การปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

Underwater Image Toolbox

for Optical Image Processing and Mosaicking in MATLAB

นายธนภูมิ เพริดพริ้ง รหัส 48364388

นายสหรัฐ เพชรพรหม รหัส 48364524

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 / W.A. 2553 /
เลขทะเบียน 1500277x
เลขเรียกหนังสือ ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร TK152 ท. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธนภูมิ เพริดพริ้ง รหัส 48364388
	นายสหรัฐ เพชรพรหม รหัส 48364524
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2551

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

หัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธนภูมิ เพริดพริ้ง รหัส 48364388
	นายสหรัฐ เพชรพรหม รหัส 48364524
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์ต้องการปรับปรุงภาพใต้น้ำให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ เนื่องจากกระบวนการถ่ายภาพใต้น้ำคนละเวลาและคนละตำแหน่งมีผลทำให้ได้รับภาพถ่ายที่มีรายละเอียดที่สนใจบางบริเวณของภาพไม่ครบถ้วน การปรับปรุงภาพใต้น้ำมี 7 ขั้นตอน คือ (1) การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา (2) การตัดภาพออกเป็น 4 ภาพย่อย (3) การลงทะเบียนคู่ภาพย่อยทั้งสี่โดยการใช้วิธีสหสัมพันธ์เฟส (4) การต่อภาพย่อยและทับซ้อน (5) การปรับความสว่างของภาพด้วยวิธีอะแด็ปทีฟฮีสโตแกรม (6) การปรับปรุงภาพด้วยการใช้ตัวกรองผ่านสูง และ (7) การวัดประสิทธิภาพของภาพที่ปรับปรุงกับภาพต้นแบบ

จากการทดสอบ พบว่า เทคนิคการปรับปรุงภาพที่พัฒนาขึ้นสามารถปรับปรุงภาพสังเคราะห์ให้กลับมาเหมือนกับภาพต้นแบบได้โดยมีค่าประสิทธิภาพความถูกต้องตรงบริเวณที่สนใจเท่ากับ 0.28% นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถปรับปรุงภาพใต้น้ำจริงที่ถ่ายคนละเวลาและคนละตำแหน่งได้คุณภาพดีขึ้น

Project Title	Underwater Image Toolbox for Optical Image Processing and Mosaicking in MATLAB
Name	MR. Thanapoom Proundpring ID. 48364388
	MR.Saharat Petchpron ID. 48364524
Project Advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering.
Department	Electrical and computer Engineering.
Academic Year	2008

ABSTRACT

The objective of this project is to improve the quality of underwater images by using an image processing technique. Some regions of the underwater images taken at different time and from different angles could have incomplete details. The purposed algorithm consists of 7 steps as follows: (1) color-into-graylevel images conversion, (2) image subdivision, (3) image registration by using phase correlation, (4) sub-image overlap, (5) brightness adjustment by using adaptive histogram technique, (6) image improvement by using high-pass filter, and (7) comparison between the improved image and its original image.

By using the image processing technique developed in this project, the results show that the synthesized images are similar to their original images, where the error of the overlapped region between the four sub-images equals 0.28%. Moreover, this approach can also improve real underwater images taken at different time and from different angles.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลาย ๆ บุคคลด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นบุคคลสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาต่อการทำโครงงานนี้อยู่เสมอ และขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจในการทำงานตลอดมา

นายธนภูมิ เพริดพริ้ง

นายสหรัฐ เพชรพรหม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.5 ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 4

1.7 งบประมาณ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 การใช้คำสั่งตัดภาพ 4

2.2 การแปลงข้อมูลภาพใน 2 มิติ 6

2.3 สหสัมพันธ์เฟส 9

2.4 การใช้คำสั่งทำภาพทับซ้อน 11

2.5 อะแด็ปทีฟฮิสโตแกรม 12

2.6 ตัวกรองผ่านสูงชนิดอัลซ้าป 18

2.7 วัดประสิทธิภาพความถูกต้องของคู่ภาพ 19

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 บทนำ 20

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในการทดลอง 20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 กระบวนการทดลอง 21

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 การทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำ 22

4.2 การทดลองการใช้อัลกอริทึมกับภาพปะการังสังเคราะห์ 32

4.3 ผลการทดลองใช้อัลกอริทึมกับภาพถ่ายจริงจากกล้องถ่ายภาพ 40

บทที่ 5 บทสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 55

5.2 ข้อเสนอแนะ 55

เอกสารอ้างอิง 56

ภาคผนวก 57

ประวัติผู้ขันยโครงงาน 64

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 เวลาแผนงานในการทำโครงงาน 2

2.1 ค่าสถิติจำนวนพิกเซลในเมตริกซ์ 15

2.2 ตัวอย่างการหาค่าความถี่สะสม 15

2.3 ค่าสถิติจำนวนพิกเซลและความถี่สะสมในเมตริกซ์ 16

4.1 ค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุน 43

4.2 ค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนแกน X 46

4.3 ค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนแกน Y 47

4.4 ค่าประมาณการหมุนและเลื่อนของภาพถ่ายจริงแต่ละคู่ภาพ 53

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 (ก)ภาพต้นแบบ (ข)ภาพที่ตัดมาจากภาพต้นแบบอยู่ในรูป interpolate 6

2.2 จุด Pivot Point 7

2.3 (ก)Cartesian Coordinate (ข) Homogeneous Coordinate 8

2.4 แอมพลิจูดของสเปกตรัม 10

2.5 การทับซ้อนกันของภาพ 4 ภาพที่ตัดออกมาจากภาพต้นแบบ 12

2.6 (ก)ภาพทะเลทราย (ข)ฮิสโตแกรมของภาพทะเลทราย 12

2.7 กราฟ ฮิสโตแกรมของภาพ 13

2.8 กราฟฮิสโตแกรมของภาพสว่าง 13

2.9 กราฟฮิสโตแกรมของภาพมืด 14

2.10 (ก) เมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8พิกเซล ก่อนการปรับแสง (ข)ภาพจากเมตริกซ์ 14

2.11 (ก) เมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8 พิกเซลก่อนการปรับแสง
(ข) เมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8 พิก เซลหลังการปรับแสง 14

2.12 (ก)ภาพขนาด 8x8 พิกเซลก่อนปรับแสง(ข)ภาพขนาด 8x8 พิกเซลหลังปรับแสง 17

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง 27

4.1 การแปลงภาพปะการังใต้น้ำให้เป็นภาพระดับเทา 31

4.2 ภาพ 4 ภาพที่ตัดมาจากภาพปะการังต้นแบบ 32

4.3 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 33

4.4 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3 33

4.5 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 34

4.6 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 34

4.7 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 35

4.8 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 35

4.9 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 2 ทำการลงทะเบียนภาพ) 36

4.10 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 3 ทำการลงทะเบียนภาพ) 36

4.11 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ) 37

4.12 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 3 ทำการลงทะเบียนภาพ) 37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ)	38
4.14 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 3 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ	38
4.15 ภาพปะการังต้นแบบที่ผ่านกระบวนการปรับแสงด้วยอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรม	39
4.16 ภาพต้นแบบที่ผ่านตัวกรองอัลช๊าปฟิวเตอร์	40
4.17 ภาพต้นแบบที่ผ่านทั้งอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมและตัวกรองอัลช๊าปฟิวเตอร์	40
4.18 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 2 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	41
4.19 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 3 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	41
4.20 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	42
4.21 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 3 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	42
4.22 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	42
4.23 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน θ '[◦] 15,30,45,และ 60 องศา)	43
4.24 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 2 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx' = -89 ,Ty' = 70	44
4.25 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3(ภาพที่ 3 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx = 94 ,Ty = -51)	44
4.26 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)	45
4.27 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 3 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= 94 ,Ty'= -51)	45
4.28 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)	45
4.29 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)	46
4.30 (ก)ภาพ 4 ภาพจากภาพปะการังต้นแบบที่ทับซ้อน (ข) ภาพปะการังต้นแบบ	47
4.31 (ก)ภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข) ภาพปะการังต้นแบบ	48
4.32 ภาพใต้น้ำระดับเทา 4 ภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ	49

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.33 ภาพถ่ายใต้น้ำ 4 ภาพที่ทำการตัด 49
4.34 คู่ภาพที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 2 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1) 50
4.35 คู่ภาพที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 3 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1) 50
4.36 คู่ภาพที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1) 51
4.37 คู่ภาพที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 3 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 2) 51
4.38 คู่ภาพที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 2) 52
4.39 คู่ภาพที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 3) 52
4.40 ภาพถ่าย 4 ภาพทับซ้อนกัน 53
4.41 ภาพปรับความสว่างด้วยฮะแด๊ปทีฟ ฮิสโตแกรมและฟิวเตอร์ 54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

กระบวนการดูภาพถ่ายจากใต้น้ำเป็นงานที่มีความละเอียดสูง ประกอบกับพื้นที่ใต้น้ำเป็นบริเวณพื้นที่กว้างใหญ่ มีความหลากหลายทางธรรมชาติ รวมทั้งในสภาวะใต้น้ำนั้นบางบริเวณมีแสงสว่างไม่เพียงพอและบางบริเวณมีแสงสว่างกระจัดกระจาย ทำให้ภาพที่ถ่ายจากสภาวะใต้น้ำมีความคมชัดน้อยหรือมีความคมชัดเฉพาะบางแห่งบางจุดเท่านั้น รวมทั้งเวลาถ่ายภาพอาจจะต้องการถ่ายพื้นที่ในส่วนที่ต้องการซึ่งกำหนดให้เป็นภาพต้นแบบ แต่เวลาถ่ายพื้นที่ส่วนนั้นจริงๆอาจจะถ่ายคนละมุมกล้องกันแล้วได้ภาพที่หลากหลาย โดยที่บางภาพอาจมีบางบริเวณที่ถ่ายเกินเข้ามาหรือได้ภาพที่มีบริเวณที่ขาดหายไป และตำแหน่งของภาพมีการเลื่อน เอียงไปไม่ตรงกับภาพต้นแบบ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้หาวิธีการเข้ามาช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการปรับแสงสว่างของภาพ และพัฒนาอัลกอริทึมที่เข้ามาช่วยในส่วนของการปรับการหมุนการเลื่อนของภาพใต้น้ำที่ถ่ายมาจากคนละมุมกล้อง พร้อมทั้งนำภาพดังกล่าวมาทำการทับซ้อนประกอบกันและใช้เทคนิคตัวกรองทำให้ภาพที่ทับซ้อนมีความเนียนขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับภาพต้นแบบที่ต้องการ จากนั้นวัดค่าความคลาดเคลื่อนของภาพที่ทับซ้อนกันเทียบกับภาพต้นแบบจริงๆเพื่อดูความถูกต้อง

ในโครงการนี้จึงได้มุ่งเน้นนำความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลของภาพ กระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การประมวลผลสัญญาณทางดิจิตอล และเทคนิคการเขียนโปรแกรมแมทแลบมาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการปรับปรุงภาพใต้น้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

1.2.2 เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการปรับปรุงภาพและทดลองการลงทะเบียนกับคู่ภาพใต้น้ำ

1.2.3 เพื่อศึกษาการใช้ตัวกรองปรับความคมชัดภาพทับซ้อน

1.2.4 เพื่อวัดประสิทธิภาพของภาพที่ปรับปรุงเทียบกับภาพต้นแบบ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 การใช้อัลกอริทึมที่ศึกษาอยู่เท่านั้นมาปรับปรุงภาพใต้น้ำ

1.3.2 การออกแบบขั้นตอนการทดลองกับภาพใต้น้ำที่ต้องการปรับปรุง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 สำรวจและศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพใต้น้ำและการลงทะเบียนภาพโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟส

1.4.3 ศึกษาวิธีการปรับปรุงภาพใต้น้ำโดยวิธีอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมและตัวกรองภาพ

1.4.4 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพและการลงทะเบียนภาพใต้น้ำ

1.4.5 นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาทดลองใช้กับภาพใต้น้ำและวิเคราะห์ผล

1.4.6 วัดค่าประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

1.4.7 สรุปผลและนำเสนอโครงงานปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

1.5 ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางเวลาแผนงานในการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2551							พ.ศ. 2552	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. สำรวจและศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→					
2.ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพใต้น้ำและการลงทะเบียนภาพโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟส			←	—	—	→			
3.ศึกษาวิธีการปรับปรุงภาพใต้น้ำโดยวิธีอะแด็ปทีฟฮิสโตแกรมและตัวกรองภาพ					←	→			
4.ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพและการลงทะเบียนภาพใต้น้ำ					←	→			
5.นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาทดลองใช้กับภาพใต้น้ำและวิเคราะห์ผล							←	→	
6.หาข้อผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไข									↔
7.สรุปผลและนำเสนอโครงงานปรับปรุงคุณภาพของภาพใต้น้ำด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ									↔

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1.6.1 ได้รับความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมแมทแลบเพิ่มมากขึ้น

1.6.2 สามารถนำโปรแกรมไปใช้ในการปรับปรุงภาพใต้น้ำได้

1.6.3 โปรแกรมที่ใช้สามารถนำไปพัฒนาได้อีกเพื่อช่วยในปรับปรุงภาพให้ชัดเจนมากขึ้น

1.6.4 ฝึกฝนการทำงานร่วมกับผู้อื่นและการพัฒนาตนเอง

1.7 งบประมาณ

1.7.1 ค่าหนังสือ Digital Signal Processing	600	บาท
1.7.2 ค่าหนังสือ MatLab	100	บาท
1.7.3 ค่าหนังสือ Digital Image Processing	600	บาท
1.7.4 อื่น ๆ	700	บาท
รวมทั้งสิ้น	2,000	บาท (สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

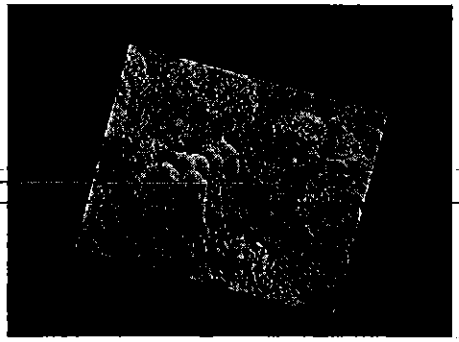
การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่เป็นรูปภาพต่างๆให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิตอลเพื่อจะได้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นอีกหลายแขนง เช่น การตกแต่ง การส่งรูปภาพไปตามสายนำสัญญาณจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง การเก็บข้อมูลภาพไว้ในหน่วยความจำเพื่อทำอัลบั้มภาพอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์เป็นแฟ้มข้อมูลพนักงาน แฟ้มอาชญากรรม เป็นต้น นอกเหนือไปจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานด้านการรักษาความปลอดภัย เช่น ตรวจสอบลายนิ้วมือหรือระบบสแกนม่านตาได้อีกด้วย

การที่จะเข้าใจได้หลักการประมวลผลภาพได้อย่างลึกซึ้ง ผู้เรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลอยู่พอสมควร เมื่อเข้าใจถึงหลักการเบื้องต้นแล้ว จึงทำการศึกษาส่วนที่ยากขึ้นไปตามลำดับ ในบทนี้ได้นำเสนอความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินโครงงานตามหลักการและทฤษฎีต่างๆดังนี้ การใช้คำสั่งตัดภาพ การแปลงข้อมูลภาพใน 2 มิติ การแปลงฟูริเยร์แบบ 2 มิติ การแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบโพล่า กระบวนการสหสัมพันธ์เฟส การใช้คำสั่งทำภาพทับซ้อน ฮิสโตแกม การใช้อะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมในกระบวนการปรับแสง การปรับความคมชัดภาพด้วยตัวกรองและวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของคู่ภาพ

2.1 การใช้คำสั่งตัดภาพ

คำสั่งในโปรแกรมแมทแลบที่ใช้ในการตัดภาพจะใช้คำสั่ง "imcorp" เข้ามาช่วย จากรูปที่ 2.1 (ข) เป็นการตัดภาพออกมาส่วนหนึ่งจากภาพต้นแบบ ภาพที่ถูกตัดออกมานั้นเมื่อไปทำให้อยู่รูป interpolate จะมีส่วนของพื้นที่สีดำเป็นลักษณะกรอบของภาพ เป็นการศึกษาในกรณีที่สมมุติให้ภาพที่ตัดออกมาเป็นภาพที่ถูกถ่ายจากกล้องถ่ายรูป ถ้าเกิดการเอียงหรือเลื่อนของภาพไปจากภาพต้นแบบการทำให้ภาพอยู่ในรูป interpolate จะสามารถมองเห็นได้ง่าย และเป็นประโยชน์ในการนำไปศึกษาผ่านการลงทะเบียนภาพโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟสเพื่อให้ภาพหมุนกลับ เลื่อนกลับดังที่จะได้กล่าวหลักการในหัวข้อต่อไป

รูปที่ 2.1 (ก) ภาพต้นแบบ



รูปที่ 2.1 (ข) ภาพที่ตัดจากภาพต้นแบบอยู่ในรูป interpolate

2.2 การแปลงข้อมูลภาพใน 2 มิติ (Two Dimensional Geometric Transformation)

Transformation เป็นการแปลงข้อมูลภาพซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงสำหรับในสองมิติเท่านั้น การแปลงภาพเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับ Digital Image Processing เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ภาพ (Digital Image Analysis)

2.2.1 การแปลงข้อมูลภาพแบบพื้นฐาน

การแปลงข้อมูลภาพพื้นฐาน (Basic Transformation) จะประกอบด้วยข้อมูลหลายชนิดด้วยกันในที่นี้จะนำเสนอ 2 ชนิดคือ

- การเลื่อนภาพ (Translation)
- การหมุนภาพ (Rotation)

2.2.2 การเลื่อนภาพ (Translation)

