
(ข) 512×512	PSNR	39.9345	39.8649	39.9553	39.9627	39.5319
	Edges	0.5140	0.5325	0.5240	0.5249	0.5647
(ค) 512×512	PSNR	37.5079	37.8053	38.3740	38.5553	37.3582
	Edges	0.9138	0.9182	0.8292	0.7995	1.1676
(ง) 512×512	PSNR	34.0624	34.4285	35.1088	35.0857	33.8302
	Edges	2.0477	1.6553	1.4880	1.4992	1.9102
(จ) 256×256	PSNR	32.6642	32.8667	33.0105	33.0186	32.5227
	Edges	3.2998	3.2067	3.1228	3.1216	3.3985
(ฉ) 256×256	PSNR	30.7117	31.4416	31.4780	31.5533	31.3232
	Edges	4.6201	4.1981	4.0885	4.0444	4.3227
(ช) 256×256	PSNR	34.2360	34.3548	34.4857	34.5353	34.3010
	Edges	2.3872	2.3708	2.3076	2.3021	2.3633
(ซ) 256×256	PSNR	32.7472	32.9040	33.0826	33.2440	32.6622
	Edges	3.8706	3.8388	3.7704	3.6669	3.9573
(ฌ) 256×256	PSNR	32.6401	33.4267	33.5195	33.4464	33.2957
	Edges	3.5825	3.1833	3.1347	3.1787	3.2369

ตารางที่ 5.2 นั้นแสดงให้เห็นถึงผลของการเลือกใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5 ให้ผลการประเมินที่ค่อนข้างดีกว่าเวฟเลทฟิลเตอร์แบบอื่น โดยสังเกตได้จากค่าที่ได้ทำการแรเงาไว้

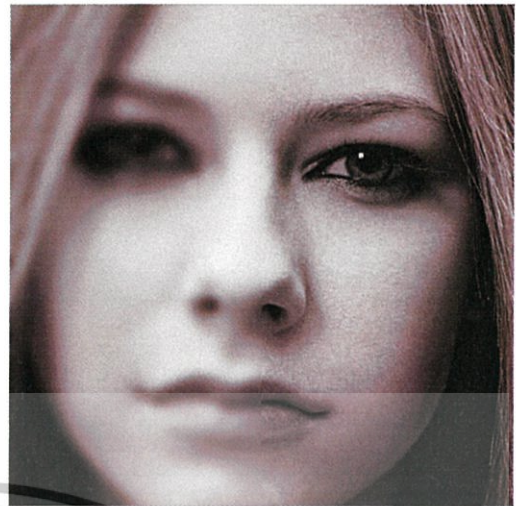
ตารางที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR และ Edges ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทา ด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม^๑ ที่ขนาดบล็อกต่างกัน

ภาพ / ขนาด	ตัวประเมิน คุณภาพ	ขนาดบล็อก		
		4 × 4	8 × 8	16 × 16
(ก) 512×512	PSNR	45.8280	45.2877	43.3267
	Edges	0.0889	0.1544	0.2576
(ข) 512×512	PSNR	39.3131	39.9627	38.9315
	Edges	0.4857	0.5140	0.7696
(ค) 512×512	PSNR	37.3372	38.5553	37.3846
	Edges	0.7366	0.7995	1.1614
(ง) 512×512	PSNR	34.6731	35.1088	34.0624
	Edges	1.3740	1.4880	2.0477
(จ) 256×256	PSNR	33.0186	31.9928	29.9199
	Edges	3.1216	4.0264	6.4554
(ฉ) 256×256	PSNR	30.6244	31.5533	30.3168
	Edges	4.0368	4.0444	5.8301
(ช) 256×256	PSNR	34.5353	33.7408	31.2338
	Edges	2.3021	2.7657	4.8250
(ซ) 256×256	PSNR	33.2440	32.4444	30.6187
	Edges	3.6669	4.4641	6.6414
(ด) 256×256	PSNR	33.5195	32.3664	30.4278
	Edges	3.1347	4.0718	6.2205

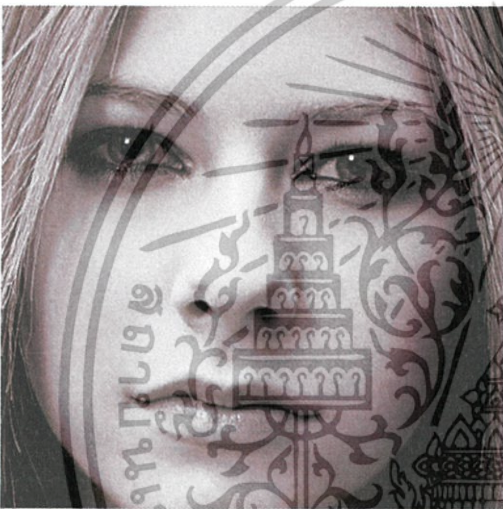
ตารางที่ 5.3 นั้นแสดงให้เห็นถึงผลของการเลือกใช้ขนาดบล็อกย่อยที่ขนาดต่างกัน ต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มโดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงควมถี่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสำหรับภาพระดับเข้มเทาที่มีขนาดของภาพเป็น 512×512 นั้นการเลือกใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 จะให้ผลการประเมินที่ค่อนข้างดี แต่สำหรับภาพที่มีขนาด 256×256 นั้นจะมีผลการประเมินที่ดีเมื่อเลือกใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4



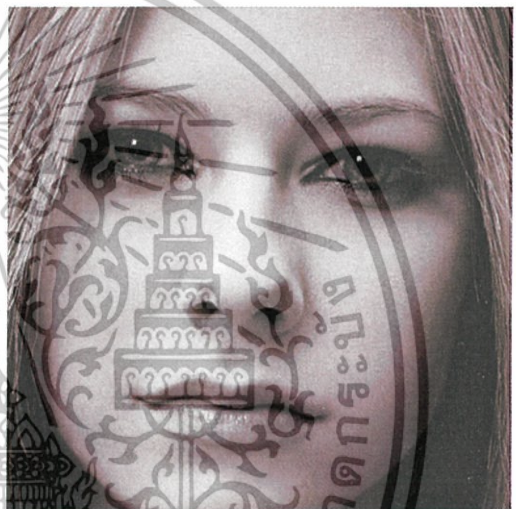
(ก) ภาพทดสอบ 1 โฟกัสทางด้านซ้าย



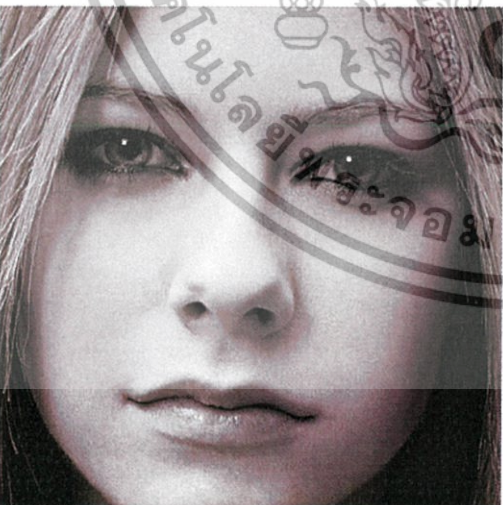
(ข) ภาพทดสอบ 2 โฟกัสทางด้านขวา



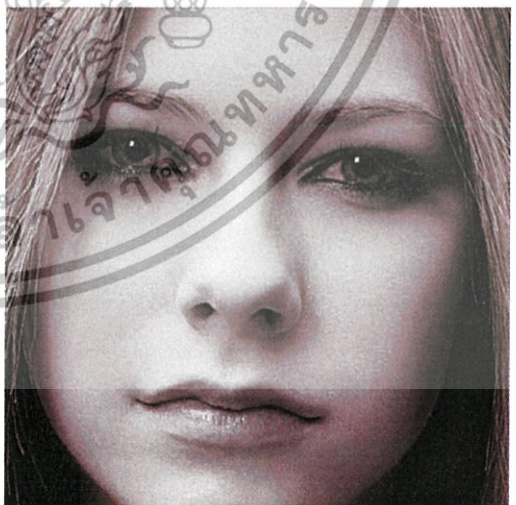
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.5 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง 3 แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



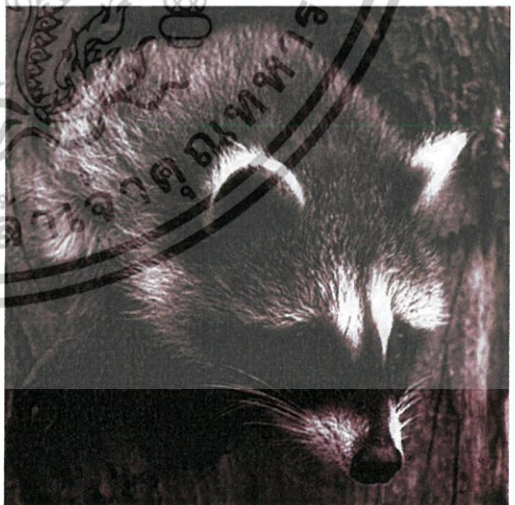
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



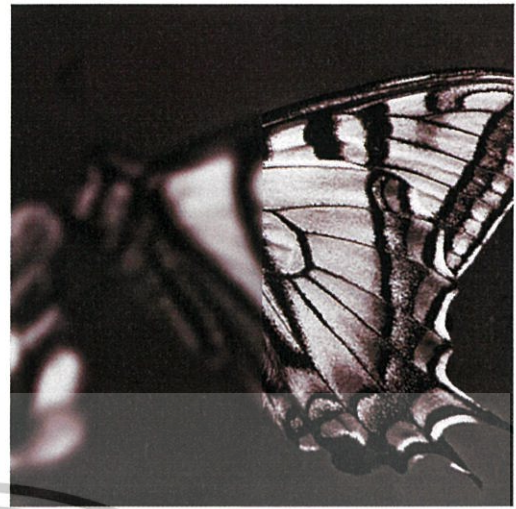
(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.6 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



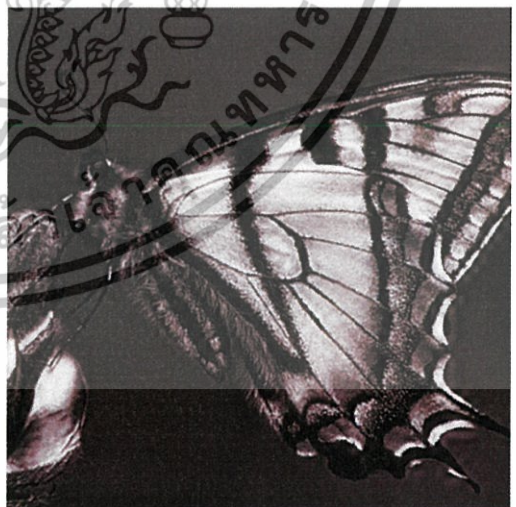
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSM



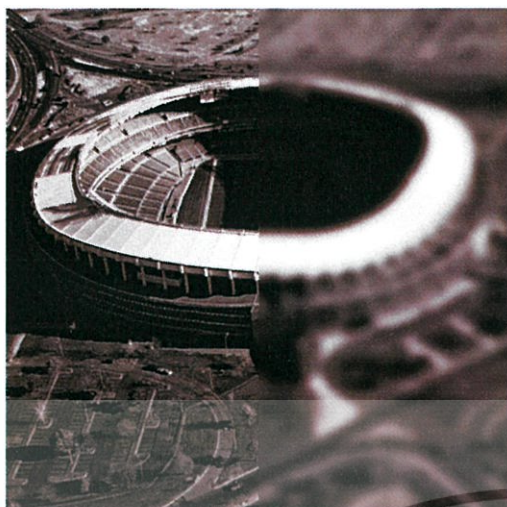
(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



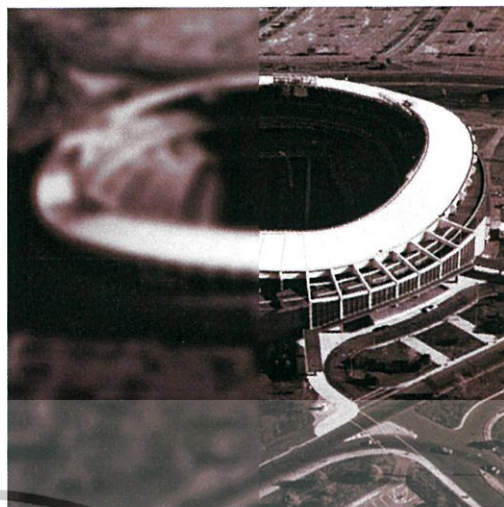
(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.7 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5

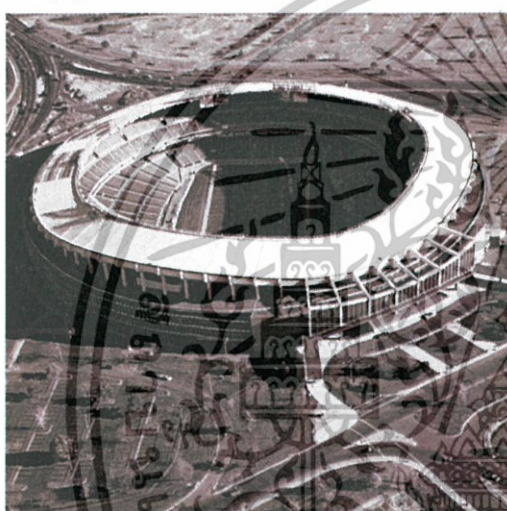
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



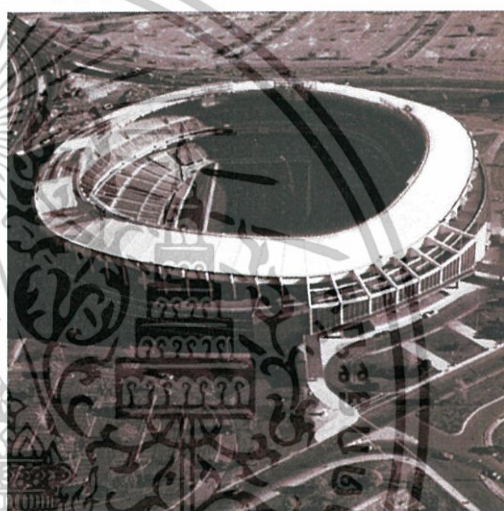
(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



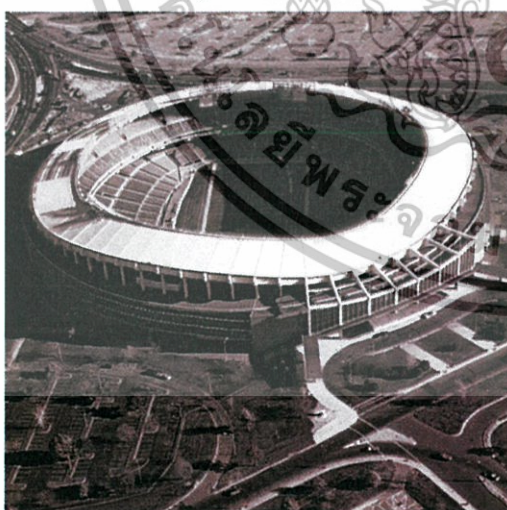
(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



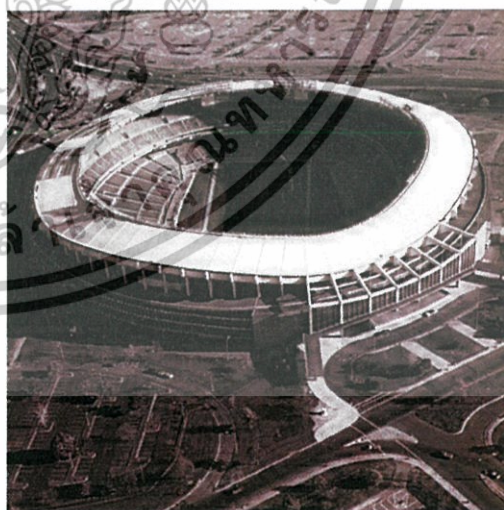
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลรวมจากวิธี SWTSM



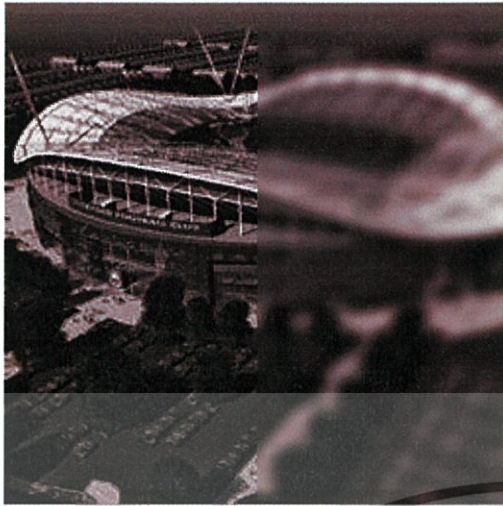
(จ) ภาพผลรวมจากวิธี SFM



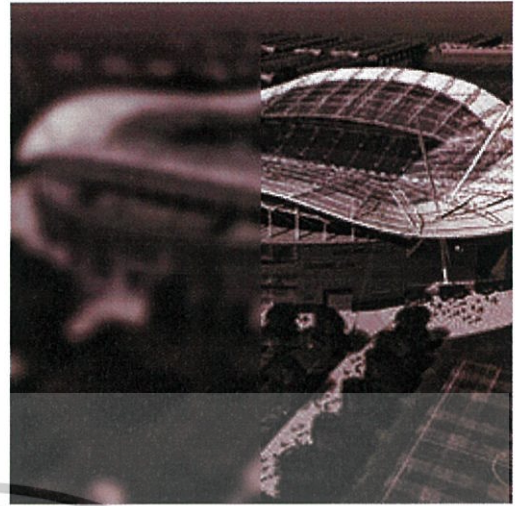
(ฉ) ภาพผลรวมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.8 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 และใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



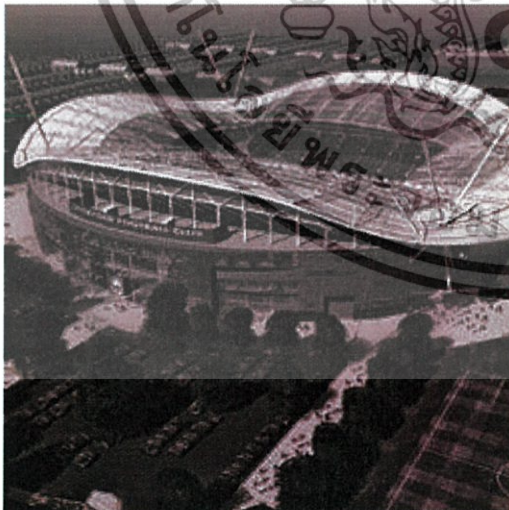
(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



