



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน

โดย นายอำนาจ สวัสดิ์นะที

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก)

28 กรกฎาคม 2549

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวรรณ)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุห มีสัจ)

การรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน

นายอำนาจ สวัสดิ์นะที

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ISBN 974-19-0783-4
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายอำนาจ สวัสดิ์นะที
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน
สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ นิตย์สุวรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ วรรณปัญญา
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธี การรวมกันของภาพสองภาพ โดยไม่ทำให้ข้อมูลรายละเอียดของภาพเดิมหายไป กระบวนการนำภาพสองภาพมารวมกันได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการเลือกจุดภาพ โดยการเลือกจุดภาพที่เหมือนกันของทั้งสองภาพ จากนั้นนำจุดภาพที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อคำนวณหาจุดใหม่ที่เหมือนกันของภาพทั้งสอง โดยใช้วิธี Cross-Correlation ขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนการแปลงภาพ โดยนำจุดภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ไปคำนวณการแปลงภาพเพื่อให้ภาพสองภาพสามารถรวมกันได้โดยใช้วิธี Affine Transformation ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรวมภาพ โดยนำภาพที่สองมารวมกับภาพแรกก็จะได้ภาพผลลัพธ์ จากนั้นนำภาพผลลัพธ์มาปรับจุดสีในภาพใหม่โดยใช้วิธี Bilinear Interpolation เพื่อให้ภาพที่ได้กลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน ผลจากการทดสอบการรวมภาพที่ใช้กระบวนการทั้ง 3 ขั้นตอน โดยใช้ภาพสองภาพมารวมกันในลักษณะต่างๆ พบว่า สามารถรวมภาพสองภาพให้เป็นภาพเดียวกันโดยภาพผลลัพธ์กลมกลืนกัน

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 74 หน้า)

คำสำคัญ : การรวมภาพ, การเชื่อมต่อภาพ



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

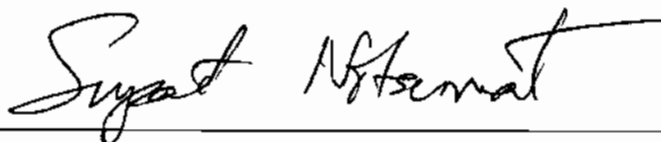
Name : Mr.Amnat Sawatnatee
Thesis Title : Image Mosaic Based on Homographic Points
Major Field : Computer Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors : Assistant Professor Dr.Supot Nitsuwat
Assistant Professor Dr.Kuntpong Woraratpanya
Academic Year : 2006

Abstract

Image taken by digital camera in closed view will gives clear detail but narrow image view. On the other hand, image taken in far view gives wide image view but it will lack of detail. The need of detailed image with wide image view can be satisfied by combination of two images. There are three steps of combination process. In the first step, points on both images are selected. These points will be used to calculated the new points that the intensity characteristics at these points on both pictures are similar by using Cross-Correlation method. This method produces new points on both images which have identical characteristic. On the second step, image point is used to adjust images by performing transformation. The image's Affine transformation is performed on the second image to change its shape in order to merge with the first image. The final step is an image integration of the second image to the first image. The result images have to be adjusted by Bilinear Interpolation method in order to smoother blended image. The research results shown that using two images with partial similar area can combined into the smooth image.

(Total 74 pages)

Keyword : Image Mosaics, Image Combining



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ นิตยสุวัฒน์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัย มาตลอดจนการช่วยเหลือให้ด้านการสรุปข้อคิดเห็นจากการอ่านเอกสาร จากต่างประเทศ เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัย สามารถนำไปหาความรู้เพิ่มเติมจนกระทั่ง ได้แนวคิดเทคนิควิธีการ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกๆท่านที่ทำหน้าที่เป็นกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านอาจารย์ได้สละเวลาอันมีค่าของท่าน มาเป็นกรรมการสอบให้กับ งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เพื่อนร่วมงานซึ่งเป็นอาจารย์ร่วมมหาวิทยาลัยที่ผู้วิจัยทำงาน อยู่ ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนให้แนวคิดเกี่ยวกับ การทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ เพื่อนๆ พี่ น้องๆ ที่เรียนด้วยกัน ที่คอยให้ข้อมูลข่าวสารในด้านต่างๆ จนประสบ ความสำเร็จ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

อำนาจ สวัสดิ์นะที

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 คำจำกัดความในการวิจัย	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ภาพดิจิทัล	5
2.2 โหมดสปีนจอคอมพิวเตอร์	9
2.3 ภาพและการเกิดสปีนจอคอมพิวเตอร์	10
2.4 รูปแบบของไฟล์ภาพดิจิทัลในคอมพิวเตอร์	12
2.5 การแปลงภาพ	16
2.6 การรวมภาพ	25
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	39
3.1 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการวิจัย	40
3.2 การเลือกตำแหน่งของภาพทั้งสอง	41
3.3 การแปลงภาพเพื่อหาตำแหน่งของภาพใหม่	43
3.4 การรวมภาพ	44
3.5 การปรับขนาดของภาพ	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลของการวิจัย	48
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
4.2 ผลการวิจัย	48
4.3 การเปรียบเทียบผลการวิจัย	55
4.4 ผลการทดสอบการรวมภาพ	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	71
5.1 สรุปผลการวิจัย	71
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	72
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ประวัติผู้วิจัย	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 ชื่อภาพและขนาดของภาพที่ใช้ในการวิจัย	49
4-2 พิกัดตำแหน่งที่ได้จากการเลือกจุดภาพ	51
4-3 พิกัดตำแหน่งภายหลังการทำ Cross Correlation	52
4-4 ตารางเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์กับงานวิจัยเดิม	55

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 การถ่ายภาพเพื่อนำภาพไปประมวลผล	6
2-2 การสุ่มเลือกจุดตำแหน่งในภาพ	6
2-3 ตัวอย่างของภาพที่มีขนาดของจุดภาพแตกต่างกัน	7
2-4 ตัวอย่างการไล่ระดับของโทนสี	8
2-5 ตัวเลขแทนระดับโทนสี	8
2-6 ตัวอย่างของภาพที่ใช้สีแตกต่างกัน	9
2-7 จุดภาพของภาพขาวดำ	11
2-8 การเกิดภาพสีที่สามารถมองเห็นบนจอภาพ	12
2-9 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ BMP	13
2-10 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ GIF	14
2-11 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ JPG	15
2-12 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ PNG	15
2-13 จุดหมุนของภาพ	16
2-14 การย้ายตำแหน่งของภาพ	17
2-15 การขยายภาพโดยจุด Fixed อยู่ที่จุด Origin	19
2-16 การย่อภาพโดยจุด Fixed ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin	20
2-17 การบิดภาพ	20
2-18 การแปลงจุดภาพจาก Cartesian Coordinate เป็น Homogeneous Coordinate	21
2-19 การแปลงภาพโดยวิธี Euclidean Transformation	23
2-20 การแปลงภาพโดยวิธี Rigid Transformation	23
2-21 การแปลงภาพโดยวิธี Affine Transformation	24
2-22 การแปลงภาพโดยวิธี Projective Transformation	25
2-23 การรวมภาพผลลัพธ์จากภาพต้นฉบับ	26
2-24 ตัวอย่างการรวมภาพสองภาพ	27
2-25 ตัวอย่างการรวมภาพหลายภาพ	28
2-26 ตัวอย่างการรวมภาพแผนที่ที่ถ่ายภาพจากมุมสูง	29
2-27 ผลงานการเชื่อมต่อภาพ	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-28 การเลือกจุดภาพ 2 จุดในหนึ่งภาพแบบ Manual Correspondence Selection	32
2-29 การเลือกจุดภาพ 3 จุดในหนึ่งภาพแบบ Manual Correspondence Selection	32
2-30 ภาพสองภาพที่ต้องการหา Features Base Image Registration	33
2-31 ภาพสองภาพที่ผ่านการแปลงเป็นโทนวาดำเพื่อหาพิกัดที่ตรงกัน	34
2-32 ภาพสองภาพที่มีกลุ่มของสีตรงกัน	34
2-33 การเลือกจุดภาพเพื่อปรับปรุงสีของภาพแบบ Bilinear Interpolation	35
2-34 การเลือกจุดภาพเพื่อปรับปรุงสีของภาพแบบ Bicubic Interpolation	36
3-1 ผังงานการรวมภาพของงานวิจัยเดิม	39
3-2 ผังงานการรวมภาพ	40
3-3 ขั้นตอนวิธีการเลือกภาพและปรับจุดภาพให้ตรงกัน	41
3-4 การเลือกจุดภาพทั้งสองภาพ 5 จุดเพื่อหาค่า Cross-Correlation	42
3-5 การเปรียบเทียบจุดสีของภาพสองภาพ	43
3-6 การคำนวณหาจุดสีของภาพในตำแหน่งใหม่	44
3-7 การหาค่าสีโดยการคำนวณโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation	45
3-8 การเปรียบเทียบภาพที่ไม่มีการปรับจุดสี (ซ้าย) และมีการปรับจุดสี (ขวา)	46
3-9 การตัดขอบภาพผลลัพธ์เพื่อให้ได้ภาพที่มีเฉพาะภาพที่มีการรวมกัน	47
4-1 การถ่ายภาพเพื่อนำภาพไปประมวลผล	50
4-2 การสุ่มเลือกจุดตำแหน่งในภาพ	50
4-3 ตัวอย่างของภาพที่มีขนาดของจุดภาพแตกต่างกัน	51
4-4 ตัวอย่างการไล่ระดับของโทนวาดำ	53
4-5 ตัวเลขแทนระดับโทนวาดำ	54
4-6 ตัวอย่างของภาพที่ใช้สีแตกต่างกัน	54
4-7 การรวมภาพในคู่ที่ 1	59
4-8 การรวมภาพในคู่ที่ 2	60
4-9 การรวมภาพในคู่ที่ 3	61
4-10 การรวมภาพในคู่ที่ 4	62
4-11 การรวมภาพในคู่ที่ 5	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-12 การรวมภาพในคู่ที่ 6	64
4-13 การรวมภาพในคู่ที่ 7	65
4-14 การรวมภาพในคู่ที่ 8	66
4-15 การรวมภาพในคู่ที่ 9	67
4-16 การรวมภาพในคู่ที่ 10	68
4-17 การรวมภาพในคู่ที่ 11	69
4-18 การรวมภาพในคู่ที่ 12	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลที่มีจำหน่ายในปัจจุบันได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย เหตุผลสำคัญเนื่องจากการถ่ายภาพแบบนี้มีความสะดวกรวดเร็วในการถ่ายภาพและการจัดเก็บภาพในสื่อต่างๆ ในขณะที่ตัวราคาของกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลก็มีราคาถูกและมีความสามารถมากมาย นอกจากนี้อุปกรณ์ที่มากับกล้องดิจิทัลในรุ่นต่างๆ สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้ภาพที่ถ่ายเก็บไว้สามารถนำไปใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์ได้ทันที และสามารถนำภาพไปปรับแต่งเพื่อปรับปรุงแก้ไขโดยใช้โปรแกรมประเภทกราฟิก เพื่อให้ภาพมีความสมบูรณ์และตรงกับความต้องการกับการนำไปใช้งานต่อไป นอกจากนี้ไฟล์ภาพที่ได้สามารถนำไปอัดภาพในร้านค้าที่ให้บริการซึ่งสามารถระบุขนาดและจำนวนของภาพตามความต้องการได้

อย่างไรก็ตามความต้องการได้ภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานในด้านต่างๆ ก็ยังคงมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทำให้ความสามารถของกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลที่ใช้งาน รวมไปถึงโปรแกรมไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ เช่น ความต้องการได้ภาพในรูปแบบพาโนรามาที่มีลักษณะของภาพยาวกว่าภาพปกติในแนวนอนหรือความกว้างของภาพจากซ้ายไปขวาจะมีมากกว่าการถ่ายภาพปกติ เช่นภาพของตึกหรืออาคารที่มีความกว้างเกินกว่าระยะของการถ่ายภาพจะสามารถทำได้ หรือภาพแผนที่ถนนที่มีรายละเอียดประกอบ ซึ่งการถ่ายภาพโดยใช้กล้องดิจิทัลทั่วไปจะไม่สามารถทำได้เพราะหากใช้การถ่ายภาพในระยะใกล้หรือภาพมุมกว้าง ถึงแม้จะได้ภาพที่ดูครบถ้วน แต่ก็จะขาดรายละเอียดของภาพไป เนื่องจากภาพถ่ายในมุมกว้างจะไม่สามารถเก็บรายละเอียดปลีกย่อยของสิ่งต่างๆ หรือจุดที่ต้องการได้ ตัวอย่างภาพแบบพาโนรามาที่สามารถพบเห็นทั่วไปเช่น การถ่ายภาพหมู่ของบัณฑิตที่จบการศึกษา ซึ่งหากมีนักศึกษาที่จบเป็นจำนวนมาก การถ่ายภาพแบบดิจิทัลจะไม่สามารถทำได้ เนื่องจากภาพดังกล่าวนี้จะต้องมองเห็นและสามารถแยกแยะบุคคลในภาพได้การถ่ายภาพในลักษณะนี้จึงต้องใช้กล้องที่มีความสามารถซึ่งปัจจุบันยังมีราคาสูงและยังไม่มีที่แพร่หลายในการใช้งาน

แนวคิดในการนำภาพถ่ายจากไฟล์ภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลมารวมกัน หรือเชื่อมต่อกัน ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Image Mosaic จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ภาพสองภาพ

สามารถรวมกันได้ คล้ายกับการถ่ายภาพแบบพาโนรามา ซึ่งจะทำได้ภาพที่ยังคงเห็นรายละเอียดต่างๆ ของภาพโดยรวมครบถ้วน และสามารถนำภาพมารวมกันได้หลายภาพ ทำให้ได้ภาพผลลัพธ์สุดท้ายที่มีลักษณะเหมือนกับภาพที่ได้จากการใช้กล้องแบบพาโนรามา การรวมภาพในรูปแบบอื่นที่แตกต่างจากภาพแบบพาโนรามาก็สามารถทำได้ เช่นการรวมภาพในแนวตั้ง การรวมภาพด้านบนขวา และการรวมภาพด้านล่างขวา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพและความต้องการที่จะนำภาพมารวมให้เป็นภาพเดียวกัน สำหรับแนวคิดในการรวมภาพที่ได้กล่าวมา จะใช้ภาพที่มีความเหมือนกันในด้านใดด้านหนึ่งของภาพ ซึ่งจะทำให้ได้จุดที่ภาพสองภาพมีลักษณะเหมือนกัน (Homographic Points) มารวมกันได้ ดังนั้นการรวมภาพสองภาพจะสามารถทำได้ ก็ต่อเมื่อมีภาพถ่ายของภาพที่ต้องการสองภาพ ในระยะเวลาต่อเนื่องกันโดยมีจุดที่เหมือนกันของภาพทั้งสอง (Overlap) จึงจะสามารถนำไฟล์ภาพทั้งสองมารวมกันเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีความกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธี การรวมกันของภาพสองภาพโดยไม่ทำให้ข้อมูลรายละเอียดในภาพเดิมหายไป

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อไฟล์ภาพสองภาพให้รวมกันเป็นภาพเดียวเพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดครบถ้วนอยู่ในภาพเดียวกัน

1.3.2 ใช้ Cross-Correlation ในการตรวจสอบจุดที่เหมือนกันของภาพทั้งสอง

1.3.3 การแปลงภาพใช้วิธี Affine Transformation

1.3.4 การปรับรูปภาพใช้วิธี Linear Interpolation

1.3.5 ไฟล์ภาพที่ใช้เป็นไฟล์ภาพชนิด JPEG ไฟล์

1.3.6 ไฟล์ของภาพสองภาพ จะต้องมีจุดที่สามารถเชื่อมต่อกันหรือรวมกันเป็นภาพเดียวได้ หรือต้องมีส่วนที่เหมือนกันอย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์

1.3.7 ไฟล์ภาพที่ใช้มีขนาดเดียวกันหรือแตกต่างกันได้

1.4 คำจำกัดความในการวิจัย

1.4.1 ไฟล์ภาพดิจิทัล หมายถึง ไฟล์ที่ใช้สำหรับเก็บภาพในคอมพิวเตอร์ ซึ่งไฟล์ภาพดังกล่าวนี้อาจจะได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น จากกล้องดิจิทัล จากเครื่องสแกนภาพ หรือจากระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

- 1.4.2 ไฟล์ภาพดิจิทัลประเภท JPEG (JPG) เป็นไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลรูปภาพสี หรือขาวดำ ที่ใช้กับระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งผ่านการบีบอัดด้วยขั้นตอนวิธีตามมาตรฐานของ JPEG
- 1.4.3 Overlap คือลักษณะของไฟล์ภาพสองภาพ ที่มีจุดที่เหมือนกันหรือสามารถนำไฟล์ภาพ ทั้งสองมาเชื่อมต่อกันเพื่อรวมเป็นภาพเดียวกันได้
- 1.4.4 การเชื่อมต่อภาพ หมายถึงการนำไฟล์ภาพสองภาพมาเชื่อมต่อกันเป็นภาพเดียวกัน
- 1.4.5 โปรแกรม MATLAB หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมใน ด้านคณิตศาสตร์และกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับไฟล์ภาพดิจิทัล

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์ของการแปลงจุดภาพดิจิทัลแต่ละจุดไปเป็นตัวเลขไบนารี เพื่อนำตัวเลขดังกล่าวไปประมวลผล
- 1.5.2 ศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรม MATLAB เพื่อการประมวลผลภาพในการรวมภาพ
- 1.5.3 ศึกษาวิธีการนำจุดภาพของทั้งสองภาพที่มีส่วนของภาพเหมือนกันมาเชื่อมต่อกัน
- 1.5.4 สร้างขั้นตอนวิธีสำหรับการรวมภาพโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - 1.5.4.1 ขั้นตอนการทำ Image Registration
 - 1.5.4.1.1 เลือกภาพมา 2 ภาพที่ต้องการนำมาเชื่อมต่อกัน
 - 1.5.4.1.2 เลือกจุดในภาพๆ ละ 3 จุดที่มีส่วนที่เหมือนกัน
 - 1.5.4.1.3 ทำการปรับจุดภาพให้ตรงกันให้มากที่สุดโดยใช้วิธี Cross-Correlation
 - 1.5.4.2 ขั้นตอนการทำ Image Transformation
 - 1.5.4.2.1 กำหนดสมการสำหรับการทำ Transformation โดยใช้วิธี Affine Transformation
 - 1.5.4.2.2 สร้าง Matrix แทนจุดภาพสำหรับการคำนวณ
 - 1.5.4.2.3 ใช้รูปแบบการคำนวณ โดยอาศัยวิธีการของ Homogenous Coordinate
 - 1.5.4.2.4 ทำการคำนวณเพื่อสร้างภาพที่สองให้ตรงกับภาพแรก
 - 1.5.4.3 ขั้นตอนการรวมภาพ (Image Blending)
 - 1.5.4.3.1 กำหนดขนาดของภาพใหม่โดยให้ภาพมีสีดำ
 - 1.5.4.3.2 นำส่วนของจุดภาพแรกไปเก็บในภาพผลลัพธ์
 - 1.5.4.3.3 นำส่วนของจุดภาพที่เหมือนกันของภาพทั้งสองไปเก็บในภาพผลลัพธ์
 - 1.5.4.3.4 นำส่วนของจุดภาพที่สองไปเก็บในภาพผลลัพธ์

1.5.4.3.5 ปรับจุดสีบนภาพใหม่ให้กลมกลืนโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation

1.5.5 เขียนโปรแกรมด้วย MATLAB เพื่อทดสอบอัลกอริทึม

1.5.6 ตรวจสอบความถูกต้องของภาพที่ได้จากการรวมภาพเพื่อหาข้อผิดพลาด ก่อนนำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.6.1 ได้ขั้นตอนวิธีการเชื่อมต่อเป็นภาพที่สมบูรณ์จากไฟล์ภาพที่ถ่ายจากกล้องดิจิทัล
- 1.6.2 สามารถนำไฟล์ภาพจากกล้องดิจิทัลที่มีใช้งานทั่วไปมาเชื่อมต่อเป็นภาพเดียวกันได้
- 1.6.3 สามารถนำงานวิจัยชิ้นนี้ ไปพัฒนาใช้งานจริงในการรวมภาพ เพื่อนำไฟล์ภาพดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงานต่างๆ ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงทฤษฎีและรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อภาพสองภาพให้เป็นภาพเดียวกัน ซึ่งมีทฤษฎีและรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ภาพดิจิทัล

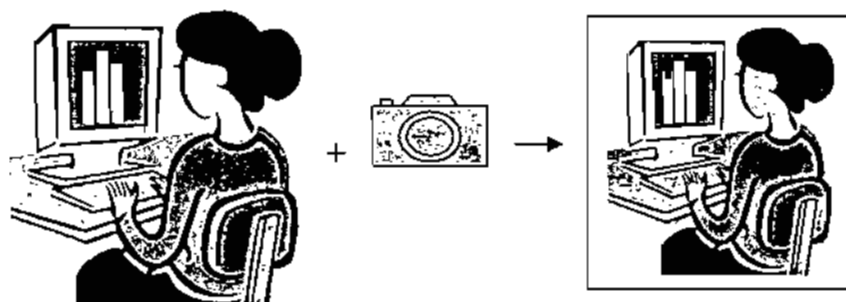
รูปภาพที่เราพบเห็นกันอยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นภาพที่ถ่ายโดยใช้กล้องธรรมดา หรือแบบดิจิทัล เมื่อเรามองในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ รูปวาดดังกล่าวก็คือจุดสีหลาย ๆ จุดที่นำมาเรียงต่อกัน จนเป็นรูปร่างหรือภาพต่างๆ รูปภาพในสายตาของมนุษย์จะมีรูปแบบอย่างไรก็ตาม แต่ถ้าเป็นมุมมองของรูปภาพในแบบของคอมพิวเตอร์ จะเป็นเพียงแค่เป็นจุดสีหลาย ๆ จุดที่เรียงต่อกันในความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่เหมาะสม

ภาพเป็นกระบวนการทางแสง (Optical Process) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) หลาย ๆ ช่วงความถี่ เช่น แสงธรรมดา รังสีเอ็กซ์เรย์ (X-Ray) รังสีอินฟราเรด (Infrared) และพลังงานเสียง เช่น อัลตราซาวนด์ (Ultrasound) ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาสู่ประสาทรับรู้ทางตาของมนุษย์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ เช่น เซนเซอร์ (Sensor) เป็นต้น ถ้ากล่าวในภาษาทางเทคนิคแล้ว ภาพดิจิทัลก็จะหมายถึงฟังก์ชัน 2 มิติ หรือ $f(x,y)$ ของค่าความเข้มของแสงโดยที่ x และ y คือ ค่าที่บอกถึงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชันที่ตำแหน่งใด ๆ จะเป็นสัดส่วนกับความสว่างของแสง ณ ตำแหน่งนั้น กระบวนการแปลงภาพให้เป็นภาพในเชิงดิจิทัลเราเรียกว่า Image Digitization ซึ่งกระบวนการดังกล่าว นิรุช [1] ได้แบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ขั้นตอนประกอบไปด้วย การบันทึกภาพ (Image Acquisition), การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง (Image Sampling) และการประมาณค่าความเข้มของแสง (Image Quantization)

2.1.1 การบันทึกภาพ

การบันทึกภาพ (Image Acquisition) เป็นขั้นตอนแรกของการได้มาซึ่งภาพดิจิทัลโดยต้องทำการถ่ายภาพที่ต้องการ ซึ่งการถ่ายภาพ จะเป็นการแปลงภาพเชิงต่อเนื่อง (Continuous - Image) แบบ 3 มิติ ให้เป็นภาพเชิงต่อเนื่อง 2 มิติ โดยใช้อุปกรณ์เชิงแสง (Optical Device) เช่น กล้องถ่ายรูป เพื่อแปลงภาพให้มาเป็นภาพบนฟิล์ม รูปถ่ายบนกระดาษ หรือภาพบนจอคอมพิวเตอร์

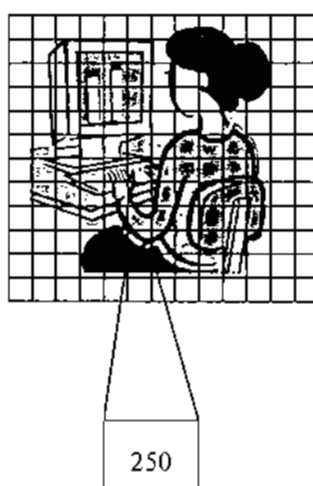
โดยปกติแล้ว ภาพที่เรามองเห็นกันอยู่นั้น มีทั้งความกว้าง ความสูง และความลึก ซึ่งเป็นแบบ 3 มิตินั่นเอง การถ่ายภาพด้วยกล้องจะทำให้เราได้ภาพมา แต่จะเป็นภาพที่มีแต่ความกว้าง และความสูงเท่านั้น ซึ่งเป็นภาพแบบ 2 มิติ เพราะเราไม่อาจจะถ่ายภาพลึกของสถานที่นั้นได้ด้วยได้ ในส่วนของการบันทึกภาพนี้ เป็นหน้าที่ของกลไกทางแสงในตัวกล้องถ่ายรูป ที่จะทำหน้าที่รับภาพเข้ามาเพื่อทำให้ภาพมีความเป็นธรรมชาติมากขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 การถ่ายภาพเพื่อนำภาพไปประมวลผล

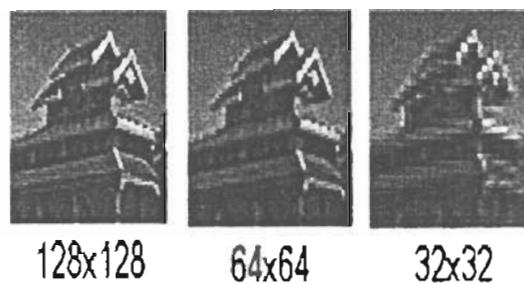
2.1.2 การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง

การสุ่มเลือก (Image Sampling) เป็นการแปลงภาพ 2 มิติที่ได้ให้เป็นภาพเชิงดิจิทัล โดยการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่ง หรือ Spatially Sampling โดยสุ่มเลือกเฉพาะบางตำแหน่งในภาพ ซึ่งถ้าเราสุ่มเลือกมาละเอียดภาพที่ได้ก็จะมีรายละเอียดสูง หน่วยของการสุ่มเลือกก็คือ จุด หรือ Pixel นั่นเอง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 การสุ่มเลือกจุดตำแหน่งในภาพ