เป็นการเลื่อนตำแหน่งของภาพตามระยะการขจัดทางแนวแกน x (Tx) และตามแนวแกน y (Ty) เมื่อกำหนดให้พิกัดเดิมคือ (x, y) และพิกัดใหม่คือ (x', y') จะได้สมการของการเลื่อนภาพดังนี้คือ

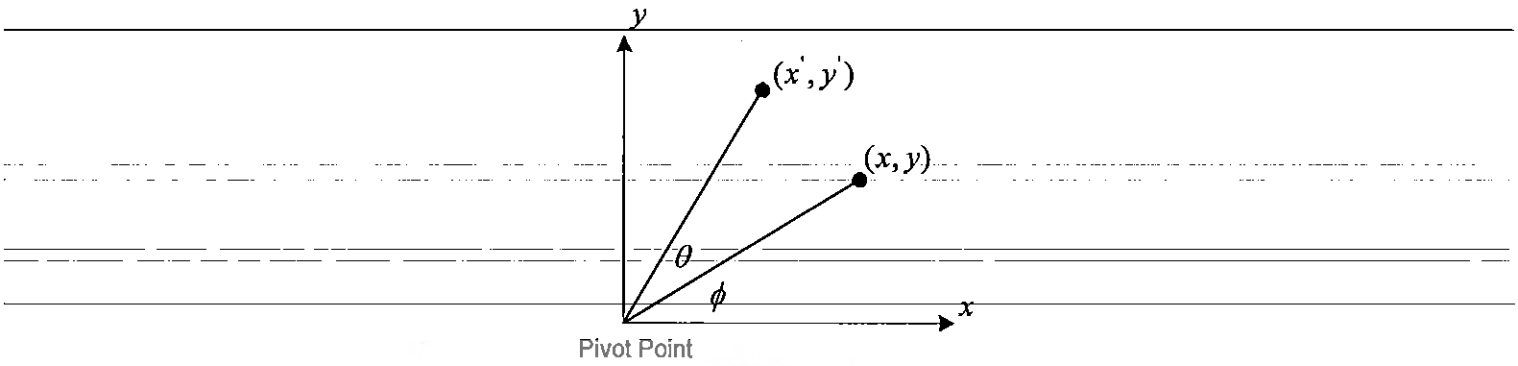
$$\begin{aligned} x' &= x + T_x \\ y' &= y + T_y \end{aligned} \tag{2.1}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = P + T$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } \quad T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \tag{2.2}$$

2.2.3 การหมุนภาพ (Rotation)

เป็นการหมุนตำแหน่งของภาพในระนาบ xy รอบจุด Pivot Point(จุดหมุน)



รูปที่ 2.2 จุด Pivot Point

จากรูปที่ 2.2 จะได้ว่า

$$x = r\cos(\phi)$$
$$y = r\sin(\phi) \tag{2.3}$$

และ

$$x' = r\cos(\varphi + \theta) = r(\cos\varphi\cos\theta - \sin\varphi\sin\theta)$$
$$y' = r\sin(\varphi + \theta) = r(\sin\varphi\cos\theta + \cos\varphi\sin\theta) \tag{2.4}$$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (2.3) และ (2.4) จะได้สมการของการหมุนรอบจุด Pivot Point ดังนี้คือ

$$x' = x\cos(\theta) - y\sin(\theta)$$
$$y' = x\sin(\theta) + y\cos(\theta) \tag{2.5}$$

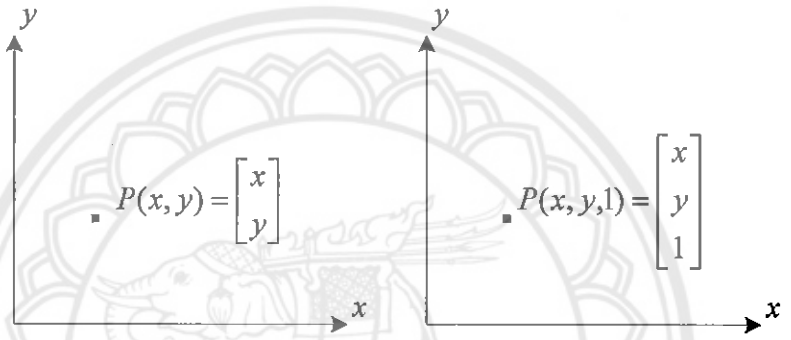
ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = R \bullet P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \qquad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

2.2.4 Homogeneous Coordinate

การอ้างอิงโคออร์ดิเนตที่ผ่านมามีลักษณะเป็น 2 ตำแหน่งคือ x และ y ซึ่งเรียกว่า Cartesian Coordinate ข้อเสียของการใช้โคออร์ดิเนตแบบนี้ก็คือ เมื่อมีการแปลงภาพหลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกัน จะทำให้ผลลัพธ์ของเมตริกซ์ของการแปลงภาพอยู่ในรูปของการบวกและการคูณกันของเมตริกซ์ ดังนั้นเพื่อที่จะให้ผลลัพธ์ของการแปลงภาพอยู่ในรูปของการคูณกันของเมตริกซ์ทั้งหมดจะทำให้ง่ายต่อการคำนวณจึงกำหนดให้มีโคออร์ดิเนตแบบ Homogeneous ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.3

Cartesian Coordinate Homogeneous Coordinate



รูปที่ 2.3 (ก) Cartesian Coordinate **รูปที่ 2.3** (ข) Homogeneous Coordinate

ดังนั้นเมื่อได้พารามิเตอร์ที่ต้องการแล้ว จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปแทนในสมการการเลื่อนและการหมุน ในเมตริกซ์ของการแปลงแบบต่าง ๆ จะมีลักษณะเป็นดังสมการ (2.7)

การเลื่อนภาพ

$$\begin{bmatrix}x'\\y'\\z'\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1&0&T_x\\0&1&T_y\\0&0&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x\\y\\1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x+T_x\\y+T_y\\1\end{bmatrix} \qquad (2.7)$$

การหมุนภาพ

$$\begin{bmatrix}x'\\y'\\z'\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos\theta&-\sin\theta&0\\\sin\theta&\cos\theta&0\\0&0&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x\\y\\1\end{bmatrix} \qquad (2.8)$$

เมื่อทราบค่าพารามิเตอร์การเลื่อนและการหมุนแล้วสามารถลงทะเบียนภาพได้ดังสมการ (2.7) และ (2.8)

สมการการเลื่อน

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & T_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x+T_x \\ y+T_y \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

สมการการหมุน

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.10}$$

2.3 สหสัมพันธ์เฟส (Phase correlation)

เริ่มต้นก่อนที่จะเข้าสู่เรื่องการลงทะเบียนภาพโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟสต้องศึกษาเรื่องการแปลงฟูริเยร์ก่อน ซึ่งในระบบ 2 มิติสำหรับสัญญาณ $h(n,m)$ สำหรับจำนวน N สดมภ์ และ M แถวสามารถหาค่าการแปลงรูปฟูริเยร์ของภาพได้ดังสมการ (2.11)

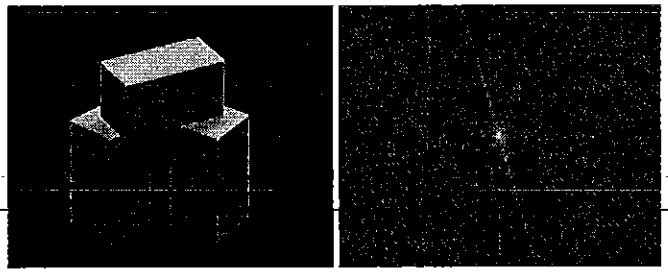
$$\hat{h}(k,l) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} e^{-i(w_k n + w_l m)} h(n,m) \tag{2.11}$$

เมื่อกำหนดให้ $\hat{h}(k,l)$ เป็นสมการการแปลงฟูริเยร์และสามารถหาการแปลงกลับฟูริเยร์ $h(n,m)$ ดังสมการ (2.12)

$$h(n,m) = \frac{1}{NM} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} e^{i(w_k n + w_l m)} \hat{h}(k,l) \tag{2.12}$$

โดยที่ $w_k = \dfrac{2\pi k}{N}$ และ $w_l = \dfrac{2\pi l}{M}$

ดังรูปที่ 2.4 ด้านซ้ายมือจะเป็นภาพต้นแบบด้านขวามือคือลักษณะแอมพลิจูดของสเปกตรัมของภาพด้านซ้ายมือซึ่งได้จากการแปลงฟูริเยร์แบบ 2 มิติ



รูปที่ 2.4 แอมพลิจูดของสเปกตรัม

การหาสหสัมพันธ์เฟสนั้นกระบวนการแรกต้องหาค่าคอสพาวเวอร์สเปกตรัมก่อน ซึ่งขั้นตอนนั้นต้องนำภาพระดับเทาที่ได้มาทำการแปลงฟูริเยร์ 2 มิติซึ่งจากสมการ (2.11) จะสามารถพิสูจน์เพื่อให้ได้ค่าคอสพาวเวอร์สเปกตรัมได้

ขั้นตอนแรกนำภาพ 2 ภาพเข้ามา g_a และ g_b หลังจากนั้นคำนวณแบบแยกส่วนด้วยการแปลงฟูริเยร์ 2 มิติของภาพทั้งสอง

$$G_a = F\{g_a\}, G_b = F\{g_b\} \tag{2.13}$$

คำนวณ คอสพาวเวอร์สเปกตรัม โดยการนำค่าสังยุกต์เชิงซ้อน (Complex conjugate) ของทั้งสองผลรวมจากการแปลงฟูริเยร์ที่ได้ร่วมกันตามคุณสมบัติซึ่งเป็นการรวมในภาวะปกติทำให้ได้ผลตามคุณสมบัติดังสมการ (2.14)

จากสมการ $$R(u,v) = \frac{G_a G_b^*}{\left|G_a G_b^*\right|} \tag{2.14}$$

เขียนแทนโดย

$$R(u,v) = \frac{G(u,v)I^*(u,v)}{\left|G(u,v).I^*(u,v)\right|} \tag{2.15}$$

จากสมการ

$$I(u,v) = \sum_{n=0}^{n-1}\sum_{m=0}^{m-1} i(n,m) e^{-j(w_u n + w_v m)}$$

$$G(u,v) = \sum_{n=0}^{n-1}\sum_{m=0}^{m-1} g(n,m) e^{-j(w_u n + w_v m)}$$

$$G^*(u,v) = \sum_{n=0}^{n-1}\sum_{m=0}^{m-1} g(n,m) e^{j(w_u n + w_v m)}$$

$$G(u,v) = i(n+u_0, m+y_0)$$

$$G(u,v) = \sum_{n=0}^{n-1}\sum_{m=0}^{m-1} i(n+u_0, m+y_0)\, e^{-j(w_u n + w_v m)}$$

$$G(u,v) = \sum_{l_1=x_0}^{n-1+x_0}\sum_{l_2=y_0}^{m-1+y_0} i(l_1,l_2)\, e^{-j(w_u n(l_1-x_0)+w_v m(l_2-y_0))}$$

$$G(u,v) = \left(e^{jx_0 w_u} + e^{jy_0 w_v}\right) \sum_{l_1=x_0}^{n-1+x_0}\sum_{l_2=y_0}^{m-1+y_0} I(l_1,l_2)\, e^{-j(w_u l_1 + w_v l_2)}$$

$$I(u,v) = \sum_{l_1=x_0}^{n-1+x_0}\sum_{l_2=y_0}^{m-1+y_0} i(l_1,l_2)\, e^{-j(w_u l_1 + w_v l_2)} \qquad (2.16)$$

จะได้ $$G(u,v) = \left(e^{jx_0 w_u} + e^{jy_0 w_v}\right).I(u,v) \qquad (2.17)$$

ดังนั้น $$\frac{G(u,v)I^*(u,v)}{\left|G(u,v).I^*(u,v)\right|} = \frac{\left(e^{jx_0 w_u} + e^{jy_0 w_v}\right).\left|I(u,v)\right|^2}{\left|G(u,v).I^*(u,v)\right|} \qquad (2.18)$$

โดยที่ $$\frac{I^*(u,v)}{\left|G(u,v).I^*(u,v)\right|} = \delta(n+x_0, m+y_0) \qquad (2.19)$$

จะได้ Cross Power Spectrum $$= \left(e^{jx_0 w_u} + e^{jy_0 w_v}\right)\delta(n+x_0, m+y_0) \qquad (2.20)$$

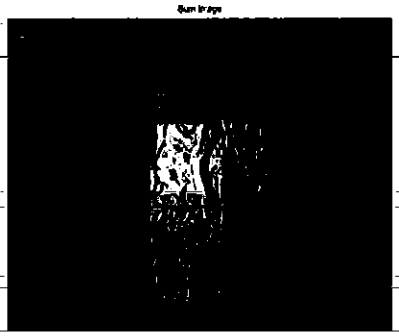
หลังจากนั้นนำคอสพาวเวอร์สเปกตรัม ที่ได้เข้าสู่กระบวนการแปลงอินเวอร์สฟูริเยร์แบบ 2 มิติ และนำค่าเฉพาะค่าจริงมาพิจารณา เมื่อผ่านกระบวนการแปลงกลับแล้วจะเกิดค่าอิมพัลส์ดังสมการ (2.21) ขึ้นซึ่งมีค่าสูงสุดเพียงค่าเดียว

$$r(n,m) = \delta(n+x_0, m+y_0) \qquad (2.21)$$

2.4 การใช้คำสั่งทำภาพทับซ้อน (Overlay Image)

คำสั่งในโปรแกรมแมทแลบที่ใช้ในการทำภาพทับซ้อนจะใช้คำสั่ง " hold on" ซึ่งทำให้เกิดการทับซ้อนกันของภาพ รวมทั้งยังสามารถปรับแสงของภาพโดยใช้คำสั่ง "Alpha Data"เพื่อให้เห็นการทับซ้อนกันและรอยขอบระหว่างภาพหลายๆภาพ การปรับสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0-1 โดยค่า 0 จะให้แสงของภาพเข้มหรือสว่างน้อยสุด ส่วนค่า 1 จะให้แสงของภาพมีความสว่างมากสุด ดัง

แสดงในรูปที่ 2.5 เป็นการทับซ้อนกันของภาพ 4 ภาพที่ได้จากการตัดออกมาจากภาพต้นแบบและผ่านการลงทะเบียนภาพแล้ว ซึ่งแต่ละภาพที่ซ้อนกันมีค่า "Alpha Data" กำหนดให้เท่ากับ 0.4

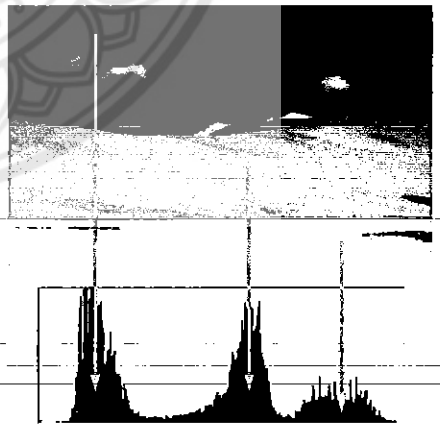


รูปที่ 2.5 การทับซ้อนกันของภาพ 4 ภาพที่ตัดออกมาจากภาพต้นแบบ

2.5 อะแด้ปทีฟฮิสโตแกรม (Adaptived Histrogram)

ฮิสโตแกรม คือ มาตรวัดที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับเทาในภาพทั้งภาพ โดยการนำภาพสี (RGB) ที่มีอยู่มาทำการแปลงค่าของสีภาพเป็นระดับเทา เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จากฮิสโตแกรมนี้จะได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.6 (ก) จะเป็นภาพ RGB ปกติ เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นภาพระดับเทา (Gray Level) และพล็อตเป็นกราฟฮิสโตแกรมจะกลายเป็น รูปที่ 2.6 (ข)

รูปที่ 2.6 (ก) ภาพทะเลทราย

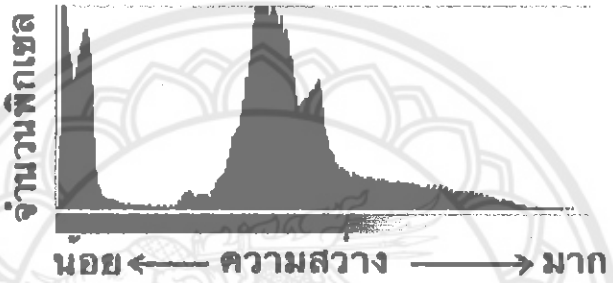


รูปที่ 2.6 (ข) ฮิสโตแกรมของภาพทะเลทราย

จากรูปที่ 2.6 (ข) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการพล็อตกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกจะมีปริมาณความเข้มสูงและเยอะมากเนื่องมาจากเป็นบริเวณสีของท้องฟ้าที่มีความทึบของ

สีฟ้า และถัดมาเป็นช่วงของภูเขาที่มีพื้นที่มาก แต่ความเข้มของระดับเทาน้อยกว่าช่วงของท้องฟ้า และสุดท้ายช่วงของพื้นที่มีระดับความสว่างและพื้นที่น้อยจึงมีปริมาณแห่งน้อยกว่าทั้งสองกลุ่ม

กราฟของฮิสโตแกรมแสดงจำนวนพิกเซลที่ความสว่างต่างๆ ของภาพ สังเกตได้จากภาพด้านล่าง จากรูป 2.7 แกนนอนเป็นระดับความสว่างที่แบ่งระดับเป็น 256 ระดับ (มักเรียกว่าระดับสีเทา หรือ gray level) โดยมีค่าตั้งแต่ 0-255 แกนตั้งเป็นจำนวนพิกเซลของภาพ เมื่อระดับสีเทามีค่าต่ำ หมายถึงมีความสว่างน้อย จะมองเห็นเป็นสีดำ ค่าระดับสีเทามาก หมายถึงมีความสว่างมากจะมองเห็นเป็นสีขาว