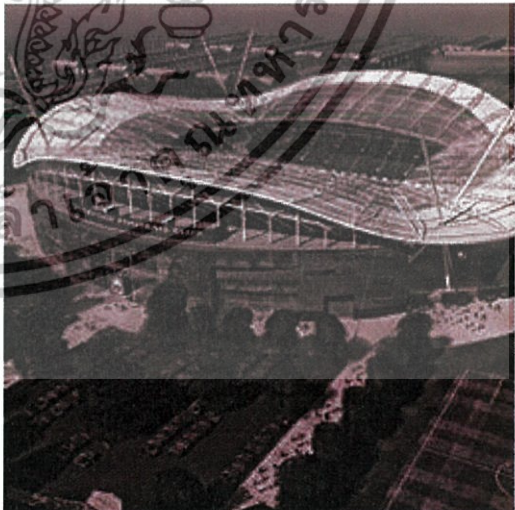
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



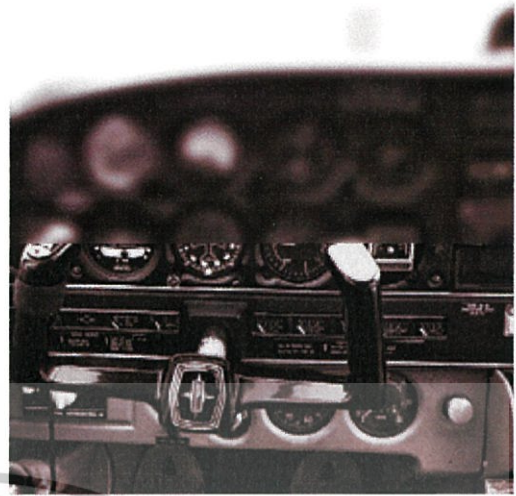
(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.9 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3

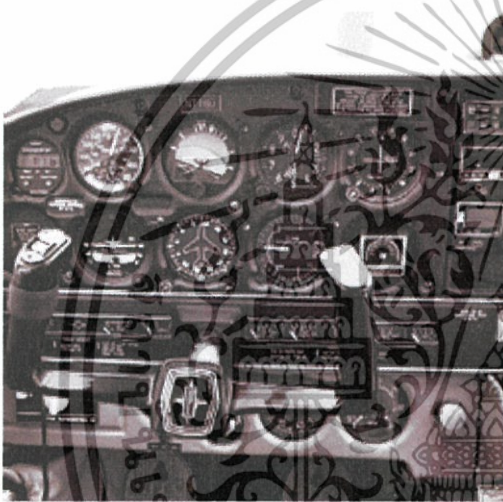
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 ไฟล์ทางด้านบน



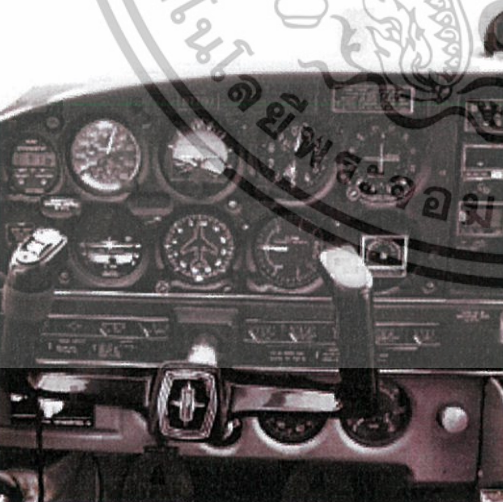
(ข) ภาพทดสอบ2 ไฟล์ทางด้านล่าง



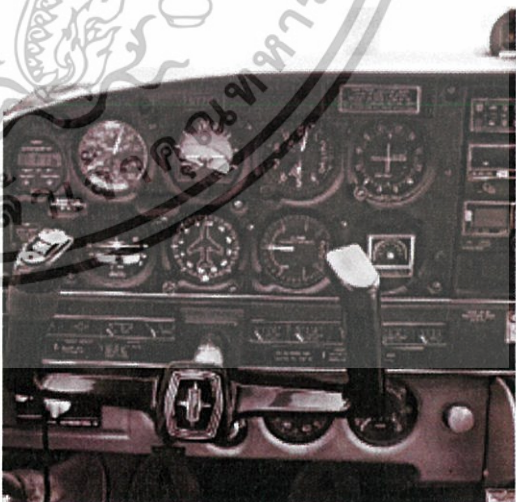
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผลสมจากวิธี SFM



(ฉ) ภาพผลสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.10 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้พลาทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านบน



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านล่าง



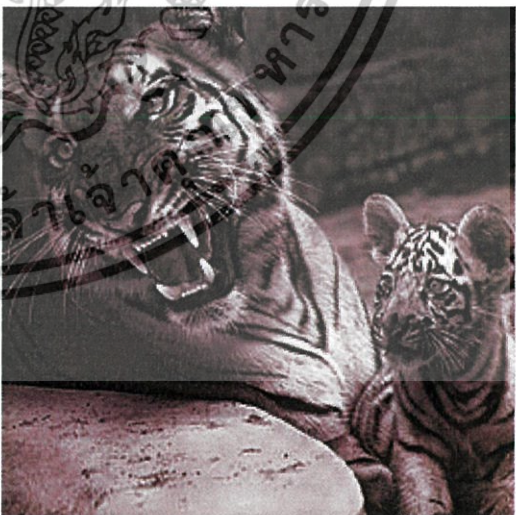
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



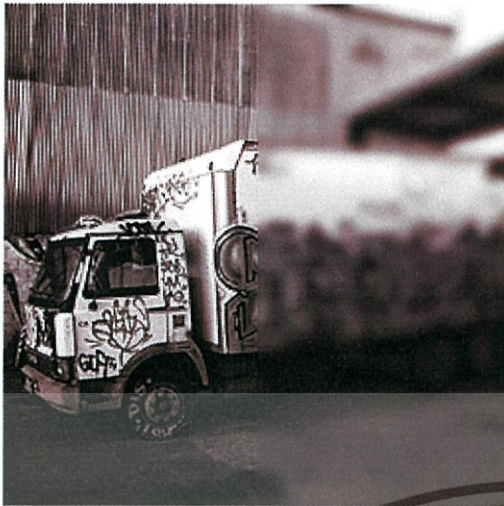
(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



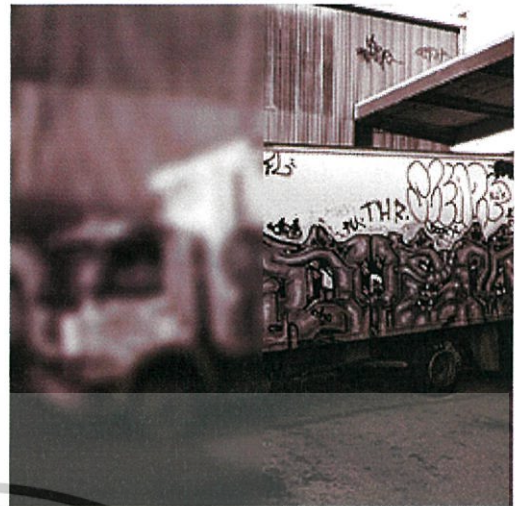
(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.11 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3

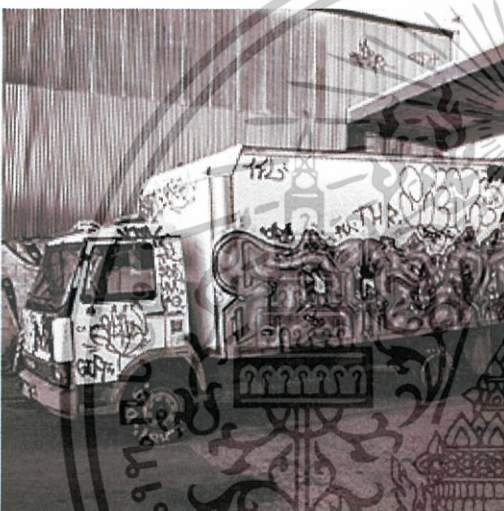
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



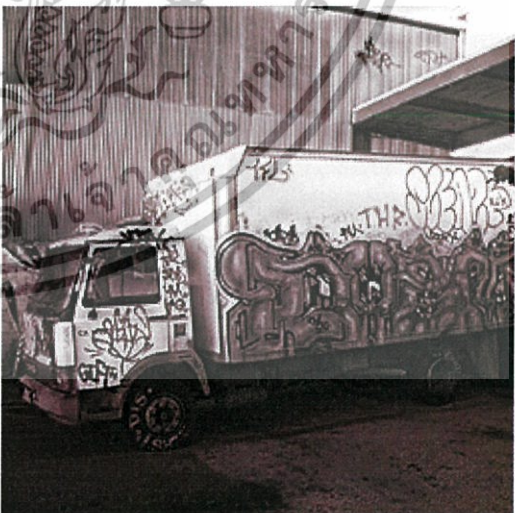
(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



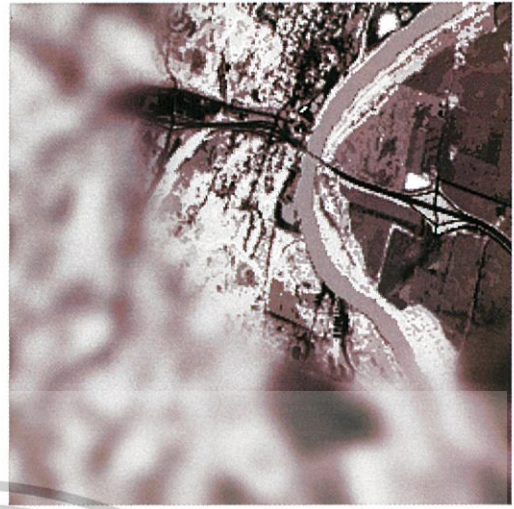
(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.12 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4x4 และใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3

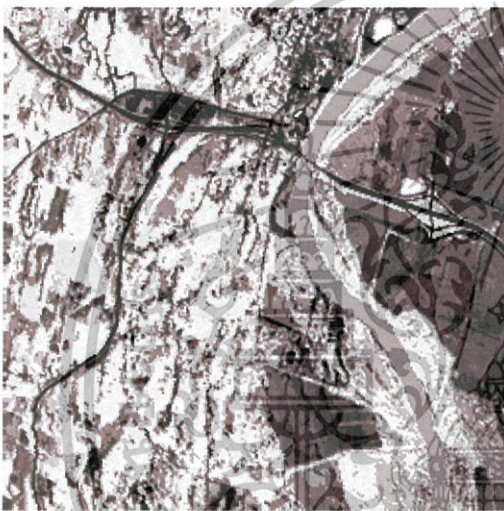
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM



(ฉ) ภาพผสมจากวิธี DWT

รูปที่ 5.13 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบระดับเข้มเทาที่ได้จากวิธีทั้ง3แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 4×4 และใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การผสมภาพสีที่มีระดับการโฟกัสที่ต่างกัน

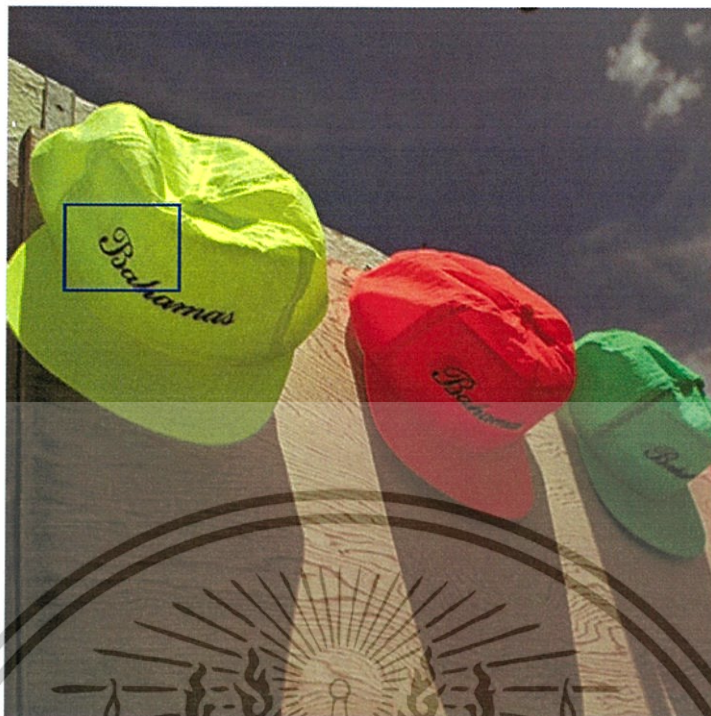
จากการทดลองวัดคุณภาพด้วยค่าพีเอสเอ็นอาร์และการวัดค่าขอบภาพของภาพผสมแบบระดับความเข้มเทา พบว่า ในบางกรณีการประเมินคุณภาพด้วยค่าขอบภาพนั้นอาจจะให้ผลการประเมินที่คลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับการประเมินคุณภาพด้วยค่าพีเอสเอ็นอาร์ ซึ่งจะให้ผลการประเมินที่สอดคล้องกับการพิจารณาด้วยสายตาตามมากกว่า และจะเห็นได้ว่าวิธีการผสมภาพโดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทเพียงอย่างเดียวก็ให้คุณภาพของภาพผสมที่ต่ำมาก ดังนั้น เพื่อให้ผลการทดลองมีสอดคล้องกับการพิจารณาด้วยสายตาและเพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลลง ในการประเมินคุณภาพของภาพผสมแบบภาพสีจึงพิจารณาเฉพาะค่าพีเอสเอ็นอาร์เท่านั้นและวิธีการผสมภาพก็จะไม่พิจารณาวิธีการผสมโดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ดิสครีตเวฟเลท นอกเหนือจากชนิดของเวฟเลทฟิลเตอร์ที่เลือกใช้ในการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตรซันนารีเวฟเลท และขนาดบล็อกของสัมประสิทธิ์เวฟเลทที่ใช้ในการทดลองแล้ว ปัจจัยทางด้านการเลือกใช้แบบจำลองสีในกระบวนการผสมภาพก็เป็นอีกประเด็นที่ต้องพิจารณา

สำหรับผลการประเมินคุณภาพของภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีของสเตรซันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ของรูปที่ 5.3(ก-จ) นั้น ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 5.4-5.7 ในส่วนของภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีดังกล่าวเทียบกับภาพผสมที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ได้แสดงไว้ดังในรูปที่ 5.15-5.26 ตามลำดับ

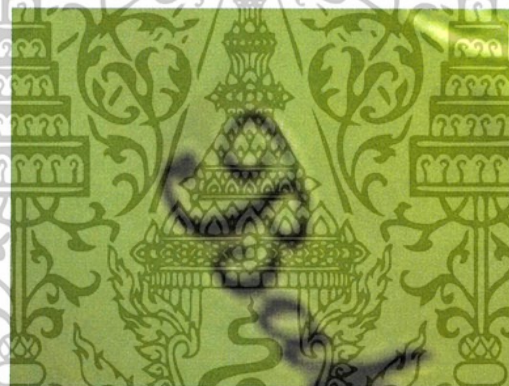
ตารางที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบบิตที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ และวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่

ภาพ / ขนาด	วิธีการผสมภาพ	
	SWTSFM	SFM
(ก) 640×480	121.5484	121.3053
(ข) 460×298	137.174	136.0688
(ค) 512×512	137.225	136.5258
(ง) 450×450	127.9465	126.9374
(จ) 360×270	120.1888	119.1226
(ฉ) 480×360	113.6307	113.1648
(ช) 396×396	118.657	118.5447
(ซ) 360×270	113.2223	113.2954
(ฌ) 494×494	117.314	116.7602
(ฎ) 640×480	136.3904	135.4709
(ฏ) 512×384	142.8143	139.6476
(ฐ) 720×540	120.948	120.9204

จากตารางที่ 5.4 ซึ่งเป็นการแสดงผลการประเมินคุณภาพที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบบิตที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยสแตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประเมินด้วยค่า PSNR นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเมื่อสังเกตที่ภาพด้วยสายตา ก็จะสังเกตเห็นได้ยาก แต่หากทำการขยายภาพก็จะพบถึงความแตกต่างของคุณภาพที่ได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.14



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5.14 แสดงภาพอ้างอิงและภาพขยายของภาพผสมที่ได้จากวิธีในตารางที่ 5.4

- (ก)แสดงภาพอ้างอิงและตำแหน่งของภาพที่จะทำการขยาย (ข)บริเวณภาพที่ถูกขยายของภาพอ้างอิง
(ค)บริเวณภาพที่ถูกขยายของวิธีแบบSFM (ง) บริเวณภาพที่ถูกขยายของวิธีแบบ SWTSFM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสี่ด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ โดยใช้แบบจำลองสี YCbCr ที่เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ

ภาพ / ขนาด	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior2.2	Bior3.3	Bior3.5	Bior4.4
(ก) 640×480	121.2816	121.4585	121.5484	121.5266	121.2549
(ข) 460×298	136.8153	136.8855	137.0266	137.174	136.8135
(ค) 512×512	137.225	136.7825	136.7285	136.7009	136.651
(ง) 450×450	127.4716	127.7124	127.7995	127.9465	127.4468
(จ) 360×270	119.2922	119.3068	120.1624	120.1888	118.961
(ฉ) 480×360	113.3396	113.3008	113.5627	113.6307	113.0333
(ช) 396×396	118.3702	118.5712	118.657	118.6442	118.5454
(ซ) 360×270	112.8472	113.2208	113.2223	113.2179	113.0626
(ฌ) 494×494	116.2336	116.9213	117.2123	117.314	116.8585
(ญ) 640×480	136.2544	136.2279	136.3904	136.3694	135.3561
(ฎ) 512×384	139.5667	141.3871	142.8143	142.7671	139.1432
(ฏ) 720×540	120.8243	120.9334	120.948	120.9477	120.9189

ตารางที่ 5.5 นั้นแสดงให้เห็นถึงผลของการเลือกใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมภาพสี่ด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และ Biorthogonal 3.5 ให้ผลการประเมินที่ค่อนข้างดีกว่าเวฟเลทฟิลเตอร์แบบอื่น โดยสังเกตได้จากค่าที่ได้ทำการแรเงาไว้

ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสี่ด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ โดยใช้แบบจำลองสี YCbCr ที่ขนาดบล็อกต่างกัน

ภาพ / ขนาด	-ขนาดบล็อก		
	4 × 4	8 × 8	16 × 16
(ก) 640×480	121.5484	120.9828	119.6983
(ข) 460×298	134.7831	136.0394	137.174
(ค) 512×512	132.4093	135.6094	137.225
(ง) 450×450	127.7701	127.9465	127.4716
(จ) 360×270	119.6277	120.1888	119.2922
(ฉ) 480×360	113.6307	113.1111	111.8162
(ช) 396×396	118.533	118.657	118.5712
(ซ) 360×270	113.2223	113.0626	111.8144
(ฌ) 494×494	117.314	116.9213	116.4806
(ญ) 640×480	133.4328	136.3904	129.6317
(ฎ) 512×384	135.372	142.8143	139.5667
(ฏ) 720×540	120.8896	120.948	120.9189

ตารางที่ 5.6 นั้นแสดงให้เห็นถึงผลของการเลือกใช้นาขนาดบล็อกย่อยที่ขนาดต่างกัน ต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้จากวิธีการผสมภาพสี่ด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ โดยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่ โดยในกรณีของภาพสี่นี้ ผลจากการเลือกใช้นาขนาดย่อยที่ขนาดต่างๆ ต่อคุณภาพของภาพผสมนั้น จะไม่สามารถสรุปถึงขนาดบล็อกย่อยที่เหมาะสมได้ชัดเจน ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากการเลือกใช้รูปภาพในการทดสอบที่มีขนาดหลากหลายจึงทำให้ไม่สามารถเห็นถึงผลของการเลือกใช้นาขนาดบล็อกย่อยต่อคุณภาพของภาพผสมได้ชัดเจนนัก

ตารางที่ 5.7 ผลการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ดีที่สุดของภาพผสมแบบสีด้วยวิธีการผสมแบบสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์มฯ ที่แบบจำลองสีแบบต่างๆ

ภาพ / ขนาด	แบบจำลองสี				
	RGB	YIQ	HSV	HSI	YCbCr
(ก) 640×480	114.107	119.015	116.163	116.909	121.548
(ข) 460×298	122.964	134.898	123.681	130.850	137.174
(ค) 512×512	124.660	135.257	125.258	130.589	137.225
(ง) 450×450	120.928	125.480	121.550	123.876	127.946
(จ) 360×270	115.601	117.644	115.542	116.863	120.188
(ฉ) 480×360	103.217	111.014	101.845	108.051	113.630
(ช) 396×396	110.885	116.088	111.947	113.654	118.657
(ซ) 360×270	108.662	110.607	107.175	109.864	113.222
(ฌ) 494×494	111.661	114.749	111.860	113.661	117.314
(ญ) 640×480	132.735	133.746	128.867	133.430	136.390
(ฎ) 512×384	137.322	140.208	133.692	142.280	142.814
(ฏ) 720×540	114.898	118.394	114.501	117.158	120.948

สำหรับค่าการประเมินตารางที่ 5.7 นั้นแสดงให้เห็นถึงผลของการเลือกใช้แบบจำลองสีทั้ง 5 แบบต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้ ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่าแบบจำลองสีแบบ YCbCr นั้นให้ผลการประเมินที่ดีที่สุดอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองสีอีก 4 แบบที่เหลือ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการประเมินในตารางจะพบว่าแบบจำลองสีปกติของภาพสี ซึ่งก็คือแบบจำลองสีแบบ RGB นั้นให้ระดับประเมินที่ไม่ดีนักจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผสมภาพสี



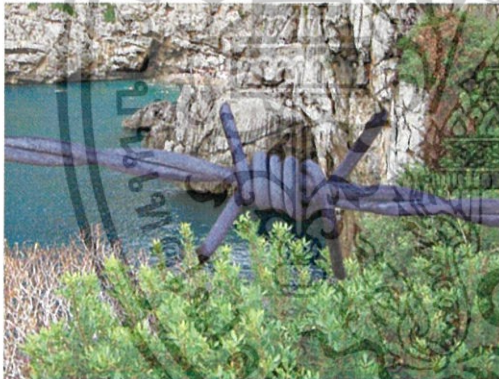
(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผลสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.15 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลสมจากวิธี SWTSFM

(จ) ภาพผลสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.16 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr



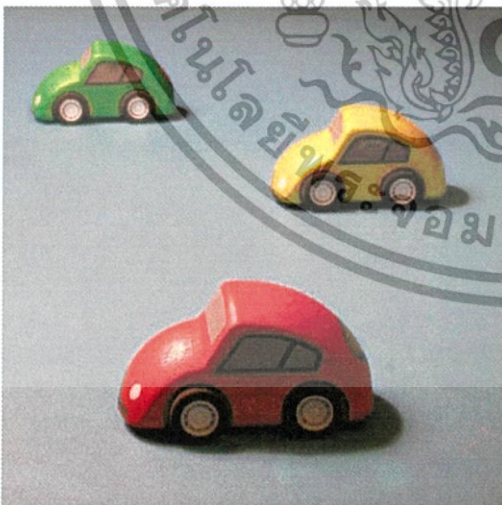
(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



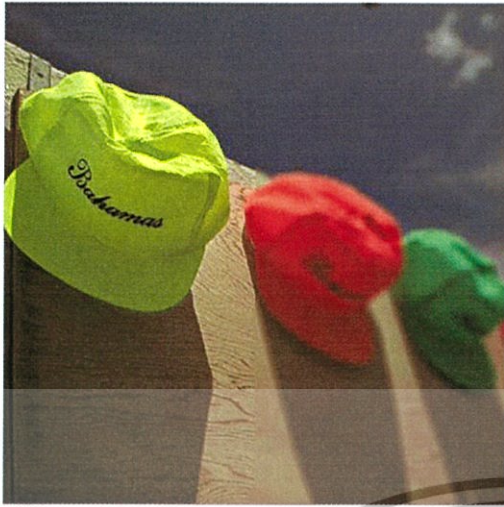
(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.17 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

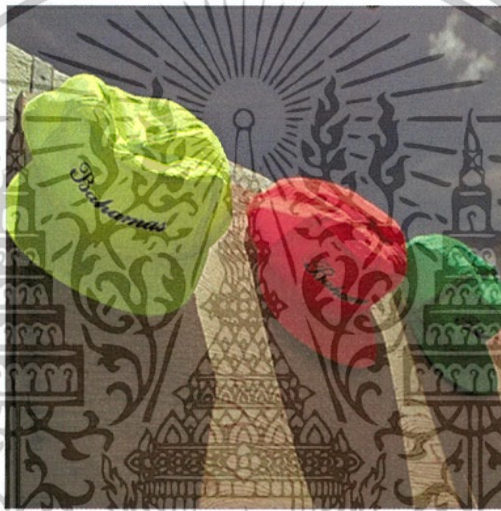
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



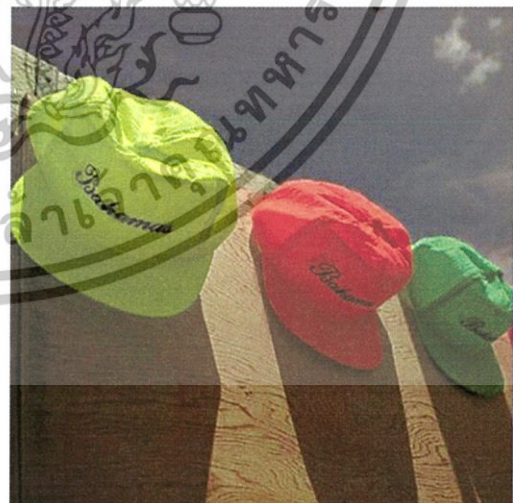
(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



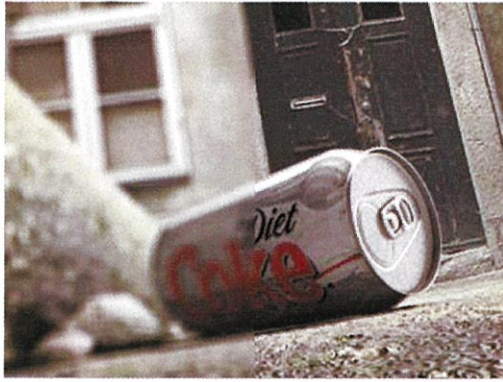
(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



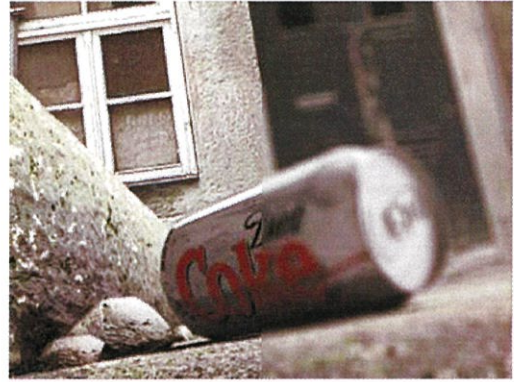
(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.18 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลมาจากวิธี SWTSM



(จ) ภาพผลมาจากวิธี SFM

รูปที่ 5.19 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.20 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.21 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



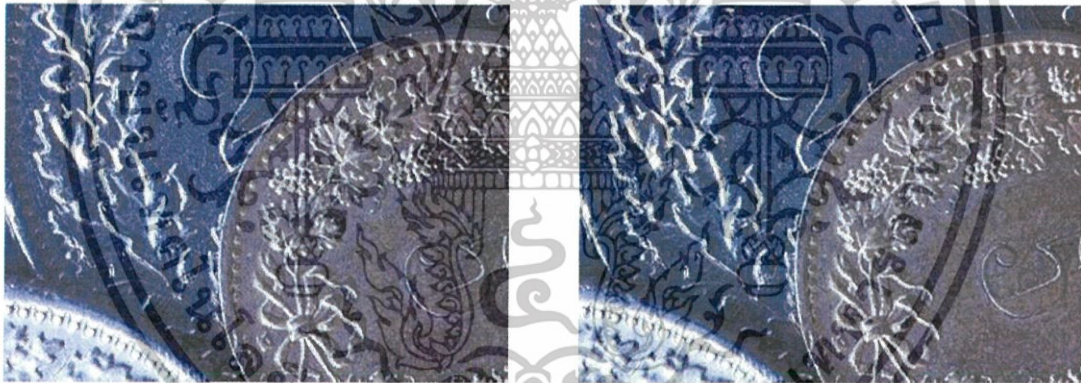
(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง

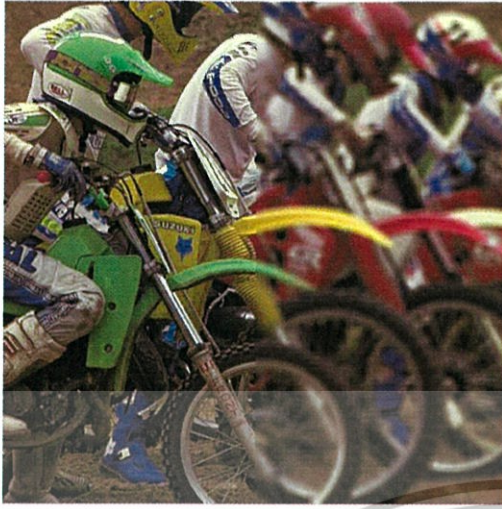


(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.22 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



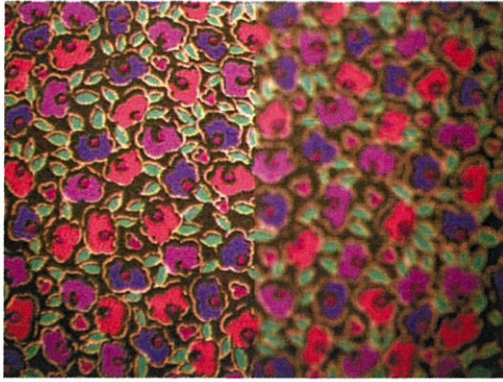
(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.23 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสีที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลสมจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผลสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.24 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่
ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr



(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



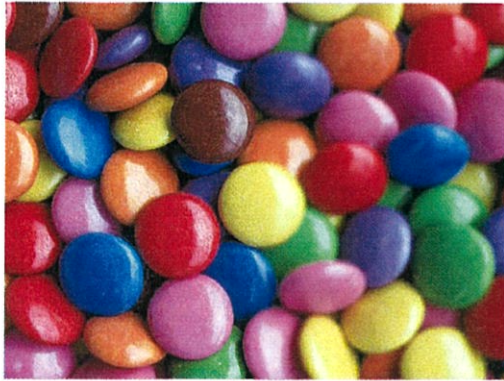
(ง) ภาพผสมจากวิธี SWTSFM



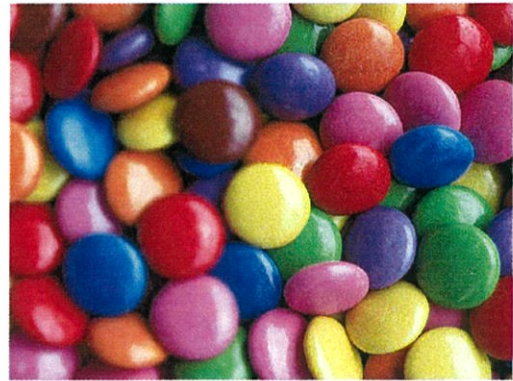
(จ) ภาพผสมจากวิธี SFM

รูปที่ 5.25 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง 2 แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



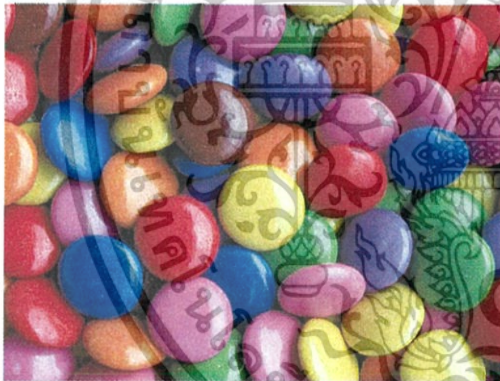
(ก) ภาพทดสอบ1 โฟกัสทางด้านซ้าย



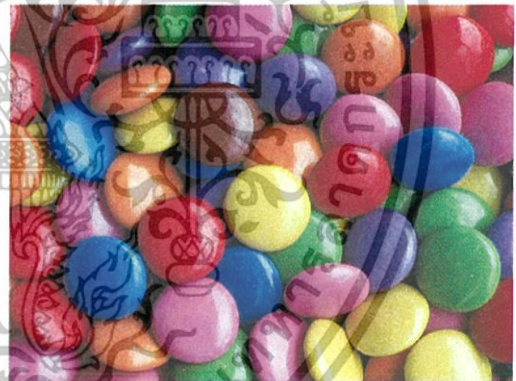
(ข) ภาพทดสอบ2 โฟกัสทางด้านขวา



(ค) ภาพอ้างอิง



(ง) ภาพผลมาจากวิธี SWTSFM



(จ) ภาพผลมาจากวิธี SFM

รูปที่ 5.26 ภาพทดสอบภาพอ้างอิงและภาพผลสมแบบสี่ที่ได้จากวิธีทั้ง2แบบ โดยใช้บล็อกย่อยที่ขนาด 8×8 ใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบ Biorthogonal 3.3 และใช้แบบจำลองสีแบบ YCbCr

บทที่ 6

สรุป วิจัยผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนา

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการในการผสมภาพที่มีระดับการโฟกัสของภาพต่างกัน โดยประยุกต์ใช้การพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มภาพอินพุต จำนวน 2 ภาพด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม เพื่อนำมาใช้ในการสร้างภาพผสมให้ได้ระดับการโฟกัสของภาพที่ดีที่สุดทั้งภาพ อีกทั้งยังได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้

6.1 สรุปและวิจัยผลการทดลอง

ผลการวิจัยที่ได้ศึกษาพบว่า การผสมภาพด้วยวิธีการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลทนั้น ให้คุณภาพของภาพผสมอยู่ในระดับที่ดีทั้งจากการประเมินคุณภาพแบบออบเจกทีฟ และซับเจกทีฟ โดยที่กระบวนการที่ได้พัฒนานี้สามารถแก้ไขปัญหามองภาพเป็นพื้นเลื้อย ซึ่งมักจะเกิดกับวิธีผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลทเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังไม่ทำให้เกิดปัญหาแบบบล็อกสีเหลี่ยมขึ้นบนภาพ

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ประเด็นที่ต้องศึกษาและพัฒนากระบวนการทางการผสมภาพต่อไป มีดังต่อไปนี้ คือ

6.2.1 ประเด็นเรื่องข้อมูลสีของภาพ

อ้างอิงกระบวนการผสมภาพที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า กระบวนการผสมภาพสีที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาเฉพาะแบนด์ค่าความเข้มเทาของภาพเท่านั้น โดยมิได้นำแบนด์ข้อมูลสีของภาพมาพิจารณา ดังนั้น ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อผลของข้อมูลสีที่ระดับการโฟกัสที่ต่างกันต่อภาพผสมที่ได้ จึงเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาและพัฒนาต่อไป

6.2.2 ประเด็นเรื่องตำแหน่งของวัตถุภายในภาพ

จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบกับภาพที่มีรายละเอียดของภาพเหมือนกันทุกประการ แต่มีระดับการโฟกัสของแต่ละภาพนั้นต่างกัน ซึ่งหากภาพอินพุตนั้นมีรายละเอียดหรือพิกัดของวัตถุภายในภาพที่แตกต่างกันเพียงพิกเซลเดียว ก็อาจจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพผสมที่ได้เช่นกัน ดังนั้น กระบวนการในการตรวจสอบและแก้ไขตำแหน่งของวัตถุ (Image Registration) ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการผสมภาพนั้น จึงเป็นอีกประเด็นที่ควรทำการศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคต

6.2.3 ประเด็นเรื่องการประเมินคุณภาพของภาพผสม

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ตัวประเมินคุณภาพมาตรฐาน คือ ตัวประเมินแบบพีเอสเอ็นอาร์ และตัวประเมินด้วยค่าขอบภาพ ดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.4 ซึ่งในการประเมินผลด้วยตัววัดคุณภาพชนิดนี้ยังคงต้องใช้ภาพในอุดมคติมาอ้างอิง แต่ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถระบุได้ว่าภาพอ้างอิงหรือภาพที่สมบูรณ์ที่สุดนั้นเป็นเช่นไร ดังนั้น การประเมินคุณภาพของภาพผสม โดยไม่ใช้ภาพอ้างอิง จึงเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาและศึกษาอีกเช่นกัน



บรรณานุกรม

- [1] A. Toet, L.J. van Ruyven, and J.M. Valetton, "Merging thermal and visual images by a contrast pyramid," *Optical Engineering*, pp.789-792, 28 July 1989.
- [2] P.T. Burt, and E.H. Andelson, "The Laplacian pyramid as a compact image code," *IEEE Transactions on Communication*, pp.532-540, April 1983.
- [3] G. Piella, "A general framework for multiresolution image fusion: from pixel to regions," *Information Fusion*, 2003, pp.259-280.
- [4] Gonzalo Pajares, and Jesus Manuel la Cruz, "A wavelet-based image fusion tutorial," *Pattern Recognition*, pp.1855-1872, 2004.
- [5] Wang W., Shui P., and Song G., "Multifocus image fusion in wavelet domain," *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, November 2003.
- [6] Yufeng Zheng, E.A. Essock, B.C. Hansen, and A.M. Haun "A new metric based on extended spatial frequency and its application to DWT based fusion algorithms," *Information Fusion*, pp.177-192, 2007.
- [7] Li S., Kwok J.T., Wang Y., "Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency," *Information Fusion*, pp.169-176, 2001.
- [8] Yamsang N., and Udomhunsakul S., "Influence of SFM to objective assessment of compressed image," *Proceedings of the International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering*, pp.704-709, September 2007.
- [9] Nason, G.P., and B.W. Silverman, "The stationary wavelet transform and some statistical applications," *Lecture Notes in Statistics*, pp.281-299, 1995.
- [10] Chumsamrong W., Thitimajshima P., and Rangsanseri Y., "Using Stationary Wavelet Transform in the Classification of Sar Images," *Asian Conference on Remote Sensing*, 1998.
- [11] Tay, D.B.H., "Rationalizing the coefficients of popular biorthogonal wavelet filters," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, pp.998 – 1005, September 2000.
- [12] Borwonwatanadelok P., Purahong B., Udomhunsakul S., "Selection of Wavelet Filters for Panoramic Dental X-Ray Image Compression," *ICECT*, 2009, pp.237-241.
- [13] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, "Digital Image Processing," Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.