เหตุผลของการทำ Image Sampling นั้นก็คือ ในการแสดงผลของจอภาพคอมพิวเตอร์นั้น หน่วยของความละเอียดในการแสดงผลนั้นเป็นจุด (Pixel) แต่ในโลกแห่งความเป็นจริง ภาพที่เรา มองเห็นด้วยตา ไม่ใช่การเรียงกันของจุด แต่เป็นภาพเชิงต่อเนื่องคือ ไม่สามารถแยกลงไปเป็นทีละ จุด ได้ ดังนั้น เมื่อนำภาพดังกล่าวเข้ามาอยู่ในคอมพิวเตอร์ ภาพนั้นจะต้องถูกปรับให้อยู่ในหน้าจอที่ ประกอบด้วยจุดสี่ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง หรือการทำ Image Sampling จากที่ได้กล่าวมานี้ ถ้าเราสุ่มเลือกจุดตำแหน่งถี่มากเท่าใด คุณภาพของภาพที่ได้ก็จะดีขึ้น ตามลำดับดังตัวอย่างในภาพที่ 2-3



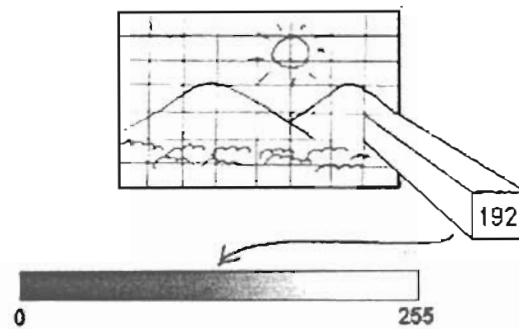
ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างของภาพที่มีขนาดของจุดภาพแตกต่างกัน

จากภาพที่ 2-3 จะเห็นได้ว่า ภาพ ๓ เดียวกัน แต่เมื่อทำการสุ่มเลือกจุดภาพมาไม่เท่ากันเมื่อนำ ภาพขยายออกมา คุณภาพของภาพที่ได้ก็จะแตกต่างกัน โดยในภาพที่ 1 ทำการสุ่มเลือกมา 128x128 จุด ภาพที่ 2 ทำการสุ่มเลือกมา 64x64 จุด และภาพที่ 3 ทำการสุ่มเลือกมา 32x32 จุด ซึ่งจะเห็นได้ ว่าการสุ่มเลือกภาพที่มีความละเอียดมากกว่าจะได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีกว่า ในการสุ่มเลือกทาง ตำแหน่งนี้ ถ้าในระยะความกว้างและความสูงของภาพ เราสุ่มจุดภาพโดยใช้ความละเอียดมาก เช่น สุ่มจุดภาพมา 128 จุด คุณภาพของภาพก็จะดีขึ้น แต่ในทางกลับกัน ก็ต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บ ข้อมูลภาพดังกล่าวมากขึ้นรวมไปถึงขนาดของภาพก็จะมากขึ้นด้วย

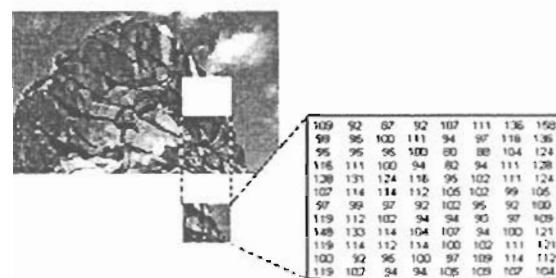
2.1.3 การประมาณค่าความเข้มแสง (Image Quantization)

เมื่อเราได้ภาพจากการ Sampling มาแล้ว แต่ละจุดในภาพจะถูกแทนด้วยสี ภาพในโทนสีเทา หรือ Grayscale จะประกอบไปด้วยสีดำ และไล่เฉดสีจางลงไปจนถึงสีขาว การแทนที่สีในจุดภาพ จะแทนด้วยค่าตัวเลข 0 ถึง 255 โดย 255 จะเป็นสีขาวและไล่ระดับโทนสีไปจนถึงค่าตัวเลขคือ 0 ซึ่งเป็นสีดำ รวมทั้งสิ้น 256 ระดับสี หรือ 2 ยกกำลัง 8 โดยที่ 8 ก็คือ จำนวนบิตในหน่วยความจำที่ใช้ ในการเก็บค่านี้หนึ่งค่า เพราะฉะนั้น สีดำ จะถูกแทนด้วยรหัสในเลขฐานสองคือ 00000000 และสีขาวก็จะถูกแทนด้วยรหัส 11111111 และสีที่อยู่ตรงกลางระหว่างสีดำกับสีขาวก็จะไล่ไปตามลำดับ

การนับของบิตในเลขฐานสองดังภาพที่ 2-4 สำหรับภาพเป็นแบบโทนขาวดำ (Grayscale) แต่ละจุดภาพก็จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสีตั้งแต่ 0 ถึง 255 ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-4 ตัวอย่างการไล่ระดับของโทนสี



ภาพที่ 2-5 ตัวเลขแทนระดับโทนสี

จะเห็นได้ว่า แต่ละจุด ๆ จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลข ซึ่งตัวเลขเหล่านี้ก็อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 คือตั้งแต่ 0, 1, 2, ...255 เป็นโทนสีเทา แต่ถ้าเป็นภาพขาวดำจะมีอยู่ด้วยกันแค่ 2 สีคือ สีดำ แทนด้วยเลข 0 กับสีขาวแทนด้วยเลข 1 เพราะฉะนั้นถ้าเป็นภาพขาวดำหนึ่งจุดภาพจะใช้พื้นที่เก็บข้อมูลเพียง 1 บิตเท่านั้น แต่ถ้าเป็นภาพในโทนสีเทานั้น ใน 1 จุดภาพจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจำนวน 8 บิต เนื่องจากค่าระดับสีเมื่อเปลี่ยนเป็นเลขฐานสองแล้วจะได้ 8 บิต เช่น

ค่าระดับสี 0 ก็คือ 00000000 ค่าระดับสี 1 ก็คือ 00000001

ค่าระดับสี 2 ก็คือ 00000010 ... ค่าระดับสี 255 ก็คือ 11111111

ในหนึ่งจุดสีของภาพหรือในหนึ่งพิกเซลจะมีค่าแทนระดับสีค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น จึงใช้พื้นที่ในการเก็บเพียงข้อมูล 8 บิต บางครั้งจะการใช้การเขียนตัวเลขในรูปแบบยกกำลัง 2 คือภาพขาวดำจะแทนด้วยเลข 2 ยกกำลัง 1 (โดยเลข 1 หมายถึง 1 บิต) ภาพโทนสีเทาจะแทนด้วยเลข 2 ยกกำลัง 8 (8 ก็คือ 8 บิต) ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ ถ้าภาพ ๆ นั้นใช้ระดับสีน้อยตามลำดับ

เช่น 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 (1 บิต) ผลที่ได้ก็คือภาพในแต่ละลำดับจะมีการไล่สีของภาพนั้นที่แตกต่างกัน โดยภาพที่มีระดับสีน้อยจะทำให้ภาพเป็นจุดสีที่ไม่สมดุล ทำให้ภาพที่ได้ดูไม่กลมกลืน ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างของภาพที่ใช้สีแตกต่างกัน

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ว่าในความเป็นจริง ความละเอียดของภาพจะมีมากกว่านี้ และอัตราในการสุ่มภาพนั้น ถ้าไม่คำนึงถึงคุณภาพและรายละเอียดของภาพ แต่คำนึงถึงส่วนที่เป็นเนื้อหาของภาพ สามารถใช้อัตราที่น้อยได้ เช่น ต้องการทราบลักษณะของภาพว่าภาพดังกล่าวนี้เป็นภาพอะไร ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงเนื้อหาของภาพแบบดิจิทัล ก็จะเกี่ยวข้องกับเรื่องของมุมมองเห็นของมนุษย์ด้วย เพราะภาพที่มีความละเอียดต่างกัน ดวงตาของมนุษย์อาจไม่สามารถแยกออกได้ หรือการให้ความสำคัญหรือความสนใจเพียงเนื้อหา แต่ไม่สนใจในรายละเอียด ดังนั้นถ้าภาพใดๆที่มีการสุ่มจุดภาพมาเพียง 2 ยกกำลัง 1 หากต้องการดูว่าภาพดังกล่าวหมายถึงภาพอะไร ก็สามารถสุ่มจุดภาพในระดับดังกล่าวได้ ขณะเดียวกันหากมีความต้องการความละเอียดในการสุ่มจุดภาพที่มีค่ามาก ก็จะต้องมีการสุ่มจุดภาพในอัตราที่สูงขึ้นตามความต้องการในการใช้งาน

2.2 โหมดสีบนจอคอมพิวเตอร์

ในการสร้างไฟล์ภาพกราฟิกด้วยคอมพิวเตอร์ จะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับ โหมดสีในระบบคอมพิวเตอร์ (Color Mode) ซึ่งโหมดสีดังกล่าว จะนำไปใช้งานกับไฟล์ภาพกราฟิกประเภทต่าง ๆ ดังนั้น โหมดสีที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ จึงเป็นส่วนที่นำไปใช้กำหนดคุณสมบัติของไฟล์ภาพ ประเภทกราฟิก เช่นขนาด ความละเอียด เพื่อให้การสร้างงานกราฟิกได้ผลตรงตามต้องการ ผู้ใช้จะต้องเข้าใจเกี่ยวกับโหมดสีในคอมพิวเตอร์ด้วย ทั้งนี้ โหมดสีที่ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 โหมดบิตแมป (Bitmap) เป็นโหมดสีที่เก็บข้อมูลของสีจำนวน 1 บิตต่อ 1 พิกเซล (bit/pixel) โดยจะแสดงสีได้เพียงสีขาวและสีดำ และจะไม่มีกรไลโทนสี ทำให้ลักษณะภาพ ที่ได้มีความหยาบ แต่ก็จะได้ภาพที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับภาพลายเส้น

2.2.2 โหมดอินเด็กซ์คัลเลอร์ (Indexed Color) เป็นโหมดสีที่มีการใช้ตารางในการเทียบสี โดยจะใช้ข้อมูลอ้างอิงจำนวน 8 บิตต่อหนึ่งพิกเซล ทำให้แสดงสีได้ทั้งสิ้น 256 สีต่อพิกเซล แต่มีข้อเสียคือมีเลเยอร์ภาพเพียงเลเยอร์เดียว ทำให้ภาพขาดรายละเอียดต่างๆ ไปพอสมควร

2.2.3 โหมด Gray-scale เป็นโหมดภาพที่สามารถไลโทนได้ 256 ระดับ

2.2.4 โหมดอาร์จีบีคัลเลอร์ (RGB Color) เป็นโหมดสีที่มีการใช้ Channel สี จำนวนเพียง 3 สีหลักคือ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน ในแต่ละสี จะสามารถไล่เฉดสีได้ 256 ระดับ เมื่อรวมทั้ง 3 สีแล้ว จะสามารถแสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งเหมาะต่อการตกแต่งภาพ

2.2.5 โหมดดูโอโทน(Duotone) เป็นโหมดสำหรับภาพแบบ Monotone, Duotone, Tritone โดยรูปภาพ จะแสดงแบบ Grayscale เพียง Channel เดียว มีค่า 8 บิตต่อพิกเซล

2.2.6 โหมด CMYK Color เป็นโหมดสีที่เกิดขึ้นจาก Channel ของสีทั้งหมด 4 สีได้แก่สีฟ้า (Cyan) สีบานเย็น (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black) แต่ละสีเก็บข้อมูล 8 บิตและ เป็นโหมดที่เหมาะสมสำหรับงานพิมพ์

2.2.7 โหมด Multichannel เป็นโหมดสีที่มีการเก็บข้อมูลสีที่ 8 บิตต่อหนึ่งพิกเซล และจะแสดงสีได้ 256 สี ใช้ในงานพิมพ์บางอย่าง

2.2.8 โหมด Lab Color เป็นโหมดสีเสมือนจริง โดยมีการใช้ค่า Lightness แทนความสว่าง มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 และค่า a แทนสีเขียวถึงสีแดง และค่า b แทนสีน้ำเงิน ซึ่งมีค่า +120 ถึง -120 ใช้ในงานพิมพ์ระดับสูง

2.3 ภาพและการเกิดสปีบนจอคอมพิวเตอร์

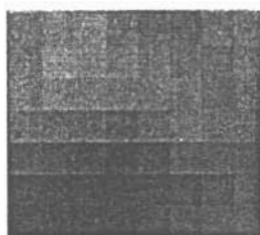
ภาพที่ปรากฏขึ้นบนจอภาพคอมพิวเตอร์แต่ละภาพ ประกอบขึ้นจากจุดต่างๆ บนภาพนำมา รวมกันกลายเป็นภาพ โดยในหนึ่งจุดภาพจะมีรายละเอียดของสีต่างๆ

2.3.1 จุดภาพ (Pixel)

จุดภาพ หรือ พิกเซล เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ คือจุดภาพบนจอแสดงผล หรือ จุดภาพใน รูปภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น โดยภาพหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วยจุดภาพหรือพิกเซลมากมาย และแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดภาพ หรือบางครั้งแทนว่าความละเอียด (ความคมชัด) ที่แตกต่างกันไป จึงใช้ในการบอกคุณสมบัติของภาพ จอภาพ หรือ อุปกรณ์แสดงผลภาพได้จอภาพที่

มีจำนวนพิกเซลมาก จะมีความละเอียดของภาพมาก โดยมากจะระบุจำนวนพิกเซลแนวนอนคูณด้วยจำนวนพิกเซลในแนวตั้ง เช่น 1366 x 768 พิกเซล

คำว่า "พิกเซล" (Pixel) เป็นการรวมคำสองคำเข้าด้วยกัน โดยมาจากคำว่า "พิกเจอร์" (Picture) ที่แปลว่า รูปภาพ และ "เอเลเมนต์" (Element) ที่แปลว่า องค์ประกอบของพิกเซล หรือหน่วยพื้นฐานของภาพ เทียบได้กับ "จุดภาพ" 1 จุด แต่ละพิกเซลเปรียบได้กับสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่บรรจุค่าสี โดยถูกกำหนดตำแหน่งไว้บนเส้นกริดของแนวแกน x และแกน y หรือในตารางเมตริกซ์สี่เหลี่ยม ภาพบิตแมปจะประกอบด้วยพิกเซลหลายๆ พิกเซลดังภาพที่ 2-7



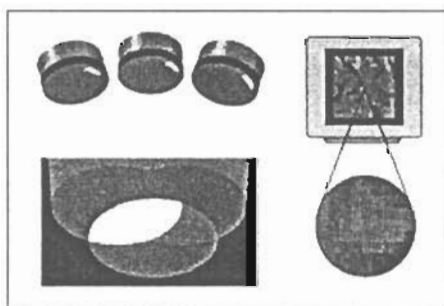
ภาพที่ 2-7 จุดภาพของภาพขาวดำ

2.3.2 การเกิดสีและภาพบนจอคอมพิวเตอร์

จอภาพของคอมพิวเตอร์ กับจอภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ โดยทั่วไปจะมีหลักในการสร้างสีและภาพบนจอคอมพิวเตอร์ที่เหมือนกัน กฤษมันต์ [2] ได้กล่าวถึงวิธีการทำงานไว้ว่าลำอิเล็กตรอนจะกวาดจอไปทางด้านหลัง เมื่อผ่านจุดเรืองแสง (Phosphor Dots) สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) รวมเป็นอาจีบี (RGB) สีเหล่านี้จะส่งแสงออกมาสู่ดวงตา การกวาดของลำอิเล็กตรอน จะเริ่มบนขอบภาพด้านซ้ายแล้วกวาดมาทางขวาจนสุดขอบ แล้วเริ่มคันใหม่ ลำอิเล็กตรอนจะมีสัญญาณภาพและสีอยู่ เมื่อถึงส่วนใดของจอภาพที่ควรจะให้เกิดสีหรือจุดของภาพ สัญญาณนั้นก็จะทำให้จุดบนจอภาพเรืองแสงขึ้นและติดต่อกันเป็นรูปร่างของภาพและสีที่ปรากฏ และจอภาพคอมพิวเตอร์ที่เราเห็นแสดงสีกันได้สวยงามนั้น ก็มาจากการผสมกันของแม่สี 3 สี ดังกล่าว โดยแต่ละสีจะมีความเข้มได้ 256 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0-255 และเมื่อผสมกันทั้ง 3 สีแล้ว จำนวนสีที่สามารถแสดงได้ก็คือ $256 \times 256 \times 256$ หรือประมาณ 16.7 ล้านสี หรือ ที่เรียกว่าความคมชัด 24 บิต

การแสดงสีของภาพที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์จะมีความคมชัดหรือไม่คมชัด ก็จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของจอภาพ (Resolution) และความสามารถของการ์ดแสดงผลจอภาพ (VGA Card) ซึ่งกิดานันท์ [3] ได้กล่าวไว้ว่าจอคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถ แสดงสีได้ถึง 16.7 ล้านสี ซึ่ง

มากกว่าในอดีตที่แสดงผลได้เพียง 256 สี หรือ 8 บิต แต่ว่าขีดจำกัด ของเครื่องรับที่ผู้ชมแต่ละคน อาจจะแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาในเรื่องที่กล่าวมา จึงได้มีการกำหนด ชุดสีมาตรฐาน ขึ้นมาเรียกว่า Web-safe หรือ Browser-safe เพื่อให้โปรแกรมที่เปิดใช้งานทุกโปรแกรม สามารถแสดงผลในส่วนของสีภาพได้เหมือนกันหมด โดยชุดสีดังกล่าวนี้จะมีสีเพียง 216 สี เท่านั้น ถ้าหาก มีการใช้สีที่นอกเหนือจากนี้แล้ว โปรแกรมที่ใช้งานจะแปลงสีในชุดสีมาตรฐานให้ใกล้เคียงกับสีเดิมมากที่สุด ซึ่งอาจจะทำให้ภาพที่ปรากฏไม่คมชัดเท่ากับต้นฉบับ



ภาพที่ 2-8 การเกิดภาพสีที่สามารถมองเห็นบนจอภาพ

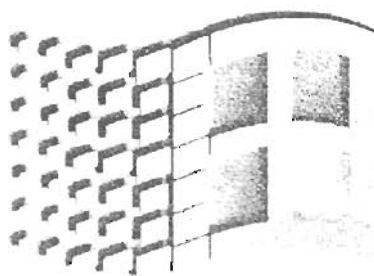
2.4 รูปแบบของไฟล์ภาพดิจิทัลในคอมพิวเตอร์

รูปแบบไฟล์ภาพดิจิทัล จะเป็นการเก็บข้อมูลภายในเพื่อบอกกับคอมพิวเตอร์และ ผู้ใช้งาน ว่า ไฟล์นั้นเป็นไฟล์ข้อมูลประเภทใด เช่น ไฟล์ที่เก็บข้อความ ไฟล์ที่เก็บรูปภาพ หรือไฟล์ที่เก็บเสียง เป็นต้น รูปแบบไฟล์ภาพดิจิทัลหรือไฟล์ภาพกราฟิก ที่นิยมใช้ทั่วไปมีอยู่ 4 ประเภท คือ ไฟล์ ชนิด BMP, GIF, JPEG และ PNG ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ สามารถอ่านข้อมูลและแสดง ข้อมูลในภาพเหล่านั้นได้ สำหรับไฟล์ภาพในแต่ละประเภท ก็จะมี ข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป ดังนั้นผู้ที่นำไปใช้งานในด้านต่างๆ ก็ต้องศึกษา และเข้าใจถึงลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ด้วย ซึ่งมี รายละเอียดดังที่ วงศ์ประชา [4] ได้กล่าวไว้ดังนี้

2.4.1 รูปแบบไฟล์ประเภท BMP

ไฟล์ภาพกราฟิกประเภทที่มีส่วนขยายของไฟล์เป็น BMP (Windows Bitmap File) คือชนิด ของไฟล์ภาพกราฟิกที่เกิดจากรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ หรือที่เรียกกันว่า จุดภาพ(Pixel) หลาย ๆ จุดภาพ หลายๆ สีเรียงต่อกัน จนทำให้เกิด เป็นภาพให้สายตามนุษย์ได้มองเห็น คุณภาพของไฟล์ภาพแบบ BMP นั้นขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ ถ้าภาพมีความละเอียดมาก ความคมชัดสมจริงของภาพ ก็ จะมากตามไปด้วย และเมื่อภาพยิ่งชัดเจนนากไฟล์ภาพก็จะมีขนาดของไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ตามไป ด้วยไฟล์ภาพชนิด BMP จะมีความสามารถในการแสดงสี ได้ตั้งแต่ 2, 16, 256 และ 16 ล้านสี

ซึ่งไฟล์ดังกล่าวนี้ใช้ในโปรแกรมกราฟิกทั่วไป เช่น โปรแกรม Paint, PhotoShop, PaintShop และอื่นๆ นับเป็นไฟล์กราฟิกแบบพื้นฐานที่สุด ตัวอย่างเช่น ไฟล์ภาพสำหรับการทำ Wallpaper ของโปรแกรม Microsoft Windows รุ่นต่างๆ นั่นเอง ไฟล์ภาพชนิดนี้มีความเหมาะสมสำหรับ ไฟล์ภาพกราฟิกพวกภาพการ์ตูน หรือภาพลายเส้นต่างๆ ที่เกิดจากการวาด แต่หากเป็นภาพถ่าย ซึ่งมีความซับซ้อนของภาพสูงมาก จะทำให้ ไฟล์ภาพมีขนาดใหญ่มาก แต่ก็ให้รายละเอียดของภาพ ได้ใกล้เคียง กับภาพต้นฉบับเช่นกัน และเนื่องจาก การจัดเก็บไฟล์ของ BMP จะเป็นจุดสีทีละจุดๆ ละสูงสุด 24 บิต จึงทำให้ไม่มีการสูญเสียข้อมูลใด ๆ โดยเฉพาะเมื่อนำไปทำการบีบอัดข้อมูลให้มีขนาดเล็กลง เพราะใช้เทคนิคของ Lossless Compression



ภาพที่ 2-9 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ BMP

2.4.2 รูปแบบไฟล์ประเภท GIF

ไฟล์ภาพกราฟิกที่อยู่ในรูปแบบของ GIF (Graphical Image Format) หรือ กิฟไฟล์เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับเว็บเพจมากที่สุด เพราะมีขนาดของไฟล์เล็กอันเนื่องมาจากว่าไฟล์ดังกล่าวนี้ได้มีการบีบอัดข้อมูล โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “Lossless Compression” คือเมื่อผ่านการบีบอัดไฟล์ภาพแล้วจะมีการสูญหาย ของข้อมูลน้อย นั่นคือภาพที่ได้ จะเหมือนกับต้นฉบับมาก และยังสามารถนำไปสร้างเป็นภาพเคลื่อนไหวได้อีก นอกจากนี้ ไฟล์ชนิดนี้สามารถทำให้พื้นหลังโปร่งใส(Transparent) เพื่อให้ภาพนั้นกลมกลืนกับภาพพื้นหลัง (Background) และลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของไฟล์ภาพรูปแบบ GIF คือ การสอดประสาน (Interlace) เป็นการแสดงภาพในขณะที่กำลังรอให้ปรากฏเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละชั้นจะค่อยๆ เพิ่มความชัดเจนของภาพขึ้นมานจนปรากฏทั้งหมด อย่างไรก็ตาม รูปแบบไฟล์ภาพ GIF มีข้อจำกัดคือแสดงสีได้มากที่สุดเพียง

256 สีเท่านั้น ดังนั้นภาพกราฟิกส่วนใหญ่ ที่ใช้รูปแบบของไฟล์ GIF จึงเป็นภาพลายเส้น ภาพการ์ตูน ที่มีจำนวนสีไม่มากนัก ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ GIF

2.4.3 รูปแบบไฟล์ประเภท JPEG

ไฟล์ภาพชนิด JPEG หรือ JPG เป็นรูปแบบของไฟล์ภาพ ที่มีความเหมาะสมที่สุด กับการใช้งานในการแสดงภาพ หรือ การจัดเก็บภาพถ่าย เพื่อใช้กับงานเว็บไซต์ เพราะ ขนาดของไฟล์มีความเล็กมากเป็นพิเศษ เพราะมีการใช้เทคโนโลยี การบีบอัดไฟล์ ที่สามารถลดขนาดให้เหลือเพียง 1/10 หรือ 1/20 ของไฟล์ภาพเดิม อย่างไรก็ตามยังมีข้อเสีย ตามมา นั่นคือถึงแม้จะทำการบีบอัดข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงมาแล้ว แต่ก็ทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลบางอย่าง ซึ่งนั่นก็หมายถึงว่าคุณภาพของภาพ อาจตกลงไปบ้าง ในตอนที่มีการจัดเก็บ ไฟล์และยังมีการ save ภาพนั้น ต่อๆ ไปเรื่อยๆ คุณภาพของไฟล์ภาพนั้น ๆ ก็จะยิ่งตกลงไปเรื่อย ๆ ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการ save ไฟล์ ภาพดังกล่าวแบบ ต่อๆ กันไปในภาพเดียวกัน ทำให้ไฟล์ภาพชนิด JPG ไม่เหมาะสมกับการจัดเก็บภาพ ที่เป็นภาพต้นฉบับที่สำคัญๆ หรือ ไฟล์ภาพ ต้นฉบับที่ต้องการนำไปตกแต่ง เพิ่มเติมในภายหลัง เพราะมันจะมีผล ต่อคุณภาพ ของไฟล์ภาพที่ลดลง และจะทำให้ภาพต้นฉบับมีปัญหา ต่อการจัดพิมพ์ขึ้นได้ ดังนั้น การจัดเก็บไฟล์ภาพที่เป็นต้นฉบับ ควรเก็บไว้ในรูปแบบอื่นที่ไม่มีการตัดข้อมูลของภาพออกไป ส่วนไฟล์ภาพ JPG นั้นควรใช้จัดเก็บ ในกรณีที่เป็นต้องใช้ไฟล์ขนาดเล็กเท่านั้น

ไฟล์ภาพชนิด JPG ยังมีความซับซ้อน ในเชิงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่สูงมาก ๆ ทำให้ต้องใช้ CPU ที่มีการทำงานที่ความเร็วสูงพอสมควร ในการถอดรหัสข้อมูลไฟล์ภาพแบบนี้ หากเป็น CPU ของรุ่นเก่าอย่าง 486/33 การที่จะประมวลผลภาพชนิด JPG ได้จะต้องใช้เวลาพอสมควร โดยเฉพาะในภาพขนาดใหญ่ ไฟล์ภาพชนิด JPG นอกจากความสามารถในการบีบอัดไฟล์ ให้มีขนาดเล็กลงแล้ว ไฟล์ภาพชนิด JPG ก็ยังมีคุณสมบัติของ Progress JPEG คือเมื่อมีการโหลดภาพบน

