

การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด

นางสาวพุทธรดี สุขสินธารานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวพทรวดี สุขสินธารานนท์
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสก
ที่หลายระดับความละเอียด
สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การปรับความกลมกลืนภาพเป็นปัญหาพื้นฐานของการโมเสกภาพที่เกี่ยวกับการรวมภาพเมื่อภาพตั้งแต่ 2 ภาพถูกนำมารวมกัน การปรับความเข้มแสงที่แตกต่างกันในบริเวณที่มีการซ้อนทับกัน เป็นจุดประสงค์หลักของการปรับความกลมกลืนภาพ วิธีการนี้ถูกนำไปใช้ในงานที่เกี่ยวข้องหลายอย่าง เช่น การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ การประมวลผลภาพ และคอมพิวเตอร์กราฟิก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอวิธีการปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารีเพื่อที่จะกระจายสัมประสิทธิ์แบบคีย์ย่อยและรวมสัมประสิทธิ์แบบคีย์ย่อยของภาพ การศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้สัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพที่เหมาะสมกับการปรับความกลมกลืนภาพ และการควบคุมความกว้างของบริเวณที่มีการปรับความกลมกลืนเป็นงานที่สำคัญ จากกระบวนการดังกล่าวนี้ ทำให้ได้มาซึ่งภาพผลลัพธ์ที่มีความราบเรียบที่สมดุลในบริเวณของการปรับความกลมกลืน และความถูกต้องของภาพผลลัพธ์ที่มีต่อภาพตั้งต้น คุณภาพของภาพผลลัพธ์สามารถวัดได้โดยใช้การประเมินแบบอัตวิสัย ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า วิธีการที่นำเสนอได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพมากกว่าวิธีการแบบพีระมิดหลายระดับความละเอียด และวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 149 หน้า)

คำสำคัญ : การปรับความกลมกลืนภาพ, การรวมภาพ, การแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี,
การ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด, การ โมเสกภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Miss Phutthawadee Suksintharanon
Thesis Title : Image Blending by Analysis on Multiresolution Mosaic Images
Major Field : Computer Technology
: King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Assistant Professor Dr. Supot Nitsuwat
: Assistant Professor Dr. Kuntpong Woraratpanya
Academic Year : 2006

Abstract

Image blending is a fundamental problem of an image mosaicing that concerns with image integration. When two or more images are combined, the adjustment of different intensities in overlapped regions is the main purpose of image blending. This method is applied in many fields. Typical examples include computer vision, image processing and computer graphic. This paper presents image blending by analysis on multiresolution mosaic images. Discrete stationary wavelet transform is used in order to distribute subband coefficients and recombine subband coefficients of the images. Studying with selecting coefficients of image integration that is suitable for image blending and controlling the width of blended regions is an important task. From these processes, the output images, which have balanced smoothness in blended regions and fidelity of the output images to the original images, are derived. Subject evaluation is used for quality measurement. Experimental results show that the proposed method achieves the image quality better than multiresolution pyramidal and multiresolution mosaic approaches.

(Total 149 pages)

Keywords : Image Blending, Image Integration, Discrete Stationary Wavelet Transform,
Multiresolution Mosaic, Image Mosaicing

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลาให้คำปรึกษา เสนอแนะ ข้อคิดเห็น และแนวทางในการค้นคว้าด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้สละเวลาในการประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณเนานันต์ อวะภาค คุณศิริประภา โกลโพธิ์ คุณพิเชษฐ์ รุ่งลาวัลย์ คุณณัฐวัฒน์ เศรษฐเสถียร และ บุคคลรอบข้างที่มีส่วนเกี่ยวข้องในชีวิต ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการทำงาน ช่วยให้คำปรึกษา และช่วยทำให้บรรยากาศในการทำงานสนุกสนาน

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม และเพื่อนครู ที่ให้โอกาสได้ เข้ามาศึกษาที่สถาบันแห่งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และบุคคลในครอบครัว ที่ให้ความรักคอยถามไถ่ ด้วยความเป็นห่วง และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมา

พุทธวดี สุขสินธารานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 คำจำกัดความในงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพ	5
2.2 การกรองภาพ	9
2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการรวมภาพ	12
2.4 การโมเสกภาพ	18
2.5 การดำเนินการทำให้เรียบ	20
2.6 การแปลงเวฟเลต	25
2.7 รูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ	32
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย	37
3.1 กระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ	37
3.2 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ	40
3.3 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask	47
3.4 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ	59
3.5 รายละเอียดของชุดข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการทดลอง	63
3.6 การจัดสภาพแวดล้อมสำหรับการประเมิน	67
3.7 แนวทางการประเมินผล	68

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 สรุป	70
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย	71
4.1 ผลการวิจัย	71
4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย	78
4.3 สรุป	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุปผลการวิจัย	81
5.2 ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก ก	85
ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลง เวฟเล็ตโดยทำการทดลองกับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	86
ภาคผนวก ข	99
รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านคุณภาพของภาพผลลัพธ์	100
หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์	101
แบบประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ	106
ภาพผลลัพธ์ที่ใช้สำหรับการประเมินคุณภาพ ตอนที่ 2	121
ภาพผลลัพธ์ที่ใช้สำหรับการประเมินคุณภาพ ตอนที่ 3	136
ภาพผลลัพธ์ที่ปรับแนวการปรับความกลมกลืนภาพ Mask ด้วย Snakes	148
ประวัติผู้วิจัย	149

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 การเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดกับ ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย	39
3-2 สรุปผลการทดลองฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตที่นำไปใช้กับ วิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	43
3-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติกับค่า σ ตั้งแต่ 0.1 ถึง 3.0 โดยใช้ความกว้างสำหรับการแสดงสัมประสิทธิ์ที่ 30	50
3-4 ผลการรวมสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติใช้ความกว้างที่ 30 สำหรับการวิเคราะห์ การเลือกใช้ σ ที่เหมาะสมกับความกว้างของตัวกรอง	51
3-5 สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติ โดยใช้ความกว้างที่ 16 สำหรับการวิเคราะห์การเลือกใช้ σ ที่เหมาะสม	52
3-6 สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง Gaussian ที่ความกว้าง 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 เมื่อ σ เท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6	54
3-7 ความสัมพันธ์ของการกำหนด σ กับความกว้างของตัวกรอง และการปรับเพิ่มความกว้างของตัวกรองขึ้นอีก 1	55
3-8 ตัวอย่างการทำ Smoothing ด้วยตัวกรอง Gaussian บริเวณแนวการปรับ ความกลมกลืนภาพ Mask ขนาด 256×256 พิกเซล	57
4-1 ผลการทดลองจากแบบประเมินผลในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวม	71
4-2 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพ	72
4-3 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพ	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-4 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการ ทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับ ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ	73
4-5 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการ ทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับ ความกลมกลืนของสีภาพเมื่อเปรียบเทียบกับภาพตั้งต้น	73
4-6 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวม	74
4-7 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพ	74
4-8 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพ	75
4-9 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ	75
4-10 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพ การปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพเมื่อ เปรียบเทียบกับภาพตั้งต้น	76
4-11 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสก หรือภาพพาโนรามา โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ	76
4-12 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการ ปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ภาพ 2 มิติ $g(x,y)$ ของค่าความเข้ม ณ ตำแหน่ง (x,y)	6
2-2 ตัวอย่างภาพสี ที่แยกค่าของแต่ละแบนด์ออกจากเมทริกซ์ 3 มิติ	6
2-3 ตัวอย่างภาพโทนสีเทา	7
2-4 โทนสีของภาพโทนสีเทาที่ค่าความเข้มตั้งแต่ 0 ถึง 255	7
2-5 ภาพขาวดำ ขนาด 16×16 พิกเซล (ก) เป็นภาพ Binary (ข) แสดงการเก็บค่าความเข้มภายในภาพ	7
2-6 ระบบเพื่อนบ้านของจุดภาพ p ใดๆ	9
2-7 การกรองสัญญาณภาพด้วยตัวทาบ ขนาด 3×3	10
2-8 การรวมภาพบิตแมป	12
2-9 การจำลองตัวปรับค่าการเลื่อนและสัดส่วนระหว่างภาพนำเข้ากับภาพพื้นดำ	14
2-10 การจางภาพระหว่างภาพนำเข้า 1 ให้กลายเป็นภาพนำเข้า 2	14
2-11 การซ้อนภาพที่มีหลักการคล้ายคลึงกับการเลื่อนภาพ	15
2-12 การลดระดับความละเอียดด้วยการแปลงพีระมิด	16
2-13 การรวมภาพ 2 ภาพ	18
2-14 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตรงกันของภาพ (ก) และ (ข)	18
2-15 ตัวอย่างภาพที่ปรับหมุนให้อยู่ในแนวเดียวกันของภาพ (ก) และ (ข)	19
2-16 การรวมภาพที่มีการปรับความกลมกลืนและไม่มี	19
2-17 ตัวทาบขนาด 5×5 แบบ Rectangular Filter และแบบ Circular Filter	21
2-18 ตัวทาบขนาด 5×5 แบบ Pyramidal Filter และแบบ Cone Filter	21
2-19 การกระจายของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติที่ $\bar{X}=0$ และ $\sigma=1.0$	22
2-20 การกระจายของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติที่ $\bar{X}=0$ และ $\sigma=1.0$	23
2-21 ส่วนโค้งของค่าฟังก์ชัน Gaussian ที่ $\sigma^2 = 0.2, 1.0, 5.0$	23
2-22 สัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติที่ $\sigma=1.0$	24
2-23 สัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติที่ $\sigma=1.0$	24
2-24 ลักษณะของ Morlet Wavelet	25
2-25 การกระจายของข้อมูลที่ระดับความละเอียดของสัญญาณเริ่มต้นที่ 0 และ ระดับความละเอียดต่ำสุดที่ M	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-26 การแยกสัญญาณ DWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j	28
2-27 แบนด์ย่อยที่ได้จากการแปลงเวฟเลต 2 มิติที่ 2 ระดับ	29
2-28 การรวมสัญญาณ DWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j	30
2-29 การแยกสัญญาณ SWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j	31
2-30 การแยกสัญญาณด้วย SWT	32
2-31 การแยกสัญญาณด้วย DWT	33
3-1 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพตั้งต้นที่ 1 และ 2	37
3-2 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask	38
3-3 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพด้วยการรวมสัมประสิทธิ์เวฟเลต ของภาพแต่ละระดับ	38
3-4 การแยกเมทริกซ์ภาพ RGB	40
3-5 การแยกสัญญาณภาพด้วย SWT ที่ 1 ระดับ	41
3-6 การแยกสัญญาณภาพด้วย SWT ที่ระดับ 2	42
3-7 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต บางรูปแบบกับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	44
3-8 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต บางรูปแบบกับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	45
3-9 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต บางรูปแบบกับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	46
3-10 บริเวณพื้นที่ได้กราฟในช่วงความกว้าง Gaussian แบบ 1 มิติ ที่ $\bar{X}=0$ และ $\sigma=1.0$	48
3-11 กราฟเปรียบเทียบตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติ ที่ความกว้าง 16 โดยใช้ $\sigma = 1, 2, 3, 4$ และ 5 ตามลำดับ	53
3-12 ตัวอย่างภาพ Mask ที่ผ่านการกรองด้วยตัวกรอง Gaussian ขนาด 3×1 ที่ σ เท่ากับ 0.5 คือ $[0.10651 \ 0.78699 \ 0.10651]$	55
3-13 การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ในบริเวณที่ไม่ต้องการ	56
3-14 การขยายขนาดของภาพ Mask	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-15 ภาพ Mask ที่ทำการปรับด้วย Snakes	58
3-16 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ	59
3-17 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian	60
3-18 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian	61
3-19 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian	62
3-20 ชุดข้อมูลภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา	64
3-21 ชุดข้อมูลภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือ การทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์	65
3-22 ภาพ Mask ที่ใช้กับแต่ละชุดภาพ	66
ก-1 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Haar กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	86
ก-2 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Coiflets กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	86
ก-3 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Symlets กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	87
ก-4 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Daubechies กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	88
ก-5 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Biorthogonal กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	89
ก-6 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Haar กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	90
ก-7 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Coiflets กับวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ก-8 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Symlets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	91
ก-9 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Daubechies กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	92
ก-10 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Biorthogonal กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	93
ก-11 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Haar กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	94
ก-12 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Coiflets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	94
ก-13 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Symlets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	95
ก-14 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Daubechies กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	96
ก-15 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Biorthogonal กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด	97
ข-1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.16	121
ข-2 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.96	121
ข-3 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.48	122
ข-4 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12	122
ข-5 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.08	123
ข-6 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.20	123
ข-7 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12	124
ข-8 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.28	124
ข-9 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12	125
ข-10 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.36	125
ข-11 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.2	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข-39 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี	144
ข-40 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี	145
ข-41 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ ความกลมกลืนของภาพ Mask	146
ข-42 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ ความกลมกลืนของภาพ Mask	147
ข-43 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ ความกลมกลืนของภาพ Mask	148

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การนำภาพตั้งแต่ 2 ภาพมารวมกันให้เกิดเป็นภาพขนาดใหญ่ภาพเดียว Su , Hwang และ Cheng [1] เรียกวิธีการนี้ว่าการโมเสกภาพ เนื่องจากภาพหนึ่งภาพไม่สามารถเก็บรายละเอียดได้มากพอ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำภาพหลายๆ ภาพ มารวมกันเป็นภาพใหญ่เพียงภาพเดียว เทคนิคการโมเสกภาพยังคงเป็นที่ต้องการ トラバโดที่กล้องถ่ายภาพธรรมดาที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไปมีข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดและความละเอียด คือ ภาพที่ถ่ายได้มีขนาดแคบกว่ามุมมองที่คนสามารถมองเห็น Peleg และ Herman [2] กล่าวว่าไว้ว่า หากต้องการถ่ายภาพในลักษณะพาโนรามา (Panorama) หรือภาพที่มีมุมมองกว้างขึ้น จะต้องใช้กล้องที่มีเลนส์พิเศษที่เรียกว่าเลนส์ตาปลา (Fish-Eye Lens) หรือใช้อุปกรณ์พิเศษที่สามารถหมุนกล้องรอบจุดกึ่งกลางได้ เช่น ควิกไทม์วีอาร์ (Quicktime VR) หรือ เซอร์ราวด์วิดีโอ (Surround Video) เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีราคาสูง มีข้อจำกัดในการถ่ายภาพ และบางครั้งก็ทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของภาพขึ้นด้วย

Su , Hwang และ Cheng [1],[3] กล่าวถึง ขั้นตอนของการโมเสกภาพประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นตอนแรก เป็นการหาตำแหน่งที่ดีที่สุดของการเชื่อมต่อภาพ (Feature Correspondence) โดยนำภาพที่จะทำการรวม ไปหาเอกลักษณ์ที่ตรงกันของภาพทั้ง 2 จากนั้นขั้นตอนที่สองคือการรวมภาพ (Image Integration) เป็นการนำเอกลักษณ์ที่จัดเก็บไว้มากำหนดตำแหน่งเพื่อทำการรวมภาพทั้ง 2 เข้าด้วยกัน วิธีการพื้นฐานของการโมเสกภาพมีประเด็นที่น่าสนใจหลายเรื่อง เช่น การวางแนวตำแหน่งโดยรวม เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาตำแหน่งที่ตรงกันในภาพทั้ง 2 การปรับเปลี่ยนเฉพาะจุด หลังจากการวางแนวของตำแหน่งโดยรวมดีแล้ว บางพิกเซลของภาพทั้ง 2 ไม่ได้วางในตำแหน่งที่ตรงกัน กรณีนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเงาซ้อนกันหรือเบลอในภาพผลลัพธ์ การเลือกโดยอัตโนมัติของการรวมภาพจากชุดภาพที่กำหนดให้ การชดเชยการแสดงโดยอัตโนมัติ เนื่องจากกล้องถ่ายภาพส่วนมากมีการควบคุมการแสดงโดยอัตโนมัติ การโมเสกที่ไม่สมจริงอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงความสว่างในบริเวณที่ซ้อนทับกัน ในงานวิจัยนี้สนใจประเด็นของการรวมภาพของการโมเสกภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำขึ้นหลังจากการจัดเรียงภาพ บางครั้งค่าความเข้มแสงของภาพมีความแตกต่างกัน วิธีการปรับความกลมกลืนของภาพ (Image Blending) จะทำให้ภาพโมเสกที่ได้ รวมกันเสมือนเป็นภาพเดียว โดยทำให้แนว

ของการเชื่อมต่อนั้นไม่สามารถสังเกตได้ เราสามารถพบวิธีการปรับภาพให้กลมกลืนได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) การประมวลผลภาพ (Image Processing) คอมพิวเตอร์กราฟิก (Computer Graphic) การสังเคราะห์ภาพ (Image Synthesis) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างของภาพ (Image Metamorphosis) ฯลฯ ปัญหาการรวมกันของภาพที่เกิดจากการซ้อนกันของบริเวณรอยต่อของภาพ เป็นปัญหาหนึ่งของวิธีการปรับความกลมกลืนภาพ และกระบวนการนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่งของการทำโมเสกภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การปรับความกลมกลืนภาพที่หลายระดับความละเอียด สามารถเก็บรายละเอียดได้ดีซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น วิธีการของ Burt และ Adelson [4], [5] จะใช้ฟังก์ชันสไปน์ (Spline) สำหรับการรวมสับประสิทธิ์แบนด์ย่อย (Subband) ที่หลายระดับความละเอียดแบบพีระมิด (Multiresolution Pyramidal) ข้อดีของวิธีการนี้ คือเป็นวิธีการที่ไม่มีความซับซ้อน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ แต่ปัญหาที่พบของวิธีการนี้คือ การทำงานในระดับจุดภาพ ทำให้การประมวลผลทำได้ช้า เมื่อภาพมีขนาดใหญ่

วิธีการของ Hsu และ Wu [6] ใช้แนวคิดของการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) มาใช้ โดยทำการรวมที่สับประสิทธิ์เวฟเลต เรียกวิธีการนี้ว่า การโมเสกที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Mosaic) วิธีการนี้มีการนำไปใช้ในการโมเสกภาพน้อยมาก เนื่องจากคุณภาพของภาพโมเสกที่ได้จะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตที่เหมาะสม

วิธีการของ Su, Hwang และ Cheng [1] กล่าวถึง การวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด โดยควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน และปรับการกระจายของความหนาแน่นภาพได้ วิธีการนี้มีกระบวนการที่ซับซ้อนในส่วน แบบจำลองการรวม (Blending Model) ฟังก์ชันการรวมพลังงาน (The Blending Energy Function) ทำให้การนำไปใช้งานมีความยุ่งยากเมื่อเทียบกับ 2 วิธีการแรก

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด และทำการปรับวิธีการเพื่อให้สามารถควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนได้ตามความต้องการ โดยศึกษาการเลือกใช้สับประสิทธิ์เพื่อการรวมภาพที่เหมาะสม ศึกษาการสลายสับประสิทธิ์และรวมสับประสิทธิ์ โดยทำการทดลองฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีคุณภาพ สามารถคงรายละเอียดของข้อมูลให้กับภาพผลลัพธ์ ไม่ปรากฏรอยเชื่อมต่อภาพภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความราบเรียบที่สมดุลในบริเวณมีการปรับความกลมกลืน และคงลักษณะของภาพดั้งเดิมไว้สำหรับบริเวณที่ไม่มีการปรับความกลมกลืน

จะเห็นได้ว่า การศึกษาวิธีการปรับความกลมกลืนภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีคุณภาพเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และมีประโยชน์มากสำหรับการโมเสกภาพ และการนำไปใช้กับงานที่เกี่ยวข้อง การ

ปรับความกลมกลืนภาพให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีคุณภาพนั้น นอกจากการใช้วิธีการที่เหมาะสมแล้ว การเลือกใช้สัมประสิทธิ์เพื่อการรวมภาพก็มีส่วนที่ทำให้คุณภาพของภาพผลลัพธ์ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาวิธีการปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ด้วยเทคนิคการหาสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการปรับความกลมกลืนภาพ โดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ด้วยเทคนิคการหาสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพ กับวิธีการที่นำเสนอโดย Burt และ Adelson และ วิธีการที่นำเสนอโดย Hsu และ Wu

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1.3.1 การปรับความกลมกลืน 1 ครั้งใช้ภาพ 3 ภาพ ภาพทั้ง 3 ภาพจะมีขนาดภาพเท่ากันโดยภาพที่ 1 จะเรียกว่าภาพตั้งต้นที่ 1 ภาพที่ 2 จะเรียกว่าภาพตั้งต้นที่ 2 และภาพแนวการปรับความกลมกลืนภาพจะเรียกว่าภาพ Mask

1.3.2 ขนาดของภาพที่ใช้ในการทดสอบจะมีขนาดเท่ากับ 256×256 และ 512×512 พิกเซล

1.3.3 ภาพ Mask ใช้สำหรับกำหนดแนวการปรับความกลมกลืนภาพ โดยกำหนดให้ใช้ 2 รูปแบบ โดยรูปแบบแรก เป็นแนวการปรับความกลมกลืนภาพแบบเส้น และรูปแบบที่สอง เป็นแนวการปรับความกลมกลืนภาพแบบอิสระหรือแบบรูปร่าง (Shape) โดยภาพ Mask ทั้ง 2 รูปแบบมีการจัดเตรียมไว้แล้ว ภาพ Mask เป็นภาพขาวดำ ค่าพิกเซลของภาพมีค่าเป็น 0 และ 1 ลักษณะของ Mask รูปแบบที่ 2 บริเวณภาพนอกรูปร่างจะใช้สีดำ และบริเวณภายในรูปร่างจะใช้สีขาว

1.3.4 การปรับความกลมกลืนภาพแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การทำโมเสกภาพหรือการสร้างภาพพาโนรามา และการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ ลักษณะภาพที่ใช้ในการทดสอบ ภาพทั้งสามจะทำการปรับความกลมกลืนในลักษณะภาพที่มีการซ้อนทับกันอย่างพอดีและในบริเวณรอยต่อของภาพจะต้องมีส่วนที่เหลื่อมล้ำกัน ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาดเท่ากับขนาดของภาพตั้งต้น

1.4 คำจำกัดความในงานวิจัย

1.4.1 ภาพตั้งต้นที่ 1 (First Source Image) หมายถึง ภาพตั้งต้นภาพแรกที่ใช้สำหรับการปรับความกลมกลืน และใช้เป็นภาพตั้งต้นสำหรับการปรับ Snakes

1.4.2 ภาพตั้งต้นที่ 2 (Second Source Image) หมายถึง ภาพตั้งต้นภาพที่สองที่ใช้สำหรับการปรับความกลมกลืน

1.4.3 ภาพแนวการปรับความกลมกลืน (Mask Image) หมายถึง ภาพที่ใช้เป็นแนวสำหรับการรวมภาพตั้งต้นสองภาพ โดยการปรับความกลมกลืนจะถูกกระทำบนภาพ Mask

1.4.4 ภาพผลลัพธ์ (Result Image) หมายถึง ภาพที่ได้เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ

1.4.5 การรวมภาพ (Image Integration) หมายถึง ขั้นตอนหนึ่งของการโมเสกภาพซึ่งทำการรวมภาพเข้าด้วยกันแล้วทำการปรับความกลมกลืนภาพ

1.4.6 การปรับความกลมกลืนภาพ (Image Blending) หมายถึง การปรับค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกันในบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของภาพผลลัพธ์

1.4.7 คุณภาพของภาพ (Quality of Image) หมายถึง ผลที่ได้จากประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ ด้วยการประเมินแบบอัตวิสัย ซึ่งมีรายการประเมิน ดังนี้ ความคมชัดของภาพโดยรวม รายละเอียดของข้อมูลภาพ ความกลมกลืนของสีในภาพ ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น รายการประเมินดังกล่าวได้จากการคาดหวังสิ่งที่ต้องการให้เกิดกับภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.5.1 สามารถปรับความกลมกลืนภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.5.2 เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ

1.5.3 นำไปประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับ คอมพิวเตอร์กราฟิก การประมวลผลภาพ การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างของภาพ การสังเคราะห์ภาพ และอื่นๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอความรู้พื้นฐานและทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพ การกรองภาพ แนวคิดเกี่ยวกับการรวมภาพ การโมเสกภาพ การดำเนินการทำให้เรียบ การแปลงเวฟเลต รูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งความรู้และทฤษฎีเหล่านี้จะนำไปกล่าวถึงในบทถัดไป

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพ

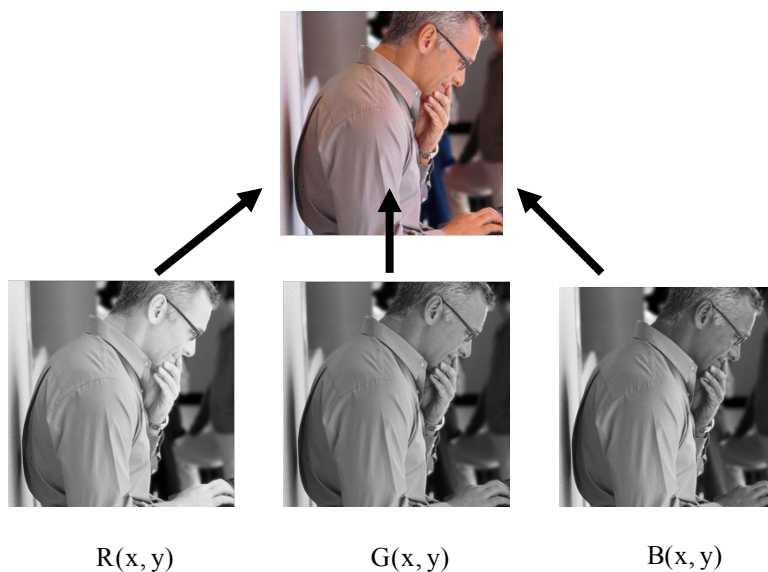
การมองเห็นของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นกลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่ง ดังนั้นภาพจึงนับได้ว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ เพราะภาพหนึ่งภาพสามารถเก็บข้อมูลข่าวสารได้อย่างมากมาย ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยจัดเก็บข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งการบันทึกภาพเชิงดิจิทัล ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สำคัญ และเข้ามามีบทบาทที่สำคัญเป็นอย่างมาก ความต้องการภาพที่มีขนาดเท่ากับมุมมองที่มนุษย์มองเห็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต่อเนื่อง ยังคงเป็นที่ต้องการ แต่ด้วยอุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลภาพมีราคาสูง ความรู้ในการประมวลผลภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถจัดการกับข้อมูลภาพเหล่านั้นได้ Gonzalez และ Woods [7] ให้ความหมายของภาพไว้ดังนี้

2.1.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image) หมายถึง ภาพที่ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์โดยคอมพิวเตอร์ ด้วยพัฒนาการด้านเทคโนโลยีในปัจจุบัน ซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การกราดภาพ (Scan) การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล และการสร้างภาพขึ้นใหม่ด้วยคอมพิวเตอร์ หรือภาพที่เกิดจากกระบวนการทางแสง (Optical Process) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) หลายๆ ช่วงความถี่ เช่น แสงธรรมดา รังสีอินฟราเรด (Infrared) รังสีเอกซเรย์ (X-ray) เป็นต้น ในที่นี้มุ่งเน้นไปที่ภาพที่เกิดจากแสงธรรมดาเท่านั้น ภาพเชิงดิจิทัล 2 มิติ $g(x,y)$ ของความเข้มแสง (Intensity) โดยที่ x และ y คือ ค่าแสดงตำแหน่งในระบบเชิงพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชัน g ณ ตำแหน่ง (x,y) ใดๆ จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มแสง ณ ตำแหน่งนั้น แสดงได้ดังภาพที่ 2-1 ภาพสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ



ภาพที่ 2-1 ภาพในความหมายของฟังก์ชัน 2 มิติ $g(x,y)$ ของค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่ง (x,y)

2.1.1.1 ภาพสี (Color Image) โดยทั่วไปภาพดิจิทัลจะเก็บค่าของความเข้ม เป็น ปริมาณเวกเตอร์ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะถูกแทนด้วยค่ามากกว่าหนึ่งค่า เช่น ในระบบแบบจำลองสี RGB ที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ความเข้มแสงสีแดง $R(x,y)$ สีเขียว $G(x,y)$ และสีน้ำเงิน $B(x,y)$ มาผสมกันในอัตราส่วนที่ต่างกัน เพื่อประกอบกันเป็นภาพ 1 ภาพ แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ตัวอย่างภาพสี ที่แยกค่าของแต่ละแบนด์ออกจากเมทริกซ์ 3 มิติ

2.1.1.2 ภาพโทนสีเทา (Gray Scale Image) เป็นภาพที่มีค่าความเข้มเป็นปริมาณ สเกลาร์ บางครั้งอาจเรียกว่าภาพสีเดียว แสดงดังภาพที่ 2-3 ภาพโทนสีเทาก่อเกิดจากการกำหนดค่า ให้ความเข้มแสงของแต่ละจุดภาพโดย สีขาวจะถูกแทนด้วย 255 และสีดำจะถูกแทนด้วยค่า 0 ในขณะที่ระดับของโทนสีจะเข้มขึ้นเรื่อยๆ จากสีขาวจนถึงสีดำ แสดงดังภาพที่ 2-4

ในงานวิจัยนี้ ภาพที่นำมาทำการทดลอง ได้แก่ ภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพจะเป็นภาพ RGB และภาพ Mask จะใช้ภาพ Binary

2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพ (Relation between Pixels) มีความน่าจะเป็นสูงที่จุดภาพ 2 จุดภาพที่อยู่ติดกัน จะอยู่ในบริเวณของวัตถุเดียวกัน จุดภาพที่อยู่ติดกันเรียกว่าระบบเพื่อนบ้าน (Neighbor System of a Pixel) เมื่อพิจารณาจุดภาพใดๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาอิทธิพลของเพื่อนบ้านรอบข้างด้วย เพราะโดยธรรมชาติของภาพแล้วจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันมีความเป็นไปได้สูงมากที่จะถูกรวมกลุ่มโดยวัตถุเดียวกัน Gonzalez, Woods และ Eddins [7], [8] กล่าวถึงระบบเพื่อนบ้านที่นิยมใช้มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ

2.1.2.1 ระบบเพื่อนบ้านแบบสี่ (4-Neighbor System- $N_4(p)$) พิจารณาจุดภาพ p ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง (x, y) ใดๆ เพื่อนบ้านของจุดภาพนี้ คือ จุดภาพรอบข้างที่อยู่ในแนวราบ (ซ้าย-ขวา) และในแนวดิ่ง แสดงดังภาพที่ 2-6 (ก) ซึ่งประกอบด้วยจุดภาพ n ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

$$(x-1, y), (x+1, y), (x, y-1), (x, y+1)$$

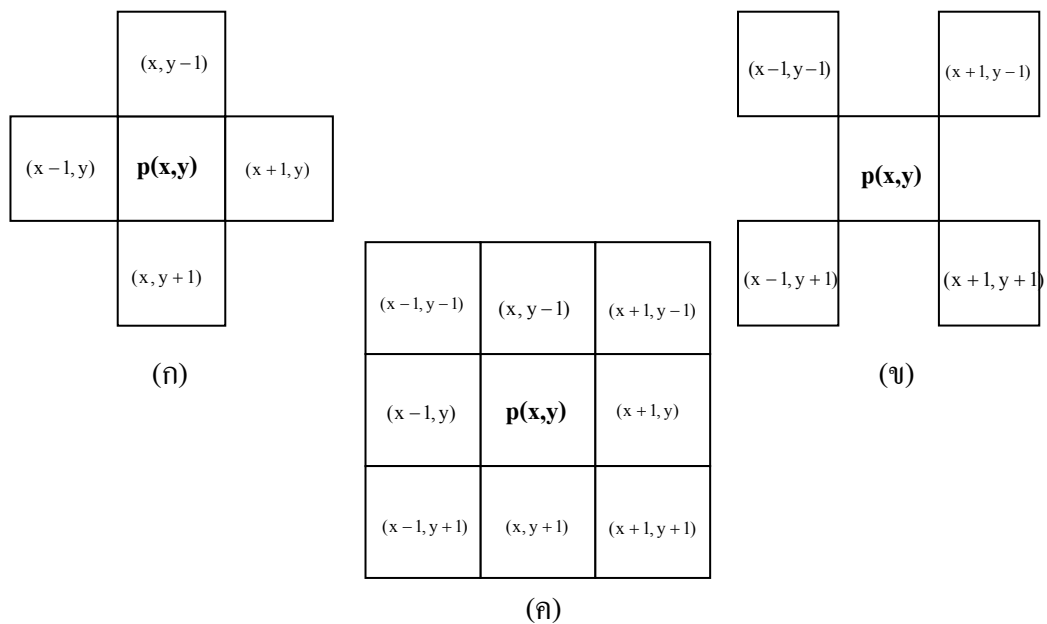
2.1.2.2 ระบบเพื่อนบ้านแบบเส้นทแยงมุม (Diagonal Neighbor- $N_D(p)$) พิจารณาจุดภาพ p ที่อยู่ตำแหน่ง (x, y) ใดๆ เพื่อนบ้านของจุดภาพนี้ คือ จุดภาพรอบข้างที่อยู่ในแนวทแยงมุมทั้งสอง แสดงดังภาพที่ 2-6 (ข) ประกอบด้วยจุดภาพ n ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

$$(x-1, y-1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y+1)$$

2.1.2.3 ระบบเพื่อนบ้านแบบแปด (8-Neighbor System - $N_8(p)$) พิจารณาจุดภาพ p ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง (x, y) ใดๆ เพื่อนบ้านของจุดภาพนี้ คือ จุดภาพรอบข้างตามลักษณะของระบบเพื่อนบ้านแบบสี่ และระบบเพื่อนบ้านแบบเส้นทแยงมุมแสดงดังภาพที่ 2-6 (ค) ประกอบด้วยจุดภาพ n ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

$$(x-1, y-1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y), (x+1, y), (x, y-1), (x, y+1), (x+1, y+1)$$

ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบเพื่อนบ้าน สำหรับการจัดลำดับของพิกัดพิกเซลแต่ละจุด ซึ่งใช้ในการปรับแนวการปรับความกลมกลืนของภาพ Mask เพื่อใช้ในการรวมสัญญาณภาพ



ภาพที่ 2-6 ระบบเพื่อนบ้านของจุดภาพ p ใดๆ โดย (ก) เป็นระบบเพื่อนบ้านแบบสี่ (ข) เป็นระบบเพื่อนบ้านแบบเส้นทแยงมุม และ (ค) เป็นระบบเพื่อนบ้านแบบแปด

2.2 การกรองภาพ (Image Filtering)

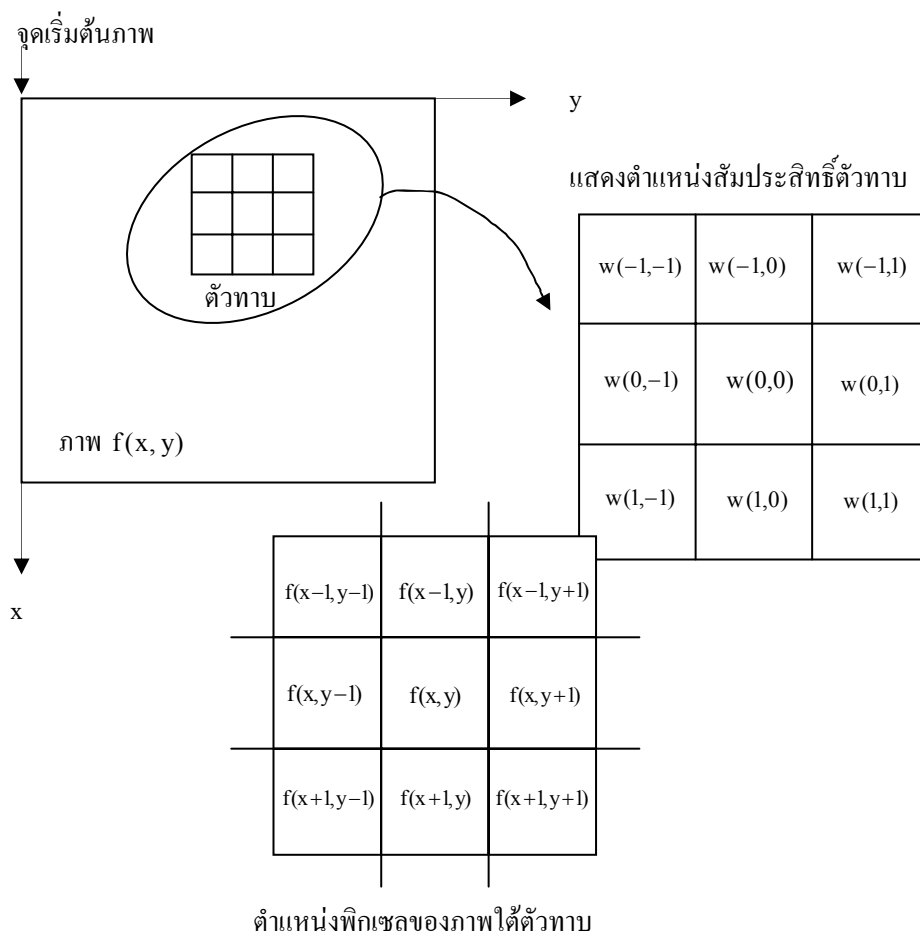
2.2.1 การกรองภาพ คือ การนำภาพผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา ผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับตัวกรองที่นำมาใช้ จุดประสงค์ของการกรองข้อมูลภาพ คือ การเน้น (Enhance) หรือ การลดทอน (Attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ Gonzalez, Woods และ Eddins [7], [8] กล่าวถึงการกรองภาพว่า เป็นการประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากในการใช้งานจริง ภาพส่วนมากมักจะมีสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย การกรองสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นเหมาะสมกับการประมวลผลในขั้นต่อไป จากภาพที่ 2-7 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของการกรองสัญญาณภาพด้วยตัวทาบ (Kernel) ที่มีขนาด 3×3 พิกเซล ผลลัพธ์จะได้อาจมาจากผลรวมของผลคูณระหว่างตำแหน่งของภาพกับตำแหน่งของตัวทาบที่ตรงกัน เช่น ถ้าให้ R เป็นผลลัพธ์ของการกรองเชิงเส้นที่จุด (x, y) จะได้ว่า

$$R = w(-1,-1)f(x-1, y-1) + w(-1,0)f(x-1, y) + \dots + w(0,0)f(x, y) + \dots w(1,0)f(x+1, y) + w(1,1)f(x+1, y+1) \quad (2-1)$$