- [14] S.J. Sangwine, R.E.N. Horne, "The Color Image Processing Handbook," Chapman&Hall, London, 1998.
- [15] Tinku Acharya, Ajoy K. Ray, "Image Processing: Principles and Applications," John Wiley&Sons, New Jersey, 2005.
- [16] F. L. Bookstein, "Principal Warps: Thin-Plate and the Decomposition of Deformations", IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 11, No. 6, 1989.
- [17] <http://www.mathworks.com/>
- [18] <http://www.couleur.org>
- [19] <http://www.nectec.or.th>
- [20] http://www.ece.lehigh.edu/SPCRL/IF/image_fusion.htm
- [21] <http://www-stat.stanford.edu/~wavelab/>
- [22] <http://www.cs.cmu.edu/~cil/v-images.html>
- [23] http://www.computer-darkroom.com/tutorials/tutorial_9_1.htm





ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลทในแต่ละ
แบนด์ย่อย ที่มีระดับการโฟกัสของภาพที่แตกต่างกัน





(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข) ค่าเรเดียนส์ = 0.5

(ค) เรเดียนส์ = 0.8



(ง) เรเดียนส์ = 1.0

(จ) เรเดียนส์ = 1.5

(ฉ) เรเดียนส์ = 2.0

รูปที่ ก.1 แสดงภาพต้นฉบับและภาพที่ผ่านกระบวนการทำให้เบลอด้วยการใช้ตัวกรองแบบเกาส์เซียนฟิลเตอร์ที่ค่าเรเดียนส์ต่างๆ

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าปริภูมิเชิงความถี่ของรูปที่ ก.1

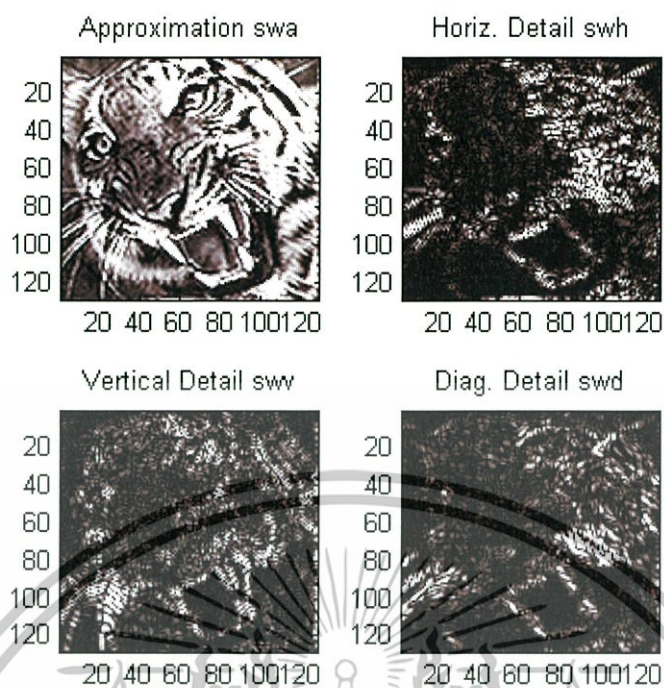
ค่าปริภูมิเชิงความถี่					
ภาพ (ก)	ภาพ (ข)	ภาพ (ค)	ภาพ (ง)	ภาพ (จ)	ภาพ (ฉ)
34.3285	19.0197	15.2413	13.1914	9.8945	7.5915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

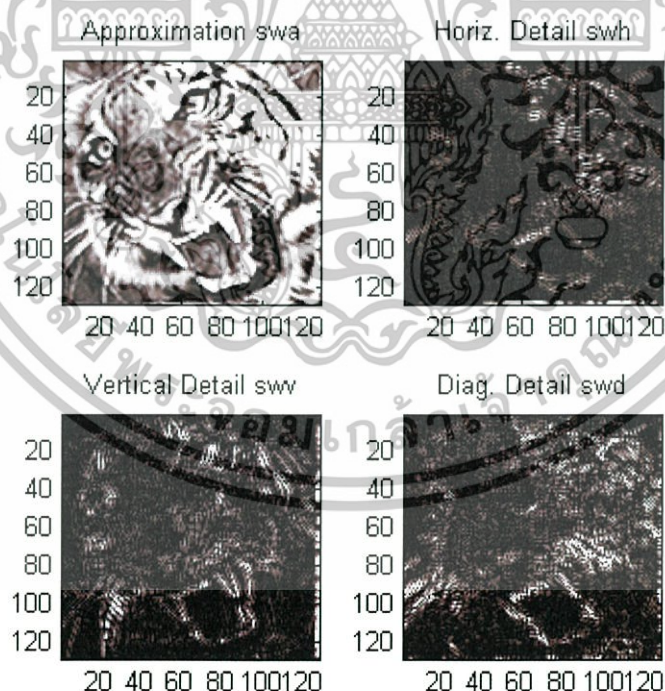
ตารางที่ ก.2 แสดงค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสแตชันนารีเวฟเลท ของรูปที่ ก.1 ในแต่ละแบนด์ย่อย ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มตั้งแต่ระดับ 1-4

ค่าปริภูมิเชิงความถี่บนค่าสัมประสิทธิ์ของสแตชันนารีเวฟเลท					
รูปที่ ก1	ระดับการทรานส์ฟอร์ม	แบนด์ย่อย LL	แบนด์ย่อย LH	แบนด์ย่อย HL	แบนด์ย่อย HH
(ก)	1	66.6889	49.6419	40.0178	39.1641
	2	78.4736	63.5492	62.2608	60.7049
	3	71.4147	73.0543	87.0087	81.0613
	4	57.9112	69.9899	72.7658	82.9476
(ข)	1	51.0247	20.3220	16.7113	6.5624
	2	71.4655	45.5089	46.3429	32.7080
	3	69.3371	67.0834	79.5196	69.0275
	4	57.5020	68.3699	70.8942	79.0652
(ค)	1	43.5742	14.6494	11.9485	2.7398
	2	66.3109	36.3906	37.5947	21.1447
	3	67.6288	62.5599	73.6840	60.4269
	4	57.1910	67.1121	69.2920	75.8017
(ง)	1	38.8748	12.5985	10.1532	1.5606
	2	62.1583	30.7069	31.7608	14.7931
	3	66.1108	58.8020	68.8215	53.6535
	4	56.9024	65.8899	67.8797	72.9602
(จ)	1	30.6459	11.0806	8.6674	0.8834
	2	52.5519	21.8612	21.6625	6.1933
	3	62.0467	49.7617	56.9287	38.5646
	4	56.0527	62.6279	63.9683	65.3444
(ฉ)	1	24.7910	10.6303	8.1804	0.8063
	2	43.4879	17.4926	15.6532	2.5456
	3	57.1419	40.8482	44.7456	25.4669
	4	54.8854	58.4809	59.0456	56.2657

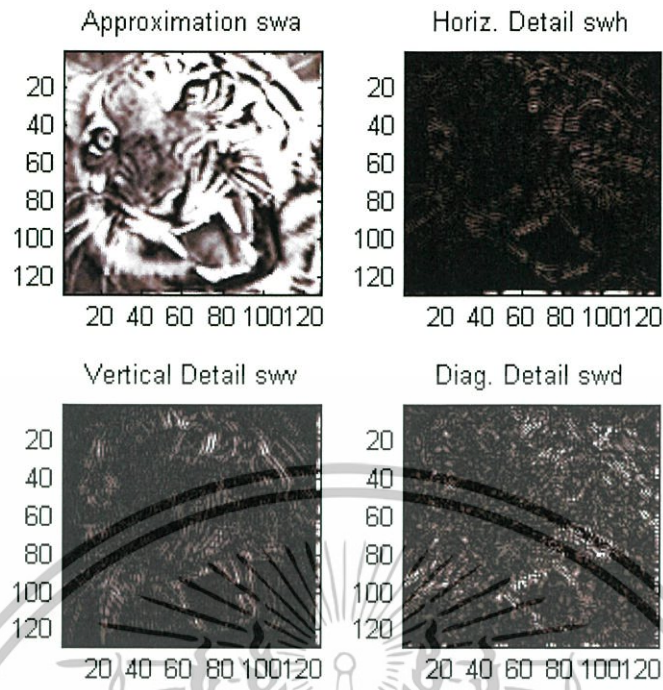
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



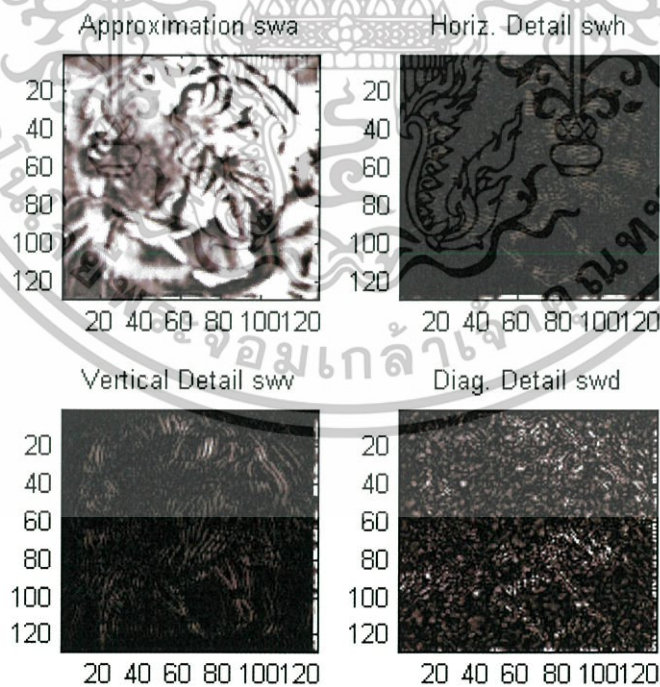
รูปที่ ก.2 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ก) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1



รูปที่ ก.3 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ข) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1

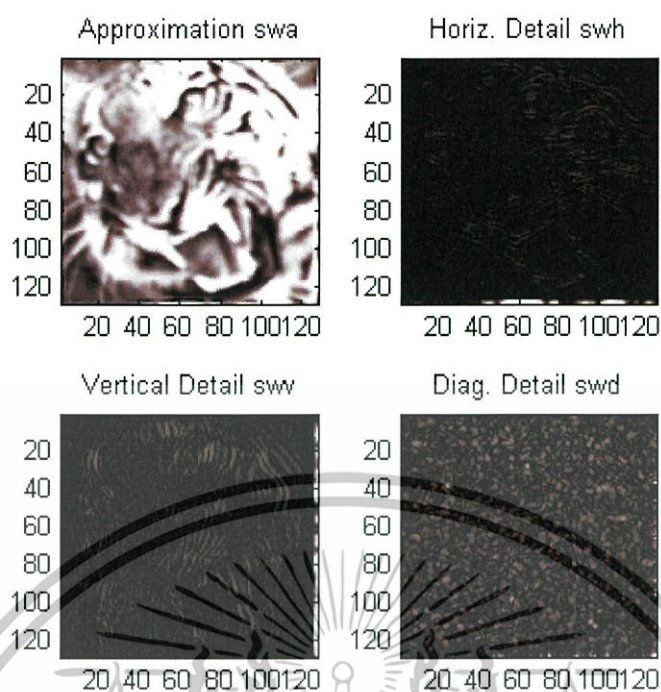


รูปที่ ก.4 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ค) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ 1

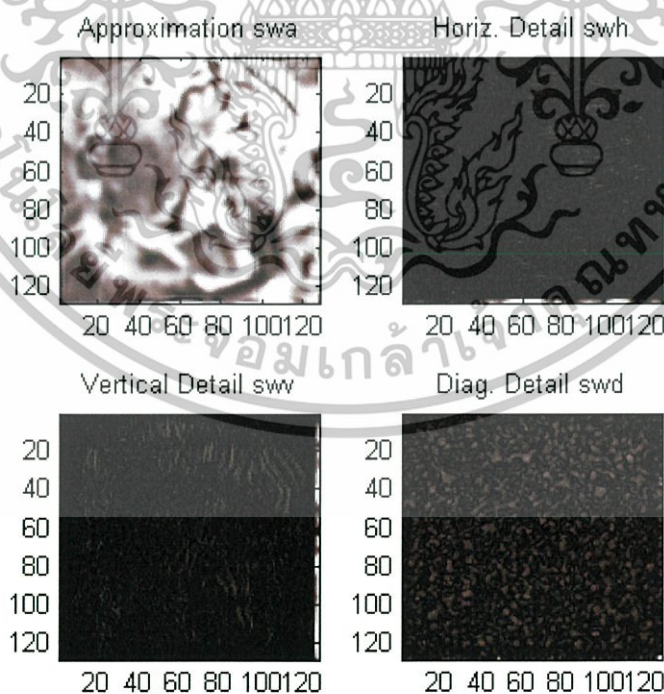


รูปที่ ก.5 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ง) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(จ) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1



รูปที่ ก.7 แสดงแบนด์ย่อยต่างๆของภาพ ก.1(ข) ที่ได้จากการทรานส์ฟอร์มด้วยสเตชันนารีเวฟเลททรานส์ฟอร์ม ที่ระดับ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ข.1 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์คอสคริตเวฟเลทโดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 3

รูปที่ 5.1	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	38.8334	38.9671	38.1519	38.4783	39.1920
(ข)	33.6247	33.9911	33.3392	33.5306	33.6876
(ค)	29.8816	30.3362	29.6610	29.8706	29.8104
(ง)	30.1415	30.4362	29.7699	29.9597	30.2303
(จ)	29.7900	29.9133	29.4352	29.7043	29.8387
(ฉ)	29.4634	28.7463	29.2669	29.1752	28.6360
(ช)	29.7475	29.9568	29.0832	29.5808	29.7920
(ซ)	30.2304	30.2842	29.6052	30.0251	30.3902
(ณ)	28.1649	28.0358	27.4711	27.7622	27.9676

ตารางที่ ข.2 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ

รูปที่ 5.1	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	44.9084	45.0992	42.9400
(ข)	38.2756	39.5519	38.6542
(ค)	34.9700	37.6913	37.3426
(ง)	33.3087	34.3237	33.9005
(จ)	32.6329	31.7041	29.6438
(ฉ)	29.9431	31.3461	29.9263
(ช)	34.2343	33.4744	30.8583
(ซ)	32.2646	32.3114	30.6761
(ณ)	33.2520	32.5606	30.4776

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4

บล็อกย่อย 4×4					
รูปที่ 5.1	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	43.7340	44.7211	45.7404	45.8280	43.7390
(ข)	37.8515	38.3201	39.3131	39.2920	37.7046
(ค)	34.9194	35.2703	36.9254	37.3372	34.4892
(ง)	33.0211	33.4106	34.4718	34.6731	32.7962
(จ)	32.6642	32.8667	33.0105	33.0186	32.5227
(ฉ)	29.9744	30.0929	30.4853	30.6244	29.9472
(ช)	34.2360	34.3548	34.4857	34.5353	34.3010
(ซ)	32.7472	32.9040	33.0826	33.2440	32.6622
(ณ)	32.6401	33.4267	33.5195	33.4464	33.2957

ตารางที่ ข.4 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8

บล็อกย่อย 8×8					
รูปที่ 5.1	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	44.0142	44.7060	45.2877	45.2846	44.1952
(ข)	39.9345	39.8649	39.9553	39.9627	39.5319
(ค)	37.5079	37.8053	38.3740	38.5553	37.1846
(ง)	34.0570	34.4285	35.1088	35.0857	33.8302
(จ)	31.9450	31.8051	31.9912	31.9928	31.7671
(ฉ)	30.7117	31.4416	31.4780	31.5533	31.3232
(ช)	33.7408	33.4661	33.4923	33.4538	33.4565
(ซ)	32.2697	32.3581	32.4444	32.4397	32.3278
(ณ)	31.9050	32.3664	32.2765	32.2700	32.3428

ตารางที่ ข.5 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.1 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเคชันนารีเวฟเลต โดยใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16