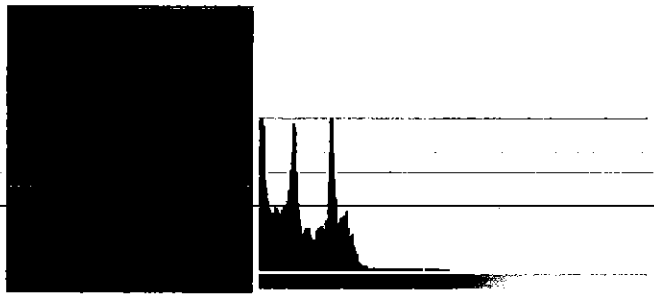


รูปที่ 2.7 กราฟ ฮิสโตแกรมของภาพ

จากรูป 2.8 หากดูจากฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียว เราอาจคาดเดาว่าภาพนี้น่าจะได้รับการเปิดรับแสงที่ถูกต้อง แต่เมื่อดูภาพถ่ายควบคู่ไปด้วย จะเห็นว่าภาพนี้ถ่ายได้รับแสงมากเกินไป

รูปที่ 2.8 กราฟฮิสโตแกรมของภาพสว่าง

จากรูป 2.9 แสดงให้เห็นว่าภาพที่ถ่ายมานั้น มีจำนวนพิกเซลที่ระดับสีเทาตรงกลางบางส่วนและที่ความสว่างมากๆ ไม่มีเลย แท่งกราฟไปกระจุกรวมตัวกันอยู่ที่ด้านซ้าย แสดงว่า ภาพนี้มีแต่พิกเซลที่มีค่าสีดำและสีเทาเข้มเท่านั้น ไม่มีสีขาวเลยทำให้ภาพออกมาค่อนข้างมืด



รูปที่ 2.9 กราฟฮิสโตแกรมของภาพมืด

ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงกระบวนการปรับแสงของภาพ เนื่องจากภาพๆหนึ่งจะมีค่าพิกเซลเป็นตัวเลขเรียงกันกระจัดกระจายเป็นลักษณะข้อมูลในเมตริกซ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวเลขเหล่านี้เป็นระดับความสว่างหรือความเข้มมีค่าตั้งแต่ 0-255 โดยที่ค่า 0 คือระดับสีเข้มหรือสีดำ ค่า 255 คือระดับสีสว่างหรือสีขาว ส่วนค่าที่อยู่ตรงกลางคือระดับสีเทา ซึ่งการปรับแสงในที่นี้จะเป็นการปรับค่าพิกเซลที่เป็นตัวเลขโดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

สมมุติมีภาพขนาด 8x8 พิกเซลแสดงค่าพิกเซลดังรูป 2.10(ก) ซึ่งเป็นตัวอย่างเมตริกซ์ประกอบไปด้วยค่าพิกเซลของภาพที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการปรับความสว่าง และภาพที่เห็นในรูป 2.10(ข) เป็นภาพที่มีค่าความสว่างน้อยเนื่องมาจากตัวเลขที่แทนระดับความสว่างในรูป 2.10(ก)

$$\begin{bmatrix} 52 & 55 & 61 & 66 & 70 & 61 & 64 & 73 \\ 63 & 59 & 55 & 90 & 109 & 85 & 69 & 72 \\ 62 & 59 & 68 & 113 & 144 & 104 & 66 & 73 \\ 63 & 58 & 71 & 122 & 154 & 106 & 70 & 69 \\ 67 & 61 & 68 & 104 & 126 & 88 & 68 & 70 \\ 79 & 65 & 60 & 70 & 77 & 68 & 58 & 75 \\ 85 & 71 & 64 & 59 & 55 & 61 & 65 & 83 \\ 87 & 79 & 69 & 68 & 65 & 76 & 78 & 94 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.10 (ก) เมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8 ก่อนการปรับแสง

รูปที่ 2.10(ข) ภาพจากเมตริกซ์

จากเมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8 พิกเซลในรูปที่ 2.10(ก)ข้างต้นให้นำค่าพิกเซลมาเรียงเป็นข้อมูลทางสถิติโดยเรียงจากข้อมูลน้อยไปหาข้อมูลมาก และนับข้อมูลแต่ละตัวว่ามีจำนวนเท่าไร จากนั้นบันทึกจำนวนข้อมูลที่นับได้ลงในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ค่าสถิติจำนวนพิกเซลในเมตริกซ์

พิกเซล	นับ	พิกเซล	นับ	พิกเซล	นับ	พิกเซล	นับ	พิกเซล	นับ
52	1	64	2	72	1	85	2	113	1
55	3	65	3	73	2	87	1	122	1
58	2	66	2	75	1	88	1	126	1
59	3	67	1	76	1	90	1	144	1
60	1	68	5	77	1	94	1	154	1
61	4	69	3	78	1	104	2		
62	1	70	4	79	2	106	1		
63	2	71	2	83	1	109	1		

จากตารางที่ 2.1 เมื่อเรียงค่าพิกเซลจากเมตริกซ์ในรูปที่ 2.10(ก) แล้วให้นำค่าที่นับได้มาหาค่าความถี่สะสม (cdf) โดยนำค่าที่นับได้ของพิกเซลตัวแรกรวมกับค่าที่นับได้ของพิกเซลของตัวถัดไปจนถึงค่าที่นับได้ของพิกเซลตัวสุดท้าย ทำให้ทราบค่าจำนวนข้อมูลทั้งหมด เช่น นำค่า 1 ซึ่งเป็นค่าที่นับได้ของค่าพิกเซล 52 ไปบวกกับค่า 3 ซึ่งเป็นค่าที่นับได้ของพิกเซล 55 จะได้ $1 + 3 = 4$ ให้นำผลลัพธ์จากการบวกไปบวกกับค่าที่นับได้พิกเซลตัวถัดไปจนถึงตัวสุดท้าย ดังแสดงการบวกในตารางตัวอย่างที่ 2.2 ทำการบวกไปเรื่อยๆก็จะได้ค่าความถี่สะสมและบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ตารางตัวอย่าง

พิกเซล	นับ	cdf
52	1 →	1
55	3 →	4
58	2 →	6
59	3 →	9
60	1 →	10
61	4	14
62	1	15
63	2	17

ตารางที่ 2.3 ค่าสถิติจำนวนพิกเซลและความถี่สะสมในเมตริกซ์

พิกเซล	cdf	พิกเซล	cdf	พิกเซล	cdf	พิกเซล	cdf	พิกเซล	cdf
52	[redacted]	64	19	72	40	85	51	113	60
55	4	65	22	73	42	87	52	122	61
58	6	66	24	75	43	88	53	126	62
59	9	67	25	76	44	90	54	144	63
60	10	68	30	77	45	94	55	154	[redacted]
61	14	69	33	78	46	104	57		
62	15	70	37	79	48	106	58		
63	17	71	39	83	49	109	59		

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่าค่าความถี่สะสม(cdf) ต่ำสุดค่าเท่ากับ 1 เป็นของค่าพิกเซล 52 และค่าความถี่สะสม(cdf) สูงสุดเท่ากับ 64 เป็นของค่าพิกเซล 154

สมการในการปรับค่าพิกเซล คือ

$$pix(v) = round\left(\frac{cdf(v) - cdf_{\min}}{(M \times N) - cdf_{\min}} \times (L-1)\right) \qquad (2.22)$$

โดยที่ $pix(v)$ คือ ค่าพิกเซลใหม่

$cdf(v)$ คือ ค่าความถี่สะสมของค่าพิกเซลที่ต้องการปรับ

$cdf_{\min}$ คือ ค่าความถี่สะสมที่น้อยที่สุด

M คือ จำนวนแถวของเมตริกซ์

N คือ จำนวนคอลัมน์ของเมตริกซ์

L คือ จำนวนระดับสีตั้งแต่ 0 - 255 (256 ค่า)

ตัวอย่างการคำนวณ

จากรูปที่ 2.10(ก) เมตริกซ์ของภาพขนาด 8x8 (M = 8 ,N = 8) ถ้าต้องการปรับค่าพิกเซล 78 ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ในแถวที่ 8 คอลัมน์ที่ 7 ให้ดูค่าความถี่สะสมของค่าพิกเซล 78 ในตารางที่ 2.3 มีค่าความถี่สะสมเท่ากับ 46 [cdf(78) = 46] และจากตารางที่ 2.3 นี้ค่าความถี่สะสมที่น้อยที่สุดเท่ากับ 1($cdf_{\min} = 1$) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดแทนลงในสมการ (2.22) จะได้

$$pix(78) = round\frac{[cdf(78)-1]}{(8\times 8)-1}\times(256-1) \qquad (2.23)$$

$$pix(78) = round(\frac{46-1}{63}\times 255) = round(0.714286\times 255) = 182 \qquad (2.24)$$

เมื่อดำเนินการแทนค่าพิกเซลในรูปที่ 2.11(ก) ทีละตัวลงในสมการ (2.22) และดูค่าความถี่สะสม (cdf) ของแต่ละตัวจากตารางที่ 2.3 แล้วค่าพิกเซลในเมตริกซ์ของภาพจะถูกแปลงได้ดังรูป 2.11(ข) สังเกตว่าค่าพิกเซลต่ำสุด (52) ขณะนี้ถูกปรับค่าพิกเซลเป็น 0 และค่าพิกเซลสูงสุด (154) ขณะนี้ถูกปรับค่าพิกเซลเป็น 255

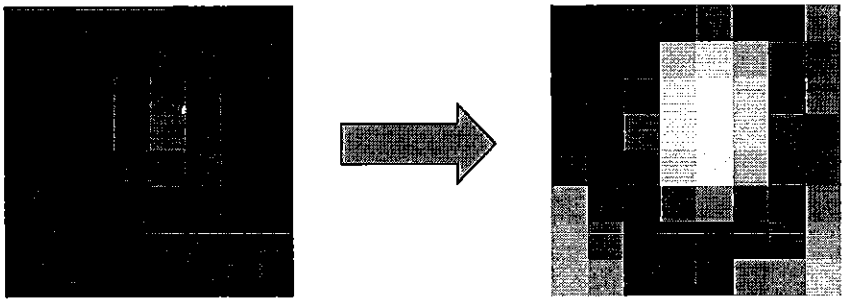
52	55	61	66	70	61	64	73
63	59	55	90	109	85	69	72
62	59	68	113	144	104	66	73
63	58	71	122	154	106	70	69
67	61	68	104	126	88	68	70
79	65	60	70	77	68	58	75
85	71	64	59	55	61	65	83
87	79	69	68	65	76	78	94

รูปที่ 2.11 (ก) เมตริกซ์ของภาพก่อนปรับแสง

0	12	53	93	146	53	73	166
65	32	12	215	235	202	130	158
57	32	117	239	251	227	93	166
65	20	154	243	255	231	146	130
97	53	117	227	247	210	117	146
190	85	36	146	178	117	20	194
202	154	73	32	12	53	85	194
206	190	130	117	85	174	182	219

รูปที่ 2.11 (ข) เมตริกซ์ของภาพหลังการปรับแสง

หลังจากเมตริกซ์ของภาพในรูปที่ 2.11(ข) ผ่านกระบวนการปรับแสงแล้วจะได้ภาพที่มีค่าความสว่างมากขึ้นตามระดับความสว่างหรือความเข้มจากค่าพิกเซลใหม่เป็นดังรูปที่ 2.12(ข)



รูปที่ 2.12 (ก) ภาพขนาด 8x8 ก่อนการปรับแสง **รูปที่ 2.12**(ข) ภาพขนาด 8x8 หลังการปรับแสง

2.6 ตัวกรองผ่านสูงชนิดอัลช้าป (Unsharp filter)

Unsharp filter คือ ตัวกรองเพิ่มภาพคมชัดของภาพและลดความสว่างของขอบภาพ ต่อมานำ Mask ของ filter มาทำการ Convolution

Convolution เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ Convolution ใช้กระบวนการ Sum of Product ระหว่าง Mask หรือ Array ใดๆ และ ภาพที่ต้องการประมวลผล โดยใช้วิธีการเลื่อน Mask ไปบนภาพแล้วหา Sum of Product กับทุกๆ Pixel ดังสมการที่ (1)

$$y[n]=\sum_{k=-\infty}^{\infty}x[k]h[n-k] \tag{2.25}$$

โดยที่ x[k] คือ ภาพที่ต้องการประมวลผล

y[n] คือ ภาพเอาท์พุต

h[n-k] คือ Mask หรือ Array ที่ต้องการทำ Convolution กับภาพ

ตัว Mask ใช้

$$\frac{1}{(\alpha+1)}\begin{bmatrix}-\alpha & \alpha-1 & -\alpha\\ \alpha-1 & \alpha+5 & \alpha-1\\ -\alpha & \alpha-1 & -\alpha\end{bmatrix}$$

ตัวอย่างเช่น ให้ข้อมูลภาพเป็น

$$A=\begin{bmatrix}17 & 24 & 1 & 8 & 15\\ 23 & 5 & 7 & 14 & 16\\ 4 & 6 & 13 & 20 & 22\\ 10 & 12 & 19 & 21 & 3\\ 11 & 18 & 25 & 2 & 9\end{bmatrix}$$

Convolution mask ใช้ α เท่ากับ 0

$$h=\begin{bmatrix}0 & -1 & 0\\ -1 & 6 & -1\\ 0 & -1 & 0\end{bmatrix}$$

พิกเซลใหม่ คือ

$(1\times0)+(8\times(-1))+(15\times0)+(7\times(-1))+(14\times6)+(16\times(-1))+(13\times0)+(20\times(-1))+(22\times0) = 33$

ได้เมตริกซ์ของรูปเป็น

$$A=\begin{bmatrix} 17 & 24 & 1^{0} & 8^{-1} & 15^{0} \\ 23 & 5 & 7^{-1} & \textcircled{14^{0}} & 16^{-1} \\ 4 & 6 & 13^{0} & 20^{-1} & 22^{0} \\ 10 & 12 & 19 & 21 & 3 \\ 11 & 18 & 25 & 2 & 9 \end{bmatrix}$$

ก็จะได้ค่า จาก 14 เป็น 33

2.7 วัดประสิทธิภาพความถูกต้องของคู่ภาพ

การตรวจสอบค่าความถูกต้องของคู่ภาพระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ผ่านการปรับปรุงว่าถูกต้องหรือไม่ โดยมีนิยามดังสมการ (2.26)

$$EFF=\frac{\sum_{n}^{N}\sum_{m}^{M}\left|I(n,m)-J(n,m)\right|^{2}}{\sum_{n}^{N}\sum_{m}^{M}\left|I(n,m)\right|^{2}}\times100\% \qquad (2.26)$$

โดยที่

EFF คือค่าประสิทธิภาพความถูกต้องของคู่ภาพ

$I(n,m)$ คือค่าระดับเทาของภาพต้นแบบขนาด $N\times M$ และ

$J(n,m)$ คือค่าระดับเทาของภาพที่ปรับปรุงขนาด $N\times M$

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการดำเนินงานในการทดลองอัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำ 3 กลุ่มการทดลอง คือ การทดลองทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการัง การใช้อัลกอริทึมกับภาพปะการังที่ได้จากการสังเคราะห์ภาพ พร้อมกับทดสอบกับภาพถ่ายจริง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในการทดลอง

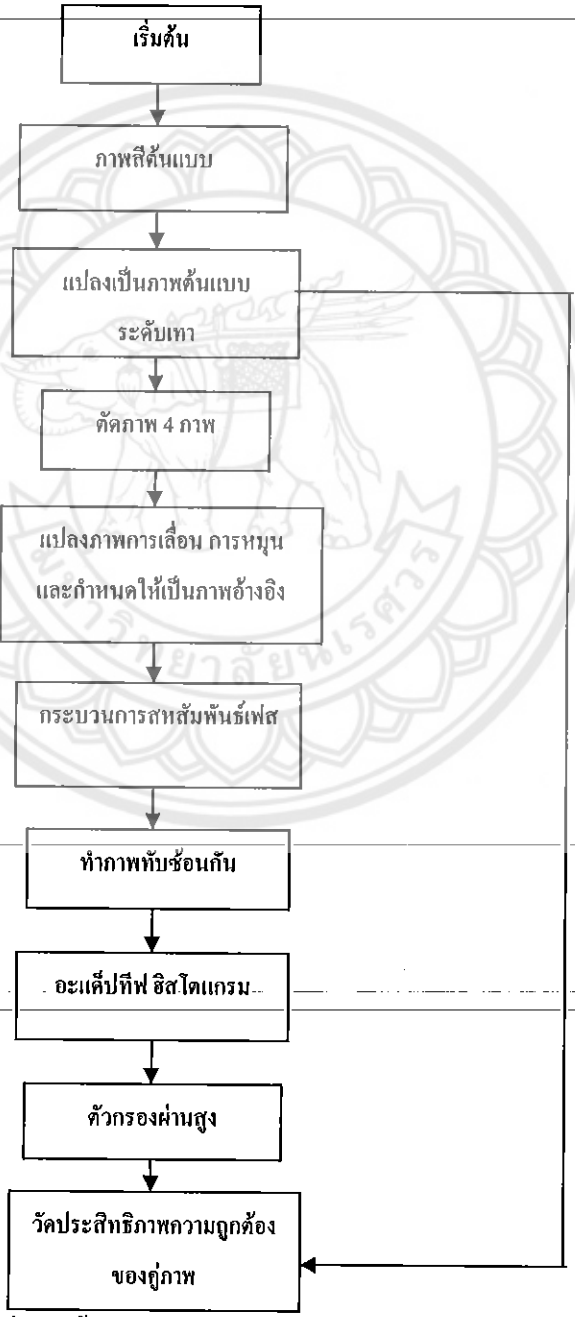
การทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีขั้นตอนการดำเนินงานในการทดลอง 6 ขั้นตอนดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นโดยการนำภาพปะการังใต้น้ำเข้ามาโดยใช้คำสั่ง imread และกำหนดให้เป็นภาพต้นแบบแล้วมาทำการแปลงจากภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา
2. ทำการตัดภาพออกมา 4 ภาพจากภาพต้นแบบโดยใช้คำสั่ง imcorp และทำภาพให้อยู่ในรูป interpolate ซึ่งวิธีการดังกล่าว ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 ในหัวข้อ 2.1 การใช้คำสั่งตัดภาพ
3. จากข้อ 2 นำภาพทั้ง 4 ภาพมาจับคู่กันให้ได้จนครบคู่ จากนั้นให้ภาพใดภาพหนึ่งไม่ต้องมีการกำหนดค่าการหมุนและการเลื่อน ส่วนอีกภาพหนึ่งจะมีการกำหนดให้มีการหมุนและการเลื่อนโดยการประยุกต์การแปลงเชิงเรขาคณิตโดยใช้เมตริกซ์การเลื่อนในสมการ (2.7) หรือ สมการ (2.8) ที่ใช้ในการหมุน จากนั้นนำภาพแต่ละคู่มาเข้ากระบวนการลงทะเบียนภาพโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟส ซึ่งภาพทั้ง 4 ภาพจะถูกทำการลงทะเบียนทีละคู่จนครบ พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของการหมุนและเลื่อน
4. จากขั้นตอนในข้อ 3 เมื่อภาพอ้างอิงผ่านการลงทะเบียนภาพแล้ว ต่อมาให้นำภาพทั้ง 4 ภาพมาทำการทับซ้อนกันให้เหมือนกับภาพต้นแบบโดยใช้คำสั่ง hold on ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ2.4 การใช้คำสั่งทำภาพทับซ้อน
5. นำภาพที่ทับซ้อนกันมาทำการปรับแสงด้วยวิธีอะแด็ปทีฟ ฮิสโตแกรม ซึ่งมีหลักการดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 อะแด็ปทีฟฮิสโตแกรม

6. จากข้อ 5 นำภาพที่ได้มาผ่านตัวกรองผ่านสูงชนิดอัลซ้าปเพื่อปรับให้ภาพมีความเนียนเห็นรายละเอียดของภาพมากขึ้นโดยมีหลักการดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6

7. ทำการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของคู่ภาพระหว่างภาพที่ได้รับการปรับปรุงกับภาพต้นแบบตามสมการที่ (2.26) และสรุปผลการทดลอง

3.3 กระบวนการทดลอง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองสำหรับการทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำ เพื่อทดสอบดูว่าสามารถนำมาใช้ได้จริง โดยการนำภาพปะการังใต้น้ำซึ่งจัดให้เป็นภาพต้นแบบมาทำการตัดภาพออกมา 4 ภาพจากภาพต้นแบบพิจารณาภาพทีละคู่พร้อมทั้งกำหนดค่าการเลื่อนการหมุนของภาพใดภาพหนึ่งและจัดให้เป็นภาพอ้างอิง แล้วนำเอาภาพอ้างอิงที่ได้มาทดสอบการลงทะเบียนภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์เฟส เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์การหมุนกลับและการเลื่อนกลับของภาพให้ตรงกับค่าการหมุนการเลื่อนตามที่กำหนดเอาไว้ หลังจากที่นำภาพผ่านการลงทะเบียนมาทำการทับซ้อนกันและปรับความสว่างของภาพพร้อมทั้งทดสอบการใช้ตัวกรองเพื่อทำให้ภาพมีรายละเอียดชัดเจนขึ้น จากนั้นวัดความถูกต้องของภาพที่ได้จากการวัดค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับภาพต้นแบบ

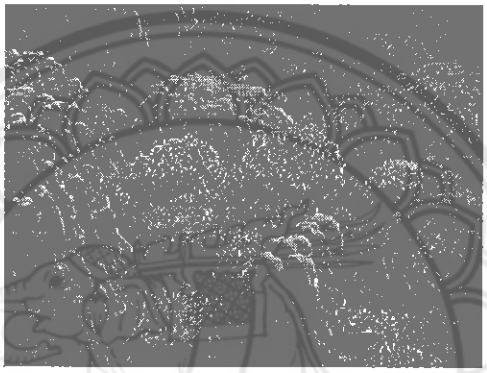
หลังจากทดลองการทดสอบอัลกอริทึมดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ต่อไปนำอัลกอริทึมมาทำการทดลองกับภาพที่ตัดออกมา 4 ภาพจากภาพต้นแบบ พิจารณาภาพแต่ละคู่พร้อมทั้งกำหนดค่าการเลื่อนการหมุนของภาพใดภาพหนึ่งและจัดให้เป็นภาพอ้างอิง เมื่อถึงการนำภาพแต่ละคู่มาลงทะเบียนได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกให้ลงทะเบียนสำหรับภาพที่ถูกกำหนดเฉพาะค่าการหมุน กรณีที่สองให้ลงทะเบียนสำหรับภาพที่ถูกกำหนดเฉพาะค่าการเลื่อนไปทางแกน X และ Y ซึ่งแต่ละกรณีภาพทั้ง 4 ภาพจะถูกทำการลงทะเบียนทีละคู่จนครบและประมาณค่าพารามิเตอร์ จากนั้นนำภาพทั้ง 4 ภาพมาทำการทับซ้อนประกอบกันขึ้นให้เหมือนกับภาพต้นแบบ และปรับความสว่างพร้อมทั้งใช้เทคนิคตัวกรองปรับภาพที่ทับซ้อนให้มีความเรียบเพิ่มขึ้น จากนั้นวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของภาพทับซ้อนที่ประกอบขึ้นมาเทียบกับภาพต้นแบบ โดยมีขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

จากนั้นเป็นการใช้อัลกอริทึมทดลองกับภาพถ่ายจริงจากกล้องถ่ายภาพ ซึ่งภาพที่ถ่ายภาพออกมามีทั้งหมด 4 ภาพ ซึ่งเป็นภาพที่ถ่ายจากมุมกล้อง 4 มุม จากกล้องตัวเดียวกัน ซึ่งภาพที่ถ่ายทั้ง 4 ภาพนี้จะมีบริเวณของภาพที่เกินไปจึงทำการตัดส่วนที่เกินออก จากนั้นนำภาพมาเข้าคู่กันแล้วทดลองเหมือนกับการทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการัง แต่สำหรับภาพถ่ายจริงไม่สามารถวัดประสิทธิภาพได้เนื่องจากภาพถ่ายจริงไม่มีภาพต้นแบบ

4.1 การทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในโครงงานครั้งนี้กับภาพปะการังใต้น้ำ ซึ่งได้กล่าวหลักการและทฤษฎีไว้แล้วในบทที่ 2 โดยได้แบ่งการทดสอบเป็นขั้นตอนเพื่อตรวจสอบดูว่าอัลกอริทึมสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงภาพใต้น้ำได้ ซึ่งจะทดสอบตามกระบวนการทดลองที่กล่าวในบทที่ 3

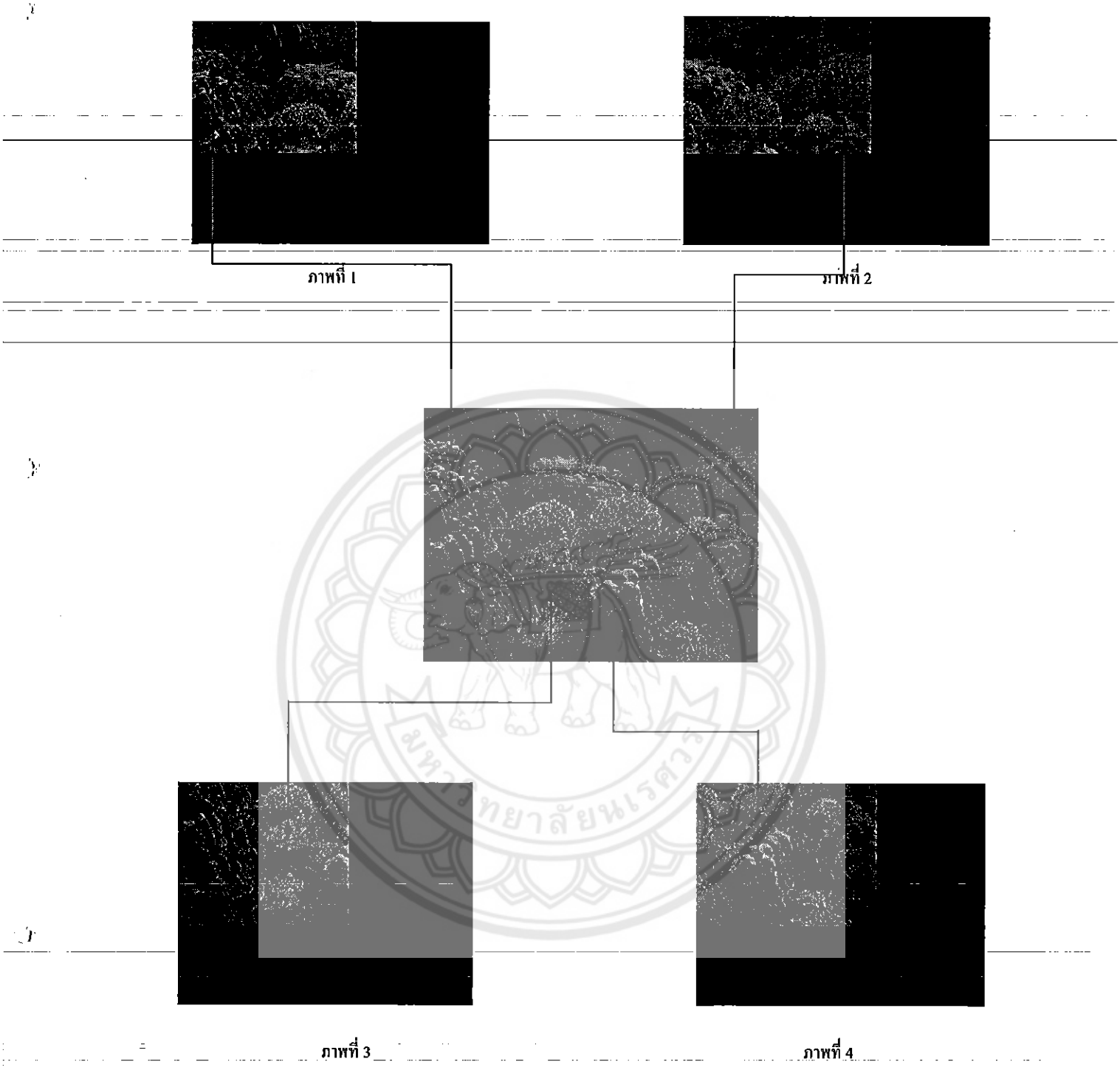
การทดสอบขั้นที่ 1 : นำภาพปะการังใต้น้ำขนาด 400x400 พิกเซลซึ่งกำหนดให้เป็นภาพต้นแบบเข้ามาทำการทดลองโดยเริ่มแรกนำมาแปลงจากภาพสีให้เป็นภาพระดับเทาก่อนดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การแปลงภาพปะการังใต้น้ำให้เป็นภาพระดับเทา

จากรูปที่ 4.1 เป็นการนำภาพปะการังใต้น้ำที่มาทำการทดลองซึ่งจากเดิมเป็นภาพสีระบบอาร์ จี บี(RGB) ให้ทำการแปลงภาพโดยใช้คำสั่ง อาร์ จี บี ทู เกร์ (RGB2Gray) ในโปรแกรมแมทแลบ หลังจากที่ใช้คำสั่งเรียกภาพ (imread) เข้ามาแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพสีจะกลายเป็นภาพระดับเทาเนื่องจากส่วนใหญ่การประมวลผลภาพทุกครั้งต้องใช้ภาพระดับเทาทำการทดลอง

การทดสอบขั้นที่ 2 : ทำการตัดภาพออกมา 4 ภาพจากภาพต้นแบบซึ่งการตัดภาพนั้นได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ภาพที่ได้ออกมาจะอยู่ทางด้านมุมซ้ายทุกภาพเปรียบเสมือนเป็นภาพที่ถ่ายมาจากคนละมุมกล้องดังแสดงจากรูปที่ 4.2 โดยที่แต่ละภาพได้แสดงการชี้ด้วยลูกศรบอกถึงตำแหน่งที่ตัดออกมาจากภาพต้นแบบ



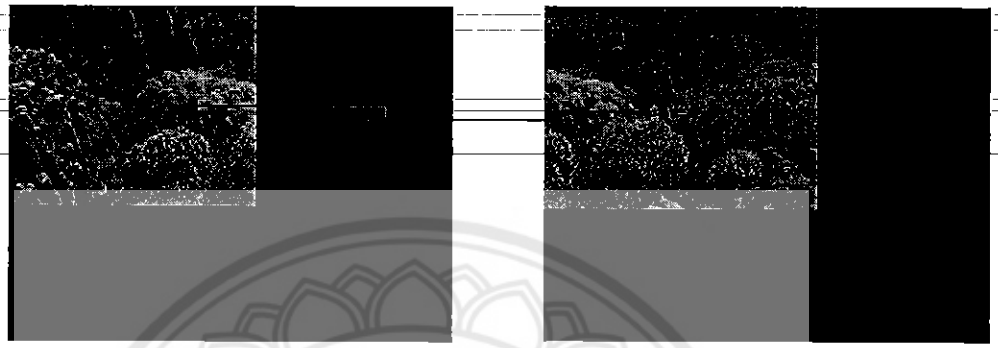
รูปที่ 4.2 ภาพ 4 ภาพที่ตัดมาจากภาพปะการังต้นแบบ

การทดสอบขั้นที่ 3 : นำ 4 ภาพนั้นมาจับคู่กันให้ได้จนครบคู่ซึ่งจะได้ทั้งหมด 6 คู่ภาพคือ ภาพที่ 1 กับ 2 ,ภาพที่ 1 กับ 3 ,ภาพที่ 1 กับ 4, ภาพที่ 2 กับ 3 ,ภาพที่ 2 กับ 4 และภาพที่ 3 กับ 4 โดยภาพแต่ละคู่จะมีบริเวณของภาพเหมือนกันซึ่งได้แสดงตำแหน่งโดยใช้ลูกศรชี้บริเวณที่ภาพ 2 ภาพที่มีพื้นที่ของภาพเหมือนกันเป็นดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.8 โดยภาพแต่ละคู่ที่ตัดมานั้นส่วนของภาพไม่ได้อยู่

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ที่เดิมตรงที่ตัดมา และการทดสอบต่อไปจะต้องทำการลงทะเบียนเพื่อให้ภาพแต่ละคู่เลื่อนหรือหมุนเข้าหากันโดยกำหนดให้ภาพใดภาพหนึ่งเป็นภาพหลัก ส่วนอีกภาพมาทำการลงทะเบียนเพื่อเลื่อนให้เข้ากับภาพที่กำหนดให้เป็นภาพหลัก

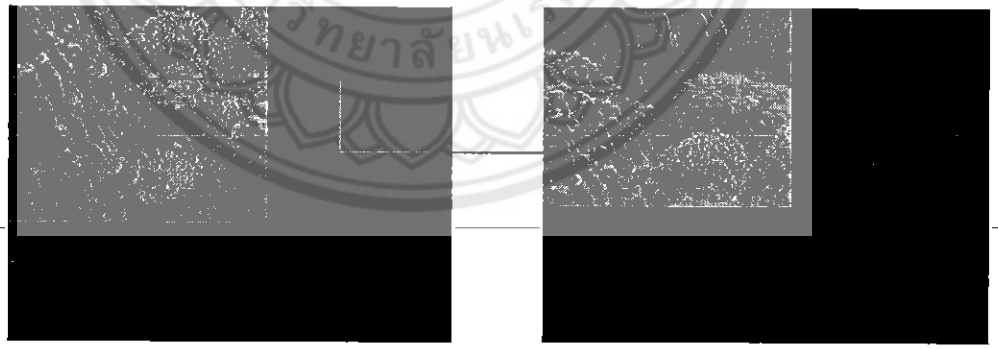
ว.ท. ว145ก 2551 I500777x



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

รูปที่ 4.3 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2

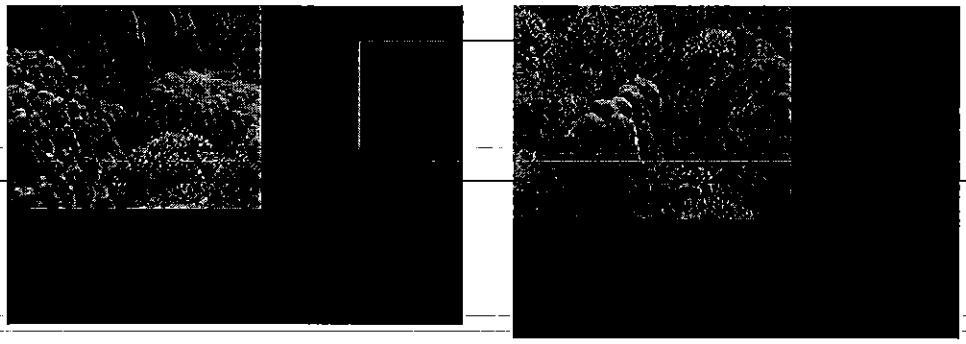
จากรูปที่ 4.3 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 2 โดยกำหนดให้ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 2 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพที่ 3

รูปที่ 4.4 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3

จากรูปที่ 4.4 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 3 โดยกำหนดให้ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 3 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพที่ 4

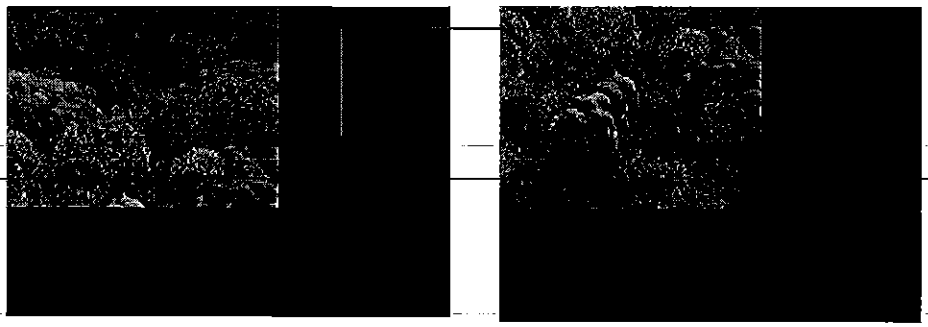
รูปที่ 4.5 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4

จากรูปที่ 4.5 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 4 โดยกำหนดให้ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 4 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 1

ภาพที่ 2 ภาพที่ 3

รูปที่ 4.6 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3

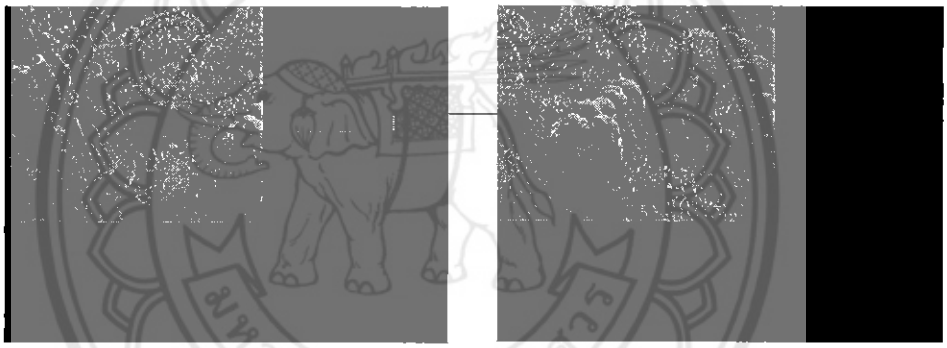
จากรูปที่ 4.6 เป็นภาพคู่ที่ 2 กับ 3 โดยกำหนดให้ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 3 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.7 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4

จากรูปที่ 4.7 เป็นภาพคู่ที่ 2 กับ 4 โดยกำหนดให้ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 4 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 2

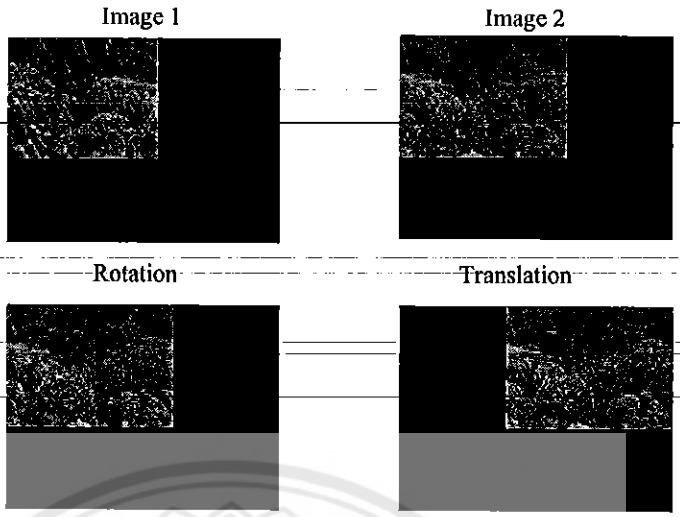


ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.8 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4

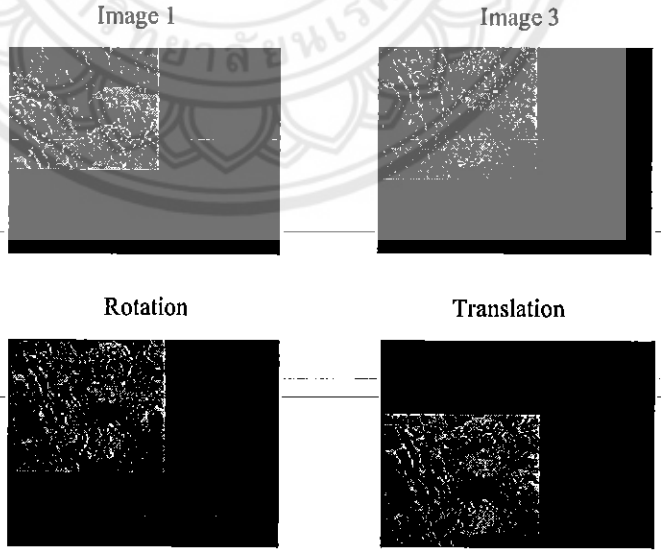
จากรูปที่ 4.8 เป็นภาพคู่ที่ 3 กับ 4 โดยกำหนดให้ภาพที่ 3 เป็นภาพหลัก ส่วนภาพที่ 4 ให้เป็นภาพที่ต้องมาทำการลงทะเบียนเพื่อให้เข้ากับภาพที่ 3

การทดสอบขั้นที่ 4 : นำภาพแต่ละคู่มาผ่านกระบวนการลงทะเบียนภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์เฟสเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์การเลื่อนของภาพ พบว่าภาพที่ไม่ใช่ภาพหลักสามารถเลื่อนกลับมายังตำแหน่งในส่วนที่เหมือนกับภาพหลักได้ โดยที่ผลการทดสอบนั้นสังเกตได้ด้วยตา ซึ่งภาพที่ไม่ใช่ภาพหลักสามารถเลื่อนไปยังตำแหน่งเดิมได้ (ดูจากภาพต้นแบบ) และอยู่ที่ตำแหน่งที่เหมือนกับภาพหลักด้วยดังรูปที่ 4.9 ถึง 4.14



รูปที่ 4.9 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 2 ทำการลงทะเบียนภาพ)

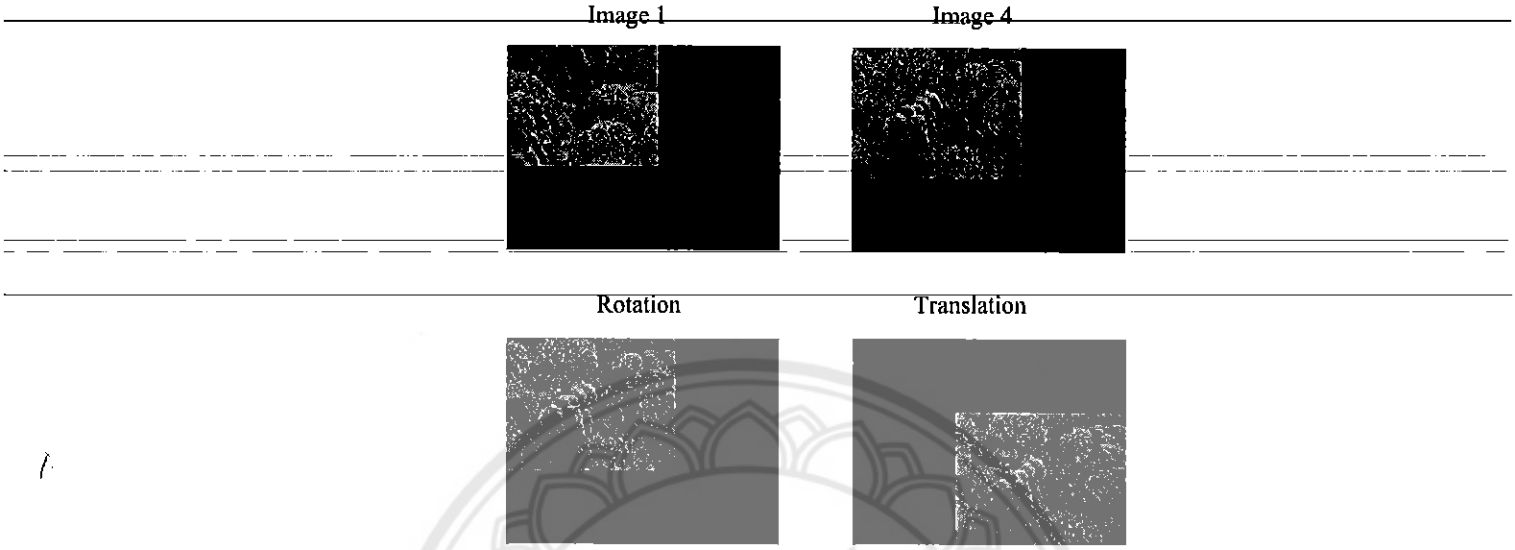
จากรูปที่ 4.9 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 2 โดยภาพที่ 1 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพอยู่มุมซ้ายบนตามภาพต้นแบบอยู่แล้ว ส่วนภาพที่ 2 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถเลื่อนไปอยู่ที่มุมขวาบนเพราะภาพ 1 กับ 2 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกัน ภาพที่ 2 จึงสามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 1 ได้



รูปที่ 4.10 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 3 ทำการลงทะเบียนภาพ)

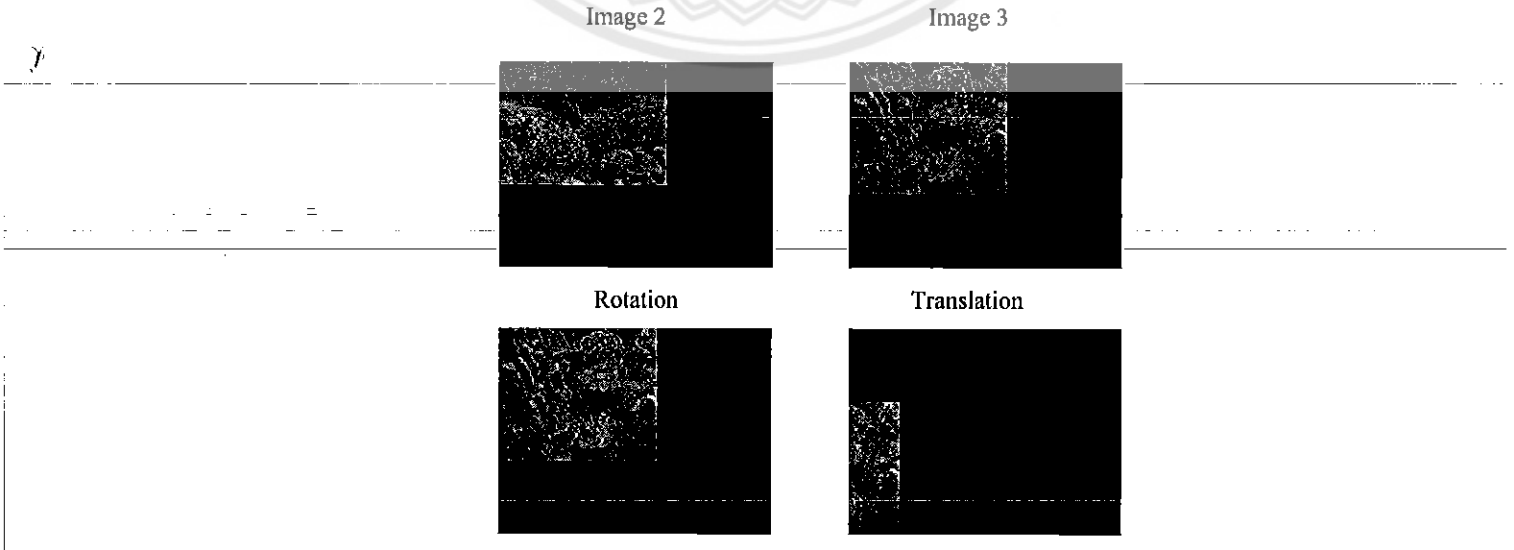
จากรูปที่ 4.10 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 3 โดยภาพที่ 1 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพอยู่มุมซ้ายบนตามภาพต้นแบบอยู่แล้ว ส่วนภาพที่ 3 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถ

เลื่อนไปอยู่ที่มุมซ้ายเพราะภาพ 1 กับ 3 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกัน ภาพที่ 3 จึงสามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 1 ได้



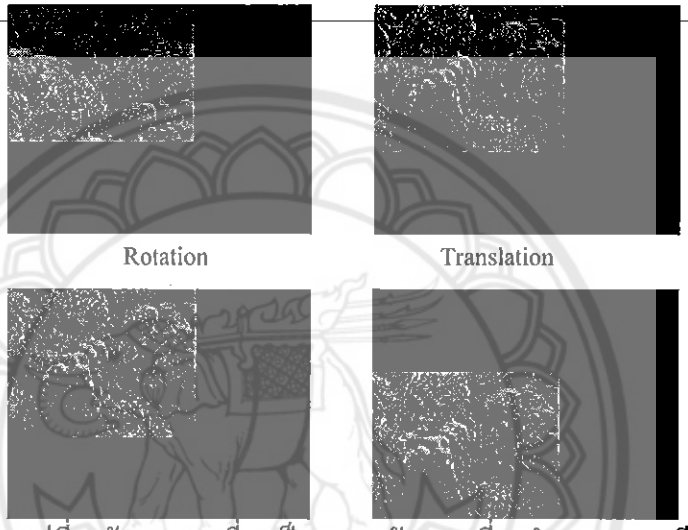
รูปที่ 4.11 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 1 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ)

จากรูปที่ 4.11 เป็นภาพคู่ที่ 1 กับ 4 โดยภาพที่ 1 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพอยู่มุมซ้ายบนตามภาพต้นแบบอยู่แล้ว ส่วนภาพที่ 4 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถเลื่อนไปอยู่ที่มุมขวาล่างเพราะภาพ 1 กับ 4 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกัน ภาพที่ 4 จึงสามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 1 ได้



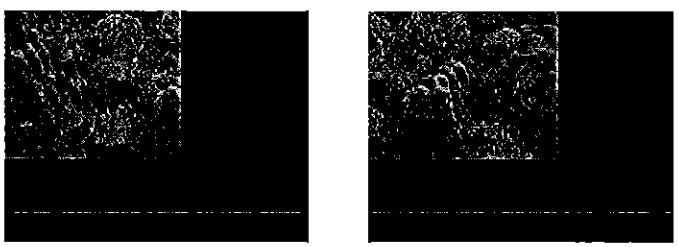
รูปที่ 4.12 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 3 ทำการลงทะเบียนภาพ)

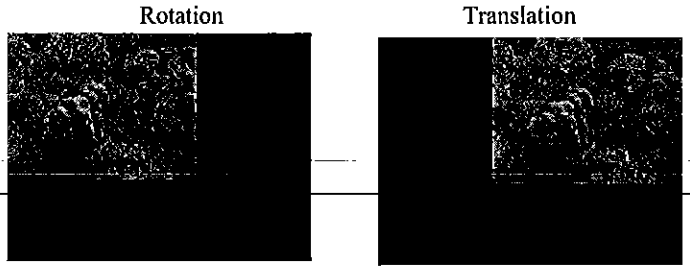
จากรูปที่ 4.12 เป็นภาพคู่ที่ 2 กับ 3 โดยภาพที่ 2 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพที่จริงต้องอยู่ที่มุมขวาบนตามภาพต้นแบบแต่จากในรูปที่ 4.12 ภาพจะอยู่ที่มุมซ้ายบนเนื่องมาจากการตัดภาพดังที่อธิบายมาข้างต้น ส่วนภาพที่ 3 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถเลื่อนไปอยู่ที่มุมซ้ายล่างแต่ภาพจะเลื่อนเกินขอบออกไปเพราะภาพ 2 กับ 3 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกันภาพที่ 3 จึงต้องเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 2ให้ได้ ซึ่งผลที่ได้นั้นภาพที่ 3 สามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 2ได้



รูปที่ 4.13 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 2 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ)

จากรูปที่ 4.13 เป็นภาพคู่ที่ 2 กับ 4 โดยภาพที่ 2 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพที่จริงต้องอยู่ที่มุมขวาบนตามภาพต้นแบบแต่จากในรูปที่ 4.13 ภาพจะอยู่ที่มุมซ้ายบนเนื่องมาจากการตัดภาพดังที่อธิบายมาข้างต้น ส่วนภาพที่ 4 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถเลื่อนไปอยู่ที่มุมซ้ายล่างเพราะภาพ 2 กับ 4 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกันภาพที่ 4 จึงต้องเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 2ให้ได้ ซึ่งผลที่ได้นั้นภาพที่ 4 สามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 2ได้



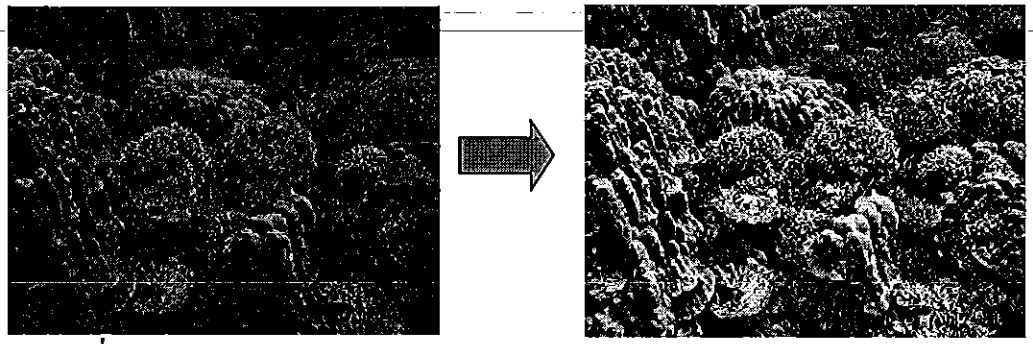


รูปที่ 4.14 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 3 เป็นภาพหลัก ภาพที่ 4 ทำการลงทะเบียนภาพ)

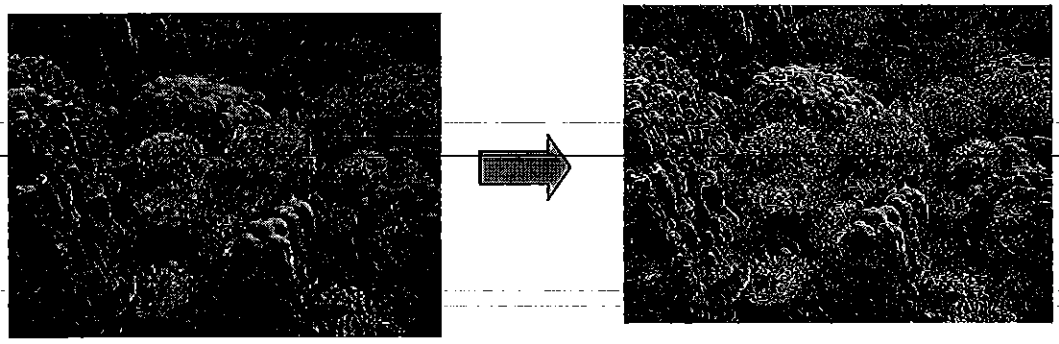
จากรูปที่ 4.14 เป็นภาพคู่ที่ 3 กับ 4 โดยภาพที่ 3 เป็นภาพหลักและตำแหน่งเดิมของภาพที่จริงต้องอยู่ที่มุมซ้ายล่างตามภาพต้นแบบแต่จากในรูปที่ 4.14 ภาพจะอยู่ที่มุมซ้ายบนเนื่องมาจากการตัดภาพดังที่อธิบายมาข้างต้น ส่วนภาพที่ 4 เป็นภาพที่มาทำการลงทะเบียนพบว่าภาพสามารถเลื่อนไปอยู่ที่มุมขวาบนเพราะภาพ 3 กับ 4 มีพื้นที่บางส่วนเหมือนกันภาพที่ 4 จึงต้องเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 3 ให้ได้ ซึ่งผลที่ได้นั้นภาพที่ 4 สามารถเลื่อนมาตรงส่วนที่เหมือนกับภาพที่ 3 ได้

การทดสอบขั้นที่ 5 : เมื่อตรวจสอบการลงทะเบียนภาพด้วยวิธีสหสัมพันธ์เฟสสามารถลงทะเบียนกับภาพได้ทุกคู่ภาพ จากนั้นนำภาพทั้ง 4 ภาพมาทำการทับซ้อนโดยใช้คำสั่งดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

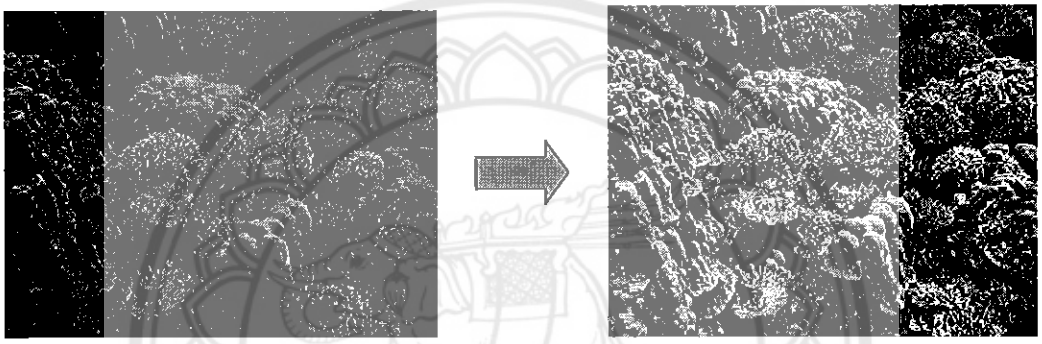
การทดสอบขั้นที่ 6 : การปรับความสว่างของภาพด้วยวิธีอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรม ดังแสดงดังรูปที่ 4.15 เป็นภาพปะการังใต้น้ำที่ผ่านกระบวนการปรับแสงพบว่าภาพมีความสว่างที่สม่ำเสมอทำให้ภาพคมชัดเพิ่มขึ้น และทดสอบการใช้ตัวกรองกับภาพ ดังแสดงดังรูปที่ 4.16 เป็นภาพปะการังใต้น้ำต้นแบบที่ผ่านตัวกรองซึ่งในที่นี้เราใช้อัลซ้าฟฟิวเตอร์ (unsharp filter) พบว่าทำให้เห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนมากขึ้น พร้อมทั้งทดสอบโดยใช้อะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมกับอัลซ้าฟฟิวเตอร์พร้อมกัน ดังแสดงดังรูปที่ 4.17 เป็นภาพปะการังใต้น้ำที่มาผ่านการปรับแสงและผ่านตัวกรองพร้อมกันทำให้ภาพที่ได้ดูชัดเจนกว่าภาพที่ผ่านการปรับแสงหรือตัวกรองอย่างใดอย่างหนึ่ง



รูปที่ 4.15 ภาพปะการังก่อนผ่านกระบวนการปรับแสงด้วยอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรม



รูปที่ 4.16 ภาพปะการังที่ผ่านตัวกรองอัลซ้าปฟิวเตอร์



รูปที่ 4.17 ภาพปะการังที่ผ่านทั้งอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมและตัวกรองอัลซ้าปฟิวเตอร์

การทดสอบขั้นที่ 7 : ตรวจสอบประสิทธิภาพความถูกต้องจากการวัดค่า**ความคลาดเคลื่อนของภาพ**ที่สังเคราะห์ขึ้นตามขั้นตอนที่ 4 เทียบกับภาพต้นแบบ โดยใช้การวัดค่า**เฉลี่ยกำลังสองค่าความคลา**ดเคลื่อนระหว่างภาพต้นแบบกับภาพอ้างอิงซึ่งมีนิยามดังสมการ (2.30) **พบว่าสามารถวัดประสิทธิ**ภาพความถูกต้องของการเข้าคู่กันของภาพได้

4.2 การทดลองการใช้อัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำที่ได้จากการสังเคราะห์ภาพ

หลังจากที่ได้ทดสอบอัลกอริทึมกับภาพปะการังใต้น้ำและภาพที่ตัดออกมา 4 ภาพ เพื่อยืนยันว่าอัลกอริทึมดังกล่าวสามารถนำมาใช้ได้จริงตามการทดสอบในหัวข้อ 4.1 ข้างต้นแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการทดลองการใช้อัลกอริทึมกับภาพที่ตัดออกมา 4 ภาพจากภาพปะการังต้นแบบ และนำภาพเข้าคู่กันจนครบคู่ จากนั้นทำการกำหนดให้ภาพใดภาพหนึ่งไม่มีการหมุนและการเลื่อน ส่วนอีกภาพหนึ่งทำการกำหนดแปลงภาพให้มีการหมุนการเลื่อนและจัดเก็บให้เป็นภาพอ้างอิง

เช่นเดียวกับการทดสอบในหัวข้อ 4.1 จากนั้นเมื่อทำการลงทะเบียนโดยใช้สหสัมพันธ์เฟส ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณีและมีผลการทดลองดังนี้

กรณีที่ 1 การลงทะเบียนสำหรับภาพที่กำหนดเฉพาะค่าการหมุน

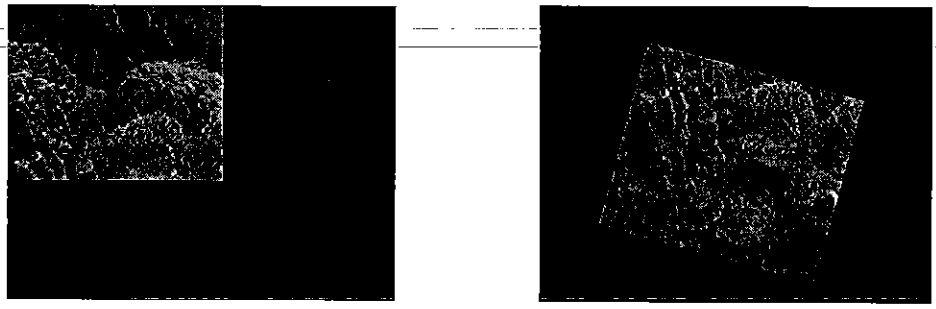
นำภาพทีละคู่มาทำการกำหนดให้ภาพหนึ่งไม่มีการหมุน ส่วนอีกภาพหนึ่งทำการกำหนดแปลงภาพให้มีการหมุนไปอย่างเดียวโดยเพิ่มองศาการหมุน ($\theta[\circ]$) เป็น 15,30,45 และ 60 องศาตามลำดับ จากรูปที่ 4.18 ถึง 4.23 เป็นตัวอย่างของภาพที่กำหนดเฉพาะค่ามุมบางค่า จากนั้นนำมาผ่านการลงทะเบียนโดยสหสัมพันธ์เฟส พบว่าภาพที่กำหนดให้หมุนไป($\theta[\circ]$) มีค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุนกลับ ($\theta'[\circ]$) ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดและมีค่าความคลาดเคลื่อนการหมุนของภาพแต่ละคู่ดังตารางที่ 4.1

คู่ภาพที่ 1 กับ 2

ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

รูปที่ 4.18 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 2 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

คู่ภาพที่ 1 กับ 3



ภาพที่ 1 ภาพที่ 3

รูปที่ 4.19 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 3 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

คู่ภาพที่ 1 กับ 4

ภาพที่ 1 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.20 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

คู่ภาพที่ 2 กับ 3

ภาพที่ 2 ภาพที่ 3

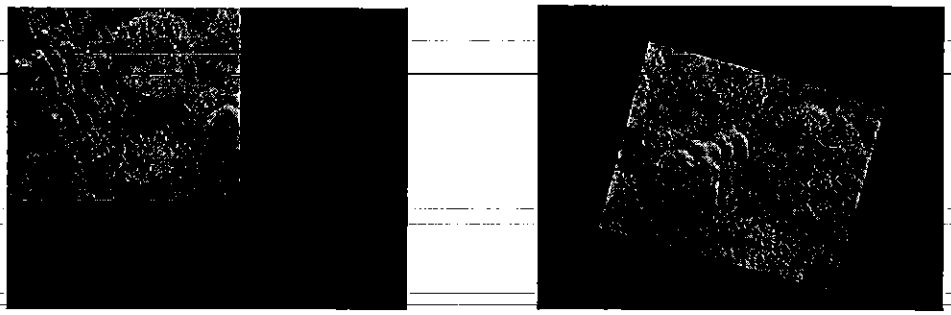
รูปที่ 4.21 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 3 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

คู่ภาพที่ 2 กับ 4

ภาพที่ 2 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.22 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

คู่ภาพที่ 3 กับ 4



ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.23 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 4 กำหนดให้หมุน $\theta[\circ] = 30$ องศา)

จากตารางที่ 4.1 แสดงค่าของภาพที่กำหนดให้มีการหมุนไปอย่างเดียวโดยเพิ่มองศาการหมุน ($\theta[\circ]$) เป็น 15,30,45 และ 60 องศาตามลำดับ แล้วนำมาผ่านการลงทะเบียนโดยสหสัมพันธ์เฟส พบว่าภาพที่กำหนดให้หมุนไป($\theta[\circ]$) มีค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุนกลับ ($\theta'[\circ]$) ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด

ตารางที่ 4.1 ค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุน

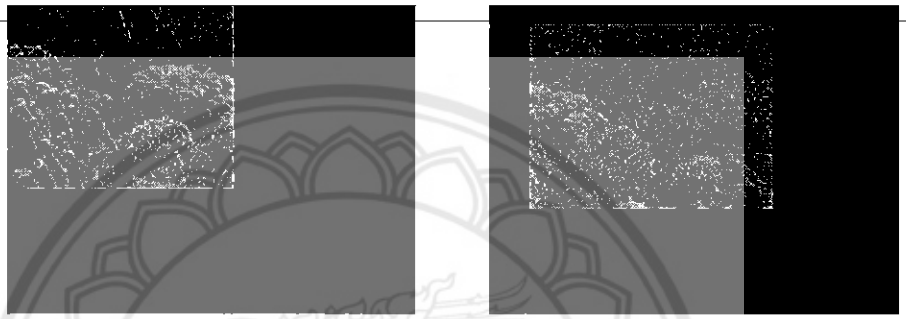
ภาพ/ค่าพารามิเตอร์	ค่าหมุนกลับ ($\theta'[\circ]$)					
ค่ามุมที่หมุน ($\theta[\circ]$)	ภาพที่ 1 กับ 2	ภาพที่ 1 กับ 3	ภาพที่ 1 กับ 4	ภาพที่ 2 กับ 3	ภาพที่ 2 กับ 4	ภาพที่ 3 กับ 4
15	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083	15.083
30	30.167	30.167	30.167	30.167	30.167	30.167
45	40.251	40.251	40.251	40.251	40.251	40.251
60	60.335	60.335	60.335	60.335	60.335	60.335

กรณีที่ 2 การลงทะเบียนสำหรับภาพที่กำหนดเฉพาะค่าการเลื่อนไปทางแกน X และ Y

นำภาพทีละคู่มาทำการกำหนดให้ภาพใดภาพหนึ่งไม่มีการเลื่อน ส่วนอีกภาพหนึ่งทำการกำหนดแปลงภาพให้มีการเลื่อนไปทางแกน X และ Y โดยมีการกำหนดเลื่อนภาพ (Tx,Ty) ทีละ 10 ตั้งแต่ค่า 10 ถึง 60 จากรูปที่ 4.24 ถึง 4.29 เป็นภาพตัวอย่างที่กำหนดค่าการเลื่อนเฉพาะบางค่า

จากนั้นนำมาผ่านการลงทะเบียนโดยสหสัมพันธ์เฟสพบว่าภาพที่ถูกกำหนดให้เลื่อนไป (Tx,Ty) มีค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนกลับ(Tx',Ty') ทีละ 10 ตามที่กำหนด และมีค่าความคลาดเคลื่อนการเลื่อนของภาพแต่ละคู่ภาพและได้แยกตารางการเลื่อนภาพแกน X และ Y แสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

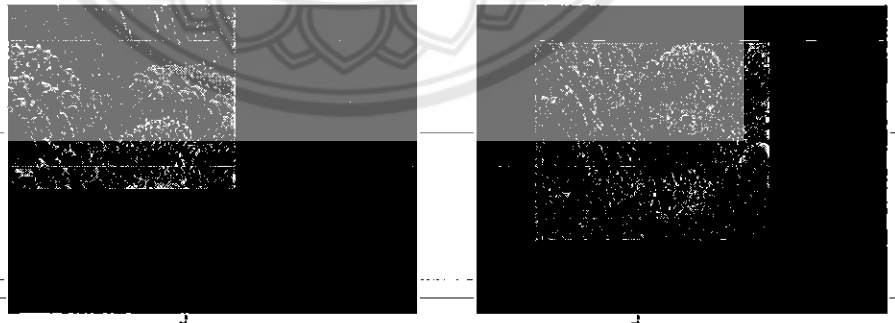
คู่ภาพที่ 1 กับ 2



รูปที่ 4.24 ภาพคู่ที่ 1 กับ 2

(ภาพที่ 2 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx' = -89 ,Ty' = 70)

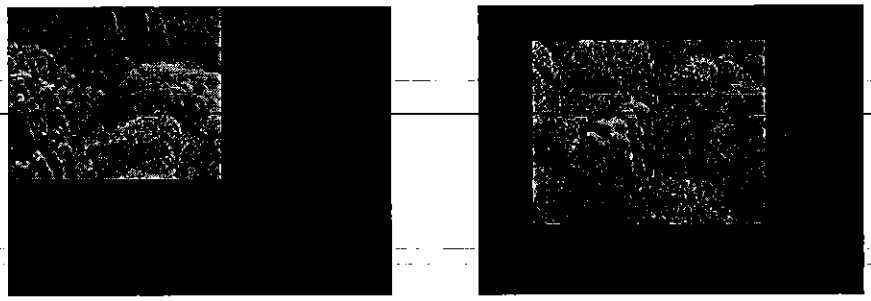
คู่ภาพที่ 1 กับ 3



รูปที่ 4.25 ภาพคู่ที่ 1 กับ 3

(ภาพที่ 3 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx = 94 ,Ty = -51)

คู่ภาพที่ 1 กับ 4



ภาพที่ 1 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.26 ภาพคู่ที่ 1 กับ 4

(ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)

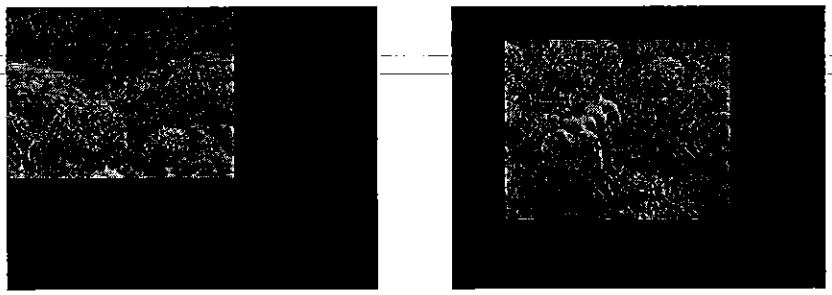
คู่ภาพที่ 2 กับ 3

ภาพที่ 2 ภาพที่ 3

รูปที่ 4.27 ภาพคู่ที่ 2 กับ 3

(ภาพที่ 3 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= 94 ,Ty'= -51)

คู่ภาพที่ 2 กับ 4

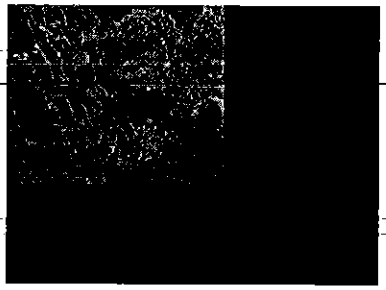


ภาพที่ 2 ภาพที่ 4

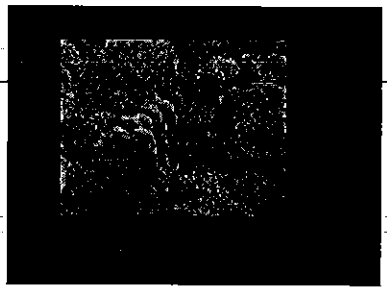
รูปที่ 4.28 ภาพคู่ที่ 2 กับ 4

(ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)

คู่ภาพที่ 3 กับ 4



ภาพที่ 3



ภาพที่ 4

รูปที่ 4.29 ภาพคู่ที่ 3 กับ 4

(ภาพที่ 4 กำหนดให้ Tx = 50 , Ty = 50 โดยที่ตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ค่า Tx'= -85 ,Ty'= -53)

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าของภาพที่กำหนดให้มีการเลื่อนไปทางแกน X โดยมีการกำหนดเลื่อนภาพ (Tx) ทีละ 10 ตั้งแต่ค่า 10 ถึง 60 แล้วนำมาผ่านการลงทะเบียนโดยสหสัมพันธ์เฟสพบว่าภาพที่ถูกกำหนดให้เลื่อนไป (Tx) มีค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนกลับ(Tx') ทีละ 10 ตามที่กำหนด

ตารางที่ 4.2 ค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนแกน X

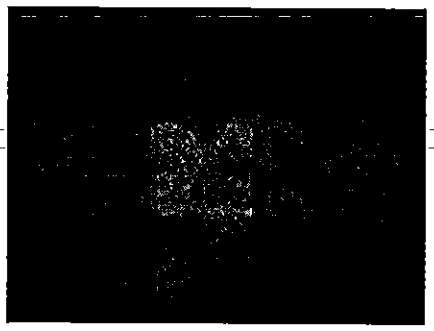
ภาพ/ค่าพารามิเตอร์	ค่าประมาณการเลื่อนกลับ (Tx')					
ค่าเลื่อนของคู่ภาพ (Tx)	ภาพที่1,2	ภาพที่ 1,3	ภาพที่ 1,4	ภาพที่ 2,3	ภาพที่ 2,4	ภาพที่ 3,4
10	-99	84	-95	173	-6	-189
20	-109	74	-105	163	-16	-199
30	-119	64	-115	153	-26	-209
40	-129	54	-125	143	-36	-219
50	-139	44	-135	133	-46	-229
60	-149	34	-145	123	-56	-239

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าของภาพที่กำหนดให้มีการเลื่อนไปทางแกน Y โดยมีการกำหนดเลื่อนภาพ (Ty) ทีละ 10 ตั้งแต่ค่า 10 ถึง 60 แล้วนำมาผ่านการลงทะเบียนโดยสหสัมพันธ์เฟสพบว่าภาพที่ถูกกำหนดให้เลื่อนไป (Ty) มีค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนกลับ(Ty') ทีละ 10 ตามที่กำหนด

ตารางที่ 4.3 ค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนแกน Y

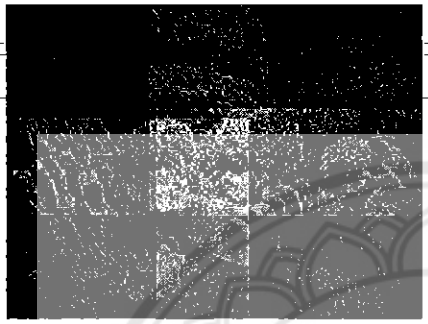
ภาพ/ค่าพารามิเตอร์	ค่าประมาณการเลื่อนกลับ(Ty')					
ค่าเลื่อนของคู่ภาพ (Ty)	ภาพที่1,2	ภาพที่ 1,3	ภาพที่ 1,4	ภาพที่ 2,3	ภาพที่ 2,4	ภาพที่ 3,4
10	60	-61	-63	-131	-133	-12
20	50	-71	-73	-141	-143	-22
30	40	-81	-83	-151	-153	-32
40	30	-91	-93	-161	-163	-42
50	20	-101	-103	-171	-173	-52
60	10	-111	-113	-181	-183	-62

เมื่อพิสูจน์แล้วว่าภาพทุกคู่ในแต่ละกรณีสามารถทำการลงทะเบียนด้วยวิธีสหสัมพันธ์เฟสได้ จากนั้นนำภาพทั้ง 4 ภาพมาทำการทับซ้อนประกอบกันขึ้นให้เหมือนกับภาพต้นแบบดังรูปที่ 4.30 โดยใช้คำสั่งการทำภาพทับซ้อนตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

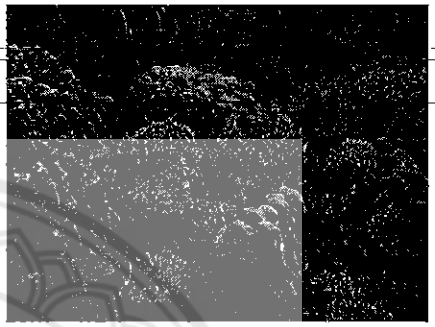


รูปที่ 4.30 (ก) ภาพทับซ้อนจากภาพ 4 ภาพ **รูปที่ 4.30** (ข) ภาพปะการังต้นแบบ

นำภาพทับซ้อนที่ได้มาทำการปรับความสว่างด้วยอะแด๊ปทีฟ ฮิสโตแกรม พร้อมทั้งปรับภาพให้ดูเนียนขึ้นโดยการนำภาพผ่านตัวกรองผ่านสูงชนิดอัลช๊าป (unsharp filter) ตามขั้นตอนที่กล่าวในบทที่ 3 พบว่าภาพที่ได้มีความสว่างที่สม่ำเสมอทำให้ภาพคมชัด และเห็นรายละเอียดโดยเฉพาะส่วนขอบของภาพได้ชัดเจนมากขึ้นดังรูปที่ 4.31 (ก) เป็นภาพปะการังที่เกิดจากการทับของภาพ 4 ภาพภายหลังจากการปรับแสงและผ่านตัวกรองจะสังเกตเห็นว่าความคมชัดของภาพและรายละเอียดของภาพมีความชัดเจนมากเมื่อเทียบกับภาพต้นแบบ



รูปที่ 4.31 (ก) ภาพที่ปรับปรุงแล้ว



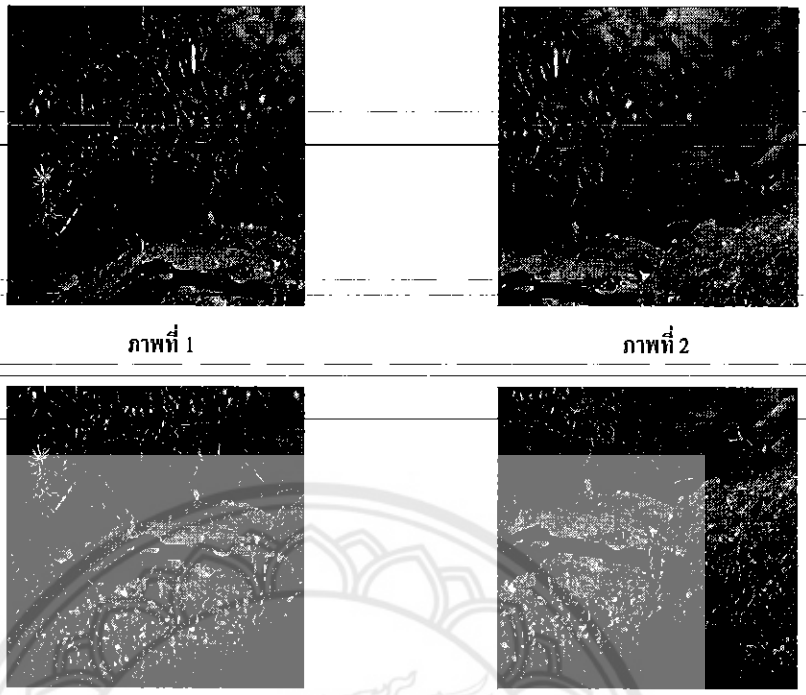
รูปที่ 4.31 (ข) ภาพปะการังต้นแบบ

จากนั้นตรวจสอบประสิทธิภาพความถูกต้องโดยนำรูปที่ 4.31(ก) และ(ข) มาวัดค่าความคลาดเคลื่อนของภาพที่สังเคราะห์ขึ้นเทียบกับกับภาพต้นแบบ โดยใช้การวัดค่าเฉลี่ยกำลังสองค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างภาพต้นแบบกับภาพอ้างอิงซึ่งมีนิยามดังสมการ (2.26) พบว่าสามารถวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการทับซ้อนกันได้เท่ากับ 0.28 %

4.3 ผลการทดลองใช้อัลกอริทึมกับภาพถ่ายจริงจากกล้องถ่ายภาพ

หัวข้อนี้เป็นการใช้อัลกอริทึมทดสอบกับภาพถ่ายจริงจากกล้องถ่ายภาพ

ขั้นตอนที่ 1 : นำภาพใต้น้ำ 4 ภาพที่ถ่ายมาจากคนละมุมกล้องจากกล้องถ่ายภาพ โดยที่แต่ละภาพมีขนาด 800x800 พิกเซล มาทำการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับเทาก่อน จากรูปที่ 4.32 เป็นการนำภาพปะการังใต้น้ำที่มาทำการทดลองซึ่งจากเดิมเป็นภาพสีระบบอาร์-จี-บี(RGB) ให้ทำการแปลงภาพโดยใช้คำสั่ง อาร์ จี บี ทู เกร์ (RGB2Gray) ในโปรแกรมแมทแลบ หลังจากที่ใช้คำสั่งเรียกภาพ (imread) เข้ามาแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพสีจะกลายเป็นภาพระดับเทาเนื่องจากส่วนใหญ่การประมวลผลภาพทุกครั้งต้องใช้ภาพระดับเทาทำการทดลอง

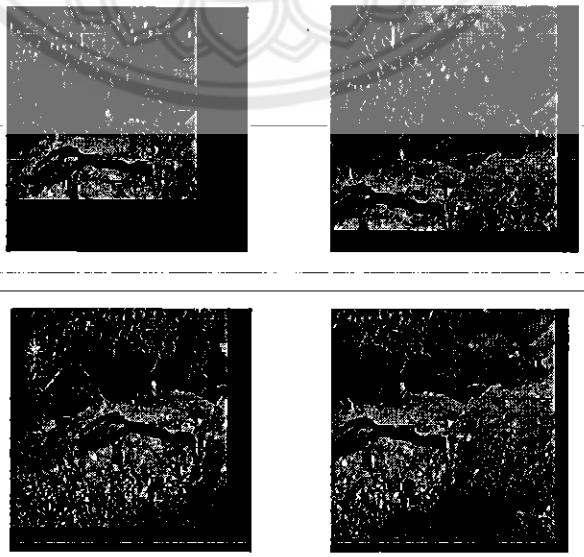


ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

รูปที่ 4.32 ภาพใต้น้ำระดับเทา 4 ภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ

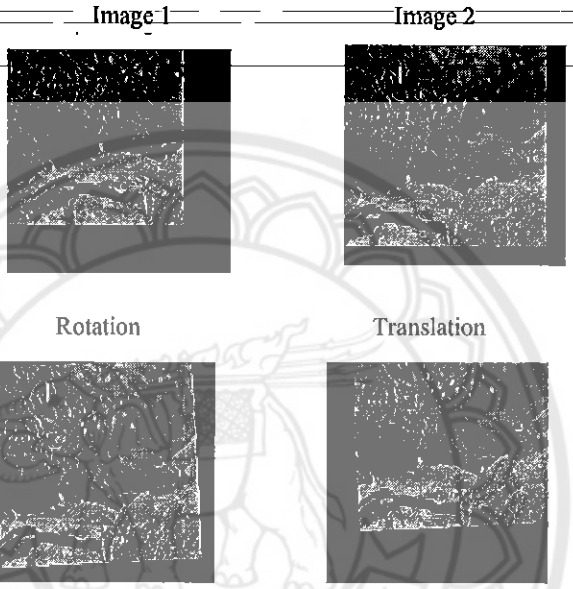
ขั้นตอนที่ 2 : นำภาพที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพมาทำการตัดเพื่อให้เห็นรอยการทับซ้อนกันของภาพทั้ง 4 ภาพเพราะภาพที่ถ่ายจากกล้องภาพเป็นภาพเต็มรูปไม่เหมือนกับภาพปะการังที่ตัดจากภาพต้นแบบจึงทำการตัดภาพ บางส่วนออกจากภาพถ่าย ดังแสดงดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ภาพถ่ายใต้น้ำ 4 ภาพที่ทำการตัด

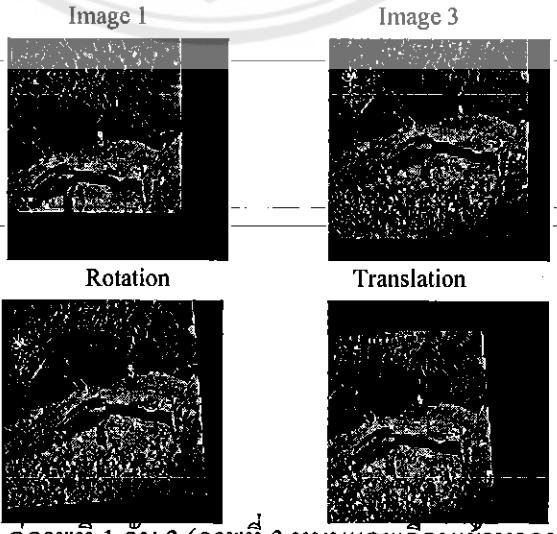
ขั้นตอนที่ 3 : นำภาพถ่ายใต้น้ำ 4 ภาพที่ทำการตัดตามขั้นตอนที่ 2 มาจับคู่ภาพซึ่งจะได้ภาพทั้งหมด 6 คู่คือ คู่ภาพที่ 1 กับ 2 คู่ภาพที่ 1กับ 3 คู่ภาพที่ 1 กับ 4 คู่ภาพที่ 2 กับ 3 คู่ภาพที่ 2 กับ 4 และคู่ภาพที่ 3 กับ 4 จากนั้นนำภาพแต่ละคู่มาทำการลงทะเบียนโดยวิธีสหสัมพันธ์เฟส ซึ่งแต่ละคู่จะให้ภาพใดภาพหนึ่งลงทะเบียนหมุนและเลื่อนเข้าหาอีกภาพหนึ่งดังรูปที่ 4.34 ถึง 4.39

คู่ภาพที่ 1 กับ 2



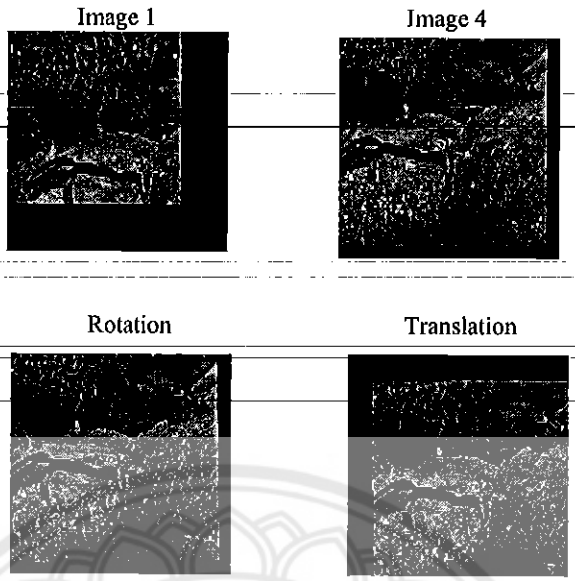
รูปที่ 4.34 คู่ภาพที่ 1 กับ 2 (ภาพที่ 2 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1)

คู่ภาพที่ 1 กับ 3



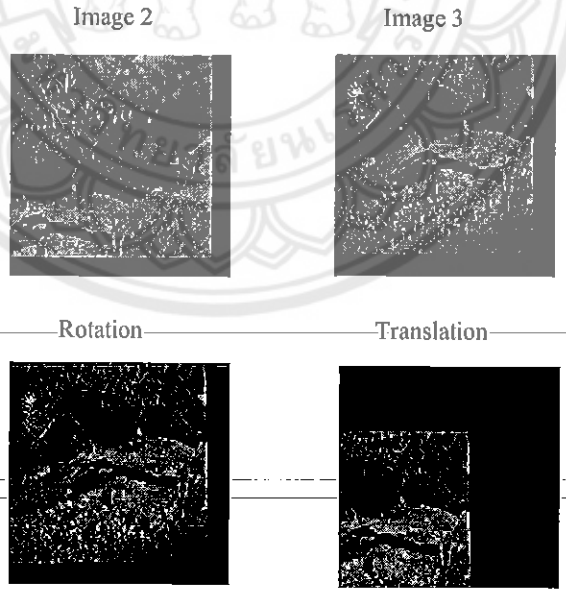
รูปที่ 4.35 คู่ภาพที่ 1 กับ 3 (ภาพที่ 3 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1)

คู่ภาพที่ 1 กับ 4



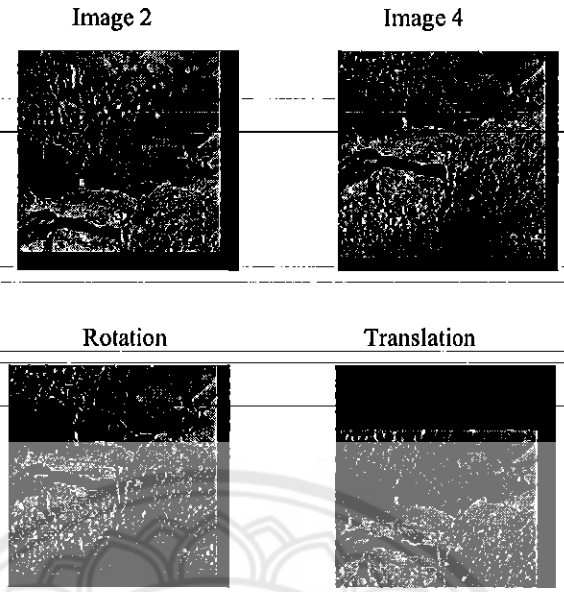
รูปที่ 4.36 คู่ภาพที่ 1 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 1)

คู่ภาพที่ 2 กับ 3



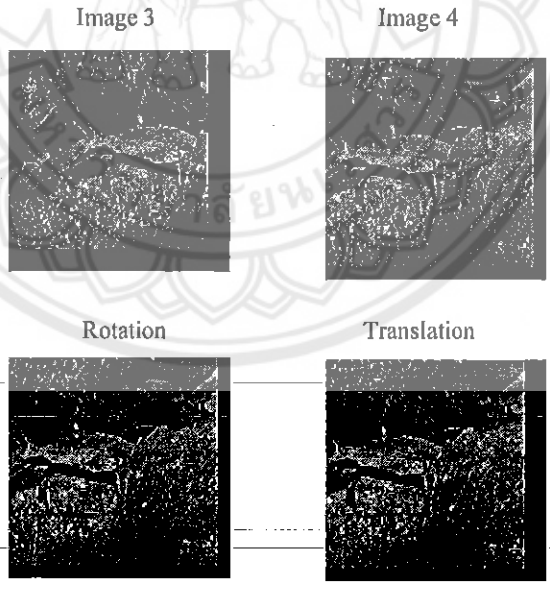
รูปที่ 4.37 คู่ภาพที่ 2 กับ 3 (ภาพที่ 3 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 2)

คู่ภาพที่ 2 กับ 4



รูปที่ 4.38 คู่ภาพที่ 2 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 2)

คู่ภาพที่ 3 กับ 4



รูปที่ 4.39 คู่ภาพที่ 3 กับ 4 (ภาพที่ 4 หมุนและเลื่อนเข้าหาภาพที่ 3)

จากรูปที่ 4.34 ถึง 4.39 เป็นภาพที่ถ่ายมาโดยที่ไม่สามารถรู้ค่ามุมและค่าเลื่อนของภาพ เพราะขณะที่ถ่ายภาพนั้น มือของผู้ถ่ายไม่นิ่งทำให้ภาพมีการหมุนและเลื่อนไป จึงทำการทดลองโดย

นำภาพทั้ง 4 ภาพมาจับคู่แล้วไปทำการลงทะเบียนเพื่อต้องการให้ภาพใดภาพหนึ่งทำการหมุนและเลื่อนเข้าหาอีกภาพหนึ่งจนได้ค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุนและการเลื่อนของแต่ละคู่ภาพดังตารางที่ 4.4

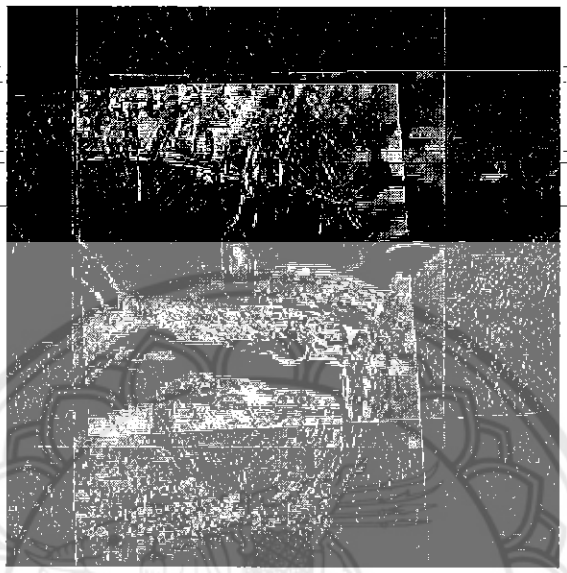
ตารางที่ 4.4 ค่าประมาณการหมุนและเลื่อนของภาพถ่ายจริงแต่ละคู่ภาพ

คู่ภาพ / พารามิเตอร์	การหมุน	การเลื่อน Tx	การเลื่อน Ty
คู่ภาพที่ 1กับ 2	3.0168	-50	68
คู่ภาพที่ 1กับ 3	4.0223	65	-55
คู่ภาพที่ 1กับ 4	1.0056	-47	-46
คู่ภาพที่ 2 กับ 3	1.0056	121	-117
คู่ภาพที่ 2 กับ 4	0	11	-116
คู่ภาพที่ 3 กับ 4	0	17	0

ขั้นตอนที่ 5 : หลังจากที่ภาพทุกคู่สามารถทำการลงทะเบียนด้วยวิธีสหสัมพันธ์เฟสได้จากนั้นนำภาพทั้ง 4 ภาพมาทำการทับซ้อนกันดังรูปที่ 4.40

รูปที่ 4.40 ภาพถ่าย 4 ภาพทับซ้อนกัน

ขั้นตอนที่ 6 : นำภาพถ่ายที่ทับซ้อนมาทำการปรับความสว่างด้วยอะแด๊ปทีฟ ฮิสโตแกรม พร้อมทั้งปรับภาพโดยการนำภาพผ่านตัวกรองชนิดอัลซ๊าปเพื่อให้เห็นรายละเอียดชัดมากขึ้น ดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 ภาพปรับความสว่างด้วยอะแด๊ปทีฟ ฮิสโตแกรมและฟิวเตอร์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสำหรับการทดสอบอัลกอริทึมที่ใช้ในการแปลงภาพ การลงทะเบียนภาพและปรับปรุงภาพใต้น้ำ พบว่าสามารถนำมาประมวลผลกับภาพใต้น้ำได้ เมื่อนำอัลกอริทึมไปใช้กับภาพสังเคราะห์ที่ตัดออกมาจากภาพต้นแบบ ซึ่งเปรียบเสมือนการถ่ายภาพคนละมุมกล้องภาพที่ถ่ายมาอาจมีการเอียงหรือเลื่อนไป วิธีสหสัมพันธ์เฟสสามารถช่วยลงทะเบียนภาพให้ภาพหมุนกลับและเลื่อนกลับมาได้ โดยดูจากผลการทดลองของคู่ภาพแต่ละคู่ที่แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์การหมุนของภาพ และค่าประมาณพารามิเตอร์การเลื่อนของภาพดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ4.3 เมื่อต้องการนำภาพที่ตัดมาให้เป็นภาพที่คล้ายกับภาพต้นแบบสามารถใช้วิธีการทำภาพทับซ้อนประกอบภาพขึ้นมา และใช้เทคนิคการปรับแสงด้วยวิธีอะแด๊ปทีฟ ฮิสโตแกรมพร้อมทั้งนำภาพผ่านตัวกรองทำให้ภาพที่ได้มีความสว่างคมชัดและสามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนขึ้น จากนั้นทำการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องระหว่างภาพที่ปรับปรุงเทียบกับภาพต้นแบบ โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ได้เท่ากับ 0.28% สำหรับภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูปทั้ง 4 ภาพเมื่อนำมาผ่านตามขั้นตอนการทดลองเหมือนภาพสังเคราะห์ สุดท้ายไม่สามารถวัดประสิทธิภาพความถูกต้องได้เนื่องจากไม่มีภาพต้นแบบ เพียงแค่สามารถทำการปรับปรุงให้ภาพดูดีขึ้นได้จากเกณฑ์การมองด้วยสายตา

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการประมวลและการปรับปรุงภาพใต้น้ำโดยมีการปรับแสงซึ่งใช้เทคนิคอะแด๊ปทีฟฮิสโตแกรมมาช่วยการปรับค่าความสว่างของภาพให้ชัดเจนในระดับหนึ่งพร้อมกับการใช้ตัวกรอง ซึ่งทางผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีเทคนิคอื่นที่ช่วยการปรับแสง อีกทั้งการเลือกใช้ตัวกรองอาจเลือกใช้แบบอื่นเพื่อให้ภาพมีความคมชัดมากกว่านี้ และควรมีเกณฑ์ในการวัดค่าเปรียบเทียบกับภาพปกตินอกจากการมองด้วยสายตา ส่วนในเรื่องของรอยขอบก็สามารถหาเทคนิคที่สามารถมาลบและจัดระเบียบของภาพเพื่อให้ภาพที่เกิดจากการซ้อนทับได้กลืนเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อมองดูให้ภาพมีการเพิ่มพื้นที่มากขึ้น รวมทั้งทำให้ภาพเรียบเนียนและมีรายละเอียดของภาพเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Zuiderveld, "Contrast limited adaptive histogram equalization," in Graphics Gems Iv, Paul Heckbert, Ed., vol. IV, pp. 474–485. Academic Press, Boston, Date 1994.

[2] J. Lim, Two-Dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., Date 1990.

[3] L.G. Brown, "A survey of image registration techniques," ACM Computing Surveys, vol. 24, no. 4, pp. 325–376, December 1992.

[4] E. De Castro and C. Morandi, "Registration of translated and rotated images using finite fourier transforms," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-9, no. 5, pp. 700–703, September 1987.

[5] B.S. Reddy and B.N. Chatterji, "An fft-based technique for translation, rotation, and scale-invariant image registration," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 5, no. 8, pp. 1266–1271, August 1996.

[6] O. Pizarro, H. Singh, and S. Lerner, "Towards image-based characterization of acoustic navigation," in IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 2000, vol. 3, pp. 1519–1524.

[7] M. Irani and P. Anandan, "Robust multi-sensor image alignment," in *Sixth International Conference on Computer Vision, 1998*, January 1996, pp. 959–966.

[8] R. Mandelbaum, G. Salgian, and H. Sawhney, "Correlation-based estimation of ego-motion and structure from motion and stereo," in *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, 1999*,Kerkyra, Greece, September 1999, vol. 1, pp. 544–550.

[9] P.J. Burt and E.H. Adelson, "A multiresolution spline with application to image mosaics," *ACM Transactions of Graphics*, vol. 2, no. 4, pp. 217–236, October 1983.

ภาคผนวก

```
function [Bxy] = translatedimage(Axy,tx,ty);
%   BXY = TRANSLATEDIMAGE(AXY,TX,TY) transforms the image "AXY" by
%   tranalation parameters "TX" and "TY" along with x-axis and y-axis
%   Notes:
%   x-axis is the horizontal line originating from left to right
%   y-axis ia the verticle line originating from top to bottom
%   Date: January 9, 2009

if tx < 0 | ty < 0; error('Translation is out of range!'); end;
Axy = double(Axy);
[Ny, Nx] = size(Axy);
[X,Y] = meshgrid([1:1:Nx], [1:1:Ny]);
T  = [1 0 tx; 0 1 ty; 0 0 1]*[X(:)'; Y(:)'; ones(size(Y(:)'))];
XI = reshape(T(1,:), size(X));
YI = reshape(T(2,:), size(Y));
Bxy = interp2(X,Y,Axy,XI,YI,'*nearest'); % spline/linear/nearest/cubic
mask = (XI>max(X(:))) | (XI<min(X(:))) | (YI>max(Y(:))) | (YI<min(Y(:)));
Bxy(mask) = 0; % any pixels outside warp, pad with black
if abs(Bxy(:)) == 0; error('Translation is out of range!'); end;
Bxy = uint8(Bxy);
```

```
function [Bxy] = rotatedimage(Axy,theta);
%   BXY = ROTATEDIMAGE(AXY,THETA) rotates the image "AXY" by "THETA"
%   degrees in a clockwise direction.
%   Notes:
%    x-axis is the horizontal line originating from left to right
%    y-axis ia the verticle line originating from top to bottom
%   Date: January 6, 2009

[Ny, Nx] = size(Axy);
cenx = round(Nx/2);
ceny = round(Ny/2);
[X,Y] = meshgrid([1:1:Nx]-cenx,[1:1:Ny]-ceny);
th = (theta)*(pi/180); R = [cos(th) sin(th) 0; -sin(th) cos(th) 0; 0 0 1];
T = R*[X(:)'; Y(:)'; ones(size(Y(:)'))];
XI = reshape(T(1,:), size(X));
YI = reshape(T(2,:), size(Y));
Bxy = interp2(X,Y,double(Axy),XI,YI,'*nearest'); %spline/linear/nearest/cubic
mask = (XI>max(X(:))) | (XI<min(X(:))) | (YI>max(Y(:))) | (YI<min(Y(:)));
Bxy(mask) = 0; % any pixels outside warp, pad with black
Bxy = uint8(Bxy);
```

```
function [tx,ty,indx,indy]  = imtranslationpar(Axy,Bxy);
% [TX, TY] = IMTRANALATIONPAR(AXY,BXY) creates the translation parameters
%    "TX" and "TY" along with x-axis and y-axis, respectively.
%    "AXY" is the registered image and "BXY" is the target image.
% Notes:
%    x-axis is the horizontal line originating from left to right
%    y-axis ia the verticle line originating from top to bottom
%     Date: January 9, 2009

 [Ny, Nx] = size(Bxy);
% Correlate the magnitude components by doing the FFT2 of each image by
% using the cross power spectrum index. The IFFT can then be used to find
% the maximum index, which represents the translation-invariant shift
% between the frames.
I1uv = fft2(double(Axy),Ny,Nx);
I2uv = fft2(double(Bxy),Ny,Nx);
CPS  = exp(i*(angle(I1uv)-angle(I2uv)));
cps  = real(ifft2(CPS));
[indy,indx] = find(cps == max(max(cps)));
tx = (indx-1);
ty = (indy-1);
```

```
function [theta] = imrotationpar(Axy,Bxy);
% [THETA] = IMROTATIONPAR(AXY,BXY) creats the rotation angle "THETA"
% in degree between the image "AXY" and image "BXY" in a clockwise
% direction.
% Notes:
%    x-axis is the horizontal line originating from left to right
%    y-axis ia the verticle line originating from top to bottom
%    Date: January 6, 2009
% Only pay attention to 0 to 180 degrees of FFT

thetas = linspace(0, 180, 180);
% Polar transform the images and get the magnitude information,
% which should only be different by a translation
[FR1,XP1] = radon(Axy, thetas); F1 = abs(fft(FR1));
[FR2,XP2] = radon(Bxy, thetas); F2 = abs(fft(FR2));
% Correlate the magnitude components by doing the FFT2 of each image by
% using the cross power spectrum index. The IFFT can then be used to find
% the maximum index, which represents the translation-invariant angle of
% rotation between the frames.
I1uv = fft2(F1);
I2uv = fft2(F2);
CPS = exp(i*(angle(I1uv)-angle(I2uv)));
cps = real(ifft2(CPS));
[indy,indx] = find(cps == max(max(cps)));
theta = thetas(indx(1));
```

```
function [CEImage] = runCLAHE(Image,XRes,YRes,Min,Max,NrX,NrY,NrBins,Cliplimit)
% "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization"
% by Karel Zuiderveld, karel@cv.ruu.nl
% in "Graphics Gems IV", Academic Press, 1994
% (Ported to Matlab by Leslie Smith)
% These functions implement Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization.
% The main routine (CLAHE) expects an input image that is stored contiguously in
% memory; the CLAHE output image overwrites the original input image and has the
% same minimum and maximum values (which must be provided by the user).
% This implementation assumes that the X- and Y image resolutions are an integer
% multiple of the X- and Y sizes of the contextual regions. A check on various other
% error conditions is performed.
% Image - The input/output image
% XRes - Image resolution in the X direction
% YRes - Image resolution in the Y direction
% Min - Minimum greyvalue of input image (also becomes minimum of output image)
% Max - Maximum greyvalue of input image (also becomes maximum of output image)
% NrX - Number of contextial regions in the X direction (min 2, max uiMAX_REG_X)
% NrY - Number of contextial regions in the Y direction (min 2, max uiMAX_REG_Y)
% NrBins - Number of greybins for histogram ("dynamic range")
% Cliplimit - Normalized cliplimit (higher values give more contrast)
% The number of "effective" greylevels in the output image is set by uiNrBins; selecting
% a small value (eg. 128) speeds up processing and still produce an output image of
% good quality. The output image will have the same minimum and maximum value as the input
% image. A clip limit smaller than 1 results in standard (non-contrast limited) AHE.
% [XRes,YRes]=size(Image);
% CEimage = Image;
CEImage = zeros(XRes,YRes);
if Cliplimit == 1
   return
end
```

```
NrBins=max(NrBins,128);
XSize = round(XRes/NrX);
YSize = round(YRes/NrY);
NrPixels = XSize*YSize;
XSize2 = round(XSize/2);
YSize2 = round(YSize/2);
if Cliplimit > 0
   ClipLimit = max(1,Cliplimit*XSize*YSize/NrBins);
else
   ClipLimit = 1E8;
end
LUT=makeLUT(Min,Max,NrBins);
% avgBin = NrPixels/NrBins;
Bin=1+LUT(round(Image));
Hist = makeHistogram(Bin,XSize,YSize,NrX,NrY,NrBins);
if Cliplimit > 0
   Hist = clipHistogram(Hist,NrBins,ClipLimit,NrX,NrY);
end
Map=mapHistogram(Hist,Min,Max,NrBins,NrPixels,NrX,NrY);
% Interpolate
xI = 1;
for i = 1:NrX+1
   if i ==1
      subX = XSize/2;
      xU = 1;
      xB = 1;
   elseif i == NrX+1
      subX = XSize/2;
      xU = NrX;
      xB = NrX;
   else
      subX = XSize;
```

```
        xU = i - 1;
        xB = i;
      end
      yI = 1;
      for j = 1:NrY+1
        if j == 1
          subY = YSize/2;
          yL = 1;
          yR = 1;
        elseif j == NrY+1
          subY = YSize/2;
          yL = NrY;
          yR = NrY;
        else
          subY = YSize;
          yL = j - 1;
          yR = j;
        end
        UL = Map(xU,yL,:);
        UR = Map(xU,yR,:);
        BL = Map(xB,yL,:);
        BR = Map(xB,yR,:);
        subImage = Bin(xI:xI+subX-1,yI:yI+subY-1);
        subImage = interpolate(subImage,UL,UR,BL,BR,subX,subY);
        CEImage(xI:xI+subX-1,yI:yI+subY-1) = subImage;
        yI = yI + subY;
      end
      xI = xI + subX;
    end
```

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายธนภูมิ เพริดพริ้ง

ภูมิลำเนา 228/51 ม. 7 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

-จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวังไกลกังวล

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : tong_little@hotmail.com

ชื่อ นายสหรัฐ เพชรพรหม

ภูมิลำเนา 81 ม. 4 ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

-จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : saharat_pp@hotmail.com