โปรแกรมใดๆ จะแสดงภาพจากภาพที่มีความหยاب ไปสู่ภาพที่มีความละเอียดขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งภาพกราฟิกที่ถูกโหลดมาเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 2-11 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ JPG

2.4.4 รูปแบบไฟล์ประเภท PNG

ไฟล์ภาพชนิด PNG (Portable Network Graphic) เป็นรูปแบบที่พัฒนาเพื่อต้องการ หลีกเลี่ยง ปัญหา เรื่องลิขสิทธิ์จากการใช้กราฟิกรูปแบบไฟล์ชนิด GIF ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท Compuserve กล่าวคือ บริษัทผู้ผลิตซอฟต์แวร์จะนำไฟล์ชนิด GIF ไปใช้ได้ จะต้องขอ อนุญาตและจ่ายค่าลิขสิทธิ์ เพื่อใช้ไฟล์ ภาพชนิด GIF ก่อน จึงทำให้มีผู้พัฒนาไฟล์รูปแบบ PNG ขึ้นใช้แทนที่ไฟล์ชนิด GIF ซึ่งก็ทำให้รูปแบบของ ไฟล์ข้อมูลชนิด PNG สามารถ ใช้การบีบอัดได้เช่นเดียวกับ GIF นั่นคือจะไม่ มีการสูญเสียส่วนของข้อมูลใด ๆ ในการบีบอัดข้อมูล และสามารถเก็บไฟล์ข้อมูลได้ขนาดที่เล็กกว่า ไฟล์ภาพชนิด GIF อีกทั้งยังสามารถแสดงสี ได้มากกว่า อย่างไรก็ตามโปรแกรมทางด้านกราฟิกที่ สนับสนุนรูปแบบไฟล์ภาพชนิดนี้ยังมีอยู่น้อย ซึ่งทำให้ เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน แต่ในอนาคตอัน ใกล้รูปแบบไฟล์ภาพชนิด PNG ก็จะเป็นที่นิยมใช้กันมาก



ภาพที่ 2-12 ภาพตัวอย่างของไฟล์ภาพ PNG

2.5 การแปลงภาพ

การแปลงภาพ (Image Transformation) เป็นการนำข้อมูลที่เก็บไว้ในจุดภาพตามตำแหน่งของภาพ มาเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของภาพเพื่อให้ได้ภาพใหม่ที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลภาพ ซึ่งการแปลงภาพในขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย การเลื่อนภาพ การหมุนภาพ การย่อขยายภาพ และการบิดภาพ ดังรายละเอียดที่ มนตรี [5] ได้กล่าวถึงการแปลงภาพในขั้นตอนต่างๆ ไว้ดังต่อไปนี้

2.5.1 การเลื่อนภาพ (Image Translation)

เป็นการเลื่อนตำแหน่งของภาพตามระยะการขจัดทางแนวแกน $x(T_x)$ และตามแนวแกน $y(T_y)$ เมื่อกำหนดให้พิกัดเดิมคือ (x, y) และพิกัดใหม่คือ (x', y') จะได้สมการของการเลื่อนภาพดังนี้คือ

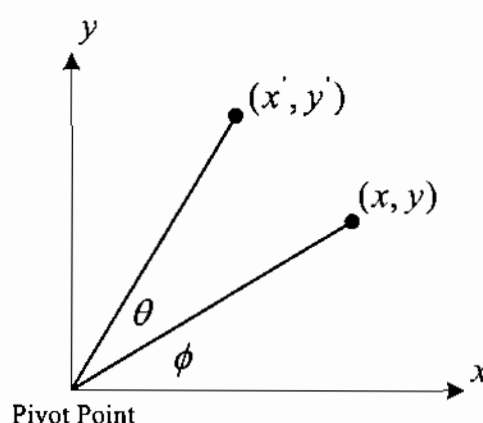
$$\begin{aligned}x' &= x + T_x \\y' &= y + T_y\end{aligned}\quad (2-1)$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = P + T$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

2.5.2 การหมุนภาพ (Image Rotation)

2.5.2.1 การหมุนตำแหน่งของภาพในระนาบ xy รอบจุด Pivot Point (จุดหมุน)



ภาพที่ 2-13 จุดหมุนของภาพ

จากภาพที่ 2-13 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}x &= r \cos(\phi) \\ y &= r \sin(\phi)\end{aligned}\quad (2-3)$$

และ

$$\begin{aligned}x' &= r \cos(\phi + \theta) = r(\cos \phi \cos \theta - \sin \phi \sin \theta) \\ y' &= r \sin(\phi + \theta) = r(\sin \phi \cos \theta + \cos \phi \sin \theta)\end{aligned}\quad (2-4)$$

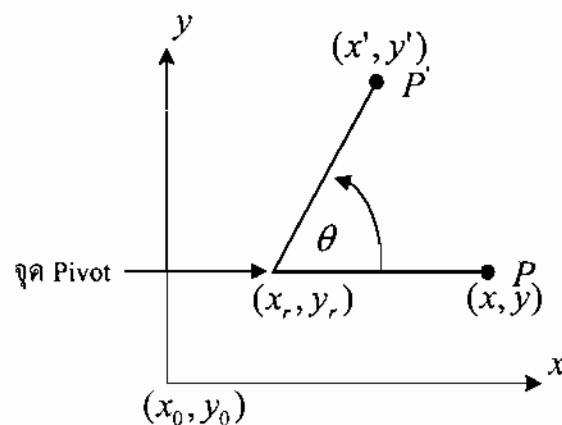
เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (2-3) และ (2-4) จะได้สมการของการหมุนรอบจุด Pivot Point ดังนี้คือ

$$\begin{aligned}x' &= x \cos(\theta) - y \sin \theta \\ y' &= x \sin(\theta) + y \cos \theta\end{aligned}\quad (2-5)$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = R.P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}\quad (2-6)$$

2.5.2.2 การหมุนตำแหน่งของภาพเมื่อจุด Pivot ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin
พิจารณาเมื่อจุด Pivot ไม่ได้อยู่ในตำแหน่ง (0,0) (ย้ายไปอยู่ที่ตำแหน่ง (x_r, y_r))



ภาพที่ 2-14 การย้ายตำแหน่งของภาพ

วิธีการในการหมุนภาพเมื่อจุดหมุนไม่ใช่จุด Origin สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ทำการเปลี่ยนจุด Pivot ไปยังจุด Origin

$$\begin{aligned}x_0 &= x - x_r \\y_0 &= y - y_r\end{aligned}\quad (2-7)$$

2. ทำการหมุนรอบจุด Origin

3. ย้ายกลับไปยังจุดเดิม โดยการบวกด้วย x_r และ y_r

4. สมการการหมุนรอบจุด Pivot ใด ๆ ที่ไม่ใช่จุด Origin มีลักษณะดังนี้คือ

$$\begin{aligned}x' &= (x - x_r)\cos\theta - (y - y_r)\sin\theta + x_r \\y' &= (x - x_r)\sin\theta + (y - y_r)\cos\theta + y_r\end{aligned}\quad (2-8)$$

2.5.3 การย่อและขยายภาพ (Image Scaling)

2.5.3.1 การย่อและขยายภาพโดยจุด Fixed อยู่ที่จุด Origin

วิธีการย่อและขยายภาพโดยจุด Fixed อยู่ที่จุด Origin สามารถทำได้โดยใช้ Scaling factor ได้แก่ S_x และ S_y ซึ่งใช้สำหรับการย่อและการขยายภาพในทางแกน x และ y ตามลำดับ โดยถ้า

$0 < S_x, S_y < 1$ แสดงว่าเป็นการย่อภาพ

$S_x, S_y > 1$ แสดงว่าเป็นการขยายภาพ

$S_x = S_y$ แสดงว่าย่อและขยายจะเป็นไปตามสัดส่วน

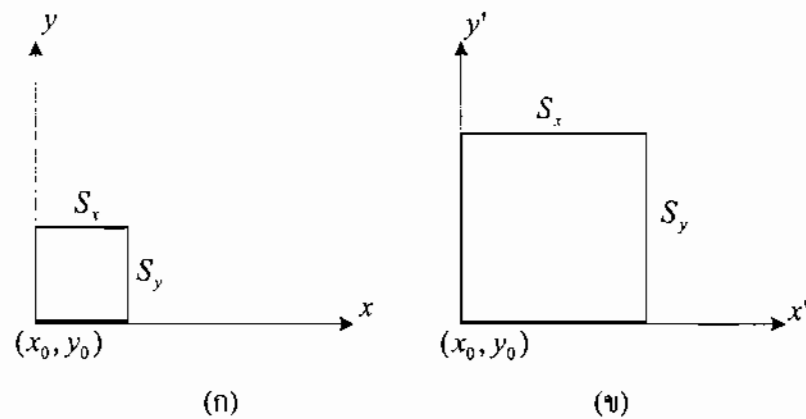
$S_x \neq S_y$ แสดงว่าย่อและขยายจะไม่เป็นอัตราส่วน

สมการของการ Scaling จะมีลักษณะดังนี้

$$\begin{aligned}x' &= xS_x \\y' &= yS_y\end{aligned}\quad (2-9)$$

ดังนั้นย่อและขยายภาพโดยใช้เมตริกจะมีลักษณะดังนี้คือ $P' = S \cdot P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad S = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix}\quad (2-10)$$



ภาพที่ 2-15 การขยายภาพโดยจุด Fixed อยู่ที่จุด Origin

2.5.3.1 การย่อและการขยายภาพเมื่อจุด Fixed ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin

วิธีการในการย่อและขยายภาพเมื่อจุด Fixed ของการย่อและขยายไม่ได้อยู่ที่จุด Origin สามารถทำได้ดังนี้คือ

วิธีการในการหมุนภาพเมื่อจุดหมุนไม่ได้อยู่ที่จุด Origin สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ทำการย้ายตำแหน่งของภาพไปยังจุด Origin
2. ทำการย่อขยายภาพรอบจุด Origin
3. ทำการย้ายตำแหน่งของภาพไปยังจุด Fixed Point เหมือนเดิม

ซึ่งจากขั้นตอนของการย่อและขยายภาพเมื่อจุด Fixed ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin จะได้สมการดังนี้

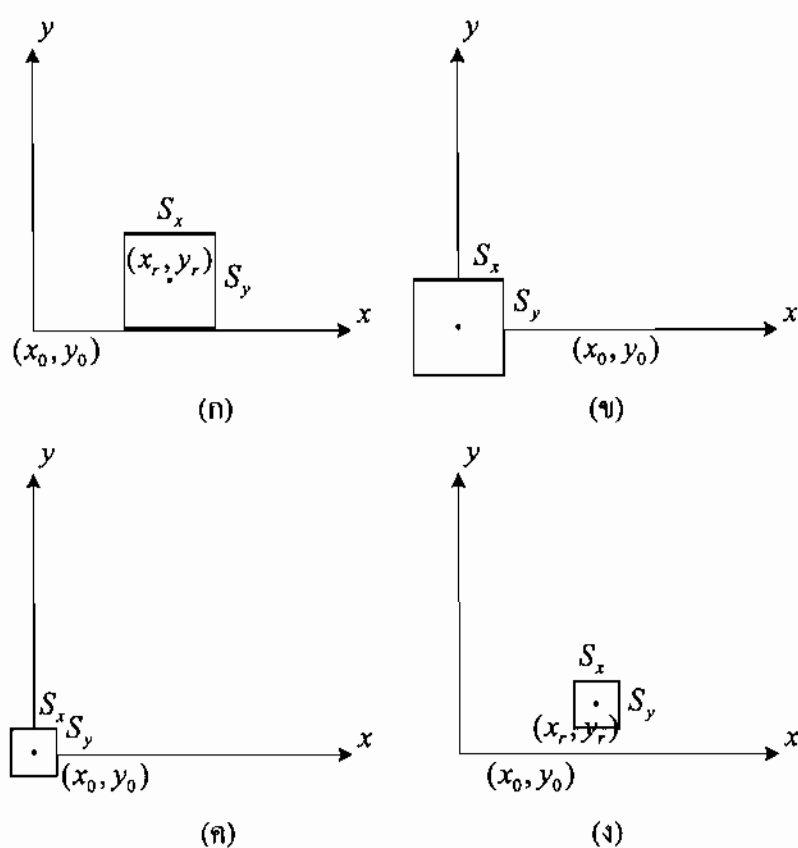
$$\begin{aligned}x' &= (x - x_r)S_x + x_r \\y' &= (y - y_r)S_y + y_r\end{aligned}\quad (2-11)$$

จะแปลงได้เป็นดังนี้คือ

$$\begin{aligned}x' &= xS_x + x_r(1 - S_x) \\y' &= yS_y + y_r(1 - S_y)\end{aligned}\quad (2-12)$$

ดังนั้นการย่อและขยายภาพโดยใช้เมตริกจะมีลักษณะดังนี้คือ

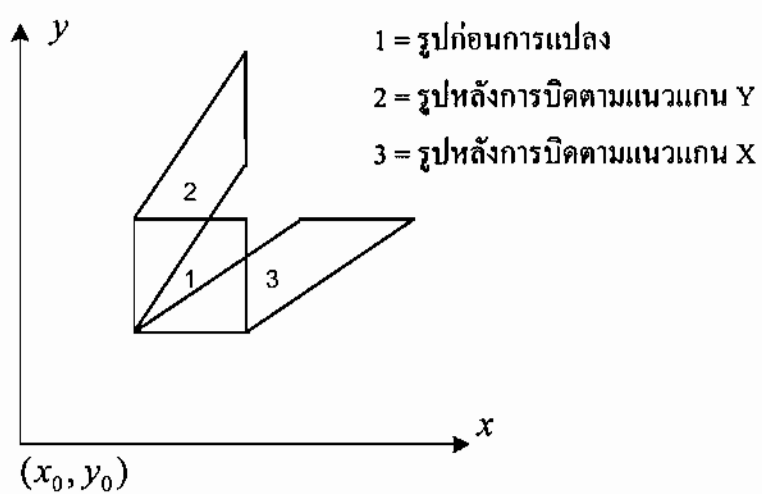
$$P' = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_r(1 - S_x) \\ y_r(1 - S_y) \end{bmatrix}\quad (2-13)$$



ภาพที่ 2-16 การข่ภาพโดยจุด Fixed ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin

2.5.4 การบิดภาพ (Image Shearing)

การบิดภาพสามารถบิดภาพได้ทั้งแนวแกน x และ y ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 การบิดภาพ

โดยที่การบิดภาพตามแนวแกน x จะมีสมการดังนี้คือ

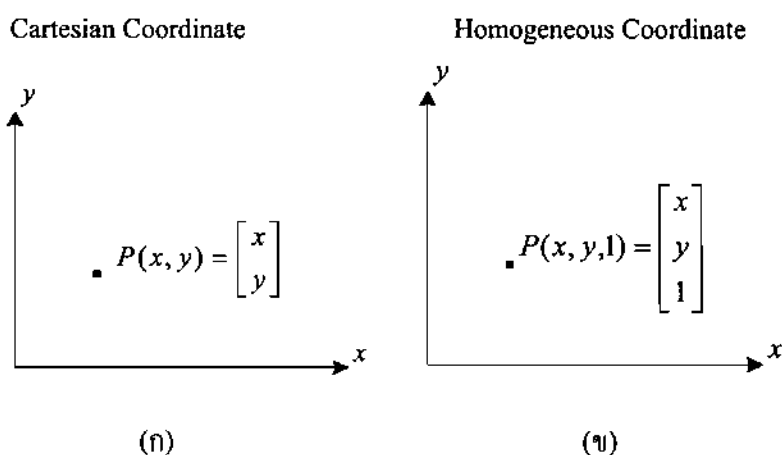
$$\begin{aligned} shX &= \begin{bmatrix} 1 & a \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \\ y' &= y \\ x' &= x + y(shX) \end{aligned} \quad (2-14)$$

และการบิดภาพตามแนวแกน y จะมีสมการดังนี้

$$\begin{aligned} shY &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ b & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \\ x' &= x \\ y' &= y + x(shY) \end{aligned} \quad (2-15)$$

2.5.5 Homogeneous Coordinate

การอ้างอิงโคออดิเนตที่ผ่านมาจะมีลักษณะเป็น 2 ตำแหน่งคือ x และ y ซึ่งเรียกว่า Cartesian Coordinate ข้อเสียของการใช้โคออดิเนตแบบนี้ก็คือ เมื่อมีการแปลงภาพหลายๆ อย่างเข้าด้วยกันจะทำให้ผลลัพธ์ของเมตริกของการแปลงภาพอยู่ในรูปของการบวกและการคูณกันของเมตริก ดังนั้นเพื่อให้ผลลัพธ์ของการแปลงภาพอยู่ในรูปของการคูณกันของเมตริกทั้งหมดจะทำให้ง่ายต่อการคำนวณจึงกำหนดให้มีโคออดิเนตแบบ Homogeneous ซึ่งจะมีลักษณะดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 การแปลงจุดภาพจาก Cartesian Coordinate เป็น Homogeneous Coordinate

ดังนั้นเมตริกของการแปลงแบบต่าง ๆ จะมีลักษณะเป็นดังนี้

การเลื่อนภาพ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + T_x \\ y + T_y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-16)$$

การหมุนภาพ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-17)$$

การย่อและขยายภาพ

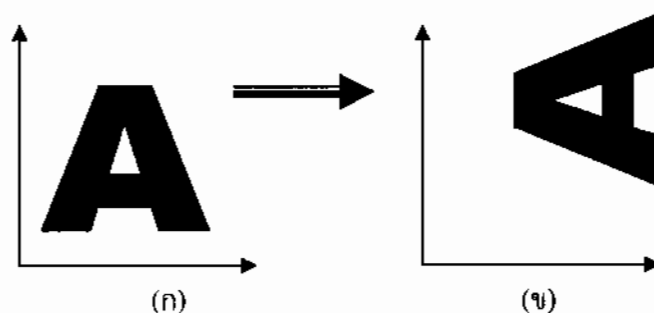
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-18)$$

2.5.6 Euclidean Transformation

Euclidean Transformation เป็นการแปลงภาพจากจุดหนึ่ง ไปยังจุดใหม่ใดๆ บนระนาบ โดยมีรูปแบบทั่วไปของสมการทางเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-19)$$

จากสมการเมตริกซ์ของ Euclidean Transformation จะเห็นได้ว่า การแปลงภาพโดยวิธีนี้ถือเป็นพื้นฐานของการแปลงภาพซึ่งสามารถดำเนินการในการแปลงรูปภาพได้ 2 รูปแบบคือ การหมุนภาพ และการเคลื่อนที่ภาพ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-19



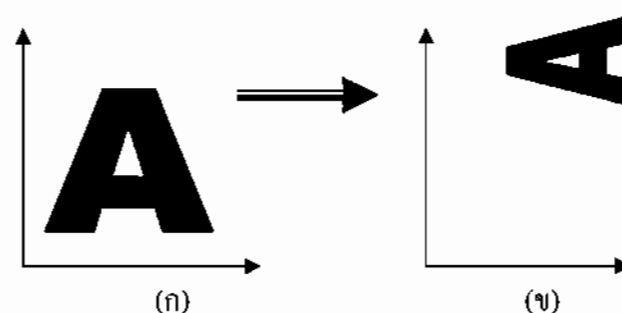
ภาพที่ 2-19 การแปลงภาพโดยวิธี Euclidean Transformation

2.5.7 Rigid Transformation

Rigid Transformation เป็นการแปลงภาพจากจุดหนึ่ง ไปยังจุดใหม่ใดๆ บนระนาบ โดยมีรูปแบบทั่วไปของสมการทางเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & dx \\ \sin \theta & \cos \theta & dy \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-20)$$

จากสมการของ Rigid Transformation จะเห็นได้ว่าการแปลงภาพโดยวิธีนี้ถือเป็นพื้นฐานของการแปลงภาพเช่นเดียวกับวิธีของ Euclidean Transformation ซึ่งสามารถดำเนินการกับภาพได้ 3 รูปแบบคือ การหมุนภาพ การย่อขยาย และการเคลื่อนที่ภาพ แต่การบิดภาพไม่สามารถทำได้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-20



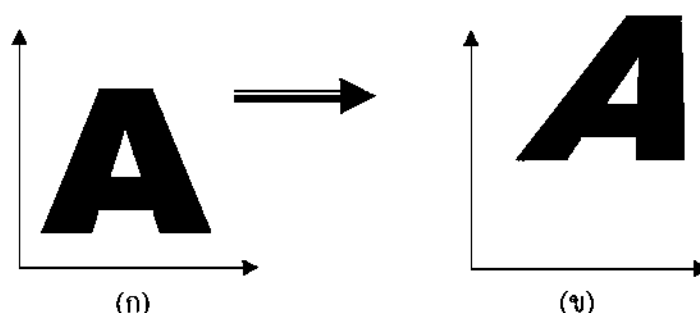
ภาพที่ 2-20 การแปลงภาพโดยวิธี Rigid Transformation

2.5.8 Affine Transformation

Affine Transformation เป็นการแปลงภาพจากจุดหนึ่ง ไปยังจุดใหม่ใดๆ บนระนาบ โดยมีรูปแบบทั่วไปของสมการทางเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-21)$$

จากสมการของ Affine Transformation จะเห็นได้ว่า การแปลงภาพโดยวิธีมีการพัฒนาความสามารถในการภาพให้สามารถดำเนินการกับภาพได้ 4 รูปแบบคือ การหมุนภาพ การย่อขยายภาพ การเคลื่อนที่ภาพ และการบิดภาพ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-21



ภาพที่ 2-21 การแปลงภาพโดยวิธี Affine Transformation

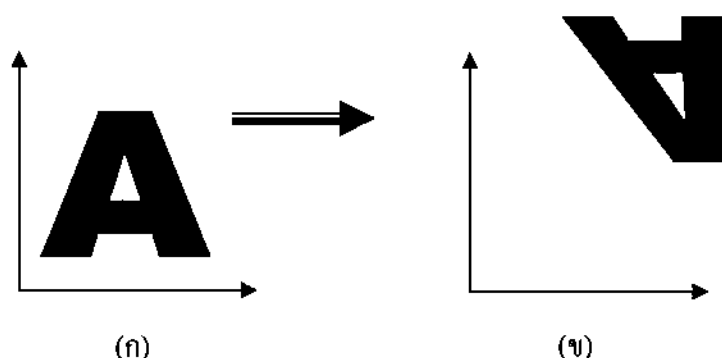
2.5.9 Projective Transformation

Projective Transformation เป็นการแปลงภาพจากจุดหนึ่ง ไปยังจุดใหม่ใดๆ บนระนาบโดยใช้ในระบบ 3 มิติ โดยมีรูปแบบทั่วไปของสมการทางเมตริกซ์ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-22)$$

จากสมการของ Projective Transformation จะเห็นได้ว่า การแปลงภาพโดยวิธีมีการพัฒนาความสามารถในการภาพให้สามารถดำเนินการกับภาพได้หลายรูปแบบนอกจากการแปลงภาพทั่วไป คือ การหมุนภาพ การย่อขยายภาพ การเคลื่อนที่ภาพ และการบิดภาพ แต่ Projective-

Transformation ยังสามารถจัดรูปแบบภาพในตำแหน่งใหม่บนระนาบ ทั้งนี้เพราะมีการเพิ่มการบอกตำแหน่งของระบบ(Plane) นอกจากตำแหน่งในจุด x และ y จึงทำให้ภาพที่เกิดขึ้นจากการแปลงภาพในระบบ 3 มิติ จึงสามารถบอกตำแหน่งพร้อมทิศทางของภาพในตำแหน่งต่างๆ ได้ดังแสดงตัวอย่างการแปลงภาพแบบ Projective Transformation ในภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 การแปลงภาพโดยวิธี Projective Transformation

2.6 การรวมภาพ

การรวมภาพ หรือ การเชื่อมต่อภาพ เป็นการนำภาพที่มีส่วนที่เหมือนกันของภาพสองภาพมาทำการเชื่อมต่อกัน เพื่อให้ภาพที่ได้กลายเป็นภาพเดียวกัน โดยในการรวมภาพจะมีการสร้างภาพผลลัพธ์ขึ้นมาโดยมีการกำหนดขนาดของภาพผลลัพธ์