บล็อกย่อย 16×16					
รูปที่ 5.1	เวฟเลตฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	42.9037	42.9908	43.3267	43.3199	42.9156
(ข)	38.9315	38.8498	38.7235	38.7132	38.7884
(ค)	37.0752	37.3846	37.1769	37.0980	37.3582
(ง)	34.0624	33.7466	33.7967	33.7923	33.6914
(จ)	29.8159	29.7770	29.9176	29.9199	29.7980
(ฉ)	29.7404	30.0195	30.3168	30.0959	29.9724
(ช)	31.2338	31.1792	31.0332	31.0369	31.1319
(ซ)	30.6187	30.5898	30.4202	30.4057	30.5656
(ณ)	29.8929	30.4278	30.3963	30.3956	30.4102



ตารางที่ ค.1 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ RGB

แบบจำลองสี RGB			
รูปที่ 5.3	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	113.9632	113.7643	113.0535
(ข)	120.3024	121.2264	122.4025
(ค)	121.2852	122.7469	124.2439
(ง)	119.1965	120.0709	120.349
(จ)	112.3895	114.0347	114.7029
(ฉ)	102.9958	102.9309	102.4119
(ช)	110.438	110.7294	110.8204
(ซ)	108.7256	108.4865	107.5746
(ฌ)	110.5535	111.3185	111.1069
(ญ)	130.8539	131.7441	125.9824
(ฎ)	123.9784	134.4441	135.3096
(ฏ)	114.0208	114.8953	114.8861

ตารางที่ ค.2 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสี่แบบ YIQ

แบบจำลองสี่ YIQ			
รูปที่ 5.3	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	118.7642	118.3663	117.1409
(ข)	129.7687	131.3542	133.5814
(ค)	128.1683	130.5493	134.4505
(ง)	122.7895	123.7619	124.2323
(จ)	114.0203	115.5525	116.5529
(ฉ)	110.5574	110.296	109.1098
(ช)	115.2637	115.8865	115.9773
(ซ)	110.6824	110.3953	109.2419
(ณ)	112.8971	114.172	113.8117
(ญ)	130.7953	132.7281	126.9351
(ฎ)	125.3049	137.1481	135.9544
(ฏ)	117.4624	118.3675	118.3566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ HSV

แบบจำลองสี HSV			
รูปที่ 5.3	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	115.9361	115.6352	114.7146
(ข)	123.2651	123.4505	123.4895
(ค)	121.623	123.218	124.5994
(ง)	118.879	120.0372	120.9989
(จ)	112.7222	114.2082	114.7369
(ฉ)	101.7329	101.6207	101.2572
(ช)	111.1474	111.8128	111.8889
(ซ)	107.1907	107.0034	106.2521
(ฌ)	110.7414	111.5142	111.3185
(ญ)	124.9264	127.5276	121.8713
(ฎ)	121.2325	130.1266	132.9583
(ฏ)	113.3068	114.4915	114.4964

ตารางที่ ๔.4 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ HSI

แบบจำลองสี HSI			
รูปที่ 5.3	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	116.7042	116.4407	115.4956
(ข)	127.8504	129.2309	129.9717
(ค)	126.5517	127.8785	130.0546
(ง)	122.7686	123.4149	123.1876
(จ)	113.4739	115.1293	115.9208
(ฉ)	107.8308	107.568	106.8749
(ช)	113.1131	113.5063	113.6245
(ซ)	109.9195	109.6654	108.6537
(ฌ)	112.622	113.231	112.9294
(ญ)	131.9417	132.5241	126.6272
(ฎ)	127.9192	138.5666	136.8957
(ฏ)	116.6182	117.1342	117.1405

ตารางที่ ค.5 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่เพียงอย่างเดียว ที่ขนาดบล็อกย่อยต่างๆ ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr

แบบจำลองสี YCbCr			
รูปที่ 5.3	ขนาดบล็อกย่อย		
	4×4	8×8	16×16
(ก)	121.3053	120.9155	119.7047
(ข)	132.2301	133.3287	136.0688
(ค)	130.551	132.7336	136.5258
(ง)	125.197	126.5048	126.9374
(จ)	116.6208	118.4745	119.1226
(ฉ)	113.1648	112.9031	111.7204
(ช)	117.8388	118.4562	118.5447
(ซ)	113.2954	113.0094	111.8616
(ฅ)	115.5157	116.7602	116.4017
(ฉ)	133.1335	135.4709	129.5724
(ฐ)	127.8868	139.6476	138.5777
(ฎ)	120.0793	120.9204	120.9086

ตารางที่ ค.6 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนาร์เวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ RGB

แบบจำลองสี RGB					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 4×4				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	113.9286	114.0383	114.1068	114.1071	113.9221
(ข)	120.6436	120.5966	120.947	121.1589	120.3254
(ค)	121.381	121.6991	121.9983	122.0466	121.3162
(ง)	119.4167	119.7126	120.5936	120.6721	119.1076
(จ)	112.9005	113.398	114.796	115.0887	112.4795
(ฉ)	103.0076	103.0631	103.1899	103.2174	102.8622
(ช)	110.477	110.6144	110.7817	110.8073	110.4158
(ซ)	108.4089	108.6386	108.662	108.6565	108.5128
(ณ)	110.4604	111.0635	111.5582	111.6616	110.4553
(ญ)	124.4356	126.3948	130.7855	130.7187	123.2806
(ฎ)	125.2022	126.4205	129.6314	130.7115	124.8476
(ฏ)	113.5122	114.1286	114.6973	114.708	113.5908

ตารางที่ ค.7 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนจ์นารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ RGB

แบบจำลองสี RGB					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 8×8				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	113.6684	113.8039	113.773	113.7734	113.779
(ข)	121.5351	121.6815	122.0117	122.4862	121.5123
(ค)	123.6264	123.1655	123.5988	123.7398	122.8666
(ง)	120.6392	120.5908	120.7767	120.9288	120.3743
(จ)	114.8218	114.9845	115.514	115.6011	114.3209
(ฉ)	103.0378	102.966	102.9749	102.9715	102.9343
(ช)	110.6964	110.7964	110.8858	110.8799	110.7258
(ซ)	108.2924	108.5272	108.4699	108.4669	108.5371
(ฌ)	111.0053	111.4381	111.3966	111.4082	111.3872
(ฎ)	131.5647	132.704	132.3663	132.7358	132.187
(ฏ)	133.0868	135.6198	136.9577	137.3222	134.0537
(ถ)	114.8	114.883	114.8987	114.8988	114.8142

ตารางที่ ค.8 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ RGB

แบบจำลองสี RGB					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 16×16				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	112.9736	113.0521	113.0347	113.0333	113.0548
(ข)	122.4503	122.9641	122.9069	122.9222	122.6615
(ค)	124.6608	124.405	124.4405	124.4355	124.2801
(ง)	120.6359	120.634	120.4931	120.547	120.6677
(จ)	114.862	114.6815	114.5735	114.5659	114.6066
(ฉ)	102.475	102.4152	102.4046	102.4047	102.4159
(ช)	110.6996	110.8264	110.7999	110.8035	110.8138
(ซ)	107.4289	107.5083	107.3744	107.3696	107.3918
(ฅ)	110.8711	111.1437	111.0971	111.0917	111.1564
(ฉ)	125.5702	126.038	126.0199	126.016	125.989
(ฌ)	135.7772	134.8931	135.438	135.4308	134.4071
(ฎ)	114.843	114.8867	114.8752	114.872	114.8799

ตารางที่ ค.9 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนเนอร์เวฟเลต โดยใช้เวฟเลตฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสี่แบบ YIQ

แบบจำลองสี่ YIQ					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 4×4				
	เวฟเลตฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	118.7329	118.9126	119.0157	118.9948	118.6875
(ข)	130.8762	130.835	131.9254	132.7403	130.144
(ค)	128.597	129.0108	129.9814	129.9663	128.3988
(ง)	123.5459	124.0605	125.1246	125.331	122.8591
(จ)	114.3109	115.0889	116.8178	117.0877	113.9521
(ฉ)	110.7147	110.6967	110.9643	111.0144	110.4356
(ช)	115.3671	115.5742	115.9305	115.9767	115.2685
(ซ)	110.2485	110.5755	110.6073	110.5988	110.3987
(ฌ)	112.786	113.6644	114.6141	114.7491	112.7329
(ญ)	126.2176	127.0547	130.3911	130.6598	124.6823
(ฎ)	126.9358	127.9576	131.229	132.651	126.7507
(ฏ)	117.13	117.7495	118.3368	118.3463	117.1334

ตารางที่ ค.10 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนาร์เวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสี่แบบ YIQ

แบบจำลองสี่ YIQ					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 8×8				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	118.1978	118.434	118.3734	118.3803	118.3868
(ข)	132.555	133.0517	133.2695	133.871	132.6477
(ค)	133.3825	131.5836	132.3767	132.603	131.0719
(ง)	124.7444	125.1606	125.2667	125.4808	124.7194
(จ)	116.539	116.7571	117.5526	117.6449	116.2675
(ฉ)	110.5057	110.3782	110.365	110.3391	110.3409
(ช)	115.798	115.9822	116.088	116.0767	115.8535
(ซ)	110.1492	110.4351	110.3572	110.3579	110.4483
(ฌ)	113.6434	114.3494	114.2567	114.2628	114.2841
(ญ)	133.6205	133.5819	133.7467	133.7262	132.8646
(ฎ)	136.4051	138.8601	140.2084	140.1666	136.5441
(ฏ)	118.252	118.347	118.3948	118.3945	118.3107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.11 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนาร์เวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสี่แบบ YIQ

แบบจำลองสี่ YIQ					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 16×16				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	117.01	117.1335	117.1022	117.1	117.1344
(ข)	134.5113	134.5944	134.8982	134.879	134.4208
(ค)	135.2572	134.643	134.6026	134.5705	134.5239
(ง)	125.0097	124.9675	124.6841	124.6837	124.9785
(จ)	116.7183	116.5433	116.3761	116.3883	116.462
(ฉ)	109.2058	109.1079	109.0842	109.0835	109.1107
(ช)	115.8007	116.0032	115.9677	115.9621	115.9775
(ซ)	109.0583	109.1949	108.9703	108.9641	108.9919
(ฌ)	113.4332	113.8618	113.8024	113.7985	113.8917
(ญ)	126.8939	126.9941	126.9713	126.968	126.9478
(ฎ)	136.9409	136.0322	136.7891	136.7867	135.9039
(ฏ)	118.2712	118.3684	118.3441	118.333	118.367

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ HSV

แบบจำลองสี HSV					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 4×4				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	115.9303	116.0403	116.1631	116.1594	115.9453
(ข)	123.3306	123.3267	123.3985	123.408	123.3086
(ค)	121.7245	122.0604	122.283	122.4098	121.5774
(ง)	119.2558	119.7896	120.8661	120.988	118.8178
(จ)	112.9911	113.5994	115.0865	115.3045	112.675
(ฉ)	101.6956	101.7849	101.8375	101.8451	101.6697
(ช)	111.2227	111.4016	111.6408	111.6844	111.0877
(ซ)	107.0341	107.1449	107.1756	107.1716	107.085
(ฌ)	110.6738	111.3124	111.7553	111.8609	110.7331
(ญ)	119.2747	120.7661	124.5392	124.2228	118.0035
(ฎ)	123.0301	123.7366	126.6119	127.4179	122.5354
(ฏ)	112.6852	113.4706	114.1298	114.1789	112.8614

ตารางที่ ค.13 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนาร์เวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ HSV

แบบจำลองสี HSV					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 8×8				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	115.4986	115.7094	115.6897	115.6911	115.6896
(ข)	123.4697	123.4943	123.6693	123.6814	123.5117
(ค)	124.1052	123.7627	124.0172	124.0391	123.3066
(ง)	121.1244	120.8757	121.3566	121.5364	120.5289
(จ)	115.108	115.0802	115.4644	115.5427	114.3982
(ฉ)	101.693	101.6405	101.6459	101.6207	101.5975
(ช)	111.5807	111.8548	111.9473	111.9398	111.7361
(ซ)	106.8341	107.0581	107.01	107.0122	107.0643
(ฅ)	111.1808	111.65	111.6139	111.6136	111.62
(ฉ)	127.3315	128.8679	128.2714	128.7977	128.0082
(ฌ)	130.8553	131.2197	132.5729	133.0566	130.3632
(ฎ)	114.3826	114.4798	114.5017	114.4923	114.3667

ตารางที่ ค.14 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ HSV

แบบจำลองสี HSV					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 16×16				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	114.6011	114.7101	114.6886	114.6872	114.7116
(ข)	123.6264	123.5217	123.5706	123.5659	123.4866
(ค)	125.2585	124.8457	124.8537	124.8402	124.7447
(ง)	121.5501	121.4929	121.3476	121.3476	121.4936
(จ)	114.9181	114.7249	114.6003	114.5919	114.6575
(ฉ)	101.2874	101.2585	101.2487	101.2479	101.2588
(ช)	111.6753	111.8938	111.874	111.87	111.8742
(ซ)	106.1459	106.1633	106.1471	106.1442	106.1596
(ฌ)	111.0947	111.3622	111.3244	111.3176	111.3896
(ญ)	121.5946	121.9074	121.9085	121.9073	121.8719
(ฎ)	132.6339	133.0791	133.692	133.6761	132.531
(ฏ)	114.4426	114.4971	114.4829	114.4832	114.4902

ตารางที่ ค.15 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ HSI

แบบจำลองสี HSI					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 4×4				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	116.6739	116.8032	116.9091	116.8913	116.6654
(ข)	128.281	128.4576	129.5462	129.8843	127.7008
(ค)	126.9715	127.2136	127.5857	127.6572	126.6123
(ง)	123.3111	123.3354	123.8062	123.8761	122.8986
(จ)	113.8969	114.4629	116.0325	116.3028	113.5204
(ฉ)	107.97	107.9153	108.0235	108.051	107.742
(ช)	113.1878	113.3429	113.5387	113.5768	113.076
(ซ)	109.6357	109.855	109.8649	109.8589	109.729
(ฅ)	112.7192	113.1568	113.5928	113.6612	112.6275
(ฉ)	125.729	127.3209	130.9731	130.8162	124.1854
(จ)	128.735	130.4062	133.3613	134.2593	128.8769
(ฎ)	116.2637	116.7769	117.1189	117.1517	116.325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรนาร์เวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสี่แบบ HSI

แบบจำลองสี่ HSI					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 8×8				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	116.3034	116.4871	116.4409	116.4445	116.4601
(ข)	129.7519	130.2949	130.4782	130.6503	130.1626
(ค)	129.701	128.489	128.6879	128.8832	128.1606
(ง)	123.7066	123.7213	123.7522	123.7557	123.6499
(จ)	115.9161	116.2465	116.8483	116.8634	115.2519
(ฉ)	107.7452	107.6232	107.6152	107.5942	107.61
(ช)	113.4273	113.5743	113.6544	113.7301	113.4667
(ซ)	109.4612	109.7136	109.6449	109.6458	109.7255
(ฌ)	112.8232	113.3183	113.2812	113.2672	113.2457
(ฎ)	133.2581	133.2832	133.4309	133.4182	133.183
(ฏ)	137.1611	140.313	142.2808	141.0433	137.7032
(ถ)	117.1085	117.158	117.153	117.153	117.1186

ตารางที่ ค.17 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเคชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสี่แบบ HSI

แบบจำลองสี่ HSI					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 16×16				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	115.3917	115.4954	115.4749	115.4733	115.4963
(ข)	130.3267	130.8103	130.8478	130.8508	130.7716
(ค)	130.5897	130.1392	130.1474	130.2848	130.0695
(ง)	123.4193	123.3938	123.25	123.2475	123.4129
(จ)	116.0689	115.9155	115.7743	115.7654	115.77
(ฉ)	106.9634	106.881	106.8584	106.8582	106.8995
(ช)	113.3977	113.5986	113.5768	113.5726	113.5851
(ซ)	108.5101	108.4771	108.4512	108.4463	108.4725
(ฌ)	112.6399	112.9814	112.9228	112.9185	113.0042
(ญ)	126.0457	126.6819	126.6635	126.6599	126.6396
(ฎ)	138.1632	137.3688	138.4403	138.437	137.2128
(ฏ)	117.0999	117.1492	117.1352	117.1388	117.1455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.18 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเกลชันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกลดย่อยเท่ากับ 4×4 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr

แบบจำลองสี YCbCr					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 4×4				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	121.2816	121.4585	121.5484	121.5266	121.2549
(ข)	133.1858	133.2078	134.1674	134.7831	132.4471
(ค)	130.9689	131.4345	132.4093	132.4075	130.7728
(ง)	125.9967	126.5062	127.6026	127.7701	125.2533
(จ)	116.859	117.6687	119.4074	119.6277	116.5836
(ฉ)	113.3396	113.3008	113.5627	113.6307	113.0333
(ช)	117.9451	118.189	118.486	118.533	117.8235
(ซ)	112.8472	113.2208	113.2223	113.2179	113.0062
(ฌ)	115.412	116.2794	117.2123	117.314	115.3161
(ญ)	128.7938	129.6568	133.0337	133.4328	127.4125
(ฎ)	129.7413	130.6618	133.8895	135.372	129.3615
(ฏ)	119.6915	120.2977	120.8896	120.8867	119.7259

ตารางที่ ค.19 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 8×8 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr

แบบจำลองสี YCbCr					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 8×8				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	120.7623	120.9828	120.9259	120.93	120.9561
(ข)	134.6785	135.2801	135.3308	136.0394	134.7774
(ค)	135.6094	133.8332	134.5391	135.0028	133.2547
(ง)	127.2669	127.7124	127.7995	127.9465	127.1732
(จ)	119.1098	119.3068	120.1624	120.1888	118.729
(ฉ)	113.1111	112.985	112.9724	112.9465	112.9368
(ช)	118.3412	118.5541	118.657	118.6442	118.4224
(ซ)	112.7647	113.0389	112.9714	112.9729	113.0626
(ฌ)	116.2336	116.9213	116.8447	116.8489	116.8585
(ญ)	136.2544	136.2279	136.3904	136.3694	135.3561
(ฎ)	138.9916	141.3871	142.8143	142.7671	139.1432
(ฏ)	120.8096	120.9334	120.948	120.9477	120.8775

ตารางที่ ค.20 แสดงค่า PSNR ของรูปที่ 5.3 ที่ได้จากวิธีการผสมภาพด้วยการพิจารณาค่าปริภูมิเชิงความถี่บนสัมประสิทธิ์ของสเตรซันนารีเวฟเลท โดยใช้เวฟเลทฟิลเตอร์แบบต่างๆ ที่ระดับการทรานส์ฟอร์มเท่ากับ 1 โดยมีขนาดบล็อกย่อยเท่ากับ 16×16 ในแบบจำลองสีแบบ YCbCr