โดยทั่วไป การกรองเชิงเส้นของภาพ f ขนาด $M \times N$ ด้วยตัวทาบขนาด $m \times n$ แสดงได้ดังนี้

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (2-2)$$

กำหนดให้ $a = \frac{(m-1)}{2}$ และ $b = \frac{(n-1)}{2}$ การสร้างภาพที่ผ่านการคำนวณด้วยตัวทาบ จะได้ว่า $x = 0, 1, 2, \dots, M-1$ และ $y = 0, 1, 2, \dots, N-1$



ภาพที่ 2-7 การกรองสัญญาณภาพด้วยตัวทาบ ขนาด 3×3

2.2.2 การกรองโดยตำแหน่ง (Spatial Image Filtering) เป็นการทำคอนโวลูชันโดยใช้ตัวทาบที่มีขนาด และค่าน้ำหนักต่างกันเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน ซึ่งมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.2.2.1 การกรองเฉลี่ย (Mean Moving Average Filtering) เป็นการทำคอนโวลูชัน โดยใช้ตัวทาบที่มีค่าน้ำหนักเท่ากันทุกช่อง คือ $\frac{1}{S^2}$ เมื่อ S คือ ขนาดของตัวทาบจัตุรัส และมีหน่วยเป็นจุดภาพ เป็นการกรองแบบเชิงเส้นและเป็นชนิดที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ใช้สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian ได้ดี แต่จะทำให้ภาพผลลัพธ์เบลอ เส้นขอบภาพไม่ชัดเจน

2.2.2.2 การกรองแบบ Gaussian Filtering เป็นการทำคอนโวลูชัน โดยใช้ตัวทาบที่มีค่าน้ำหนักลักษณะสมมาตรในเชิงวงกลม (Circularly Symmetric) ซึ่งมีค่าน้ำหนักแปรผันตามลักษณะการกระจายแบบ Gaussian คือ

$$h(x, y) = e^{-\frac{\pi(x^2+y^2)}{a^2}} \quad (2-3)$$

เมื่อ a คือ ขนาดของตัวทาบ การกรองชนิดนี้เป็นแบบเชิงเส้นและเป็นชนิดที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่าน ข้อดี คือ ใช้สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian ได้ดี แต่จะทำให้ภาพเบลอ เส้นขอบภาพไม่ชัดเจน

2.2.2.3 การกรองแบบ Median Filtering (Order-Statistic Filtering) Distribution โดยใช้ตัวทาบที่มีค่าน้ำหนักเท่ากันตลอด การกรองชนิดนี้เป็นแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear and Spatial Filtering) และเป็นชนิดที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ การกรองลักษณะนี้ แบ่งได้เป็น Running Median Smoothers และ Weighted Median Smoothers ข้อดีคือ ใช้สำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Salt-and-pepper Noise และ Laplacian Noise ได้ดี อีกทั้งไม่ทำให้ภาพผลลัพธ์เบลอ และเส้นขอบยังคงชัดเจน

2.2.2.4 การกรองแบบ High-pass Filtering (Sharpening Edge Crispening) เป็นการทำ Spatial Convolution ซึ่งใช้ตัวทาบที่มีค่าน้ำหนักตรงกลางเป็นค่าบวก และค่าน้ำหนักในช่องอื่นเป็นค่าลบ หรือศูนย์ เพื่อทำให้ผลรวมของค่าน้ำหนักทุกช่องบนตัวทาบรวมกันเป็นหนึ่ง มุ่งเน้นทำให้ภาพคมชัด กรองสัญญาณรบกวนออกจากภาพ ทำให้รายละเอียดของภาพปรากฏเด่นชัด

ในงานวิจัยนี้จะใช้การกรองโดยตำแหน่งเป็นการทำคอนโวลูชัน โดยกรองแบบเชิงเส้น และเป็นชนิดที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ใช้สำหรับการสลายสัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อของภาพ ทำให้ภาพบริเวณนั้นเบลอ ไม่ชัดเจน

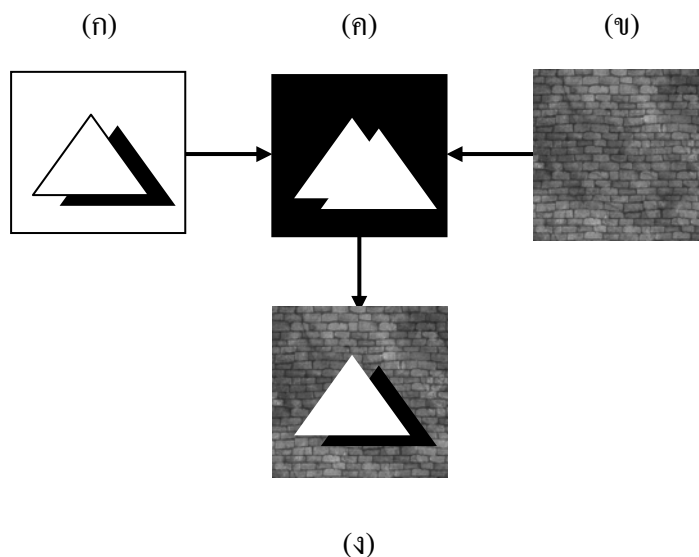
2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการรวมภาพ

2.3.1 การรวมภาพในคอมพิวเตอร์กราฟิก เป็นกระบวนการที่นำภาพหนึ่งมาวางทับซ้อนลงบนอีกภาพหนึ่งเพื่อให้มีองค์ประกอบภาพเดิม และภาพใหม่รวมเข้าไว้ด้วยกัน เรียกว่า การรวมภาพ (Image Merging) ปุณณรัตน์ [9] กล่าวถึงการรวมภาพว่าเป็นวิธีที่สำคัญสำหรับการตกแต่งภาพกราฟิก เพราะเป็นวิธีเพิ่มรายละเอียดของภาพ ด้วยการนำข้อมูลจากแหล่งอื่นมาพัฒนาใช้กับสิ่งที่มืออยู่เดิม การรวมภาพมีด้วยกัน 2 วิธี คือ

2.3.1.1 การแทนที่พิกเซล (Pixel Replacement) เป็นการแทนที่พิกเซลใหม่ลงบนตำแหน่งเดิม โดยพิกเซลตัวใหม่มีรหัสสีต่างกัน นั่นคือ การเปลี่ยนตัวพิกเซลที่มีรหัสสีใหม่ลงไปแทนที่พิกเซลตัวเก่า กระบวนการนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ลักษณะ คือ

ก) การตัด หรือ Cut เป็นการลบบริเวณพิกเซลที่ไม่ต้องการออก พิกเซลหรือกลุ่มพิกเซลในบริเวณที่ถูกเลือกจะถูกเปลี่ยนค่ารหัสสีเดิมให้เป็นค่ารหัสของสีพื้น (Background Color) ซึ่งอาจเป็นสีขาวหรือสีดำ

ข) การสำเนา หรือ Copy เป็นการเก็บรหัสของพิกเซลที่เลือกไว้ในเฟรมบัฟเฟอร์ รหัสของพิกเซลในบริเวณที่ถูกเลือกจะถูกบันทึกไว้ และบริเวณบิตแมปที่ถูกเลือกไว้ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 2-8 การรวมภาพบิตแมปโดย (ก) เป็นภาพแรกที่เป็นวัตถุ (ข) เป็นภาพพื้น และ
 (ค) เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดเนื้อที่พิกเซลของภาพที่จะนำไปรวมกับพื้นภาพ
 (ง) เป็นภาพที่ซ้อนกัน

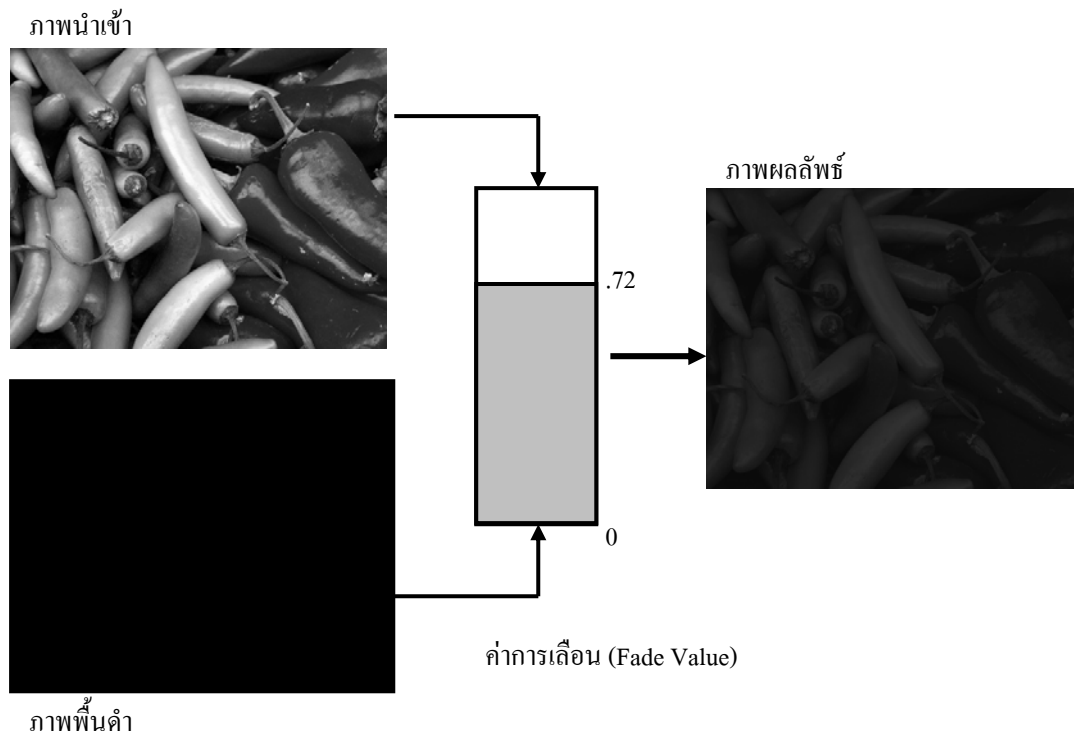
ค) การปะ หรือ Paste เป็นการนำพิกเซลที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำเฟรมบัฟเฟอร์หรือ ความจำเสมือนมาวางบนส่วนของภาพบิตแมปที่ต้องการ ทำให้กลุ่มพิกเซลใหม่แสดงผลเหมือนกับพิกเซล ในหน่วยความจำ การดำเนินการนี้จึงเป็นผลจากการสำเนาข้อมูล การแทนที่พิกเซล เป็นวิธีการดำเนินงานแทนที่กลุ่มพิกเซลใหม่ลงบนภาพ ซึ่งภายหลังจากพิกเซลถูกแทนที่พิกเซลใหม่ไปแล้ว ภาพทั้งสองจะรวมเป็นบิตแมปชุดเดียวกัน การแก้ไขใดๆ จะเป็นผลกับภาพบิตแมปทั้งหมด วิธีการนี้เป็นวิธีการพื้นฐานซึ่งไม่ซับซ้อน แสดงดังภาพที่ 2-8

2.3.1.2 ชั้นภาพ (Image Layer) จากวิธีการข้างต้นพบว่าเกิดความยุ่งยากเมื่อต้องกลับไปแก้ไขภาพบิตแมปอีกครั้ง เพราะจำเป็นต้องเลือกบริเวณพิกเซลใหม่ทุกครั้ง เทคนิคชั้นภาพจึงเป็นวิธีที่สะดวกกว่า ด้วยการนำภาพมาวางซ้อนกันเป็นระดับต่างๆ ที่เป็นอิสระจากกัน ซึ่งอาศัยหน่วยความจำมากขึ้น โดยการนำพิกเซลที่เลือกไว้ไปบันทึกในส่วนของความจำพิเศษที่โปรแกรมกราฟิกจัดสรรไว้ในฮาร์ดดิสก์ โดยสามารถระบุตำแหน่งของความจำที่บันทึกไว้และสามารถเรียกมาใช้ได้ พิกเซลที่บันทึกในชั้นภาพนี้จะถูกวางบนระนาบที่วางคล้ายกับกระดาษแก้วใสซึ่งแต่ละชั้นจะแยกกันอย่างอิสระ กระบวนการนี้จึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจำที่มากขึ้นเพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลพิกเซลที่มีอยู่ในแต่ละชั้น การบันทึกภาพบิตแมปประเภทนี้จะมีขนาดเพิ่มข้อมูลที่ใหญ่กว่าเพิ่มข้อมูลบิตแมปทั่วไป แต่สามารถทำให้มีขนาดเล็กลงได้ด้วยการแบนชั้นภาพ (Flatten Layer) เป็นการเปลี่ยนค่าพิกเซลบนบิตแมปของภาพพื้นให้เป็นค่าของพิกเซลที่วางทับซ้อนอยู่ เช่นเดียวกับกระบวนการเปลี่ยนพิกเซล

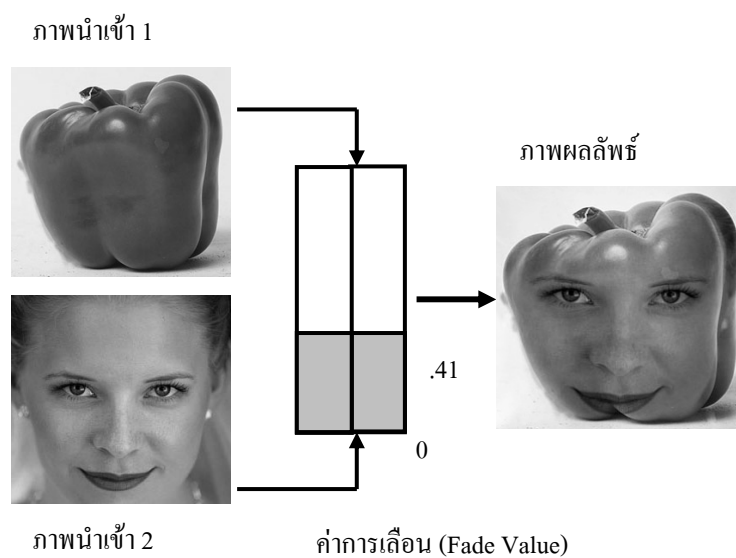
การเลื่อนภาพ การจางภาพ และการซ้อนภาพ เป็นกระบวนการบิตแมปกราฟิกที่เกิดขึ้นระหว่างภาพดิจิทัล 2 ภาพที่นำมาคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ผลของภาพดิจิทัลรูปใหม่ การเลื่อนภาพ (Fade) เป็นวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีการตั้งค่าตัวแปรไว้สำหรับภาพดิจิทัล โดยแต่ละภาพมีค่าอยู่ที่ 1 และ 0 เมื่อมีการผสมผสานกันทำให้ได้ภาพที่มีสีที่คล้ำมืดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับค่าตัวแปรที่อาจอยู่ ณ ระดับใดระดับหนึ่งในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 ดังภาพที่ 2-9 การเลื่อนภาพเป็นการรวมกันระหว่างภาพดิจิทัลกับภาพพื้นสีดำทำให้ภาพเลื่อนหายไปในความมืด หรือหายไปในเมฆหมอกในกรณีที่ภาพดิจิทัลรวมกับภาพพื้นสีขาว ส่วนการจางภาพ (Dissolve) ดังภาพที่ 2-10 เป็นการนำภาพดิจิทัลอื่นมาแทนที่ภาพเดิมซึ่งจะปรากฏให้เห็นการผสมผสานกันของภาพทั้งสอง

การดำเนินการทางคณิตศาสตร์อีกประเภทหนึ่ง คือ การซ้อนภาพ (Double Exposure : DX) เป็นวิธีการรวมภาพสองประเภท คือ พื้นภาพ และตัวภาพซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งภาพเข้าเป็นภาพเดียวโดยสามารถปรับตัวแปรความสว่างของแต่ละภาพได้อย่างอิสระ ทำให้ควบคุมความสว่างของ

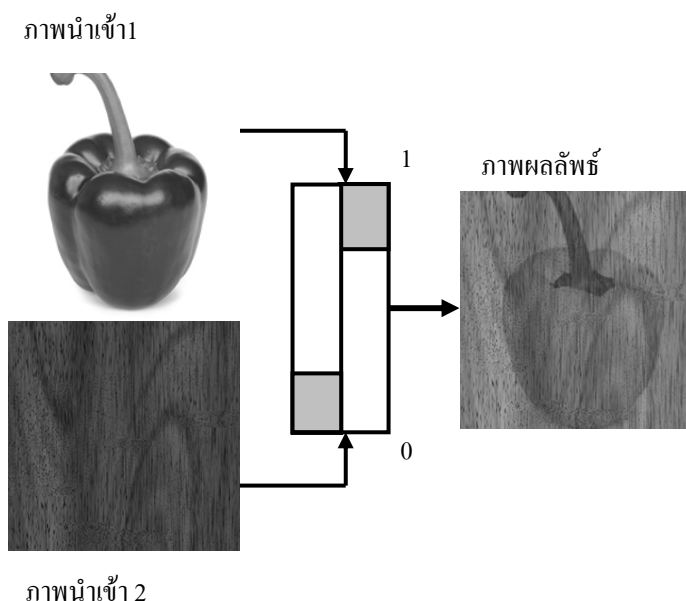
ภาพเหมือนกับการปรับความดังของเสียงลำโพงซ้ายและลำโพงขวาให้เกิดความสมดุล ดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-9 การจำลองตัวปรับค่าการเลือนและสัดส่วนระหว่างภาพนำเข้ากับภาพพื้นดำ ทำให้ภาพบิตแมปที่ได้มีสีคล้ำลง เนื่องจากถูกผสมกับพื้นสีดำ 72 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2-10 การจางภาพระหว่างภาพนำเข้า 1 ให้กลายเป็นภาพนำเข้า 2



ภาพที่ 2-11 การซ้อนภาพที่มีหลักการคล้ายคลึงกับการเลื่อนภาพ หากแต่ประกอบ
ด้วยแถบสวิตช์สองตัว สำหรับปรับระดับความเข้มของภาพอินพุตทั้งสอง
ได้อย่างอิสระ

2.3.2 การผสมข้อมูลภาพ (Image Fusion)

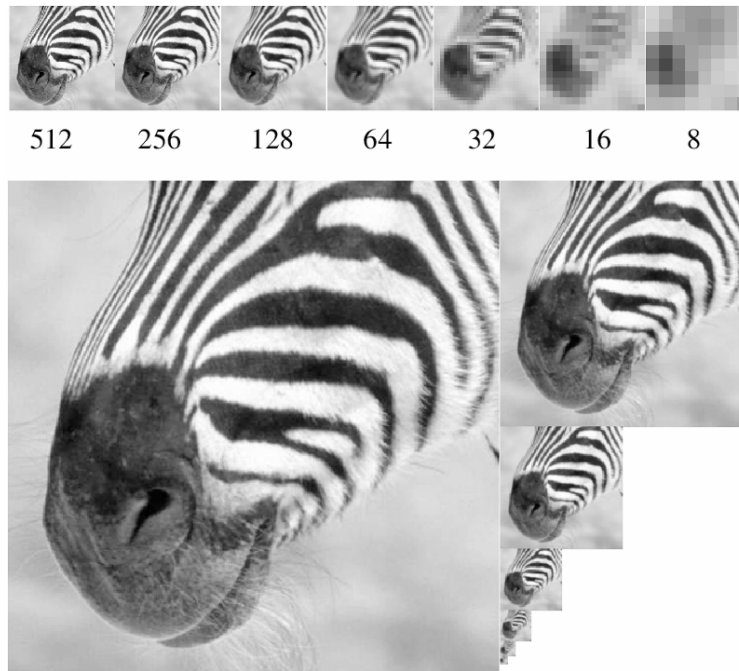
การผสมข้อมูลภาพ คือ การนำภาพ 2 ภาพ มาผสมรวมกัน โดยยังคงรักษาส่วนประกอบหรือ
ลักษณะเด่น (Feature) ของภาพทั้ง 2 ภาพไว้ วัตถุประสงค์ของการผสมภาพ คือ การดึงลักษณะเด่น
จากภาพต้นฉบับทั้ง 2 ภาพ และไม่ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ผิดเพี้ยน หรือเกิดรอยหยัก

2.3.2.1 การผสมภาพ การผสมภาพมีหลายวิธี ซึ่งจะกล่าวพอสังเขปดังนี้

ก) การผสมภาพแบบเบื้องต้น กระทำโดยการผสมบนภาพต้นฉบับทั้ง 2 ภาพ
ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบทำให้ความคมชัดของภาพลดน้อยลง และ ลักษณะเด่นจากภาพต้นฉบับ
ของภาพทั้ง 2 ภาพหายไป เช่น การผสมภาพ 2 ภาพ โดยการนำค่าของแต่ละจุดภาพบวกกันแล้วทำ
การหารเฉลี่ย

ข) การผสมภาพเชิงพีระมิด กระทำโดยการผสมภาพบนสัมประสิทธิ์ ที่ได้
จากการแปลงพีระมิด ซึ่งจะให้ผลดีกว่าการผสมภาพบนภาพต้นฉบับโดยตรง การแปลงพีระมิดนั้น
มีความสำคัญมากในการผสมภาพ โครงสร้างของการแปลงพีระมิด สำหรับการผสมภาพนั้น จะเป็น
การแปลงจากภาพต้นแบบที่มีขนาด $n \times n$ ซึ่งมีระดับความละเอียด เท่ากับ $\log_2 n$ และสามารถลด
ระดับความละเอียดไปเรื่อยๆ ดังนั้นการผสมภาพ โดยกระบวนการแปลงพีระมิดจะนำสัมประสิทธิ์
ของแต่ละระดับผสมกัน และได้ภาพที่ผสมโดยการแปลงพีระมิดย้อนกลับ ภาพที่ 2-12 แสดงการ

ลดระดับความละเอียดด้วยการแปลงพีระมิด ข้อดีของวิธีการนี้คือ เหมาะสำหรับภาพที่มีความคมชัด ไม่สม่ำเสมอภายในภาพ



ภาพที่ 2-12 การลดระดับความละเอียดด้วยการแปลงพีระมิด

ค) การผสมเชิงทฤษฎีด้วยการแปลงเวฟเล็ต จะใช้คุณสมบัติการวิเคราะห์ที่หลายระดับความละเอียดของทฤษฎีการแปลงเวฟเล็ต มากระทำให้อยู่ในรูปของการกระจายข้อมูลแบบพีระมิดสำหรับการผสมภาพ สามารถรักษารายละเอียดภายในภาพได้เป็นอย่างดี ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ร่วมกับเทคนิคการผสมภาพได้

2.3.2.2 ความผิดเพี้ยนที่เกิดจากการผสมภาพ คุณภาพของภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญต่างๆ เช่น ประเภทของข้อมูล ขั้นตอนการผสมภาพ ในขั้นตอนของการผสมภาพ พบว่าข้อมูลภาพในพื้นที่ที่มีรายละเอียดมาก จะมีความผิดเพี้ยนของข้อมูลมากกว่าพื้นที่ที่มีรายละเอียดน้อย และในการผสมภาพควรมีการสูญเสียข้อมูลให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้ภาพที่ผสมมีความผิดเพี้ยนไป ดังนั้นการผสมภาพควรกระทำการผสมในแบบหลายระดับความละเอียด เพื่อรักษารายละเอียดของภาพให้มีการสูญเสียให้น้อยที่สุด ความผิดเพี้ยนที่พบได้แก่ ความผิดเพี้ยนแบบบล็อก (Blocking Artifact) และการลดทอนความคมชัดของภาพ หรือการเบลอ (Blurring)

2.3.2.3 ความผิดปกติแบบบล็อก (Blocking Artifact) การเกิดบล็อกหรือรอยหยักภายในภาพเป็นผลเนื่องจาก ลักษณะความชันแบบไม่ต่อเนื่อง ที่บริเวณของค่าจุดภาพที่อยู่ติดกัน หรือค่าระดับความเข้ม (Intensity) ของจุดภาพไม่ต่อเนื่องที่บริเวณจุดภาพติดกัน โดยจะปรากฏให้เห็นเป็นขอบภาพในแนวนอน และแนวตั้งตลอดเกือบทั้งภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ของภาพที่มีความราบเรียบ (Smooth Region) เป็นผลเนื่องมาจากการไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่อยู่ติดกัน

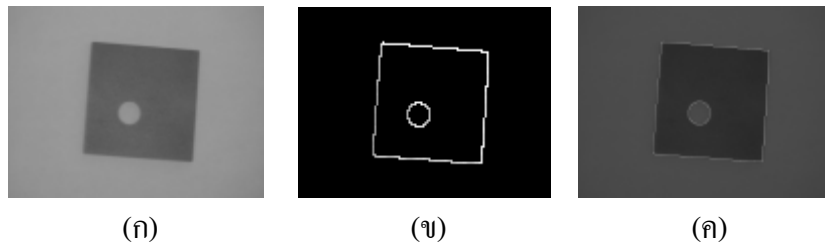
2.3.2.4 การลดทอนความคมชัดของภาพ หรือการเบลอ (Blurring) เป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสียของค่าประกอบความถี่สูงไป และเกิดขึ้นได้ในเทคนิคของการผสมภาพที่มีการสูญเสียข้อมูลจากเดิมไปมาก อย่างไรก็ตาม ระดับการเบลอของภาพจะไม่รบกวนในการมองเห็นของผู้สังเกตการณ์ ถ้าระยะของการมองเห็นที่มีค่ามากผลของความเบลอในภาพจะลดลง ลักษณะการเบลอของภาพจะปรากฏให้เห็นรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่นบริเวณของภาพที่มีความราบเรียบของการเบลอในเนื้อหาของภาพและการเบลอแบบเป็นช่วงๆ ในการเคลื่อนไหวของวัตถุ เนื่องจากการประมาณทิศทางการเคลื่อนไหวที่ไม่ดีพอ เป็นต้น

2.3.3 การปรับความกลมกลืนภาพ Fisher [10] กล่าวว่าไว้ว่าการปรับความกลมกลืนภาพ เป็นอีกวิธีการหนึ่งของการรวมภาพที่มีขนาดเท่ากัน 2 ภาพโดยการนำค่าแต่ละพิกเซลที่ตรงกันของภาพทั้ง 2 ภาพบวกกัน สัมประสิทธิ์ของการรวมกันสามารถนำมาอธิบายสัดส่วนของการรวม โดยอัตราส่วนการรวมจะมีค่าไม่มากกว่าค่าสูงสุดของพิกเซล ผลลัพธ์ของการรวม สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q(i, j) = X \cdot P_1(i, j) + (1 - X) \cdot P_2(i, j) \quad (2-4)$$

ซึ่ง P_1, P_2 เป็นภาพที่ใช้สำหรับการรวมกัน X จะเป็นค่าคงที่ซึ่งเป็นอัตราส่วนสำหรับการรวมภาพ P_2 อาจกำหนดให้เป็นค่าคงที่ในกรณีที่ต้องรวมภาพกับค่าคงที่ ภาพที่ 2-13 แสดงการรวมกันของภาพ 2 ภาพที่อัตราส่วนที่ 0.5 แนวคิดนี้เป็นพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ในเรื่องการปรับปรุงภาพการค้นหาวัตถุ ฯลฯ

ในงานวิจัยนี้จะใช้กระบวนการผสมภาพเชิงทฤษฎีการแปลงเวฟเลต สำหรับการปรับความกลมกลืนภาพ แต่ในที่นี้จะไม่ทำการรวมกันทั้งภาพ แต่จะรวมกันเพียงบางส่วนของภาพ โดยใช้สมการ (2-4) ซึ่งเป็นสมการของการปรับความกลมกลืนภาพ



ภาพที่ 2-13 การรวมภาพ 2 ภาพ (ก) เป็นภาพแรก (ข) เป็นภาพที่สอง
(ค) เป็นภาพที่รวมกันโดยใช้อัตราส่วนที่ $X = 0.5$

2.4 การโมเสกภาพ

การโมเสกภาพ หมายถึง กระบวนการรวมภาพตั้งแต่ 2 ภาพขึ้นไปให้เกิดเป็นภาพขนาดใหญ่ภาพเดียว ซึ่งในการรวมภาพนั้นจะมีส่วนของภาพที่เหลื่อมล้ำกัน และพยายามที่จะทำให้ภาพผลลัพธ์เชื่อมต่อกันเสมือนเป็นภาพเดียว โดยไม่ให้เห็นรอยเชื่อมต่อระหว่างภาพ กระบวนการโมเสกภาพ ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ

2.4.1 ขั้นตอนการจัดเรียงภาพ ประกอบด้วยขั้นตอนในการหาตำแหน่งที่ตรงกันของภาพ (Registration) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำหรับการหาตำแหน่งที่เหมือนกันของภาพ 2 ภาพ เพื่อใช้สำหรับการรวมสัญญาณภาพ แสดงดังภาพที่ 2-14 และขั้นตอนการปรับหมุนภาพให้อยู่ในแนวเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2-15 และจัดเรียงภาพตามตำแหน่งที่ตรงกันของภาพที่จัดเตรียมไว้

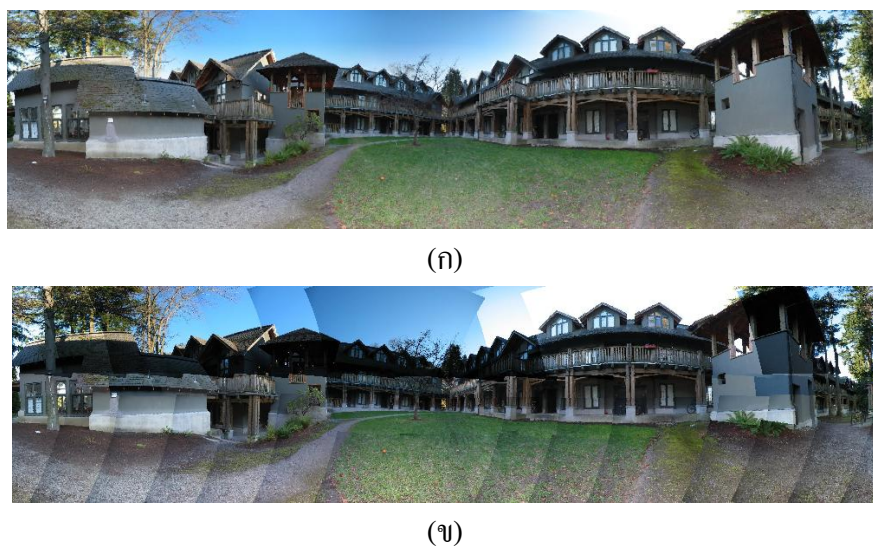


ภาพที่ 2-14 ตัวอย่างตำแหน่งที่ตรงกันของภาพ (ก) และ (ข)



ภาพที่ 2-15 ตัวอย่างภาพที่ปรับหมุนให้อยู่ในแนวเดียวกันของภาพ (ก) และ (ข)

2.4.2 ขั้นตอนการรวมภาพ เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากการจัดเรียงภาพ โดยจะทำการเชื่อมภาพเข้าด้วยกันในตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอนแรก หลังจากที่มีการรวมภาพเข้าด้วยกัน บางครั้งค่าความเข้มแสงของภาพอาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีการปรับค่าความเข้มแสง เพื่อให้ภาพผลลัพธ์รวมกันเสมือนเป็นภาพเดียว โดยทำให้แนวการเชื่อมต่อภาพไม่สามารถสังเกตเห็น กระบวนการนี้เรียกว่าการปรับความกลมกลืนภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการรวมภาพ แสดงดังภาพที่ 2-16



ภาพที่ 2-16 การรวมภาพโดย (ก) มีการปรับความกลมกลืน (ข) ไม่มีการปรับความกลมกลืน

วิธีการที่เป็นที่ยอมรับและนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีจะเป็นการ โมเสกภาพบริเวณที่มีการเหลื่อมล้ำกัน การเปลี่ยนแปลง และการหมุนภาพเพียงเล็กน้อย จะทำให้ภาพผลลัพธ์มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งการคำนวณที่ซับซ้อนของวิธีการพื้นฐานของการ โมเสกภาพมีดังนี้

1. การวางแผนตำแหน่งโดยรวม เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณด้านการแปลง (ตำแหน่งที่ตรงกัน) ซึ่งวางอยู่ในทั้ง 2 ภาพ
2. การปรับเปลี่ยนเฉพาะจุด หลังจากการวางแผนของตำแหน่งโดยรวมดีแล้ว บางพิกเซลของภาพทั้ง 2 ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน กรณีนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเงาซ้อนกันหรือเบลอในภาพผลลัพธ์
3. การเลือกโดยอัตโนมัติของการรวมภาพจากชุดภาพที่กำหนดให้
4. หลังจากการทำงานในข้อที่ 1 การรวมภาพมีความสำคัญมากเมื่อภาพผลลัพธ์เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของภาพ
5. การชดเชยการแสดงผลโดยอัตโนมัติ เนื่องจากกล้องถ่ายภาพส่วนมากจะมีการควบคุมการแสดงผลโดยอัตโนมัติ การโมเสกที่ดูแล้วไม่สมจริงอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงความสว่างในบริเวณที่ซ้อนทับกัน

ในการวิจัยนี้ ศึกษาหลักการโมเสกภาพ โดยสนใจประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการรวมภาพในส่วนของการที่ปรับสีในบริเวณที่มีการเหลื่อมล้ำกันของภาพ ในที่นี้จะสนใจงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับความกลมกลืนของการโมเสกภาพหรือภาพพาโนรามา และการทำเอฟเฟ็กต์ภาพ

2.5 การดำเนินการทำให้เรียบ

การดำเนินการทำให้เรียบ (Smoothing Operation) Fisher [11] กล่าวว่าไว้ว่าเป็นการดำเนินการเพื่อลดสัญญาณรบกวน หรือเตรียมข้อมูลภาพสำหรับการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป เช่น การแยกส่วน (Segmentation) สามารถแบ่งแยกวิธีการได้เป็นตัวกรองแบบเชิงเส้น (Linear Filter) และตัวกรองแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Filter) ซึ่งเมื่อก่อนจะทำใน Fourier Domain ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะตัวกรองเชิงเส้นบางชนิดเท่านั้น

2.5.1 ตัวกรองสม่ำเสมอ (Uniform Filter) ภาพผลลัพธ์ถูกนำออกบนค่าเฉลี่ยของตัวทาบ ซึ่งค่าภายในน้ำหนักรวมเหมือนกัน ตัวอย่างดังภาพที่ 2-17 (ก) สำหรับกรณีสี่เหลี่ยมมุมฉาก (Rectangular) และ (ข) สำหรับกรณีวงกลม (Circular) ในกรณีนี้การกรองทั้ง 2 แบบจะถูกทำให้เข้าสู่สภาพเดิมโดยกำหนดให้ $\sum h[j,k]=1$

2.5.2 ตัวกรองเชิงเส้นสามเหลี่ยม (Triangular Filter) ภาพผลลัพธ์ถูกนำออกบนค่าเฉลี่ยของตัวทาบ ซึ่งค่าภายในน้ำหนักรวมแตกต่างกัน ตัวกรองชนิดนี้สามารถมองเสมือนการคอนโวลูชันของตัวกรองสม่ำเสมอ 2 ตัวที่เหมือนกัน อาจเป็นแบบสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือวงกลม ตัวอย่างดังภาพที่ 2-18 เป็นตัวกรองเชิงเส้นสามเหลี่ยม (ก) สำหรับกรณีตัวกรองพีระมิด (Pyramidal) และ (ข) สำหรับ

กรณีตัวกรองแบบกรวย (Cone) ในกรณีนี้การกรองทั้ง 2 แบบจะถูกทำให้เข้าสู่สภาพเดิมโดยให้

$$\sum h[j,k]=1$$

$$h_{\text{rect}}[j,k] = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(ก)

$$h_{\text{circ}}[j,k] = \frac{1}{21} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(ข)