กำหนดให้ $S(x, y)$ เป็นขนาดของภาพผลลัพธ์

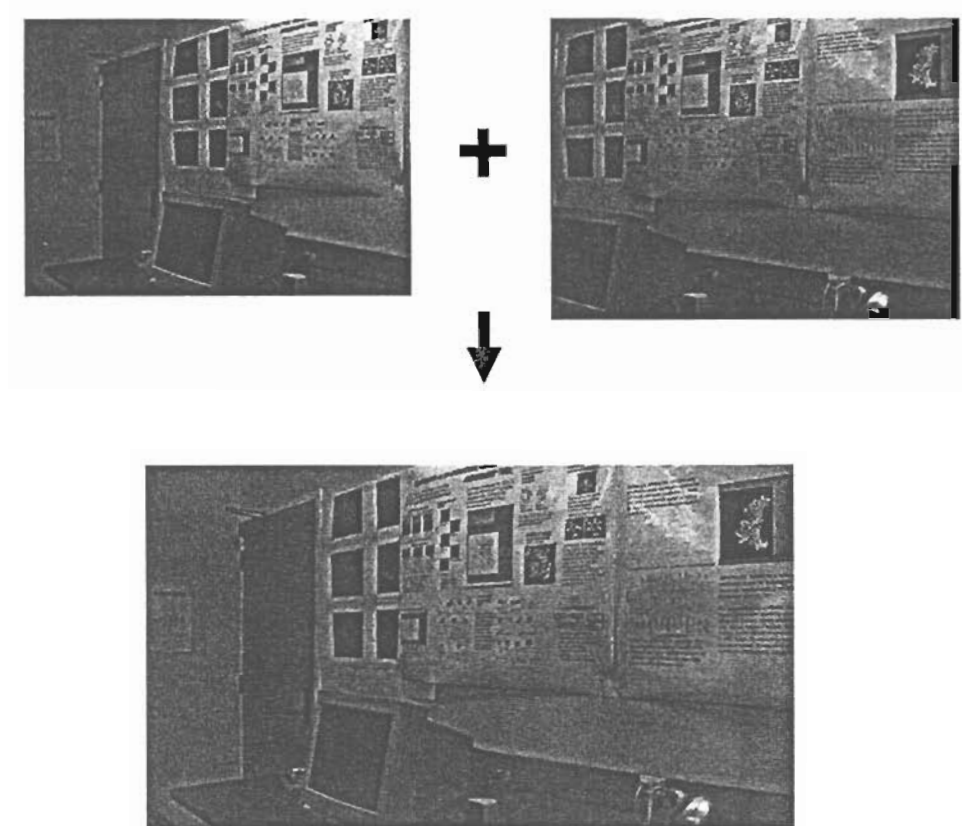
$S_1(x_1, y_1)$ เป็นขนาดของภาพที่ 1

$S_2(x_2, y_2)$ เป็นขนาดของภาพที่ 2

จะได้สมการของการกำหนดขนาดของภาพผลลัพธ์ดังนี้

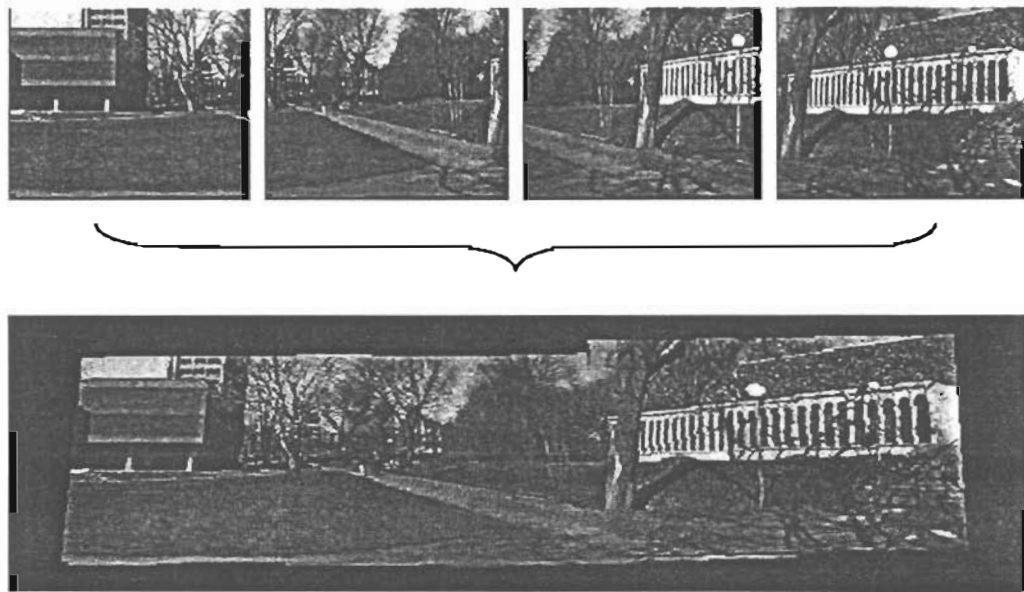
$$S(x, y) = (S_1(x_1) + S_2(x_2), S_1(y_1) + S_2(y_2)) \quad (2-23)$$

ในการรวมภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์จะใช้วิธีการอ่านข้อมูลจุดสีของภาพจากภาพต้นฉบับทั้งสองไปเก็บไว้ในที่ภาพผลลัพธ์ โดยภาพผลลัพธ์ในส่วนที่ 1 จะนำจุดภาพจากภาพที่ 1 ไปเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์ ภาพผลลัพธ์ในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนที่เหมือนกันของภาพทั้งสองจะใช้วิธีอ่านจุดภาพจากภาพทั้งสองแล้วนำมาหาค่ากลางเพื่อให้ได้จุดสีของภาพ และ ภาพผลลัพธ์ในส่วนที่ 3 จะนำจุดภาพจากภาพที่ 3 ไปเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์ ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-24 ตัวอย่างการรวมภาพสองภาพ

การรวมภาพได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้การรวมภาพที่มีผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นตามลำดับ ทั้งการลดระยะเวลาในการประมวลผลในการรวมภาพให้น้อยลง ซึ่งปกติการรวมภาพจะใช้ระยะเวลาในการประมวลผลในแต่ละขั้นตอนนานพอควร อัลกอริทึมที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนก็มีการนำมาปรับปรุงให้มีความสามารถที่ดีขึ้น และลดระยะเวลาในการประมวลผลภาพให้น้อยลงเพื่อให้สามารถนำภาพผลลัพธ์ที่ได้มาประมวลผลในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป การรวมภาพในการวิจัยส่วนใหญ่มักจะเป็นการวิจัยภาพสองภาพในลักษณะพาโนรามา ซึ่งเป็นการรวมภาพโดยใช้การต่อเนื่องกันของภาพจากด้านซ้ายไปด้านขวา ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีผลทำให้ภาพที่นำมาใช้ในการประมวลผลในการวิจัย จะต้องเป็นภาพที่มีการถ่ายเรียงต่อกันไปจากซ้ายไปขวาตามลำดับ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 ตัวอย่างการรวมภาพหลายภาพ

จากภาพที่ 2-25 จะเป็นตัวอย่างการรวมภาพแบบพาโนรามาจากซ้ายไปขวา โดยจะมีการรวมภาพในจุดที่มีส่วนของภาพเหมือนกัน ซึ่งการรวมภาพในลักษณะนี้จะใช้การรวมภาพที่ 1 กับภาพที่ 2 ก่อน จากนั้นจึงจะนำผลลัพธ์ของภาพที่ได้ไปรวมกับภาพที่ 3 และ ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะไปรวมกับภาพที่ 4 ซึ่งจากวิธีการดังกล่าวนี้ ถึงแม้ผลลัพธ์ที่เป็นภาพสุดท้ายจะได้ภาพที่มีการรวมภาพที่มีความกลมกลืนของภาพในรูปแบบพาโนรามา ตามต้องการ แต่ในแง่ของการประมวลผลจะได้ระยะเวลาเนื่องจากการรวมภาพในแต่ละขั้นตอนเช่น ภาพที่ 1 รวมกับภาพที่ 2 ก็จะใช้เวลาในการประมวลผลพอสมควร เมื่อนำภาพที่ได้ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น ไปรวมกับภาพที่ 3 ก็จะทำให้ใช้ระยะเวลาที่มากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นหากมีการสรุประยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในเชิงสถิติขนาดของภาพจะมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการประมวลผล

การพัฒนาเทคนิควิธีในการรวมภาพ ยังได้คิดถึงประโยชน์ของการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น การถ่ายภาพแผนที่ ซึ่งต้องการภาพที่มีการรวมกันโดยไม่ยึดติดว่าจะต้องเป็นภาพในแบบของพาโนรามา แต่ต้องการได้ภาพแผนที่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ต่อไป ซึ่งลักษณะของการรวมภาพดังกล่าวนี้จะสามารถรวมภาพได้หลายลักษณะทั้งแบบพาโนรามาจากซ้ายไปขวา หรือ สามารถรวมภาพจากด้านบนซ้าย ด้านล่างขวา ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการและการถ่ายภาพลักษณะของการรวมภาพในรูปแบบดังกล่าวนี้ จะทำให้การประมวลผลหรืออัลกอริทึมที่ใช้จะต้องมีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับลักษณะของการรวมภาพในรูปแบบต่างๆ ตามความต้องการได้ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-26

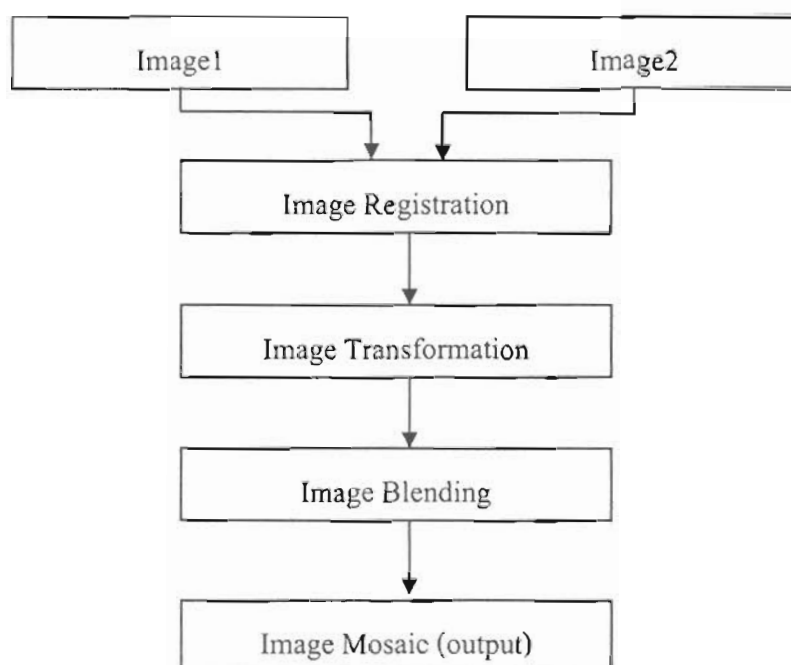


ภาพที่ 2-26 ตัวอย่างการรวมภาพแผนที่ที่ถ่ายภาพจากมุมสูง

จากภาพที่ 2-26 จะเห็นได้ว่าลักษณะของการรวมภาพ ไม่ได้จำกัดรูปแบบให้การรวมภาพเป็นไปในแบบแนวพาโนรามา แต่จะเป็นการรวมภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะของแผนที่ภาพถ่ายมุมสูง ซึ่งต้องการเห็นมุมมองภาพในด้านต่างๆ ตามต้องการ จึงต้องมีการรวมภาพทั้งด้านบน ขวา ด้านล่างขวา และด้านขวา

จากที่ได้กล่าวถึงวิธีการพัฒนางานวิจัยในด้านการรวมภาพในรูปแบบทั้งพาโนรามาและรูปแบบตามความต้องการ สามารถที่จะสรุปขั้นตอนการดำเนินการในการรวมภาพได้เป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะต้องใช้การประมวลผลภาพโดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีการวิจัยและการพัฒนาแนวคิด ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนการเลือกความเหมือนกันของภาพทั้งสอง (Image Registration) ซึ่งสามารถเลือกได้ทั้งวิธีอัตโนมัติ และวิธีการเลือกโดยผู้ใช้งานของโปรแกรมนั้นๆ ขั้นตอนที่สองจะเป็นขั้นตอนของการแปลงภาพจากตำแหน่งเดิมไปสร้างภาพใหม่ (Image

Transformation) และ ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนของการรวมภาพ (Image Blending) ซึ่งเป็นการนำภาพทั้งสองมารวมกัน วิธีการที่ได้กล่าวมาแสดงเป็นผังงานได้ในภาพที่ 2-27



ภาพที่ 2-27 ผังงานการเชื่อมต่อภาพ

จากภาพที่ 2-27 ซึ่งแสดงขั้นตอนการรวมภาพให้ได้ผลลัพธ์ตามความต้องการ จะต้องผ่านกระบวนการประมวลผลในขั้นตอนที่สำคัญซึ่งประกอบไปด้วย Image Registration, Image Transformation และ Image Blending เพื่อให้การประมวลผลครบถ้วนตามขั้นตอนและได้ผลลัพธ์ซึ่งเป็นภาพที่มีการรวมกัน โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.6.1 Image Registration

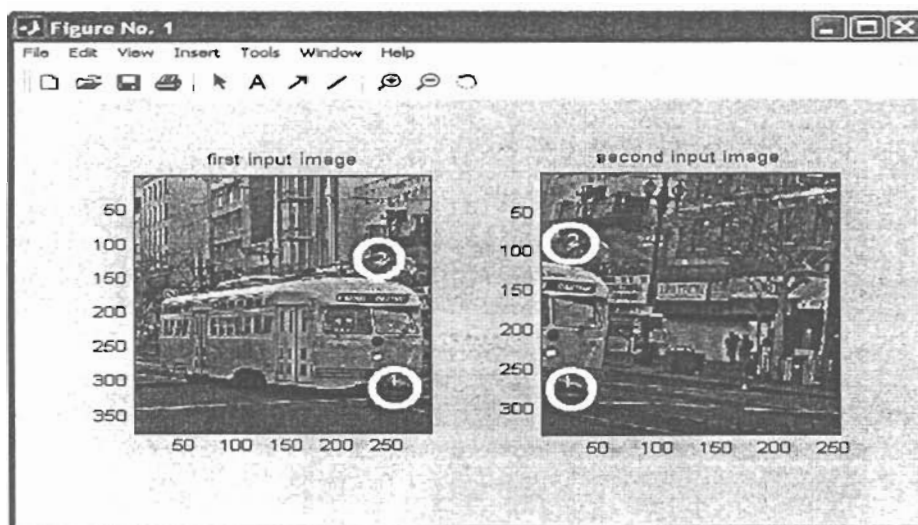
Image Registration เป็นขั้นตอนแรกของการรวมภาพ โดยจะเป็นขั้นตอนการเลือกจุดหรือพิกัด ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างภาพทั้งสองที่จะนำมารวมกัน โดยจะมีวิธีการในการเลือกจุดภาพทั้งสองอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ Manual Correspondence Selection ซึ่งเป็นการเลือกโดยผู้ใช้งาน โปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น และอีกวิธีคือ Auto Correspondence Selection ซึ่งเป็นการเลือกโดยใช้อัลกอริทึมที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้โดยตรง ซึ่งทั้งสองวิธีก็จะมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ตลอดจนวิธีการก็จะแตกต่างกัน

2.6.1.1 Manual Correspondence Selection

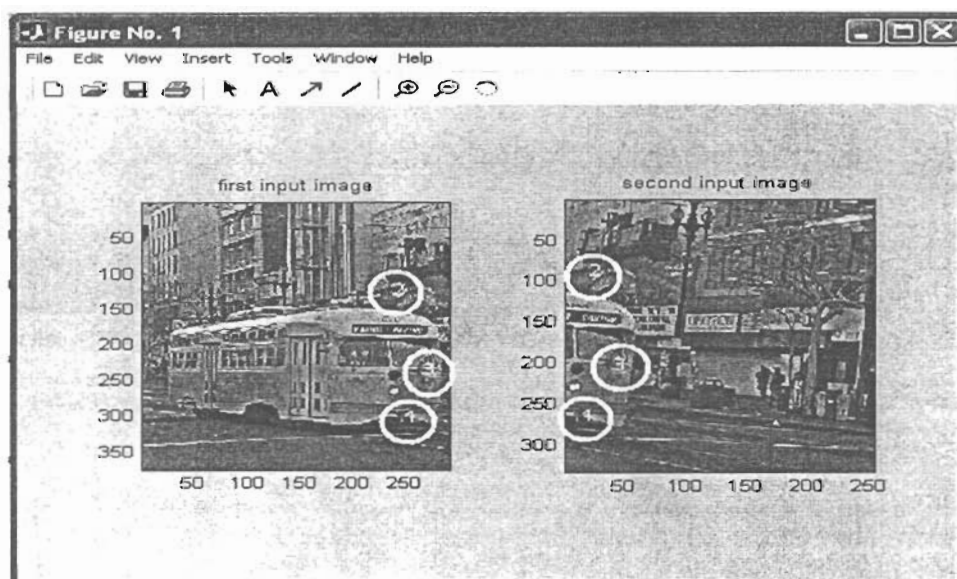
Manual Correspondence Selection จะเป็นการเลือกจุดภาพจากภาพทั้งสองที่ต้องการนำภาพมารวมกัน โดยให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นสามารถเลือกจุดภาพเองได้ตามความต้องการ ซึ่งจะมีการสร้างโปรแกรมในลักษณะ User Interface เพื่อแสดงภาพทั้งสองและสามารถใช้เมาส์คลิกตำแหน่งบนภาพทั้งสองที่มีจุดที่เหมือนกัน ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด ซึ่งสามารถกำหนดให้คลิกได้ตั้งแต่ภาพละ 2 จุด 3 จุด และ 4 จุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ใช้ และลักษณะของภาพที่ต้องการนำมารวมกันด้วยว่า มีการถ่ายภาพในลักษณะใด ถ้าเป็นภาพแบบ 2 มิติก็สามารถใช้การเลือกจุดภาพแบบ 2 จุด หรือ 3 จุด ก็สามารถนำตำแหน่งของจุดภาพไปคำนวณเพื่อทำการประมวลผลภาพได้ แต่ถ้าภาพบางภาพที่มีการถ่ายในบางลักษณะหรือต้องการรวมภาพในลักษณะของภาพ 3 มิติ ก็จะต้องใช้การกำหนดจุดภาพแบบ 4 จุดภาพจึงจะสามารถนำไปคำนวณเพื่อประมวลผลภาพให้สามารถนำภาพทั้งสองมารวมกันได้

หลังจากเลือกภาพโดยกำหนดจุดภาพในแบบต่างๆ แล้ว ก็สามารถนำพิกัดในจุดภาพดังกล่าวไปเป็นค่าตั้งต้นสำหรับสมการเมตริกซ์เพื่อนำไปคำนวณในการประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป ในขั้นของการเลือกภาพนี้เมื่อเลือกจุดภาพจนได้พิกัดตามข้อกำหนดตามอัลกอริทึมแล้ว หากต้องการความถูกต้องของจุดภาพที่เลือกกว่ามีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันมากน้อยหรือไม่สามารถที่จะใช้วิธีการทางสถิติมาช่วยในการทดสอบเพื่อทำการเลือกหรือปรับเปลี่ยนจุดภาพใหม่ให้ตรงกันให้มากที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดภาพแรกเป็นจุดภาพคงที่ ส่วนภาพที่สองจะทำการปรับเปลี่ยนไปตามค่าสถิติที่ใช้ หรือสามารถปรับเปลี่ยนภาพทั้งสองภาพให้มีจุดภาพที่ตรงกันได้ การปรับตำแหน่งของจุดภาพใหม่นี้จะส่งผลทำให้การประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา มีความกลมกลืนกันโดยไม่ต้องใช้การปรับปรุงภาพใหม่ แต่หากเลือกจุดภาพที่มีความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสองก็จะได้ภาพที่ดูแตกต่างในภาพเดียวกัน

ในการเลือกจุดภาพโดยใช้วิธีดังกล่าวนี้สามารถพัฒนาโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในขั้นตอนการเลือกจุดภาพให้ได้พิกัดที่สามารถระบุความเหมือนกันของภาพทั้งสองเพื่อนำไปประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-28 และ ภาพที่ 2-29



ภาพที่ 2-28 การเลือกจุดภาพ 2 จุดในหนึ่งภาพแบบ Manual Correspondence Selection



ภาพที่ 2-29 การเลือกจุดภาพ 3 จุดในหนึ่งภาพแบบ Manual Correspondence Selection

สำหรับข้อดีของการเลือกจุดภาพโดยวิธี Manual Correspondence Selection จะมีในส่วน
ของความสะดวกและรวดเร็วในการเลือกจุดภาพก่อนนำค่าพิกัดที่ได้ไปประมวลผลในการรวมภาพ
ตลอดจนความสามารถในการปรับเปลี่ยนการเลือกจุดภาพใหม่เพื่อให้ได้ตำแหน่งในพิกัดบน
จุดภาพทั้งสองที่ทำให้การประมวลผลภาพ ในการรวมภาพให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีการรวมกันอย่าง
กลมกลืนดูเป็นภาพเดียวกันและใช้เวลาในการประมวลผลภาพที่น้อยกว่าในแบบ Auto

Correspondence Selection ส่วนข้อเสียของวิธีการเลือกภาพโดยวิธีนี้คือ ในการรวมภาพจะต้องเลือกจุดภาพที่มีความเหมือนกันของภาพทั้งสองทุกครั้ง หากเลือกจุดภาพที่ไม่เหมือนกันจะทำให้ภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการรวมภาพดูไม่กลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน หรือสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างภาพสองภาพได้อย่างชัดเจน

2.6.1.2 Auto Correspondence Selection

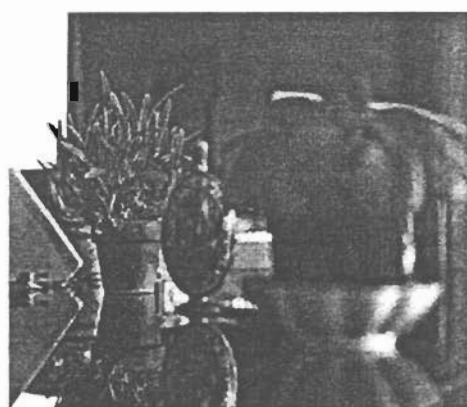
Auto Correspondence Selection จะเป็นการเลือกจุดภาพจากภาพทั้งสองที่ต้องการนำภาพมารวมกัน โดยใช้การเขียนโปรแกรมเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลภาพได้โดยตรง โดยไม่ต้องเลือกจุดภาพ ซึ่งวิธีการเลือกแบบนี้เป็นการเลือกแบบอัตโนมัติตามอัลกอริทึมที่มีการกำหนดขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้มีการพัฒนาเทคนิคและแนวคิดในการเลือกส่วนของภาพที่เหมือนกันพอจะสรุปถึงขั้นตอนวิธีที่ใช้ดังนี้

2.6.1.2.1 Feature Base Image Registration

Feature Base Image Registration เป็นการเลือกตำแหน่ง หรือพิกัดของภาพภาพสองภาพ ที่มีส่วนที่เหมือนกัน โดยใช้ลักษณะที่ปรากฏบนภาพ ซึ่งจะต้องทำการแปลงภาพที่จะทำการรวมภาพสองภาพให้เป็นภาพในโทนขาวดำก่อน เพื่อหาลักษณะของรูปแบบที่ปรากฏในภาพ แล้วนำเอาลักษณะดังกล่าวของภาพทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ก็จะได้ส่วนที่มีความเหมือนกันของภาพทั้งสอง จากนั้นนำมาคำนวณหาพิกัดของภาพทั้งสองที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกัน ก็จะสามารถได้พิกัดที่นำไปประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2-30 และ ภาพที่ 2-31

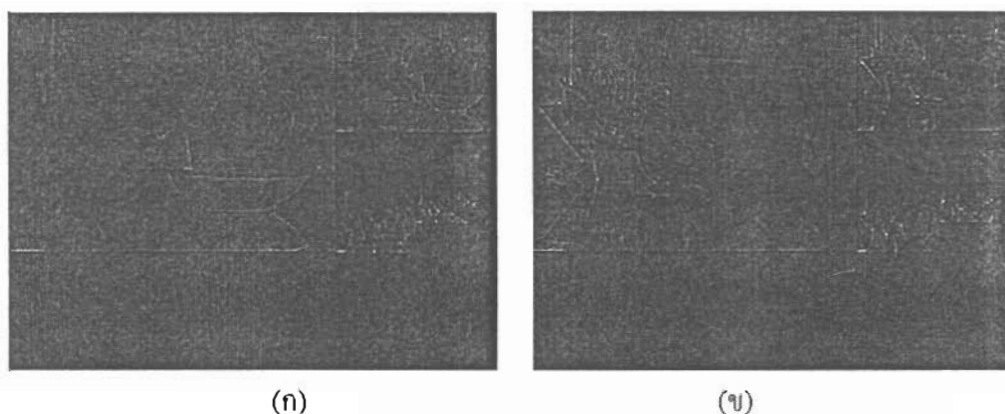


(ก)



(ข)

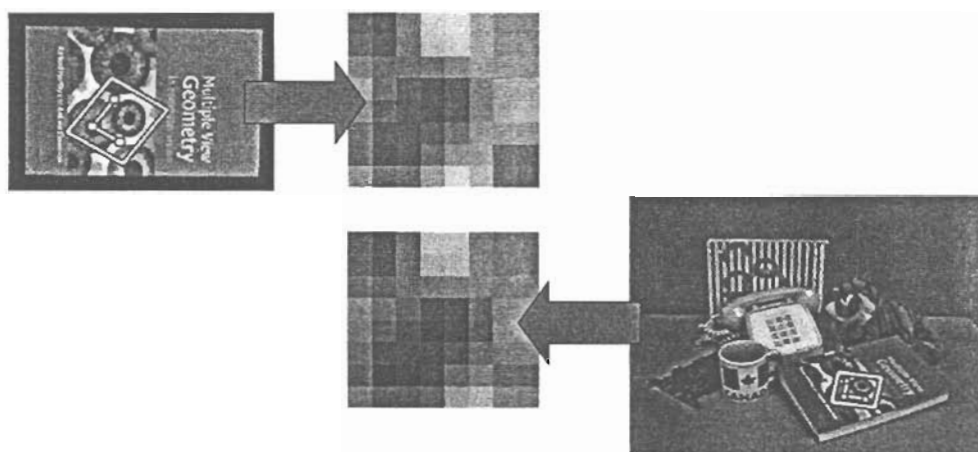
ภาพที่ 2-30 ภาพสองภาพที่ต้องการหา Features Base Image Registration



ภาพที่ 2-31 ภาพสองภาพที่ผ่านการแปลงเป็นโทนขาวดำเพื่อหาพิกัดที่ตรงกัน

2.6.1.2.2 Color Matching Image Registration

Color Matching Image Registration เป็นการหาพิกัดของภาพสองภาพที่จะทำการรวมกัน โดยใช้ลักษณะของกลุ่มจุดสีในภาพทั้งสองที่มีลักษณะตรงกันหรือใกล้เคียงกัน ก็จะได้พิกัดของส่วนที่เหมือนกันของภาพทั้งสอง ซึ่งพิกัดที่ได้ ก็จะนำไปประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไปดังตัวอย่างในภาพที่ 2-32

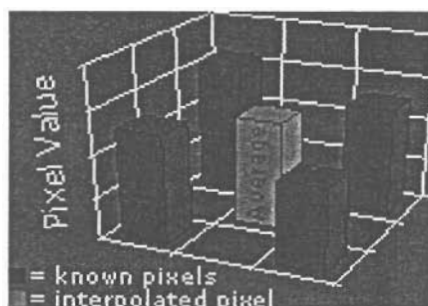


ภาพที่ 2-32 ภาพสองภาพที่มีกลุ่มของสีตรงกัน

สำหรับข้อดีของการเลือกจุดภาพโดยวิธี Auto Correspondence Selection จะมีในส่วนของความสะดวกในการประมวลผลเพื่อหาพิกัดของภาพทั้งสอง สำหรับนำไปประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไป เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการเลือกแต่ใช้อัลกอริทึมในการเลือกพิกัดบนภาพที่มีส่วนเหมือนกันแทน แต่วิธีดังกล่าวนี้ก็มีข้อเสียคือ ต้องใช้ระยะเวลาในขั้นตอนของการเลือกพิกัดของภาพทั้งสองที่มีส่วนเหมือนกันหรือตรงกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมและเทคนิควิธีที่ใช้ หากมีการใช้เทคนิควิธีที่ไม่ครอบคลุม ก็จะใช้ได้กับภาพในบางลักษณะเท่านั้น นอกจากนี้ หากอัลกอริทึมไม่ดีพอก็จะทำให้ภาพทั้งสองที่นำมารวมกันจะได้ภาพผลลัพธ์ที่ไม่กลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสอง

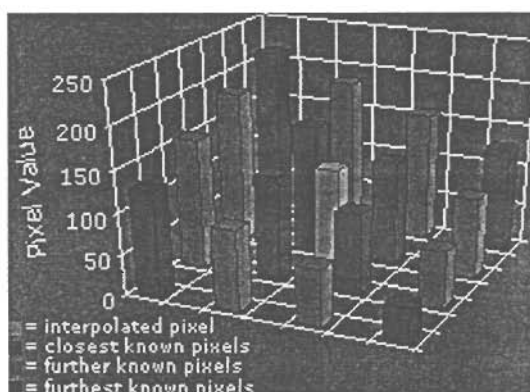
2.6.2 Image Blending

Image Blending เป็นการรวมภาพสองภาพเข้าด้วยกัน ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะทำให้ภาพออกมาดูกลมกลืนกลายเป็นภาพเดียวกัน ซึ่งหากการรวมภาพยังดูไม่กลมกลืนกัน หรือ สามารถมองเห็นเป็นภาพซ้อนภาพในภาพเดียวกัน จะต้องนำภาพผลลัพธ์มาทำการปรับปรุงจุดสีบนภาพให้มีความกลมกลืนกัน (Image Interpolate) ซึ่งการทำการปรับปรุงจุดสีบนภาพ มักจะใช้วิธีการเกลี่ยจุดสีจากตำแหน่งที่อยู่ใกล้กัน (Nearest Neighbor) มาหาค่ากลางซึ่งอาจจะใช้การหารหรือการหาค่ากลางของจุดสีในตำแหน่งนั้น วิธีการดังกล่าวก็จะทำให้ภาพที่ได้มีความกลมกลืนเป็นภาพเดียวกันมากขึ้น วิธีการที่นิยมใช้ในการปรับปรุงจุดสีบนภาพให้ดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน จะมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือ Bilinear Interpolation และ Bicubic Interpolation สำหรับวิธีการของ Bilinear Interpolation จะเป็นการปรับจุดสีใหม่โดยการตรวจสอบสีที่อยู่ข้างเคียง 4 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของสีทั้งสี่จุดก็จะได้ค่าสีใหม่ของจุดสีนั้น ซึ่งจะทำให้สีที่ได้เมื่อมองดูในภาพดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน โดยมีความเหมาะสมกับภาพที่มีลักษณะของภาพเบลอ หรือมีภาพที่ไม่คมชัด วิธีการเลือกสีแสดงดังภาพที่ 2-33



ภาพที่ 2-33 การเลือกจุดภาพเพื่อปรับปรุงสีของภาพแบบ Bilinear Interpolation

สำหรับวิธีการของ Bicubic Interpolation จะเป็นการปรับจุดสีใหม่โดยการตรวจสอบสีที่อยู่ข้างเคียง 16 จุดแล้วนำมาหาค่าน้ำหนักของสีที่ควรจะเป็นของตำแหน่งนั้น ก็จะได้ค่าสีใหม่ของจุดสีนั้น ซึ่งจะทำให้สีที่ได้เมื่อมองดูในภาพดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน โดยมีความเหมาะสมกับภาพที่มีลักษณะของภาพเบลอ หรือมีภาพที่ไม่คมชัด วิธีการเลือกสีแสดงดังภาพที่ 2-34



ภาพที่ 2-34 การเลือกจุดภาพเพื่อปรับปรุงสีของภาพแบบ Bicubic Interpolation

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ.1989 Heckbert [6] ได้ทำการวิจัยทางด้าน Computer Graphics โดยได้เขียนสรุปขั้นตอนวิธีพื้นฐานต่างๆ ของการทำ Texture Mapping และ Image Warping ในส่วนของการทำ Texture Mapping จะเป็นการใช้โครงสร้างพื้นฐานของลายเส้นพื้นผิว เพื่อจับคู่กับภาพที่มีลักษณะคล้ายๆ กัน แต่ภาพทั้งสองจะแตกต่างกันตรงตำแหน่งของภาพและลักษณะการแสดงผลของภาพ ส่วนการทำ Image Warping จะเป็นการเชื่อมต่อภาพสองภาพที่มีจุดเหมือนกันบางส่วน โดยจะมีการกำหนดภาพหลัก (Source Image) และ ภาพที่ต้องการต่อ (Destination Image) ซึ่งภาพทั้งสองอาจจะอยู่ในจุดหมุนหรือการวางภาพที่แตกต่างกัน การใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแปลงภาพสองมิติก็จะทำให้ภาพสามารถหมุน ขยาย หรือบิดภาพเพื่อนำมาเชื่อมต่อในจุดที่ต้องการได้ ซึ่งความรู้พื้นฐานของทั้งสองเรื่องคือ Texture Mapping และ Image Warping ถือว่าเป็นต้นแบบในการนำไปปรับปรุงเพื่อนำเสนองานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานด้าน Computer Graphics อีกมากมาย

Haeberli และ Segal [7] ได้ร่วมกันทำงานวิจัยทางด้าน Computer Graphics โดยเน้นไปที่การนำสมการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับเรื่อง Image Processing และเจาะจงการวิจัยไปที่การทำ Texture Mapping โดยการแปลงภาพที่เป็นต้นฉบับจากภาพที่เป็นภาพตัวอักษรขนาดใหญ่ๆ ทั่วไป ภาพที่ใช้เครื่องมือวาดรูป (Paint Brush) ภาพลายเส้น หรือภาพที่เป็นพื้นผิวทั่วไปให้

สามารถนำเอาพื้นผิวหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพต้นฉบับแปลงให้เป็นภาพพื้นผิวในรูปสามมิติที่สร้างรูปขึ้นมาใหม่ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งใช้วิธีสร้างรูปอย่างง่ายโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ ทั้งแนวคิดและวิธีการสามารถนำไปประยุกต์เพื่อสร้าง Software และ Hardware ในการนำไปใช้งานจริงให้มีความสามารถได้มากยิ่งขึ้น

Gustafsson [8] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง “Interactive Image Warping” ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเชื่อมต่อภาพสองภาพ โดยได้มีการให้คำจำกัดความของคำว่า Image Warping ว่าหมายถึงการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการแปลงภาพสองมิติให้สามารถนำภาพสองภาพมาเชื่อมต่อกันได้ไม่ว่าภาพทั้งสองนั้นจะมีขนาดของภาพ การวางตำแหน่งของภาพในจุดใดๆ ก็ตามสมการทางคณิตศาสตร์ต้องสามารถนำภาพที่สองมาเชื่อมต่อกับภาพที่หนึ่งให้ได้ไม่ว่าจะมีการย่อขยายภาพ (Image Scaling) การหมุนภาพ (Image Rotation) การเปลี่ยนจุด (Image Translation) หรือ การบิดภาพ (Image Shearing) ก็ตาม ขั้นตอนสำคัญจะอยู่ที่การแปลงภาพโดยใช้รูปแบบในการแปลงภาพเป็นเรขาคณิตสองมิติ (Geometric Transformation) ซึ่งการแปลงภาพในลักษณะดังกล่าวจะทำให้สามารถใช้สมการทางคณิตศาสตร์มาเปลี่ยนแปลง แก้ว ตำแหน่งหรือขนาดของภาพได้ นอกจากนี้ขั้นตอนที่สำคัญอีกอย่างคือเมื่อมีการแปลงภาพทั้งสองให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์แล้วเมื่อนำภาพทั้งสองมาเชื่อมต่อกันซึ่งต้องมีการกรองภาพที่ได้ (Image Filtering) เพื่อทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะกลมกลืนกันหรือดูแล้วเป็นภาพที่สามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด หากจุดภาพที่เกิดขึ้นยังไม่มีควมสมบูรณ์ก็จะมีการคำนวณจุดภาพนั้นอีกครั้ง เพื่อหาจุดภาพที่ดีที่สุดในการผสมผสานกันระหว่างภาพทั้งสอง สำหรับภาพที่ใช้ในงานวิจัยเป็นภาพชนิดขาวดำ

Szeliski และ Shum [9] ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทไมโครซอฟท์ให้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ Image Processing ในเรื่องของ Image Mosaics ซึ่งเป็นลักษณะที่คล้ายกับ Image Warping แต่จะมีการพัฒนาเทคนิควิธีการต่างๆ มากยิ่งขึ้นเพื่อทำให้ภาพที่เกิดการเชื่อมต้อมีความสมบูรณ์ของรูปให้มากที่สุด ทั้งสองคนจึงได้ร่วมกันทำการวิจัยในหัวข้อ “Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps” ในงานวิจัยดังกล่าวนี้ทั้งสองคนได้คิดรูปแบบการเชื่อมต่อภาพสองภาพให้มีความสมบูรณ์โดยใช้ภาพที่เป็นทั้งภาพสีและขาวดำที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลทั่วไปซึ่งถ่ายด้วยมือ เพียงแต่ผู้ถ่ายจะต้องปรับระดับ Focal Length ของภาพในกล้องให้อยู่ในระดับเดียวกันและให้มีจุดที่สามารถเชื่อมต่อกันได้นั้นคือจะต้องมีส่วนของภาพไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถ Capture ภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ หรือฟิล์มถ่ายภาพได้ด้วย ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการเชื่อมต่อภาพจะใช้วิธี Perspective Motions and Transformations โดยใช้พารามิเตอร์ในหลักการหรือสมการคำนวณทางคณิตศาสตร์ 8 ตัว เนื่องจากภาพที่ได้ด้วย Focal Length ในระดับเดียวกันจะได้ภาพที่มีความโค้งของภาพไม่เท่ากัน หรือภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็น

รูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งทำให้ภาพที่ได้จะมีลักษณะภาพเป็น 3 มิติ ดังนั้นภาพที่จะเชื่อมต่อกันต้องมีการปรับระดับภาพให้ได้ระดับใกล้เคียงกันก่อนจึงจะสามารถนำมาเชื่อมต่อกันได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจและสามารถนำเอาเทคนิควิธีการหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของงานวิจัยดังกล่าวนี้ไปพัฒนาเทคนิคเพิ่มเติมในส่วนอื่นๆ ได้

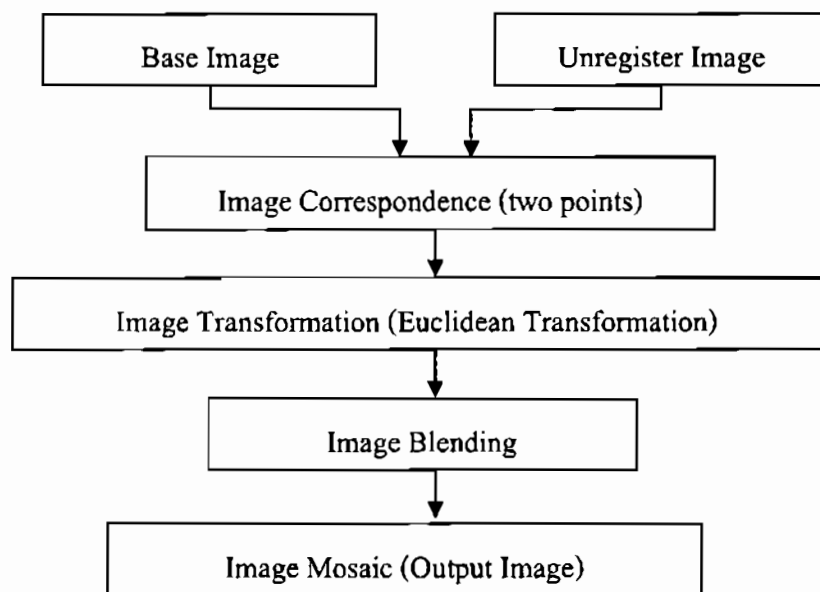
Stegmann [10] จาก Technical University of Denmark ได้เรียบเรียงงานวิชาการเรื่อง “Image Warping” ซึ่งเป็นงานด้านการเชื่อมต่อภาพที่ใช้พื้นฐานมาจากตำราที่แต่งโดย Glasbey และ Mardia [11] ในเรื่อง “A review of image-warping methods” ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่สามารถประยุกต์มาใช้ในการทำ Image Warping โดยเทคนิควิธีการต่างๆ ใช้หลักการมาจากการทำ Image Transform 4 วิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีสมการที่ใช้ดังนี้ วิธี Euclidean ใช้พารามิเตอร์ 2 ตัว วิธี Affine ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว วิธี Bilinear ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัวและวิธี Perspective จะใช้พารามิเตอร์ 4 ตัว จากวิธีการทั้ง 4 นี้ Stegmann ได้ใช้วิธีของ Euclidean ในการแปลงภาพ 2 มิติ นั่นคือเลือกจุด 2 จุดที่มีส่วนที่เหมือนกันในทั้งสองภาพ จากนั้นนำมาต่อกันโดยใช้การเกลี่ยภาพให้กลมกลืนกลายเป็นภาพเดียวกัน อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างภาพที่ได้พบว่าการใช้พารามิเตอร์เพียง 2 ตัวไม่เหมาะสมกับภาพที่มีขนาดไม่เท่ากัน เพราะจะทำให้ภาพที่ได้มีส่วนที่ต่อกันโดยสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน จะเหมาะสมกับภาพที่มีขนาดเท่ากัน และมีจุดเชื่อมต่อที่ใกล้เคียงกันเท่านั้น แต่ข้อดีของวิธีการนี้คือความสะดวกและรวดเร็วของการประมวลผลภาพที่ได้ ตลอดจนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ไม่ซับซ้อนเข้าใจง่ายไฟล์ คอมพิวเตอร์

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการรวมภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้วพบว่า ภาพที่นำมารวมกันมักจะเป็นการรวมภาพในแบบ Panorama คือการรวมภาพจากซ้ายไปขวา โดยขนาดของภาพจะมีขนาดใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงรูปแบบของการรวมภาพโดยการทดลองรวมภาพในหลายลักษณะเช่น การรวมภาพด้านบนกับด้านล่าง เช่นรูปภาพจากอาคารสูง และการรวมภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมการตรวจสอบจุดภาพโดยใช้วิธี Cross-Correlation เพื่อทำการปรับจุดภาพให้มีค่าใกล้เคียงกันให้มากที่สุดระหว่างภาพทั้งสอง ในส่วนของการแปลงภาพจะใช้วิธีการแปลงภาพที่สองให้ตรงกับภาพแรกจากนั้นจึงนำภาพทั้งสองมารวมกันจนได้ภาพใหม่ และในขั้นตอนสุดท้ายใช้การปรับจุดสีบนภาพโดยวิธี Bilinear Interpolation ซึ่งจะทำให้ภาพผลลัพธ์ดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งงานวิจัยในเรื่องการรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน (Image Mosaic Based on Homographic Points) ดังกล่าวนี้นี้ได้อ้างอิงงานวิจัยของ Heckbert [6] และงานของ Stegmann [10] ซึ่งได้ทำการวิจัยและเขียนเอกสารเกี่ยวกับ Texture Mapping And Image Warping โดยการวิจัยและงานเขียนดังกล่าว เป็นการกล่าวถึงการแปลงภาพและการรวมภาพ ทำให้ได้ข้อสรุป สำหรับหลักการของการรวมภาพไว้ดังภาพที่ 3-1



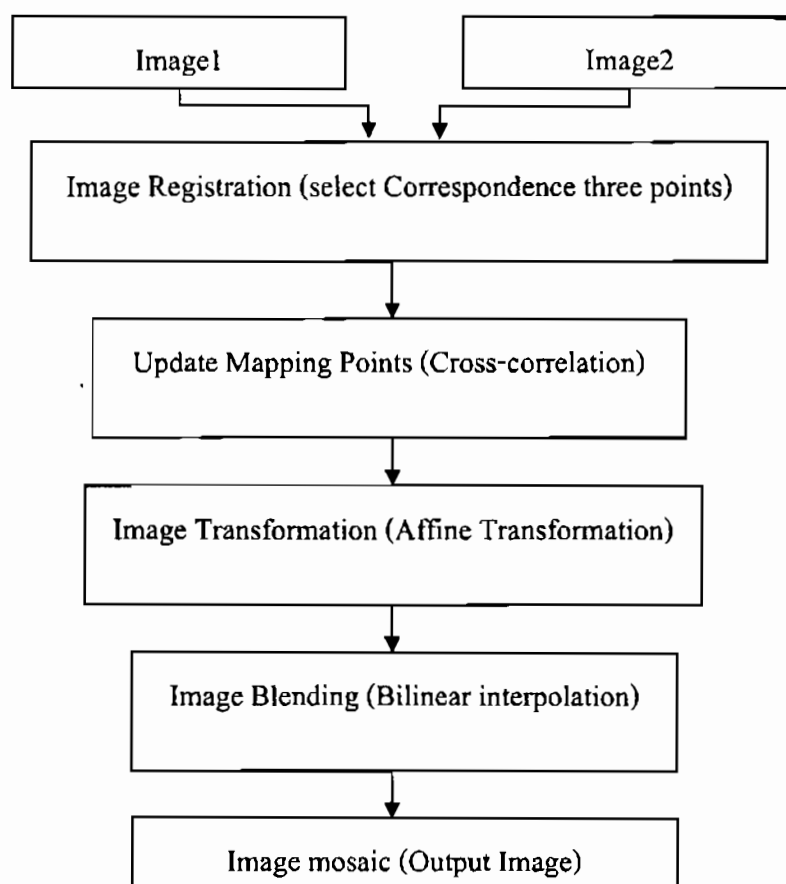
ภาพที่ 3-1 ผังงานการรวมภาพของงานวิจัยเดิม

จากภาพที่ 3-1 ซึ่งแสดงผังงานการรวมภาพพบว่ามีขั้นตอนในวิธีการดังกล่าวนี้ จะมีข้อดีกว่างานวิจัยอื่นในเรื่องของความเร็วในการประมวลผลภาพ เนื่องจากใช้วิธีการพื้นฐานของการแปลงภาพแต่ก็ทำให้ภาพสามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพในเวลาอันรวดเร็ว ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ตามหากขั้นตอนของการเลือกตำแหน่งของภาพเพื่อทำการหาพิกัดของภาพทั้งสอง มีการเลือกตำแหน่งที่ไม่ตรงกัน เมื่อนำไปคำนวณหาค่าในสมการ

เมตริกซ์จะได้ค่าที่ไม่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลภาพในขั้นตอนการรวมภาพ ส่งผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะไม่กลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนข้อจำกัดสำหรับเทคนิควิธีการของผังงานการรวมภาพในภาพที่ 3-1 อีกประการหนึ่งคือความสามารถในการรวมภาพที่มีความเหมาะสมเฉพาะภาพที่มีการรวมกันในด้านขวาหรือแบบพาโนรามาเท่านั้น ไม่เหมาะกับภาพที่มีการรวมภาพในลักษณะอื่น เพราะจะทำให้ภาพไม่สามารถรวมกันได้อย่างกลมกลืน โดยสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสองในภาพผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน

3.1 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการวิจัย

จากรูปแบบการรวมภาพพื้นฐานและงานของ Stegmann [10] ผู้วิจัยได้พัฒนาผังงานเพื่อการรวมภาพขึ้นใหม่เพื่อให้ภาพที่เกิดจากการรวมสามารถปรับปรุงจุดอ่อนของขั้นตอนต่างๆ โดยสามารถแสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังภาพที่ 3-2

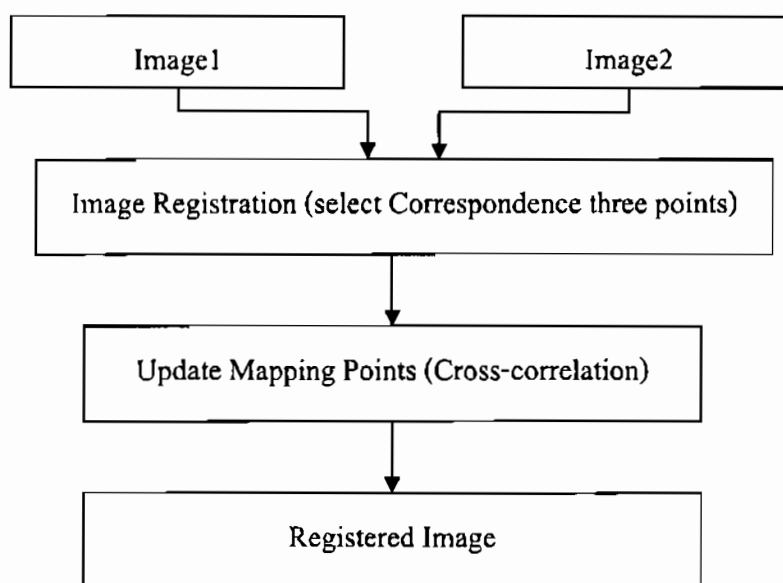


ภาพที่ 3-2 ผังงานการรวมภาพ

จากผังงานที่ใช้ในการวิจัยในภาพที่ 3-2 สามารถที่จะสรุปเป็นขั้นตอนในการเชื่อมต่อภาพในขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้ คือ การเลือกตำแหน่งของภาพทั้งสอง การคำนวณหาตำแหน่งของภาพใหม่ การรวมภาพทั้งสองให้เป็นภาพเดียวกันและการปรับปรุงภาพ โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2 การเลือกตำแหน่งของภาพทั้งสอง (Image Registration)

การเลือกตำแหน่งของภาพทั้งสอง จะใช้วิธีการเลือกโดยใช้การคลิกเมาส์ (Manual) เพื่อเลือกจุดภาพในตำแหน่งของภาพที่เหมือนกัน โดยการเลือกภาพละ 3 จุด จากนั้นจะนำภาพที่สองมาปรับตำแหน่งให้ตรงกันกับภาพต้นฉบับหรือภาพแรกดังขั้นตอนวิธีในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนวิธีการเลือกภาพและปรับจุดภาพให้ตรงกัน

ในการปรับตำแหน่งของจุดภาพที่สองให้มีตำแหน่งที่ตรงกับภาพแรก จะใช้วิธีการคำนวณโดยใช้สมการของสูตรเลือกจุดภาพแบบอัตโนมัติแบบ Cross-Correlation เพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่างค่าของจุดสี (Intensity Image) ในภาพที่สองที่มีความสัมพันธ์กับภาพแรกโดยใช้ค่าความสัมพันธ์ในทางบวก หากจุดสีในภาพทั้งสองที่เกิดจากการเลือก ของภาพทั้งสองตรงกันหรือใกล้เคียงกัน ก็จะได้ค่าความสัมพันธ์มีค่าเป็น 1 หรือ เข้าใกล้ 1 โดยใช้สมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

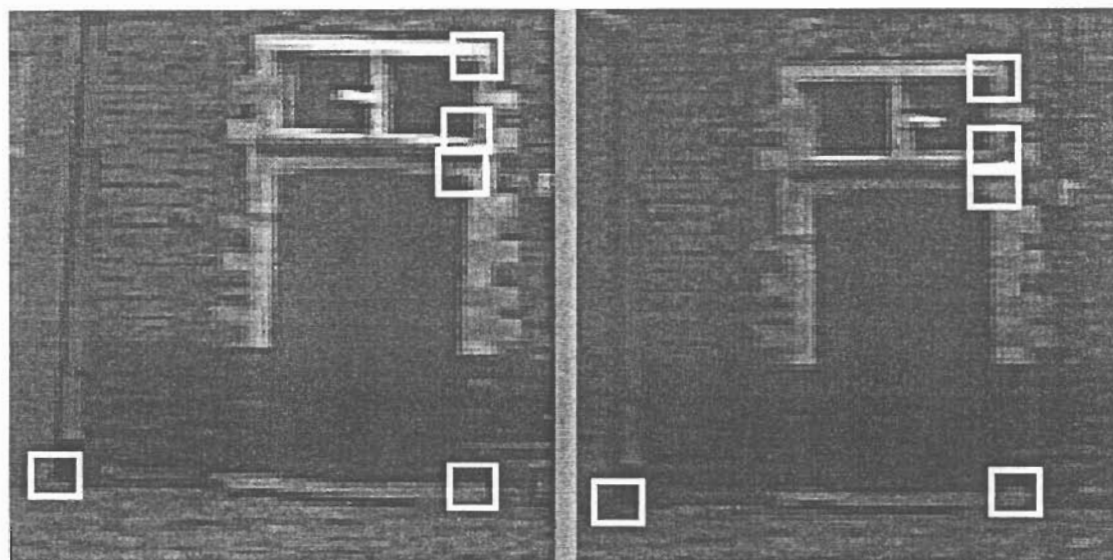
$$C = \sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N (I(x-i, y-j) - \bar{I})(I'(x'-i, y'-j) - \bar{I}') \quad (3-1)$$

โดย (x, y) เป็นตำแหน่งของจุดภาพในภาพต้นฉบับ
 (x', y') เป็นตำแหน่งของจุดภาพในภาพที่สอง
 I และ I' เป็นค่า Intensity ของจุดในภาพต้นฉบับและภาพที่สองตามลำดับ
 $\bar{I}$ และ $\bar{I}'$ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าสีของจุดเพื่อนบ้าน (Pixels Neighborhood)

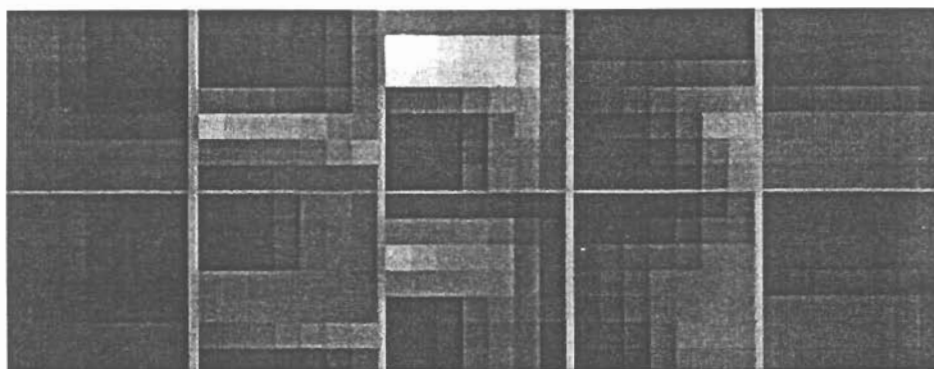
ตารางค่าของ Cross-Correlation จะใช้ในการพิจารณาเพื่อตรวจสอบจุดภาพของจุดเพื่อนบ้าน โดยใช้สมการดังนี้

$$W_{size} = (2N+1) \times (2N+1) \quad (3-2)$$

โดยหากใช้ค่า N เป็น 3 ก็จะได้สี่เหลี่ยมของจุดที่อยู่ข้างเคียงที่มีขนาด เป็น 7×7 จุดภาพ ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3-4 และ ภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-4 การเลือกจุดภาพทั้งสองภาพ 5 จุดเพื่อหาค่า Cross-Correlation