แบบจำลองสี YCbCr					
รูปที่ 5.3	บล็อกย่อย 16×16				
	เวฟเลทฟิลเตอร์				
	DB4	Bior 2.2	Bior 3.3	Bior 3.5	Bior 4.4
(ก)	119.5613	119.6975	119.6668	119.6645	119.6983
(ข)	136.8153	136.8855	137.0266	137.174	136.8135
(ค)	137.225	136.7825	136.7285	136.7009	136.651
(ง)	127.4716	127.4342	127.1694	127.3892	127.4468
(จ)	119.2922	119.1143	118.9447	118.9397	118.961
(ฉ)	111.8162	111.7188	111.6946	111.6944	111.7215
(ช)	118.3702	118.5712	118.5013	118.4961	118.5454
(ซ)	111.6779	111.8144	111.5902	111.5841	111.6118
(ฌ)	116.0252	116.4513	116.3896	116.3881	116.4806
(ญ)	129.5315	129.6317	129.6096	129.6063	129.5941
(ฎ)	139.5667	138.6551	139.4158	139.4135	138.5528
(ฏ)	120.8243	120.9135	120.8955	120.8993	120.9189

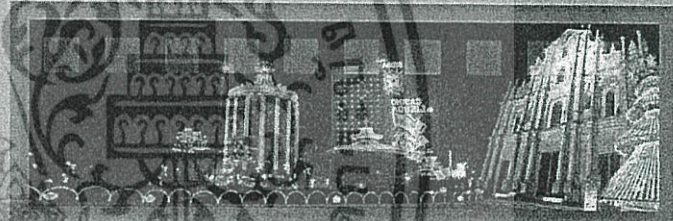
ภาคผนวก ง.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

- [1] วิรัตน์ รัตนพิทักษ์และ สมเกียรติ อุดมธรรมากุล, “การผสมภาพที่มีจุดโฟกัสต่างกันด้วยเวฟเลททรานส์ฟอร์มและตัววัดเชิงปริภูมิความถี่”, 2nd National Conference on Information Technology 2008, พฤศจิกายน 2551.
- [2] Rattanapitak W., Borwonwatanadelok P., Udomhunsakul S., “Multi-Focus Image Fusion based on Stationary Wavelet Transform and extended Spatial Frequency Measurement”, International Conference on Electronic Computer Technology, 2009, pp.77-81.
- [3] Rattanapitak W., Udomhunsakul S., “Comparative Efficiency of Color Models for Multi-focus Color Image Fusion”, The International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2010, pp.1461-1466.
- [4] Rattanapitak W., Udomhunsakul S., “Comparative Efficiency of Mother Wavelet for Multi-focus Color Image Fusion”, The International Conference on Information and Electronics Engineering 2010, (Accepted).

2009 International Conference on
Electronic Computer Technology

2009 International Conference on
Electronic Computer Technology



Macau, China

20-22 February 2009

Edited by
Sajad S. Mammadov
Kamruzzaman Hossain
Kai Li



Published by the IEEE Computer Society
10662 Los Vaqueros Circle
P.O. Box 3014
Los Alamitos, CA 90720-1314

IEEE Computer Society, Order Number P5559
BMAS Star Number: C2797915F-19971
Library of Congress Number: 2008-941296
ISBN 978-0-7695-3559-3



9 780769 535593



Computer
Society
Press



IACSIT



SINGAPORE
INSTITUTE OF ELECTRONICS

Authorized licensed use limited to: IEEE Xplore. Downloaded from 129.227.24.111 on 07/26/19. See IEEE Xplore for full Terms and Conditions.

Effects of Common Point Distribution and Adjustment Models on Detecting and Distinguishing Gross Error	47
<i>Yifan Fang and Cheng Zhong</i>	

Session 2

Novel Solar Cell Structure by Coating Surface Gratings	55
<i>Kao-Feng Yarn, Tsung-Chan Cheng, Wen-Chung Chang, and Wei-Ching Chuang</i>	
The Explore of Some Cases with the Data Mining Techniques	59
<i>Shen-Ming Gu, Yun Zheng, Lin-Ting Guan, and Yue-Ting Zhuang</i>	
Design of Objects Sharing Mechanism with Security Domain in Java Smart Card	64
<i>Yixin Xu and Qishan Zhang</i>	
An Analytic Solution of Entry Trajectory Based on Dynamic Pressure Planning	69
<i>Liaoni Wu, Yimin Huang, and Chenglong He</i>	
An Ant-Based Research on RWA in Optical Networks	73
<i>Yan-lei Zheng, Wan-yi Gu, Shan-guo Huang, and Pei Zhang</i>	
Multi-focus Image Fusion Based on Stationary Wavelet Transform and Extended Spatial Frequency Measurement	77
<i>Pusit Borwonwatanadelok, Wirat Rattanapitak, and Somkai Udomhunsakul</i>	
The Chain-Control-System of Environmental Parameters for Beer Fermentation Process	82
<i>Tie-jun Chen and Gai-jie Hou</i>	
CPS: A Cooperative-Probe Based Failure Detection Scheme for Application Layer Multicast	86
<i>Jijun Cao, Zhigang Sun, and Jinshu Su</i>	
A New Fixed-Priority Scheduling Algorithm with (m,k)-Firm Guarantee	92
<i>Ming Zhao and Hai Zhao</i>	
Prediction of Time Series Data Using Multiresolution-based BiLinear Recurrent Neural Network	96
<i>Dong Chul Park</i>	

Session 3

The Web-based B2B Environment with Web Services	103
<i>Chenxia Sun, Xiaoyang He, and Chao Wang</i>	
Algorithmic Formal Proof of Equivalence of Nondeterministic and Deterministic Finite Automata	108
<i>Nazir Ahmad Zafar and Syed Hasnain Haider Shah</i>	
A Low Complexity Algorithm for Channel Estimation of MIMO OFDM System	113
<i>Gaoping Hu and Dong Li</i>	

Multi-Focus Image Fusion based on Stationary Wavelet Transform and extended Spatial Frequency Measurement

Pusit Borwonwatanadelok^{*}, Wirat Rattanapitak^{**} and Somkai Udomhunsakul^{**}

Rajamangala University of Technology Suvannabhumi^{*}

Electronic Engineering-Telecommunication Department, Faculty of Industrial Education^{*}

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang^{**}

Faculty of Engineering, Department of Information Engineering^{**}

E-mail: zerocrossing51@hotmail.com, krwirat@kmitl.ac.th, kusomkai@kmitl.ac.th

Abstract

In this paper, we propose a multi-focus image fusion approach based on Stationary Wavelet Transform (SWT) and extended the Spatial Frequency Measurements (SFM). Our proposed approach, two fused images are firstly decomposed into four subbands, which are one approximation subband (LL) and three details subbands (HL, LH and HH). Next, each subband is partitioned into blocks and each block is identified the clearer regions by computing the focus measure using the extended Spatial Frequency Measurement (SFM). Finally, the recovered fused image is reconstructed by performing the Inverse Stationary Wavelet Transform. From the experimental results, we found that the proposed method outperforms the traditional Wavelet Transform and SFM based methods in terms of objective and subjective assessments.

1. Introduction

Nowadays, the image fusion has become an essential sub-topic in digital image processing research area. The main objective of image fusion is to combine information from two or more source images of the same scene to obtain an image with completely information. One example application of the image fusion, the main general problem of inexpensive cameras, we can not take every object on different distances to obtain an image with focus on all objects in the same scene so that a multi-focus image fusion method is needed in order to get the in focus or sharply images.

The simplest image fusion technique is to compute the average pixel-by-pixel gray level value of the source images [1]. However, this technique leads to

undesirable side effects such as contrast reduction. In the past two decades, a variety of image fusion methods were introduced such as Laplacian pyramid [2], Contrast pyramid [3], Ratio pyramid [4], and Discrete Wavelet Transform (DWT) [5-6]. In DWT based method, the basic idea of this method is to perform decompositions on each source image then combine all these decompositions to obtain composite representation, from which the fused image can be recovered by finding inverse transform. This method had been proved to be an effective method [7]. However this method is not translation-invariant because of down-sampling process. If there is a movement of the object in the source images, the performance of this method will deteriorate.

In this paper, a multi-focus image fusion approach based on Stationary Wavelet Transform (SWT) [8] and extended Spatial Frequency Measurement is proposed. One advantage of SWT is translation-invariant, without down-sampling process. Therefore, all approximation and detail coefficient subbands have the size same as the images source. In our proposed method, two fused images are firstly decomposed into four subbands, which are one approximation subband (LL) and three details subbands (HL, LH and HH). In fusion process, the extended Spatial Frequency Measurement [9] is adopted. The recovered fused image is reconstructed by performing the Inverse Stationary Wavelet Transform.

The rest of this paper is organized as follow. Section 2 and 3, the concepts of Stationary Wavelet Transform and the extended Spatial Frequency Measurement are described. Finally, the proposed image fusion method, experimental results and conclusion are presented in section 4, 5 and 6, respectively.

2. Stationary Wavelet Transform

Stationary Wavelet Transform (SWT) is similar to Discrete Wavelet Transform (DWT) [4-5] but the only process of down-sampling is suppressed that means the SWT is translation-invariant. The 2-D SWT decomposition scheme is illustrated in Figure 1.

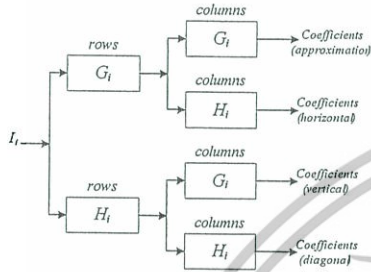


Figure 1. SWT decomposition scheme

where I_i , G_l , H_l are a source image, low-pass filter and high-pass filter, respectively.

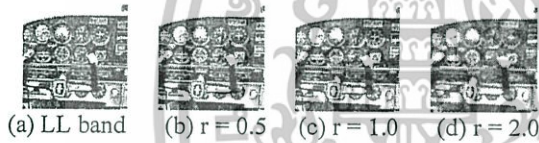


Figure 2. An approximation subband image (LL) and its Gaussian blurred images at various radius (r)

3. Spatial Frequency Measurement (SFM)

SFM is used to measure the overall activity level of an image [10]. The extended SFM can be used to represent the clarity of an image, defined as follows,

$$RF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=2}^N [I(i, j) - I(i, j-1)]^2} \quad (1)$$

$$CF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^M \sum_{i=2}^N [I(i, j) - I(i-1, j)]^2} \quad (2)$$

$$MDF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=2}^M \sum_{j=2}^N [I(i, j) - I(i-1, j-1)]^2} \quad (3)$$

$$SDF = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=2}^M [I(i, j) - I(i-1, j+1)]^2} \quad (4)$$

$$SF = \sqrt{(RF)^2 + (CF)^2 + (MDF)^2 + (SDF)^2} \quad (5)$$

where RF, CF, MDF, SDF and SF represented frequency in row, column, main diagonal, secondary and all spatial frequency of an image, respectively.

Table 1. SFM values of Fig. 2

Fig.2	(a)	(b)	(c)	(d)
SFM	82.514	57.307	41.655	29.672

Fig. 2(a) shows an approximation subband of Tiger image. Fig. 2(b)-(c) show the various blurred images of Fig. 2(a) after blurring with a Gaussian of radius 0.5, 1 and 2. As can be seen from Table 1, when the image gets more blurred, the spatial frequency decreases consequently. For detail subbands, it also produced the same results. These lead to reflect the clarity or in focus regions.

4. Proposed approach

4.1 Multi-focus Image fusion scheme

Fig. 3 shows our proposed approach of the multi-focus image fusion scheme.

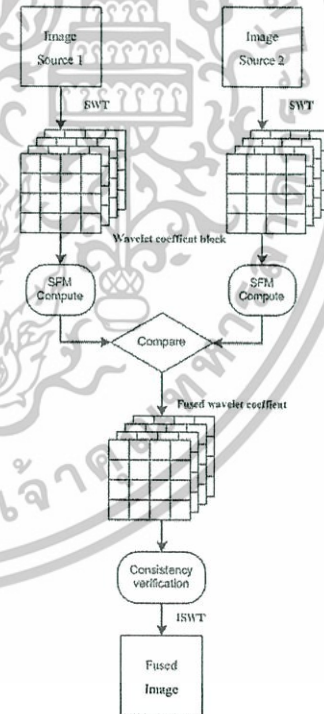


Figure 3. Proposed image fusion scheme

The proposed fusion procedure consists of the following steps.

A) Decompose the two source images using SWT at one level resulting in three details subbands and one approximation subband (HL, LH, HH and LL bands)

B) Partition the coefficients from each subbands into blocks of size $M \times N$. Denote the i th coefficients blocks from each subbands of image1 and image2 by ωA_i^s and ωB_i^s , respectively.

where $s = \{LL, HL, LH, HH\}$ subbands

C) Compute the spatial frequency values of each blocks ωA_i^s and ωB_i^s using Eq.(1-5), Eq.(1) for HL subband, Eq.(2) for LH subband, Eq.(3)+Eq.(4) for HH subband, and LL subband using Eq.(5).

D) Compare the spatial frequency values of two corresponding blocks ωA_i^s and ωB_i^s , the simple rule for construct the i th fused coefficient block ωF_i^s is given by

$$\omega F_i^s = \begin{cases} \omega A_i^s, & SF\omega A_i^s > SF\omega B_i^s \\ \omega B_i^s, & SF\omega A_i^s < SF\omega B_i^s \\ \frac{\omega A_i^s + \omega B_i^s}{2}, & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

where ωF_i^s is fused coefficient blocks and $SF\omega A_i^s, SF\omega B_i^s$ is spatial frequency value of ωA_i^s and ωB_i^s block, respectively.

E) Verify and correct on the fusion result obtained in step D using a majority filter with a 3×3 window, if center block comes from image1 but the neighbor of its surrounding block are from image2, then this center block will be changed to be from image2, and vice versa.

F) Finally, the fused image is reconstructed by performing the inverse SWT on the results, obtained from step E.

4.2 Image quality assessments

To evaluate the performance of fused image, the RMSE and edge measurements [11] are used. The RMSE and Edge measurements for the reference image R and awfused image F (both of size $M \times N$) are defined as follows.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [R(m,n) - F(m,n)]^2} \quad (7)$$

where $R(m,n)$ and $F(m,n)$ are the pixel value at position (m,n) of R and F , respectively. Smaller the values mean the better image quality.

$$Edge = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (Q_R(m,n) - Q_F(m,n))^2 \quad (8)$$

where $Q_R(m,n)$ and $Q_F(m,n)$ are the edge gradients of the R and F using Sobel operator. Smaller the values of Edge measurement mean the better image quality.

5. Experimental results

The experimental results, are performed on eight sets of 256-gray scale level images that have different SFM values and various sizes shown in Fig 5. The sizes of images are 640×480 , 256×256 and 512×512 pixels. Because of the lack of space, only two tested fusion images are shown. Fig. 6 illustrates the example of out-of-focus tested images.

5.1 Comparison of image fusion results

Table 2 shows the results obtained from our proposed method compared to other methods. As can be seen, the results show that for all tested images sets our proposed method (SWTSFM) outperform DWT[7] and SFM[1] based methods in term of objective assessment.

Table 2. Fused image quality results

Figure	Methods	RMSE	Edge
Fig (4c)	SFMSWT	4.4820	0.7171
	SFM	4.5067	0.7848
	DWT	6.2157	1.9035
Fig (4d)	SFMSWT	4.4901	1.4991
	SFM	4.9018	1.8201
	DWT	8.1012	1.7680

For subjective assessment, Fig. 7 and 8 show the magnified detail of image fusion results. We can see that our proposed method yields the best result. The DWT [7] and SFM [1] based methods, the fused images are contained blocking and ringing artifacts. In addition, they are suffered from uneven gray level compared to the original images.

5.2 Comparison of Wavelet Filter

In this section, the different kinds of Mother wavelet filters are used [10]. From the experimental results, we found that Biorthogonal wavelet filter (bior3.5) is the best and suitable for using in decomposition process over Orthogonal wavelet filters (Daubechies) illustrated in Table 3 (showing only bior3.5 and db4).

5.3 Effect of block sizes

Fig. 4 shows the RMSE's obtained from our proposed approach using different block sizes (4x4, 8x8 and 16x16). We demonstrate that the suitable block sizes are depended on the overall activity level of the source images (SFM value). The optimal block size is image-dependent. When SFM value of the source image is low, the larger block size is needed. Therefore, the small block size is suitable for the source images that have high SFM values.

Table 3. Results of fused images

Figure 5 /Block size	Wavelet Filters	RMSE	Edge
a	db4	3.6960	1.1646
(16x16)	bior3.5	3.5172	1.0386
b	db4	4.4805	0.7105
(16x16)	bior3.5	4.4820	0.7171
c	db4	4.5769	0.9137
(8x8)	bior3.5	3.4648	0.7995
d	db4	5.0546	1.8136
(8x8)	bior3.5	4.4901	1.4991
e	db4	2.4076	0.3976
(16x16)	bior3.5	2.2314	0.3711
f	db4	5.9337	3.2998
(4x4)	bior3.5	5.6965	3.1215
g	db4	8.0876	4.7325
(4x4)	bior3.5	7.5044	4.0367
h	db4	5.8773	3.8705
(4x4)	bior3.5	5.5506	3.6669

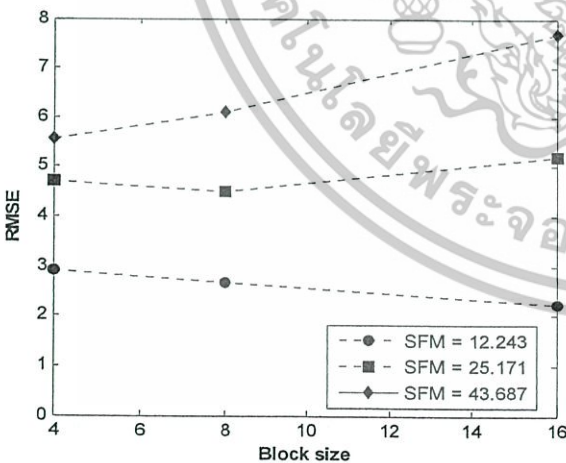


Figure 4. Variations of RMSE at different block sizes: 4x4, 8x8 and 16x16 of three tested images

6. Conclusion

In this paper, a method of multi-focus image fusion is proposed. It is based on the use of Stationary Wavelet Transform and extended Spatial Frequency Measurement. The proposed method has an advantage over both DWT and SFM based methods. Therefore, our proposed approach leads to an effective method for multi-focus image fusion.