ภาพที่ 2-17 ตัวทาบขนาด 5×5 (ก) Rectangular Filter ($j=k=5$) (ข) Circular Filter ($R=2.5$)

$$h_{\text{rect}}[j,k] = \frac{1}{81} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(ก)

$$h_{\text{circ}}[j,k] = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(ข)

ภาพที่ 2-18 ตัวทาบขนาด 5×5 (ก) Pyramidal Filter ($j=k=5$) (ข) Cone Filter ($R=2.5$)

2.5.3 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) หรือตัวกระทำ Gaussian Smoothing Young, Gerbrands and Vliet [12] อธิบายไว้ว่า เป็นการทำคอนโวลูชัน 2 มิติ ถูกใช้ในการทำภาพให้เบลอ และกรองสัญญาณรบกวน เป็นตัวกรองค่าเฉลี่ย โดยการใช้น้ำหนักตัวกรองที่แตกต่างกันแทนเค้าโครงของ Gaussian โค้งรูปประฆัง ลักษณะการกระจายของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

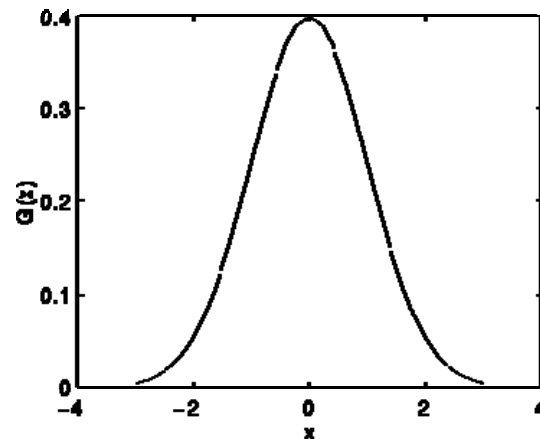
$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (2-5)$$

เมื่อ $G(x)$ คือ สัมประสิทธิ์การกระจายของเกาส์เซียน

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของการกระจาย

และ x คือ ค่ามาตรฐานได้โค้งปกติ

จากภาพที่ 2-19 สมมติให้การกระจายมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เป็น 0 (นั่นคือ กึ่งกลางบนแนวแกน $x=0$) และ σ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายเป็น 1



ภาพที่ 2-19 การกระจายของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติที่ $\bar{X}=0$ และ $\sigma=1.0$

ลักษณะการกระจายของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติ ซึ่งมีคุณสมบัติเท่ากันตลอดแนว (สมมาตรทั้งแนววงกลม) แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2-6)$$

เมื่อ $G(x)$ คือ สัมประสิทธิ์การกระจายของเกาส์เซียน

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของการกระจาย

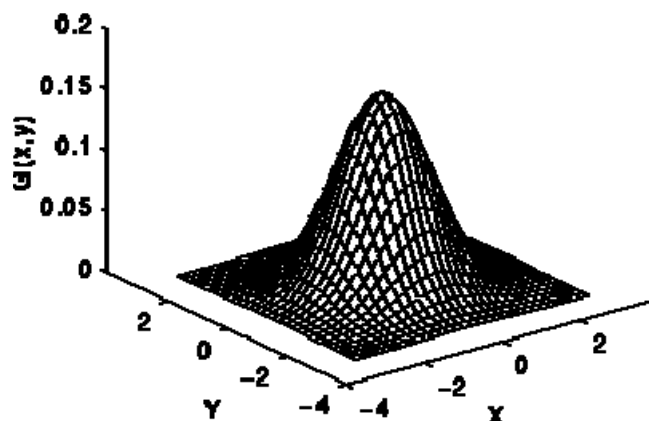
x คือค่ามาตรฐานได้ไ้ก้ปกติ แนวแกน x

และ y คือค่ามาตรฐานได้ไ้ก้ปกติ แนวแกน y

สมการที่ (2-6) ได้มาจากการกระจาย Gaussian แบบ 1 มิติ คูณกันในแนวแกน x และแนวแกน y แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

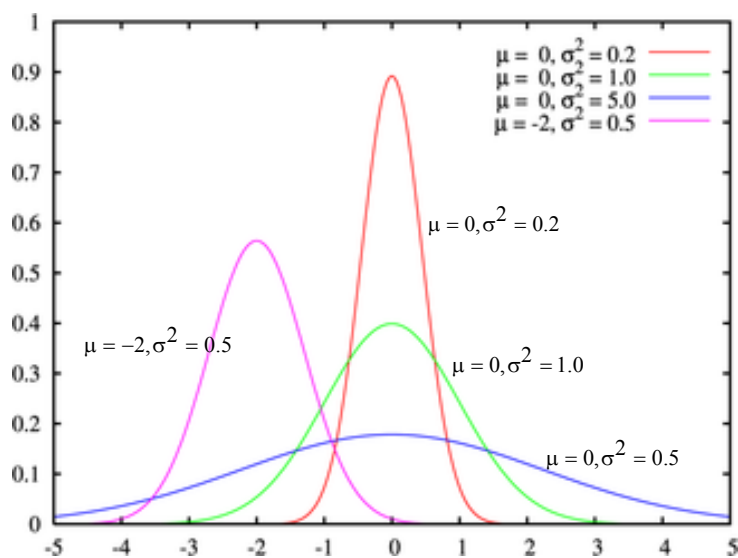
$$G(x, y) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \right] \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} \right] \quad (2-7)$$

$$= G_{1D}(x) \cdot G_{1D}(y) \quad (2-8)$$



ภาพที่ 2-20 การกระจายของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติที่ $\bar{X} = 0$ และ $\sigma = 1.0$

ภาพที่ 2-20 สมมติให้การกระจายมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เป็น 0 (นั่นคือ ถึงกลางบนแนวแกน $x = 0$ และ $y = 0$) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจายเป็น 1



ภาพที่ 2-21 ส่วนโค้งของค่าฟังก์ชัน Gaussian ที่ $\sigma^2 = 0.2, 1.0, 5.0$

ภาพที่ 2-21 ส่วนโค้งของค่าฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติ แสดงการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) และค่าเฉลี่ย (μ) เมื่อ $\mu = 0$ ที่ $\sigma^2 = 0.2$ สัมประสิทธิ์ Gaussian มีการกระจายน้อย ในขณะที่เดียวกัน $\sigma^2 = 5.0$ สัมประสิทธิ์ Gaussian มีการกระจายมาก

แนวคิดของ Gaussian Smoothing จะใช้การกระจาย 2 มิติ ของจุดที่แผ่ออก และได้มาโดยการทำคอนโวลูชัน ก่อนอื่นต้องสร้างค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian ก่อนการทำคอนโวลูชัน ภาพที่ 2-22 เป็นสัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติที่ $\sigma = 1.0$

0.00297	0.01331	0.02194	0.01331	0.00297
0.01331	0.05963	0.09832	0.05963	0.01331
0.02194	0.09832	0.1621	0.09832	0.02194
0.01331	0.05963	0.09832	0.05963	0.01331
0.00297	0.01331	0.02194	0.01331	0.00297

ภาพที่ 2-22 สัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติที่ $\sigma = 1.0$

ด้วยลักษณะเป็นวงกลมที่สมมาตรทำให้ฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติเมื่อนำไปทำคอนโวลูชัน จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ การนำฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติไปทำคอนโวลูชันตามทิศทางของ x และตามทิศทางของ y ภาพที่ 2-23 เป็นสัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติ ดังนั้นการทำ Gaussian Smoothing ด้วยการคอนโวลูชัน จะใช้วิธีการนำสัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติไปทำคอนโวลูชันตามทิศทางของ x และตามทิศทางของ y ซึ่งวิธีการนี้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว กว่าคอนโวลูชัน ด้วยการใช้สัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติ

0.0545	0.2442	0.4026	0.2442	0.0545
--------	--------	--------	--------	--------

ภาพที่ 2-23 สัมประสิทธิ์ของค่าประมาณของฟังก์ชัน Gaussian แบบ 1 มิติที่ $\sigma = 1.0$

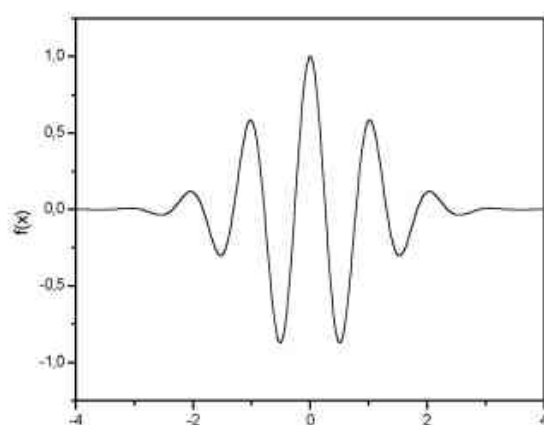
ผลของการทำคอนโวลูชันด้วยตัวกรอง Gaussian ทำให้ภาพผลลัพธ์เบลอ ส่วนใหญ่จะเกิดกับตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย ระดับของการทำ Smoothing จะตัดสินโดยใช้ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟังก์ชัน Gaussian หากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Gaussian ที่ใช้มีขนาดใหญ่กว่า แน่นนอนว่าต้องการ

การคอนโวลูชันที่ใหญ่กว่าด้วย เพราะค่าที่ได้จะแม่นยำขึ้น ผลของการทำคอนโวลูชันด้วยตัวกรอง Gaussian คือการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแต่ละพิกเซลเพื่อนบ้าน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักจะมีน้ำหนักค่อนข้างมากในตำแหน่งกึ่งกลางของตัวทาบ ซึ่งจะตรงกันข้ามกับน้ำหนักค่าเฉลี่ยของตัวกรองค่าเฉลี่ยที่เป็น Uniform สิ่งนี้เองตัวกรอง Gaussian จึงให้ผลที่เบากว่า และยังรักษารูปร่างไว้ได้มากกว่าตัวกรองที่มีขนาดเดียวกัน หนึ่งในข้อสนับสนุนที่มีหลักการในฐานะที่ Gaussian เป็นตัวกรองการทำ Smoothing เนื่องมาจากปฏิกิริยาตอบสนองของความถี่ของตัวกรองที่ใช้พื้นฐานการทำคอนโวลูชัน จะกระทำการกรองโดยใช้ความถี่ต่ำ ผลของการทำงาน คือ การเอาความถี่สูงออกมาจากภาพ

ในงานวิจัยนี้จะใช้ Gaussian Smoothing โดยทำการทำคอนโวลูชันโดยสร้างตัวกรองแบบ 1 มิติ สำหรับทำคอนโวลูชันทั้งแนวแกน x และแนวแกน y เพื่อสลายสัมพันธ์บริเวณรอยต่อของภาพ Mask สำหรับการรวมภาพ ซึ่งต้องการให้บริเวณรอยต่อเรียบเนียนกลมกลืน

2.6 การแปลงเวฟเล็ต

2.6.1 ลักษณะของเวฟเล็ตเวฟเล็ตเป็นคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการสร้างโมเดลของสัญญาณระบบ ซึ่งประกอบด้วยเซตของสัญญาณเฉพาะ ที่มีลักษณะเป็นคลื่นเล็กๆ เรียกว่า “เวฟเล็ต” โดยลักษณะของเวฟเล็ตจะเป็นคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Oscillatory) และขนาดของคลื่นจะลดลงสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วทั้งสองด้าน แสดงดังภาพที่ 2-24 เป็นตัวอย่างของเวฟเล็ตชนิดหนึ่งเรียกว่าเวฟเล็ตแบบ Morlet



ภาพที่ 2-24 ลักษณะของ Morlet Wavelet

2.6.1.1 ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต (Basis Function) Mallat [13] กล่าวไว้ว่า การอธิบายสิ่งใดในทฤษฎีเวฟเลต จะเปรียบเสมือนการแตกสิ่งเหล่านั้นออกเป็นส่วนประกอบเล็กๆ ที่สัมพันธ์กันเหมือนกับภาพต่อจิ๊กซอว์ โดยที่ชิ้นส่วนเหล่านั้นจะอยู่ในรูปของเวฟเลตที่ถูกสเกลและเลื่อนตำแหน่ง โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักต่างๆ กันขึ้นอยู่กับเวฟเลตแต่ละตัว ดังนั้นจึงเปรียบเสมือนว่าคลื่นเวฟเลตเป็นฟังก์ชันพื้นฐานในการสร้างสัญญาณใดๆ เรียกว่า ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต (Basis Function) โดยการแตกกระจายชิ้นส่วนนี้เรียกว่า การแตกกระจายเวฟเลต (Wavelet Decomposition) ซึ่งก็คือขั้นตอนการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform : WT) และในทำนองเดียวกัน การรวมกลับเวฟเลต (Wavelet Reconstruction) ก็คือการแปลงกลับ เวฟเลต (Inverse Wavelet Transform : IWT)

2.6.1.2 ตระกูลของเวฟเลต (Wavelet Families) เป็นตระกูลของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมาย ซึ่งแต่ละรูปแบบก็มีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายรูปแบบ ในงานวิจัยนี้ได้นำ ตระกูลของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต 5 ตระกูล จาก Matlab [14] เพื่อใช้ในการทดลองในบทที่ 3 ได้แก่

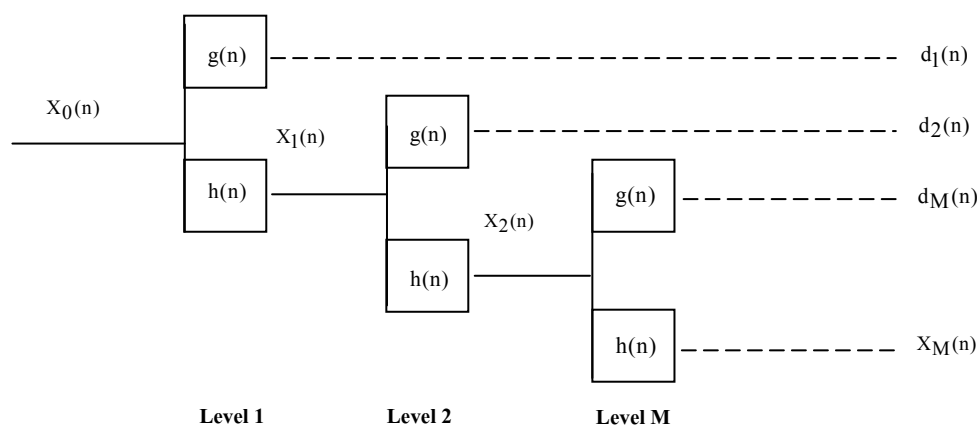
- ก) Haar มีจำนวนสมาชิก 1 รูปแบบคือ haar
- ข) Coiflets มีจำนวนสมาชิก 5 รูปแบบคือ coif1, coif2, coif3, coif4 และ coif5
- ค) Symlets มีจำนวนสมาชิก 7 รูปแบบคือ sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7 และ sym8
- ง) Daubechies มีจำนวนสมาชิก 9 รูปแบบคือ db2, db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9 และ db10
- จ) Biorthogonal มีจำนวนสมาชิก 14 รูปแบบคือ bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, และ bior6.8

ในงานวิจัยนี้จะนำฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตแต่ละชนิดที่กล่าวไว้ข้างต้นไปใช้ในการทดลองเพื่อค้นหา ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตที่เหมาะสมสำหรับการแยกสัญญาณภาพ เพื่อใช้สำหรับการปรับความกลมกลืน และรวมกลับสัญญาณภาพผลลัพธ์หลังจากการปรับความกลมกลืน

2.6.2 การแปลงเวฟเลตที่หลายระดับความละเอียด

การแปลงเวฟเลตที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Wavelet Transform) อธิบายโดย Mallat [13] การใช้ฟังก์ชันที่จะนำมาเป็นเวฟเลตแม่ หรือตัวกรองความถี่สูง (High Pass Filter) จะต้องสัมพันธ์กันกับฟังก์ชันที่เป็นฟังก์ชันสเกลลิ่ง หรือตัวกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filter) ด้วยการแปลงความละเอียดหลายระดับนี้ มีคุณสมบัติของจำนวนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ออกมาเป็นแบบ

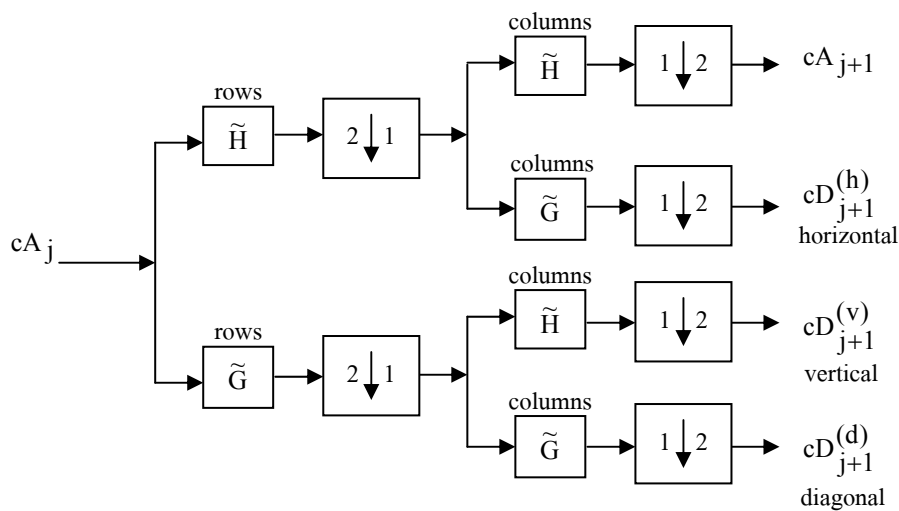
โครงสร้างเชิงพีระมิด (Pyramidal Structure) อยู่ในตัว ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ไม่จำเป็นสำหรับการแปลงเวฟเลตทั่วไป แต่ด้วยคุณสมบัติของโครงสร้างเชิงพีระมิดนี้ทำให้การแปลงเวฟเลต ที่ระดับสเกลต่างๆ สามารถใช้ฟังก์ชันสเกลลิง และฟังก์ชันเวฟเลต เพียงตัวเดียวได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยง่ายในทางปฏิบัติ ด้วยการทำซ้ำ การแปลงเวฟเลตแบบหลายระดับความละเอียด เหมือนกับเป็นการกรองสัญญาณนำเข้าที่เข้ามาให้แยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่มีความถี่สูง (High Frequency Band) และส่วนที่มีความถี่ต่ำ (Low Frequency Band) การกรองจะเริ่มจากข้อมูลทั้งหมดของสัญญาณก่อน ในการกรองนี้จะได้สัญญาณส่วนที่เป็นความถี่สูง และส่วนที่เป็นความถี่ต่ำออกมา จากนั้นสัญญาณที่นำเข้าจะถูกลดข้อมูลลง ในแต่ละขั้นของการแปลง แสดงดังภาพที่ 2-25 สัญญาณที่ถูกนำออกจะได้จากส่วนที่มีความถี่สูงเรียกว่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet Coefficient) ที่ความละเอียดสูง และสำหรับสัญญาณนำออกในส่วนที่มีความถี่ต่ำจะนำไปผ่านการ Decimation ด้วยค่าอัตราของ 2 จากนั้นสัญญาณส่วนที่เหลือนี้จะถูกแบ่งเป็นความถี่สูงและความถี่ต่ำอีกครั้งหนึ่ง สำหรับสัญญาณนำออกที่ได้จากตัวกรองความถี่สูงนี้ แต่ละจุดของ Sampling จะเป็นสัมประสิทธิ์เวฟเลตที่เลื่อนตำแหน่งต่างๆ ที่ค่าระดับสเกลลิงเดียวกัน



ภาพที่ 2-25 การกระจายของข้อมูลที่ระดับความละเอียดของสัญญาณเริ่มต้นที่ 0 และระดับความละเอียดต่ำสุดที่ M โดยที่ $h(n)$ คือ High Pass Filter และ $g(n)$ คือ Low Pass Filter

การแปลงเวฟเลตแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง และการแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Discrete Wavelet Transform: DWT) แต่เนื่องจากภาพเป็นฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง และมีข้อมูลเป็น 2 มิติ จึงใช้การแปลงเวฟเลตเต็มหน่วยแบบ 2 มิติ

การแปลงเวฟเลตเต็มหน่วยแบบ 2 มิติ อธิบายจากภาพที่ 2-26 จะแทน cA_j เป็นสัญญาณที่นำไปแยกองค์ประกอบด้วยการกรองตามแถวด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ ($\tilde{H}$) และตัวกรองความถี่สูง ($\tilde{G}$) จากนั้นนำผลที่ได้ลดจำนวนลงด้วยการสุ่ม (Down Sampling) ลง 2 เท่าโดยการเก็บข้อมูล 1 หลัก จากข้อมูล 2 หลัก ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ความถี่สูง และความถี่ต่ำ จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้ทั้ง 2 จะถูกกรองตามแนวหลัก และลดจำนวนการสุ่มลง 2 เท่า โดยการเก็บข้อมูล 1 แถวจาก 2 แถวผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วยแบนด์ย่อยความถี่ต่ำจำนวน 1 แบนด์ คือ cA_{j+1} และแบนด์ย่อยความถี่สูงจำนวน 3 แบนด์ คือ $cD_{j+1}^{(h)}$, $cD_{j+1}^{(v)}$ และ $cD_{j+1}^{(d)}$ ตามลำดับ แสดงแบนด์ย่อยที่ได้จากการแปลงเวฟเลตแบบ 2 มิติ ที่ 2 ระดับ แสดงดังภาพที่ 2-27



X : คอนโวลูชัน (แถวหรือคอลัมน์) ด้วยตัวกรอง X

$2 \downarrow 1$: จาก 2 แถวเก็บหนึ่งแถว

$1 \downarrow 2$: จาก 2 คอลัมน์เก็บหนึ่งคอลัมน์

ภาพที่ 2-26 การแยกสัญญาณ DWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j

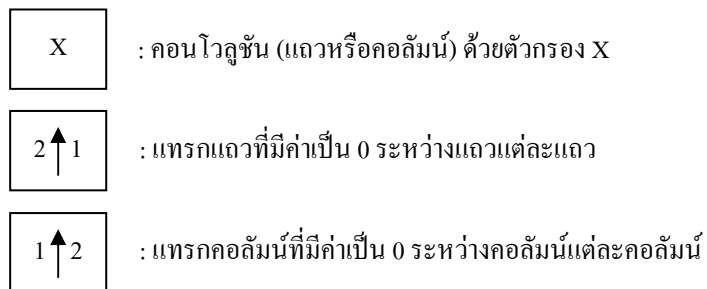
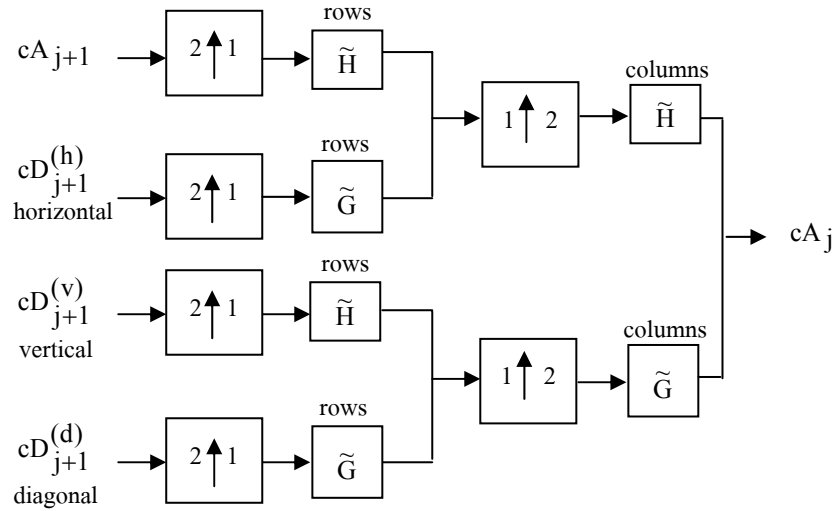
LL2	LH2 (h)	LH1 (h)
HL2 (v)	HH2 (d)	
HL1 (v)		HH1 (d)

ภาพที่ 2-27 แบนด์ย่อยที่ได้จากการแปลงเวฟเลตแบบ 2 มิติที่ 2 ระดับ

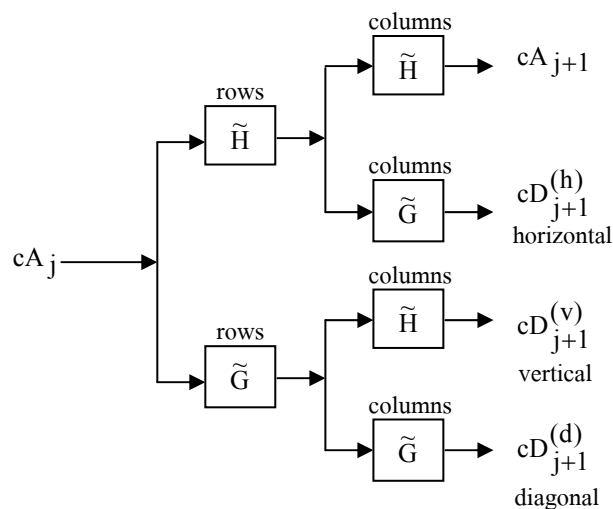
การสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่จากองค์ประกอบย่อยของแบนด์ย่อยต่างๆ แสดงได้จากภาพที่ 2-28 โดยเริ่มจากส่วนประกอบแบนด์ย่อยทั้ง 4 จะถูกเพิ่มจำนวนการสุ่ม (Up Sampling) เป็น 2 เท่า โดยการเติมศูนย์เข้าไปในระหว่างแต่ละคู่ของคอลัมน์ หลังจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำคอนโวลูชันด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ และตัวกรองความถี่สูง และนำมาบวกเข้าด้วยกัน จากนั้นทำซ้ำไปตามแนวแกนนอนโดยเติมศูนย์เข้าไปในระหว่างแถว หลังจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากการทำคอนโวลูชันด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ และตัวกรองความถี่สูงบวกเข้าด้วยกัน จะได้ผลลัพธ์ที่สร้างขึ้นมาใหม่ เรียกการแปลงนี้ว่า การแปลงกลับเวฟเลตแบบเต็มหน่วย (Inverse Discrete Wavelet Transform : IDWT)

การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในจุดประสงค์ของการบีบอัดสัญญาณ สัมประสิทธิ์เวฟเลต เพื่อไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อน (Non-Redundant) จึงต้องลดสัญญาณลง ด้วยการลดจำนวนการสุ่ม แต่สำหรับงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อมีการแปลงกลับเวฟเลต การเพิ่มข้อมูลจากข้อมูลที่ถูกลดลงมีผลต่อแนวการรวมภาพที่ต้องการจะควบคุม ทำให้ไม่สามารถควบคุมสัมประสิทธิ์บริเวณนั้นได้ การแปลงเวฟเลตเต็มหน่วยแบบ 2 มิตินี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งเป็นข้อเสียที่สำคัญ จากปัญหานี้การรักษาระดับที่แสดงในภาพจะถูกแทนด้วยระดับเวฟเลตที่เป็นอิสระต่อกันจากตำแหน่งในภาพแต่ละระดับเวฟเลต เพื่อที่จะรักษาการเปลี่ยนแปลงทำได้ด้วยการไม่ลดจำนวนลงด้วยการสุ่ม และภาพที่ได้จากการแยกส่วนจะรักษานาฬิกาเท่ากับภาพเดิม และเรียกการแปลงนี้ว่า การแปลงเวฟเลตแบบสถิตินนารี (Discrete Stationary Wavelet Transform) [11] จากภาพที่ 2-29 จะแทน cA_j เป็นสัญญาณที่นำไปแยกองค์ประกอบด้วยการกรองตามแถวด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ และตัวกรองความถี่สูง ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ความถี่สูง และความถี่ต่ำ จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้คือทั้ง 2 จะถูกกรองตามแนวหลัก ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วยแบนด์ย่อยความถี่ต่ำ

จำนวน 1 แบนด์คือ cA_{j+1} และแบนด์ย่อยความถี่สูงจำนวน 3 แบนด์ คือ $cD_{j+1}^{(h)}$, $cD_{j+1}^{(v)}$ และ $cD_{j+1}^{(d)}$ ตามลำดับ



ภาพที่ 2-28 การรวมสัญญาณ DWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j



ภาพที่ 2-29 การแยกสัญญาณ SWT แบบ 2 มิติที่ระดับ j

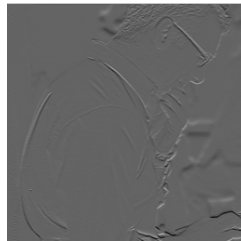
การสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่จากองค์ประกอบย่อยของแบนด์ย่อยต่างๆ ทำได้โดยเริ่มจากส่วนประกอบแบนด์ย่อยทั้ง 4 ทำการคอนโวลูชันด้วยตัวกรองความถี่ต่ำ และตัวกรองความถี่สูงแล้วนำมาบวกเข้าด้วยกัน จากนั้นทำซ้ำไปตามแนวแกนอน ด้วยการคอนโวลูชันด้วยตัวกรองความถี่ต่ำและตัวกรองความถี่สูง บวกเข้าด้วยกัน จะได้ผลลัพธ์ที่สร้างขึ้นมาใหม่ เรียกว่าการแปลงกลับเวฟเลตแบบสเตชันนารี (Inverse Discrete Stationary Wavelet Transform: ISWT) จากภาพที่ 2-30 แสดงผลการสลายสัณฐานสัญญาณเวฟเลตแบบ SWT และจากภาพที่ 2-31 กับสัญญาณ DWT ที่ระดับ 2 โดยใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต haar



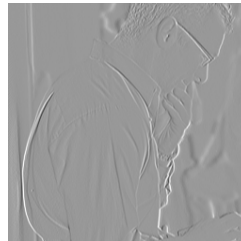
(ก)



(ข)



(ค)



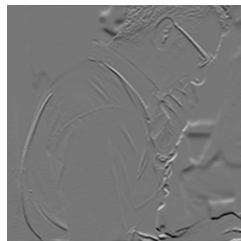
(ง)



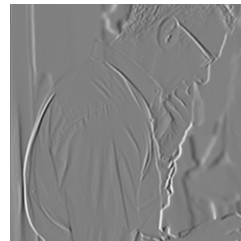
(จ)



(ฉ)



(ช)



(ซ)



(ณ)

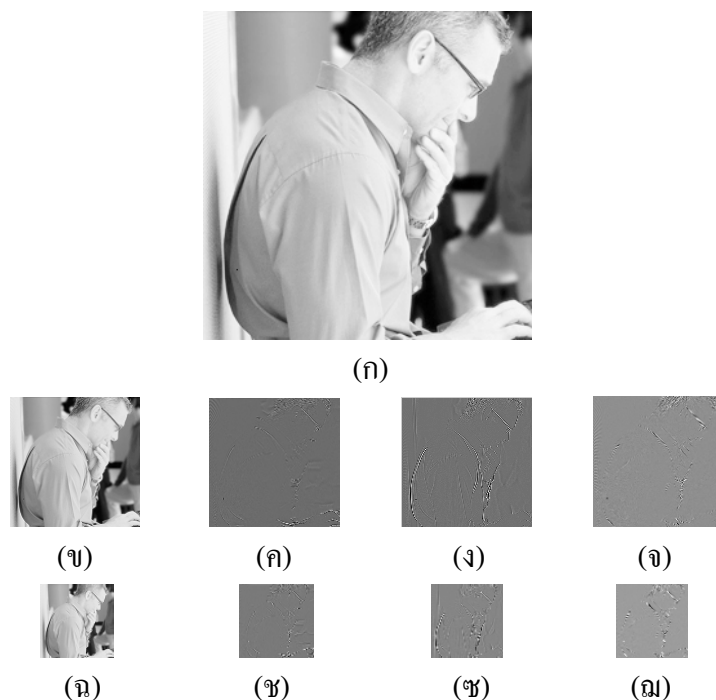
ภาพที่ 2-30 การแยกสัญญาณด้วย SWT โดยภาพ (ก) เป็นภาพต้นฉบับ

ภาพ (ข - จ) เป็นภาพแบนด์ย่อยระดับที่ 1

ภาพ (ฉ - ณ) เป็นภาพแบนด์ย่อยระดับที่ 2

ภาพ (ข) และ (ฉ) เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ความถี่ต่ำ

ภาพ (ค), (ง), (จ), (ช), (ซ) และ (ณ) เป็นสัมประสิทธิ์รายละเอียด



ภาพที่ 2-31 การแยกสัญญาณด้วย DWT โดยภาพที่ (ก) เป็นภาพต้นฉบับ

ภาพ (ข - ง) เป็นภาพแบนด์ย่อยระดับที่ 1

ภาพ (ฉ - ฉ) เป็นภาพแบนด์ย่อยระดับที่ 2

ภาพ (จ) และ (ฉ) เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ความถี่ต่ำ

ภาพ (ค), (ง), (จ), (ฉ), (ฉ) และ (ฉ) เป็นสัมประสิทธิ์รายละเอียด

ในงานวิจัยนี้ได้นำการแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี (SWT) สำหรับการแยกสัญญาณภาพในระดับต่างๆ เพื่อใช้สำหรับการรวมภาพ และทำการแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพใหม่ที่ต้องการ ซึ่ง SWT ทำให้การควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนทำได้ดีกว่า DWT

2.7 รูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ

เนื่องจากรูปร่างของวัตถุมีหลากหลายรูปแบบ และมีลักษณะที่ไม่แน่นอนตายตัว Active Contour Models [15] เป็นเส้นโค้งที่ถูกกำหนดขึ้นภายในขอบเขตของภาพซึ่งเคลื่อนที่ภายใต้อิทธิพลแรงภายใน (Internal Forces) ที่มีอยู่ในเส้นโค้งของมันเอง และอิทธิพลแรงภายนอก (External Forces) ซึ่งได้มาจากข้อมูลภาพ แรงภายใน และแรงภายนอกนี้ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เกิดการสร้าง Snakes ไปยังขอบเขตของวัตถุ หรือคุณลักษณะสำคัญอื่นๆ ที่ต้องการภายในภาพ Snakes

ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางรวมถึง การค้นหาเส้นขอบ การสร้างรูปร่าง การตัดแบ่ง และการตามรอยเส้นทางการเคลื่อนไหว

Snakes ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Kass เป็นส่วนโค้ง $X(s) = [x(s), y(s)], s \in [0, 1]$ ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านขอบเขตเชิงตำแหน่ง (Spatial Domain) ของภาพเพื่อลดขนาดฟังก์ชันของพลังงานลง โดยใช้สมการดังนี้

$$E = \int_0^1 \frac{1}{2} (\alpha |X'(s)|^2 + \beta |X''(s)|^2) + E_{\text{ext}}(X(s)) ds \quad (2-9)$$

เมื่อ α และ β เป็นตัวแปรถ่วงน้ำหนักที่ควบคุมความตึง (Tension) และความตายตัว (Rigidity) ของ Snakes ตามลำดับ $X'(s)$ และ $X''(s)$ แสดงถึงอนุพันธ์อันดับ 1 และ 2 ของ $X(s)$ ฟังก์ชันพลังงานภายนอก E_{ext} นั้นได้มาจากภาพ เพื่อให้สามารถนำค่าที่น้อยกว่าของคุณลักษณะสำคัญที่สนใจไปใช้ เช่น ขอบเขตของภาพ

ให้ภาพระดับสีเทา $I(x, y)$ (ในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของตัวแปรเชิงตำแหน่งที่มีความต่อเนื่อง (x, y)) ตัวอย่างเช่น พลังงานภายนอกถูกกำหนดให้นำเสนอโครงร่างที่มีประสิทธิภาพไปยังเส้นขอบ นั่นคือ :

$$E_{\text{ext}}^{(1)}(x, y) = -|\nabla I(x, y)|^2 \quad (2-10)$$

$$E_{\text{ext}}^{(2)}(x, y) = -|\nabla(G_\sigma(x, y) * I(x, y))|^2 \quad (2-11)$$

เมื่อ $G_\sigma(x, y)$ เป็นฟังก์ชัน Gaussian แบบ 2 มิติ เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ และ ∇ เป็นตัวกระทำความลาดชัน ถ้าภาพเป็นการวาดเส้น (สีดำบนสีขาว) ดังนั้นพลังงานภายนอกที่เหมาะสมจึงประกอบด้วย :

$$E_{\text{ext}}^{(3)}(x, y) = I(x, y) \quad (2-12)$$

$$E_{\text{ext}}^{(4)}(x, y) = (G_\sigma(x, y) * I(x, y)) \quad (2-13)$$

มันเป็นเรื่องง่ายที่จะมองจากการกำหนดสมการดังกล่าว ซึ่ง σ 's มีค่ามากขึ้น จะเป็นสาเหตุทำให้เส้นแบ่งขอบเขตเบลอและบิดเบือนได้ ดังนั้น σ 's จึงจำเป็นต้องมีค่ามาก อย่างไรก็ตามในการ

สร้างผลกระทบของเส้นแบ่งขอบเขต “สัมผัส” กับระยะทางบางส่วนจากเส้นแบ่งขอบเขต ในที่นี้เพื่อที่จะเพิ่ม “ช่วงของการยึดจับ” ให้กับเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพ

Snakes ที่ลดขนาด E จะต้องแก้ปัญหาสมการ Euler ได้

$$\alpha X''(s) - \beta X^{(4)}(s) - \nabla E_{\text{ext}} = 0 \quad (2-14)$$

สิ่งนี้สามารถมองในลักษณะที่เป็นสมการที่สมดุลของพลังงาน

$$F_{\text{int}} + F_{\text{ext}}^{(P)} = 0 \quad (2-15)$$

เมื่อ $F_{\text{int}} = \alpha X''(s) - \beta X^{(4)}(s)$ และ $F_{\text{ext}}^{(P)} = -\nabla E_{\text{ext}}$ แรงภายใน F_{int} จะลดการขยายและการโค้งงอ ในขณะที่แรงภายนอก $F_{\text{ext}}^{(P)}$ จะดึง Snakes ไปยังเส้นโครงร่างของภาพตามต้องการ

การแก้ปัญหสมการ (2-14) Snakes จะถูกทำให้เป็น Dynamic โดยกระทำกับค่า X ในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของเวลา t เช่นเดียวกับ s ในที่นั่นก็คือ $x(s, t)$ นั่นเอง จากนั้นอนุพันธ์บางส่วนของ X ซึ่งสัมพันธ์กับ t จะถูกใส่เข้ากับด้านซ้ายของสมการที่ (2-14) ดังนี้

$$X_t(s, t) = \alpha X''(s, t) - \beta X^{(4)}(s, t) - \nabla E_{\text{ext}} \quad (2-16)$$

เมื่อแก้ปัญห $X(s, t)$ ได้คงที่แล้วพจน์ของ $X_t(s, t)$ จะหายไป และจะได้มาซึ่งคำตอบของสมการ (2-14) สมการที่เป็น Dynamic นี้สามารถมองให้เป็นขั้นตอนของการเคลื่อนต่ำลงของความชัน ที่ถูกออกแบบมาเพื่อแก้สมการ (2-9) ส่วนการแก้สมการ (2-16) นั้นสามารถทำได้โดยการแยกสมการ และแก้ปัญหเรื่องการทำซ้ำระบบที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

ในงานวิจัยนี้ได้นำ Snakes: Active Contour Models มาช่วยในการปรับแนวการปรับความกลมกลืนภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับความกลมกลืนภาพภาพ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Burt และ Adelson [4], [5] เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในหลายๆ งานวิจัย วิธีการนี้ใช้ฟังก์ชันสไปไลน์ (Spline) สำหรับการรวมสัมประสิทธิ์แบนด์ย่อย (Subband) บนพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Pyramidal) วิธีการนี้มีการทำงาน 2 ระยะ คือระยะที่ 1 ภาพทั้ง 2 ภาพที่จะนำมารวมจะถูกสลายในส่วนของสัมประสิทธิ์แบนด์ย่อย โดยใช้ค่ากึ่งกลางของ ตัวดำเนินการ

Pyramidal Laplacian หลังจากนั้น ระยะที่ 2 จะใช้ฟังก์ชัน สไปรณัล สำหรับรวมสัมประสิทธิ์แบบด้อย ในบริเวณที่มีการรวมกันของภาพทั้ง 2 ภาพ ข้อดีของวิธีการนี้ คือวิธีการนี้เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ แต่ปัญหาที่พบของวิธีการนี้ก็คือ การทำงานในระดับจุดภาพ ทำให้การประมวลผลทำได้ช้า เมื่อภาพมีขนาดใหญ่

Hsu และ Wu [6] มีลักษณะแนวคิดคล้ายกับวิธีการของ Burt และ Adelson โดยเปลี่ยนจากแนวคิดของการใช้พีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Pyramidal) มาเป็นการประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) เพื่อจะแก้ปัญหที่พบในวิธีการเดิม โดยจะทำการรวมด้วยสัมประสิทธิ์เวฟเลต ภาพโมเสกที่ได้จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต เรียกวิธีการนี้ว่าการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Mosaic) มีการนำวิธีการนี้ไปใช้ในการโมเสกภาพน้อยมาก เพราะคุณภาพของภาพโมเสกที่ได้จะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตที่เหมาะสม

Su, Hwang และ Cheng [1] วิธีการนี้ได้ทำการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับความละเอียด สามารถควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนได้ตามความต้องการของผู้ใช้ และปรับการกระจายของความหนาแน่นภาพได้ตามความเหมาะสม ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการรวมกันของภาพท้องฟ้า ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเห็นท้องฟ้าที่มีความกลมกลืนอย่างเรียบเนียน และในขณะเดียวกันเมื่อมีการรวมกันของภาพที่มีรายละเอียดมาก ก็ยังเห็นความกลมกลืนภาพที่ยังคงรายละเอียดชัดเจนดังเดิม ผลการวิจัยนี้เป็นที่น่าพอใจเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ 2 วิธีการที่ผ่านมา แต่ด้วยวิธีการนี้มีกระบวนการที่ซับซ้อนในหลายส่วน เช่น ต้นแบบการรวม (Blending Model) ฟังก์ชันการรวมพลังงาน (The Blending Energy Function) ทำให้การนำไปใช้งานมีความยุ่งยากเมื่อเทียบกับ 2 วิธีการแรก

ในงานวิจัยนี้ จะทำการเพิ่มคุณภาพให้กับภาพผลลัพธ์ โดยการแยกสัญญาณภาพด้วยการแปลงเวฟเลต เพื่อจะคงคุณลักษณะภายในภาพ ด้วยการเลือกใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตที่เหมาะสม การควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนได้ตามความต้องการ และปรับการกระจายของความหนาแน่นภาพได้ตามความเหมาะสม ด้วยวิธีการที่แตกต่างจากวิธีการวิเคราะห์บนภาพโมเสกหลายความละเอียด เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการนำไปใช้กับการโมเสกภาพ และการประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3

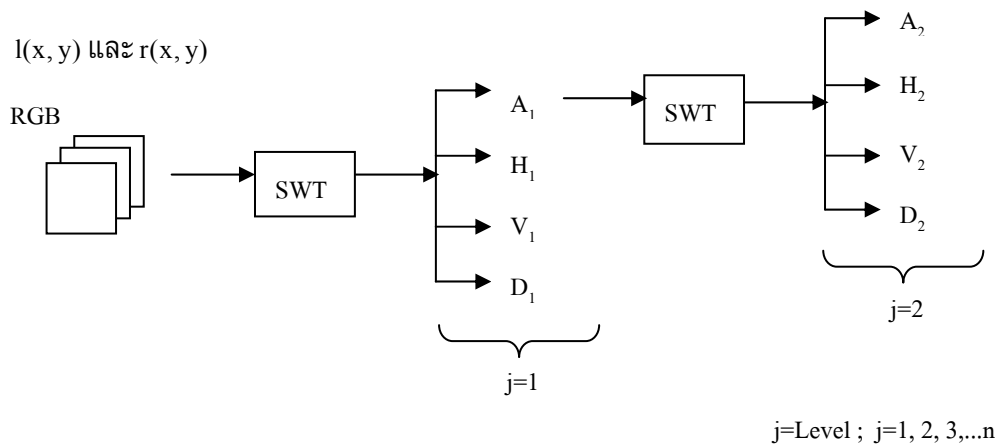
ขั้นตอนการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของกระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ ขั้นตอนวิธีการวิจัย และขั้นตอนการหาสัมประสิทธิ์ของการปรับความกลมกลืนภาพ

3.1 กระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ

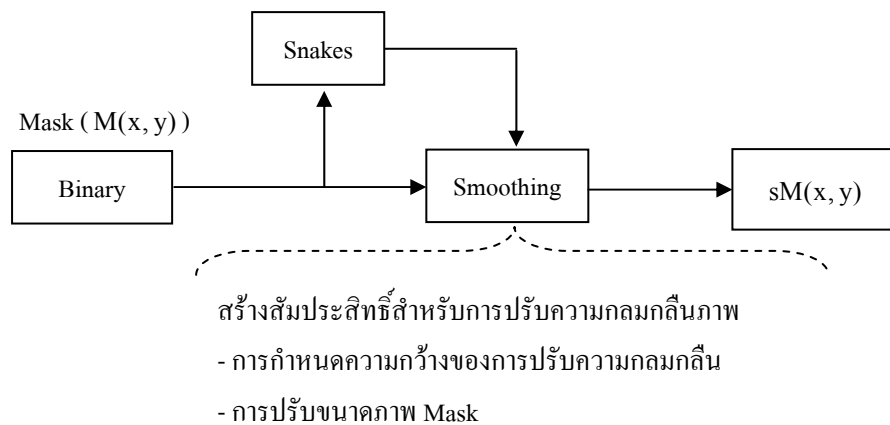
กระบวนการปรับความกลมกลืนภาพประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญ แสดงได้ดังภาพที่ 3-1 ถึง 3-3 ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ เป็นการจัดเตรียมภาพทั้ง 2 ภาพ ในที่นี้จะให้ภาพตั้งต้นที่ 1 (First Source Image) เรียกว่า $I(x, y)$ และภาพตั้งต้นที่ 2 (Second Source Image) เรียกว่า $r(x, y)$ ให้พร้อมสำหรับการทำงานในขั้นตอนของการปรับความกลมกลืนภาพ การแยกสัญญาณภาพในขั้นตอนนี้ จะใช้การแปลงเวฟเลตแบบสเตชันนารี ภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ

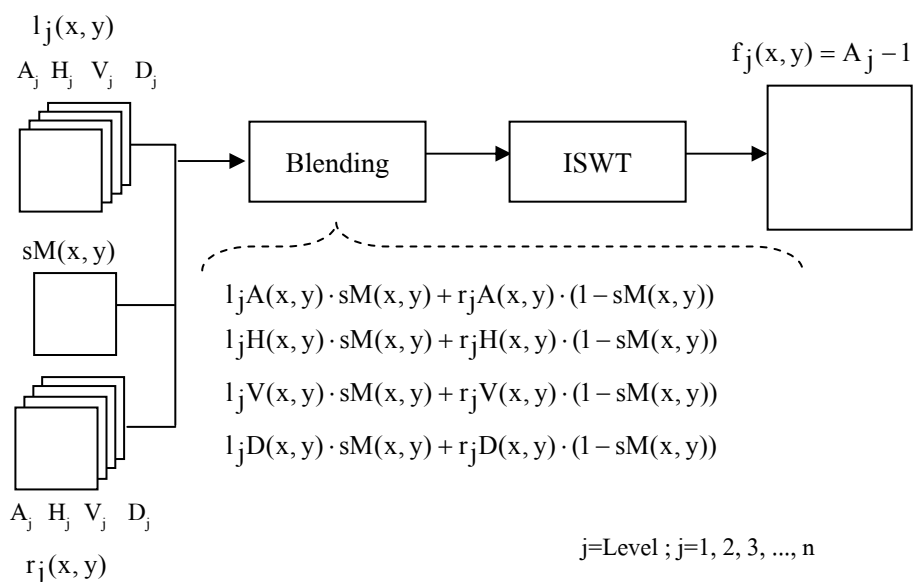


ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพตั้งต้นที่ 1 และ 2

3.1.2 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask เป็นการจัดเตรียมภาพ Mask ($M(x, y)$) ที่จะใช้เป็นหลักสำหรับการปรับความกลมกลืนภาพทั้ง 2 ภาพในแต่ละระดับของการแปลงเวฟเลต งานที่ทำในขั้นตอนนี้ คือ การทำ Smoothing เพื่อสร้างสัมประสิทธิ์สำหรับการปรับความกลมกลืนภาพหรืออาจปรับแนวความกลมกลืนภาพโดยการปรับรูปแบบเส้น โครงร่างที่มีประสิทธิภาพด้วย Snakes ก่อนการทำ Smoothing



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพด้วย การรวมสัมประสิทธิ์เวฟเลตของภาพแต่ละระดับ

3.1.3 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ เป็นขั้นตอนสำหรับการรวมสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตของภาพตั้งต้นที่ 1 ($l(x, y)$) และภาพตั้งต้นที่ 2 ($r(x, y)$) ด้วยภาพ Mask ($sM(x, y)$) ที่ขนาดเดียวกัน และทำการแปลงกลับเวฟเล็ตแบบสเตชันนารีได้ภาพผลลัพธ์คือ $f(x, y)$

จากขั้นตอนทั้ง 3 นำไปเปรียบเทียบกับวิธีการโมเสกหลายระดับความละเอียด สรุปได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดกับขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด	ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย
1. ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ ทำการแยกสัญญาณภาพด้วย DWT แยกสัญญาณภาพทั้งหมด n ระดับโดย 2^j เท่ากับขนาดของภาพและ j คือระดับของการแยกสัญญาณมีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3, ..., n	1. ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ ทำการแยกสัญญาณภาพด้วย SWT แยกสัญญาณทั้งหมด n ระดับซึ่งจะได้ภาพมีขนาดเท่ากับภาพตั้งต้นทุกแบนด์ย่อย โดยที่ 2^j เท่ากับขนาดของภาพและ j คือระดับของการแยกสัญญาณมีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3, ..., n
2. ขั้นตอนการจัดเตรียม Mask การทำ Smoothing จะใช้ Triangular Low Pass Filter $h = \{0.25, 0.5, 0.25\}$	2. ขั้นตอนการจัดเตรียม Mask การทำ Smoothing จะใช้ Gaussian Low Pass Filter ซึ่งควบคุมสัมประสิทธิ์การกระจายด้วย σ และกำหนดความกว้างของการปรับความกลมกลืนภาพ
3. ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ ทำการรวมสัญญาณภาพทั้ง 3 สัญญาณภาพที่เตรียมไว้ ด้วยสมการดังนี้	3. ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ ทำการรวมสัญญาณภาพทั้ง 3 สัญญาณภาพที่เตรียมไว้ ด้วยสมการดังนี้
$l_j A(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j A(x, y) \cdot (1 - sM(x, y))$ $l_j H(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j H(x, y) \cdot (1 - sM(x, y))$ $l_j V(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j V(x, y) \cdot (1 - sM(x, y))$ $l_j D(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j D(x, y) \cdot (1 - sM(x, y))$	
แปลงสัญญาณภาพกลับด้วย IDWT	แปลงสัญญาณภาพกลับด้วย ISWT

3.2 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ

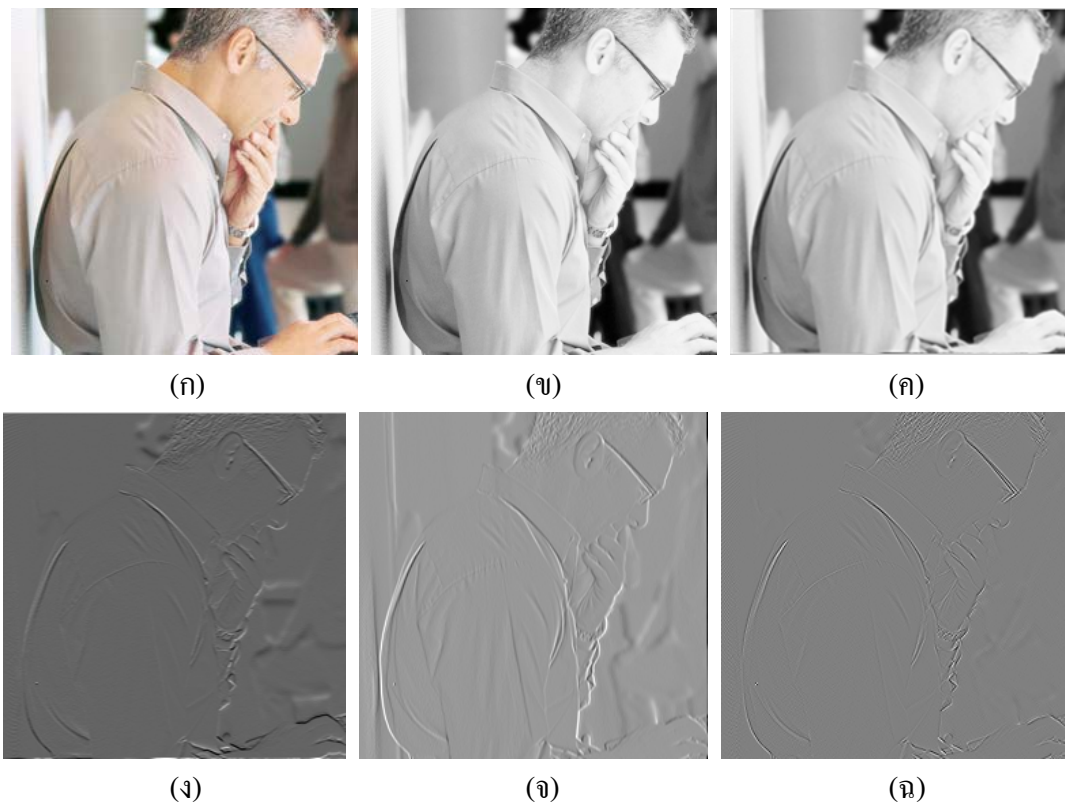
เป็นการจัดเตรียมภาพที่จะนำมาปรับความกลมกลืนภาพ ซึ่งภาพทั้ง 2 ภาพ นั่นคือ $I(x, y)$ และ $r(x, y)$ จะต้องถูกจัดเตรียมให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมสำหรับนำไปใช้ในขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ งานที่ทำในขั้นตอนนี้ได้แก่ การแยกสัญญาณภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ดแบบสเตชันนารี

ก่อนที่จะมีการแยกสัญญาณภาพต้องนำภาพมาแยกแบนด์ภาพสี เพราะการรวมภาพจะทำในเมทริกซ์ขนาดเท่ากัน แต่การเก็บความเข้มของภาพ RGB จะอยู่ในรูปของเมทริกซ์ 3 มิติ จึงต้องมีการแยกแบนด์ของภาพออกเป็น 3 แบนด์ คือ $R(x, y)$, $G(x, y)$, และ $B(x, y)$ ดังภาพที่ 3-4



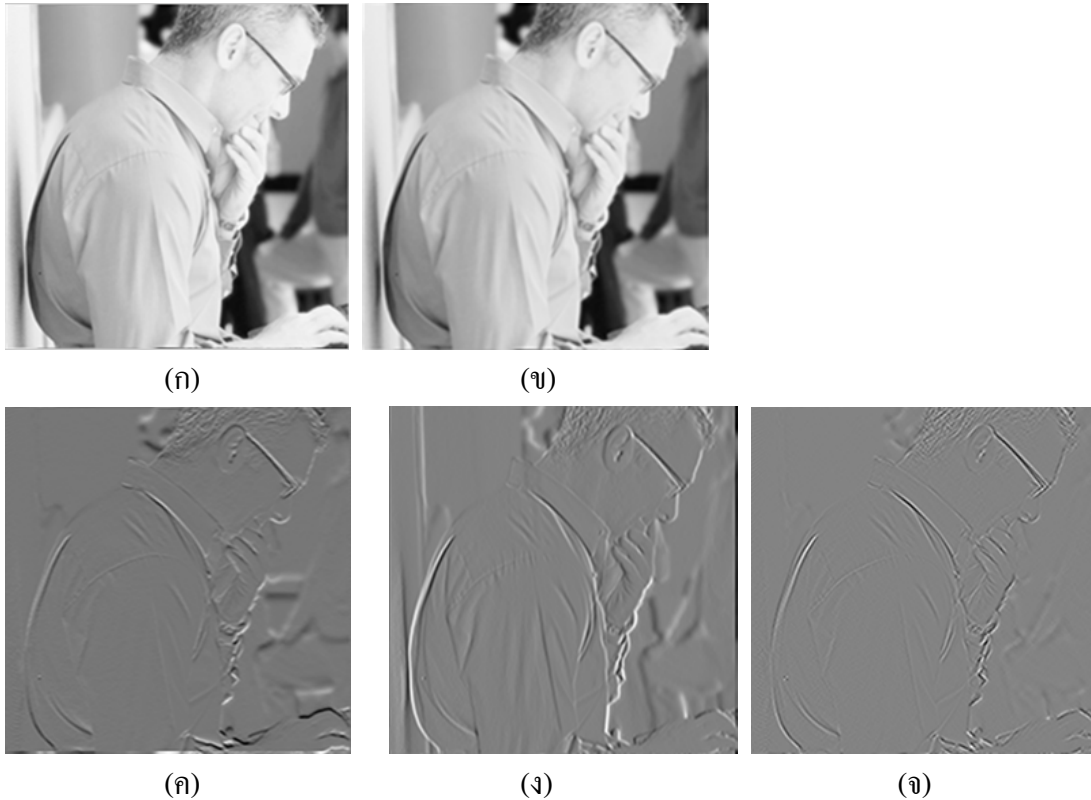
ภาพที่ 3-4 การแยกเมทริกซ์ภาพ RGB

จากนั้นนำแต่ละแบนด์ แยกสัญญาณภาพด้วยการแปลงเวฟเล็ดแบบสเตชันนารี จะได้สัมประสิทธิ์เวฟเล็ดในแบนด์ความถี่ต่ำ และสัมประสิทธิ์รายละเอียดของแบนด์ย่อยอีก 3 แบนด์ ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 การแยกสัญญาณภาพด้วย SWT ที่ 1 ระดับโดยภาพ (ก) เป็นภาพดั้งเดิม
 (ข) เป็นภาพในแบนด์ $R(x, y)$ (ค) สัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ความถี่ต่ำ
 (ง), (จ) และ (ฉ) เป็นสัมประสิทธิ์รายละเอียดของแบนด์ย่อย

ระดับของการแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารีจะขึ้นอยู่กับระดับความละเอียดที่จะใช้ในการรวมสัญญาณภาพ ซึ่งจะมีค่าไม่เกินขนาดของภาพเท่ากับ 2^j โดยที่ j คือระดับของการแปลงเวฟเล็ต และ มีค่าเท่ากับ $1, 2, 3, \dots, n$ ตัวอย่างเช่น ภาพขนาด 256×256 จะได้ว่า $2^8 = 256$ จะทำการแยกสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต ได้ตั้งแต่ 1 ระดับถึง 8 การแยกสัญญาณในระดับถัดไปจะกระทำเฉพาะในส่วนที่เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ความถี่ต่ำ ดังภาพที่ 3-6 แสดงตัวอย่างการแยกสัญญาณภาพในระดับที่ 2 โดยใช้ภาพที่เป็นสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ย่อยความถี่ต่ำของภาพที่ 3-5 (ค)



ภาพที่ 3-6 ตัวอย่างการแยกสัญญาณภาพด้วย SWT ที่ระดับ 2 (ก) คือภาพที่ 3-5 (ค)

(ข) สัมประสิทธิ์เวฟเล็ตในแบนด์ย่อยความถี่ระดับที่ 2

(ค), (ง) และ (จ) สัมประสิทธิ์รายละเอียดของแบนด์ย่อย ระดับที่ 2

3.2.1 การเลือกใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต

ในการแปลงเวฟเล็ตจำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต (Basis Function) เพื่อแยกสัญญาณภาพและแปลงกลับสัญญาณภาพ ในงานวิจัยนี้ทำการทดลองฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต 5 ตระกูล แสดงภาพผลลัพธ์ของการทดลองในภาคผนวก ก โดยทำการทดลองกับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด สรุปผลการทดลองฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต ที่ทำการทดลองกับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ดังตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-6 ถึง 3-9 แสดงภาพผลลัพธ์เปรียบเทียบรูปแบบของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เกิดความผิดเพี้ยนแบบบล็อก (Blocking Artifact) กลุ่มที่ 2 เกิดสีผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับในระดับที่ยอมรับไม่ได้ และข้อมูลภาพบางส่วนสูญหาย และกลุ่มที่ 3 สีของการปรับความกลมกลืนภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และข้อมูลภาพมีการสูญหายเพียงเล็กน้อย

จากผลการทดลองพบว่ารูปแบบของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตที่เหมาะสมสำหรับการแยกสัญญาณภาพและแปลงกลับสัญญาณภาพ คือ Bior2.2, Bior2.4 และ Bior2.5 พบว่ามีความเหมาะสมใกล้เคียงกัน ภาพผลลัพธ์ที่ได้ มีการปรับความกลมกลืนอย่างเรียบเนียนทั้งทางด้านข้อมูลภาพ สีของการผสม และที่สำคัญขนาดของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต มีผลต่อการประมวลผล ถ้าจำนวนสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต มีน้อย จะทำให้การทำงานเร็วขึ้น

ตารางที่ 3-2 สรุปผลการทดลองฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต ที่นำไปทดลองกับ
วิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด

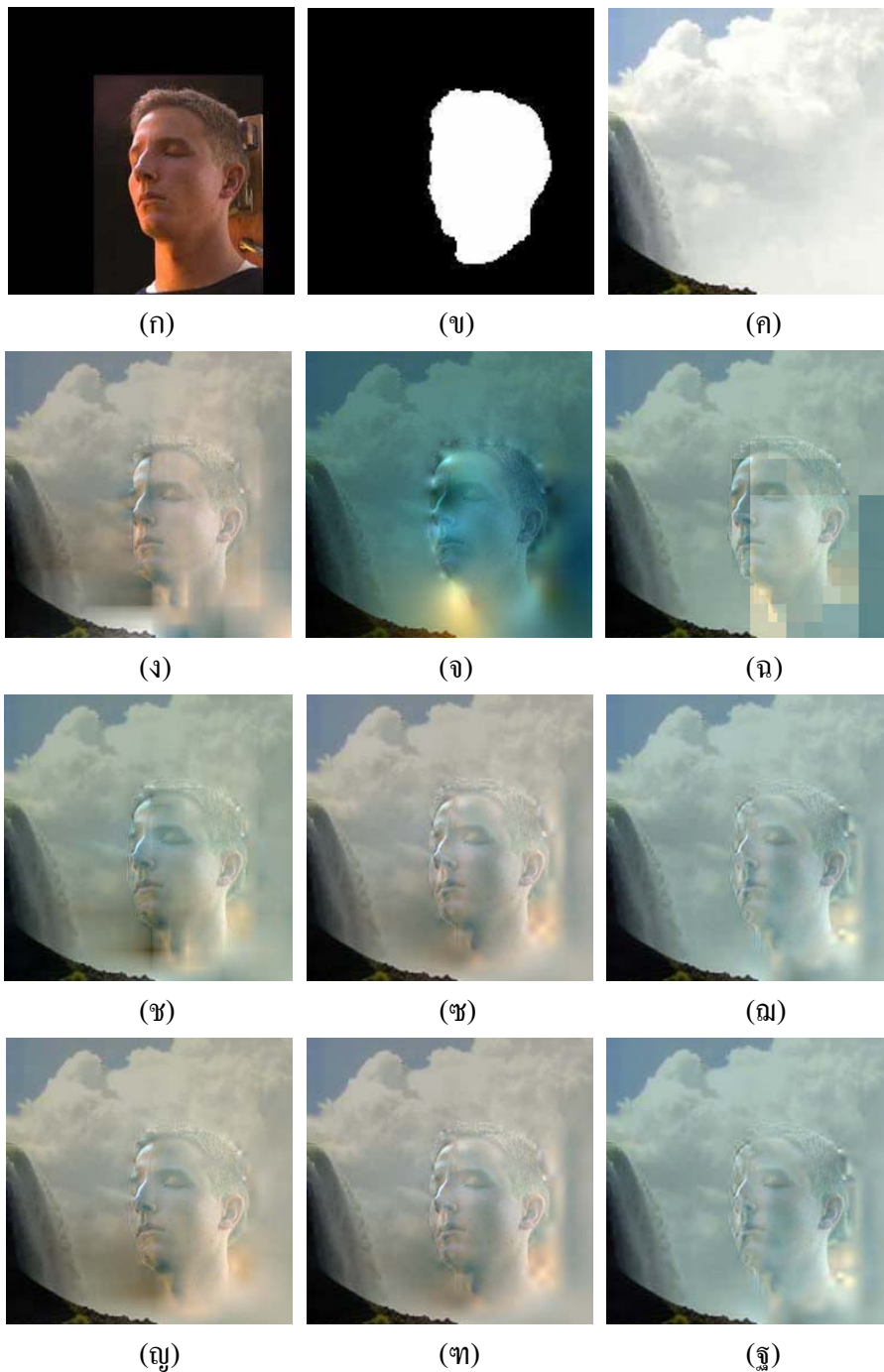
รูปแบบของฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต	ลักษณะของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง
haar, db2, bior1.3, bior1.5, sym2	เกิดความผิดเพี้ยนแบบบล็อก (Blocking Artifact)
db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9 , db10 bior3.1, coif1, coif2, coif5, sym3	เกิดสีผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับในระดับที่ยอมรับไม่ได้ และข้อมูลภาพบางส่วนสูญหาย
bior2.2, bior2.4, bior2.6 , bior2.8, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5, bior6.8, coif3, coif4, sym4, sym5, sym6, sym7, sym8	สีของการปรับความกลมกลืนภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และข้อมูลภาพมีการสูญหายเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 3-7 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต บางรูปแบบกับวิธีการโมเสกที่หลากหลาย
ระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นสำหรับการปรับความกลมกลืน
(ง), (จ) และ (ฉ) รูปแบบ haar, db2 และ bior1.3 (ช), (ซ) และ (ฅ) รูปแบบ bior3.1,
coif1 และ db3 (ญ), (ฎ) และ (ฐ) ชนิด bior2.2, bior6.8 และ sym8



ภาพที่ 3-8 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตบางรูปแบบกับวิธีการโมเสกที่หลากหลาย
ระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นสำหรับการปรับความกลมกลืน
(ง), (จ) และ (ฉ) รูปแบบ haar, db2 และ bior1.3 (ช), (ซ) และ (ฌ) รูปแบบ bior3.1,
coif1 และ db3 (ฎ), (ฏ) และ (ฐ) ชนิด bior2.2, bior6.8 และ sym8



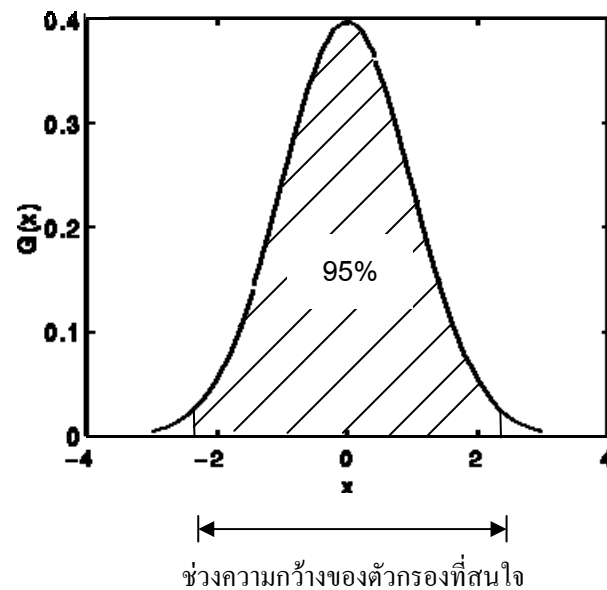
ภาพที่ 3-9 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต บางรูปแบบกับวิธีการโมเสกที่หลากหลาย ระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นสำหรับการปรับความกลมกลืน (ง), (จ) และ (ฉ) รูปแบบ haar, db2 และ bior1.3 (ช), (ซ) และ (ฅ) รูปแบบ bior3.1, coif1 และ db3 (ญ), (ฎ) และ (ฏ) ชนิด bior2.2, bior6.8 และ sym8

3.3 ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask

เป็นการจัดเตรียมภาพ Mask ($M(x, y)$) ที่จะใช้เป็นแนวของการปรับความกลมกลืนภาพทั้ง 2 ภาพ งานที่ทำในขั้นตอนนี้ คือ การทำ Smoothing บริเวณแนวของการเชื่อมภาพ เพื่อสร้างสัมประสิทธิ์สำหรับการปรับความกลมกลืนภาพ และในกรณีที่ต้องการปรับแนวความกลมกลืนภาพด้วยการปรับรูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพด้วย Snakes สามารถเลือกปรับได้ก่อนการทำ Smoothing บริเวณแนวของการเชื่อมภาพ

3.3.1 การทำ Smoothing บริเวณแนวของการเชื่อมภาพ เพื่อสร้างสัมประสิทธิ์สำหรับการปรับความกลมกลืนภาพ ในส่วนนี้จะนำภาพ Mask ที่อยู่ในรูปของ Binary นำไปทำ Smoothing ด้วยตัวกรอง Gaussian

ในงานวิจัยนี้จะใช้ Gaussian Smoothing โดยสร้างตัวกรองแบบ 1 มิติสำหรับทำคอนโวลูชันในทิศทางตามแนวแกน x และตามแนวแกน y เพื่อให้สัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อของภาพ Mask เกิดการสลายตัว จากการศึกษาพบว่าความกว้างของตัวกรองเป็นส่วนสำคัญสำหรับการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของตัวกรอง Gaussian จะต้องกำหนดให้เหมาะสมกับความกว้างของตัวกรอง ดังตารางที่ 3-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติกับค่า σ ตั้งแต่ 0.1 ถึง 3.0 โดยใช้ความกว้างสำหรับการแสดงสัมประสิทธิ์ขนาด 30 พบว่าจำนวนของสัมประสิทธิ์ที่เป็น 0 เกิดจากการกำหนดค่าของ σ ที่ไม่เหมาะสมกับความกว้างของตัวกรอง ถ้ากำหนดค่าของ σ ที่น้อยจะได้จำนวนสัมประสิทธิ์ตัวกรองในช่วงที่แคบ และถ้ากำหนดค่าของ σ ที่มากจะได้จำนวนสัมประสิทธิ์ตัวกรองในช่วงที่กว้าง ในที่นี้จะใช้บริเวณพื้นที่ได้กราฟเป็นตัวกำหนดความกว้างให้ตัวกรอง Gaussian โดยความกว้างที่ต้องการจะอยู่ภายใต้พื้นที่ได้กราฟ 95% ส่วนอีก 5% ถือว่ามีผลต่อสัมประสิทธิ์น้อยมาก (ค่าของสัมประสิทธิ์มีค่าเข้าใกล้ 0) แสดงดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 บริเวณพื้นที่ใต้กราฟในช่วงความกว้าง Gaussian แบบ 1 มิติ ที่ $\bar{X}=0$ และ $\sigma=1.0$

ตารางที่ 3-4 สรุปผลการรวมสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติโดยใช้ความกว้างของตัวกรองที่ 30 สำหรับการวิเคราะห์การเลือกใช้ σ ที่เหมาะสม พบว่าความกว้างที่ 4 จะใช้ σ เท่ากับ 1 ด้วยขนาดของพื้นที่ใต้กราฟ 96.3% ความกว้างที่ 8 จะใช้ σ เท่ากับ 2 ด้วยขนาดของพื้นที่ใต้กราฟ 95.7% ความกว้างที่ 12 จะใช้ σ เท่ากับ 1 ด้วยขนาดของพื้นที่ใต้กราฟ 95.6% จากตารางที่ 3-5 แสดงสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติ ใช้ความกว้างของตัวกรองที่ 16 สำหรับการวิเคราะห์การเลือกใช้ σ และนำข้อมูลจากตารางที่ 3-5 นำเสนอโดยในรูปของกราฟ แสดงดังภาพที่ 3-11 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบการกระจายของ σ ที่เหมาะสมกับความกว้างของตัวกรองที่ 16 พบว่า σ เท่ากับ 4 มีการกระจายของสัมประสิทธิ์ที่น่าสนใจ เพราะ σ ที่น้อยทำให้การกระจายของสัมประสิทธิ์จะอยู่ในช่วงที่แคบ ซึ่งสัมประสิทธิ์บางตัวจะมีค่าเป็น 0 แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการการกระจายของสัมประสิทธิ์ในช่วงความกว้างที่เหมาะสมเพื่อนำไปกำหนดความกว้างให้กับตัวกรอง Gaussian พบว่า σ เท่ากับ 1 จะใช้ความกว้างของตัวกรองที่ 4 สรุปเป็นสมการสำหรับการคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความกว้างของตัวกรอง} = 4\sigma \quad (3-1)$$

ตารางที่ 3-6 แสดงสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Gaussian ที่ความกว้างที่ 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ด้วย $\sigma=1, 2, 3, 4, 5$ และ 6 ตามลำดับ การนำตัวกรองที่ได้จากการกำหนด σ ที่เหมาะสมไปทำ

คอนโวลูชันกับภาพ Mask ความกว้างที่เกิดจากการสลายสัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อจะลดลง 1 สัญญาณตามหลักการของการทำคอนโวลูชัน จึงเพิ่มความกว้างของตัวกรองอีก 1 เพื่อให้ได้ความกว้างของการปรับความกลมกลืนเท่ากับความกว้างของตัวกรอง และเพื่อให้ได้ความกว้างของการปรับความกลมกลืนที่สมมาตรบริเวณแนวการปรับความกลมกลืน

ในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนภาพจะต้องควบคุมความกว้างของตัวกรอง Gaussian ด้วยการกำหนดค่า σ และสร้างสัมประสิทธิ์ให้กับตัวกรองเพื่อใช้ในการทำ Smoothing ในการวิจัยนี้จะใช้พารามิเตอร์ σ สำหรับการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน โดยที่ σ มีค่าเป็น 1, 2, 3, ... ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้ σ เท่ากับ 1 จะกำหนดให้ใช้ความกว้างของตัวกรองจะเท่ากับ 4 แต่สำหรับงานวิจัยนี้ จะต้องบวกเพิ่มความกว้างขึ้นอีก 1 เพื่อให้ได้ความกว้างตามจำนวนที่ต้องการ จะได้ว่าถ้ากำหนดให้ σ เท่ากับ 1 จะกำหนดให้ใช้ความกว้างของตัวกรองจะเท่ากับ 5 แสดงได้ดังตารางที่ 3-7 ความสัมพันธ์การกำหนด σ ให้สอดคล้องกับความกว้างของตัวกรอง และการปรับเพิ่มความกว้างของตัวกรองขึ้นอีก 1

โดยใช้ความกว้างสำหรับการแสดงสัมประสิทธิ์ที่ 30

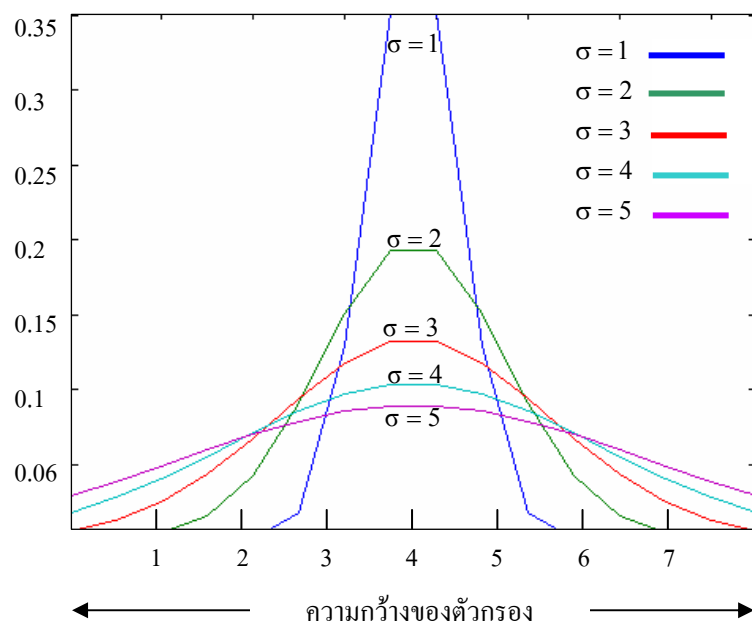
[illegible]

ตารางที่ 3-4 ผลการรวมสัมประสิทธิ์ตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติใช้ความกว้างที่ 30
สำหรับการวิเคราะห์ การเลือกใช้ σ ที่เหมาะสมกับความกว้าง

σ	ผลรวมของสัมประสิทธิ์ตามขนาดของความกว้างของตัวกรอง		
	4	8	12
0.100	1.000	1.000	1.000
0.200	1.000	1.000	1.000
0.300	1.000	1.000	1.000
0.400	1.000	1.000	1.000
0.500	1.000	1.000	1.000
0.600	1.000	1.000	1.000
0.700	0.998	1.000	1.000
0.800	0.992	1.000	1.000
0.900	0.981	1.000	1.000
1.000	0.963	1.000	1.000
1.100	0.940	1.000	1.000
1.200	0.914	0.999	1.000
1.300	0.885	0.998	1.000
1.400	0.856	0.996	1.000
1.500	0.826	0.993	1.000
1.600	0.796	0.989	1.000
1.700	0.767	0.983	1.000
1.800	0.740	0.976	0.999
1.900	0.713	0.967	0.999
2.000	0.688	0.957	0.998
2.100	0.664	0.946	0.996
2.200	0.641	0.933	0.994
2.300	0.619	0.920	0.991
2.400	0.599	0.907	0.988
2.500	0.579	0.893	0.984
2.600	0.561	0.878	0.980
2.700	0.544	0.864	0.975
2.800	0.527	0.849	0.969
2.900	0.512	0.834	0.962
3.000	0.497	0.820	0.956

ตารางที่ 3-5 สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติ โดยใช้ความกว้างที่ 16 สำหรับการวิเคราะห์การเลือกใช้ σ ที่เหมาะสม

σ	ความกว้างของตัวกรอง Gaussian 1 มิติ															
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.130	0.352	0.352	0.130	0.018	0.001	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.018	0.130	0.352	0.352	0.130	0.018	0.001	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.001	0.005	0.016	0.043	0.043	0.091	0.151	0.193	0.193	0.151	0.091	0.043	0.016	0.005	0.000
3	0.006	0.013	0.025	0.043	0.068	0.068	0.095	0.118	0.132	0.132	0.118	0.095	0.068	0.043	0.025	0.006
4	0.018	0.028	0.041	0.055	0.071	0.071	0.086	0.097	0.104	0.104	0.097	0.086	0.071	0.055	0.041	0.018
5	0.029	0.038	0.049	0.060	0.070	0.070	0.079	0.086	0.089	0.089	0.086	0.079	0.070	0.060	0.049	0.029



ภาพที่ 3-11 กราฟเปรียบเทียบตัวกรอง Gaussian แบบ 1 มิติ ที่ความกว้าง 16 โดยใช้ $\sigma = 1, 2, 3, 4$ และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3-6 สัมประสิทธิ์ของตัวกรอง Gaussian ที่ความกว้างของตัวกรองขนาด 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 เมื่อ σ เท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

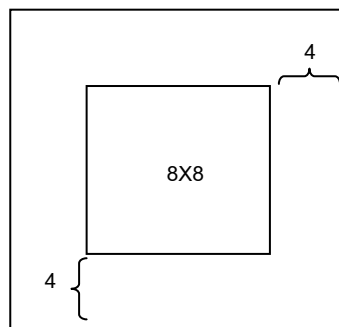
σ	ตำแหน่งของสัมประสิทธิ์											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.13447	0.36553	0.36553	0.13447								
2	0.04509	0.09546	0.15738	0.20208	0.20208	0.15738	0.09546	0.04509				
3	0.02592	0.04518	0.07047	0.09835	0.12282	0.13725	0.13725	0.12282	0.09835	0.07047	0.04518	0.02592
4	0.01801	0.02789	0.04058	0.05546	0.07121	0.08590	0.09734	0.10362	0.10362	0.09734	0.08590	0.07121
5	0.01374	0.01970	0.02713	0.03589	0.04563	0.05573	0.06540	0.07374	0.07988	0.08314	0.08314	0.07988
6	0.01110	0.01506	0.01988	0.02553	0.03188	0.03873	0.04575	0.05257	0.05875	0.06385	0.06750	0.06940

σ	ตำแหน่งของสัมประสิทธิ์											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1												
2												
3												
4	0.05546	0.04058	0.02789	0.01801								
5	0.07374	0.06540	0.05573	0.04563	0.03589	0.02713	0.01970	0.01374				
6	0.06940	0.06750	0.06385	0.05875	0.05257	0.04575	0.03873	0.03188	0.02553	0.01988	0.01506	0.01110

(Width/2) ดังภาพที่ 3-14 เมื่อผ่านการทำคอนโวลูชัน จากนั้นทำการตัดส่วนที่เกินออกให้เหลือขนาดของภาพ Mask เท่าขนาดเดิม ตัวอย่างเช่น ภาพขนาด 64×64 พิกเซล ขยายออกด้านละ 32 พิกเซลจะได้ Mask ที่มีขนาด 128×128 พิกเซลเมื่อทำคอนโวลูชันแล้วตัดส่วนที่เกินออกจะเหลือขนาด 64×64 เท่าเดิม

0.79833	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.79833	0.09516	0	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.89349	1	1	1	1	1	1	1	0.89349	0.10651	0	0	0	0	0	0	0
0.79833	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.89349	0.79833	0.09516	0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 3-13 การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ในบริเวณที่ไม่ต้องการ



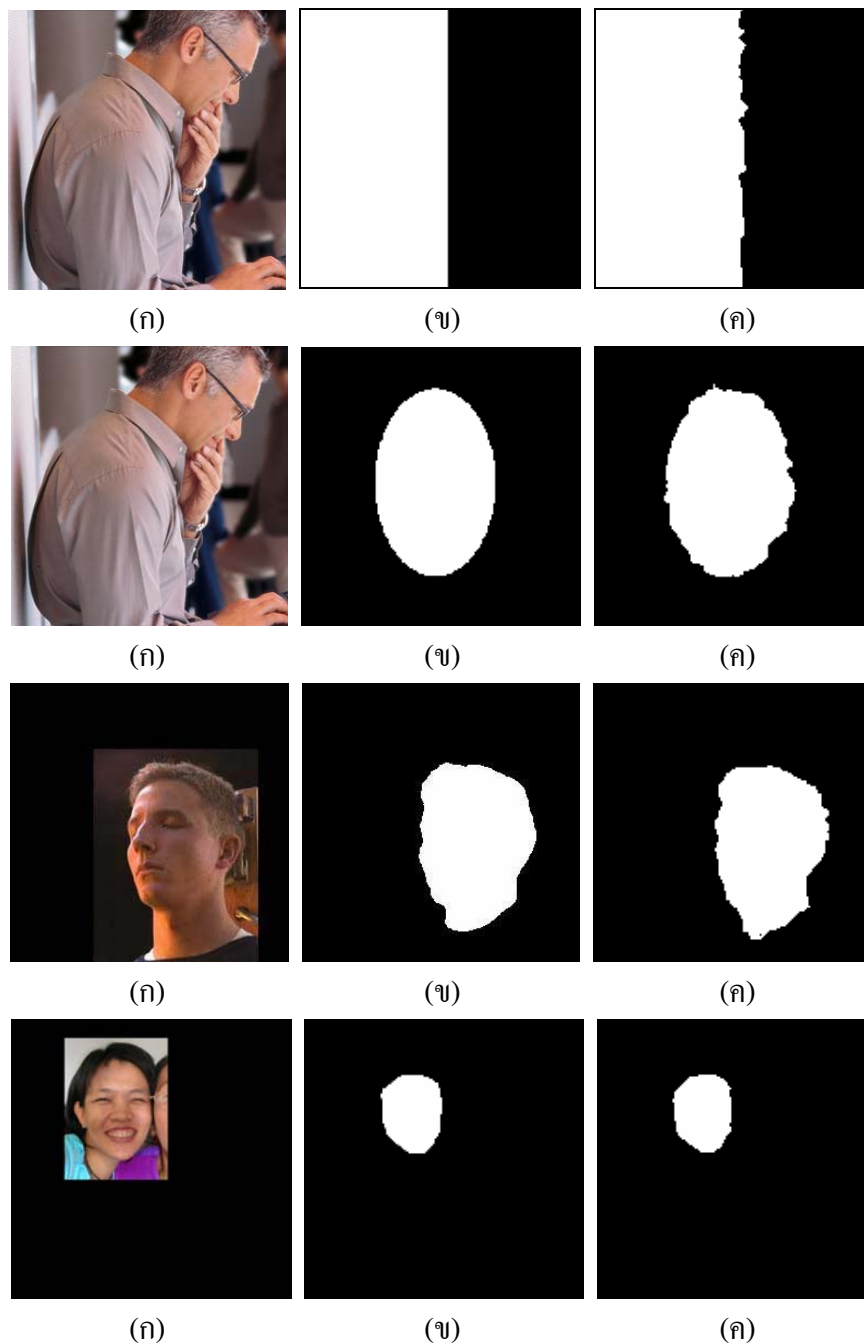
ภาพที่ 3-14 การขยายขนาดของภาพ Mask

ตารางที่ 3-8 เป็นภาพ Mask ที่ผ่านการทำ Smoothing บริเวณแนวการปรับความกลมกลืนภาพ ด้วยตัวกรอง Gaussian กับภาพ Mask 3 แบบ โดยกำหนดความกว้างของการปรับความกลมกลืนให้ σ มีค่าเท่ากับ 2, 8 และ 32

ตารางที่ 3-8 ตัวอย่างการทำ Smoothing ด้วยตัวกรอง Gaussian บริเวณแนวการปรับความกลมกลืนภาพ Mask ขนาด 256×256 พิกเซล

ภาพ Mask ต้นฉบับ	$\sigma = 2$	$\sigma = 8$	$\sigma = 32$
			

ในกรณีที่ต้องการปรับแนวการปรับความกลมกลืนภาพโดยการปรับรูปแบบเส้นโครงร่างที่มีประสิทธิภาพด้วย Snakes สามารถเลือกปรับได้ก่อนการทำ Smoothing ภาพที่ 3-15 แสดงภาพ Mask ที่ทำการปรับด้วย Snakes



ภาพที่ 3-15 ภาพ Mask ที่ทำการปรับด้วย Snakes (ก) ภาพต้นฉบับ
(ข) Mask (ค) ภาพ Mask ที่ปรับด้วย Snakes

3.4 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ

เป็นขั้นตอนสำหรับการรวมสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตของภาพตั้งต้นที่ 1 ($l(x, y)$) ภาพตั้งต้นที่ 2 ($r(x, y)$) ในแต่ละแบนด์ย่อยด้วย ภาพ Mask ($sM(x, y)$) ที่จัดเตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นทำการปรับความกลมกลืนด้วยสมการที่ 3-2 โดยกำหนดให้ j คือ ระดับของการรวมสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต

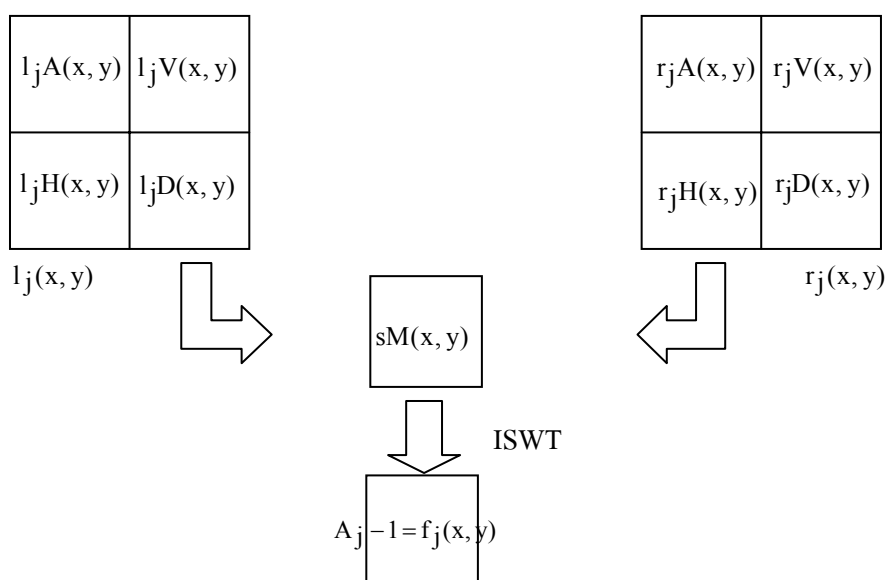
$$l_j A(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j A(x, y) \cdot (1 - sM_j(x, y))$$

$$l_j V(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j V(x, y) \cdot (1 - sM_j(x, y))$$

$$l_j H(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j H(x, y) \cdot (1 - sM_j(x, y))$$

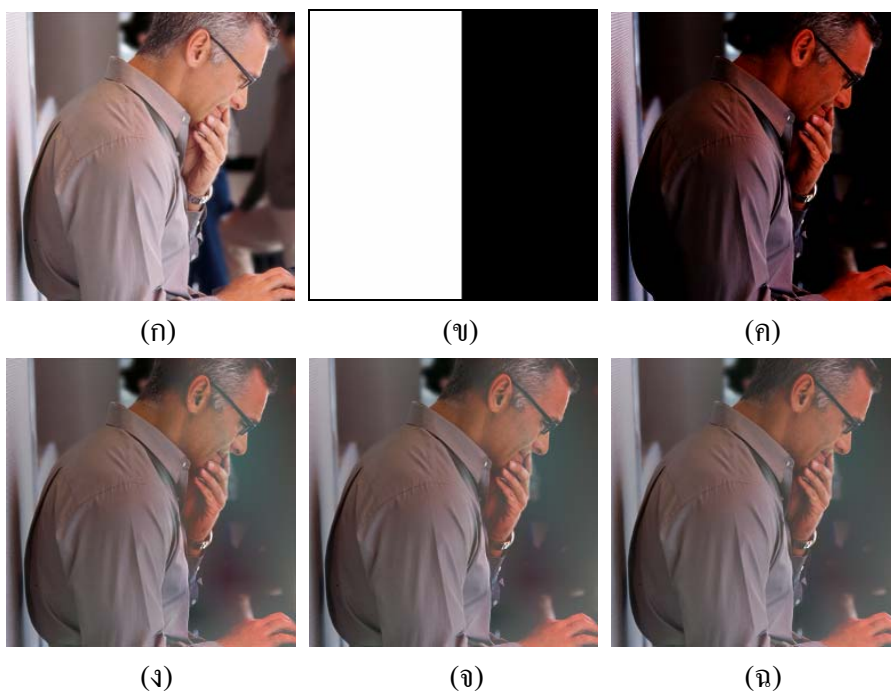
$$l_j D(x, y) \cdot sM(x, y) + r_j D(x, y) \cdot (1 - sM_j(x, y)) \quad (3-2)$$

จากภาพที่ 3-16 แสดงขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพและทำการแปลงกลับเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี เป็นขั้นตอนสุดท้าย

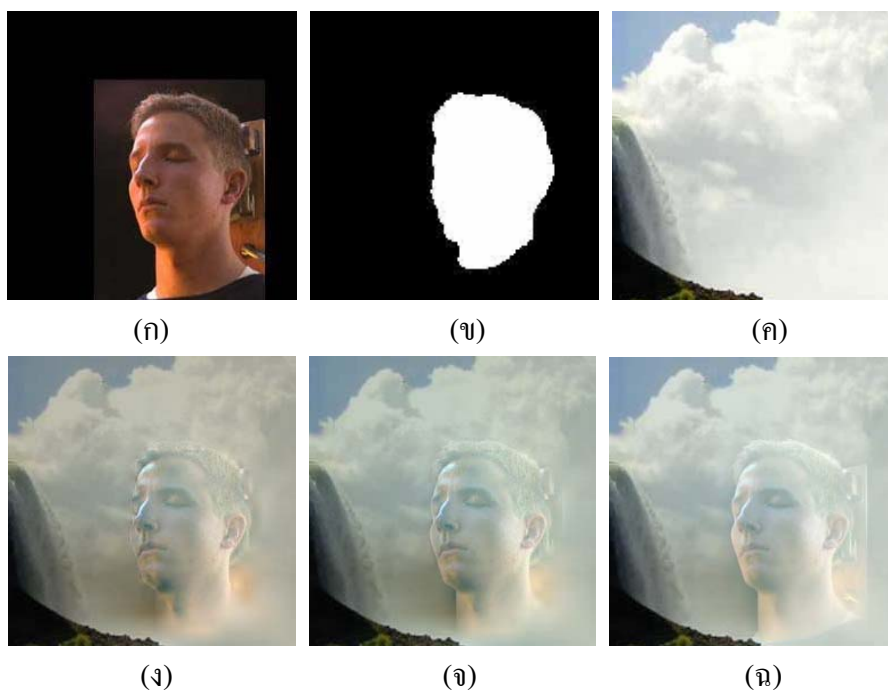


ภาพที่ 3-16 ขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ

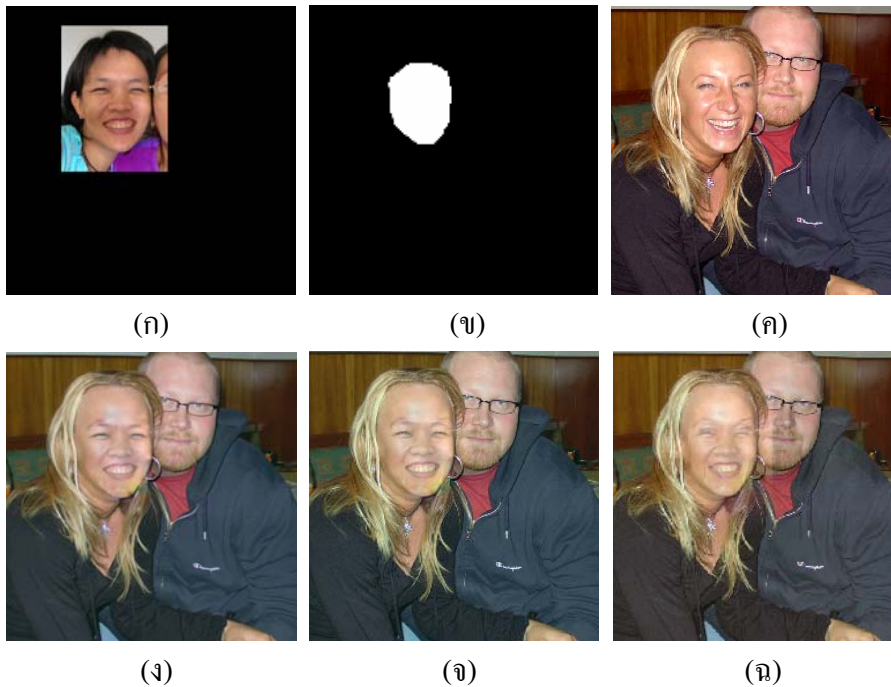
ในงานวิจัยนี้ ทำการทดลองการปรับความกลมกลืน โดยทำการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนกับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ปรับการทำ Smoothing ด้วยตัวกรอง Gaussian บริเวณแนวการปรับความกลมกลืนภาพ Mask ซึ่งกำหนดให้ σ เท่ากับ 2, 8 และ 32 และใช้ฟังก์ชันพื้นฐานการแปลงเวฟเล็ต Bior2.2 พบว่าการทำ Smoothing บริเวณแนวการปรับความกลมกลืนภาพ ด้วยตัวกรอง Gaussian ไม่สามารถควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน ภาพผลลัพธ์ที่ได้เป็นการปรับความกลมกลืนทั้งภาพ และยังมีผลให้ภาพผลลัพธ์มีสีของภาพผิดเพี้ยนไปจากภาพเดิม ภาพ 3-17 ถึง 3-19 เป็นภาพตัวอย่างของการทดลองการปรับความกลมกลืนภาพกับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด ภาพที่ 3-17 แทบจะไม่เห็นความแตกต่างเมื่อทำการปรับความกลมกลืนโดยกำหนดให้ σ เท่ากับ 2, 8 และ 32 ส่วนภาพที่ 3-18 เห็นความแตกต่างเพียงเล็กน้อย และภาพที่ 3-19 ภาพที่กำหนด กำหนด σ เท่ากับ 32 ภาพผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเป็นภาพซ้อนกันของภาพตั้งต้นที่ 1 และ 2



ภาพที่ 3-17 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก
ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian
(ก), (ค) เป็นภาพตั้งต้นก่อนการปรับความกลมกลืน (ข) เป็นภาพ Mask
(ง), (จ) และ (ฉ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่กำหนดให้ $\sigma = 2, 8$ และ 32 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-18 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก
ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian
(ก), (ค) เป็นภาพตั้งต้นก่อนการปรับความกลมกลืน (ข) เป็นภาพ Mask
(ง), (จ) และ (ฉ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่กำหนดให้ $\sigma = 2, 8$ และ 32 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-19 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองการปรับความกลมกลืนกับวิธีการ โมเสก
 ที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ตัวกรอง Gaussian
 (ก), (ค) เป็นภาพตั้งต้นก่อนการปรับความกลมกลืน (ข) เป็นภาพ Mask
 (ง), (จ) และ (ฉ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่กำหนดให้ $\sigma = 2, 8$ และ 32 ตามลำดับ

จากปัญหาที่พบ ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการแปลงเวฟเล็ต พบว่า DWT ไม่เหมาะจะนำมาใช้ เพราะในขั้นตอนการทำ IDWT ทำให้สัมประสิทธิ์ที่ต้องการควบคุมเกิดกระจายเมื่อมีการ Up Sampling และทำคอนโวลูชันด้วยฟังก์ชันพื้นฐานการแปลงเวฟเล็ต ทำให้ไม่สามารถควบคุมสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการปรับความกลมกลืน แนวทางในการแก้ปัญหานี้ คือการตัดขั้นตอนการ ทำ Down Sampling ในขั้นตอนการทำ DWT และตัดขั้นตอน Up Sampling ในขั้นตอนการทำ IDWT เพื่อไม่ให้สัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการปรับความกลมกลืนกระจายจากความกว้างที่ทำการควบคุม พบว่าวิธีการนี้ถูกเรียกว่า การแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี หรือ SWT ซึ่งนิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณภาพ ซึ่งสามารถรักษาข้อมูลภาพไว้ได้ดีกว่า DWT เนื่องจาก DWT ใช้เพื่อจุดประสงค์ของการบีบอัดสัญญาณเวฟเล็ตเพื่อลดความซ้ำซ้อนของสัญญาณ ผลการทดลองพบว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ และสามารถควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนได้ตามความต้องการ ภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังคงลักษณะความคมชัดของภาพโดยรวมไว้ได้ รายละเอียดของ

ข้อมูลภาพมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย มีความกลมกลืนของสีในภาพ รวมทั้งไม่ปรากฏรอยต่อของภาพ และ ไม่พบความแตกต่างด้านความกลมกลืนของสีภายในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น

3.5 รายละเอียดของชุดข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการทดลอง

3.5.1 ชุดข้อมูลภาพตั้งต้น

ชุดข้อมูลภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือชุดข้อมูลภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา และชุดข้อมูลภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก (Effects) ซึ่งชุดข้อมูลภาพทั้ง 2 ลักษณะมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1.1 ชุดข้อมูลภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา เป็นภาพถ่ายดิจิทัลซึ่งมีขนาด 256×256 และ 512×512 พิกเซล จำนวน 5 ชุด โดยที่ภาพตั้งต้นทั้ง 2 มีลักษณะข้อมูลภายในภาพไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการจำลองสภาวะของภาพถ่ายแบบพาโนรามา ซึ่งถ่ายภาพในเวลาใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างด้านความสว่างของภาพไม่คงที่เนื่องจากไม่สามารถควบคุมความสว่างของแสง ณ ขณะถ่ายภาพได้ แสดงดังภาพที่ 3-20 เป็นชุดข้อมูลภาพการทำโมเสกหรือการสร้างภาพพาโนรามา

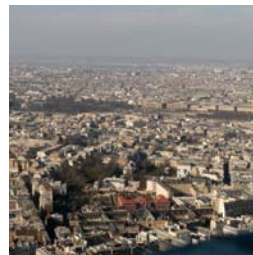
3.5.1.2 ชุดข้อมูลภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก เป็นภาพถ่ายดิจิทัลซึ่งมีขนาด 256×256 และ 512×512 พิกเซลจำนวน 5 ชุด แบ่งย่อยได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ภาพเหมือนจริง เป็นภาพที่ให้รายละเอียดของข้อมูลแทนสถานการณ์ที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หรือสมมติว่าเกิดขึ้นจริง 2 ชุดภาพ ได้แก่ ภาพที่มีรายละเอียดของข้อมูลภาพมากทั้ง 2 ภาพ และภาพที่มีรายละเอียดของข้อมูลภาพมากและน้อยอย่างละ 1 ภาพ และภาพเกินจริงเป็นภาพที่ไม่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ เช่น ภาพที่มีสภาวะแสงแตกต่างกันมากๆ หรือภาพที่มีพื้นผิวแตกต่างกันบริเวณรอยต่อ ภาพที่ 3-21 เป็นชุดข้อมูลภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก



ชุดข้อมูลภาพที่ 1



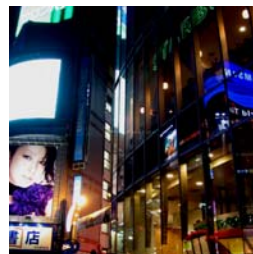
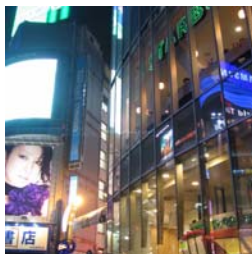
ชุดข้อมูลภาพที่ 2



ชุดข้อมูลภาพที่ 3

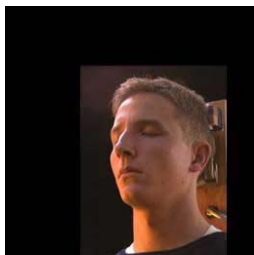


ชุดข้อมูลภาพที่ 4

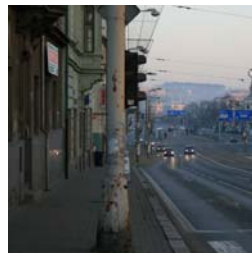


ชุดข้อมูลภาพที่ 5

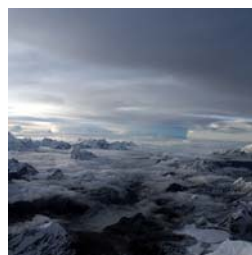
ภาพที่ 3-20 ชุดข้อมูลภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยภาพด้านซ้าย
เป็นภาพตั้งต้นที่ 1 ภาพด้านขวาเป็นภาพตั้งต้นที่ 2



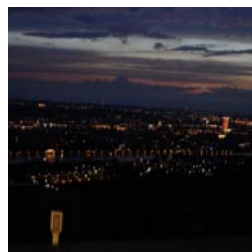
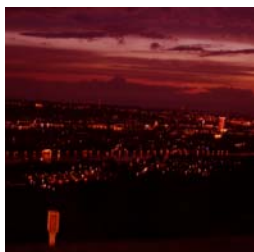
ชุดข้อมูลภาพที่ 6



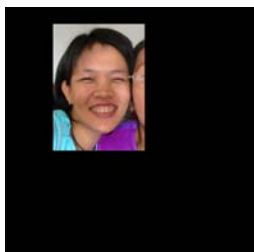
ชุดข้อมูลภาพที่ 7



ชุดข้อมูลภาพที่ 8



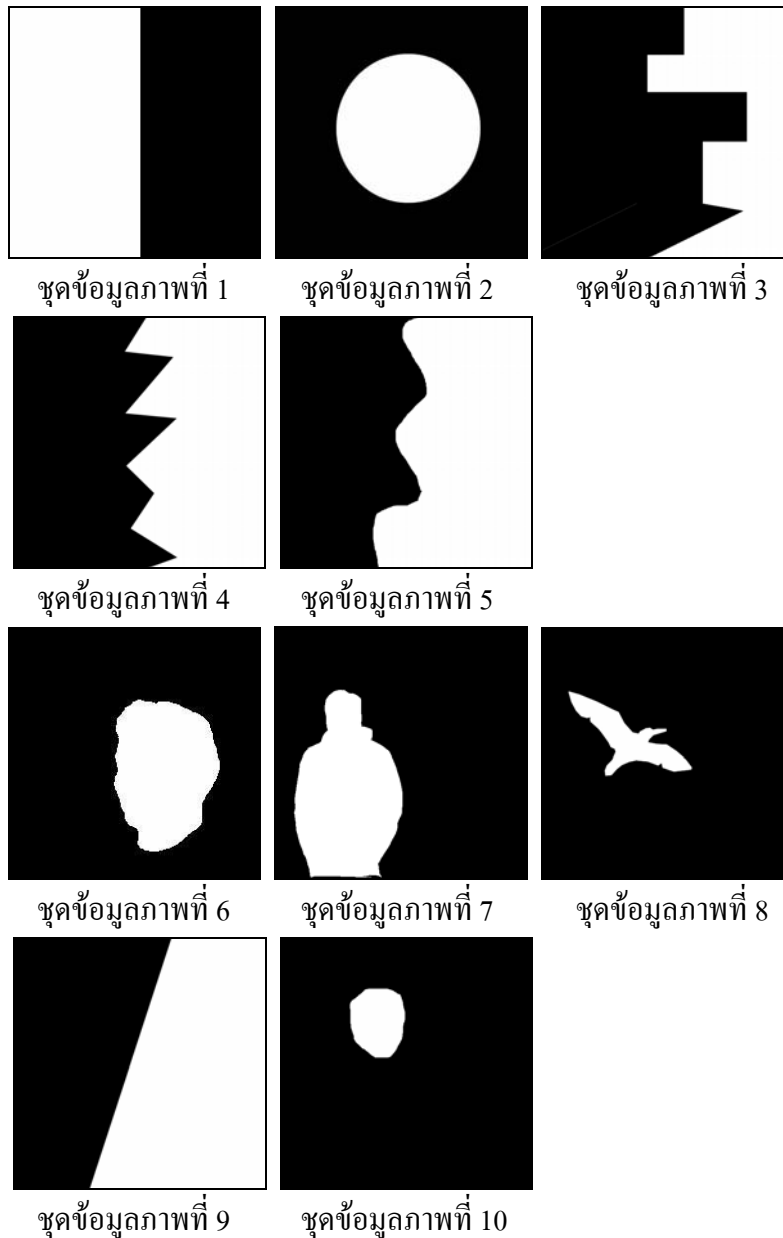
ชุดข้อมูลภาพที่ 9



ชุดข้อมูลภาพที่ 10

ภาพที่ 3-21 ชุดข้อมูลภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์โดยภาพด้านซ้ายเป็นภาพตั้งต้นที่ 1 และภาพด้านขวาเป็นภาพตั้งต้นที่ 2

3.5.2 ลักษณะของภาพ Mask ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยแนวการปรับความกลมกลืนภาพ 2 ชนิด คือ แนวการปรับความกลมกลืนภาพแบบเส้น ซึ่งจะทำการแบ่งภาพ Mask ออกเป็น 2 ส่วน และแนวการปรับความกลมกลืนภาพแบบอิสระหรือแบบรูปร่าง (Shape) ซึ่งจะอยู่ภายในภาพ Mask ดังภาพที่ 3-22 ภาพ Mask ที่ใช้กับแต่ละชุดภาพ



ภาพที่ 3-22 ภาพ Mask ที่ใช้กับแต่ละชุดภาพ

3.6 การจัดสภาพแวดล้อมสำหรับการประเมิน

3.6.1 สภาพแวดล้อมทั่วไป

สภาพแวดล้อม เป็นส่วนสำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้ประเมิน สภาพแวดล้อมที่ต้องทำการควบคุมเพื่อให้ผลการประเมินออกมาเป็นมาตรฐานเดียวกัน ได้แก่ ความสว่าง ระยะห่างของตำแหน่งการนั่ง อุปกรณ์แสดงผล ระดับของมุมมอง ซึ่งในการประเมินคุณภาพของงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการควบคุมดังนี้

3.6.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการแสดงผลภาพสำหรับการประเมินจะใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Acer รุ่น TravelMate 292FLCi หน่วยประมวลผล Pentium M 1.5 GHz จอภาพ LCD 15.0" TFT XGA หน่วยความจำ 512 MB ฮาร์ดดิสก์ 40 GB

3.6.1.2 ความสว่างภายในห้องที่เหมาะสมสำหรับการประเมิน ควบคุมโดยใช้ห้องที่มีความสว่างที่เหมาะสมกับการอ่านหนังสือ และปรับความสว่างของจอภาพ LCD ในระดับที่สว่างมากที่สุด

3.6.1.3 ระยะห่างการนั่งอยู่ห่างจากจอภาพ 45 เซนติเมตร โดยปรับจอภาพทำมุม 100 องศาในแนวระนาบ

3.6.1.4 โต๊ะที่ใช้สำหรับการตั้งคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กมีความสูง 75 เซนติเมตร โดยปรับที่นั่งของผู้ประเมิน เมื่อนั่งแล้วให้ขอบจอภาพด้านบนอยู่ในระดับสายตา

3.6.2 วิธีการที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพผลลัพธ์

3.6.2.1 วิธีการที่ 1 อ้างถึงวิธีการที่นำเสนอโดย Burt และ Adelson [4] จะใช้ฟังก์ชัน Spline สำหรับการรวมสัมประสิทธิ์แบบค้อยแบบพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Pyramidal) วิธีการนี้จะมีการทำงาน 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ภาพทั้ง 2 ภาพ ที่นำมารวมจะถูกสลายในส่วนของสัมประสิทธิ์แบบค้อย โดยใช้ค่ากึ่งกลางของตัวดำเนินการ Pyramidal Laplacian หลังจากนั้น ระยะที่ 2 จะใช้ฟังก์ชัน Spline สำหรับรวมสัมประสิทธิ์แบบค้อย ในบริเวณที่มีการรวมกันของภาพทั้ง 2 ทำการควบคุมผลการทดลองตามการทดลองเดิม โดยใช้ระดับความละเอียดที่ n ระดับ ของภาพขนาด 2^n โดยที่ n มีค่าเป็น 1, 2, 3,... การกระจายสัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อ จะใช้ค่าเฉลี่ยของภาพตั้งต้น 2 ภาพ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะปรับความกลมกลืนเสมือนภาพเดียว

3.6.2.2 วิธีการที่ 2 อ้างถึงวิธีการที่นำเสนอโดย Hsu และ Wu [6] วิธีการโมเสกหลายระดับความละเอียด (Multiresolution Mosaic) เปลี่ยนจากวิธีการแบบพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Multiresolution Pyramidal) มาเป็นการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) ทำการควบคุมผลการทดลองตามการทดลองเดิม โดยใช้ระดับความละเอียดที่ n ระดับ ของภาพขนาด 2^n โดยที่

n มีค่าเป็น 1, 2, 3,... การสลายสัมประสิทธิ์บริเวณแนวการปรับความกลมกลืนภาพจะใช้ Triangular Low Pass Filter $h = \{0.25, 0.5, 0.25\}$ ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะปรับความกลมกลืนเสมือนภาพเดียว

3.7 แนวทางการประเมินผล

จากการสังเกตภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ใช้ในการการวิจัยนี้ พบว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้คงลักษณะความคมชัดของภาพโดยรวมไว้ได้ รายละเอียดของข้อมูลภาพมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย มีความกลมกลืนของสีในภาพ รวมทั้งไม่ปรากฏรอยต่อของภาพ และไม่พบความแตกต่างด้านความกลมกลืนของสีภายในภาพเมื่อเทียบกับภาพดั้งเดิม จากคุณภาพของภาพที่ปรากฏ ได้นำไปเป็นข้อกำหนดสำหรับการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ ด้วยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน การประเมินผลในการวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพผลลัพธ์ที่ได้จาก 3 วิธีการ คือ วิธีการที่ 1 เป็นวิธีการแบบพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Burt) วิธีการที่ 2 เป็นวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด (Hsu) และวิธีการที่ 3 เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิจัย โดยจะทำการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ทั้งหมด 6 รายการประเมิน แบ่งออกเป็น

3.7.1 ลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ โดยนำไปประเมินกับภาพผลลัพธ์ที่แสดงในภาคผนวก ข (ภาพที่ ข-1 ถึง ข-30) โดยมีรายการประเมิน 5 รายการประเมินตามแบบประเมินในภาคผนวก ข คือ

3.7.1.1 ความคมชัดของภาพโดยรวม กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพดังนี้
ระดับ 5 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพ ชัดเจนทุกรายละเอียดเสมือนเป็นภาพเดียว

ระดับ 4 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพ ชัดเจนทุกรายละเอียด

ระดับ 3 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพเพียงบางส่วน

ระดับ 2 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพเพียงเล็กน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ภาพผลลัพธ์ไม่มีความคมชัดของภาพเลย

3.7.1.2 รายละเอียดของข้อมูลภาพ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพดังนี้
ระดับ 5 หมายถึง ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้ครบถ้วนสมบูรณ์
ระดับ 4 หมายถึง ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้และสูญหายเพียงเล็กน้อย
ระดับ 3 หมายถึง ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้บางส่วน
ระดับ 2 หมายถึง ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้เพียงเล็กน้อย
ระดับ 1 หมายถึง ภาพผลลัพธ์ไม่สามารถคงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้เลย

3.7.1.3 ความกลมกลืนของสีภาพ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพดังนี้
 ระดับ 5 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเสมือนเป็นภาพเดียวกัน
 สีของภาพสมจริง

ระดับ 4 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพ

ระดับ 3 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเพียงบางส่วน

ระดับ 2 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเพียงเล็กน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืนของสีในภาพเลย

3.7.1.4 ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพดังนี้
 ระดับ 5 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน ไม่ปรากฏบริเวณรอยต่อให้เห็น

ระดับ 4 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน แทบจะมองไม่เห็นบริเวณรอยต่อ
 ของภาพ

ระดับ 3 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อของภาพได้
 เพียงเล็กน้อย

ระดับ 2 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อเกือบชัดเจน

ระดับ 1 หมายถึง ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อได้ชัดเจน

3.7.1.5 ความกลมกลืนของสีภาพเมื่อเปรียบเทียบกับภาพตั้งต้น โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้
 ในการวัดคุณภาพดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพไม่แตกต่างไปจากภาพตั้งต้น
 ทั้ง 2 ภาพ

ระดับ 4 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้น
 ทั้ง 2 ภาพเพียงเล็กน้อย

ระดับ 3 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้น
 ทั้ง 2 ภาพเพียงบางส่วน

ระดับ 2 หมายถึง ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้น
 ทั้ง 2 ภาพอย่างเห็นได้ชัด

ระดับ 1 หมายถึง ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้น
 ทั้ง 2 ภาพโดยสิ้นเชิง

การทดลองจะใช้ข้อมูลภาพทั้งหมด 30 ภาพโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มชุดภาพการทำ
 โมเสกหรือภาพพาโนรามา 5 ชุดภาพ (ชุดภาพที่ 1-5) และกลุ่มชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพ
 ที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ 5 ชุดภาพ (ชุดภาพที่ 6-10) โดยจะได้ภาพผลลัพธ์

จากวิธีการทั้ง 3 วิธี รวมภาพผลลัพธ์ที่จะได้กลุ่มละ 15 ภาพ ซึ่งจะทำให้การคละภาพภายในกลุ่มโดยไม่ระบุลักษณะของภาพ Mask ไม่ระบุวิธีที่ใช้ในการปรับความกลมกลืน ซึ่งในการประเมินจะเน้นลักษณะของภาพผลลัพธ์ให้ออกมาเป็นภาพเสมือนภาพเดียว

3.7.2 ลักษณะของแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับการปรับความกว้างของความกลมกลืน โดยสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ การกำหนดความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน โดยใช้ภาพผลลัพธ์ในภาคผนวก ข (ภาพที่ ข-31 ถึง ข-40) แสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยการปรับความกว้างของการปรับความกลมกลืนที่ $\sigma=1, 8, 16, 32$ และ 64 เปรียบเทียบกับภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 และ วิธีการที่ 2 โดยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในประเมินดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง เห็นด้วยกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ไม่เห็นด้วยกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน

3.8 สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบ ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ ขั้นตอนการจัดเตรียมภาพ Mask และขั้นตอนการปรับความกลมกลืนภาพ ด้วยลักษณะที่สามารถกำหนดความกว้างให้กับการปรับความกลมกลืนภาพได้ตามความเหมาะสม ภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังคงลักษณะความคมชัดของภาพโดยรวมไว้ได้ รายละเอียดของข้อมูลภาพมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย มีความกลมกลืนของสีในภาพ รวมทั้งไม่ปรากฏรอยต่อของภาพ และ ไม่พบความแตกต่างด้านความกลมกลืนของสีภายในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น จากคุณภาพของภาพที่ปรากฏ ได้นำไปเป็นข้อกำหนดสำหรับการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับอีก 2 วิธีคือ วิธีการแบบพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Burt) และวิธีการ โมเสกที่หลายระดับความละเอียด (Hsu) โดยจะทำการเปรียบเทียบในระดับของการปรับความกลมกลืนทั้งภาพ และ สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน ทำการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ โดยการประเมินแบบอัตวิสัย (Subjective Evaluation) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ทำการประเมินภาพผลลัพธ์จำนวน 30 ภาพ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา กับกลุ่มชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพ สเปเชียลเอฟเฟ็กต์ กลุ่มละ 15 ภาพ และใช้เครื่องมือทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สำหรับการวิเคราะห์ผล

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทดลองการปรับความกลมกลืนภาพ 2 ลักษณะ คือการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา และการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเตอริโอเพื่อเปรียบเทียบผลในการวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ได้จาก 3 วิธีการ คือวิธีการที่ 1 เป็นวิธีการแบบพีระมิดที่หลายระดับความละเอียด (Burt) วิธีการที่ 2 เป็นวิธีการโมเสกที่หลายความละเอียด (Hsu) และวิธีการที่ 3 เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิจัย ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธีจะนำมาประเมิน และวิเคราะห์ผลในหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 ผลการทดลองที่ได้จากการประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ในภาคผนวก ข จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน ทำการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ทั้ง 5 รายการประเมินตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.7.1 โดยสรุปผลการทดลองจากแบบประเมิน ออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

4.1.1.1 กลุ่มชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา สรุปได้เป็นตารางที่ 4-1 ถึงตารางที่ 4-5 ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวม

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.4	4.2	4.0	4.0	4.2	4.16	0.17
วิธีที่ 2	3.8	4.2	4.4	4.4	4.0	4.16	0.26
วิธีที่ 3	4.4	4.2	3.8	4.2	4.6	4.24	0.30

จากตารางที่ 4-1 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวมทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 4.16, 4.16 และ 4.24 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความคมชัดของภาพโดยรวม เฉลี่ย

อยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีแรกคือ 4.24 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 ด้วยลักษณะการกระจายของข้อมูลที่มีมากกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่แตกต่างกันมากกว่า 2 วิธีการแรก)

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	3.8	4.0	4.0	4.0	4.4	4.0	0.2
วิธีที่ 2	4.0	4.6	4.0	4.2	4.0	4.2	0.3
วิธีที่ 3	4.2	4.2	4.2	4.0	4.4	4.2	0.1

จากตารางที่ 4-2 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.0, 4.2 และ 4.2 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 2 และ 3 มีรายละเอียดของข้อมูลภาพ เฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่าวิธีที่ 1 คือ 4.2 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีการแรก)

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีในภาพ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.2	4.2	4.2	4.4	4.8	4.4	0.3
วิธีที่ 2	3.8	4.4	4.2	4.2	4.4	4.2	0.2
วิธีที่ 3	4.6	4.6	4.4	4.2	4.4	4.4	0.2

จากตารางที่ 4-3 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีในภาพทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.4, 4.2 และ 4.4 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 1 และ 3 มีความกลมกลืนของสีในภาพ เฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่าวิธีที่ 2 คือ 4.4 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่าวิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่าวิธีแรก)

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.0	4.2	4.4	4.2	4.2	4.2	0.1
วิธีที่ 2	4.4	4.4	4.2	4.2	4.2	4.3	0.1
วิธีที่ 3	4.4	4.4	4.2	4.4	4.6	4.4	0.1

จากตารางที่ 4-4 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนบริเวณรอยต่อทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ เฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่าวิธีที่ 1 และ 2 คือ 4.4 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อย (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกัน)

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพเมื่อเปรียบเทียบกับภาพตั้งต้น

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.0	4.0	4.2	4.0	4.2	4.1	0.1
วิธีที่ 2	3.8	4.2	4.2	4.2	4.0	4.1	0.2
วิธีที่ 3	4.2	4.0	4.4	4.0	4.4	4.2	0.2

จากตารางที่ 4-5 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.1, 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้นเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีที่แรก คือ 4.2 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่มากกว่าวิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่แตกต่างกันมากกว่าวิธีแรก)

4.1.1.2 กลุ่มชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ สรุปเป็นตารางที่ 4-6 ถึง ตารางที่ 4-10 ดังนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวม

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	6	7	8	9	10	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	3.2	2.2	3.8	3.4	3.0	3.1	0.6
วิธีที่ 2	2.6	2.4	3.2	4.0	3.4	3.1	0.6
วิธีที่ 3	3.2	3.6	3.6	3.8	4.0	3.6	0.3

จากตารางที่ 4-6 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความคมชัดของภาพโดยรวมทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 3.1, 3.1 และ 3.6 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความคมชัดของภาพโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีแรกคือ 3.6 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 ด้วยลักษณะการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีการแรก)

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	6	7	8	9	10	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	3.4	2.4	3.8	3.8	3.2	3.3	0.6
วิธีที่ 2	3.0	2.6	3.2	3.8	3.6	3.2	0.5
วิธีที่ 3	3.6	3.2	3.6	4.2	4.2	3.8	0.4

จากตารางที่ 4-7 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลภาพทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 3.3, 3.2 และ 3.8 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีรายละเอียดของข้อมูลภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีแรกคือ 3.8 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีการแรก)

ตารางที่ 4-8 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	6	7	8	9	10	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	3.6	2.8	3.8	3.2	3.0	3.3	0.4
วิธีที่ 2	3.2	3.0	2.8	4.0	3.0	3.2	0.5
วิธีที่ 3	3.4	3.6	3.8	3.8	3.6	3.6	0.2

จากตารางที่ 4-8 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีในภาพทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 3.3, 3.2 และ 3.6 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความกลมกลืนของสีในภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีการแรก คือ 3.6 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีแรก)

ตารางที่ 4-9 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	6	7	8	9	10	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.0	2.6	3.8	3.8	3.2	3.5	0.6
วิธีที่ 2	3.0	2.4	2.6	4.0	3.2	3.0	0.6
วิธีที่ 3	3.6	3.4	3.2	4.4	3.6	3.6	0.5

จากตารางที่ 4-9 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนบริเวณรอยต่อทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 3.5, 3.0 และ 3.6 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความกลมกลืนบริเวณรอยต่อเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า วิธีที่ 1 และ 2 คือ 3.6 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีแรก)

ตารางที่ 4-10 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ โดยวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีภาพเมื่อ เปรียบเทียบกับภาพตั้งต้น

	ชุดภาพที่					ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละวิธี	
	6	7	8	9	10	$\bar{X}$	S.D.
วิธีที่ 1	4.0	2.2	3.6	3.6	3.2	3.3	0.7
วิธีที่ 2	3.0	2.6	2.6	3.6	3.2	3.0	0.4
วิธีที่ 3	3.6	3.4	3.4	4.0	4.0	3.7	0.3

จากตารางที่ 4-10 การวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่เกี่ยวกับความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 3.3, 3.0 และ 3.7 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้นเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีที่แรก คือ 3.7 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีแรก)

4.1.2 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ แสดงได้ดังตารางที่ 4-11 เป็นการประเมินจากชุดภาพการทำภาพโมเสกหรือภาพพาโนรามา และตารางที่ 4-12 เป็นการประเมินจากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์

ตารางที่ 4-11 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ

ค่าเฉลี่ยจากรายการประเมิน	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
1. ความคมชัดของภาพโดยรวม	4.16	4.16	4.24
2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ	4.00	4.20	4.20
3. ความกลมกลืนของสีในภาพ	4.40	4.20	4.40
4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ	4.20	4.30	4.40
5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น	4.10	4.10	4.20
$\bar{X}$	4.17	4.20	4.29
S.D.	0.15	0.10	0.10

จากตารางที่ 4-11 ทำการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ ทั้ง 5 รายการประเมิน โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ เป็นการประเมินจากชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา ทั้ง 3 วิธี มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 4.17, 4.2 และ 4.29 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีที่แรก คือ 4.29 และ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่าวิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่าวิธีแรก)

ตารางที่ 4-12 ผลการทดลองจากแบบประเมินในภาคผนวก ข จากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ

ค่าเฉลี่ยจากรายการประเมิน	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
1. ความคมชัดของภาพโดยรวม	3.10	3.10	3.60
2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ	3.30	3.20	3.80
3. ความกลมกลืนของสีในภาพ	3.30	3.20	3.60
4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ	3.50	3.00	3.60
5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น	3.30	3.00	3.70
$\bar{X}$	3.30	3.10	3.66
S.D.	0.14	0.10	0.09

จากตารางที่ 4-12 ทำการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์ ทั้ง 5 รายการประเมิน โดยเฉลี่ยจากรายการประเมินทั้ง 5 รายการ เป็นการประเมินจากชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ ทั้ง 3 วิธีมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 3.30, 3.10 และ 3.66 ตามลำดับ พบว่าวิธีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงกว่า 2 วิธีที่แรก คือ 3.66 และ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.09 ซึ่งมีการกระจายของข้อมูลที่น้อยกว่า 2 วิธีแรก (ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่า 2 วิธีแรก)

4.1.3 ผลการทดลอง ที่ได้จากการแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับความกลมกลืนภาพด้วยการกำหนดความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนของวิธีการที่ 3 โดยการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 วิธีการที่ 2 และวิธีการที่ 3 และเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่ได้จาก การกำหนด ความกว้างของการปรับความกลมกลืน (σ) ที่แตกต่างกัน ด้วยภาพที่ ข-31 ถึง ข-40 (ในภาคผนวก ข) พบว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นด้วยกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการ

นำไปใช้ เช่น ถ้าต้องการปรับความกลมกลืนกับการทำภาพโมเสกหรือภาพพาโนรามา ก็ต้องการการปรับความกลมกลืนทั้งภาพ หรือต้องการการปรับความกลมกลืนที่กว้าง และถ้าต้องการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะภาพผลลัพธ์ที่ต้องการของแต่ละบุคคลซึ่งมีมุมมองที่แตกต่างกัน การปรับความกลมกลืนภาพด้วยการกำหนดความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน จะใช้ได้ดีกับการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก

4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า σ ที่มาก เหมาะกับชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา เพราะว่าต้องการให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้รวมกันเสมือนเป็นภาพเดียว ดังนั้นต้องทำให้สัมประสิทธิ์เกิดการกระจายในช่วงที่กว้าง สำหรับวิธีการที่ 3 ภาพในกลุ่มนี้จะกำหนด σ เท่ากับ 64 ซึ่งภาพตั้งต้นที่ใช้ในการทดลอง จะใช้ภาพที่มีลักษณะของความเข้มแสงที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย พบว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความกลมกลืนกันทางด้านสีภาพ สามารถรวมกันเสมือนเป็นภาพเดียว และข้อมูลภายในภาพมีการสูญหายเพียงเล็กน้อย

ส่วนชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก จะใช้ความกว้างของการปรับความกลมกลืนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพ Mask ซึ่งมีผลต่อการปรับความกลมกลืนในกรณีที่ภาพMaskเป็นแบบอิสระหรือแบบรูปร่าง ซึ่งมีลักษณะรูปร่างขนาดเล็กหรือมีช่วงรูปร่างบางส่วนแคบตัวอย่างเช่นภาพที่ ข-38 (ในภาคผนวก ข) ควรกำหนด σ ที่น้อย เพราะต้องการกระจายสัมประสิทธิ์ในช่วงที่แคบ เช่น บริเวณรอยต่อของปากนก ถ้ากำหนด σ ที่มากจะทำให้สัมประสิทธิ์เกิดการกระจายมาก ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเบลอหรือไม่ชัดเจน และยังขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่นภาพที่ ข-17 (ในภาคผนวก ข) ภาพผลลัพธ์ของวิธีการที่ 3 จะใช้ σ เท่ากับ 1 ซึ่งมีความต้องการที่จะย้ายตัวบุคคลที่อยู่ในภาพตั้งต้นที่ 1 ไปยังภาพตั้งต้นที่ 2 ซึ่งลักษณะนี้ต้องการกระจายสัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อเพียงเล็กน้อยเพราะไม่ต้องการให้ข้อมูลภาพโดยรอบเกิดการกระจายมาก เพราะการให้เกิดความสมจริง เช่นเดียวกับภาพที่ ข-40 (ในภาคผนวก ข) ภาพผลลัพธ์ของวิธีการที่ 3 จะใช้ σ เท่ากับ 8 ซึ่งมีความต้องการที่จะย้ายใบหน้าของผู้หญิงที่อยู่ในภาพตั้งต้นที่ 1 ไปยังใบหน้าของผู้หญิงในภาพตั้งต้นที่ 2 ซึ่งลักษณะนี้ต้องการกระจายสัมประสิทธิ์บริเวณรอยต่อในช่วงที่จำกัดเพื่อให้ภาพใบหน้าของภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนเข้ากับภาพใบหน้าอีกใบหน้าหนึ่ง และคงลักษณะของภาพใบหน้าใหม่ได้ชัดเจน

ส่วนการนำ Snakes เข้ามาช่วยในการปรับรูปร่างของภาพ Mask ไม่ส่งผลต่อการปรับความกลมกลืนภาพ แต่ช่วยในกรณีที่ต้องการทำให้รูปร่างของภาพ Mask เกิดการ Active กับภาพตั้งต้น

และเกิดการขับเคลื่อนไปยังวัตถุภายในภาพ แสดงดังภาพที่ ข-41 ถึง ข-43 (ในภาคผนวก ข) ในกรณีภาพที่ ข-43 (ในภาคผนวก ข) จะพบว่ารูปร่างของภาพ Mask ซึ่งเดิมที่ไม่ได้ปรับรูปร่างด้วย Snakes ภาพผลลัพธ์จะเห็นขาแว่นชัดเจน ซึ่งต่างจากการนำภาพ Mask ไปทำการปรับรูปร่างด้วย Snakes ภาพผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีนี้ ทำให้มองไม่เห็นบริเวณขาแว่น ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนมากขึ้น

4.3 สรุป

ภาพในกลุ่มชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา มีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันมาก เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี แต่วิธีการที่ 3 ก็ยังคงมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าทุกรายการประเมิน ภาพในกลุ่มชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมมอง ความพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีการที่ 3 ยังคงมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าทุกรายการประเมิน และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นด้วย กับความสามารถในการควบคุมความกว้างของความกลมกลืน ได้ตามความต้องการ ซึ่งจะใช้ได้ดีกับชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การปรับความกลมกลืนภาพ เป็นกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยให้การโหม้แสงภาพมีคุณภาพมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นประเด็นปัญหาที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาพัฒนาได้อีกในหลายรูปแบบ และในงานที่เกี่ยวข้อง ก็สามารถนำกระบวนการนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นในงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ คอมพิวเตอร์กราฟิก การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างของภาพ การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ การสังเคราะห์ภาพ ฯลฯ ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกทำการปรับความกลมกลืนภาพที่หลายระดับความละเอียด ทำให้สามารถเก็บรายละเอียดของข้อมูลภาพได้ดี และเพิ่มความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนภาพให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน ขั้นตอนวิธีการของงานวิจัยนี้เริ่มจากการแยกสัมประสิทธิ์แบบด้อยที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี ซึ่งสามารถรักษารายละเอียดของข้อมูลภาพได้ดี จากนั้นทำการควบคุมสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพ ด้วยการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืนภาพ และในขั้นตอนสุดท้าย จะทำการรวมสัมประสิทธิ์เวฟเล็ต แบบด้อย เข้ากับสัมประสิทธิ์สำหรับการปรับความกลมกลืน และทำการแปลงกลับด้วยเวฟเล็ตแบบสเตชันนารี

การปรับความกลมกลืนภาพในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับความกลมกลืนภาพสำหรับการทำโหม้แสงภาพหรือภาพพาโนรามา ซึ่งภาพลักษณะนี้มีสถานะแสงที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพมีลักษณะของข้อมูลภาพไม่แตกต่างกันมากนักหรืออาจมีการบิดเบือนภาพเพียงเล็กน้อย ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะให้ความคมชัดของภาพ ชัดเจนทุกรายละเอียด อีกทั้งยังเก็บรายละเอียดของข้อมูลภาพตั้งต้นไว้ได้ โดยมีการสูญหายเพียงเล็กน้อยซึ่งแทบไม่มีผลต่อการรับรู้ มีความกลมกลืนของสีในภาพ รวมทั้งไม่ปรากฏรอยต่อของภาพ และไม่พบความแตกต่างด้านความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น

ในกรณีของการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกัน หรือการทำภาพสเตชันนารีเฟก วิธีการของงานวิจัยนี้ สามารถปรับความกว้างของการปรับความกลมกลืนได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้มีการกระจายของสัมประสิทธิ์ในช่วงแคบ และบริเวณที่ต้องการให้สัมประสิทธิ์มีการกระจายในช่วงที่กว้างมาก ก็สามารถที่จะควบคุมได้ตามความเหมาะสมกับงานและเหมาะสมกับความต้องการ

อย่างไรก็ดี การปรับความกลมกลืนภาพในงานวิจัยนี้ ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความเร็วของการประมวลผล ซึ่งถ้าภาพตั้งต้นมีขนาดใหญ่ และต้องการปรับความกลมกลืนในช่วงที่กว้างมาก การประมวลผลก็จะใช้เวลามาก แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้สนใจในเรื่องของความเร็วที่ใช้ในการประมวลผล

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองจะเห็นว่า การปรับความกลมกลืนภาพจะให้ภาพผลลัพธ์มีคุณภาพดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพซึ่งมีบทบาทที่สำคัญ วิธีการในการค้นหาสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพที่ดี สามารถทำให้ภาพผลลัพธ์มีคุณภาพดีขึ้น การปรับความกลมกลืนภาพที่ดี นอกจากการวัดคุณภาพของภาพผลลัพธ์แล้ว ควรวัดประสิทธิภาพของวิธีการด้วย สามารถปรับปรุงหรือพัฒนาวิธีการปรับความกลมกลืนภาพเพิ่มเติมได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 ใช้แนวทางในการค้นหาสัมประสิทธิ์สำหรับการรวมภาพที่รวดเร็วและไม่ซับซ้อน

5.2.2 ในงานวิจัยนี้ไม่มีข้อมูลเชิงประสิทธิภาพ เช่นความเร็วในการประมวลผล ด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรที่ใช้ในการประมวลผล เช่น หน่วยความจำ อุปกรณ์แสดงผล และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในระดับที่แตกต่างกัน ฯลฯ ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการออกแบบขั้นตอนวิธีการของการปรับความกลมกลืนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

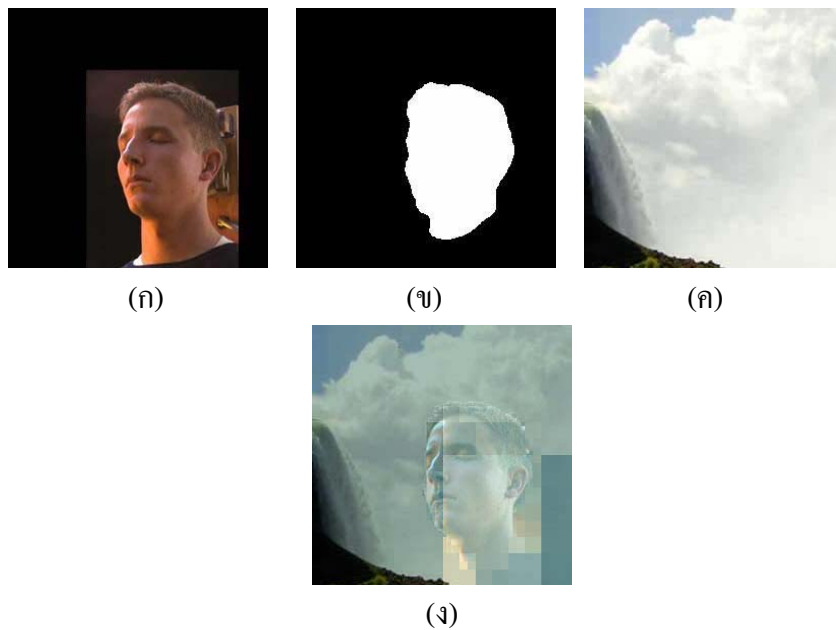
1. Su, M. S., Hwang, W. L. and Cheng, K. Y. "Analysis on Multiresolution Mosaic Image." IEEE Trans. Image Processing. 13 (July 2004) : 952-959.
2. Peleg, S. and Herman, J. "Panoramic Mosaics by Manifold Projection." IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition. (1997) : 338-343.
3. Su, M. S., Hwang, W. L. and Cheng, K. Y. "A Variational Calculus Approach to Multiresolution Image Mosaic." IEEE Trans. Image Processing. 2 (Oct 2001) : 245-248.
4. Burt, P. J. and Adelson, E. H. "A Multiresolution Spline with Application to Image Mosaics." ACM Trans. Graphics. 2 (1983). 217-236.
5. _____. "The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code." IEEE Trans. on Communications. 4 (April 1983) : 532-540.
6. Hsu, C. T. and Wu, J. L. "Multiresolution Mosaic." IEEE Trans. Consumer Electron. 42 (August 1996) : 981-990.
7. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. Digital Image Processing. USA : Prentice-Hall, 2002.
8. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. and Eddins, S. L. Digital Image Using MATLAB Processing. USA : Prentice-Hall, 2004.
9. ปุณณรัตน์ พิษณุไฟฟูลย์. คอมพิวเตอร์กราฟิกสำหรับนักออกแบบ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
10. Fisher, B. Blending : Image Processing Learning Resources [online] 2000
[cited 2006 May 18]. Available from : URL :
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/blend.htm>
11. _____. Gaussian Smoothing : Image Processing Learning Resources [online] 2000
[cited 2006 May 18]. Available from : URL :
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/gsmooth.htm>

12. Young, I. T., Gerbrands, J. J. and Van Vliet, L. J. Smoothing Operations : Image Processing 2003 [cited 2006 April 20]. Available from : URL :
<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip-Smoothin.html>
13. Mallat, S. G. "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition : The Wavelet Representation." IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence.
11 (July 1989) : 674-693.
14. Matlab. Wavelet : Trademark of MathWorks [online] 2003 [cited 2006 April 20]. Available from : URL : <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/wavelet/>
15. Kass, M., Witkin, A. and Terzopoulos, D. "Snakes : Active Contour Models." International Journal of Computer Vision. (January 1988) : 321-331.

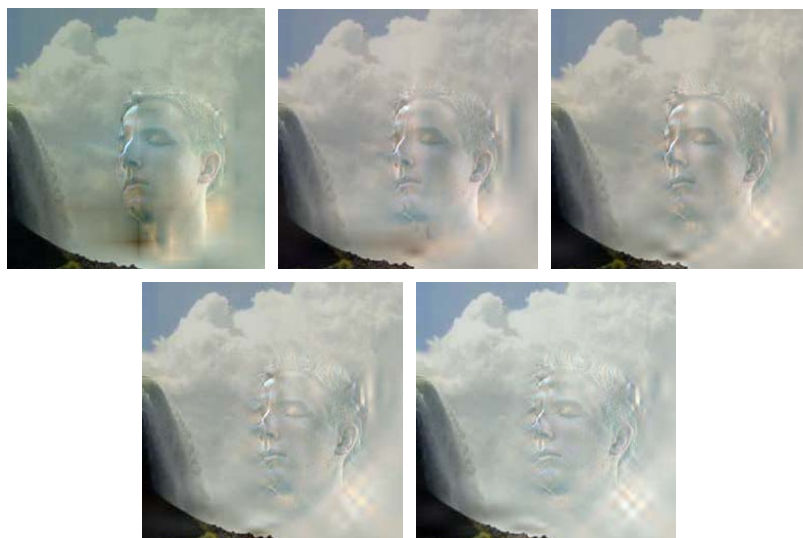
ภาคผนวก ก

ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต โดยทดลองกับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด โดยใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต 5 ตระกูล และแต่ละตระกูลมีจำนวนรูปแบบ ดังนี้

- Haar	1 รูปแบบ
- Coiflets	5 รูปแบบ
- Symlets	7 รูปแบบ
- Daubechies	9 รูปแบบ
- Biorthogonal	14 รูปแบบ



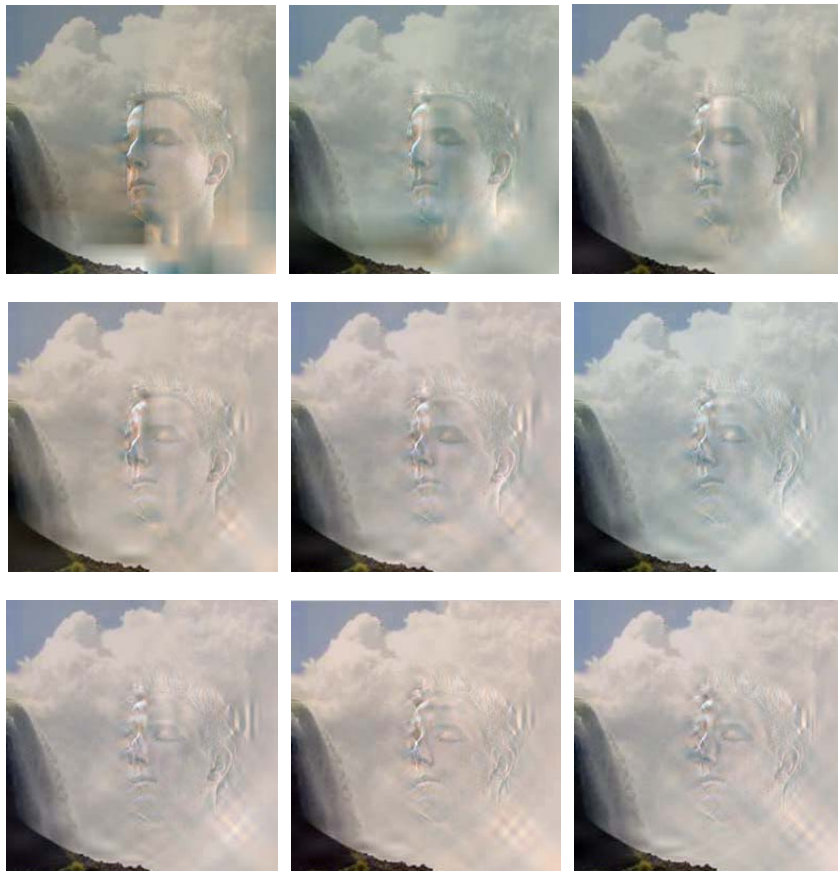
ภาพที่ ก-1 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Haar กับวิธีการโมเสกที่
หลายระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นกับภาพ Mask
(ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต haar



ภาพที่ ก-2 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Coiflets กับวิธีการโมเสกที่
หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-1 (ก), (ข)
และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต
coif1, coif2, coif3, coif4 และ coif5 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



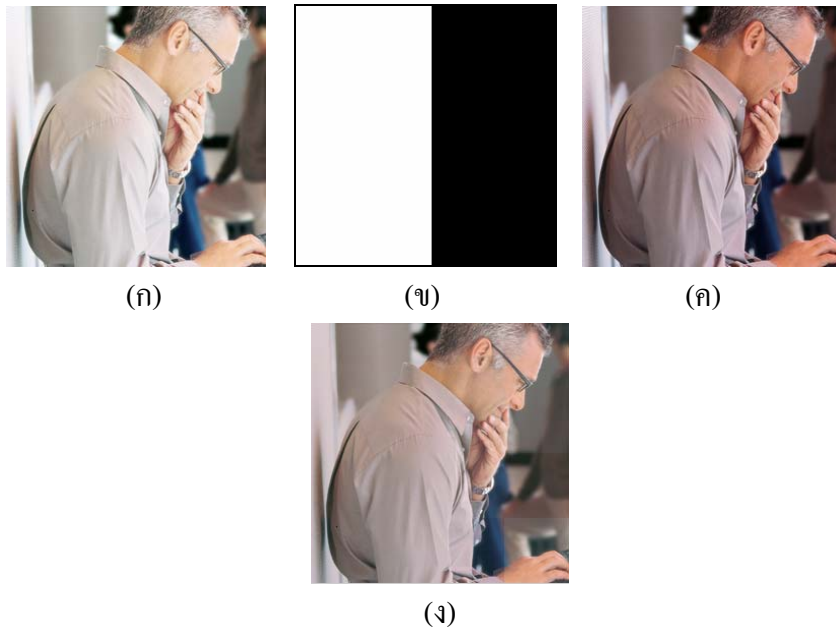
ภาพที่ ก-3 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Symlets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-1 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7 และ sym8 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



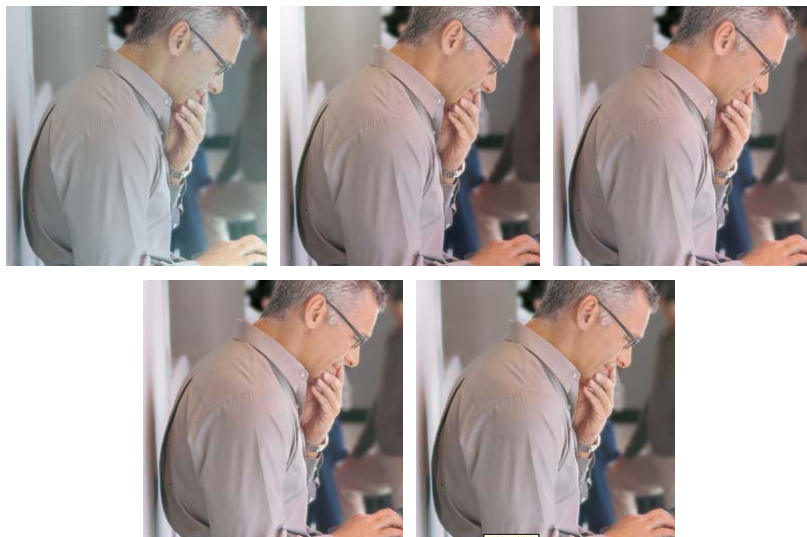
ภาพที่ ก-4 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Daubechies กับวิธีการ
โมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพ
ที่ ก-1 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับ
การแปลงเวฟเลต db2, db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9 และ db10
เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



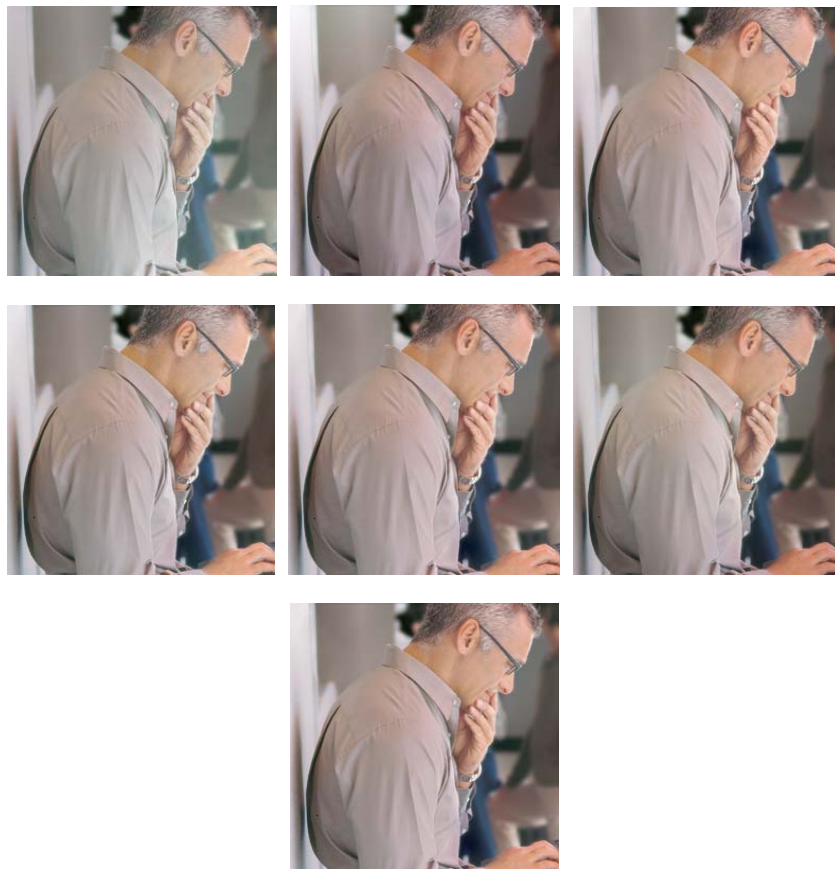
ภาพที่ ก-5 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Biorthogonal กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-1 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5 และ bior6.8 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



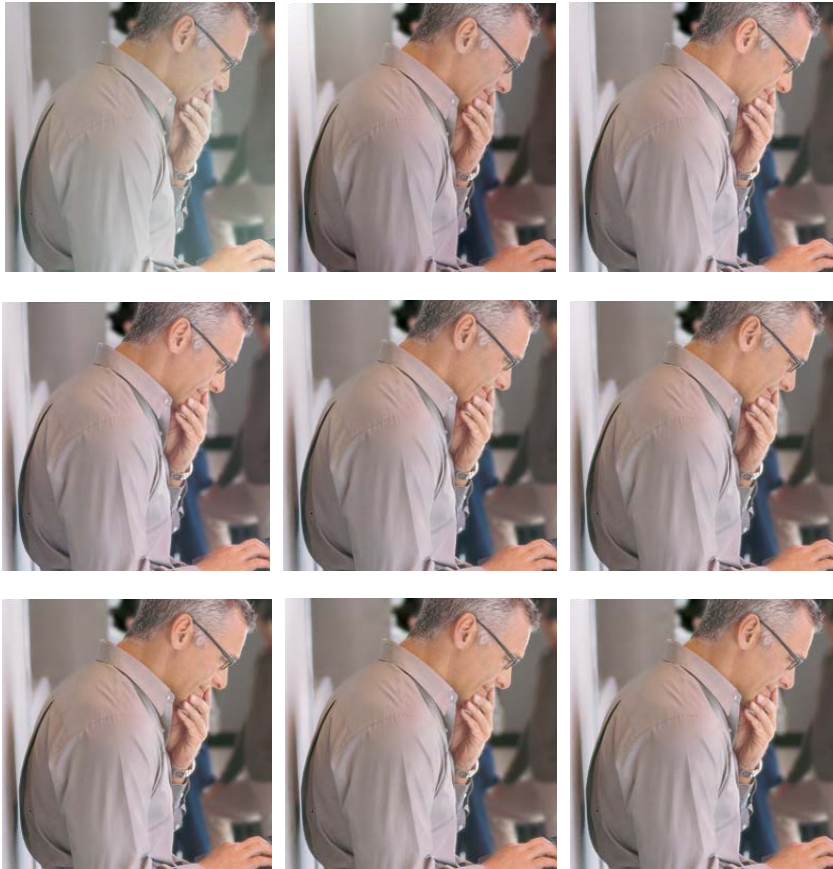
ภาพที่ ก-6 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Haar กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นกับภาพ Mask (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต haar



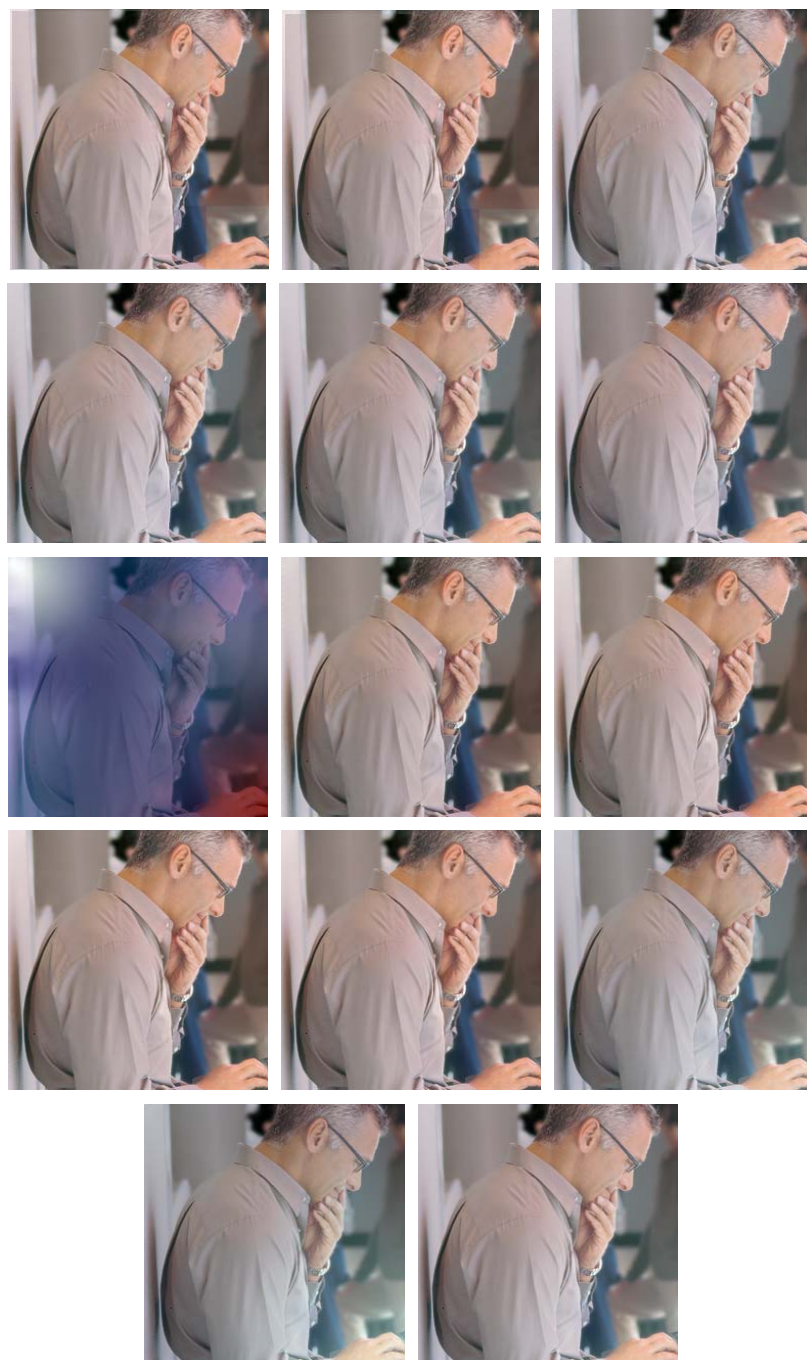
ภาพที่ ก-7 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Coiflets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-6 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต coif1, coif2, coif3, coif4 และ coif5 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



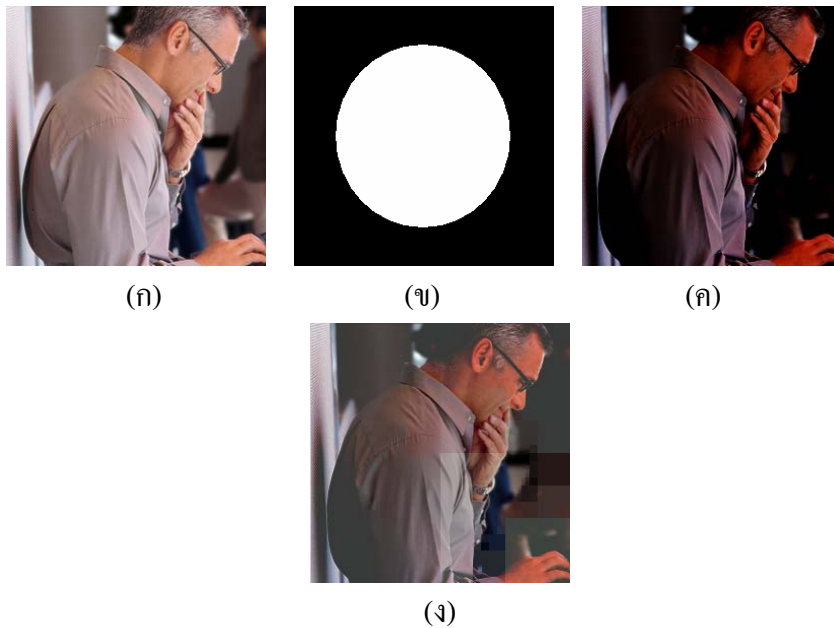
ภาพที่ ก-8 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Symlets กับวิธีการ
โมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพ
ที่ ก-6 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับ
การแปลงเวฟเล็ต sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7 และ sym8
เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



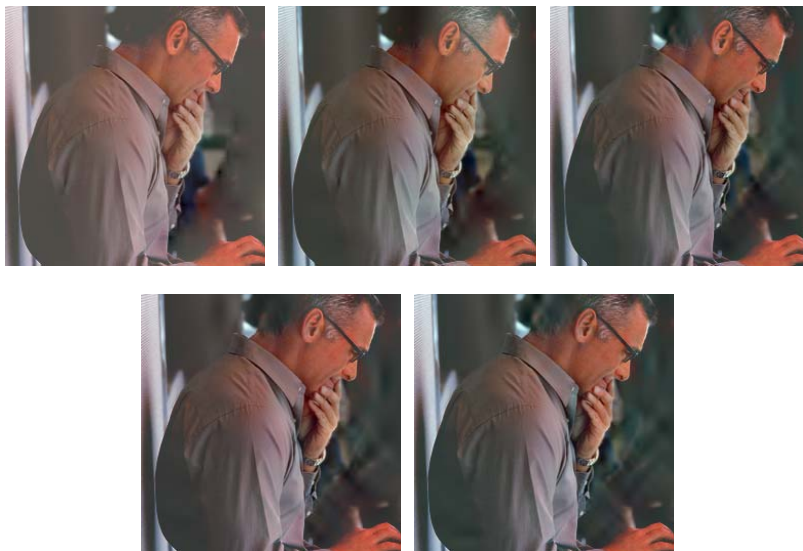
ภาพที่ ก-9 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Daubechies กับวิธีการ
โมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพ
ที่ ก-6 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับ
การแปลงเวฟเล็ต db2, db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9 และ db10
เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



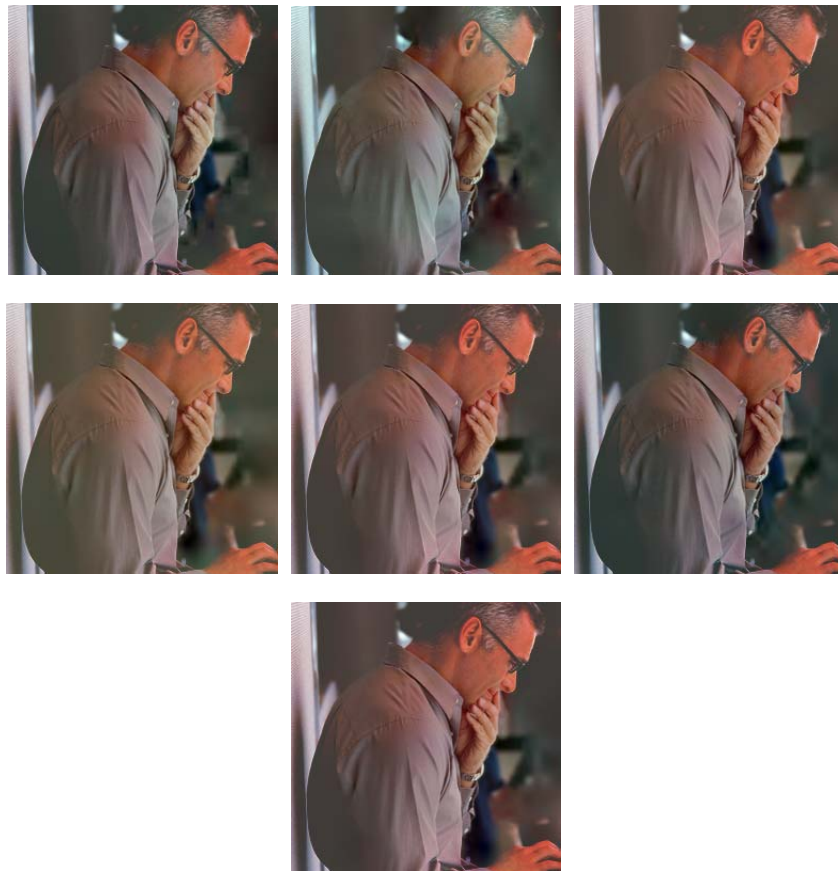
ภาพที่ ก-10 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ดตระกูล Biorthogonal กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-6 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ด bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1, bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5 และ bior6.8 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



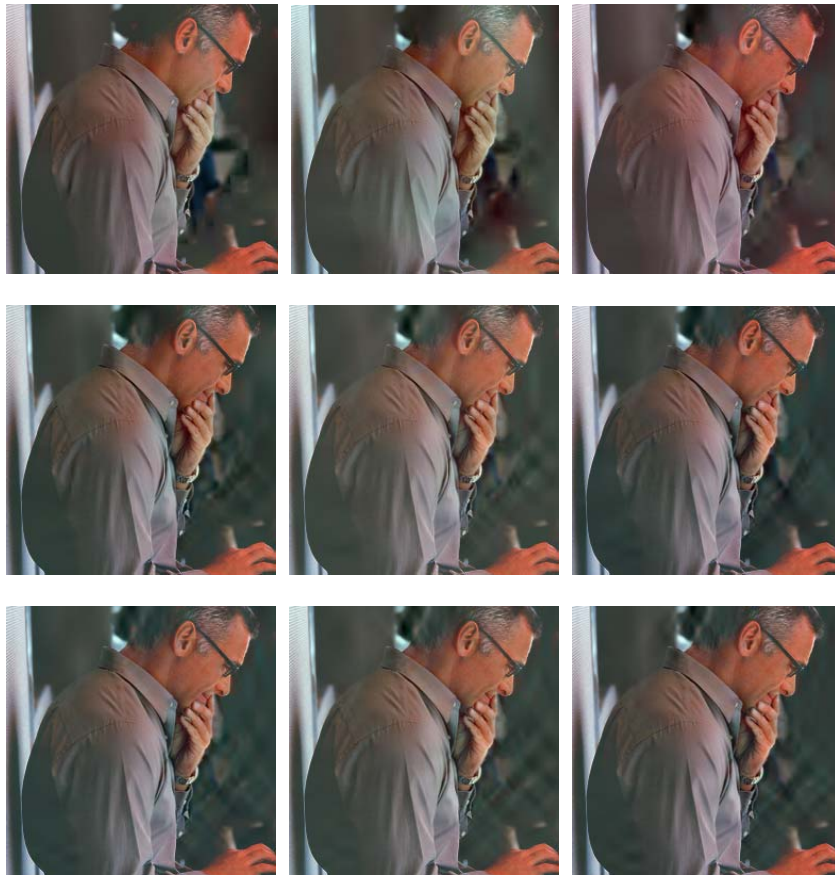
ภาพที่ ก-11 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Haar กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียด (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพตั้งต้นกับภาพ Mask (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต haar



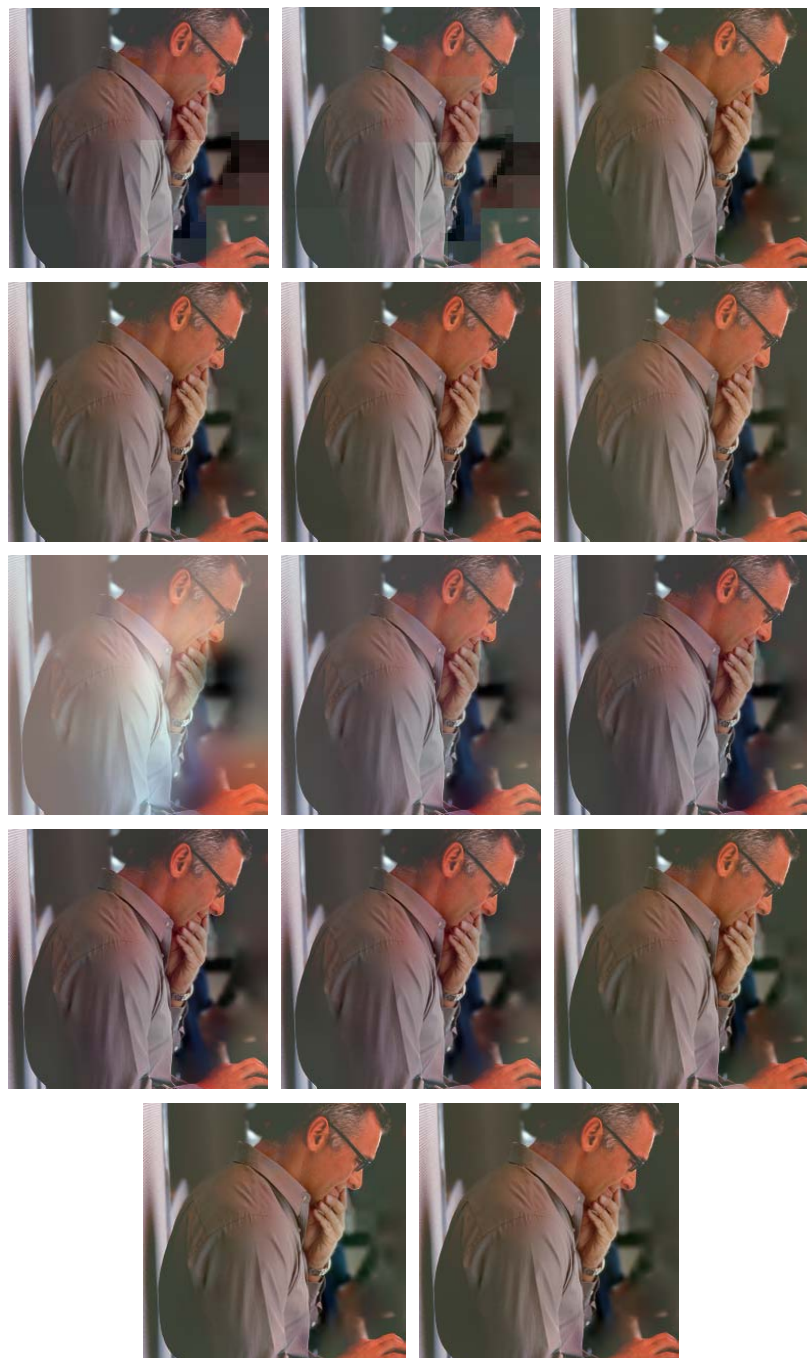
ภาพที่ ก-12 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Coiflets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-11 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ต coif1, coif2, coif3, coif4 และ coif5 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ ก-13 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลตตระกูล Symlets กับวิธีการโมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพที่ ก-11 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเลต sym2, sym3, sym4, sym5, sym6, sym7 และ sym8 เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ ก-14 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ตตระกูล Daubechies กับวิธีการ
โมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพ
ที่ ก-11 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับ
การแปลงเวฟเล็ต db2, db3, db4, db5, db6, db7, db8, db9 และ db10
เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ ก-15 การใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการแปลงเวฟเล็ดตระกูล Biorthogonal กับวิธีการ
โมเสกที่หลายระดับความละเอียดโดยใช้ภาพตั้งต้นและภาพ Mask ในภาพ
ที่ ก-11 (ก), (ข) และ (ค) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับ
การแปลงเวฟเล็ด bior1.3, bior1.5, bior2.2, bior2.4, bior2.6, bior2.8, bior3.1,
bior3.3, bior3.5, bior3.7, bior3.9, bior4.4, bior5.5 และ bior6.8
เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา

ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านคุณภาพของภาพผลลัพธ์
- หนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์
- แบบประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ
- ภาพผลลัพธ์ที่ใช้สำหรับการประเมินคุณภาพ ตอนที่ 2 ภาพที่ ข-1 ถึง ข-30
- ภาพผลลัพธ์ที่ใช้สำหรับการประเมินคุณภาพ ตอนที่ 3 ภาพที่ ข-31 ถึง ข-40
- ภาพผลลัพธ์ของการนำ Snakes มาใช้ปรับแนวการปรับความกลมกลืนภาพ Mask

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านคุณภาพของภาพผลลัพธ์

1. นายชยการ คีรีรัตน์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
ตำแหน่งอาจารย์ระดับ 7
ตำแหน่งบริหาร ผู้ช่วยผู้อำนวยการด้านแผนและพัฒนา
2. นายรักษนก สุชะกาลนันท์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่งหัวหน้าศูนย์คอมพิวเตอร์
3. นายอำนาจ สวัสดิ์นะที มหาวิทยาลัยสถาบันราชภัฏจันทร์เกษม
ตำแหน่งอาจารย์ระดับ 7
4. นางสาวธนรัตน์ เหลืองอ่อน บริษัท Zurreal Studio
ตำแหน่ง จัดองค์ประกอบภาพ (Compositor)
5. นางสาวทิพย์รัตน์ จະระ บริษัท Itym Communication Design
ตำแหน่ง Creative Web and Multimedia Design

ที่ ศธ 0525.3/11๙



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๘ กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ชัชการ ศิริรัตน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วย นางสาวพทรวดี สุขสินธารานนท์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์ภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด” โดยมี ผศ.ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ เป็นประธานกรรมการ ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรณปัญญา เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

โทร. 0-2913-2500 ต่อ 3234

<http://ced.kmitnb.ac.th>

ที่ ศธ 0525.3/ท.๑



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๘ กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์รักษนก สุชะกาลนันท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วย นางสาวพทรวดี สุขสินธารานนท์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด” โดยมี ผศ.ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ เป็นประธานกรรมการ ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

โทร. 0-2913-2500 ต่อ 3234

<http://ced.kmitnb.ac.th>

ที่ ศธ 0525.3/11๗



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๕ กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์อำนาจ สวัสดิ์นะที

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วย นางสาวพทรวดี สุขสินธารานนท์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์แบนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด” โดยมี ผศ.ดร.สุพจน์ นิตย์สุวรรณ เป็นประธานกรรมการ ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญานเป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

โทร. 0-2913-2500 ต่อ 3234

<http://ced.kmitnb.ac.th>

ที่ ศษ 0525.3/119



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพินุลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

8 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวนรรัตน์ เหลืองอ่อน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วย นางสาวพทชวดี สุขสินธารานนท์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด” โดยมี ผศ.ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ เป็นประธานกรรมการ ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

โทร. 0-2913-2500 ต่อ 3234

<http://ced.kmitnb.ac.th>

ที่ ศธ 0525.3/11๑



คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๙ กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสาวทิพย์รัตน์ จัระระ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

ด้วย นางสาวพุทธรดี สุขสินธารานนท์ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด” โดยมี ผศ.ดร.สุพจน์ นิตย์สุวัฒน์ เป็นประธานกรรมการ ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญานเป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์จะขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค ประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะกรรมการอุตสาหกรรม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา

โทร. 0-2913-2500 ต่อ 3234

<http://ced.kmitnb.ac.th>

แบบการประเมินวิทยานิพนธ์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ
การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสก
ที่หลายระดับความละเอียด

คำชี้แจง

แบบประเมินชุดนี้เป็นการประเมินคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการนำภาพมาผ่านกระบวนการปรับความกลมกลืนโดยการวิเคราะห์บนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด เพื่อพัฒนากระบวนการปรับความกลมกลืนภาพให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น ได้แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมินแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ประเมินเกี่ยวกับคุณภาพของภาพผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยส่วนของข้อคำถาม และมาตราส่วนประมาณค่า จำนวน 5 ช่อง โดยการทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องทางด้านขวามือที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยกำหนดค่าความหมายของแต่ละข้อคำถามดังต่อไปนี้

1. ความคมชัดของภาพโดยรวม

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
5	ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพ ชัดเจนทุกรายละเอียดเสมือนเป็นภาพเดี่ยว
4	ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพ ชัดเจนทุกรายละเอียด
3	ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพเพียงบางส่วน
2	ภาพผลลัพธ์มีความคมชัดของภาพเพียงเล็กน้อย
1	ภาพผลลัพธ์ไม่มีความคมชัดของภาพเลย

2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
5	ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้ครบถ้วนสมบูรณ์
4	ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้และสูญหายเพียงเล็กน้อย
3	ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้บางส่วน
2	ภาพผลลัพธ์คงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้เพียงเล็กน้อย
1	ภาพผลลัพธ์ไม่สามารถคงรายละเอียดของภาพเดิมไว้ได้เลย

3. ความกลมกลืนกันของสีในภาพ

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
5	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเสมือนเป็นภาพเดียวกัน สีของภาพสมจริง
4	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพ
3	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเพียงบางส่วน
2	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพเพียงเล็กน้อย
1	ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืนของสีในภาพเลย

4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
5	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน ไม่ปรากฏบริเวณรอยต่อให้เห็น
4	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน แทบจะมองไม่เห็นบริเวณรอยต่อของภาพ
3	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อของภาพได้เพียงเล็กน้อย
2	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อเกือบชัดเจน
1	ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืน มองเห็นบริเวณรอยต่อชัดเจน

5. ความกลมกลืนกันของสีภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น

เกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
5	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพไม่แตกต่างไปจากภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพ
4	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพเพียงเล็กน้อย
3	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพเพียงบางส่วน
2	ภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพอย่างเห็นได้ชัด
1	ภาพผลลัพธ์ไม่มีความกลมกลืนของสีในภาพแตกต่างไปจากภาพตั้งต้นทั้ง 2 ภาพโดยสิ้นเชิง

ตัวอย่างการประเมิน

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพที่ 101-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม	✓				
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ		✓			
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ			✓		
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ				✓	
	5. และความกลมกลืนของสีภาพเมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับ					✓

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้ประเมินเกี่ยวกับการปรับความกลมกลืนภาพโดยการกำหนดความสามารถในการควบคุมความกว้างของความกลมกลืน ซึ่งประกอบด้วยส่วนของข้อคำถาม โดยการทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องทางเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยกำหนดคำจำกัดความที่ใช้ในการประเมินดังนี้

เห็นด้วย หมายถึงเห็นด้วยกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน

ไม่เห็นด้วย หมายถึงไม่เห็นด้วยกับความสามารถในการควบคุมความกว้างของการปรับความกลมกลืน

ตอนที่ 4 ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการปรับความกลมกลืนภาพ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมินแบบสอบถาม

1. ชื่อ - นามสกุล.....

2. ตำแหน่งงาน.....

3. สถานที่ทำงาน.....

4. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

☐ ปริญญาเอก

☐ อื่นๆ โปรดระบุ

5. ประสบการณ์ทำงาน

☐ น้อยกว่า 1 ปี

☐ 1 - 3 ปี

☐ 4 - 6 ปี

☐ 7 - 10 ปี

☐ อื่นๆ โปรดระบุ

6. หน้าที่ความรับผิดชอบในปัจจุบัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หมายเหตุ ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมินจะถูกเก็บเป็นความลับ และใช้เพื่อการประเมินผลงานวิจัยนี้เท่านั้น

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ประเมินเกี่ยวกับภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการนำภาพมาผ่านกระบวนการปรับความกลมกลืน โดยการวิเคราะห์บนภาพผลลัพธ์ที่หลายระดับความละเอียด

โดยภาพคำถามมีทั้งหมด 2 ชุด แบ่งออกเป็น

1. ชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา
2. ชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์

(Special Effects)

ซึ่งภาพคำถามแต่ละชุดจะมีภาพคำถามทั้งหมด 15 ภาพ

1. ชุดภาพการทำโมเสกหรือภาพพาโนรามา

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 101-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 101-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 101-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 102-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 102-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 102-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 103-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 103-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 103-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 104-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 104-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 104-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 105-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 105-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 105-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

2. ชุดภาพการปรับความกลมกลืนภาพที่แตกต่างกันหรือการทำภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์
(Special Effects)

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 201-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 201-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 201-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 202-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 202-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 202-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 203-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 203-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 203-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 204-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 204-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 204-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

รายการประเมิน		ระดับคุณภาพ				
		ดี มาก	ดี	ปาน กลาง	น้อย	ไม่ดี
		5	4	3	2	1
ชุดภาพ ที่ 205-1	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 205-2	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					
ชุดภาพ ที่ 205-3	1. ความคมชัดของภาพโดยรวม					
	2. รายละเอียดของข้อมูลภาพ					
	3. ความกลมกลืนของสีในภาพ					
	4. ความกลมกลืนบริเวณรอยต่อ					
	5. ความกลมกลืนของสีในภาพเมื่อเทียบกับภาพตั้งต้น					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้ประเมินเกี่ยวกับการปรับความกลมกลืนภาพโดยการกำหนด
ความสามารถในการควบคุมความกว้างของความกลมกลืน

☐ เห็นด้วย

☐ ไม่เห็นด้วย

ตอนที่ 4 ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

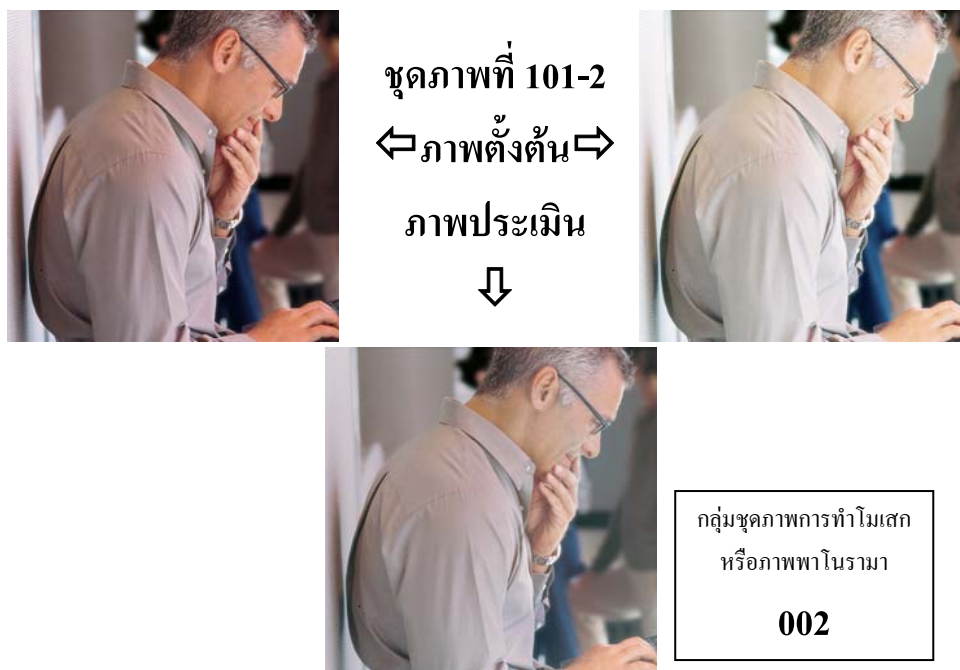
.....

.....

.....



ภาพที่ ข-1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.16



ภาพที่ ข-2 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.96



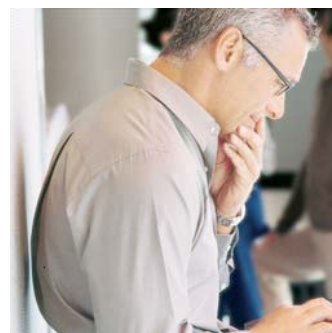
ภาพที่ ข-3 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.48



ภาพที่ ข-4 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12



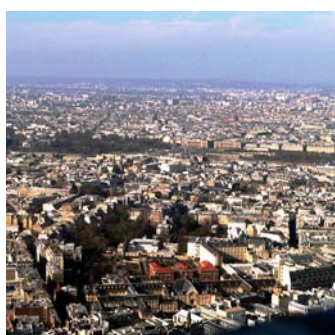
ชุดภาพที่ 102-2
 ⇐ภาพตั้งต้น⇐
 ภาพประเมิน
 ↓



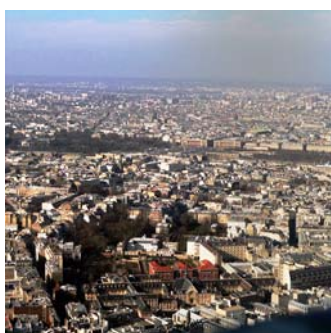
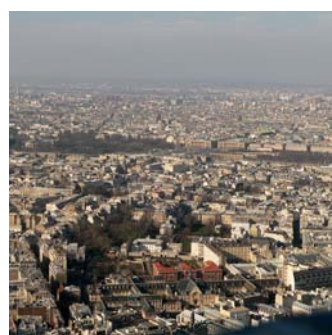
กลุ่มชุดภาพการทำโมเสก
 หรือภาพพาโนรามา

001

ภาพที่ ข-5 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.08



ชุดภาพที่ 102-3
 ⇐ภาพตั้งต้น⇐
 ภาพประเมิน
 ↓



กลุ่มชุดภาพการทำโมเสก
 หรือภาพพาโนรามา

009

ภาพที่ ข-6 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.2



ภาพที่ ข-7 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12



ภาพที่ ข-8 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.28



ภาพที่ ข-9 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.12



ภาพที่ ข-10 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.36



ภาพที่ ข-11 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.2



ภาพที่ ข-12 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.24



ภาพที่ ข-13 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.36



ภาพที่ ข-14 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.36



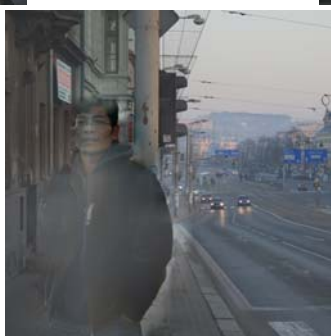
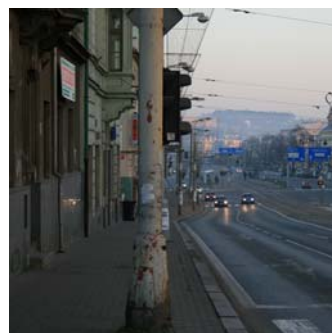
ภาพที่ ข-15 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.16



ภาพที่ ข-16 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.48



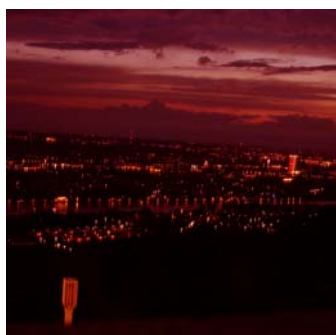
ชุดภาพที่ 201-2
 ⇐ ภาพตั้งต้น ⇒
 ภาพประเมิน
 ↓



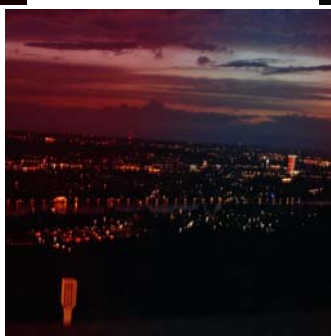
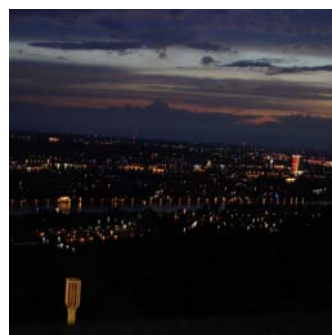
กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก

005

ภาพที่ ข-17 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 2.6



ชุดภาพที่ 201-3
 ⇐ ภาพตั้งต้น ⇒
 ภาพประเมิน
 ↓



กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก

012

ภาพที่ ข-18 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 4.04



ภาพที่ ข-19 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.64



ภาพที่ ข-20 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.28



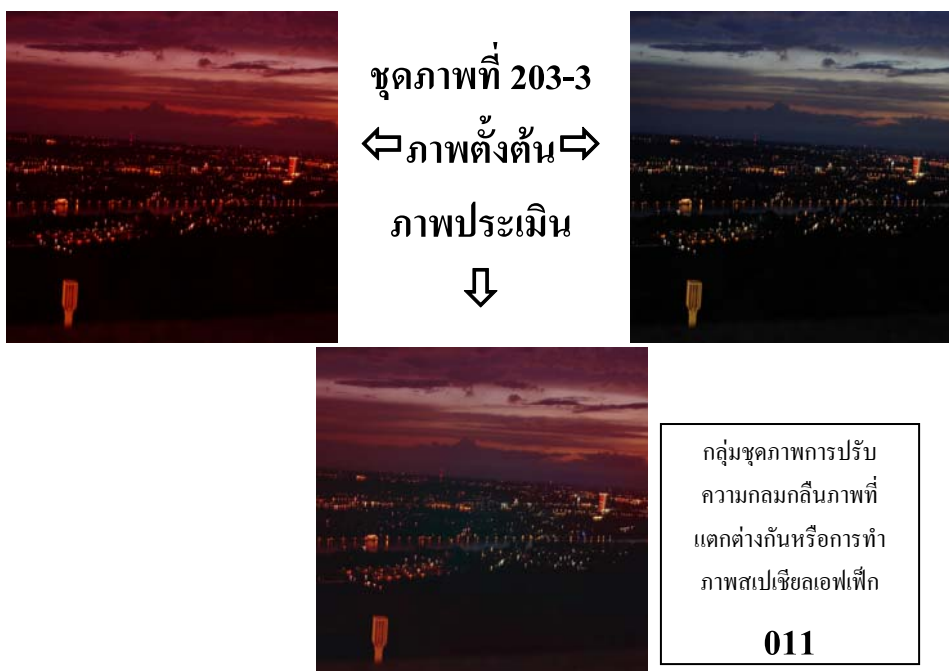
ภาพที่ ข-21 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.52



ภาพที่ ข-22 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.56



ภาพที่ ข-23 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 2.96



ภาพที่ ข-24 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.88



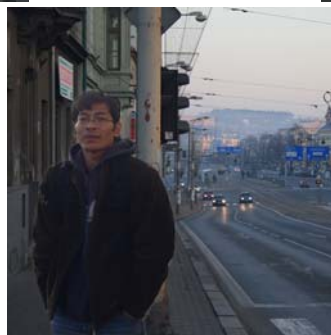
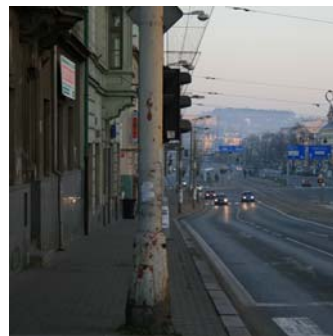
ภาพที่ ข-25 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 2.88



ภาพที่ ข-26 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.88



ชุดภาพที่ 204-3
 ⇐ ภาพตั้งต้น ⇒
 ภาพประเมิน
 ↓



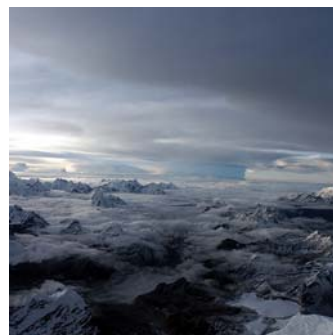
กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์

006

ภาพที่ ข-27 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.44



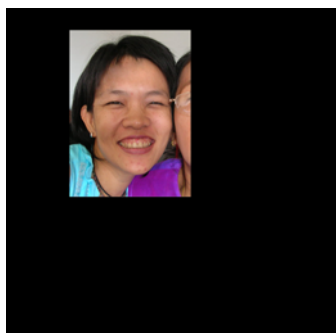
ชุดภาพที่ 205-1
 ⇐ ภาพตั้งต้น ⇒
 ภาพประเมิน
 ↓



กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็กต์

007

ภาพที่ ข-28 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.76



ชุดภาพที่ 205-2
 ⇐ภาพตั้งต้น⇐
 ภาพประเมิน
 ↓



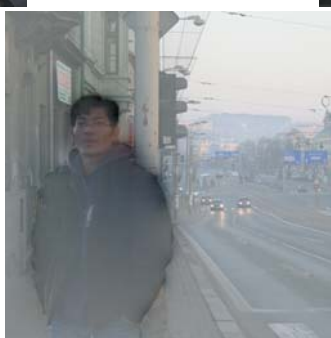
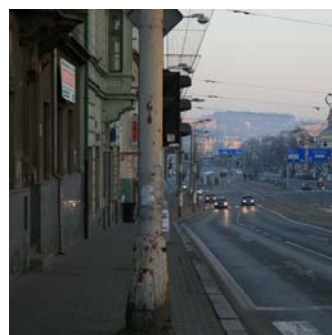
กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก

013

ภาพที่ ข-29 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 3.12



ชุดภาพที่ 205-3
 ⇐ภาพตั้งต้น⇐
 ภาพประเมิน
 ↓



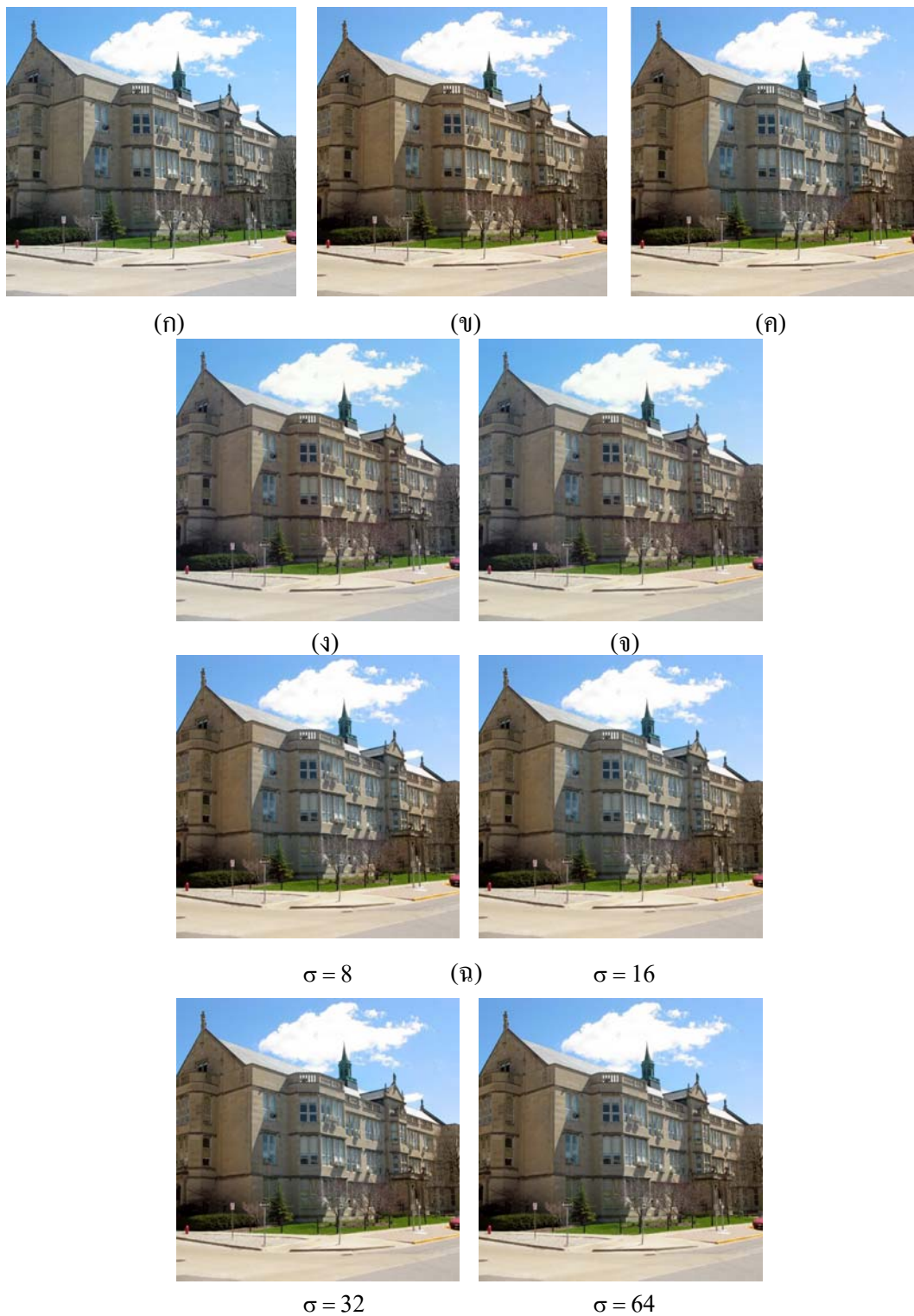
กลุ่มชุดภาพการปรับ
 ความกลมกลืนภาพที่
 แตกต่างกันหรือการทำ
 ภาพสเปเชียลเอฟเฟ็ก

004

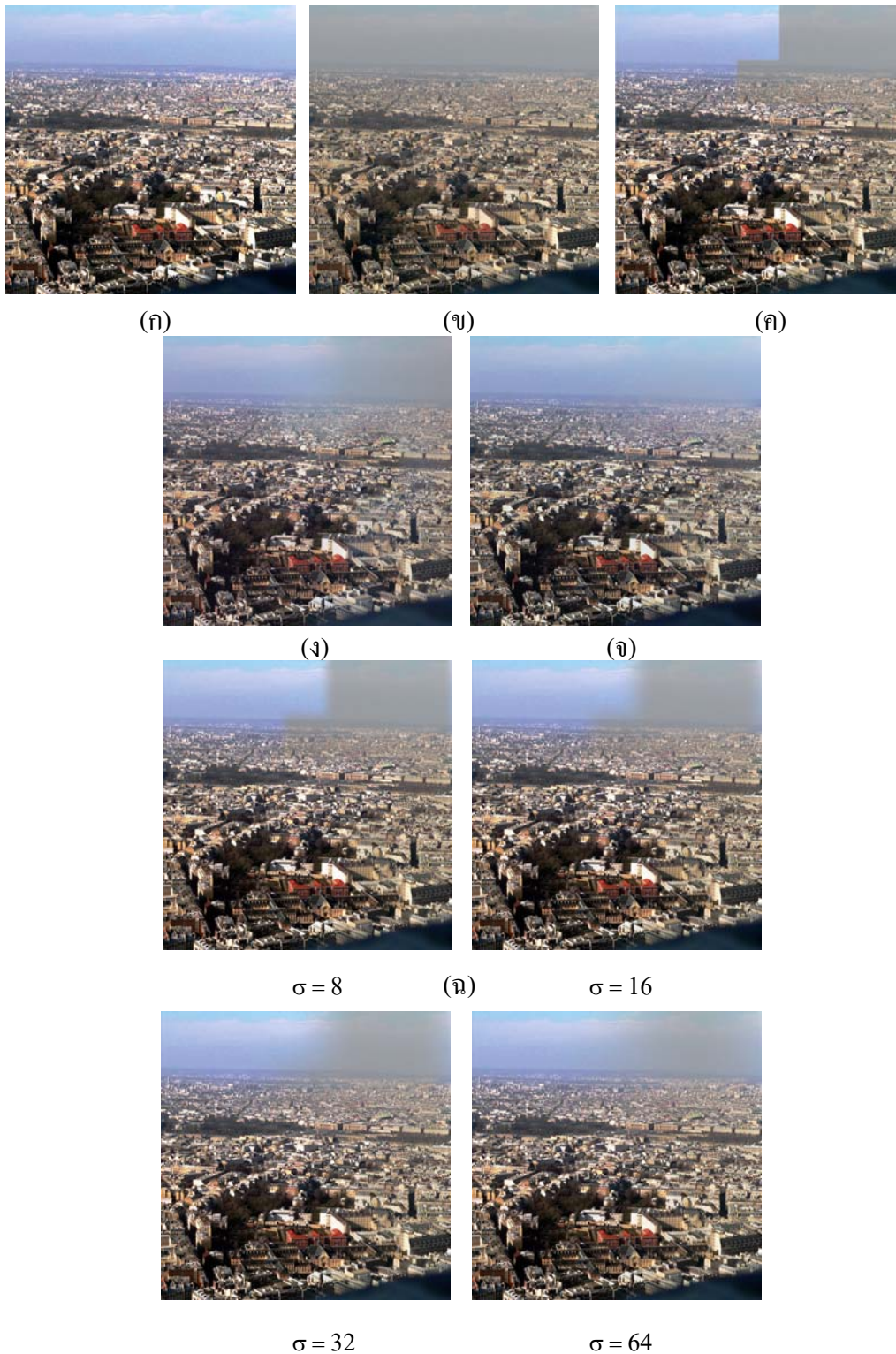
ภาพที่ ข-30 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 ค่าเฉลี่ยของภาพโดยรวม มีค่าเท่ากับ 2.44



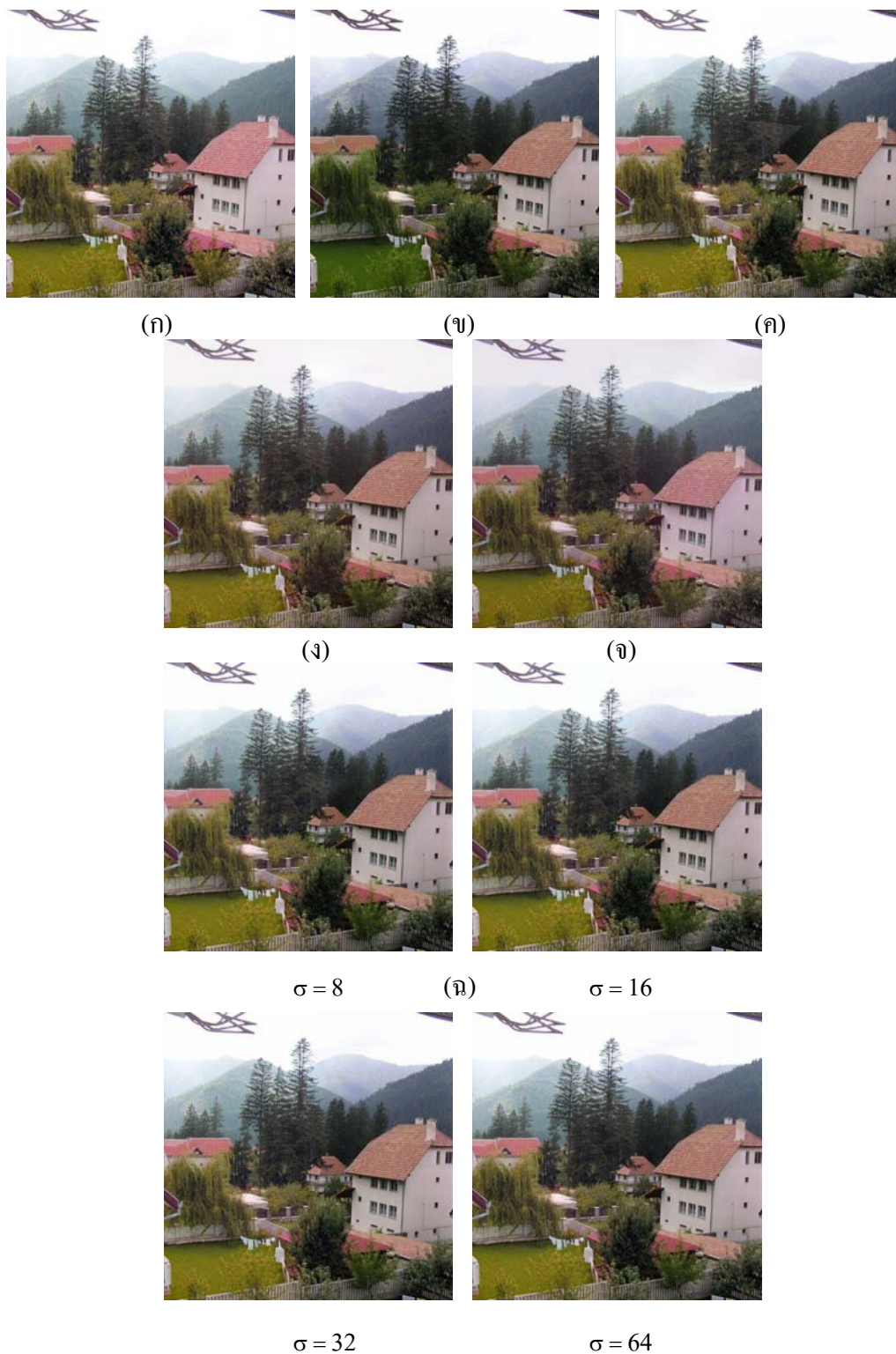
ภาพที่ ข-31 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



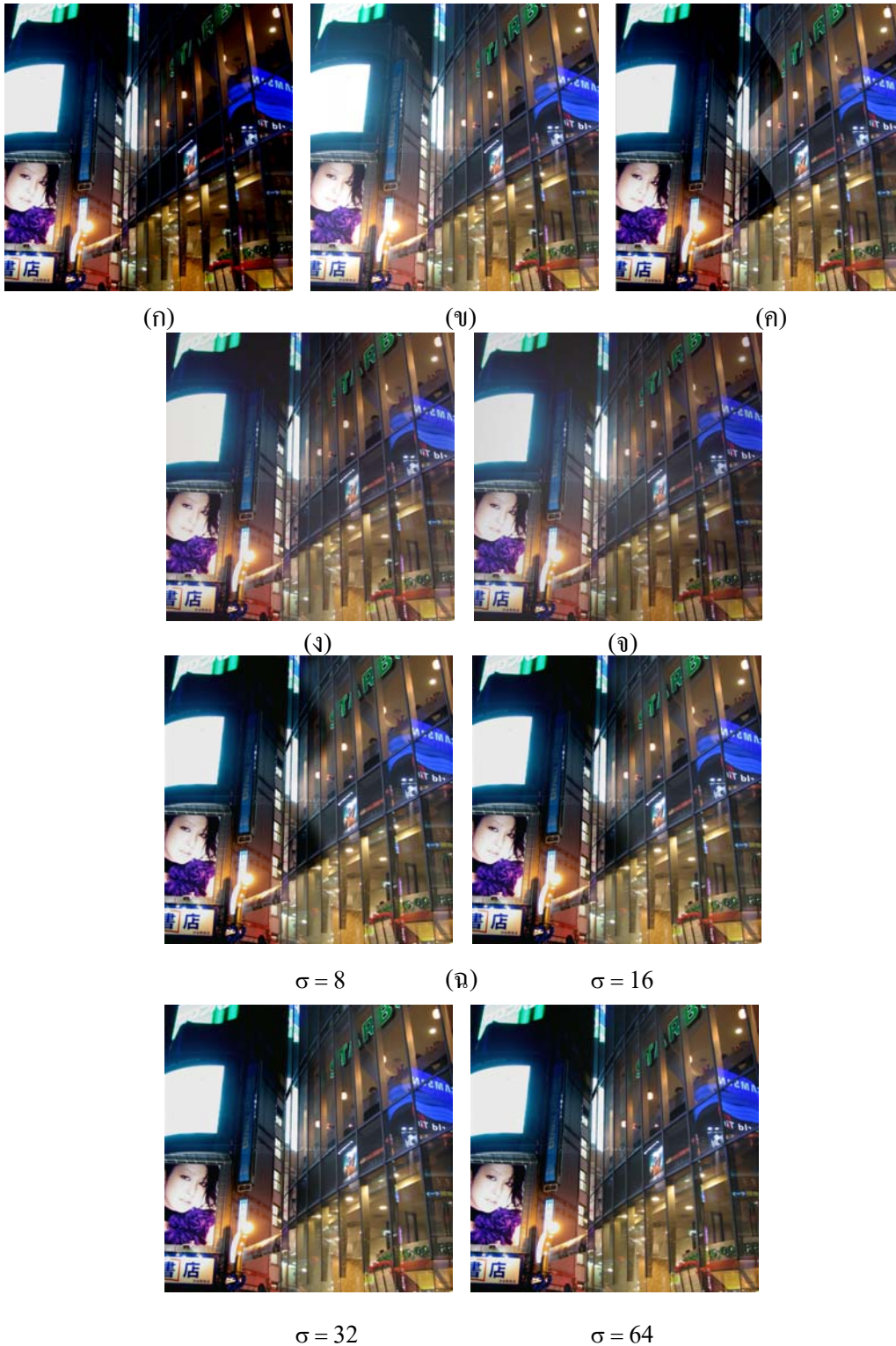
ภาพที่ ข-32 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพดั้งเดิม (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



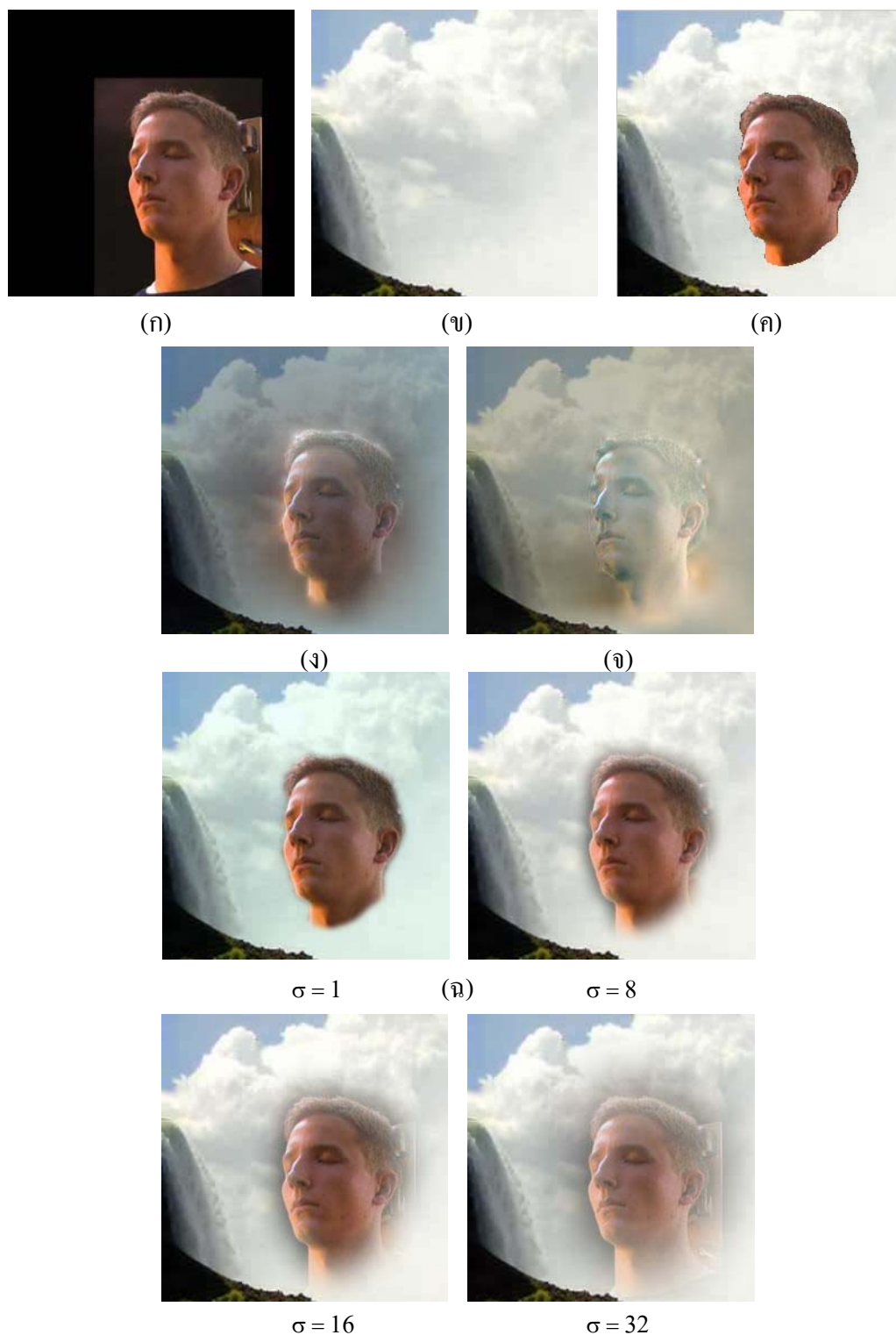
ภาพที่ ข-33 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



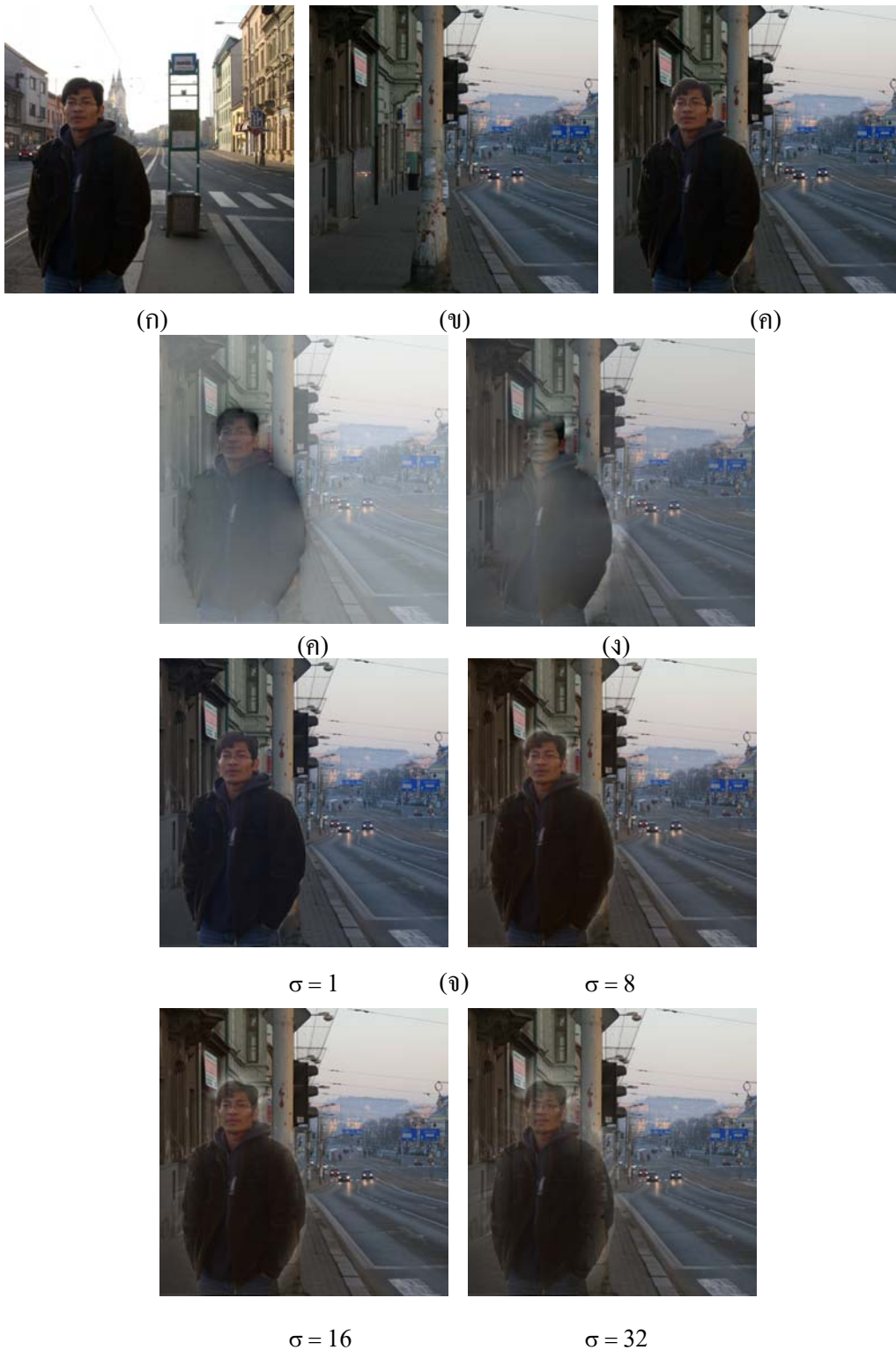
ภาพที่ ข-34 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



ภาพที่ ข-35 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



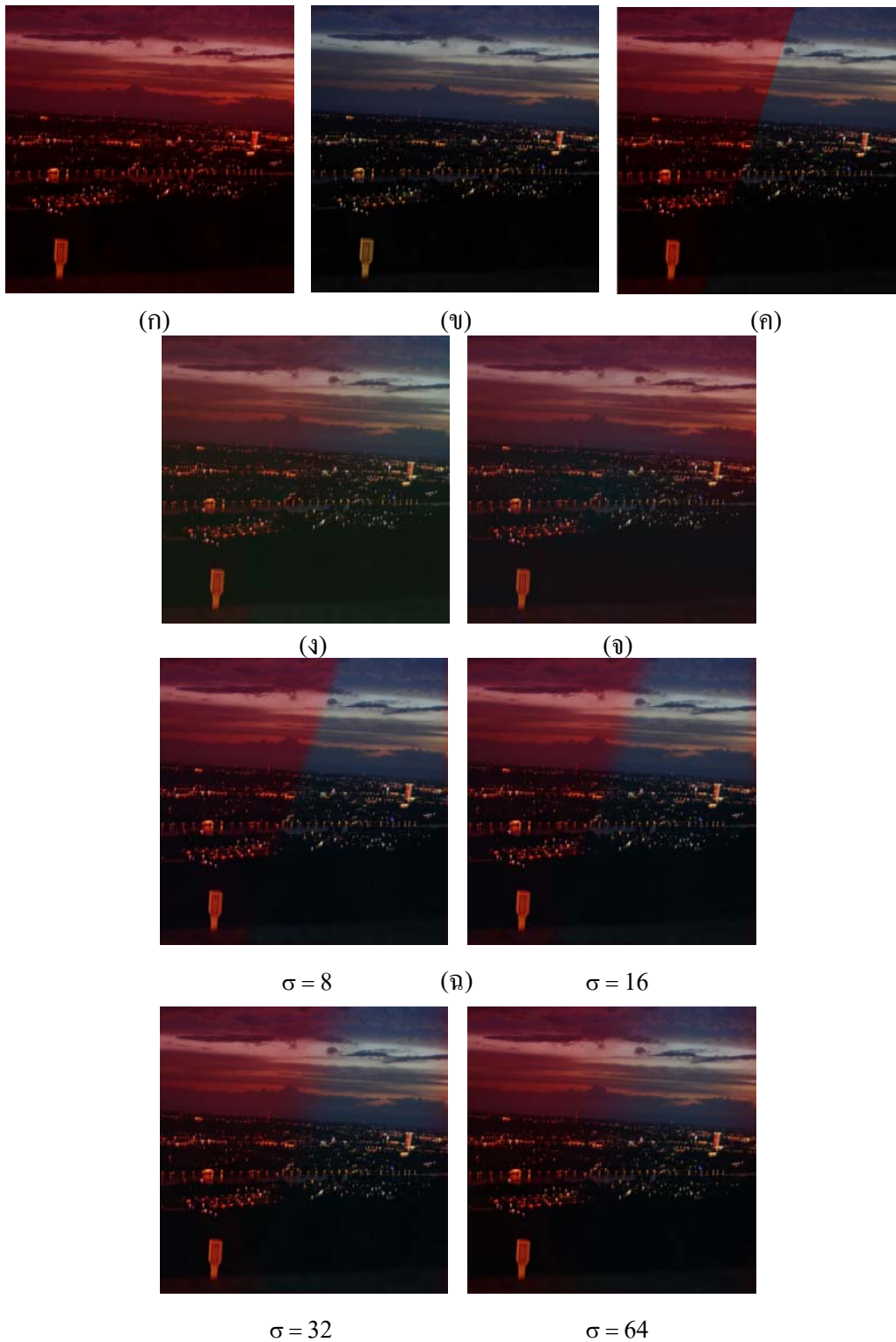
ภาพที่ ข-36 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 1, 8, 16$ และ 32



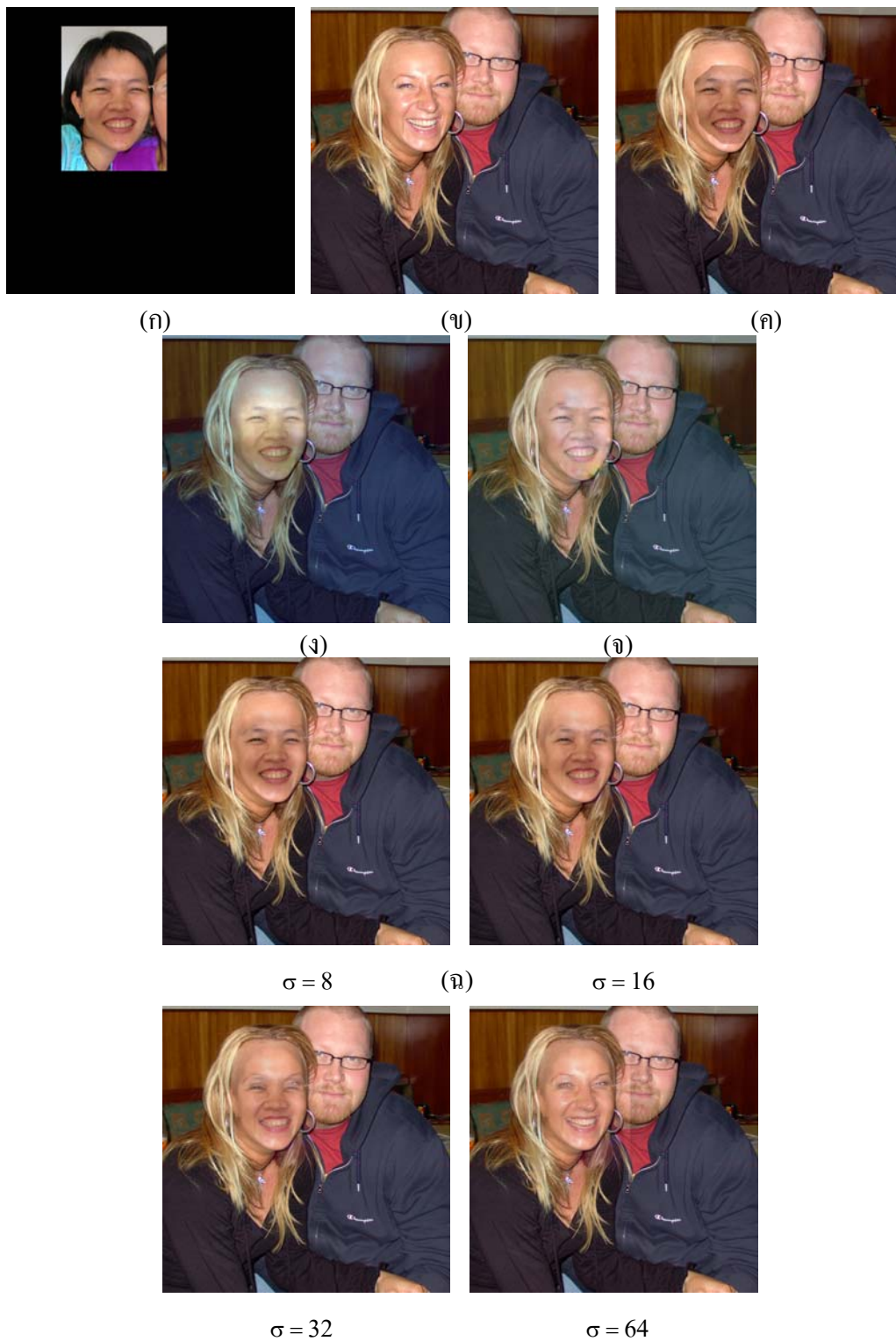
ภาพที่ ข-37 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 1, 8, 16$ และ 32



ภาพที่ ข-38 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 1, 8, 16$ และ 32



ภาพที่ ข-39 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



ภาพที่ ข-40 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากทั้ง 3 วิธี โดย (ก) และ (ข) เป็นภาพตั้งต้น (ค) เป็นภาพตัดปะ
 (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 1 (จ) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 2
 (ฉ) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการที่ 3 ที่ $\sigma = 8, 16, 32$ และ 64



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ ข-41 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ
ความกลมกลืนของภาพ Mask (ก) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนเดิม
(ข) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนที่ผ่าน Snakes
(ค) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ไม่ได้ใช้ Snakes (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ใช้ Snakes



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ ข-42 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ
ความกลมกลืนของภาพ Mask (ก) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนเดิม
(ข) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนที่ผ่าน Snakes
(ค) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ไม่ได้ใช้ Snakes (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ใช้ Snakes



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ ข-43 การเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ที่นำ Snakes มาใช้ในการปรับแนวการปรับ
ความกลมกลืนของภาพ Mask (ก) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนเดิม
(ข) แสดงแนวของการปรับความกลมกลืนที่ผ่าน Snakes
(ค) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ไม่ได้ใช้ Snakes (ง) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ใช้ Snakes

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวพุทธรดี สุขสินธารานนท์
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การปรับความกลมกลืนภาพโดยการวิเคราะห์บนภาพโมเสกที่หลายระดับ
 ความละเอียด
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันอังคารที่ 22 พฤษภาคม 2516 ณ จังหวัดพิษณุโลก เป็นบุตรคนที่ 2 ในจำนวน 5 คน ของนายสุโข สุขสินธารานนท์ กับ นางวันทนา สุขสินธารานนท์

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญา อนุปริญญาวิทยาศาสตร (อ.วท.) สาขาคอมพิวเตอร์ จากวิทยาลัยครูนครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากสถาบันราชภัฏลำปาง ปี พ.ศ. 2538

ประวัติการทำงาน เริ่มเข้ารับราชการ ปี พ.ศ. 2538 ในตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 3 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่ง ครู คศ. 2 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม จังหวัดกำแพงเพชร