ภาพที่ 3-5 การเปรียบเทียบจุดสีของภาพสองภาพ

3.3 การแปลงภาพเพื่อหาตำแหน่งของภาพใหม่ (Image Transformation)

การแปลงภาพเพื่อหาตำแหน่งของภาพทั้งสอง จะใช้วิธีการคำนวณโดยใช้สมการเมตริกซ์เพื่อหาตำแหน่งที่ถูกต้องในการรวมภาพทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยมีสมการดังนี้

กำหนดให้ A แทนจุดภาพก่อนการแปลงภาพ (x, y)

B แทนจุดภาพผลลัพธ์ของการแปลงภาพ (x', y')

M แทนการแปลงภาพแบบ Affine Transformation

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A และ B เขียนในรูปแบบของ Homogeneous Coordinate ได้ดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad B = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

จะได้สมการของการแปลงภาพคือ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3-3)$$

จะได้สมการของการแปลงภาพคือ

$$B = MA$$

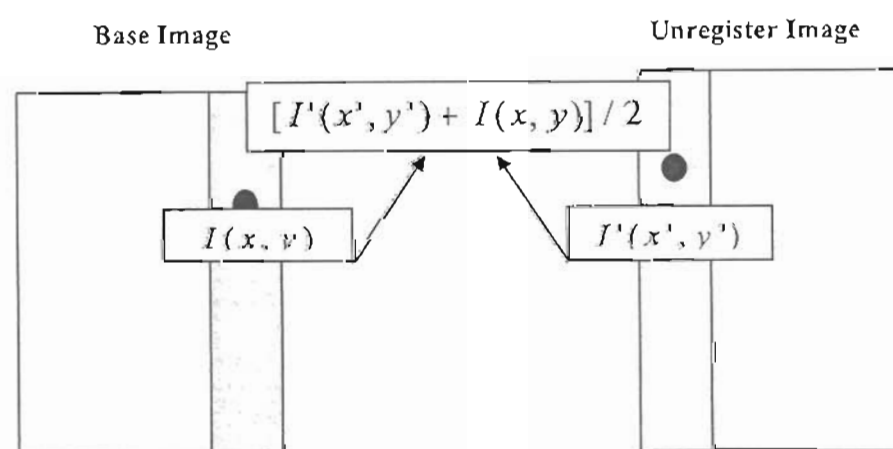
และจากคุณสมบัติของการอินเวอร์ส เมทริกซ์ จะได้สมการดังนี้

$$A = M^{-1}B \quad (3-4)$$

ภาพที่อยู่ในตำแหน่งที่มีความเหมือนกันของภาพทั้งสอง เมื่อมีการแปลงภาพสีของภาพในตำแหน่งใหม่จะคำนวณได้ดังนี้

$$E(x, y) = [I'(x', y') + I(x, y)] / 2 \quad (3-5)$$

โดย $I(x, y)$ เป็นค่าความเข้มของสีในตำแหน่งของภาพที่ 1
 $I'(x', y')$ เป็นค่าความเข้มของสีในตำแหน่งของภาพที่ 2
 $E(x, y)$ เป็นค่าของจุดสีในภาพใหม่ที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 การคำนวณหาจุดสีของภาพในตำแหน่งใหม่

3.4 การรวมภาพ (Image Blending)

การรวมภาพทั้งสองเข้าด้วยกัน จะทำให้ได้ภาพใหม่ซึ่งเป็นภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการเชื่อมต่อภาพ โดยจะใช้การยึดเอาตำแหน่งของภาพแรกเป็นหลัก ส่วนภาพที่สองก็จะทำการนำมาเชื่อมต่อโดยการปรับตำแหน่งและค่าของสีในตำแหน่งต่างๆ ของภาพ ซึ่งมีเงื่อนไขในการรวมภาพดังนี้

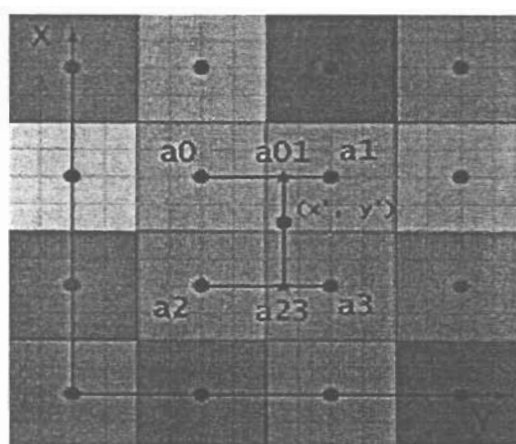
เงื่อนไขที่ 1 จุดที่ไม่เหมือนกันในภาพที่ 1 ให้อ่านค่าของตำแหน่งและสีของจุดภาพไปเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์โดยไม่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

เงื่อนไขที่ 2 จุดที่ไม่เหมือนกันในภาพที่ 2 ให้อ่านค่าของสีในตำแหน่งของภาพเดิมมาเชื่อมต่อกับภาพที่ 1 ในตำแหน่งที่มีการคำนวณแล้ว

เงื่อนไขที่ 3 จุดที่เหมือนกันระหว่างภาพทั้งสอง จะทำการหาตำแหน่งของภาพใหม่โดยใช้สมการในขั้นตอนที่ 3-2 ส่วนจุดสีของภาพจะใช้วิธีการคำนวณเพื่อหาค่าของจุดภาพใหม่โดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบ Bilinear Interpolate ในการเลือกจุดสีของภาพในตำแหน่งใหม่ ซึ่งการคำนวณหาค่าของจุดสีโดยวิธีนี้แสดงในสมการต่อไปนี้

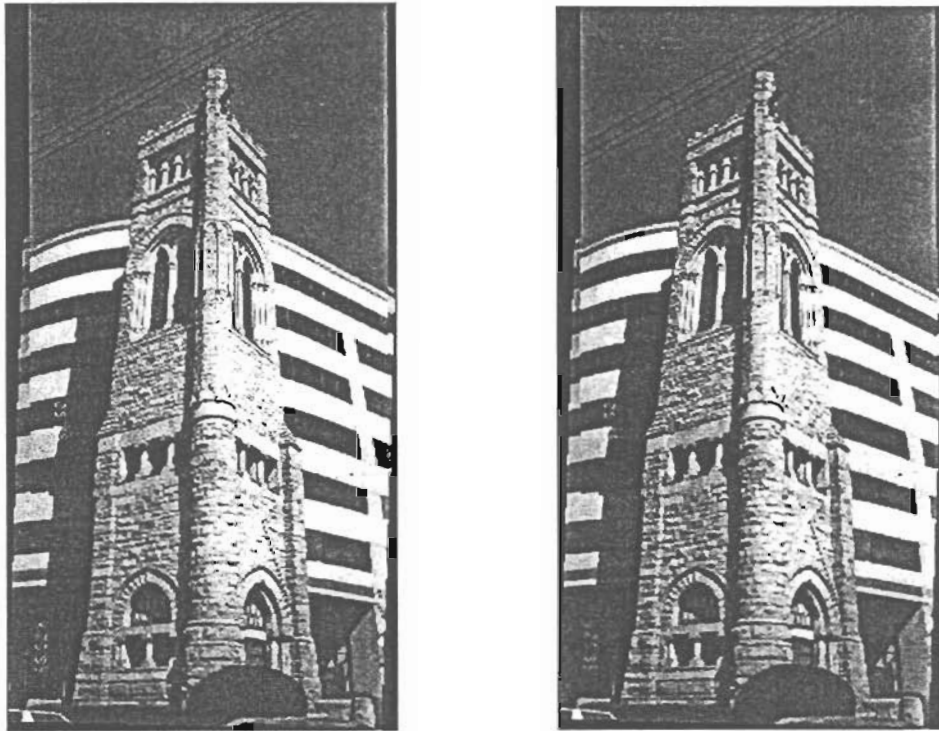
$$\begin{aligned}a_{01} &= a_0 + (a_1 - a_0)(x' - x_0) \\a_{23} &= a_2 + (a_3 - a_2)(x' - x_0) \\a &= a_{01} + (a_{23} - a_{01})(y' - y_0)\end{aligned}\quad (3-6)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าค่าสุดท้ายของจุดสีที่ได้จะได้จากการคำนวณในจุดสีที่อยู่ใกล้เคียงเพื่อหาค่าตำแหน่งของจุดสีที่ทำให้ภาพมีความกลมกลืนกันมากที่สุดดังแสดงในภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 การหาค่าสีโดยการคำนวณโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation

เมื่อนำภาพที่ได้จากการรวมภาพมาทำการปรับปรุงสีในจุดภาพใหม่จะทำให้ภาพดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน โดยจะไม่เห็นความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสองดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 การเปรียบเทียบภาพที่ไม่มีการปรับจุดสี(ซ้าย)และมีการปรับจุดสี(ขวา)

3.5 การปรับขนาดของภาพ

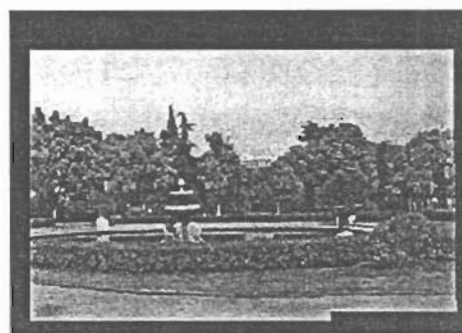
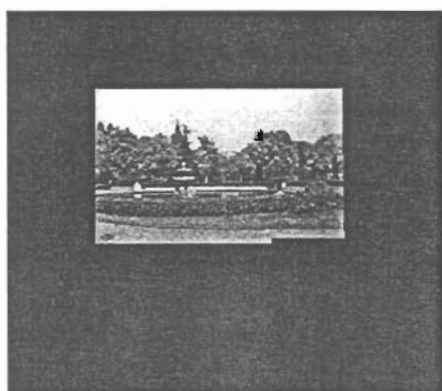
ภาพที่ได้จากขั้นตอนการรวมภาพอาจจะได้ขอบภาพที่มีสีดำในด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป อันเนื่องมาจากว่า การรวมภาพได้มีการกำหนดขนาดของภาพผลลัพธ์ให้มีขนาดใหญ่เพื่อให้สามารถรวมภาพในขนาดที่แตกต่างกันได้ ดังนั้น ภาพผลลัพธ์ที่ได้จึงมีขนาดใหญ่ และมีพื้นที่สีดำ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่มีรายละเอียดของภาพทั้งสองปรากฏ จึงต้องทำการตัดขอบภาพที่ไม่ต้องการออกไปเพื่อให้ได้ภาพที่มีขอบเขตที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนวิธีดังนี้

3.5.1 ตรวจสอบแฉกบน โดยการตรวจทั้งแถวเพื่อหาค่าแถวที่มีสีดำทั้งแถว แล้วทำการตัดออกไปจนกว่าจะมีการตรวจสอบพบสีของภาพที่ไม่ใช่สีดำในจุดใดจุดหนึ่งของสีในแถวนั้นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ตำแหน่งของแถวเริ่มต้นของภาพที่มีการตัดขอบภาพออกไป

3.5.2 ตรวจสอบแฉกล่าง โดยทำการตรวจแบบย้อนกลับจากแถวล่างสุด ย้อนกลับไปยังแถวที่มีข้อมูลของภาพที่ต้องการ ซึ่งก็จะใช้การตัดแถวที่มีสีดำทั้งแถว จากนั้นทำการตัดแถวที่ตรวจพบออกไปจนกว่าจะมีการตรวจสอบพบสีของภาพที่ไม่ใช่สีดำในจุดใดจุดหนึ่งของสีในแถวนั้นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ตำแหน่งสุดท้ายของภาพใหม่ที่ต้องการ

3.5.3 ตรวจสอบคอลัมน์ซ้าย โดยการตรวจทั้งคอลัมน์เพื่อหาค่าคอลัมน์ที่มีสีค่าทั้งคอลัมน์ แล้วทำการตัดออกไปจนกว่าจะมีการตรวจสอบพบสีของภาพที่ไม่ใช่สีดำในจุดใดจุดหนึ่งของสีในคอลัมน์นั้นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ตำแหน่งของคอลัมน์เริ่มต้นของภาพที่มีการตัดขอบภาพออกไป

3.5.4 ตรวจสอบคอลัมน์ขวา โดยการตรวจทั้งคอลัมน์แบบย้อนกลับเพื่อหาค่าคอลัมน์ที่มีสีค่าทั้งคอลัมน์ แล้วทำการตัดออกไปจนกว่าจะมีการตรวจสอบพบสีของภาพที่ไม่ใช่สีดำในจุดใดจุดหนึ่งของสีในคอลัมน์นั้นๆ ซึ่งจะทำให้ได้ตำแหน่งของคอลัมน์สุดท้ายของภาพที่มีการตัดขอบภาพออกไป ซึ่งการตัดเส้นขอบในด้านต่างๆ ออกไปจะทำให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาดเหมาะสม และ เป็นส่วนที่มีข้อมูลที่ต้องการ ที่เกิดจากการรวมภาพอย่างแท้จริง ดังแสดงในภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 การตัดขอบภาพผลลัพธ์เพื่อให้ได้ภาพที่มีเฉพาะภาพที่มีการรวมกัน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงผลที่ได้จากการวิจัย และการวิเคราะห์ผลการวิจัยที่น่าเสนอตามขั้นตอนวิธีจากบทที่ 3 ที่ผ่านมา โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ได้ในการทดสอบการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการวิจัยที่น่าเสนอมีดังนี้

- 4.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง รุ่น เพนเทียมโฟร์ ความเร็วของหน่วยประมวลผล 1.73 หน่วยความจำ 512 เมกะไบต์
- 4.1.2 ระบบปฏิบัติการที่ใช้ทดสอบคือ Microsoft Windows Xp
- 4.1.3 โปรแกรมที่ใช้เพื่อการทดสอบคือโปรแกรม MATLAB Version 6.50
- 4.1.4 รูปภาพสี ขนาดที่แตกต่างกัน จำนวน 18 รูป ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-1

4.2 ผลการวิจัย

การทดสอบการวิจัย จะเริ่มจากการนำรูปภาพซึ่งถ่ายจากกล้องดิจิทัลทั่วไป โดยถ่ายภาพที่ต้องการครั้งละสองภาพ ในเวลาใกล้เคียงกัน จากนั้นทำการปรับปรุ้ขนาดของภาพให้มีขนาดเล็กลงตามขนาดต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการวิจัย โดยภาพที่นำมาทดสอบการวิจัย จะเน้นภาพที่มีการรวมกันได้หลากหลายรูปแบบเช่น การนำมารวมกันด้านล่าง การรวมกันด้านบนขวา การรวมกันด้านขวา และการรวมกันด้านล่างขวา ซึ่งสามารถแสดงผลการทดลองของการวิจัยตามขั้นตอนวิธีที่กำหนดได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 ขั้นตอน Image Registration

ขั้นตอนของการทำ Image Registration จะใช้วิธีแบบ Manual Correspondence Selection โดยการกำหนดภาพที่จะนำมารวมกันสองภาพ ดังภาพที่ 4-1 และ 4-2 จากนั้นใช้โปรแกรมสำหรับการเลือกจุดโดยใช้โปรแกรมแบบ User Interface ในการเลือกจุดภาพที่เหมือนกันของทั้งสองภาพ โดยใช้เมาส์คลิกลงในตำแหน่งใดๆ บนภาพที่ตรงกัน เพื่อกำหนดหรือเลือกจุดภาพที่มีความเหมือนกันของภาพที่ใช้ทดลองทั้งสองภาพ ซึ่งในภาพตัวอย่างจะใช้ไฟล์ภาพคู่ที่ 5 คือ bus-left.jpg

และ bus-right.jpg ซึ่งมีขนาดของภาพใกล้เคียงกัน เมื่อนำเข้าสู่โปรแกรมก็จะได้รับการเลือกจุดภาพที่เหมือนกันของภาพทั้งสองดังแสดงในภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 ชื่อภาพและขนาดของภาพที่ใช้ในการวิจัย

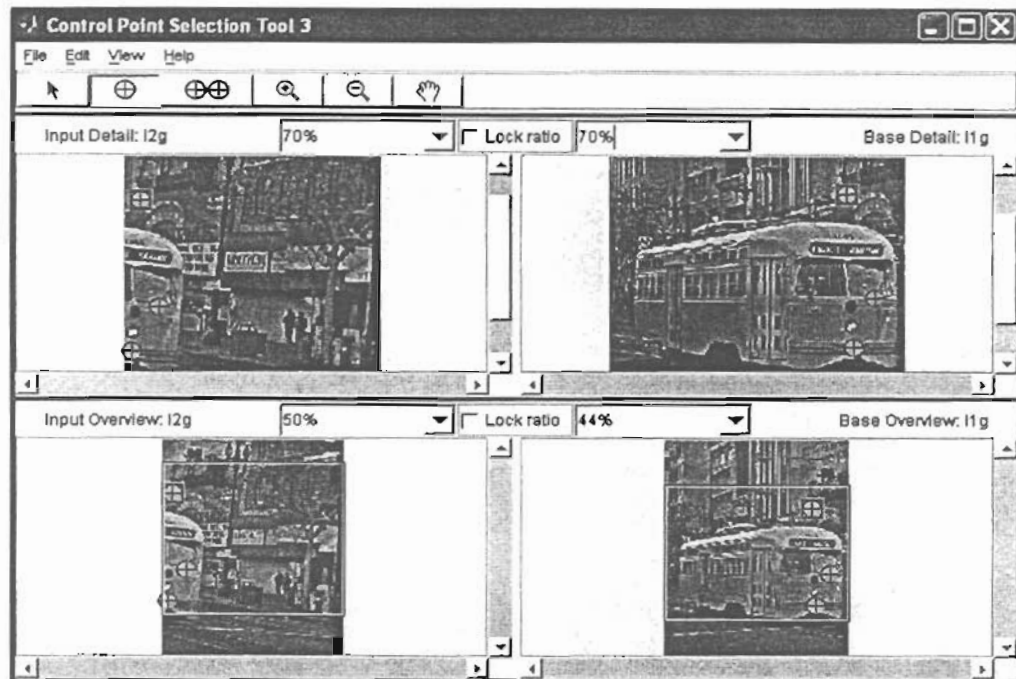
ชื่อไฟล์ภาพ	ขนาดไฟล์	ขนาดของภาพ	ประเภทไฟล์	การจัดคู่รวมภาพ
Food1	7 kb	127x181	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 1
Food2	11 kb	166x214	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 1
2d-top	16 kb	200x205	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 2
2d-bottom	13 kb	200x166	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 2
Boat-left	28 kb	350x263	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 3
Boat-right	28 kb	351x264	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 3
Hk1	20 kb	271x241	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 4
Hk2	31 kb	379x259	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 4
Bus-left	40	293x375	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 5
Bus-right	33	255x333	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 5
Cw-left	27 kb	300x255	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 6
Cw-right	27 kb	300x255	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 6
Cr-left	33 kb	350x263	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 7
Cr-right	38 kb	350x263	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 7
Edge1	28 kb	200x149	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 8
Edge2	27 kb	200x149	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 8
Sala-left	34 kb	350x263	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 9
Sala-right	37 kb	350x263	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 9
Castle-left	66 kb	400x333	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 10
Castle-right	59 kb	400x300	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 10
tower-top	16 kb	293x193	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 11
tower-bottom	20 kb	291x193	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 11
tower1	26 kb	312x240	JPEG ไฟล์	คู่ที่ 12



ภาพที่ 4-1 ภาพหลักในการรวมภาพ



ภาพที่ 4-2 ภาพที่จะทำการแปลงภาพไปรวมกับภาพที่ 1



ภาพที่ 4-3 การเลือกจุดภาพๆ ละ 3 จุด โดยวิธี Manual Correspondence Selection

หลังจากการเลือกจุดภาพละ 3 จุด จะได้ตัวเลขพิกัดของแต่ละภาพดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 พิกัดตำแหน่งที่ได้จากการเลือกจุดภาพ

จุดที่	พิกัดในภาพที่ 1 (x, y)	พิกัดในภาพที่ 2 (x', y')
1	287.5515, 242.8809	249.7758, 8.5000
2	233.8667, 264.0766	199.8364, 34.7500
3	118.9697, 235.4000	83.6545, 16.0000

จากค่าพิกัดในตารางที่ 4-2 นำค่าพิกัดของตำแหน่งของภาพทั้งสองมาปรับพิกัดที่เลือกใหม่ เพื่อให้ค่าตำแหน่งที่เลือกในภาพทั้งสองภาพมีค่าตรงกัน หรือ ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้วิธีการเลือกจุดภาพที่อยู่รอบๆ มาพิจารณา ซึ่งจะใช้ค่าของสีในพิกัดมาหาความสัมพันธ์ในแต่ละจุดของภาพทั้งสอง ซึ่งเรียกว่า Cross Correlation ซึ่งจะทำให้มีการปรับค่าของภาพทั้งสองให้ตรงกับภาพแรกมากยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 พิกัดตำแหน่งภายหลังการทำ Cross Correlation

จุดที่	พิกัดในภาพที่ 1 (x, y)	พิกัดในภาพที่ 2 (x', y')
1	287.5515, 242.8809	251.7515, 9.6809
2	233.8667, 264.0766	199.8667, 35.6766
3	118.9697, 235.4000	82.9697, 16.5000

4.2.2 ขั้นตอน Image Transformation

ขั้นตอนของการทำ Image Transformation จะทำภายหลังจากขั้นได้ค่าพิกัดที่มีการปรับปรุงตำแหน่งบนจุดภาพในตารางที่ 4-3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการปรับจุดภาพในภาพที่สองให้ตรงกับตำแหน่งพิกัดบนจุดภาพในภาพที่ 1 ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ได้ค่าพิกัดที่ตรงหรือใกล้เคียงระหว่างภาพทั้งสองให้มากที่สุด จากนั้นนำพิกัดของภาพทั้งสองไปคำนวณในสมการเมตริกซ์ ของ Affine Transformation ก็จะทำให้ได้ค่าเมตริกซ์ที่จะต้องมีการปรับภาพที่สองให้เปลี่ยนรูปร่างหรือแปลงภาพในลักษณะที่สามารถรวมกันกับภาพที่ 1 ได้ โดยจะใช้การแปลงภาพแบบ Backward Mapping Transform

- กำหนดให้
- A แทนจุดภาพก่อนการแปลงภาพ (x, y)
 - B แทนจุดภาพผลลัพธ์ของการแปลงภาพ (x', y')
 - M แทนการแปลงภาพแบบ Affine Transformation

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A และ B เขียนในรูปแบบของ Homogeneous Coordinate ได้ดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad B = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

จะได้สมการเมตริกซ์ดังนี้

$$B = MA \quad (4-1)$$

และจากคุณสมบัติอินเวอร์สเมตริกซ์ จะได้สมการสำหรับการทำ Backward Transformation ดังนี้

$$A = M^{-1}B \quad (4-2)$$

จากการแปลงภาพโดยใช้การคำนวณโดยสมการเมตริกซ์จะได้ภาพที่สองที่มีการแปลงภาพสำหรับการนำไปรวมกับภาพที่ 1 ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 การแปลงภาพที่ 2 ให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะรวมกับภาพที่ 1

4.2.1 ขั้นตอนการรวมภาพ Image Blending

ขั้นตอนของการทำ Image Blending จะใช้วิธีการตรวจสอบจุดที่มีส่วนที่เป็นจุด Overlap ของภาพทั้งสองโดยมีขั้นตอนในการรวมภาพดังนี้

4.2.1.1 ทำการคำนวณหาสัดส่วน ของภาพผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะทำการกำหนดค่าขนาดของรูปโดยประมาณ จากการนำขนาดของรูปทั้งสองรูปมาบวกกันและลบออกด้วยส่วนที่เป็นจุด Overlap กัน

4.2.1.2 อ่านค่าส่วนของภาพที่ 1 ที่ไม่เป็นจุดที่มีการ Overlap ระหว่างภาพทั้งสองไปเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์

4.2.1.3 อ่านค่าส่วนของภาพที่มีการ Overlap กันของภาพทั้งสอง โดยจุดภาพใหม่ที่จะเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์ จะทำการคำนวณโดยใช้ค่ากึ่งกลางระหว่างสีของภาพทั้งสอง

4.2.1.4 อ่านค่าของภาพที่สองที่มีการแปลงภาพแล้วมาเก็บไว้ในภาพผลลัพธ์
จากขั้นตอนการรวมภาพที่กล่าวมาก็จะทำให้ได้ภาพผลลัพธ์ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 ภาพผลลัพธ์ของการรวมภาพ

จากผลลัพธ์ของการรวมภาพพบว่าภาพที่รวมกันระหว่างรอยขอบของภาพทั้งสองดูไม่กลมกลืนกัน ต้องนำภาพผลลัพธ์ดังกล่าวมาปรับปรุงจุดสีภาพโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation ซึ่งจะทำให้จุดสีของภาพที่เกิดจากการรวมภาพดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกันมากขึ้นดังภาพที่ 4-6