References

- [1] Li S., Kwok J.T., Wang Y., "Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency", *Information Fusion*, 2001, pp.169-176.
- [2] P.T. Burt, and E.H. Andelson, "The Laplacian pyramid as a compact image code", *IEEE Transactions on Communication*, April 1983, pp.532-540.
- [3] A. Toet, L.J. van Ruyven, and J.M. Valetton, "Merging thermal and visual images by a contrast pyramid", *Optical Engineering*, 28 July 1989, pp.789-792.
- [4] Toet A., "Multiscale contrast enhancement with application to image fusion", *Optical Engineering*, May 1992, pp. 1026-1031.
- [5] Gonzalo Pajares, and Jesus Manuel la Cruz, "A wavelet-based image fusion tutorial", *Pattern Recognition*, 2004, pp.1855-1872.
- [6] G.Piella, "A general framework for multiresolution image fusion: from pixel to regions", *Information Fusion*, 2003, pp.259-280.
- [7] Wang W., Shui P., and Song G., "Multifocus image fusion in wavelet domain", *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, November 2003, pp.2887-2890.
- [8] Nason, G.P., and B.W. Silverman, "The stationary wavelet transform and some statistical applications", *Lecture Notes in Statistics*, 1995, pp.281-299.
- [9] Y. Zheng, E. A. Essock, B. C. Hansen and A. M. Huan "A new metric based on extended spatial frequency and its application to DWT based fusion algorithms", *Information Fusion*, 2007, pp. 177-192.
- [10] Tay, D.B.H., "Rationalizing the coefficients of popular biorthogonal wavelet filters", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, September 2000, pp.998 - 1005.
- [11] Yamsang N., and Udomhunsakul S., "Influence of SFM to objective assessment of compressed image", *International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering*, April 2007, pp.704-709.

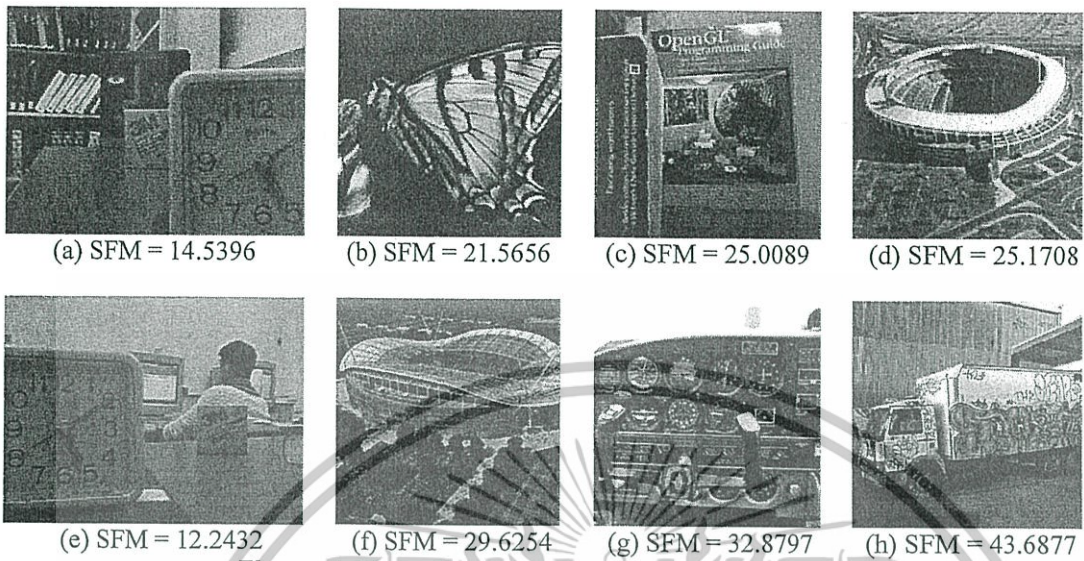


Figure 5. The reference images with SFM values

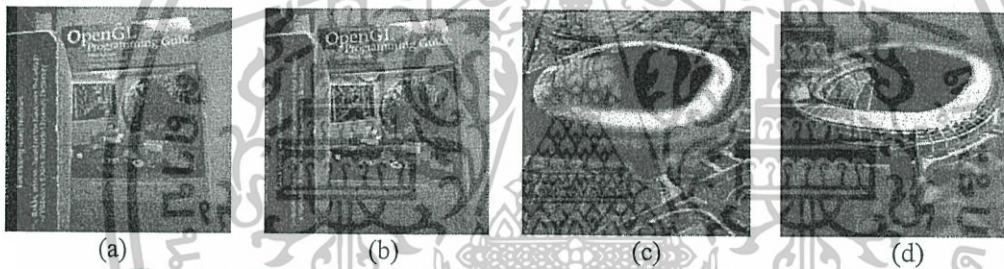


Figure 6. Tested Images (a) source image (focus on the left) (b) source image (focus on the right) (c-d) artificially produce blurred images

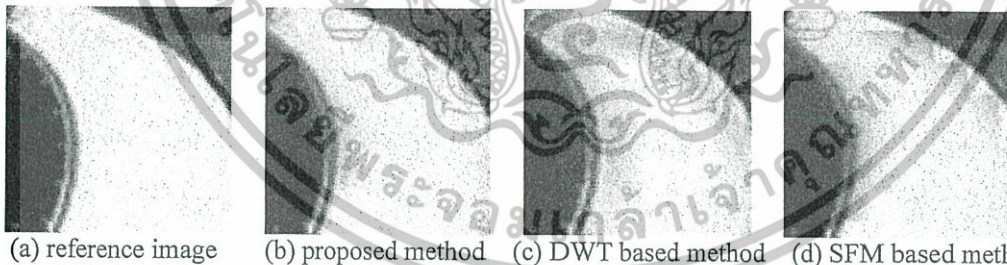


Figure 7. Local magnifications (white border area) of Fig. 5 (d) and fusion results

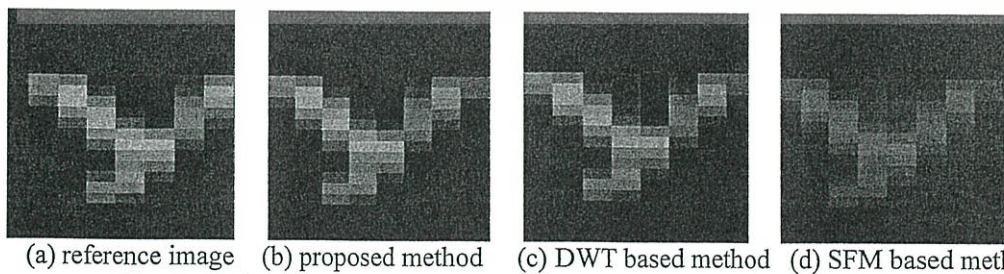
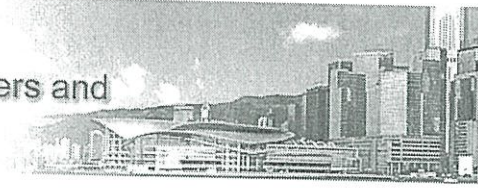


Figure 8. Local magnifications of Fig. 5 (c) and fusion results

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Association of Engineers

International MultiConference of Engineers and
Computer Scientists 2010



IMECS 2010 Proceedings

Conference Period and Venue:

17-19 March, 2010

The Royal Garden Hotel, Kowloon, Hong Kong

Organizing Association:

IAENG

International Association of Engineers

Publisher:

Newswood Limited

International Association of Engineers

Proceedings Books:

ISBN (Vol II): 978-988-18210-4-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

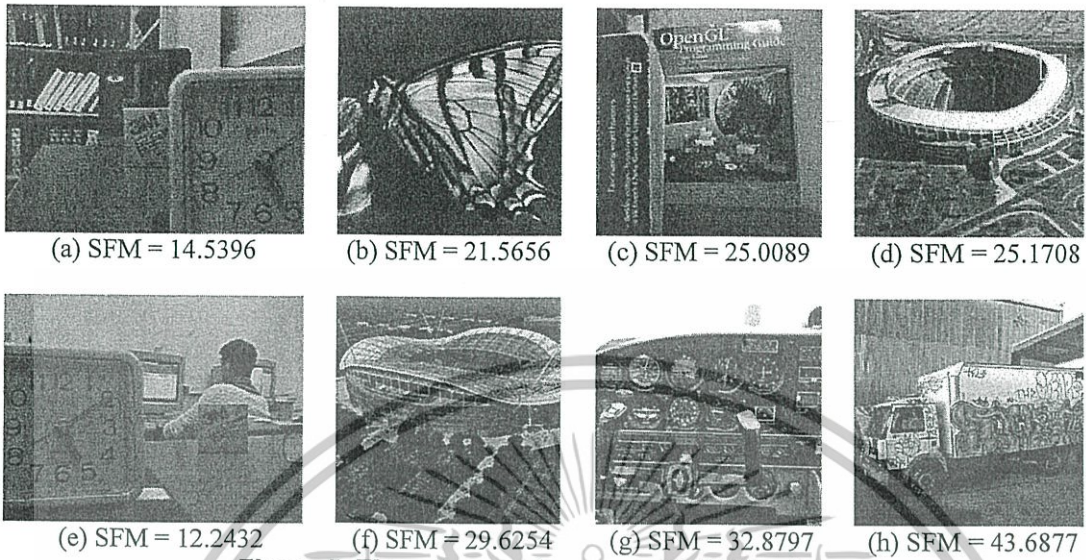


Figure 5. The reference images with SFM values

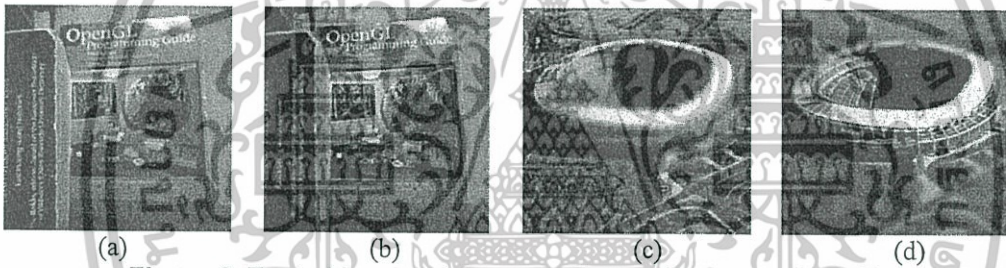


Figure 6. Tested images (a) source image (focus on the left) (b) source image (focus on the right) (c-d) artificially produce blurred images

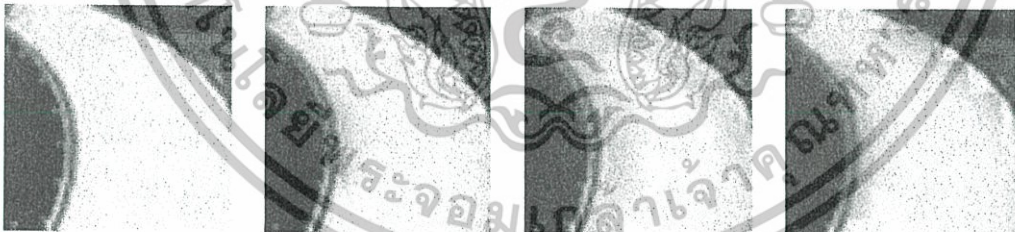


Figure 7. Local magnifications (white border area) of Fig. 5 (d) and fusion results

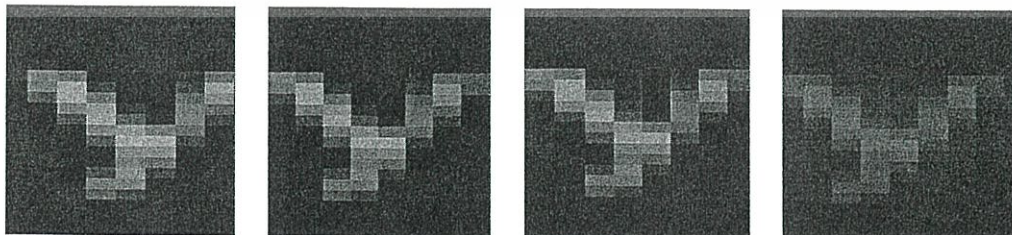
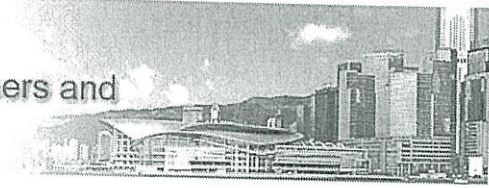


Figure 8. Local magnifications of Fig. 5 (c) and fusion results

International Association of Engineers

International MultiConference of Engineers and
Computer Scientists 2010



IMECS 2010 Proceedings

Conference Period and Venue:

17-19 March, 2010

The Royal Garden Hotel, Kowloon, Hong Kong

Organizing Association:

IAENG

International Association of Engineers

Publisher:

Newswood Limited

International Association of Engineers

Proceedings Books:

ISBN (Vol II): 978-988-18210-4-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparative Efficiency of Color Models for Multi-focus Color Image Fusion

Wirat Rattanapitak and Somkait Udomhunsakul

Abstract— The comparative efficiency of color models for multi-focus color image fusion is presented in this paper. The objective of these experiments is to finding the proper color model for using in multi-focus color image fusion. In our research study, firstly we transform RGB color model of source images into four color models that are YIQ, YCbCr, HSV and HSI color models. Next, the intensity or luminance component is only used in fusion process using Spatial Frequency Measurement based fusion method compared with Stationary Wavelet Transform with Extended Spatial Frequency Measurement. Finally, the fused image results are transformed back to RGB model to get the final results. The experiments show that the YCbCr color model outperforms other color models in term of objective quality assessment.

Keywords— Multi-focus image fusion, Color image fusion, Image color models

I. INTRODUCTION

Most fields in image processing require the accurate or reliable source image because the source images are very influence to analysis processes and result work. Nowadays, we can see many hi-tech equipments that are developed to solve this issues. As we well know, the equipment performances are increase, the cost of them are increasing too. Like a general digital camera, when a camera is to catch several objects that are indifferent distances, it could not be focused on these objects at the same time. To get a clear image containing all objects, we have two choices for solving this problem. Firstly, it is an easy way to use a hi-performance camera but it incurs for high cost. Secondly, we can apply an image processing technique, image fusion, which has been widely used in many fields such as medical imaging, remote sensing, computer vision and so on.

Multi-focus image fusion is an important process in digital image processing. The objective of image fusion is to combine an important data or target information that we want from two or more source images to obtain an image, which contains complete information. Recently, image fusion methods were continuously developed such as Multiresolution based fusion [1], Wavelet Transform based fusion [2] and Spatial Frequency Measurement based fusion [3]. Most of them perform on gray scale image but in the real world most images

Wirat Rattanapitak and Somkait Udomhunsakul, Assistant Professor, are with Faculty of Engineering, Department of Information Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
Email: krwirat@kmitl.ac.th and kusomkai@kmitl.ac.th

are color images leading to some multi-focus color image fusion were proposed [4,5]. Generally, color model of an image is RGB color model, which consists of three components, red component, green component and blue component. However, the RGB color model is not suitable for color image fusion because the correlation of the image channels is not clearly emphasized [4].

In this paper, we have presented the comparative efficiency of color models for multi-focus color image fusion. The comparison is implemented to perform on four color models that are YIQ, YCbCr, HSV and HIS. These components consist of three components. One is intensity or luminance and two color information or chrominance components. In this research study, the comparative efficiency of color models is performed on only intensity or luminance component of an image because intensity or luminance component is the weight average three color component of RGB image and it is less sensitive to noise [6].

The rest of this paper is organized as follow. In section 2, color model transformation is described. In section 3, two fusion methods are described. Then section 4, the comparative experiment is proposed. Finally, the experimental results and conclusion are presented in section 5 and 6, respectively.

II. COLOR MODELS TRANSFORMATION

A color model or color space is a method by which we can specify, create and visualize color. There are three-dimensional arrangements of color sensations. Each color model may be useful for specific application. In general, there are a number of color models as following [6-8].

2.1 YIQ Color Model

YIQ is also as the same as NTSC color model. In this color model, Y represented the gray scale information component, while I and Q carry the color information. The transformation of RGB color model to YIQ color model can be derived as,

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B \quad (1)$$

$$I = 0.569R - 0.275G - 0.321B \quad (2)$$

$$Q = 0.212R - 0.523G + 0.311B \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 HSV Color Model

HSV color model is widely used to describe color perceived by human being. In this color model, intensity component is represented by V (Value), while H (Hue) and S (Saturation) carry color information. The transformation of RGB color model to HSV color model can be derived as following.

The normalized RGB values are obtained by:

$$r = \frac{R}{R+B+G}, g = \frac{G}{R+B+G}, b = \frac{B}{R+B+G} \quad (4)$$

, which are in the ranges of [0,1].

Let MAX = maximum of (r, g, b) values and

MIN = minimum of those values then,

$$R' = \frac{MAX - r}{MAX - MIN} \quad (5)$$

$$G' = \frac{MAX - g}{MAX - MIN} \quad (6)$$

$$B' = \frac{MAX - b}{MAX - MIN} \quad (7)$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX} \quad (8)$$

$$V = MAX \quad (9)$$

$$H = (5 + B') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \text{ and } g = MIN \quad (10)$$

$$H = (1 - G') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \text{ and } g \neq MIN \quad (11)$$

$$H = (R' + 1) \times 60 \rightarrow \text{if } g = MAX \text{ and } b = MIN \quad (12)$$

$$H = (3 - B') \times 60 \rightarrow \text{if } g = MAX \text{ and } b \neq MIN \quad (13)$$

$$H = (3 + G') \times 60 \rightarrow \text{if } r = MAX \quad (14)$$

$$H = (5 - R') \times 60 \rightarrow \text{Otherwise} \quad (15)$$

2.3 HSI Color Model

This color model is an attractive color model for image processing applications because it represents colors similarly how the human eye senses colors [6]. In this color model, I is the intensity component, while H and S carry color information. The transformation of RGB color model to HSI color model can be derived as,

Let r, g and b are in the forms of normalized values (4)

where $h \in [0, \pi]$ for $b \leq g$

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \quad (16)$$

where $h \in [\pi, 2\pi]$ for $b > g$

$$h = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \right\} \quad (17)$$

$$s = 1 - 3 \times MIN(r, g, b); \quad s \in [0, 1] \quad (18)$$

$$i = (R + G + B) / (3 \times 255) \quad i \in [0, 1] \quad (19)$$

then

$$H = h \times 180 / \pi; \quad S = s \times 100; \quad I = i \times 255$$

2.4 YCbCr Color Model

In this color model, intensity information component is represented by Y, while Cb and Cr are stored the color information. The transformation of RGB color model to YCbCr color model can be derived as,

$$Y = 65.481 R + 128.553 G + 24.966 B + 16 \quad (20)$$

$$Cb = -37.797 R - 74.203 G + 112.00 B + 128 \quad (21)$$

$$Cr = 112.00 R - 93.786 G - 18.214 B + 128 \quad (22)$$

III. MULTI-FOCUS IMAGES FUSION

3.1 Multi-focus Image Fusion Process

In multi-focus image fusion process, we used two methods that are SFM fusion based method [3] and extended SFM based method [9]. Especially, we perform the fusion process only in intensity or luminance component because in this component we can distinguish and determine the clearer focus in each image area. Also, the intensity or luminance component are noiseless than two color information components [6]. Image fusion processes of those methods are illustrated in figure 1 and figure 2, respectively.

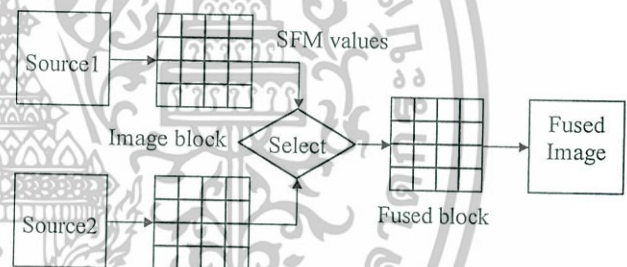


Fig. 1 SFM based fusion method

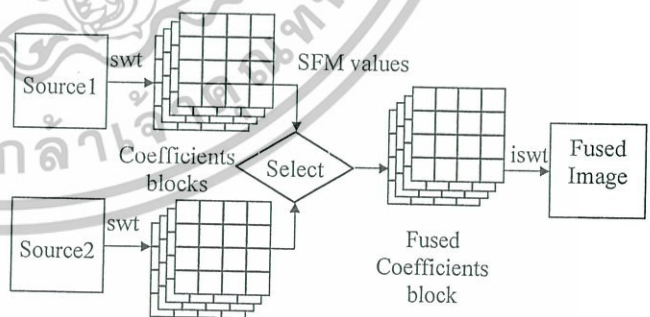


Fig. 2 Extended SFM based fusion method

From figure 1 and figure 2, we apply different three block sizes [4] as 4x4, 8x8, and 16x16 pixels. In figure 3, the different kinds of Mother Wavelet filters are used including orthogonal wavelet filter, db4, and four bi-orthogonal wavelet filters, bior2.2, bior3.3, bior3.5 and bior4.4 [4].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Objective Fused Image Quality Assessment

In the experiments, we need to specify the suitable color models for color images fusion therefore we use a simple objective measurement, Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), to evaluate the quality of fused color image. The PSNR is defined as below where MSE is referred to Mean-Square-Error.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} \quad (23)$$

IV. COLOR IMAGE FUSION

In this section, the fusion processes from section 3 are adopted for our experiments. The color image fusion on RGB color model and other color models, (YIQ, YCbCr, HSV, HIS) are shown in section 4.1 and 4.2, respectively.

4.1 Color image fusion on RGB Color Model

This is a simple fusion process because it is a normally color model of a color image. The fusion on RGB model can be performed by taking the corresponding each component of two tested images, each component of tested image1 is fused with each component of tested image2. In other words, we fused two source images in each component (red, green, and blue) separately. After we get the three fused components, the fused color image result came from three fused components as illustrated in the schematic, figure 3.

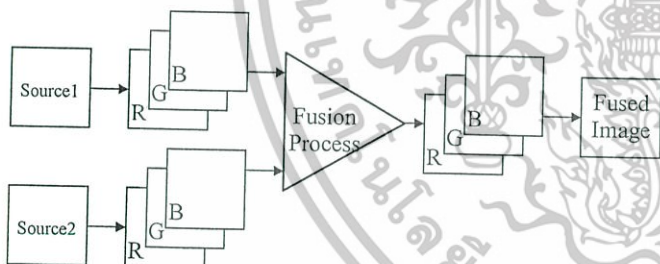


Fig. 3 Fusion process on RGB Color Model

4.2 Color image fusion on other color models

The fusion process on YIQ, YCbCr, HSV, HIS color models are similar to previous process. In these processes, we firstly transform RGB color model of tested images to our target color model. Then we do the fusion process only in intensity or luminance component. The process of these fusing can be described as following steps as illustrated in the schematic, figure 4.

1. Transform RGB color models of two tested images to target color models (YIQ, YCbCr, HSV, HIS)
2. In each target color model, the intensity or luminance components of two tested images are used in fusion process.
3. The fused intensity component from step 2 is used as intensity or luminance of fused image result.
4. The color information of two tested images are compared

and chosen from the clear or sharp area.

5. Inverts all components to get a fused image result in RGB model.

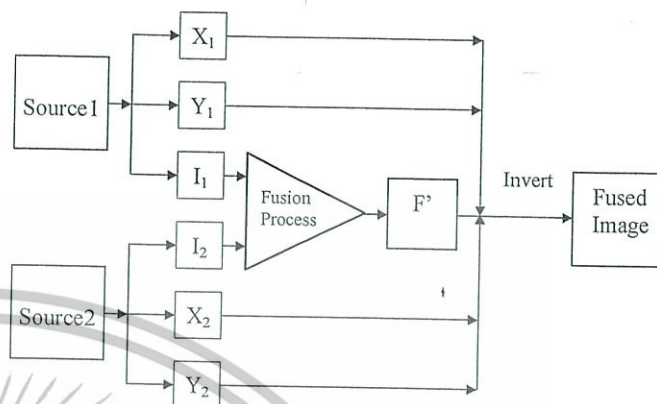


Fig. 4 Fusion process on other color models

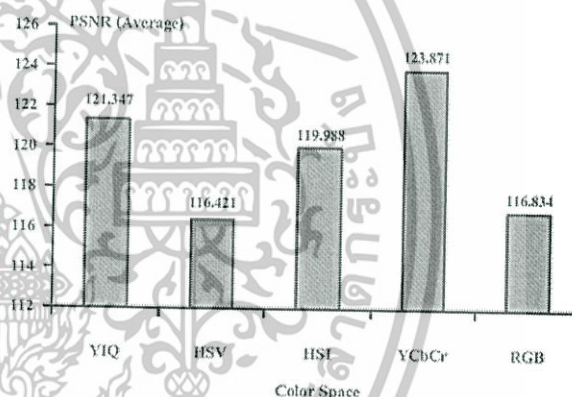


Fig. 5 Fused image quality assessments in each color model

V. EXPERIMENTAL RESULTS

Twelve RGB, 24 bits, color image sources of different sizes are used in our experiments shown in figure 8. Also, two fusion processes in section 3 are compared using the block sizes 4x4, 8x8, and 16x16 pixels. For extended SFM based fusion method [9], mother wavelets db4 and four bi-orthogonal wavelet filters tbior2.2, bior3.3, bior3.5 and bior4.4 are adopted. Therefore, each image is totally fused and provided 15 fused image results. The image qualities of fused image results are compared and evaluated by using PSNR. In table 1, it shows the best PSNR values chosen from 15 fused image results in each color image source. Moreover, figure 5 presents a graph of the average PSNR values from table 1.

5.1 Comparison in each color model results

Figure 5 shows the average fusion results of twelve tested images obtained from five color models as shown in Table 1. As can be seen, the results of YCbCr color model gives the best results in term of objective assessments, PSNR.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Comparison of color image fusion methods

The results of two color fusion methods are shown in Table 2. We can see that the extended SFM based method [9] is slightly better than traditional SFM based method [4] in term of objective assessment using PSNR. In subjective assessment, the fused images using SFM based method are contained blocking artifacts [4]. In addition, they are suffered from uneven gray level compared to the original images [9].

TABLE I
THE BEST PSNRs EVALUATED FROM EACH COLOR MODEL

Source Set No.	'Best PSNRs in Each Color Space				
	RGB	YIQ	HSV	HSI	YCbCr
1	114.12	119.01	116.16	116.90	121.54
2	122.96	134.89	123.68	130.85	137.17
3	124.66	135.25	125.25	130.58	137.22
4	120.92	125.48	121.55	123.87	127.94
5	115.60	117.64	115.54	116.86	120.18
6	103.21	111.01	101.84	108.05	113.63
7	110.88	116.08	111.94	113.65	118.65
8	108.66	110.60	107.17	109.86	113.22
9	111.66	114.74	111.86	113.66	117.31
10	132.73	133.74	128.86	133.43	136.39
11	137.32	140.20	133.69	142.28	142.81
12	114.89	118.39	114.50	117.15	120.94

VI. CONCLUSION

In this paper, the comparative efficiency of color models for color multi-focus image fusion is presented. In our experiments, five color models (RGB, YIQ, YCbCr, HSV, HSI) are compared as well as two fusion methods, SFM fusion based method and extended SFM based method. The results show that the suitable color model for color image fusion is YCbCr. In our research study, we consider only in intensity or luminance component because this component is the most effectively to get the fused image results. Moreover, our studies are useful and practical way to select the optimize color model for any applications. In the future works, the effects of color information or chrominance components for multi-focus color image fusion will be studies.

REFERENCES

- [1] G.Piella, "A general framework for multiresolution image fusion:from pixel to regions," Information Fusion, 2003, pp.259-280.
- [2] Gonzalo Pajares, Jesus Manuel la Cruz, "A Wavelet based image fusion tutorial," Pattern Recognition, 2004, pp.1855-1872.
- [3] Li S., Kwok J.T., Wang Y., "Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency," Information Fusion, 2001, pp.169-176.
- [4] Hailiang Shi, Min Fang, "Multi-focus Color Image Fusion Based on SWT and IHS," FSKD, Vol. 2, 2007, pp.461-465.
- [5] Hui Zhao, Qi Li, Huajun Feng, "Multi-focus color image fusion in the HSI space using the sum-modified-laplacian and a coarse edge map," Image and Vision Computing, Vol. 26, 2008, pp.1285-1295.
- [6] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, "Digital Image Processing," Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.
- [7] S.J. Sangwine, R.E.N. Horne, "The Color Image Processing Handbook," Chapman&Hall, London, 1998.
- [8] Tinku Acharya, Ajoy K. Ray, "Image Processing: Principles and Applications," John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.
- [9] Rattanapitak W., Borwonwatanadelok P., Udomhunsakul S., "Multi-Focus Image Fusion based on Stationary Wavelet Transform and extended Spatial Frequency Measurement", ICECT, 2009, pp.77-81.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE II
RESULTS FROM SFM BASED METHOD AND EXTENDED SFM BASED METHOD

Source Set No.	Best PSNRs in Each Color Space									
	SFM method					SWTSFM method				
	RGB	YIQ	HSV	HSI	YCbCr	RGB	YIQ	HSV	HSI	YCbCr
1	113.963	118.764	115.936	116.704	121.305	114.107	119.015	116.163	116.909	121.548
2	122.402	133.581	124.489	129.971	136.068	122.964	134.898	123.681	130.850	137.174
3	124.243	134.450	124.599	130.054	136.525	124.660	135.257	125.258	130.589	137.225
4	120.349	124.232	120.998	123.414	126.937	120.928	125.480	121.550	123.876	127.946
5	114.702	116.552	114.736	115.920	119.122	115.601	117.644	115.542	116.863	120.188
6	102.995	110.557	101.732	107.830	113.164	103.217	111.014	101.845	108.051	113.630
7	110.820	115.977	111.888	113.624	118.544	110.885	116.088	111.947	113.654	118.657
8	108.725	110.682	107.190	109.919	113.295	108.662	110.607	107.175	109.864	113.222
9	111.318	114.172	111.514	113.231	116.760	111.661	114.749	111.860	113.661	117.314
10	131.744	132.728	127.527	132.524	135.470	132.735	133.746	128.867	133.430	136.390
11	135.309	137.148	132.958	138.566	139.647	137.322	140.208	133.692	142.280	142.814
12	114.895	118.367	114.496	117.140	120.920	114.898	118.394	114.501	117.158	120.948



Fig. 6 An example of tested images

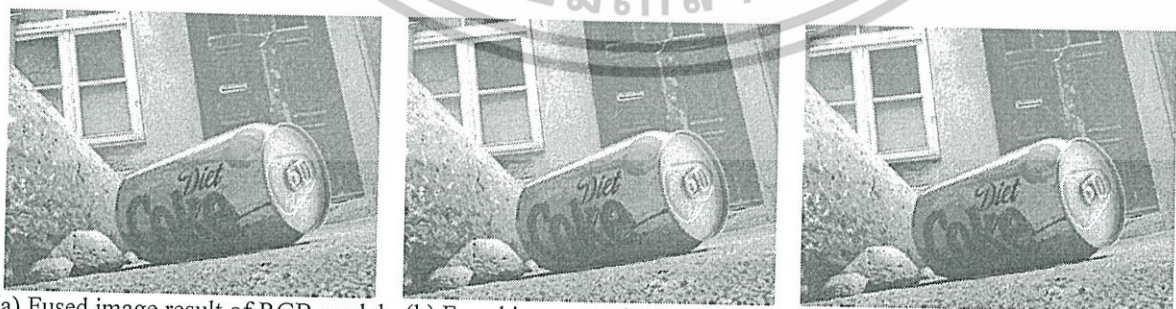


Fig. 7 Fused image results of three color models

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

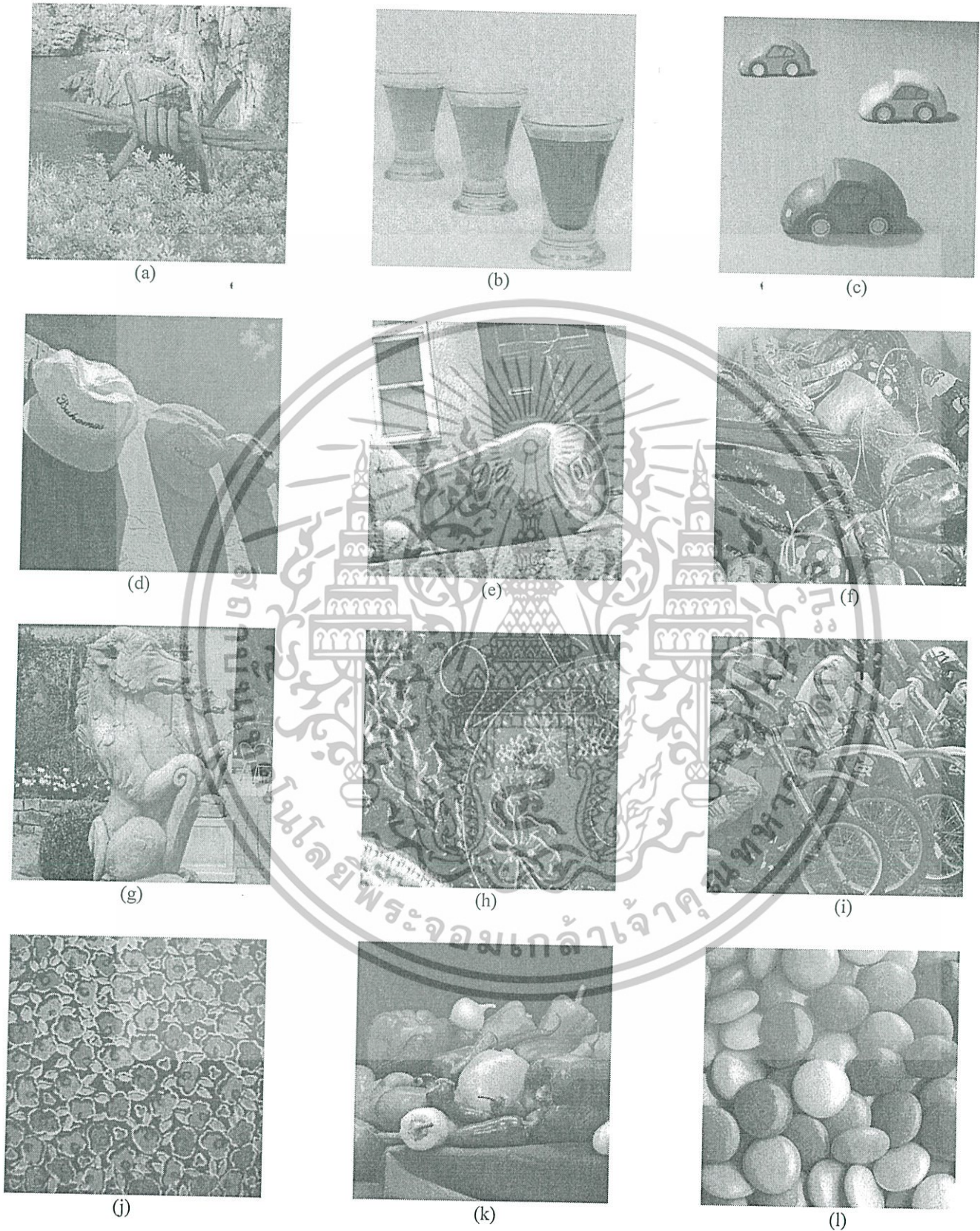


Fig. 8 Twelve tested images for color image fusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายวิรัตน์ รัตนพิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด 29 เมษายน 2524
ที่อยู่ 3/52 ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

ปัจจุบัน กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2548 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2545 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

ประสบการณ์

มกราคม 2547-ปัจจุบัน นักวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มกราคม-ธันวาคม 2553 เว็บบาสเตอร์ กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร (ASDG) กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

พฤษภาคม 2552 วิทยากรอบรมการสร้างเว็บไซต์ด้วยเว็บเทมเพลต ในโครงการอบรมผู้นำศูนย์ไอซีทีชุมชน ประจำปี 2552 จัดโดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มกราคม-ธันวาคม 2551 เว็บบาสเตอร์ ASEAN Occupational Safety & Health Network (ASEAN-OSHNET)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้