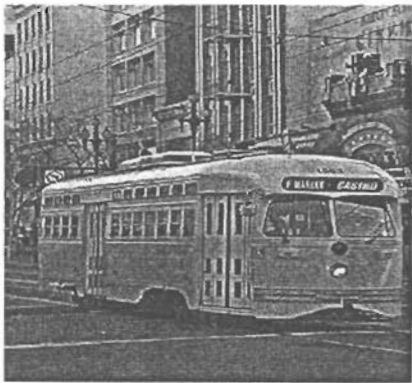


ภาพที่ 4-6 ภาพผลลัพธ์ของการปรับปรุงภาพแบบ Bilinear Interpolation

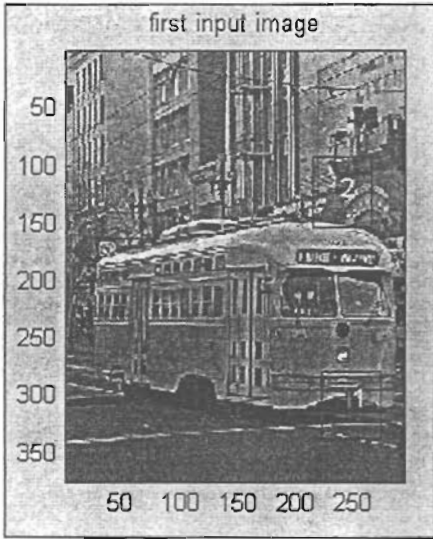
4.3 การเปรียบเทียบผลการวิจัย

จากการทดสอบการวิจัยโดยใช้การเปรียบเทียบกับวิธีพื้นฐานและงานวิจัยของ Heckbert [6] รวมทั้งงานเขียนของ Stegmann [10] ในขั้นตอนต่างๆ พบว่า ขั้นตอนในการเลือกจุดภาพ จะมีการเลือกจุดภาพ 3 จุดมากกว่างานของ Stegmann ซึ่งมีการเลือกจุดภาพเพียง 2 จุด อีกทั้งในขั้นตอนนี้มีการปรับจุดภาพใหม่ เพื่อหาจุดภาพที่มีความใกล้เคียงกันของภาพทั้งสอง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าจุดภาพที่มีความเหมาะสมในการแปลงภาพ ในขณะที่วิธีของ Stegmann ไม่มีการปรับจุดภาพ ขั้นตอนการแปลงภาพในงานวิจัยใช้วิธี Affine Transformation ซึ่งใช้ตัวแปรในการแปลงภาพ 6 ตัว ซึ่งได้จากการเลือกจุด 3 จุด ในขณะที่วิธีของ Stegmann ใช้วิธี Euclidean Transformation ใช้ตัวแปรในการคำนวณการแปลงภาพ 4 ตัว ทำให้ภาพที่ได้จากวิธีในงานวิจัยนี้ มีความละเอียดและความคมชัดของภาพมากกว่า ในขั้นตอนการรวมภาพเนื่องจากภาพที่ผ่านการแปลงภาพมีความละเอียดของภาพสูง จึงทำให้การรวมภาพผลลัพธ์มีความกลมกลืนเป็นภาพเดียวกันมากกว่า นอกจากนี้ยังมีการปรับจุดสีของภาพเพื่อทำให้สีของภาพดูกลมกลืนกันทั้งภาพ ในขณะที่วิธีของ Stegmann ไม่มีการปรับจุดสีภาพ สำหรับรายละเอียดของการเปรียบเทียบผลการวิจัยแสดงในตารางที่ 4-4

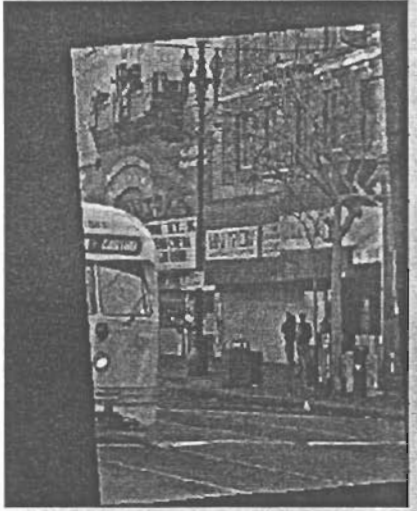
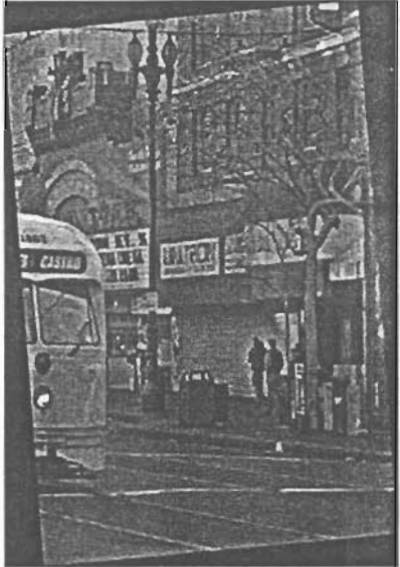
ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบผลการวิจัย

รายละเอียด	วิธีของงานวิจัยเดิมและงาน Stegmann	วิธีที่ทำการวิจัย
จำนวนภาพที่ใช้ในการรวมภาพ	2 ภาพ	2 ภาพ
ภาพหลัก		

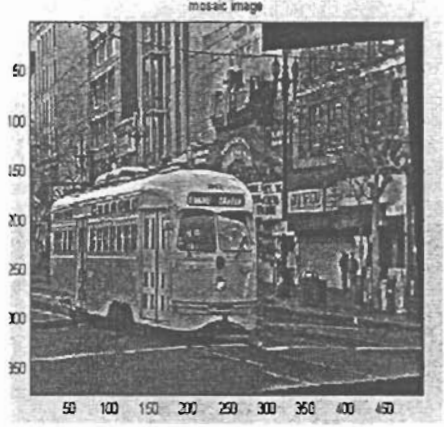
ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายละเอียด	วิธีของงานวิจัยเดิมและงาน Stegmann	วิธีที่ทำการวิจัย
ภาพที่จะนำมา รวมกัน		
การเลือก จุดภาพ	เลือกจุดภาพ 2 ตำแหน่ง	เลือกจุดภาพ 3 ตำแหน่ง
ตัวอย่าง การเลือก จุดภาพของ ภาพหลัก	first input image 	

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายละเอียด	วิธีของงานวิจัยเดิมและงาน Stegmann	วิธีที่ทำการวิจัย
การปรับ ตำแหน่ง การเลือก จุดภาพ	ไม่มีการปรับตำแหน่ง	ทำการปรับตำแหน่งของจุดภาพโดยวิธี Cross-Correlation
วิธีการ แปลงภาพ	โดยวิธี Euclidean Transformation โดยใช้สมการดังนี้ $\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$	โดยวิธี Affine Transformation โดยใช้สมการดังนี้ $\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$
ภาพที่ได้ จากการ แปลงภาพ	Euclidean Transformation 	

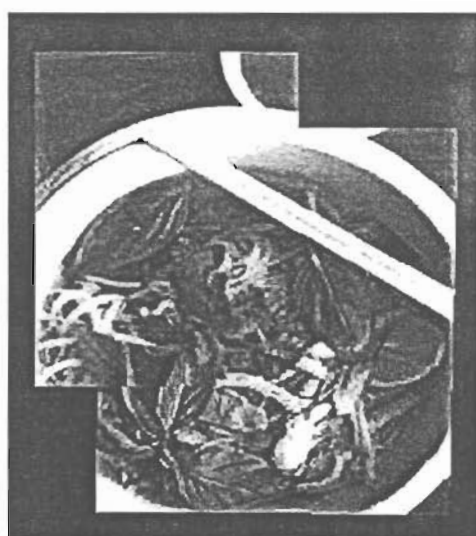
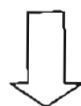
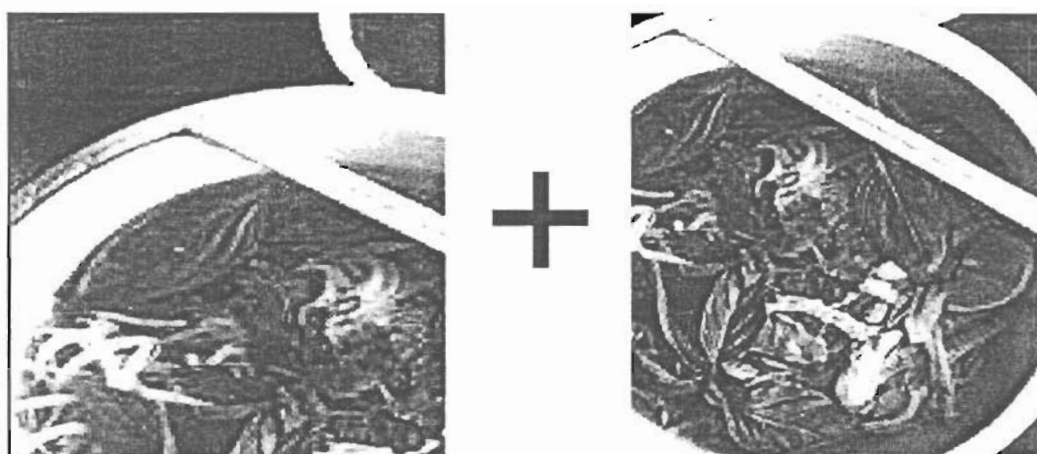
ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายละเอียด	วิธีของงานวิจัยเดิมและงาน Stegmann	วิธีจากการวิจัยนี้
ภาพที่ได้จากการรวมภาพ		
การปรับจุดสีภาพ	ไม่มีการปรับจุดสีภาพ	ปรับจุดสีภาพโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation
ภาพที่ได้จากการปรับจุดสี	ไม่มีการปรับจุดสีภาพ	

4.4 ผลการทดสอบการรวมภาพ

4.4.1 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 1

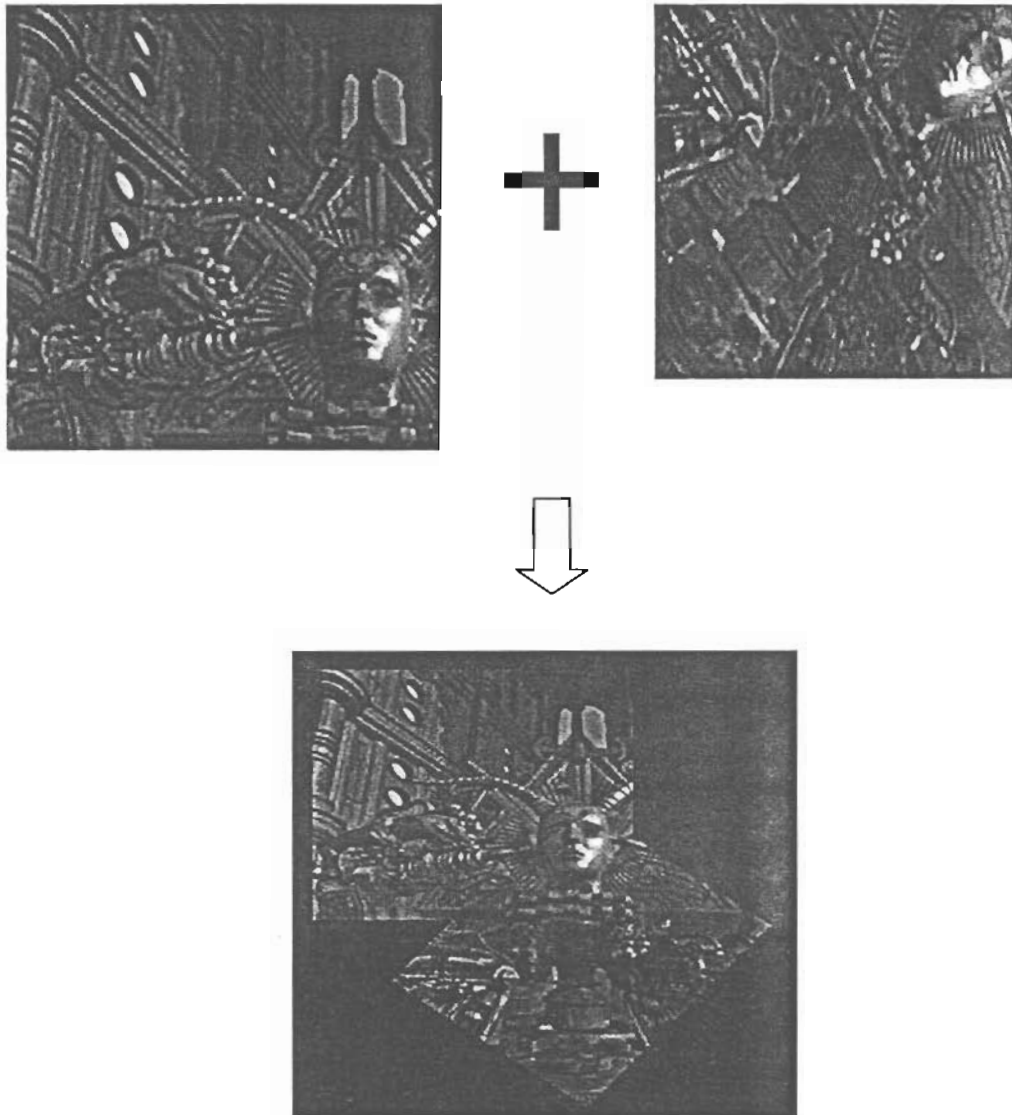
ภาพในคู่ที่ 1 เป็นการนำภาพซามักวีย์เดี่ยวมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนบนของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนขวาของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 การรวมภาพในคู่ที่ 1

4.4.2 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 2

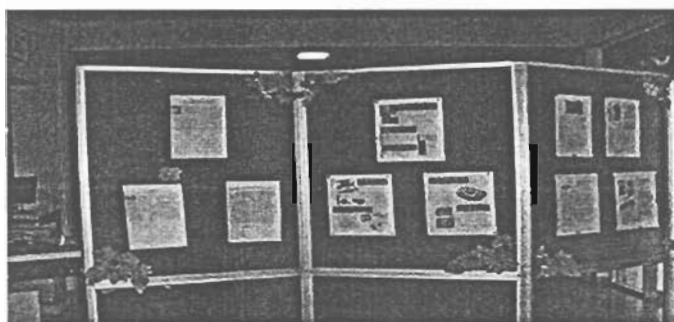
ภาพในคู่ที่ 2 เป็นการนำภาพหุ่นเหล็กมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนบนของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนล่างของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้ายแล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 การรวมภาพในคู่ที่ 2

4.4.3 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 3

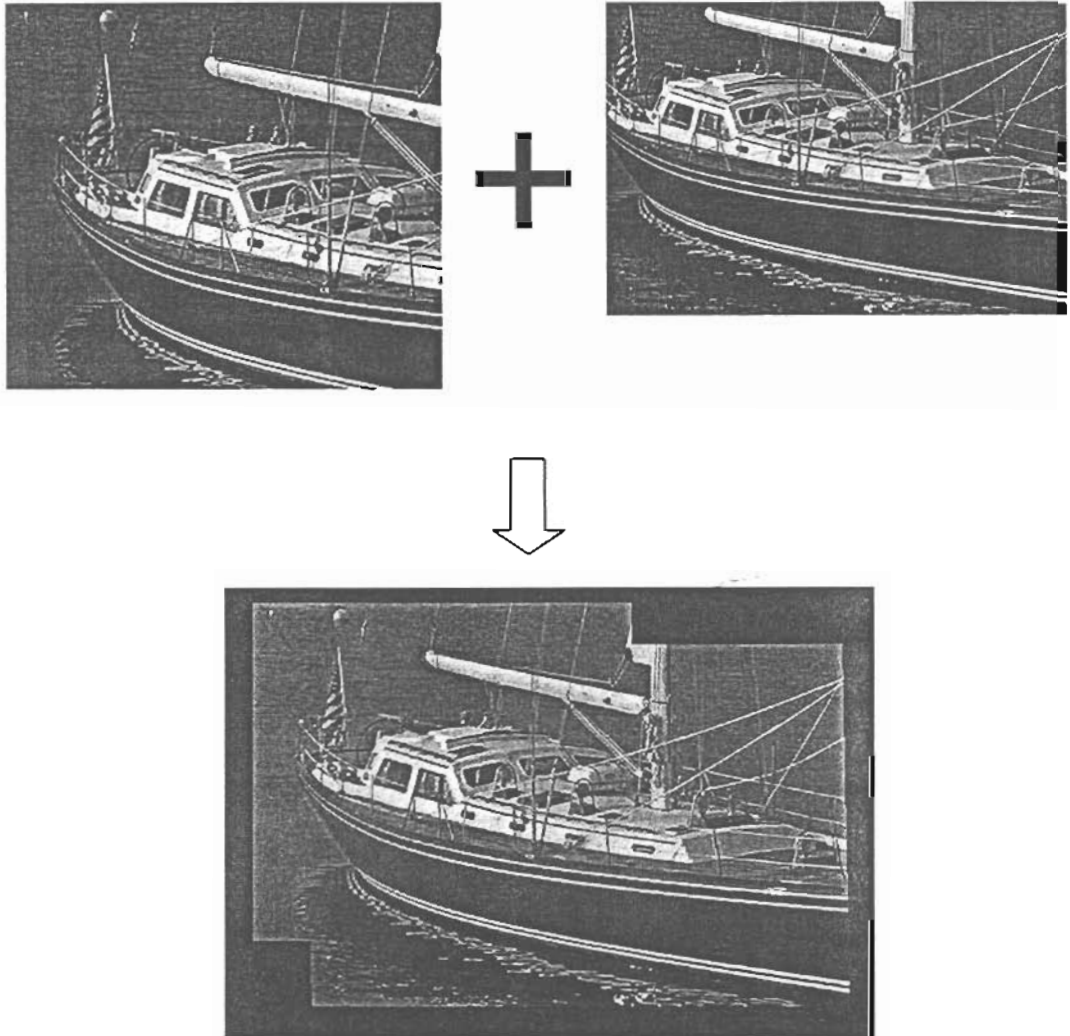
ภาพในคู่ที่ 3 เป็นการนำภาพการจัดบอร์ดมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนที่อยู่ทางขวาภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 การรวมภาพในคู่ที่ 3

4.4.4 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 4

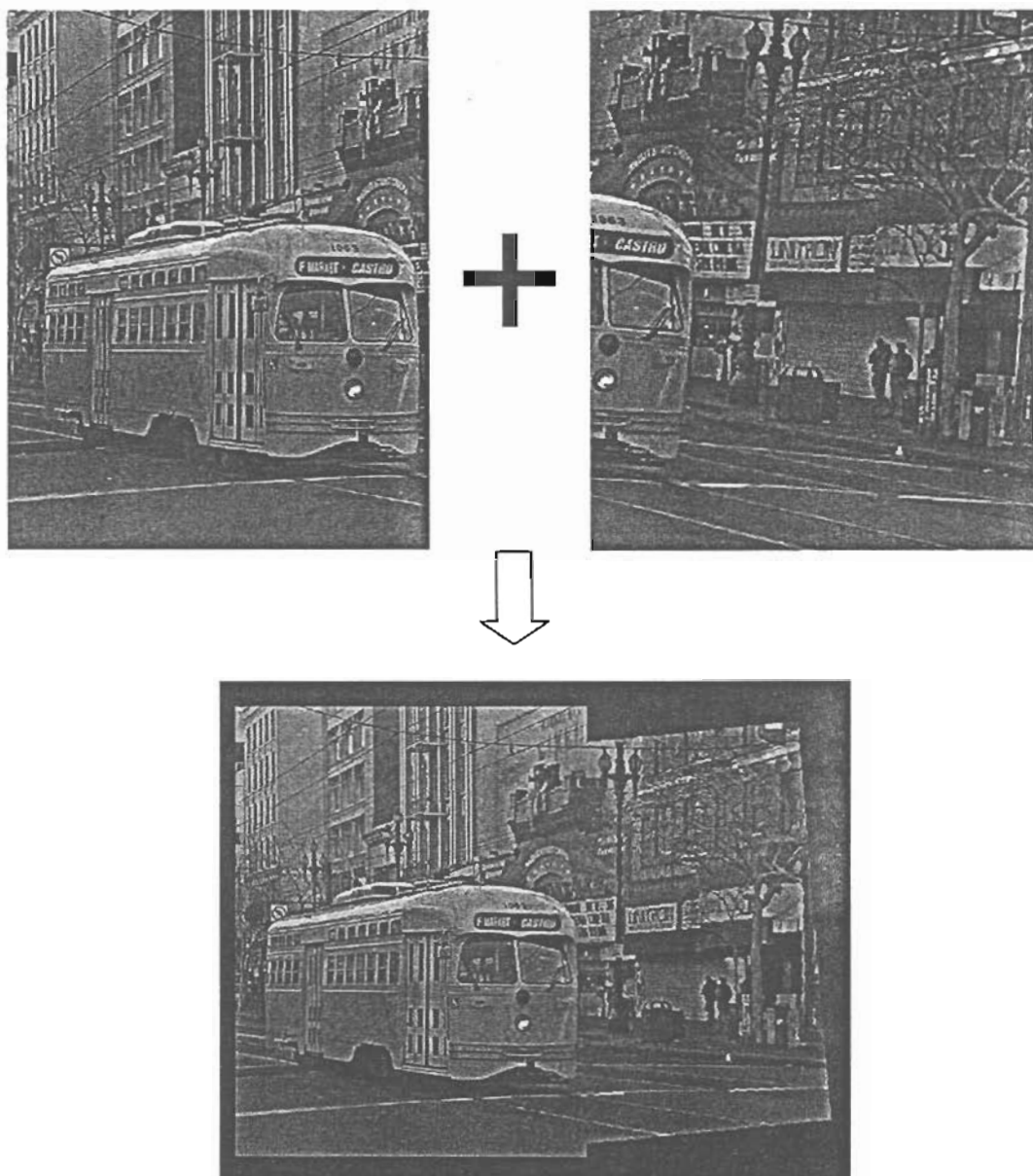
ภาพในคู่ที่ 4 เป็นการนำภาพเรือสองส่วนมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนขวาของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 การรวมภาพในคู่ที่ 4.

4.4.5 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 5

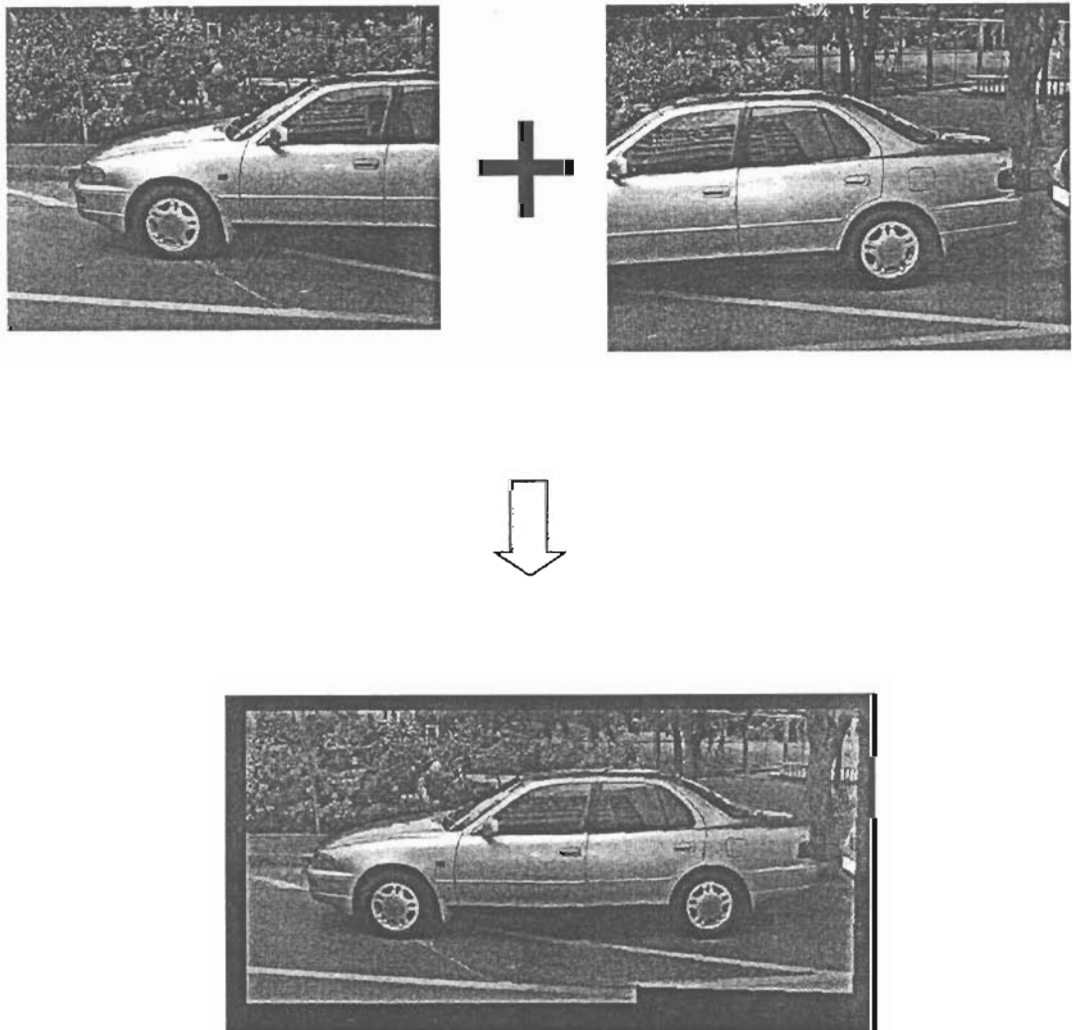
ภาพในคู่ที่ 5 เป็นการนำภาพเรือสองส่วนมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนรถบัสเต็มคันซึ่งเป็นด้านซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนขวาของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 การรวมภาพในคู่ที่ 5

4.4.6 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 6

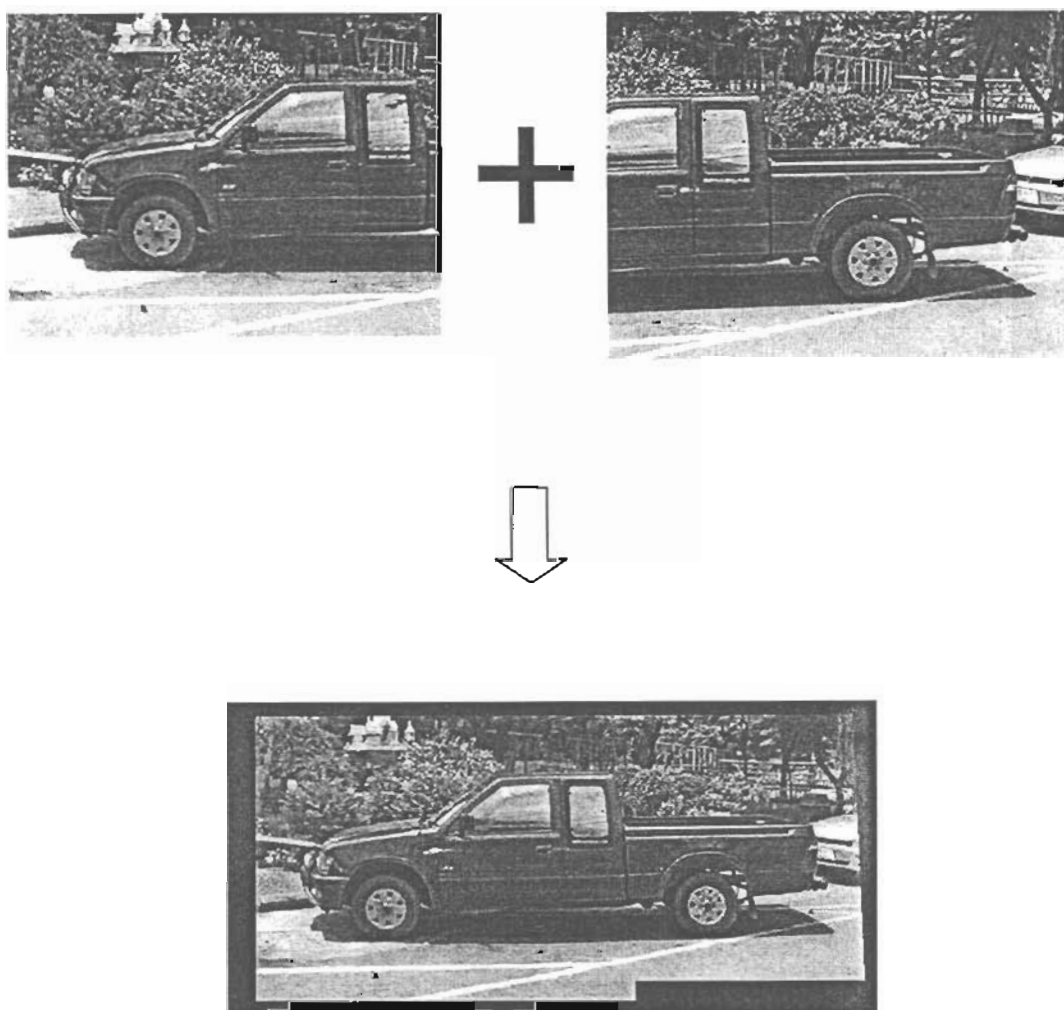
ภาพในคู่ที่ 6 เป็นการนำภาพรถนั่งส่วนบุคคลซึ่งถ่ายรูปไว้สองภาพมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนด้านหน้าของรถซึ่งเป็นด้านซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนด้านหลังของรถซึ่งเป็นด้านขวาของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 การรวมภาพในคู่ที่ 6

4.4.7 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 7

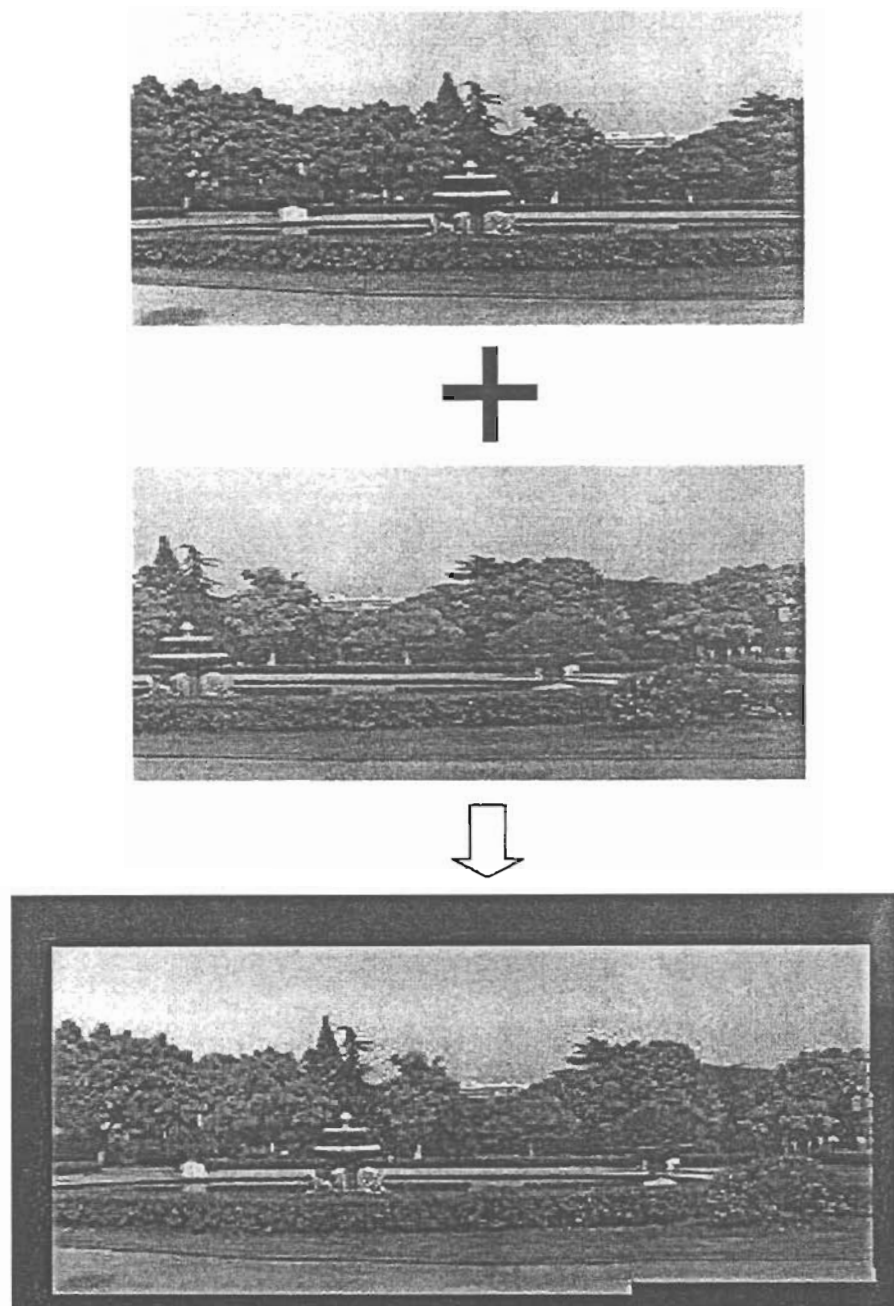
ภาพในคู่ที่ 7 เป็นการนำภาพรถกระบะซึ่งถ่ายรูปไว้สองภาพมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนด้านหน้าของรถซึ่งเป็นด้านซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนด้านหลังของรถซึ่งเป็นด้านขวาของภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-13



ภาพที่ 4-13 การรวมภาพในคู่ที่ 7

4.4.8 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 8

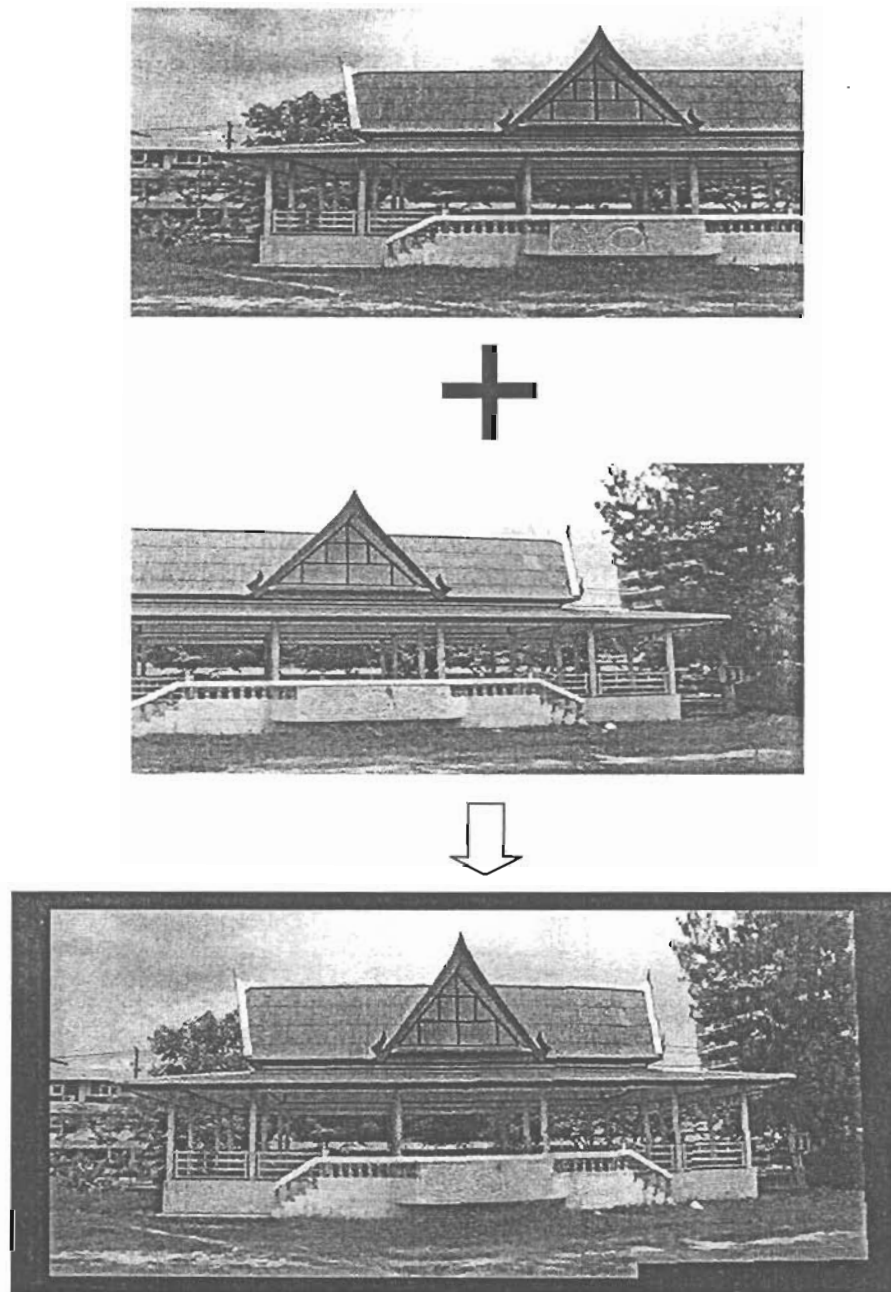
ภาพในคู่ที่ 8 เป็นการนำภาพในสวนสาธารณะมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของภาพ ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนที่อยู่ทางขวาภาพ เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 การรวมภาพในคู่ที่ 8

4.4.9 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 9

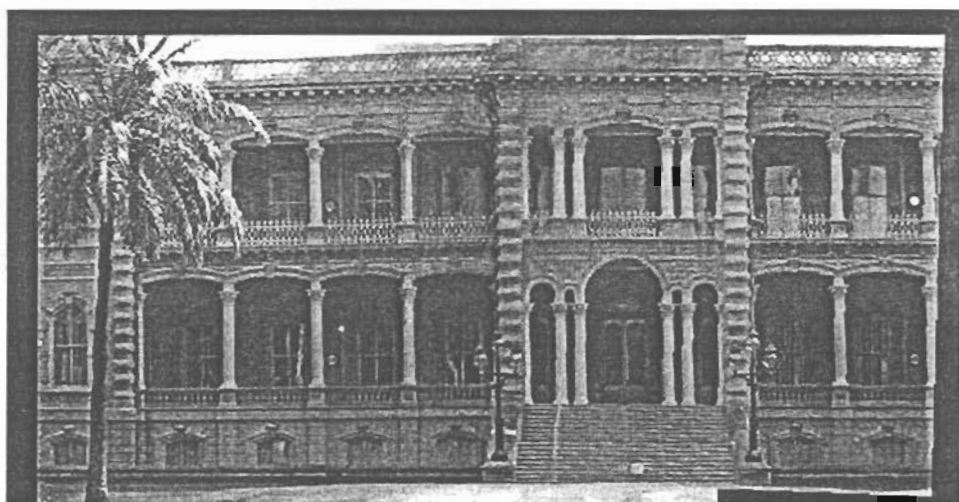
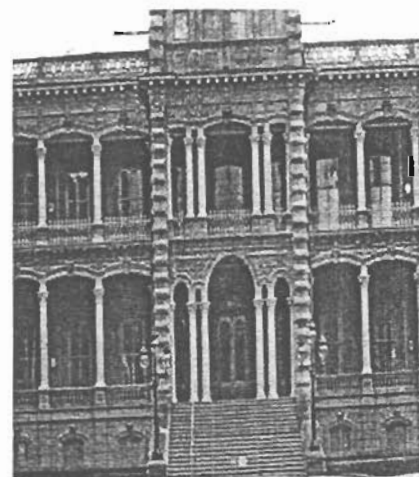
ภาพในคู่ที่ 9 เป็นการนำภาพศาลาพักข้างสนามกีฬามารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของศาลา ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนของทางขวาของศาลา เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-15



ภาพที่ 4-15 การรวมภาพในคู่ที่ 9

4.4.10 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 10

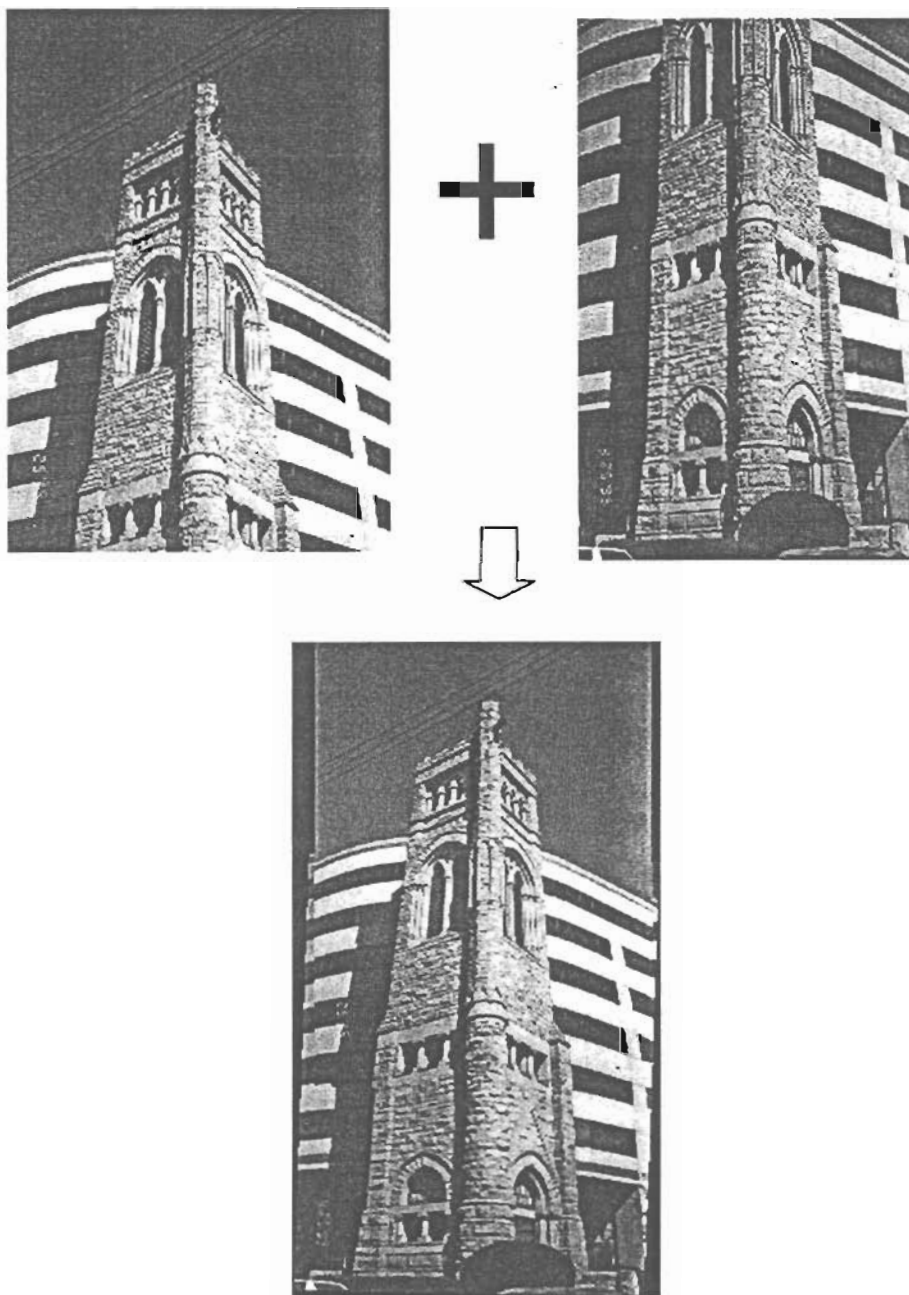
รูปภาพในคู่ที่ 10 เป็นการนำภาพศาลาพักข้างสนามกีฬามารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของศาลา ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนที่อยู่ทางขวาของศาลา เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-16



ภาพที่ 4-16 การรวมภาพในคู่ที่ 10

4.4.11 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 11

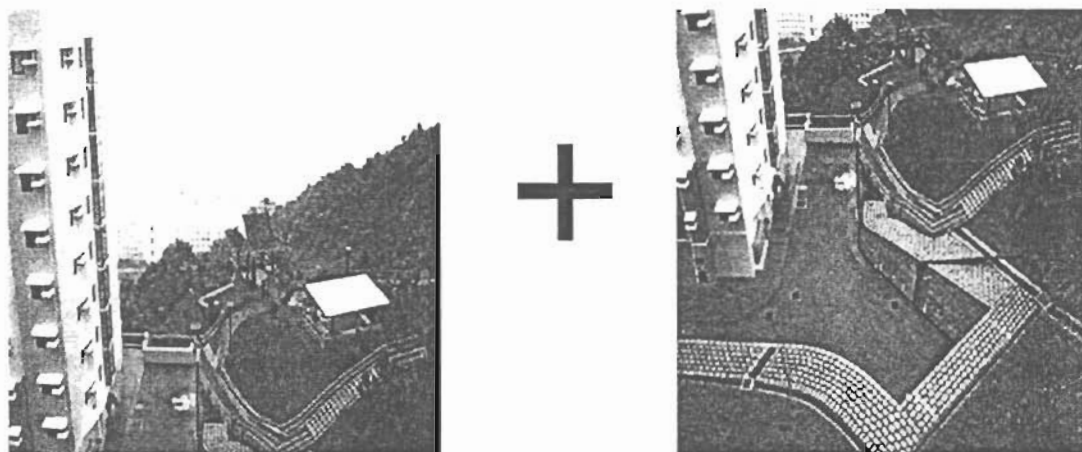
ภาพในคู่ที่ 11 เป็นการนำภาพตึกสูงมารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนบนของตึก ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนล่างหรือฐานของตึก เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้ายแล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-17



ภาพที่ 4-17 การรวมภาพในคู่ที่ 11

4.4.12 ผลการทดสอบภาพในคู่ที่ 12

ภาพในคู่ที่ 12 เป็นการนำภาพศาลาพักข้างสนามกีฬามารวมกันโดยใช้ภาพด้านซ้ายเป็นส่วนซ้ายของศาลา ส่วนภาพด้านขวาเป็นส่วนของที่อยู่ทางขวาของศาลา เมื่อทำการปรับภาพด้านขวาเข้าไปรวมกับภาพด้านซ้าย แล้วทำการรวมภาพเข้าด้วยกัน จะได้ภาพใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-18 การรวมภาพในคู่ที่ 12

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัย และแนวทางการพัฒนาการวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปผลการวิจัย

การรวมภาพเป็นการหาจุดที่เหมือนกันบนภาพสองภาพแล้วหาจุดพิกัดของภาพเพื่อนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการแปลงภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ตามความต้องการ ในงานวิจัยนี้ ได้เสนอวิธีการรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อที่ตรงกันระหว่างภาพสองภาพ โดยภาพที่หนึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นภาพต้นฉบับ ส่วนภาพที่สองจะถูกกำหนดให้เป็นภาพที่ถูกนำมาเชื่อมต่อกับภาพแรกซึ่งจะถือว่าเป็นภาพนำเข้า โดยภาพทั้งสองเป็นภาพที่เป็น JPEG ไฟล์ ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพของกล้องดิจิทัลที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไป สำหรับภาพที่นำมาใช้ในการวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 24 ภาพ หรือ 12 คู่ ผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบโดยการเชื่อมต่อนิพจน์ภาพทั้งหมดทีละคู่ ก็จะได้ภาพผลลัพธ์จำนวน 12 ภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งภาพที่ได้จากการเชื่อมต่อนิพจน์มีความถูกต้องของการเชื่อมต่อที่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ เพราะรูปภาพมีความกลมกลืนกันเสมือนว่าเป็นภาพเดียวกัน

การวิจัยนี้ใช้ขั้นตอนในการรวมภาพ 3 ขั้นตอนประกอบด้วย Image Registration, Image Transformation, Image Blending ซึ่งขั้นตอนแรกคือ Image Registration เป็นการเลือกจุดภาพที่เหมือนกันของภาพทั้งสองซึ่งใช้วิธี Manual Correspondence Selection เมื่อได้ค่าพิกัดแล้วนำมาปรับปรุงข้อผิดพลาดจากการเลือกจุดภาพโดยการเปรียบเทียบกับจุดภาพที่อยู่ติดกันซึ่งใช้วิธี Cross Correlation ในขั้นตอนที่สองจะใช้วิธีการแปลงภาพแบบ Affine Transform โดยวิธีการ backward transform และในขั้นตอน Image Blending ซึ่งเป็นการรวมภาพหลักและภาพที่มีการแปลงให้ได้ภาพผลลัพธ์มีการปรับจุดภาพให้กลมกลืนเป็นภาพเดียวกันโดยใช้วิธี Bilinear Interpolation

ผลการทดสอบการวิจัยพบว่า ได้ภาพผลลัพธ์โดยมีการประมวลผลที่รวดเร็วตลอดจนสามารถปรับจุดภาพในการเลือกพิกัดให้ตรงกันให้มากที่สุดของทั้งสองภาพ นอกจากนี้ยังมีการปรับจุดสีของภาพผลลัพธ์เพื่อทำให้ภาพดูกลมกลืนเป็นภาพเดียวกัน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบการวิจัย โดยใช้ภาพสองภาพที่มีขนาดที่แตกต่างกัน ตลอดจนรูปแบบของการรวมภาพในแบบต่างๆ ทำให้สรุปได้ว่า ขั้นตอนวิธีในการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้งานในการรวมภาพได้หลากหลายรูปแบบ และมีการประมวลผลที่รวดเร็วพอควร นอกจากนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นในกระบวนการหรือขั้นตอนอื่นๆ ได้อีกเพื่อทำให้การรวมภาพที่มีการถ่ายจากกล้องดิจิทัลสามารถนำมารวมกันได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการใช้งาน และเป็นพื้นฐานในการประมวลผลภาพในแบบอื่นๆ ต่อไป

สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยในเรื่อง การเชื่อมต่อภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อที่ตรงกันนี้ก็จะยังคงมีปัญหาในเรื่องของระยะเวลาในการประมวลผลภาพสำหรับภาพที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจุดภาพของภาพขนาดใหญ่จะต้องใช้หน่วยความจำมากในการประมวลผลภาพ ดังนั้นหากภาพที่ต้องการนำมาใช้ในการเชื่อมต่อมีขนาดใหญ่เกินไป จะต้องทำการปรับขนาดของภาพให้เล็กลงกว่าเดิมจึงจะทำให้การประมวลผลภาพทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาวิธีการเชื่อมต่อภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อที่ตรงกัน จะต้องทำการประมวลผลได้เร็ว และสามารถปรับแก้จุดที่สามารถรวมกันได้อย่างสะดวกรวดเร็ว เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากการรวมกันของภาพสองภาพ มีความกลมกลืนเป็นภาพเดียวกันให้มากที่สุด ซึ่งพอที่จะเสนอให้แนวทางในการพัฒนาดังนี้

5.3.1 พัฒนาวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของภาพให้เล็กลงก่อนนำไปประมวลผลเพื่อทำให้ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลภาพน้อยลง

5.3.2 พัฒนาการเลือกจุดที่ภาพทั้งสองเหมือนกันแบบอัตโนมัติในแบบต่างๆ

5.3.3 พัฒนาวิธีการรวมภาพแบบและการปรับจุดสีภาพในครั้งเดียวกันเพื่อทำให้ลดระยะเวลาในการประมวลผลที่ต้องทำหลายครั้ง

เอกสารอ้างอิง

1. นิรุช อำนวยศิลป์. Image Processing. (บทความออนไลน์) สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2549 จาก <http://www.thaidev.com/index.php>
2. กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.
3. กิดานันท์ มลิทอง. สกรรค์สร้างหน้าเว็บและกราฟิกบนเว็บ. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
4. วงศ์ประชา จันทรสมวงศ์. อินไซด์ FrontPage 2000 คู่มือสร้างและจัดการเว็บไซต์ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น, 2543.
5. มนตรี กาญจนะเดชะ. Image Processing. (เอกสารออนไลน์) สืบค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2549 จาก <http://fivedots.coe.psu.ac.th/%7Emontri/Teaching/image/image.html>
6. P. S. Heckbert. Fundamentals of texture mapping and image warping. Master's thesis, University of California, Berkeley, 1989.
7. P. Haeberli and M. Segal. Texture Mapping as a Fundamental Drawing Primitive. Fourth Eurographics Workshop on Rendering, Paris, 1993.
8. A. Gustafsson. Interactive Image Warping. Master's thesis, Helsinki University of Technology, Finland, 1993.
9. R. Szeliski and Heung-Yeung Shum. "Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps." Technical Report. [serial online] 1997 [cited 2005 April 15]. Available from : URL : <http://www.cs.utexas.edu/users/amenta/papers/szeliski.pdf>
10. M. B. Stegmann. "Image Warping." Image Analysis & Computer Graphics. [serial online] 2001 [cited 2005 August 6]. Available from : URL : http://www2.imm.dtu.dk/pubdb/views/publication_details.php?id=130
11. C. A. Glasbey and K. V. Mardia. "A review of image-warping methods." Journal of Applied Statistics. 25 (April 1998) : 155–171.
12. R. Szeliski. Video mosaics for virtual environments. IEEE Computer Graphics and Applications, pages 22–30, March 1996.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายอำนาจ สวัสดิ์นะที
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การรวมภาพโดยใช้จุดเชื่อมต่อตรงกัน
 สาขาวิชา : เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

ประวัติ

ด้านการศึกษ สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร จากสถาบันราชภัฏนครสวรรค์ (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์) จากนั้นศึกษาต่อและสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขา วิทยาการคอมพิวเตอร์ จากสถาบันราชภัฏเพชรบุรี (มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี) ในระดับ บัณฑิตศึกษา สำเร็จการศึกษสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (นิด้า) ด้านการทำงาน ปัจจุบัน ทำการสอนนักศึกษาในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และวิทยาการ คอมพิวเตอร์ในระดับปริญญาตรี ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม