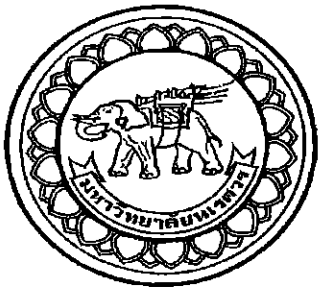


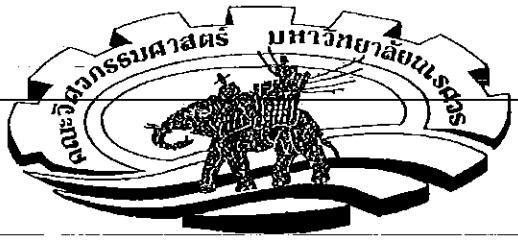
การวิเคราะห์ค่าทางสถิติสหสัมพันธ์และความแปรปรวน

Analysis of Correlation and Covariance Statistics

นางสาวสุนทรีย์ พัวพรพงศ์ รหัส 47370366

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 W.A. 2553
เลขทะเบียน เ5007787
เลขเรียกหนังสือ ....
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส 814ก
2550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2550



ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน การวิเคราะห์ค่าทางสถิติสหสัมพันธ์และความแปรปรวน

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวสุนทรีย์ พัวพรพงศ์ รหัส 47370366

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2550

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

.....กรรมการ

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

หัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ค่าทางสถิติสหสัมพันธ์และความแปรปรวน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวิสุนทรีย์ พัวพรพงศ์ รหัส 47370366
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ศึกษาและวิเคราะห์หาค่าทางสถิติเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) และหาค่าทางสถิติเมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix) ในการจับคู่ภาพ พร้อมกับพัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์ค่าทางสถิติสหสัมพันธ์และความแปรปรวน ในการจับคู่ภาพอันเนื่องมาจาก กรณี 1: การหมุนภาพ กรณี 2: การเลื่อนภาพ และกรณี 3: การเลื่อนตามการหมุนภาพ

จากผลการทดลองทั้ง 3 กรณี พบว่า การวิเคราะห์ค่าทางสถิติสหสัมพันธ์และความแปรปรวน ในการจับคู่ภาพ ค่าเฉลี่ย(Mean) ค่ามัธยฐาน(Median) และค่าต่ำสุด(Min)ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และความแปรปรวน มีค่าค่อนข้างคงที่ และค่าสูงสุด(Max) ค่าเบี่ยงเบน(standard deviation) มีค่าไม่คงที่ ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย(Mean) ค่ามัธยฐาน(Median) และค่าต่ำสุด(Min)ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และความแปรปรวนไม่มีผลต่อการหมุนและการเลื่อนที่นำมาจับคู่ภาพ แต่ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน(standard deviation) มีผลต่อการหมุนและการเลื่อนภาพที่นำมาจับคู่ภาพ

Project Title	Analysis of Correlation and Covariance Statistics
Name	Miss Suntaree Puapornpong ID. 47370366
Project Advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2007

ABSTRACT

This project is to not only study and analyse statistics of Correlation and Covariance matrices in image matching, but also develop the program for analysis of Correlation and Covariance statistics due to either image or translated image.

From the test result of-three cases: rotated image, translated image and rotation-translation image, it has been found that the mean, median and minimum values of Correlation and Covariance matrices are rather constant, but both maximum and standard deviation values of Correlation and Covariance matrices are not constant. In conclusion, the three values of mean, median and minimum do not depend on neither rotated nor translated image matching.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้แนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำมาพัฒนา ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา อีกทั้งเพื่อน ๆ ที่กรุณาช่วยให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ประกอบการมากที่สุด ท้ายสุดขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของพวกเรามาตลอด จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวสุนทรีย์ พัวพรพงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 Image Processing	3
2.2 การแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง 2 มิติและการแปลงกลับ (The two-Dimensional DFT and its inverse)	7
2.3 การประสาน (Convolution)	9
2.4 สหสัมพันธ์ (Correlation)	10
2.5 เมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance matrix)	11
2.6 การนอร์มัลไลเซชั่น (Normalization)	12
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาอัลกอลิทึมการจับคู่รูปภาพ	
3.1 การวิเคราะห์	15
3.2 การออกแบบ	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการประเมินจากการวิเคราะห์จับคู่จับภาพ	
4.1 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ในกรณีการหมุนภาพ	29
4.2 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนในกรณีการหมุนภาพ	32
4.3 ผลการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความสหสัมพันธ์ด้วยวิธีการเลื่อนตำแหน่งภาพ	35
4.4. ผลการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนด้วยวิธีการเลื่อนตำแหน่งภาพ	52
4.5 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม	70
4.6 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม	72
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	74
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวกรูป	77
ภาคผนวกตาราง	102
ประวัติผู้เขียนโครงงาน	103

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพจากการบันทึกภาพ	4
รูปที่ 2.2 ภาพจากการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง	4
รูปที่ 2.3 ภาพจากการประมาณค่าความเข้มของแสง	5
รูปที่ 2.4แต่ละจุดภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสี	5
รูปที่ 2.5ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ	6
รูปที่ 3.1 ภาพที่นำเข้ามาเปรียบเทียบ	16
รูปที่ 3.2 ภาพแม่แบบ	16
รูปที่ 3.3 รูปต้นแบบและรูปที่ผ่านการ Imrotate	18
รูปที่ 3.4 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (x, 0)	19
รูปที่ 3.5 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (-x, 0)	20
รูปที่ 3.6 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (0, y)	21
รูปที่ 3.7 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (0,-y)	21
รูปที่ 3.8 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (x, y)	22
รูปที่ 3.9 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (-x, y)	22
รูปที่ 3.10 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (x, -y)	23
รูปที่ 3.11 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (-x, -y)	23
รูปที่ 3.12 การหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืนโดยการสุ่ม	24
รูปที่ 3.13 การหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืนโดยการสุ่ม	24
รูปที่ 3.14 แผนภาพการออกแบบการทดสอบจับคู่รูปภาพด้วยสหสัมพันธ์เมตริกซ์	25
รูปที่ 3.15 แผนภาพการออกแบบการทดสอบจับคู่รูปภาพด้วยเมตริกซ์ความแปรปรวน	26
รูปที่ 3.16 การหมุนรูปภาพ	25
รูปที่ 3.17 การเลื่อนรูปภาพ	25
รูปที่ 3.18 การทำงานของโปรแกรมสหสัมพันธ์ (Correlation)	26
รูปที่ 3.19 การทำงานของโปรแกรมความแปรปรวน (Covariance)	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.1 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์สำหรับกรณีการหมุนภาพ	30
รูปที่ 4.2 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา ชุดที่ 1	31
รูปที่ 4.3 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา ชุดที่ 2	32
รูปที่ 4.4 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการหมุนภาพ	33
รูปที่ 4.5 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา	34
รูปที่ 4.6 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา	34
รูปที่ 4.7 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ สำหรับกรณีการเลื่อนภาพ	36
รูปที่ 4.8 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	37
รูปที่ 4.9 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	39
รูปที่ 4.11 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	40
รูปที่ 4.12 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	41
รูปที่ 4.13 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	42
รูปที่ 4.14 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	43
รูปที่ 4.15 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	44
รูปที่ 4.16 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	45
รูปที่ 4.17 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.18 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	47
รูปที่ 4.19 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	48
รูปที่ 4.20 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	49
รูปที่ 4.21 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	50
รูปที่ 4.22 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	51
รูปที่ 4.23 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	52
รูปที่ 4.24 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการเลื่อนภาพ	53
รูปที่ 4.25 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	55
รูปที่ 4.26 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.27 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	57
รูปที่ 4.28 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	57
รูปที่ 4.29 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	59
รูปที่ 4.30 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	59
รูปที่ 4.31 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	61
รูปที่ 4.32 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	61
รูปที่ 4.33 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	63
รูปที่ 4.34 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.35 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง 11 ชุดที่ 1	65
รูปที่ 4.36 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง 11 ชุดที่ 2	65
รูปที่ 4.37 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	67
รูปที่ 4.38 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	67
รูปที่ 4.39 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1	69
รูปที่ 4.40 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนที่ไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2	69
รูปที่ 4.41 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์สำหรับกรณีการหมุนภาพ	70
รูปที่ 4.42 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่ง โดยกาสุ่ม ชุดที่ 1	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.43 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่ง โดยการสุ่ม ชุดที่ 2	72
รูปที่ 4.44 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทาง สถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการหมุนภาพ	73
รูปที่ 4.45 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกซ์ ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา และเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่ม ชุดที่ 1	74
รูปที่ 4.46 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกซ์ ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา และเลื่อนตำแหน่ง โดยการสุ่ม ชุดที่ 2	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแสดงความสัมพันธ์ ℓ -norm	13
ตารางที่ 3.1 แสดงผลสรุปการวิเคราะห์ดัชนีการเปรียบเทียบจับคู่รูปภาพ	29

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในการสืบค้นคดีผู้ร้ายที่ใช้ปืนเป็นอาวุธก่อเหตุ เนื่องจากทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจสืบสวนเป็นไปอย่างยากลำบาก เนื่องจากผู้ร้ายได้ยิงกระสุนออกไปแล้วลักษณะการตอกของเข็มแทงฉนวนที่ปลอกกระสุนหรือรอยเกลียวลำกล้องที่กระสุนปืน ที่หล่นทิ้งไว้แต่ละกระบอกจะแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้เองทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจได้เก็บภาพของจานท้ายปลอกกระสุนปืนหรือกระสุนปืนที่มีรอยเกลียวลำกล้อง จากที่เกิดเหตุมาเป็นหลักฐานในการยืนยันการใช้อาวุธของผู้ร้าย การที่เจ้าหน้าที่ตำรวจจะนำปืนต้องสงสัยมาลองยิงกระสุนปืนเพื่อที่จะนำภาพจานท้ายปลอกกระสุนปืนหรือกระสุนปืนที่มีรอยเกลียวลำกล้อง หลังจากการยิงปืนกระบอกนั้นๆ มาจับคู่ด้วยสายตาเจ้าหน้าที่ตำรวจเองนั้น จะทำให้ความล่าช้าและผิดพลาดได้ง่าย

แต่อย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาการจับคู่ภาพ โดยใช้โปรแกรมแมทแลป เราสามารถคำนวณหาจุดความสัมพันธ์ให้มากที่สุดซ้ำไปซ้ำมาของภาพเหล่านั้น ได้จากการนำทฤษฎีต่างๆเข้ามาใช้ ไม่ว่าจะเป็น การทำ Normalization, FFT, Inverse FFT, convolution เป็นต้น

ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดนำค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์(Correlation Matrix) และเมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix) ในการจับคู่ภาพเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของภาพที่มีลักษณะเหมือนกัน

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมเมตริกซ์สหสัมพันธ์และเมตริกซ์ความแปรปรวนในการจับคู่ภาพ
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเมตริกซ์สหสัมพันธ์และเมตริกซ์ความแปรปรวนในการจับคู่ภาพ
3. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบความสัมพันธ์ของภาพที่มีลักษณะเหมือนกัน

1.3. ขอบเขตของโครงงาน

1. ภาพที่นำมาทดสอบ 1160 ภาพ
2. ภาพที่นำมาทดสอบต้องเป็นภาพสีเทา (Gray Level)

1.4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

เดือน	พ.ศ. 2551				พ.ศ. 2551			
	มี.ค.				เม.ย.			
สัปดาห์ / กิจกรรม	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาโปรแกรมแมทแลปและการจับคู่ภาพ	←	→						
2. ออกแบบอัลกอริทึม		←	→					
3. พัฒนาโปรแกรม			←	→				
4. ทดสอบโปรแกรม				←	→			
5. ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม					←	→		
6. วิเคราะห์ผล						←	→	
7. สรุปผลการทำงาน							←	→
8. จัดทำเป็นรูปเล่ม โครงงาน								← →

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อลดเวลาในวิเคราะห์ภาพ
2. เพื่อทำงานอย่างเป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ภาพ

1.6. งบประมาณ

1. ค่าเอกสารและตำรา	1,000	บาท	
2. ค่าจัดทำรูปเล่มรายงาน	1,000	บาท	
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000	บาท	(สองพันบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทความนี้ จะกล่าวถึง เนื้อหาและทฤษฎีต่างๆ ที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และเมตริกซ์ความแปรปรวนในการจับคู่ภาพ รูปภาพที่เราเห็นกันอยู่ไม่ว่าจะเป็นภาพที่ถ่ายโดยใช้กล้องธรรมดา หรือแบบดิจิตอล ถ้าเรา มองกันในแบบของคอมพิวเตอร์แล้วล่ะก็ มันก็คือ จุดสีหลายๆ จุดที่นำมาเรียงต่อๆ กัน จนสามารถ บอกได้ว่าเรียงกันเป็นรูปอะไร เนื้อหาของรูปภาพเป็นอย่างไร การมองเพื่อทำความเข้าใจรูปภาพ หนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาพถ่าย หรือภาพที่เป็นแบบดิจิตอลในคอมพิวเตอร์ก็ตาม ในมุมมองของมนุษย์ กับรูปภาพ หรือมุมมองของคอมพิวเตอร์กับรูปภาพ เป็นคนละมุมกัน และแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง

2.1. การประมวลผลภาพ (Image Processing)

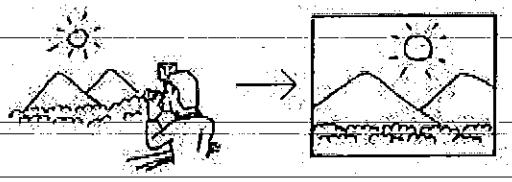
ภาพเป็นกระบวนการทางแสง (Optical Process) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) หลายๆ ช่วงความถี่ เช่น แสงธรรมดา รังสีเอ็กซ์เรย์ (X-Ray) เป็นต้น และพลังงานเสียง เช่น อัลตราซาวนด์ (Ultrasound) ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาสู่ประสาทรับรู้ทางตาของมนุษย์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ เช่นเซนเซอร์ (Sensor) หรือกระจกเลนส์ (Lens) เป็นต้น

ถ้าพูดกันในภาษาทางเทคนิคแล้ว ภาพดิจิตอลนั้นก็คือ ฟังก์ชั่น 2 มิติ หรือ f(x, y) ของค่าความเข้มของแสงโดยที่ x และ y คือ ค่าที่บอกถึงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชั่น ณ ตำแหน่งใดๆ จะเป็นสัดส่วนกับความสว่างของแสง ณ ตำแหน่งนั้น กระบวนการแปลงภาพให้เป็นภาพในเชิงดิจิตอลเราเรียกว่า Image Digitization มีกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ การบันทึกภาพ (Image Acquisition), การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง (Image Sampling) และ การประมาณค่าความเข้มของแสง (Image Quantization)

2.1.1. การบันทึกภาพ (Image Acquisition)

ก่อนที่จะได้ภาพมา อันดับแรก เราจะต้องทำการถ่ายภาพเสียก่อน การถ่ายภาพ เป็น การแปลงภาพเชิงต่อเนื่อง (Continuous Image) แบบ 3 มิติ ให้เป็นภาพเชิงต่อเนื่อง 2 มิติ โดยใช้อุปกรณ์เชิงแสง (Optical Device) เช่น กล้องถ่ายรูป เพื่อแปลงภาพให้มาเป็นภาพบนฟิล์ม, รูปถ่ายบนกระดาษ หรือภาพบนจอคอมพิวเตอร์

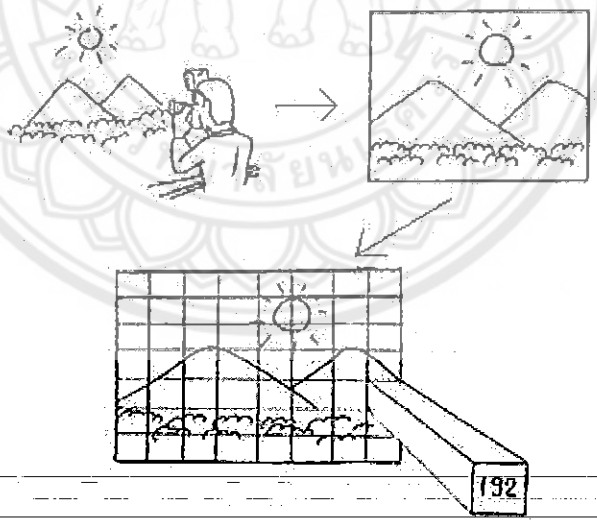
โดยปกติแล้ว ภาพที่เรามองเห็นกันอยู่นั้น มีทั้งความกว้าง , ความสูง และความลึก ซึ่งเป็นแบบ 3 มิตินั่นเอง การถ่ายภาพด้วยกล้องจะทำให้เราได้ภาพมา แต่จะเป็นภาพที่มีแต่ความกว้าง และความสูงเท่านั้น ซึ่งเป็นภาพแบบ 2 มิติ เพราะเราไม่อาจจะถ่ายความลึกของสถานที่มาด้วยได้



รูปที่ 2.1 ภาพจากการบันทึกภาพ

2.1.2. การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง (Image Sampling)

เป็นการแปลงภาพ 2 มิติที่ได้ให้เป็นภาพเชิงดิจิตอล โดยการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่ง หรือ Spatially Sampling โดยสุ่มเลือกเฉพาะบางตำแหน่งในภาพ ซึ่งถ้าเราสุ่มเลือกมาละเอียดภาพที่ได้ก็จะมีความละเอียดสูง หน่วยของการสุ่มเลือกก็คือ จุด หรือ Pixel นั่นเอง



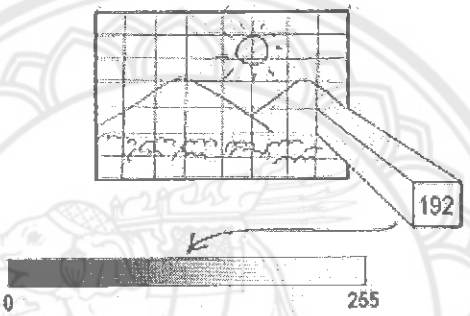
รูปที่ 2.2 ภาพจากการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง

เหตุผลของการทำ Image Sampling นั้นก็คือ ในการแสดงผลของจอภาพคอมพิวเตอร์นั้น หน่วยของความละเอียดในการแสดงผลนั้นเป็นจุด (Pixel) แต่ในโลกแห่งความเป็นจริง ภาพที่เรามองเห็นด้วยตา ไม่ใช่การเรียงกันของจุด แต่มันเป็นภาพเชิงต่อเนื่องคือ ไม่สามารถแยกลงไปเป็นที

ละจุดๆ ได้เลย เพราะฉะนั้น เมื่อภาพนั้นมาอยู่ในคอมพิวเตอร์ ภาพจะต้องถูกปรับให้อยู่ในหน้าจอที่ประกอบด้วยจุดสี เพราะฉะนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง หรือการทำ Image Sampling จากที่ได้กล่าวมานี้ ถ้าเราสุ่มเลือกจุดตำแหน่งถี่มากเท่าใด คุณภาพของภาพที่ได้ก็จะดีขึ้น

2.1.3. การประมาณค่าความเข้มของแสง (Image Quantization)

เมื่อเราได้ภาพจากการ Sampling มาแล้ว แต่ละจุดในภาพจะถูกแทนด้วยสี ภาพในโทนสีเทา หรือ Grayscale จะประกอบไปด้วยสีดำ และไล่เฉดสีจางลงไปจนถึงสีขาวดังรูป

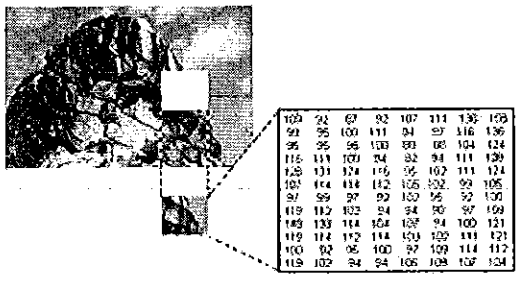


รูปที่ 2.3 ภาพจากการประมาณค่าความเข้มของแสง

สีดำจะแทนด้วยค่าตัวเลข 0 สีขาวจะแทนด้วยค่าตัวเลขคือ 255 รวมทั้งสิ้น 256 ระดับสี (0-255) หรือ 2 กำลัง 8 โดยที่ 8 ก็คือ จำนวนบิตในหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บค่านี้หนึ่งค่า เพราะฉะนั้น สีดำ จะถูกแทนด้วยรหัสในเลขฐานสองคือ 00000000 และสีขาวก็จะถูกแทนด้วยรหัส 11111111 8

ถ้าภาพเป็นแบบโทนขาวดำ (Grayscale) แต่ละจุด

ถ้าภาพเป็นแบบโทนขาวดำ (Grayscale) แต่ละจุดภาพก็จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสีตั้งแต่ 0-255 ลองดูภาพต่อไปนี้



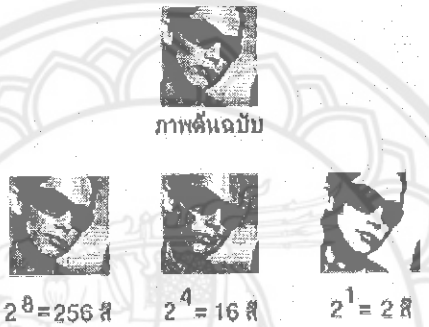
รูปที่ 2.4 แต่ละจุดภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสี

เพราะฉะนั้นใน 1 จุดสี จะมีค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น จึงใช้พื้นที่ในการเก็บเพียง 8 บิต บางครั้งจะใช้การเขียนในแบบยกกำลังคือ

ภาพขาวดำ 2 ยกกำลัง 1 (1 ก็คือ 1 บิต)

ภาพโทนสีเทา 2 ยกกำลัง 8 (8 ก็คือ 8 บิต)

ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ ถ้าภาพ ๆ นั้นใช้ระดับสีน้อย เช่น 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 (1 บิต) ผลที่ได้ก็คือการไล่สีของภาพนั้นจะไม่นวล เป็นรอยที่ไม่ค่อยน่าดูเท่าไหร่ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นว่า ในความเป็นจริงแล้ว ความละเอียดของภาพจะมีมากกว่านี้ และอัตราในการสุ่มภาพนั้น ถ้าเราไม่คำนึงถึงคุณภาพและรายละเอียดของภาพ แต่คำนึงถึงเนื้อหาของภาพ เราอาจใช้อัตราน้อยๆ ได้ เช่น เราต้องการทราบแค่ว่ารูปนี้คือรูปอะไรเท่านั้น เพราะฉะนั้น เมื่อเราพูดถึงเนื้อหาของภาพแบบดิจิตอล ก็จะเกี่ยวข้องกับเรื่องของการมองเห็นของมนุษย์ด้วย เพราะภาพที่มีความละเอียดต่างกัน ดวงตาของมนุษย์อาจจะแยกแยะไม่ได้ หรือสนใจเพียงแค่เนื้อหา แต่ไม่สนใจในรายละเอียด

2.2. การแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง 2 มิติและการแปลงกลับ (The two-Dimensional DFT and its inverse)

การแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า DFT เป็นการหาความถี่ของภาพ และหาระดับของแสงสีที่กระจายอยู่ในภาพ (gray level)

ในการแปลงฟูเรียร์เวลาไม่ต่อเนื่องแบบ 2 มิติ (The two-Dimensional DFT) ของฟังก์ชันภาพ $f(x,y)$ ที่มีขนาด $M \times N$ ซึ่งมีสมการคือ

$$F[u,v] = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)} \tag{2.1}$$

พิจารณาลำดับ (Sequence) ที่มีจำนวน N และ M ตัว ซึ่ง

$$F[u,v] \quad \text{สำหรับ} \quad u = 0,1,2,\ldots,M-1 \text{ และ } v = 0,1,2,\ldots,N-1 \tag{2.2}$$

ในการแปลงกลับฟูเรียร์ (Inverse Fourier Transform) ของฟังก์ชันภาพ โดยแทนที่ $F[u,v]$ด้วย $f(x,y)$ ที่มีขนาด $M \times N$ สำหรับ $x = 0,1,2,\ldots..,M-1$ และ $y = 0,1,2,\ldots..,N-1$ซึ่งมีสมการคือ

$$f(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} F[u,v] e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \tag{2.3}$$

สำหรับการแปลงฟูเรียร์ไม่ต่อเนื่อง 2 มิติ (The two-Dimensional DFT) ตัวแปร u และ v คือ transform และ frequency ส่วนตัวแปร x และ y คือ spatial และ image เราแสดง Fourier spectrum; Phase angle และ Power spectrum ในส่วนนี้คือ

$$|F(u,v)| = \left[R^2(u,v) + I^2(u,v)\right]^{1/2} \tag{2.4}$$

$$\phi(u,v) = \tan^{-1}\left[\frac{I(u,v)}{R(u,v)}\right] \tag{2.5}$$

และ

$$|P(u,v)| = |F(u,v)|^2 \tag{2.6}$$

$$= R^2(u,v) + I^2(u,v) \tag{2.7}$$

เมื่อ $R(u,v)$ และ $I(u,v)$ เป็นจำนวนจริงและจำนวนจิตภาพของ $F(u,v)$ ตามลำดับ ในการนำภาพเข้าหลายภาพนั้นจะใช้ฟังก์ชัน $(-1)^{x+y}$ ก่อนที่ทำการคำนวณ Fourier transform

$$\Im\left[f(x,y)(-1)^{x+y}\right] = F(u-M/2, v-N/2) \tag{2.8}$$

เมื่อ $\Im[.]$ แทน Fourier transform ในสมการตั้งต้นของ Fourier transform นั้นคือ $f(x,y)^{x+y}(-1)^{-1}$ เมื่อ $F(0,0)$ โดยที่ $u = M/2$ และ $v = N/2$ ในอีกแบบหนึ่ง คือการคูณ $f(x,y)^{x+y}$ ด้วย $(-1)^{-1}$ เลื่อน จุดเริ่มต้นของ $F(u,v)$ ให้อยู่ในพิกัดความถี่ $(M/2, N/2)$ ซึ่งจุดศูนย์กลางของพื้นที่ $M \times N$ ถูกควบคุมโดย 2-D DFT เราอ้างถึงพื้นที่นี้ของโดเมนความถี่เป็น frequency rectangle มันจะเพิ่มจาก $u = 0$ ถึง $u = M-1$ และจาก $v = 0$ ถึง $v = N-1$ (โดยให้คิดว่า u และ v เป็นจำนวนจริง) เพื่อความมั่นใจนั้นมีการเลื่อนพิกัดเป็นจำนวนจริง,เราต้องการให้ M และ N เป็นเลขคงที่ เมื่อมีการใช้ Fourier transform ในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ขอบเขตของผลรวมจาก $u = 1$ ถึง M และ $v = 1$ ถึง N จุดศูนย์กลางที่แท้จริงของ transform นั้นจะอยู่ที่ $u = (M/2)+1$ และ $v = (N/2)+1$

ค่าของ Transform ที่ $(u,v) = (0,0)$ จากสมการที่ (2.2)

$$F[0,0] = \frac{1}{MN}\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \tag{2.9}$$

ซึ่งเราจะเห็นว่าเป็นค่าเฉลี่ยของ $f(x,y)$ อีกในหนึ่งนั้น ถ้า $f(x,y)$ เป็นรูปภาพแล้วค่าของ Fourier transforms ที่จุดเริ่มต้นจะเท่ากับค่าเฉลี่ยระดับสี (gray level) เพราะว่าความถี่ทั้งคู่เป็นศูนย์ที่จุดเริ่มต้น, $F(0,0)$ บางครั้งเรียกว่า dc component ของ spectrum

ถ้า $f(x,y)$ เป็นจำนวนจริง, Fourier transforms ที่สมมาตรเข้าคู่กัน ดังนี้

$$F(u,v) = F^*(-u,-v) \tag{2.10}$$

โดยที่ "*" แสดงมาตรฐานการทำการการเข้าคู่กันในจำนวนที่มีความสัมพันธ์กัน (Complex number) ซึ่งจะได้ว่า

$$|F(u,v)| = |F(-u,-v)| \tag{2.11}$$

ซึ่งเมื่อกล่าวถึง Spectrum ของ Fourier transform ที่สมมาตรกันนั้น การสมมาตรที่เข้าคู่กันและคุณสมบัติจุดศูนย์กลาง ซึ่งแต่ก่อนนี้ได้พิจารณาคุณสมบัติเฉพาะโดยรอบอย่างง่ายของการสมมาตรที่กรองในขอบเขตความถี่ (frequency domain)

สุดท้ายนี้ ในกรณี 1-D มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างใน spatial และขอบเขตความถี่ (frequency domain)

$$\Delta u = \frac{1}{M\Delta x} \tag{2.12}$$

และ

$$\Delta v = \frac{1}{N\Delta y} \tag{2.13}$$

2.3. การประสาน (Convolution)

Correlation คือขั้นตอนการเปรียบเทียบความเหมือน ซึ่งใช้ Convolution เข้าช่วยในการพิจารณาฟังก์ชันสองฟังก์ชัน คือฟังก์ชันของ $f(x,y)$ และ $h(x,y)$ ของขนาด $M \times N$ แทนด้วย $f(x,y)*h(x,y)$ และนิยามได้ดังนี้

$$f(x,y)*h(x,y) = \frac{1}{MN}\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1} f(m,n)h(x-m,y-n) \tag{2.14}$$

ในการพิจารณาทฤษฎี Convolution ของความสัมพันธ์ระหว่างสองฟังก์ชัน และ Fourier transforms เหล่านั้น

$$f(x,y)*h(x,y) \Leftrightarrow F(u,v)H(u,v) \tag{2.15}$$

และ

$$f(x,y)h(x,y) \Leftrightarrow F(u,v)*H(u,v) \tag{2.16}$$

2.4. สหสัมพันธ์ (Correlation)

Correlation ของสองฟังก์ชัน $f(x,y)$ และ $h(x,y)$ นิยามได้ดังนี้

$$f(x,y) \circ h(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f^*(m,n) h(x+m, y+n) \tag{2.17}$$

เมื่อ f^* แสดงถึงความสัมพันธ์ของการเข้าคู่กันของ f เรากำหนดว่า ในกรณีที่ $f^* = f$ เราสามารถสรุปได้ว่าเป็นฟังก์ชันที่แท้จริง ฟังก์ชัน Correlation มีรูปแบบเดียวกับ ฟังก์ชัน Convolution ในสมการที่ (2.14) ยกเว้นแต่ค่าในเทอมที่สองของสมการขั้นต้นจากเครื่องหมายลบเป็นเครื่องหมายบวกแทน ในที่นี้ค่า h ไม่เกี่ยวกับสมการดั้งเดิม ทุกอย่างที่สนับสนุน Correlation ก็จะสนับสนุน Convolution ด้วย

โดยให้ $f(x,y)$ และ $h(x,y)$ แทน $F(u,v)$ และ $H(u,v)$ ใน Fourier transforms ในการทำงาน spatial correlation เราจะใช้ $f(x,y) \circ h(x,y)$ และ frequency domain ใช้ $F^*(u,v)H(u,v)$ เป็นองค์ประกอบในการเข้าคู่ของ Fourier transform ดังสมการ

$$f(x,y) \circ h(x,y) \Leftrightarrow F^*(u,v)H(u,v) \tag{2.18}$$

แสดงว่า Correlation ใน spatial domain สามารถได้มาโดยการใช้ Inverse Fourier transform ของ $F^*(u,v)H(u,v)$ เมื่อ F^* เป็น complex conjugate ของ F อุปมาผลที่ได้นั้นเหมือนกับ correlation ใน frequency domain ที่ลดการคูณ ใน spatial domain ลง ซึ่งได้ดังนี้

$$f^*(x,y)h(x,y) \Leftrightarrow F(u,v) \circ H(u,v) \tag{2.19}$$

ผลที่ได้สองค่านี้รวมทั้งทฤษฎี Correlation จะถูกสมมุติว่าฟังก์ชันทั้งหมดมีคุณสมบัติการเพิ่มขึ้นโดยหลักการของ padding

ในขณะเราทราบว่า Convolution เป็นการเชื่อมต่อระหว่างตัวกรองใน spatial และ frequency domain การใช้หลักการของ Correlation ในการจับคู่, ในการจับคู่ $f(x,y)$ เป็นรูปภาพหรือขอบเขตของรูปภาพ ถ้าพวกเราต้องการที่จะหาว่า f เป็นวัตถุหรือขอบเขตที่เราสนใจ หรือไม่นั้นเราต้องทำให้ $h(x,y)$ เป็นวัตถุหรือขอบเขตนั้น (โดยทั่วไปแล้วเราจะเรียกภาพนี้ว่าเป็นแม่แบบ) ถัดจากนั้นถ้าเกิดการจับคู่ Correlation ของฟังก์ชันทั้งสองจะมีค่าสูงสุด ณ ตำแหน่ง ที่ h จะพบความสอดคล้องกันใน f ก่อนที่กระบวนการการจับคู่จะเริ่มขึ้นนั้น เช่น การวัดขนาดและการจัดวางตำแหน่ง เป็นสิ่งที่จำเป็นในการประยุกต์ใช้ได้จริงเป็นอย่างมาก แต่ส่วนที่สำคัญของกระบวนการคือการทำงานของ correlation

สุดท้ายนี้นอกเหนือจากนั้นแล้ว ในเทอมของ Cross correlation บ่อยครั้งใช้ในเทอมของ correlation เพื่อความเข้าใจที่ง่าย ซึ่งภาพที่เริ่มสัมพันธ์กันนั้นเป็นภาพที่แตกต่างกัน และนี่ว่าเป็นการต่อต้านการ autocorrelation ซึ่งภาพทั้งสองเหมือนกัน ในกรณีหลังนั้นเราจะมีทฤษฎี autocorrelation ซึ่งจะนำมาจากสมการ (2.18) โดยตรง

$$f(x,y) \circ f(x,y) \Leftrightarrow |F(u,v)|^2 \tag{2.20}$$

ผลของ Fourier transforms ของ spatial autocorrelation เป็น power spectrum กำหนดในสมการต่อไปนี้อย่างง่ายๆ

$$|f(x,y)|^2 \Leftrightarrow F(u,v) \circ F(u,v) \tag{2.21}$$

2.5. เมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance matrix)

ถ้าอยู่ตรงศูนย์กลางของคอลัมภ์เวกเตอร์(Column Vector)

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \tag{2.22}$$

เมื่อทำการสุ่มตัวแปรความแปนปราวแต่ละค่าที่เป็นค่าอนันต์ และหลังจากนั้นค่าความแปรปรวนในเมริตซ์ ทำการหาผลรวม (β)ของคู่อันดับ (i,j) นั้นๆ

$$C(x,y)=\frac{1}{|A|_2|B|_2}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}\left(A(i,j)-\bar{A}\right)\left(B(x+i,y+j)-\bar{B}\right) \qquad (2.23)$$

โดยที่

$$\bar{A}_i,\bar{B}=E(X_i) \qquad (2.24)$$

2.6. การนอร์มัลไลเซชั่น (Normalization)

Normalization คือ การหารเวกเตอร์ด้วยขนาดของมันเอง เขียนแทนด้วย $\|x\|$ หรือ $|x|$ แบ่งออกเป็น 4 อย่างดังนี้

เวกเตอร์นอร์ม (Vector Norm)

โดยทั่วไปเวกเตอร์นอร์ม $|\underline{x}|$ สามารถเขียนได้หลายอย่างเช่น $\|\underline{x}\|$ ค่านอร์มจะไม่เป็น (Nonnegative Norm) ดังนี้

1. $|\underline{x}|>0$ เมื่อ $x\neq 0$ และ $|\underline{x}|=0$ ถ้า $x=0$
2. $|\underline{kx}|=|\underline{k}||\underline{x}|$ สำหรับตัวแปร k
3. $|\underline{x}+\underline{y}|\leq|\underline{x}||\underline{y}|$

ถ้า $|\underline{x}|$ นำไปใช้เป็นเวกเตอร์นอร์ม(Vector Norm) แต่ถ้า $\|\underline{x}\|$ นำไปใช้เป็นเมทริตซ์นอร์ม (matrix norm)

เวกเตอร์นอร์ม(Vector Norm) $|\underline{x}|_p$ สำหรับ $p=1,2,\ldots$ ดังนี้

$$\left|\underline{x}\right|_p \equiv \left(\sum_i \left|x_i\right|^p\right)^{1/p} \tag{2.25}$$

กรณีพิเศษ $\left|\underline{x}\right|_\infty$ ดังนี้

$$\left|\underline{x}\right|_\infty \equiv \max_i \left|x_i\right| \tag{2.26}$$

โดยทั่วไปจะนิยมใช้เวกเตอร์นอร์ม (Vector norm) เป็น ℓ_2 -norm ให้

$$\left|\underline{x}\right|_2 = \left|\underline{x}\right| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2} \tag{2.27}$$

ด้วยคุณสมบัตินี้ ทำให้ได้ผลดังตาราง เมื่อเวกเตอร์ v = (1, 2, 3)

ตารางที่ 2.1 การแสดงความสัมพันธ์ ℓ_2 -norm

name	symbol	value	approx.
ℓ_2 -norm	$\left\|\underline{x}\right\|_1$	6	6.000
ℓ_2 -norm	$\left\|\underline{x}\right\|_2$	$\sqrt{14}$	3.742
ℓ_2 -norm	$\left\|\underline{x}\right\|_3$	$6^{2/3}$	3.302
ℓ_2 -norm	$\left\|\underline{x}\right\|_4$	$2^{1/4}\sqrt{7}$	3.146
ℓ_2 -norm	$\left\|\underline{x}\right\|_\infty$	3	3.000

แอลหนึ่งนอร์ม (ℓ_1 -Norm)

จากสมการที่ (2.17) ℓ_1 -Norm $\left|\underline{x}\right|_1$ ของเวกเตอร์ $\underline{x}$ เมื่อค่า x หลายตัวที่มีความสัมพันธ์

$$\left|\underline{x}\right|_1 = \sum_{r=1}^{n} \left|\underline{x}_r\right| \tag{2.28}$$

แอลสองนอร์ม (ℓ_2-Norm)

จากสมการที่ (2.17) $|\underline{x}|$ คือ เวกเตอร์นอร์ม (vector norm) นำไปใช้สำหรับคอมเพลซ เวกเตอร์ (Complex Vector) ได้ดังนี้

$$|\underline{x}| = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} |x_k|^2} \qquad (2.29)$$

เมื่อค่า x หลายตัวที่มีความสัมพันธ์ ℓ_2 - norm ของเวกเตอร์ $\underline{x} = (x_1, x_2, x_3)$

$$|\underline{x}| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} \qquad (2.30)$$

ℓ_2 - Norm ไปประยุกต์ใช้กับฟังก์ชั่น $\phi(x)$

$$|\phi|^2 \equiv \langle \phi | \phi \rangle^2 \equiv \int |\phi(x)|^2 dx \qquad (2.31)$$

แอลอนันต์นอร์ม ℓ_α-Norm

เวกเตอร์นอร์ม(Vector Norm) $|\underline{x}|_\infty$ ของเวกเตอร์ $\underline{x}$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{n\times 1} \qquad (2.32)$$

เมื่อค่า x หลายตัวที่มีความสัมพันธ์

$$|\underline{x}|_\infty = \max_i |\underline{x}_i| \qquad (2.33)$$

บทที่ 3
การวิเคราะห์และการออกแบบ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการวิเคราะห์เมตริกซ์สหสัมพันธ์และเมตริกซ์ความแปรปรวน ต่อจากนั้นจะกล่าวถึงการออกแบบการทดสอบในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนและการออกแบบการทดสอบในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ การเตรียมภาพ ที่จะนำไปใช้ในการทดสอบหาปัจจัยที่มีผลต่อการศึกษาและพัฒนาอัลกอลิทึม

3.1. การวิเคราะห์

3.1.1. การสหสัมพันธ์เมตริกซ์ (Correlation Matrix)

การจับคู่ภาพเราจะนำสูตรของ Correlation Matrix มาใช้ในการพิจารณาเพื่อหาความสัมพันธ์ของภาพทั้งสองที่เรานำมาเปรียบเทียบ แสดงดังนี้

$$f(x,y)\circ h(x,y)=\frac{1}{MN}\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1}f^{*}(m,n)h(x+m,y+n) \qquad (3.1)$$

จะเห็นได้ว่า M และ N ที่นำไปหารของสมการที่ (3.1) นั้น เป็นค่าปกติอยู่ เราจะนำ M และ N แทนด้วย $f(x,y)$ และ $h(x,y)$ ไปเข้านิยาม Vector Norm หาค่านอร์มของ f และ h ดังที่กล่าวมา เพื่อจะให้ปรับภาพเป็นมาตราฐานยิ่งขึ้นในการพิจารณา ดังสมการนี้

$$|f|_2=\sqrt{f_1^2+f_2^2+\ldots+f_n^2} \qquad (3.2)$$

ส่วนของ h ทำเช่นเดียวกัน โดยเข้านิยาม Vector Norm ดังสมการนี้

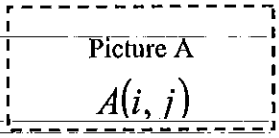
$$|h|_2=\sqrt{h_1^2+h_2^2+\ldots+h_n^2} \qquad (3.3)$$

ในที่นี้เราจะเปลี่ยน $f(x,y)\circ h(x,y)$ เป็น $R(x,y)$ เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

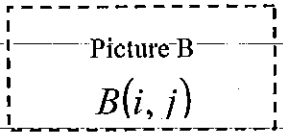
$f(x,y)$ เป็น $A(i,j)$

$h(x,y)$ เป็น $B(i,j)$

$h(x+m,y+n)$ เป็น $B(x+i,y+j)$



รูปที่ 3.1 ภาพที่นำเข้ามาเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.2 ภาพแม่แบบ

$$R(x,y)=\frac{1}{MN}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}A(i,j)B(x+i,y+j) \tag{3.4}$$

แต่เราต้องทำ i และ j เข้าขบวนการ Vector Norm เพื่อปรับเมตริทซ์ (matrix) ให้อยู่ในรูปมาตราฐาน

$$|A|_2=\sqrt{A_1^2+A_2^2+\ldots+A_n^2} \tag{3.5}$$

$$|B|_2=\sqrt{B_1^2+B_2^2+\ldots+B_n^2} \tag{3.6}$$

นำผลของสมการที่ (3.5) และ (3.6) มาแทนที่สมการ (3.4) ได้ดังนี้

$$R(x,y)=\frac{1}{|A|_2|B|_2}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}A(i,j)B(x+i,y+j) \tag{3.7}$$

ดังนั้นเราจะได้สมการ Correlation เพื่อหาความสัมพันธ์ของภาพเราจะทำการจับคู่ภาพ

ต่อไปนี้เราจะกล่าวถึง Covariance matrix หาความแปรปรวนในการเปลี่ยนแปลงของเมตริกซ์ (Matrix)

3.1.2. ความแปรปรวนเมตริกซ์ (Covariance Matrix)

ในการวิเคราะห์เมตริกซ์ความแปรปรวน สามารถหาได้จากนิยามดังนี้

$$C(x,y)=\frac{1}{\left|A\right|_2\left|B\right|_2}\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1}\left(A(i,j)-\overline{A}\right)\left(B(x+i,y+j)-\overline{B}\right) \qquad (3.8)$$

โดยที่ $\overline{A}$และ $\overline{B}$ คือค่าเฉลี่ยระดับเทาของภาพ A และ B ตามลำดับ

ดังนั้นเราจะได้สมการของ Covariance Matrix เพื่อหาความแปรปรวนและความสัมพันธ์ของภาพที่เราจะทำการจับคู่

แต่อย่างไรก็ตาม การคูณในเทอมของ Aและ B จะอยู่ในรูปของ Spatial domain จะทำให้ต้องทำการเลื่อน (shift) ค่าในเมตริทซ์ไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดการช้าในการประมวลผลภาพ เราจึงนำวิธีการ แปลงเป็นฟูเรียร์แบบ 2 มิติ เข้าช่วยในการประมวลผลภาพ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการประมวลภาพเร็วขึ้น เพราะจะแปลงฟังก์ชันให้อยู่รูปของ โดเมนความถี่ (frequency domain) จะไม่ต้องทำการภาพเร็วขึ้น เพราะจะแปลงฟังก์ชันให้อยู่รูปของ โดเมนความถี่ (frequency domain) จะไม่ต้องทำการเลื่อน (shift) ค่าเมตริทซ์ที่อยู่ภายในภาพ

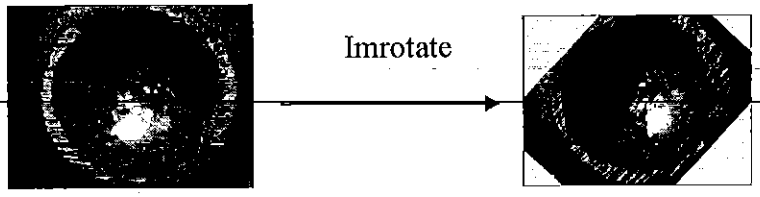
แล้วนำค่าของ Correlation Matrix มาหาค่า ค่าสูงสุด (Max) ค่าต่ำสุด (Min) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ส่วนการหาค่าของ Covariance Matrix ก็ทำเช่นเดียวกัน

3.2. การออกแบบ

การทดสอบในการจับคู่ ด้วยการเตรียมภาพที่หมุนไปจากภาพดั้งเดิมตั้งมุม 1 องศา เพิ่มทีละ 1 องศา จนถึง 360 องศา เตรียมการทดสอบด้วยการเลื่อนตำแหน่งอ้างอิงจากแนวแกน x และ y ทีละตำแหน่งไปจนครบ 25 ตำแหน่ง และสุดท้ายเตรียมการทดสอบโดยการหมุนภาพและการเลื่อนตำแหน่งภาพ จะแยกการทดสอบภาพจาก

3.2.1. การหมุนภาพปลอกท้ายกระสุนปืน

การหมุนของรูปภาพ คือ ใช้ Function Imrotate เพื่อหมุนรูปภาพ ในที่นี้เราจะหมุนจาก 1 – 360 องศา ทีละ 1 องศา จนครบ 360 รูป เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังรูปที่ 3.3



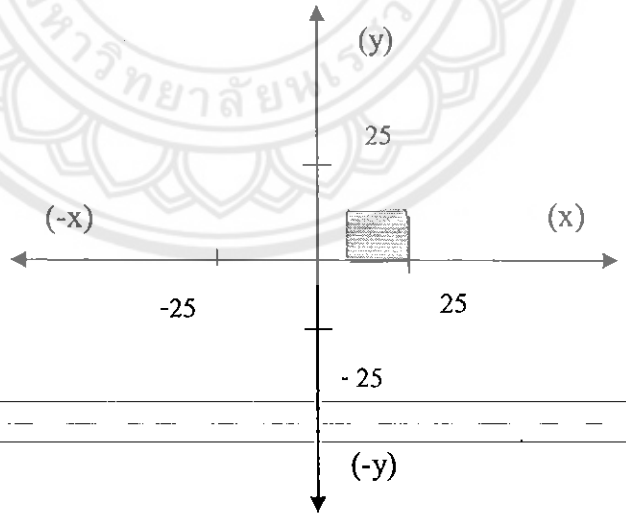
รูปต้นแบบ รูปที่ผ่านการ Imrotate

รูปที่ 3.3 รูปต้นแบบและรูปที่ผ่านการ Imrotate

3.2.2. การเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืน

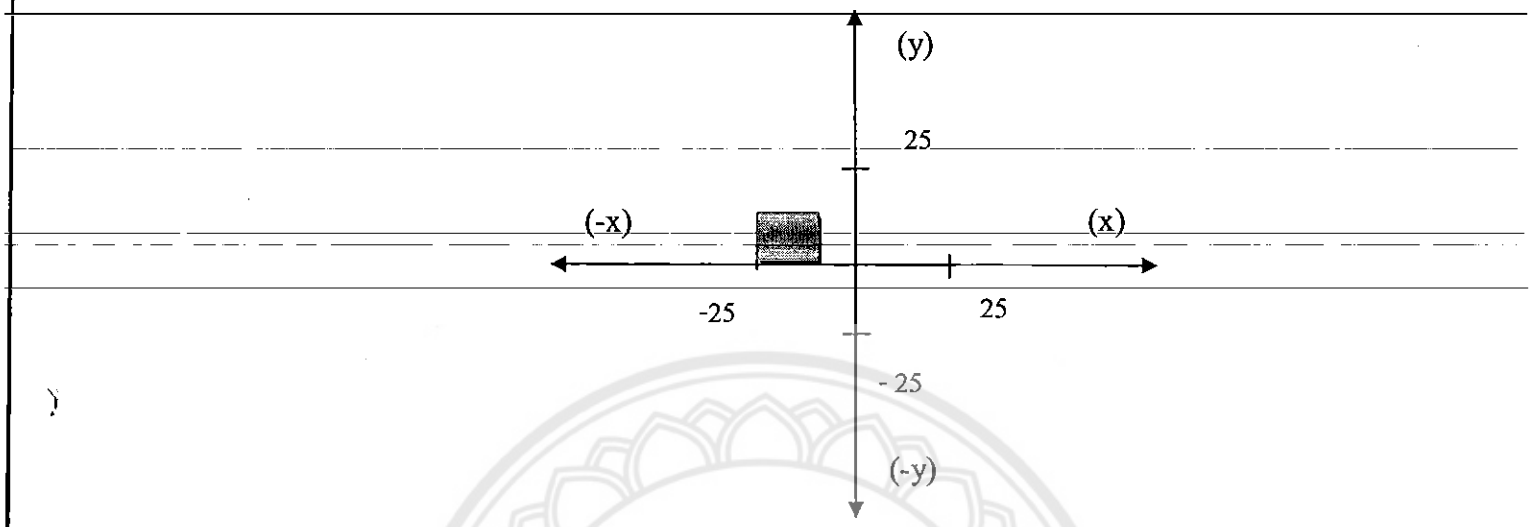
การเลื่อนรูปภาพ คือ ใช้ Function Imtranslate เพื่อเลื่อนรูปภาพ อ้างอิงแกน x และ y ในที่นี้เราจะเลื่อนรูปภาพจาก 1 – 25 หน่วย ทีละ 1 หน่วย จนครบ 25 รูปภาพของการยิงครั้งที่ 1 และครั้ง 2 และแต่ละทิศทาง เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังรูปที่ 3.2 – 3.9

3.2.2.1. เลื่อนรูปภาพไปทางขวา (x, y) = (x, 0)



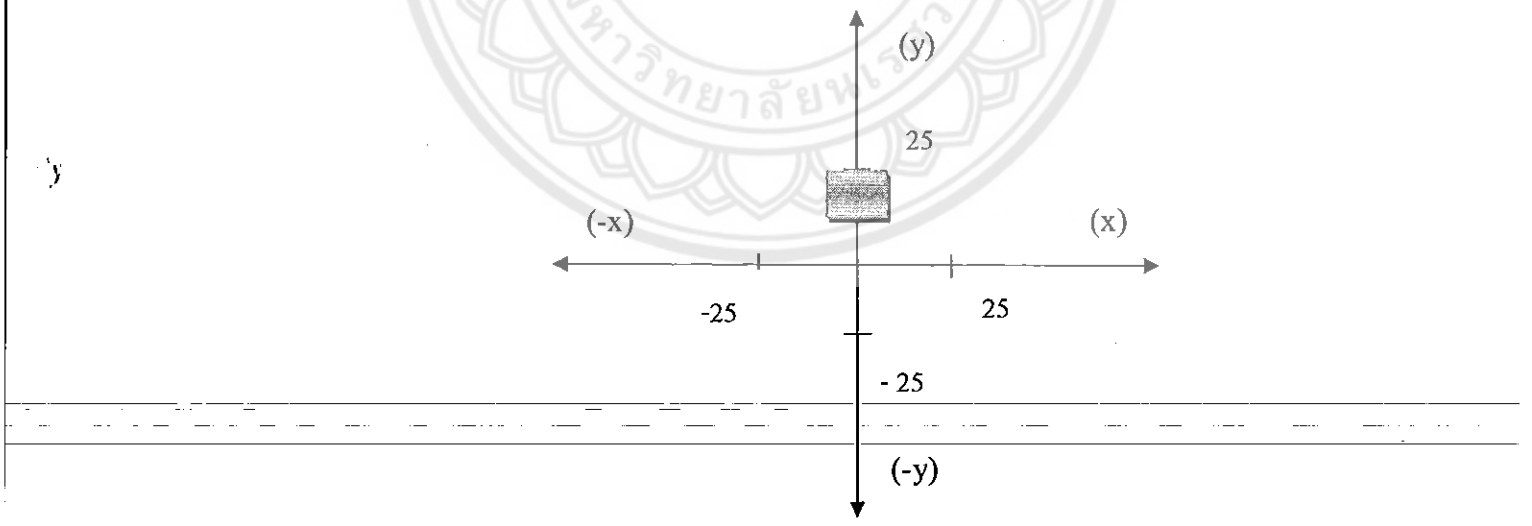
รูปที่ 3.4 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (x, 0)

3.2.2.2. เลื่อนรูปภาพไปทางซ้าย (x, y) = (-x, 0)



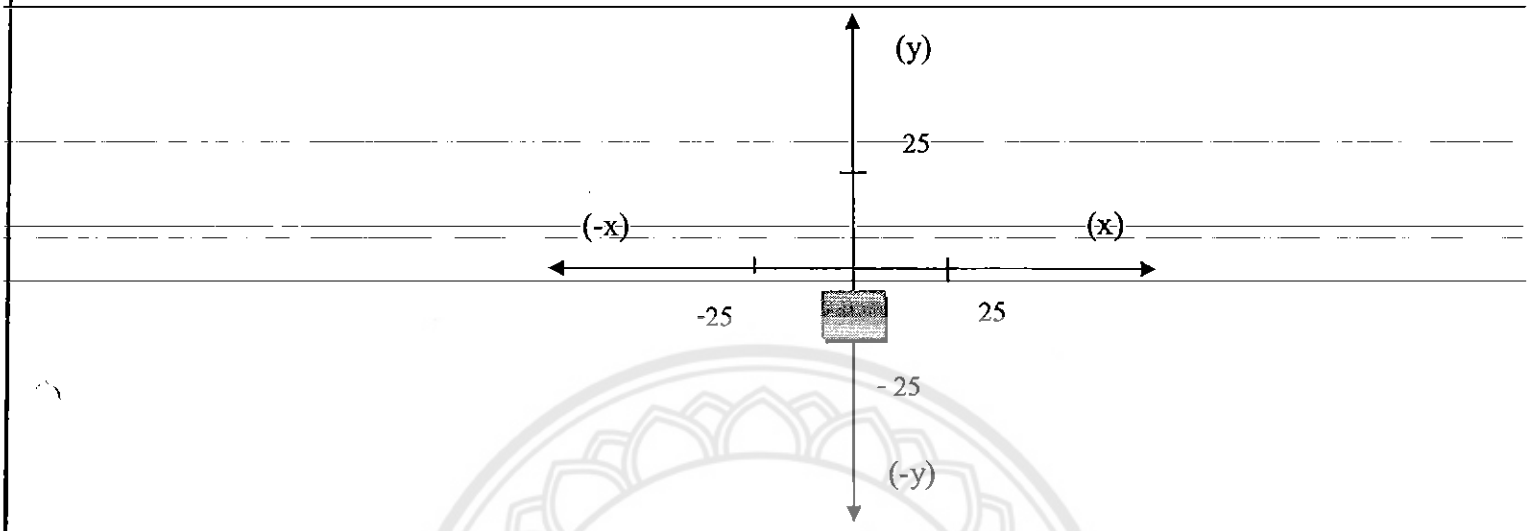
รูปที่ 3.5 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (-x, 0)

3.2.2. 3. เลื่อนรูปภาพไปข้างบน (x, y) = (0, y)



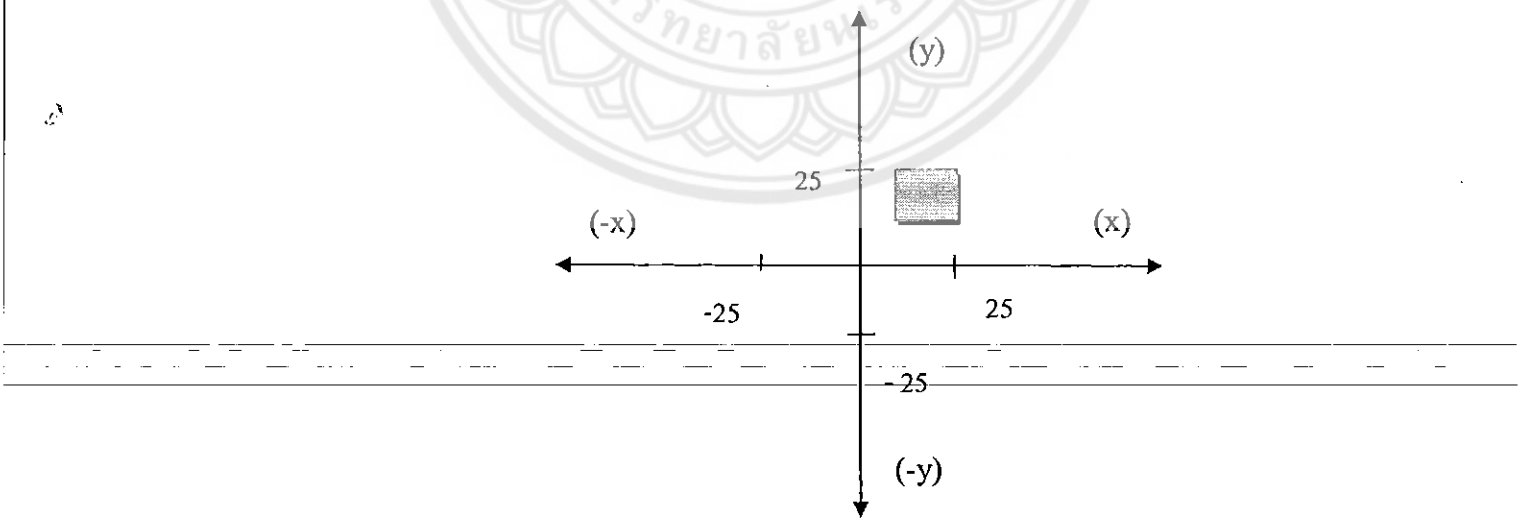
รูปที่ 3.6 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (0, y)

3.2.2.4. เลื่อนรูปภาพไปข้างล่าง (x, y) = (0, -y)



รูปที่ 3.7 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (0,-y)

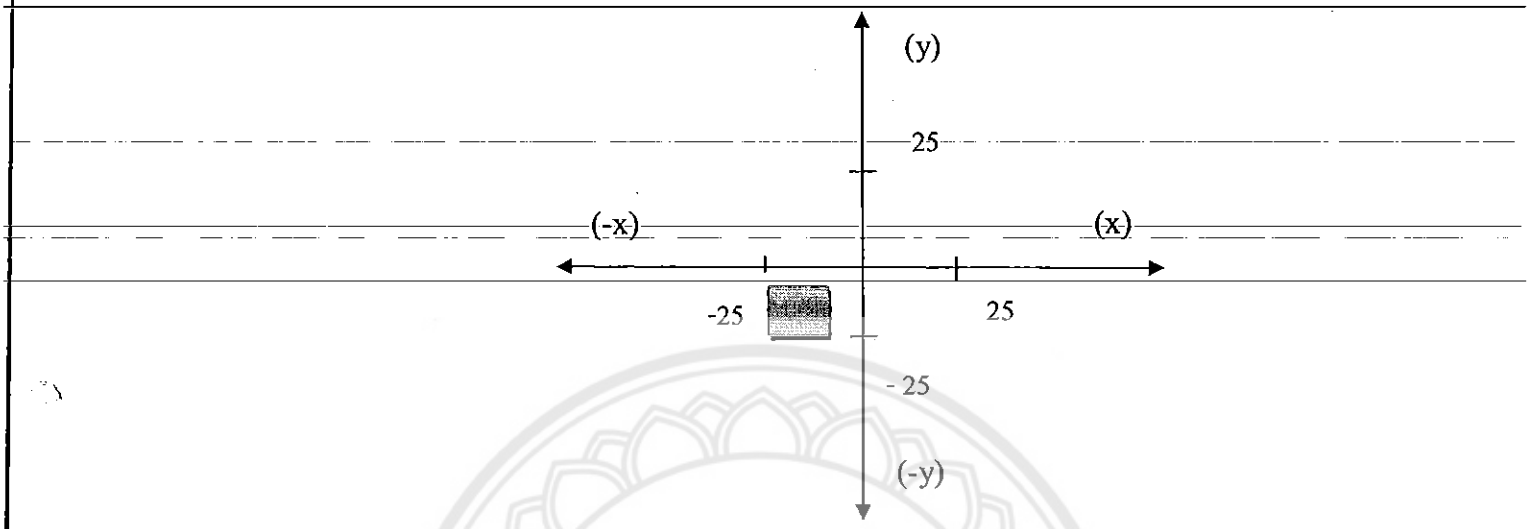
3.2.2.5. เลื่อนรูปภาพไปเฉียงขวาบน (x, y) = (x, y)



รูปที่ 3.8 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (x, y)

MISSING

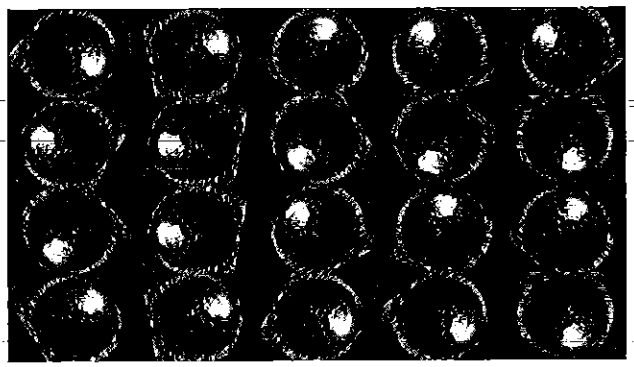
3.2.2.8. เลื่อนรูปภาพไปเฉียงซ้ายล่าง (x, y) = (-x, -y)



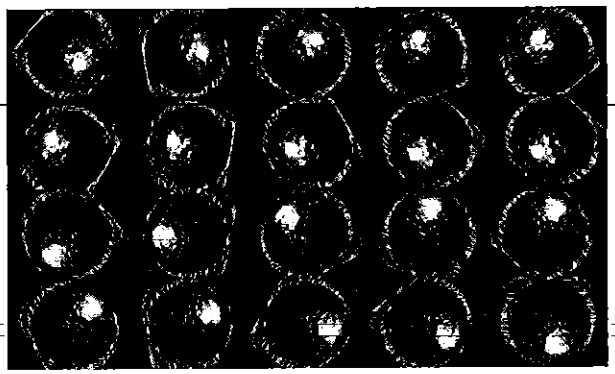
รูปที่ 3.11 แสดงแนวการเลื่อนรูปภาพในแกน (-x, -y)

3.2.3. การหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืน

นำภาพเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่มที่กล่าวมาข้างต้นมาทำการหมุนภาพ โดยสุ่มองศาที่ต้องการ ทำเช่นนี้ประมาณ 20 ครั้ง จะได้ภาพที่ผ่านการหมุนและการเลื่อนตำแหน่ง 20 ภาพ จึงนำไปทดสอบผลต่อไป เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.12 และ 3.13



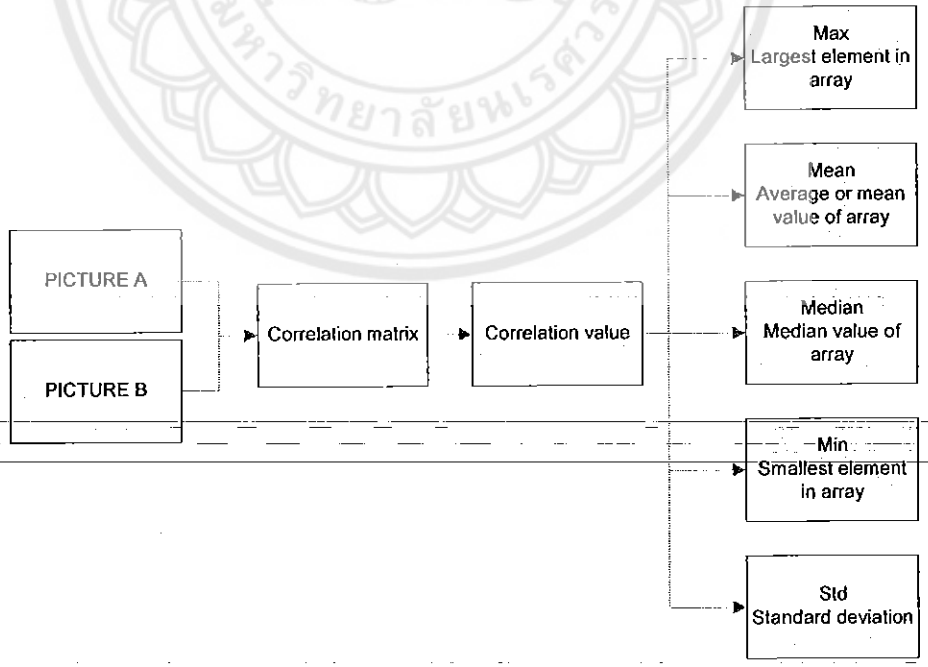
รูปที่ 3.12 การหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืนโดยการสุ่ม



รูปที่ 3.13 การหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพปลอกท้ายกระสุนปืนโดยการสุ่ม

3.2.4. การออกแบบการทดสอบในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

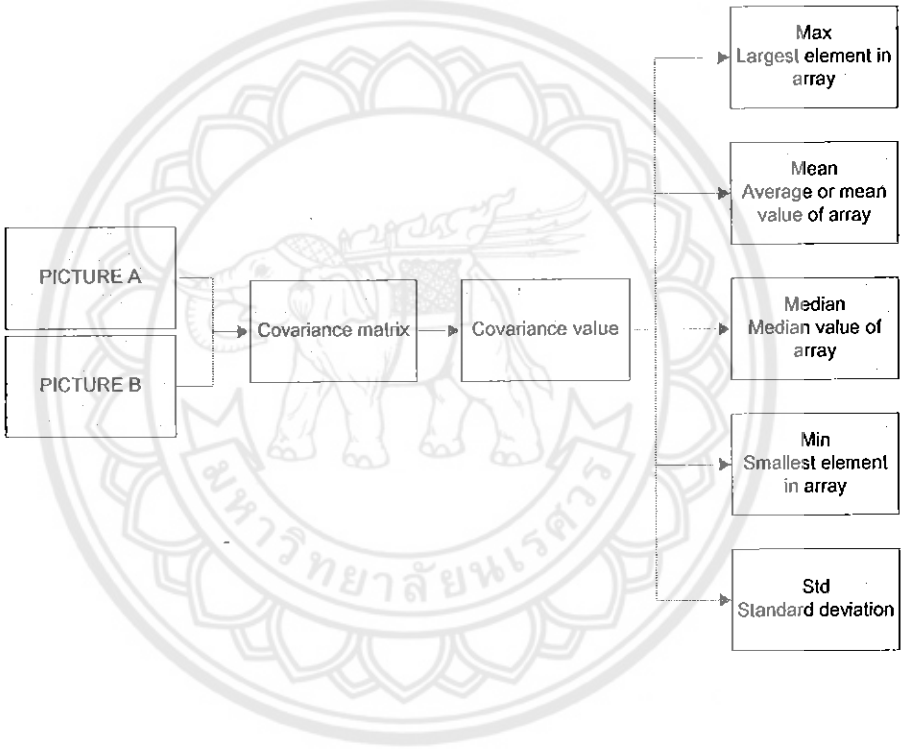
การนำเข้ารูป A, B จะอยู่ในรูปเมตริกซ์ เข้าสู่การวิเคราะห์ของสหสัมพันธ์เมตริกซ์ จะได้มาซึ่งค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation matrix) ทำการหาค่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Max) ค่ามัธย-ฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) เพื่อที่จะนำมาผลมาวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนภาพการออกแบบการทดสอบจับคู่รูปภาพด้วยสหสัมพันธ์เมตริกซ์

3.2.5. การออกแบบการทดสอบในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวน

การนำเข้ารูป A, B จะอยู่ในรูปเมตริกซ์เข้าสู่การวิเคราะห์ของความแปรปรวนเมตริกซ์ จะได้มาซึ่งค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance matrix) ทำการหาค่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Max) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) เพื่อที่จะนำมาผลมาวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงรูปที่ 3.15

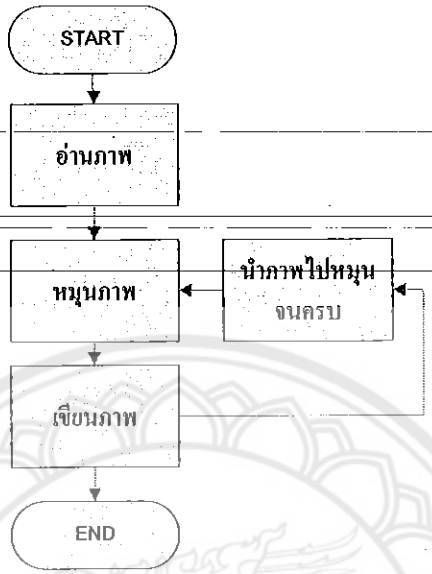


รูปที่ 3.15 แผนภาพการออกแบบการทดสอบจับคู่รูปภาพด้วยเมตริกซ์ความแปรปรวน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

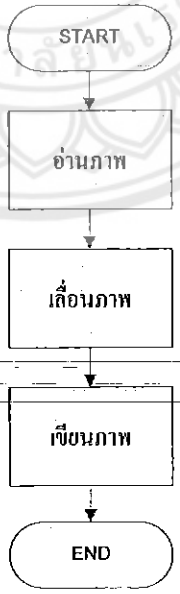
ใ500 7787
ปก
ส8140
2558

3.2.5 Flow chart: การหมุนรูปภาพ



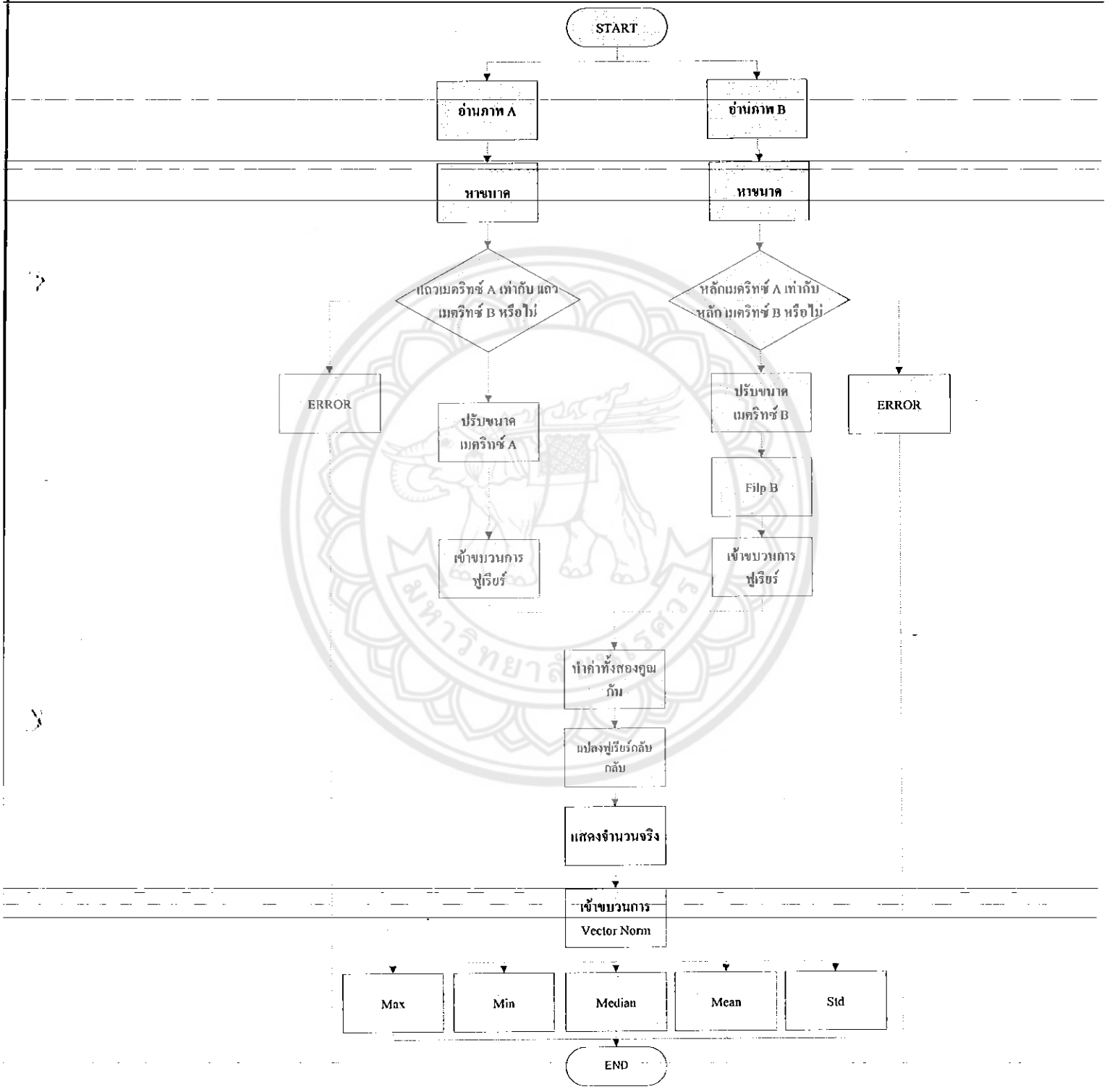
รูปที่ 3.16 การหมุนรูปภาพ

3.2.6 Flow chart: การเลื่อนรูปภาพ



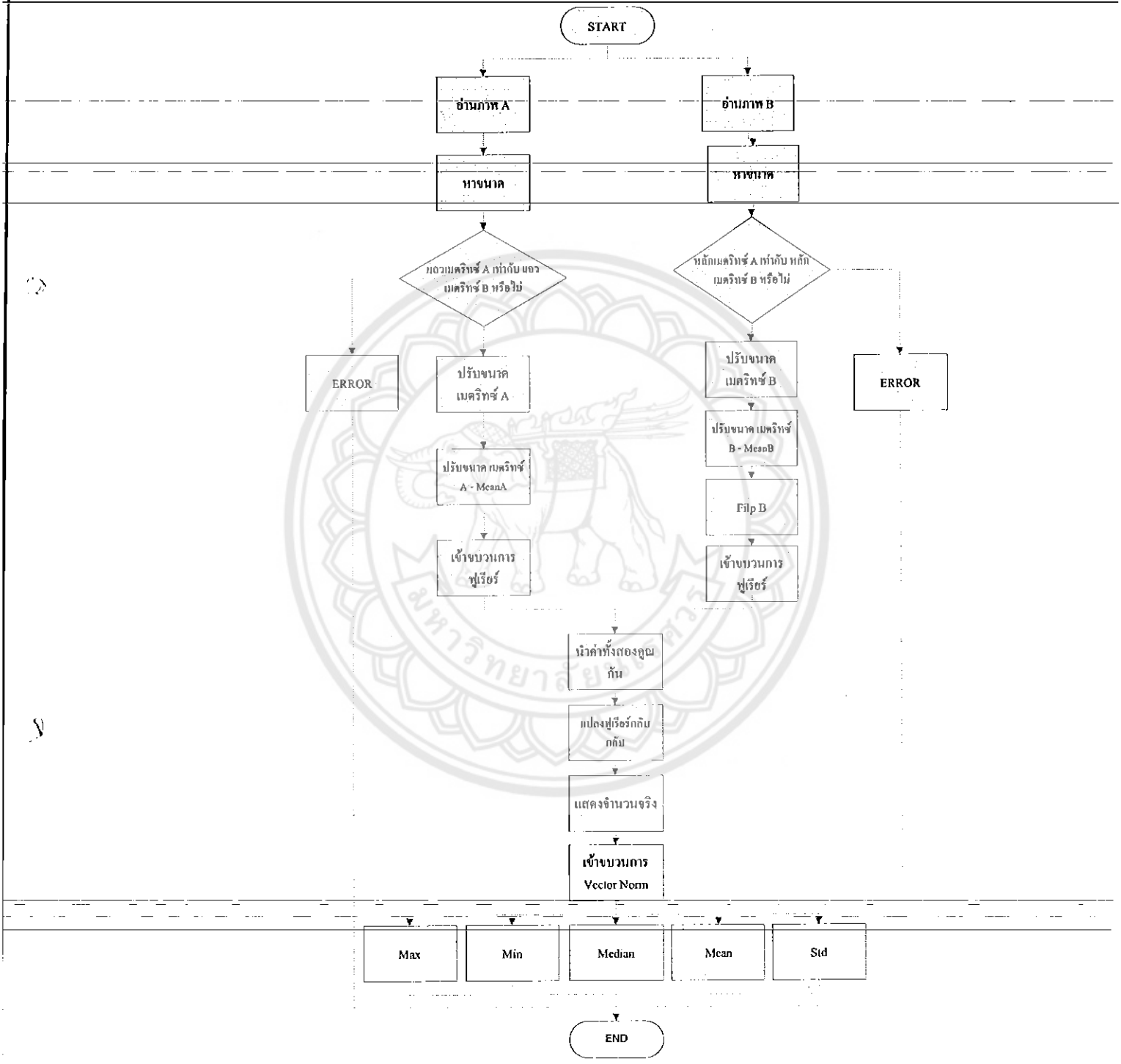
รูปที่ 3.17 การเลื่อนรูปภาพ

3.2.7 Flow chart: การทำงานของโปรแกรมสหสัมพันธ์ (Correlation)



รูปที่ 3.18 การทำงานของโปรแกรม Correlation

3.2.8 Flow chart: การทำงานของโปรแกรมความแปรปรวน (Covariance)



รูปที่ 3.19 การทำงานของโปรแกรมความแปรปรวน (Covariance)

บทที่ 4

ผลการสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพ

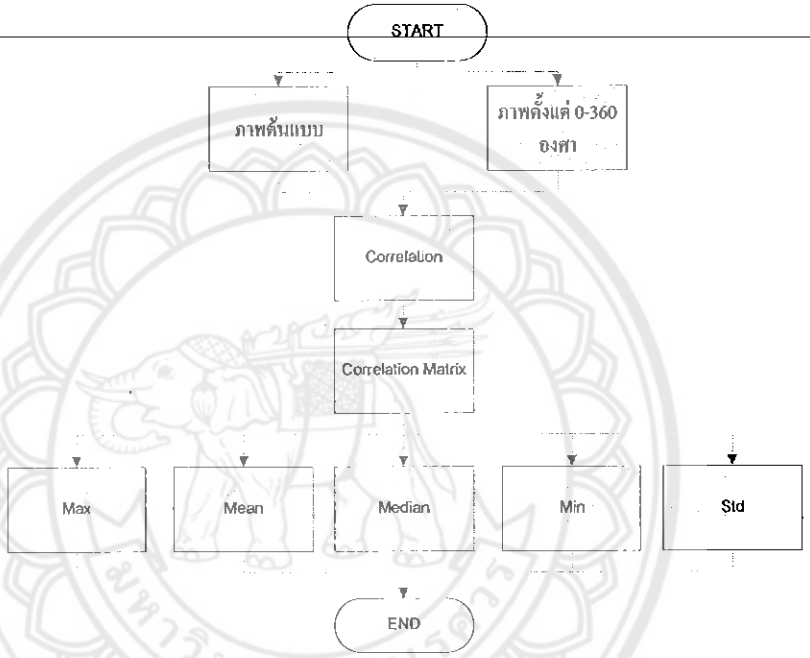
ในบทความนี้ จะกล่าวถึง ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์(Correlation Matrix) และเมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix) เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Max) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ที่มีผลต่อการจับคู่ภาพระหว่างภาพดั้งเดิมกับภาพดั้งเดิมที่ถูกหมุนและเลื่อน โดยจะแบ่งผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพออกเป็น 4 กรณี ดังต่อไปนี้

- กรณีที่ 1: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนภาพ
- กรณีที่ 2: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนภาพ
- กรณีที่ 3: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งภาพ
- กรณีที่ 4: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งภาพ
- กรณีที่ 5: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม
- กรณีที่ 6: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม

4.1. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ในกรณีการหมุนภาพ

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่หมุนไปจากภาพดั้งเดิมตั้งมุม 1 องศา เพิ่มที่ละ 1 องศา จนถึง 360 องศา จากนั้นนำภาพที่ถูกหมุนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมที่ละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.1

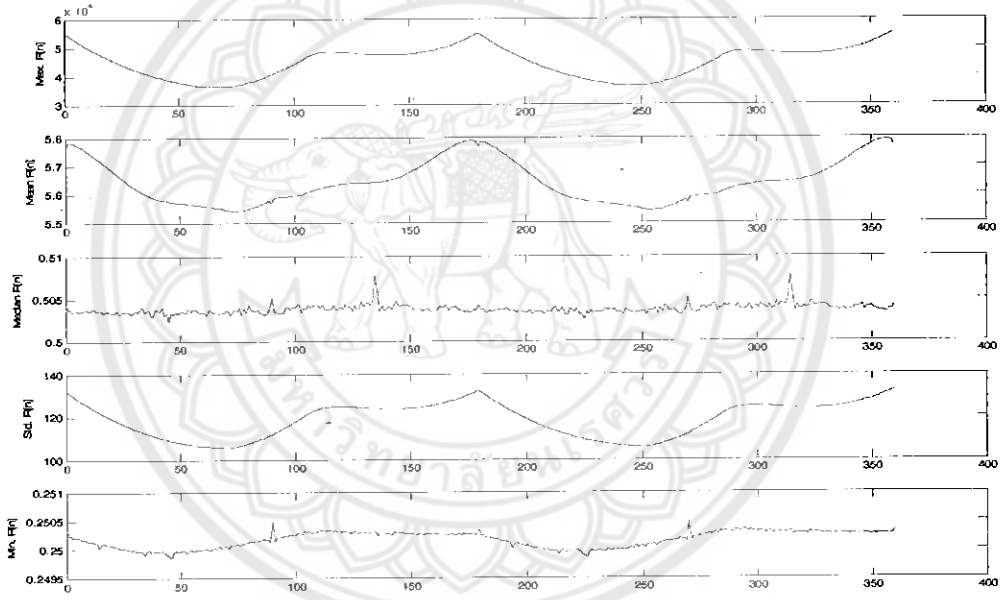
เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังนั้น ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด 720 คู่ภาพ ในแต่ละคู่ภาพได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพ



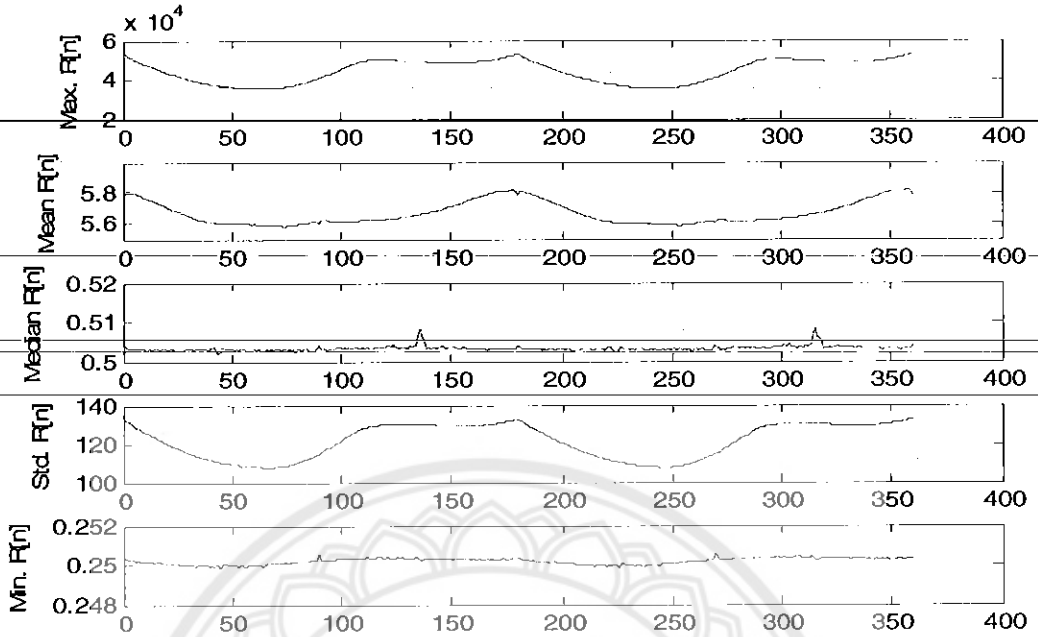
รูปที่ 4.1 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์สำหรับกรณีการหมุนภาพ

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกหมุนไปที่ละ 1 องศา จนครบ 360 องศา จำนวน 360 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.2 และ 4.3 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มองศาทีละ 1 องศาจนถึง 360 องศาตามแนวแกน x ดังนั้นแสดงว่าการหมุนภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.2 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา ชุดที่ 1

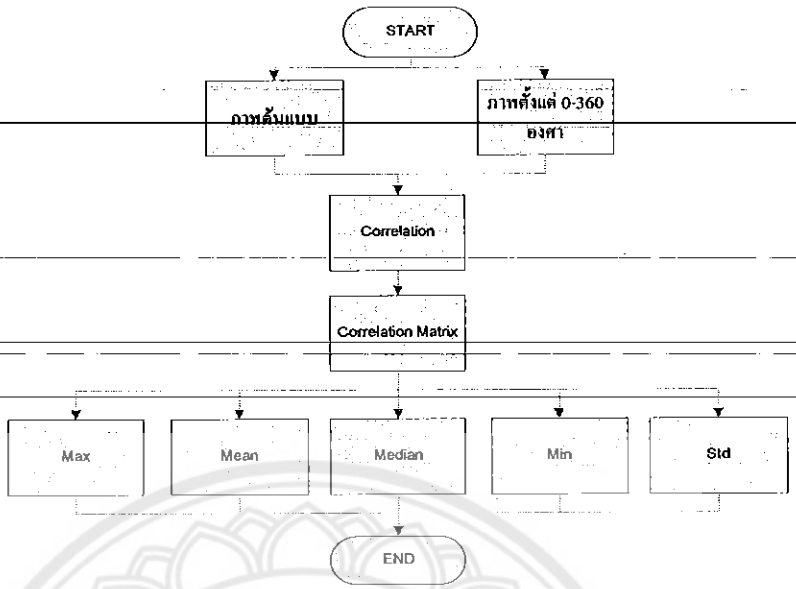


รูปที่ 4.3 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา ชุดที่ 2

4.2. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนในกรณีการหมุนภาพ

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่หมุนไปจากภาพดั้งเดิมตั้งมุม 1 องศา เพิ่มที่ละ 1 องศา จนถึง 360 องศา จากนั้นนำภาพที่ถูกหมุนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมที่ละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกนี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.4

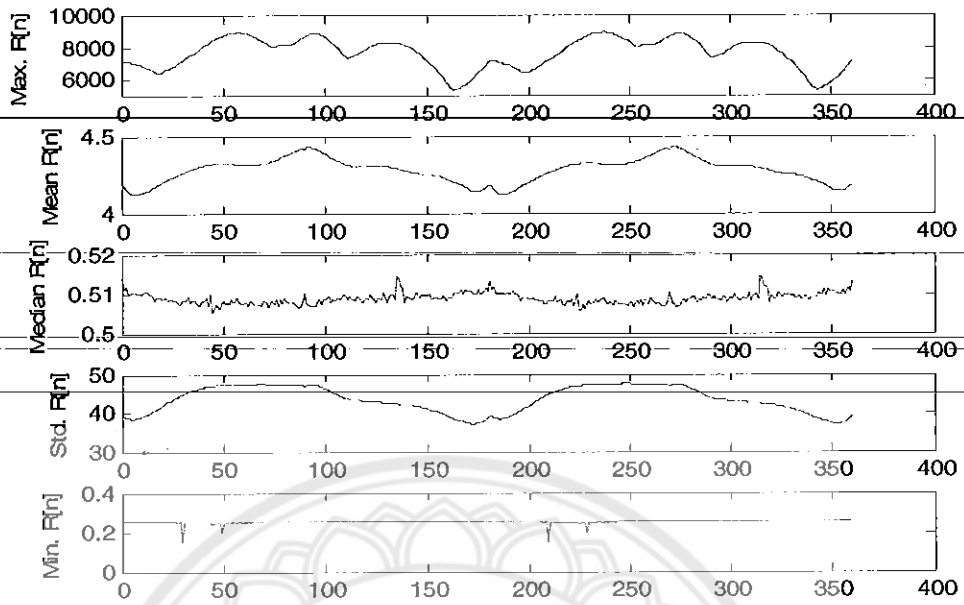
เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังนั้น ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด 720 คู่ภาพ ในแต่ละคู่ภาพได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพ



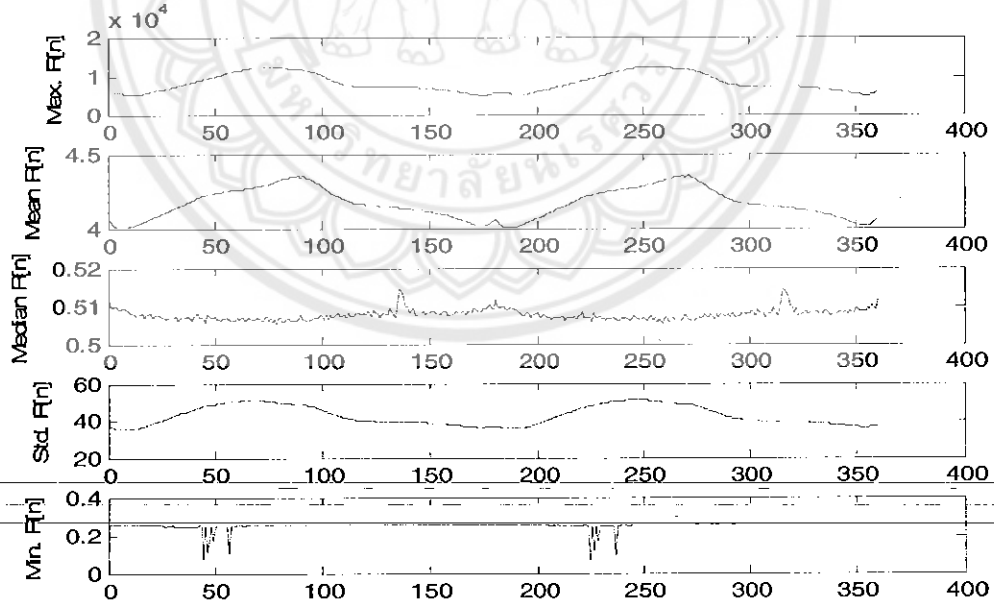
รูปที่ 4.4 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการหมุนภาพ

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกหมุนไปที่ละ 1 องศา จนครบ 360 องศา จำนวน 360 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มองศาทีละ 1 องศาจนถึง 360 องศาตามแนวแกน x ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ดังนั้นแสดงว่าการหมุนภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนเท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนนั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.5 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไป ตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา



รูปที่ 4.6 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไป ตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศา

4.3. ผลการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความสหสัมพันธ์ ด้วยวิธีการเลื่อนตำแหน่งภาพ

กรณีนี้ จะกล่าวถึงการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นวิธีที่จะนำไปใช้ในการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 กรณีดังนี้

4.3.1. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางขวา (x, 0) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.2. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางซ้าย (-x, 0) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.3. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างบน (0, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.4. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างล่าง (0, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.5. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาบน (x, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

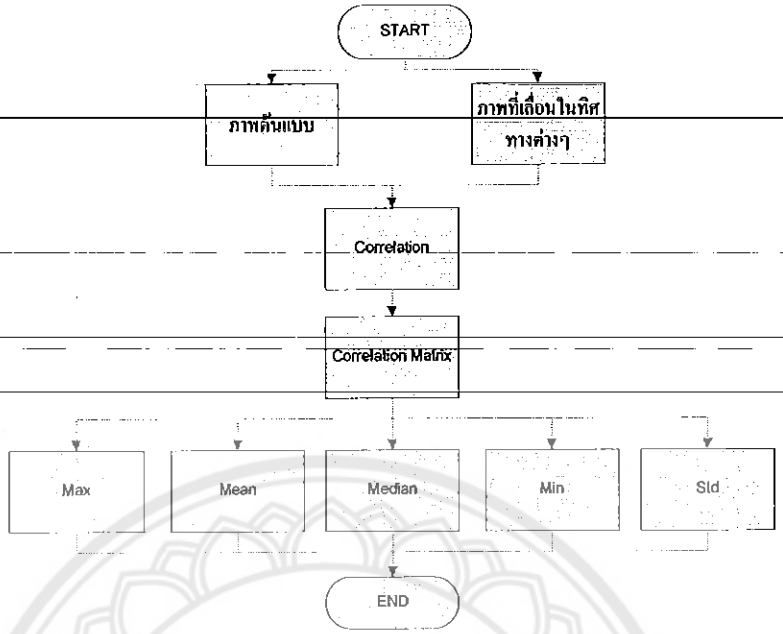
4.3.6. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายบน (-x, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.7. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาล่าง (x, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

4.3.8. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายล่าง (-x, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปในทิศทางที่ต่างๆที่กล่าวมา ทั้ง 8 กรณี อ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่ง ไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.5

เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังนั้น ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด 200 คู่ภาพ



รูปที่ 4.7 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ สำหรับกรณีการเลื่อนภาพ

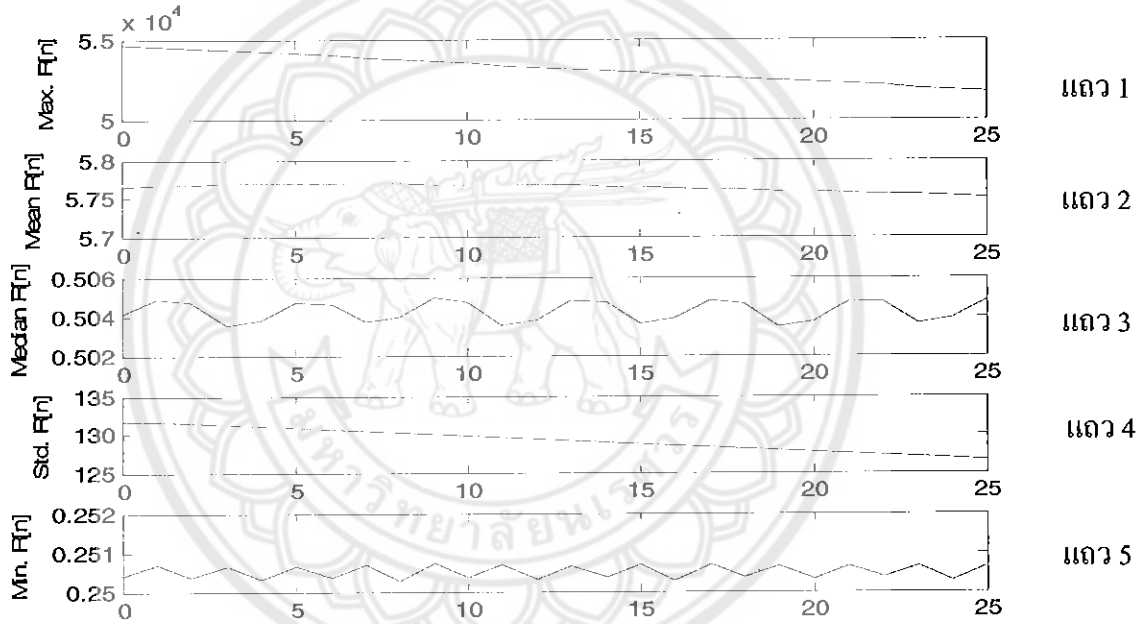
4.3.1. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางขวา (x, 0) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปทางขวาอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่งจากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

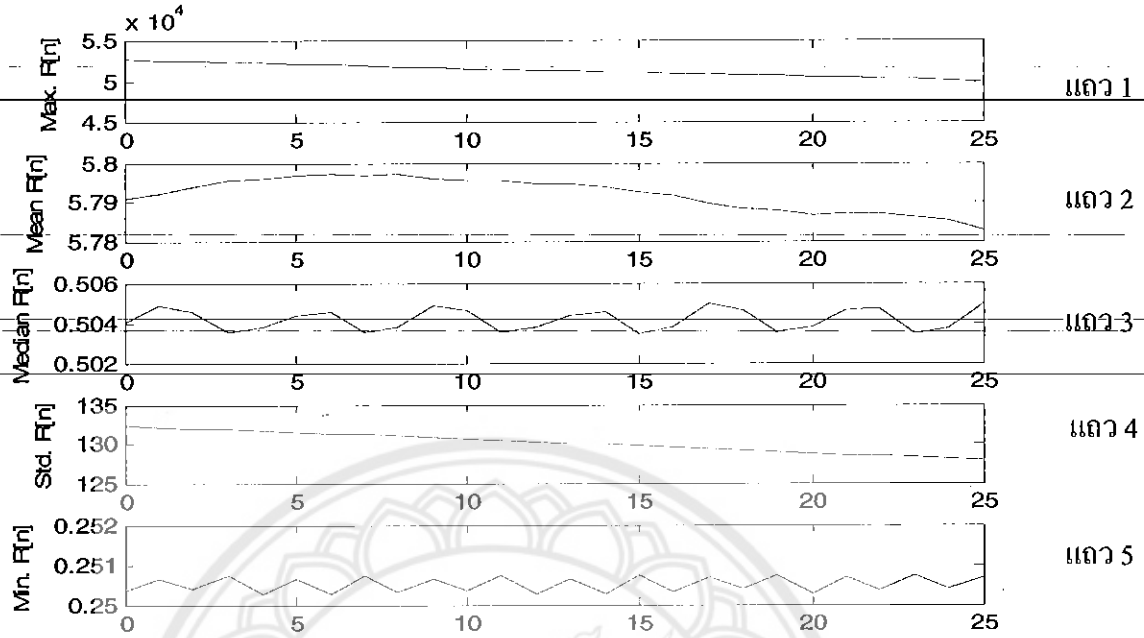
ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.8 และ 4.9 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและ

ค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.8 และ 4.9 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.8 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



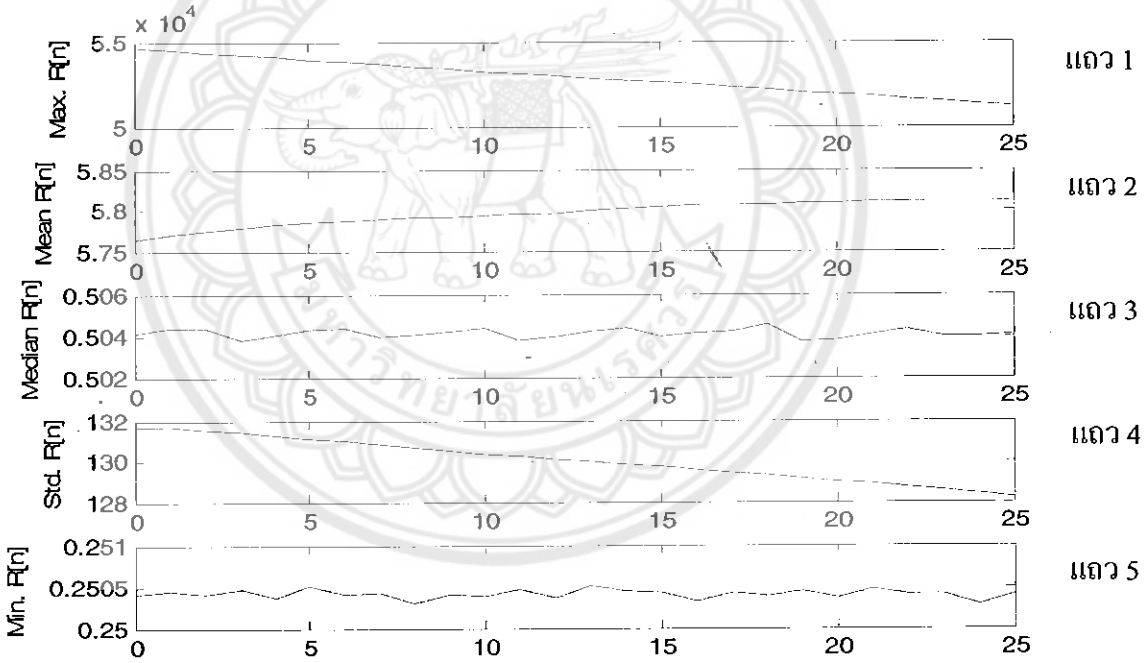
รูปที่ 4.9 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.3.2. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางซ้าย (-x, 0) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

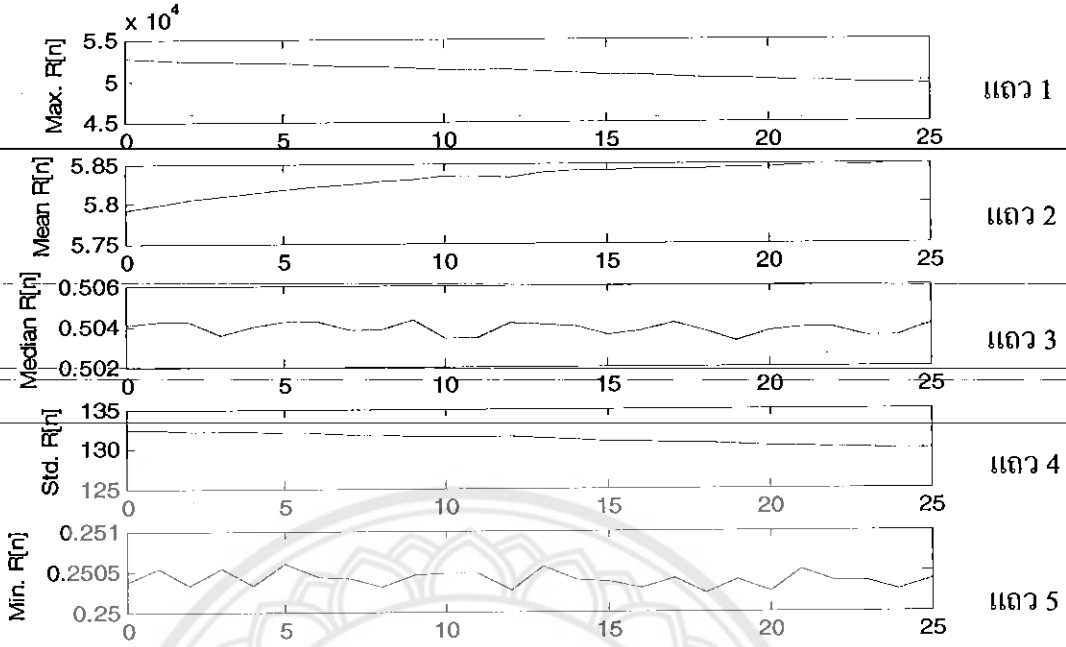
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปทางซ้ายอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่งจากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.10 และ 4.11 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.10 และ 4.11ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.10 เส้นโค้งแสดงค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



รูปที่ 4.11 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

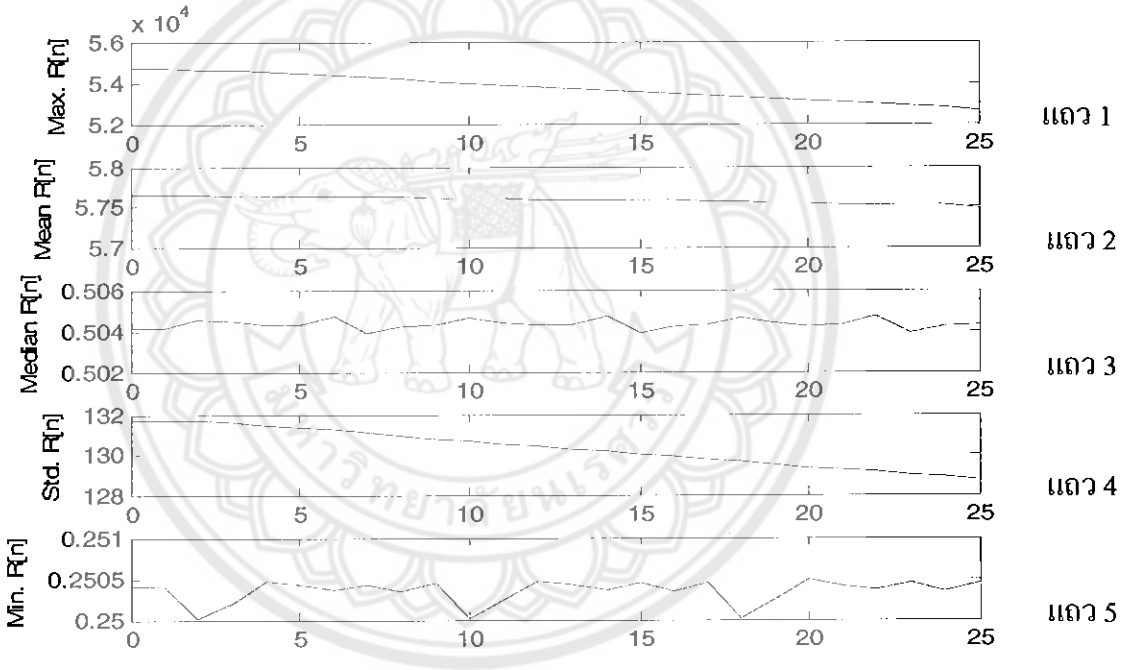
4.3.3. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างบน (0, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปข้างบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

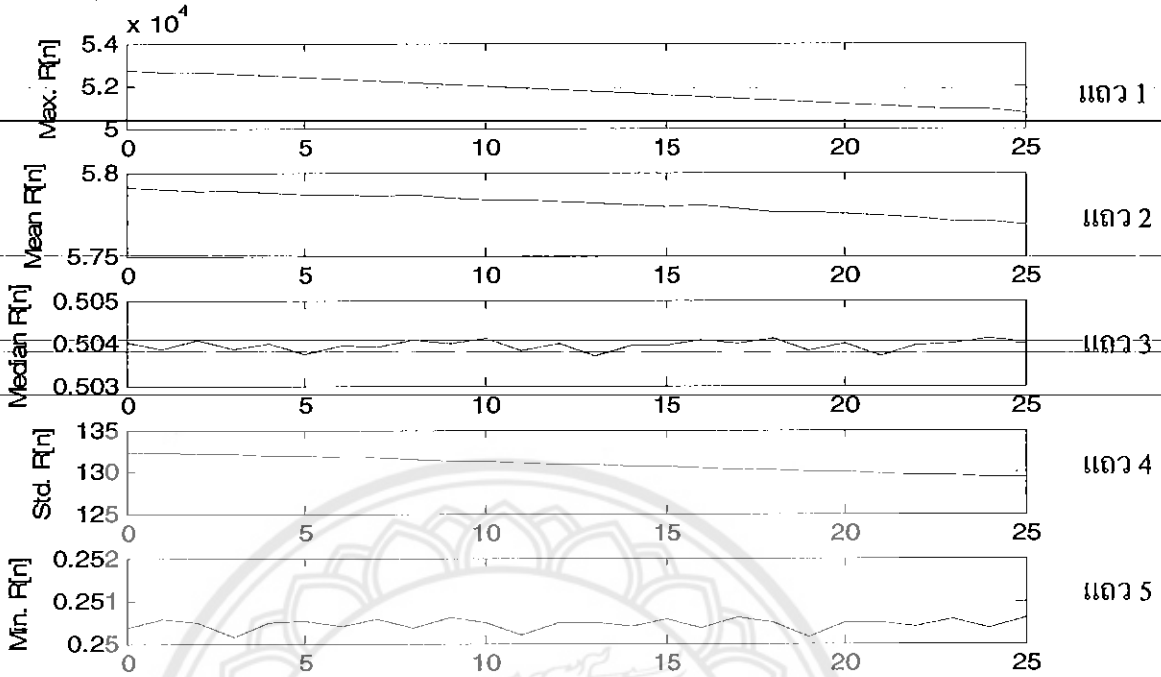
ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.12 และ 4.13 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและ

ค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.12 และ 4.13 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.12 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



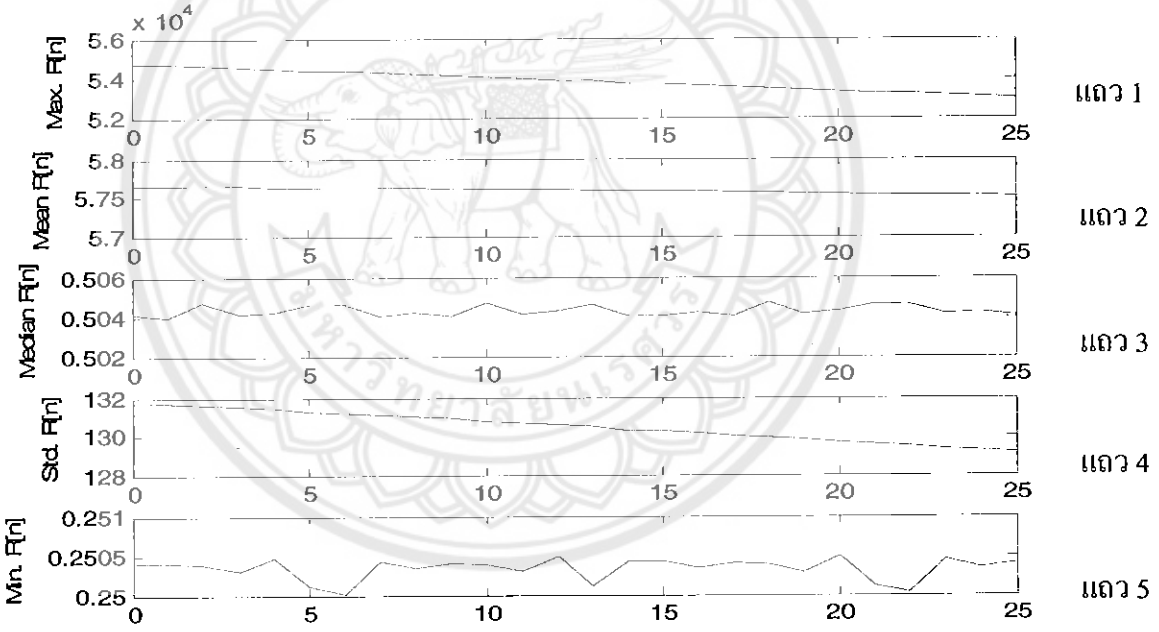
รูปที่ 4.13 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.3.4. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างล่าง (0, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

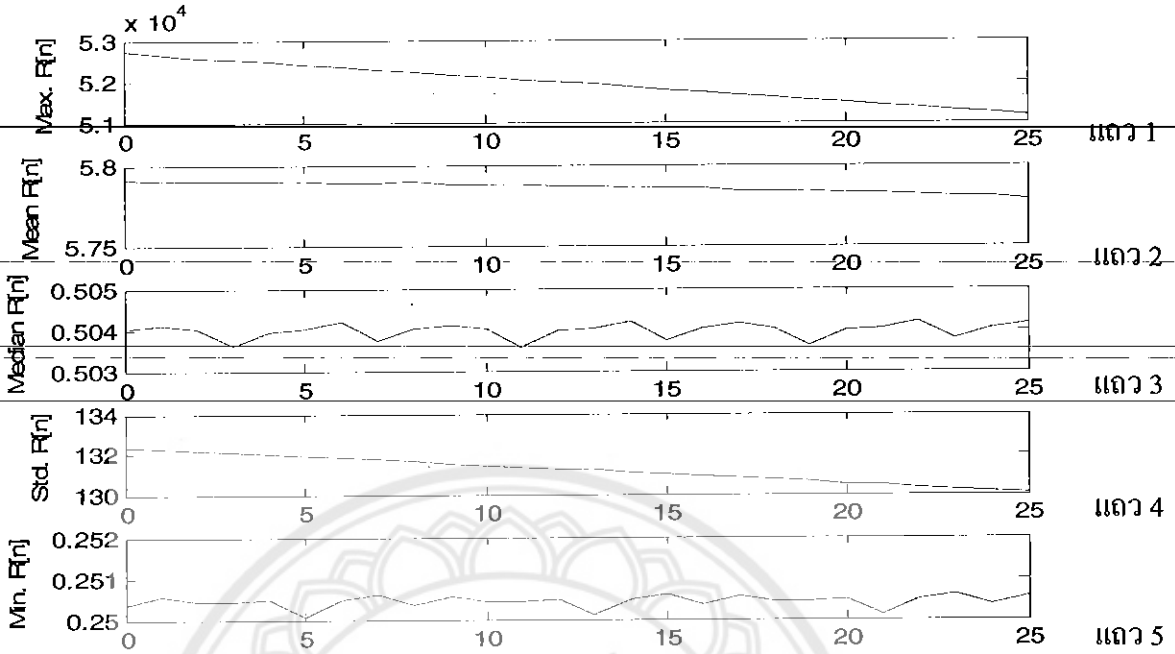
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปข้างล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.14 และ 4.15 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.14 และ 4.15 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.14 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



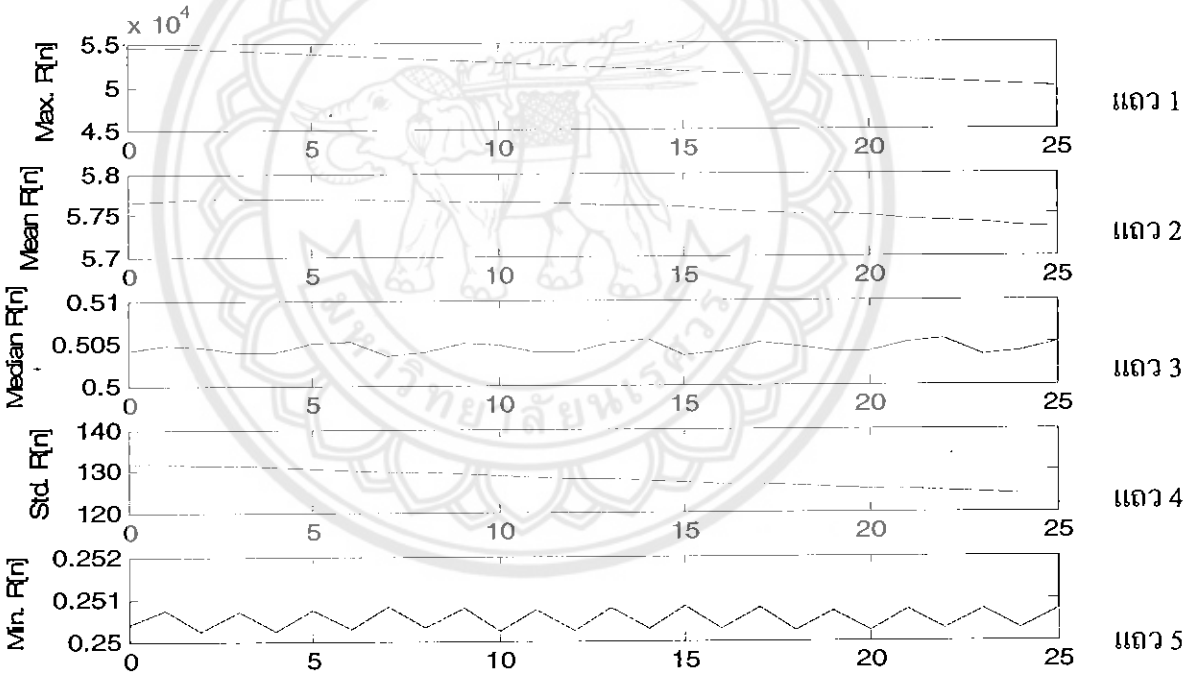
รูปที่ 4.15 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.3.4. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาบน (x, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

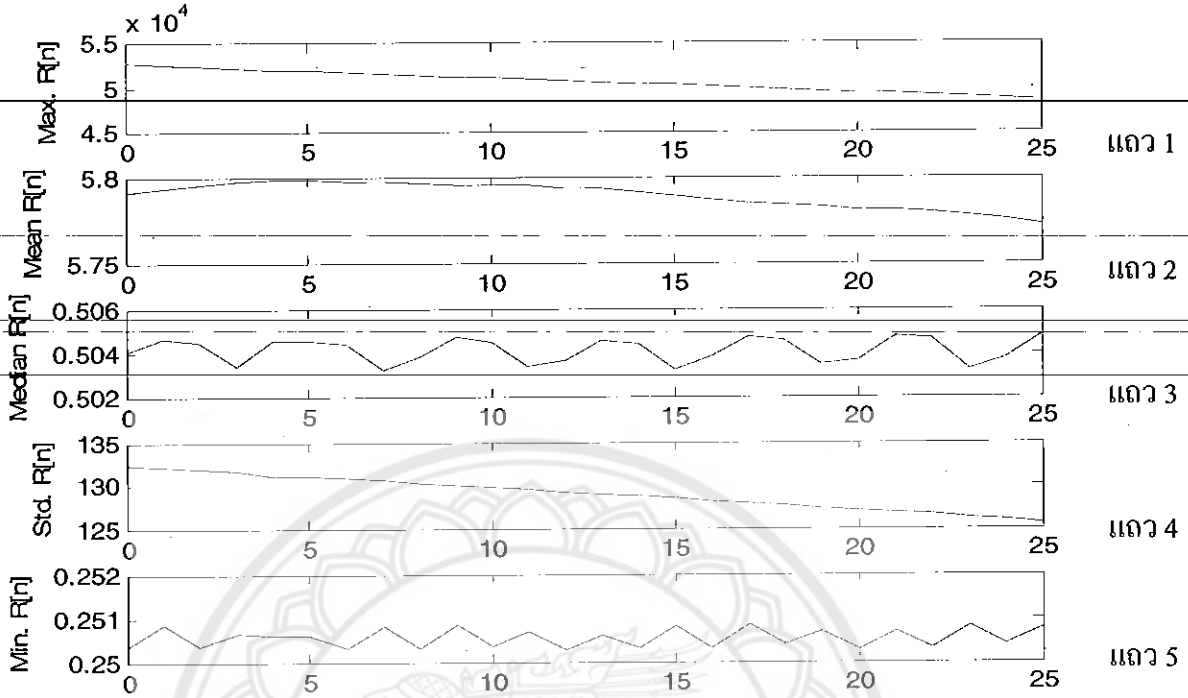
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปขวาบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.16 และ 4.17 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.16 และ 4.17 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.16 เส้นโค้งแสดงค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



รูปที่ 4.17 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

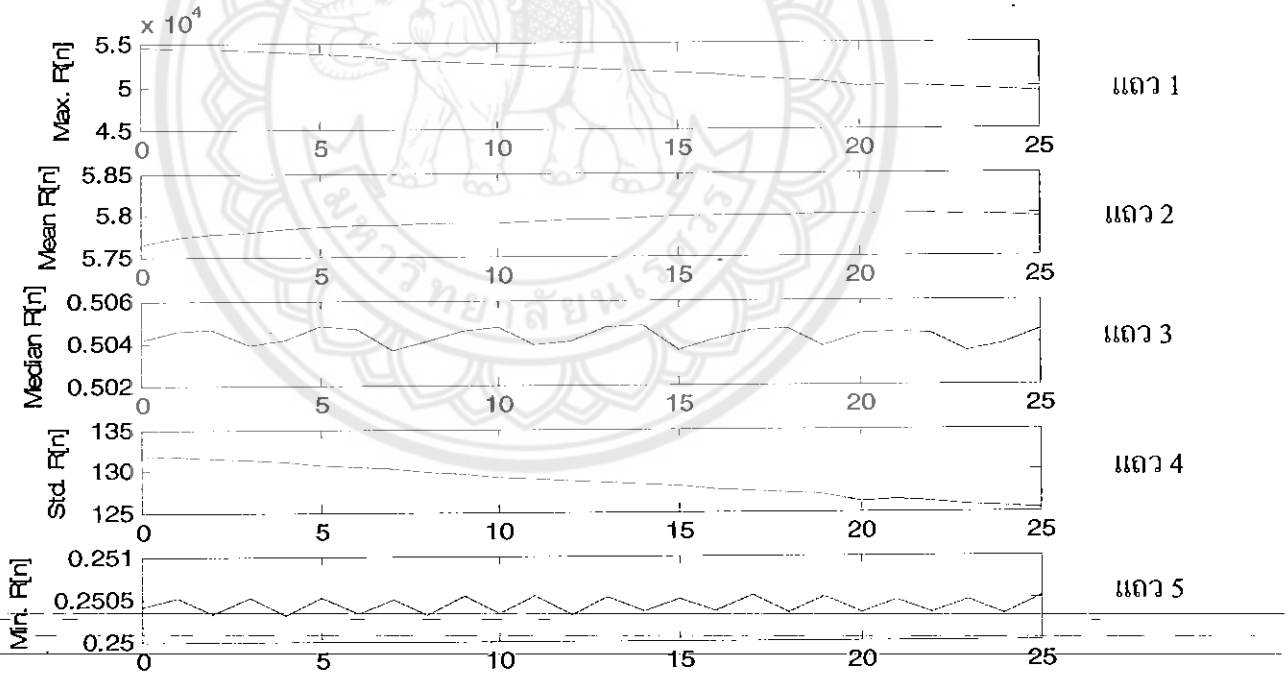
4.3.5. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายบน (-x, y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปซ้ายบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

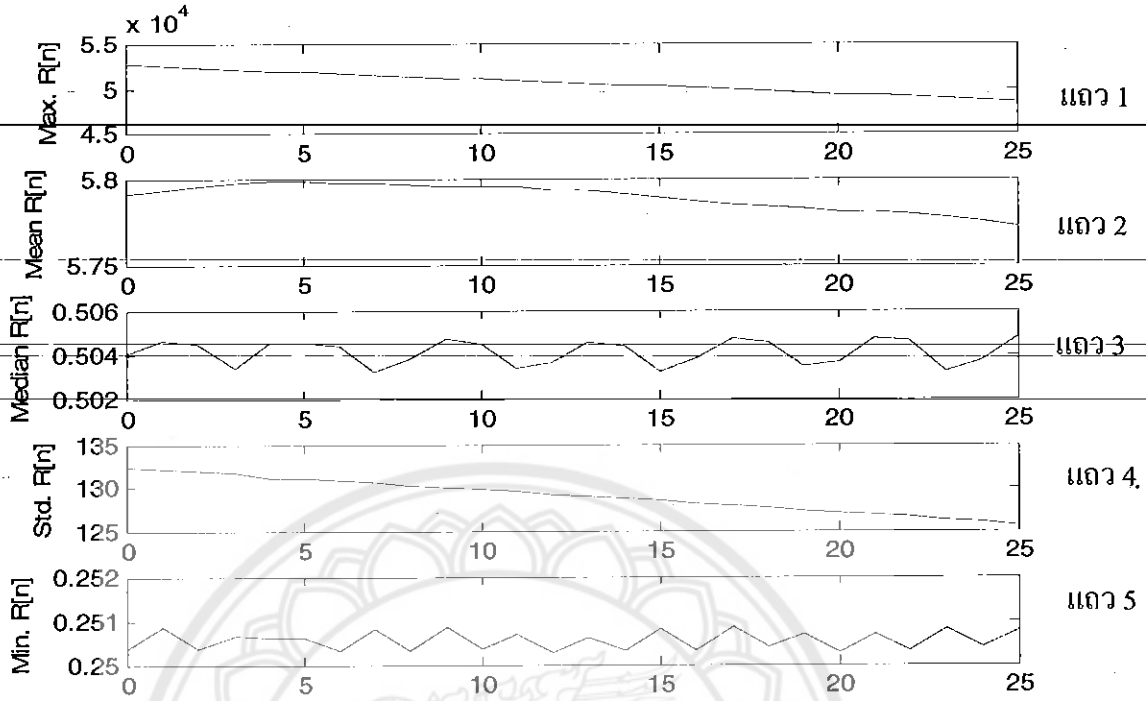
ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์

สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ ที่ 4.18 และ 4.19 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ ที่ 4.18 และ 4.19 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.18 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



รูปที่ 4.19 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

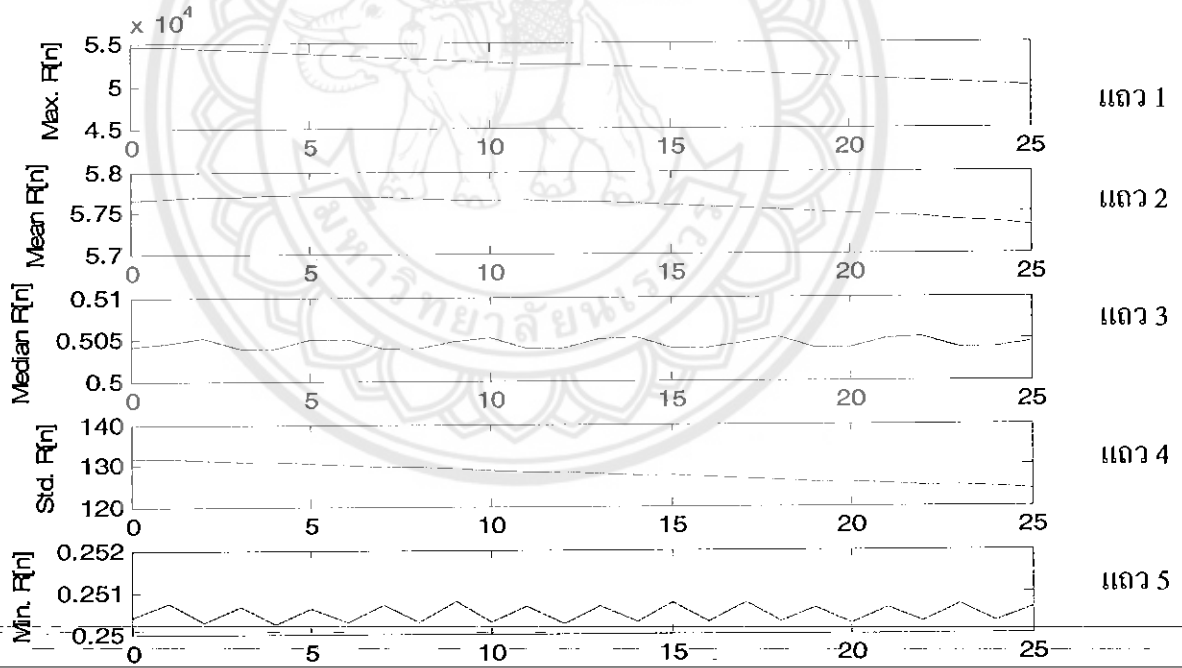
4.3.6. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาล่าง (x, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปขวาล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

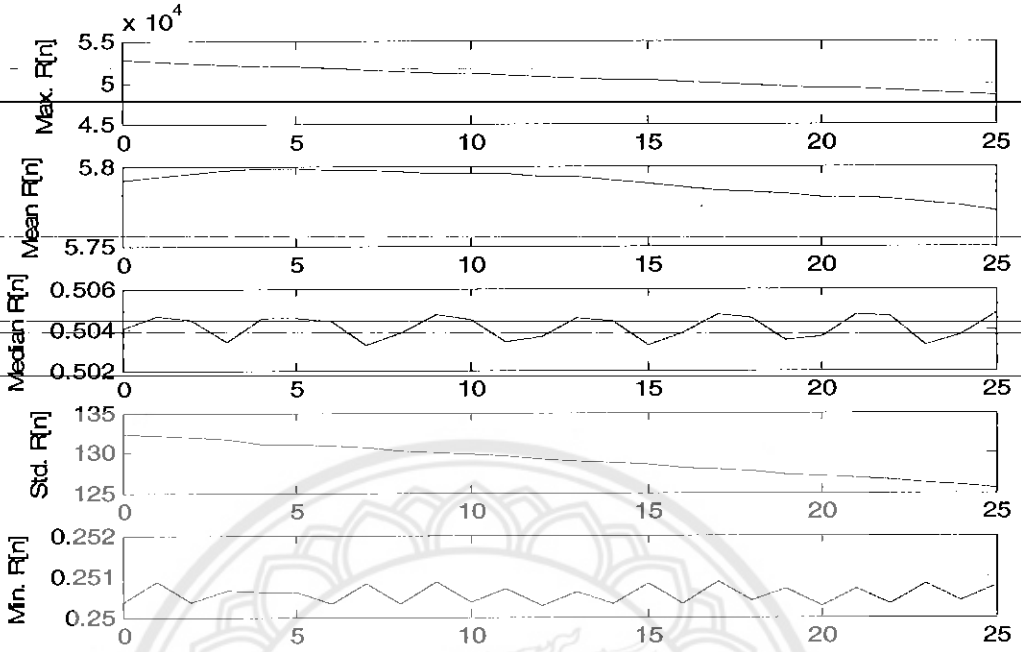
ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์

สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.20 และ 4.21 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.20 และ 4.21 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.20 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



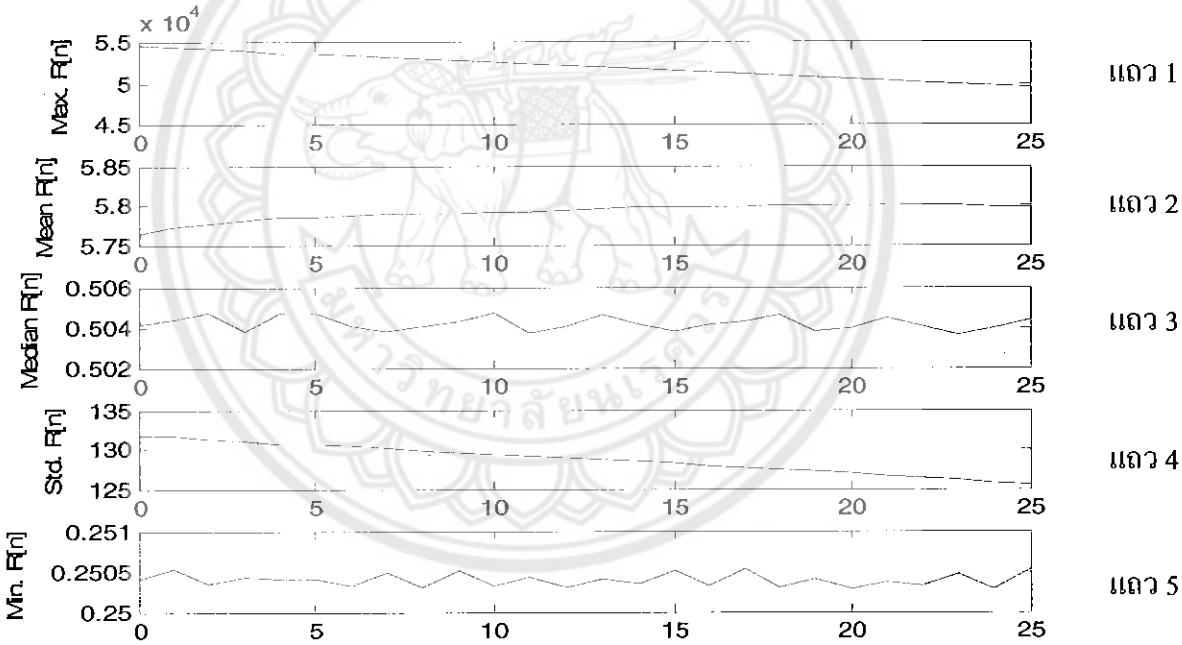
รูปที่ 4.21 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.3.6. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายล่างล่าง (-x, -y) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์

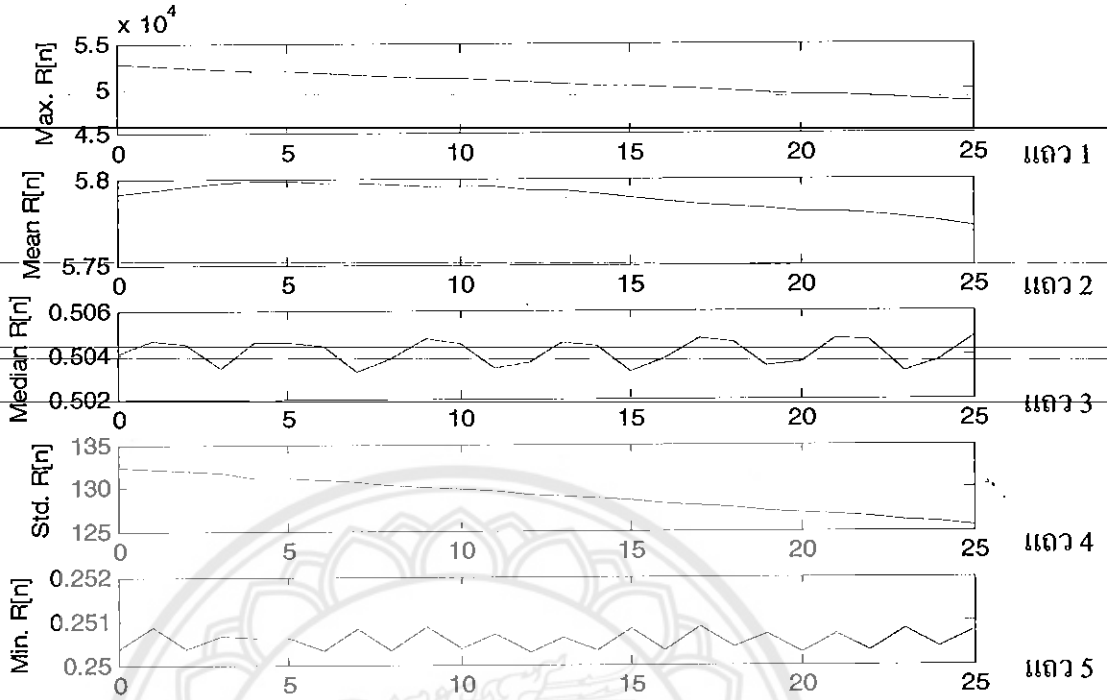
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปซ้ายล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่งไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.7

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.22 และ 4.23 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.22 และ 4.23 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.22 และ 4.23 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.22 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



รูปที่ 4.23 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4. ผลการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวน ด้วยวิธีการเลื่อนตำแหน่งภาพ

กรณีนี้ จะกล่าวถึงการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นวิธีที่จะนำไปใช้ในการทดสอบการวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวน เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 กรณีดังนี้

4.4.1. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางขวา (x, 0) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.2. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางซ้าย (-x, 0) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.3. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างบน (0, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.4. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างล่าง (0, -y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.5. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาบน (x, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

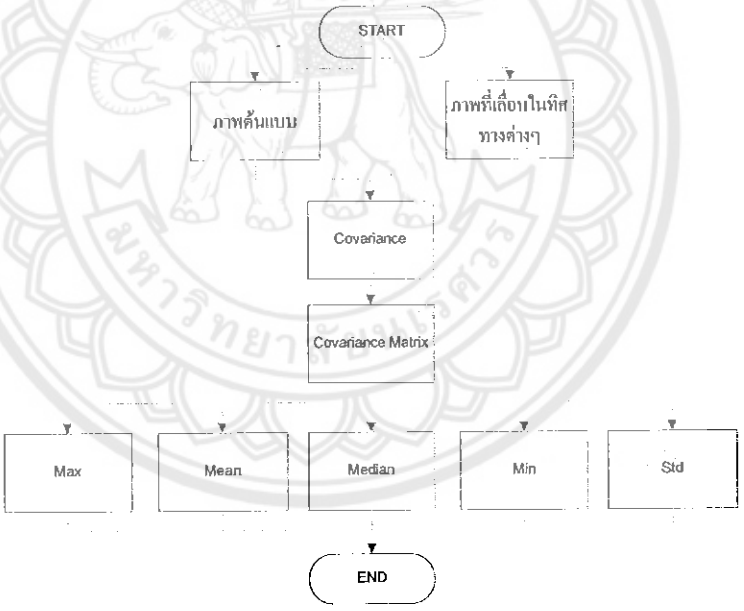
4.4.6. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายบน (-x, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.7. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาล่าง (x, -y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

4.4.8. การเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายล่าง (-x, -y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปในทิศทางที่ต่างๆที่กล่าวมา ทั้ง 8 กรณี อ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วย ไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.5

เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังนั้น ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด 200 คู่ภาพ



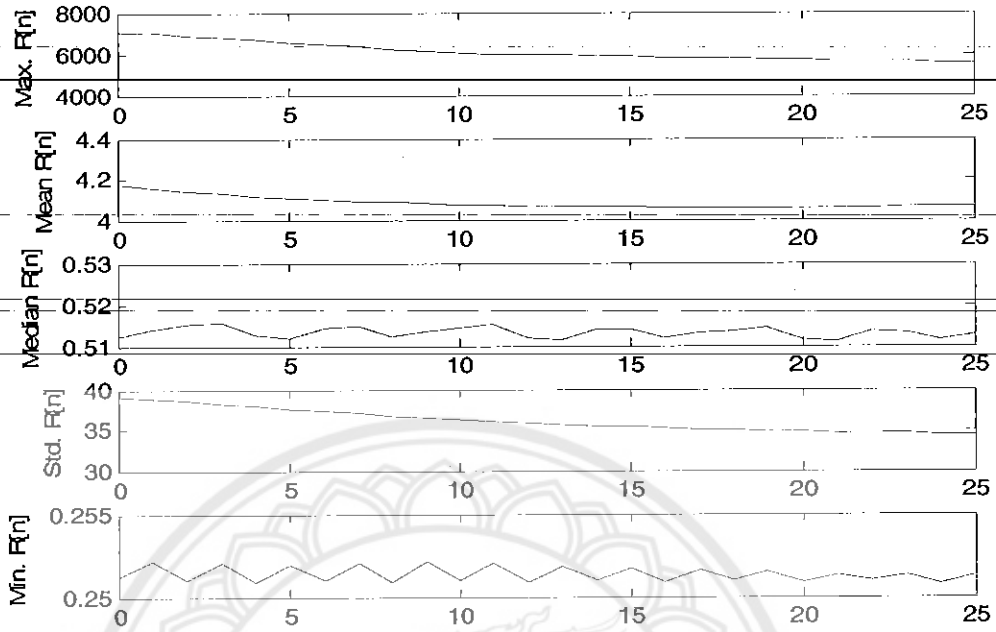
รูปที่ 4.24 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการเลื่อนภาพ

4.4.1. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางขวา (x, 0) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

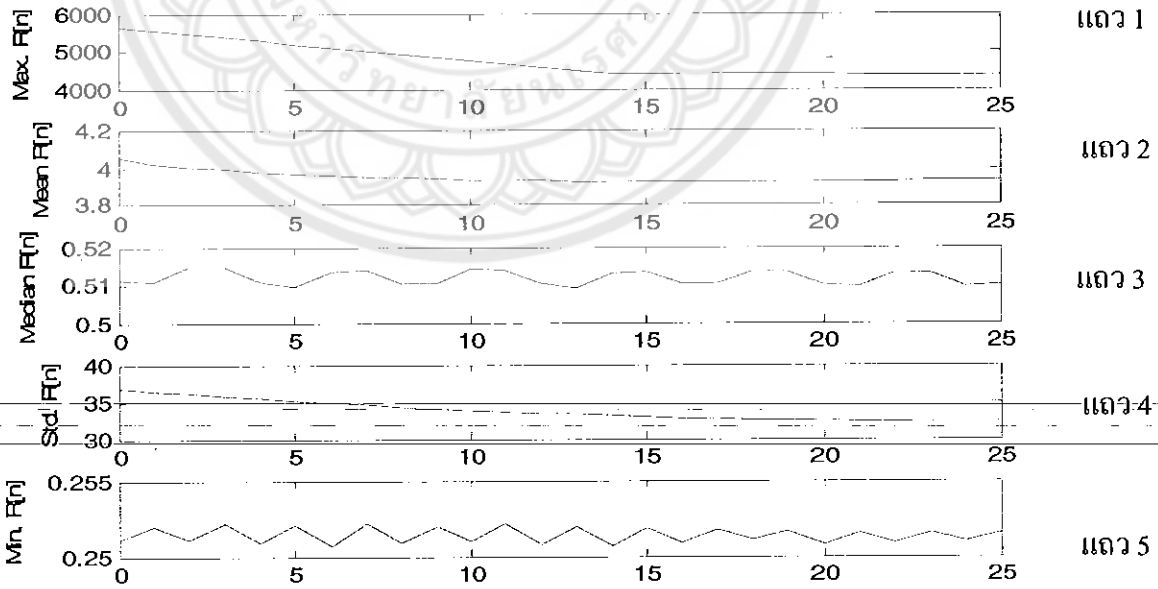
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปทางขวาอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.25 และ 4.26 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ในรูปที่ 4.25 และ 4.26 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.25 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



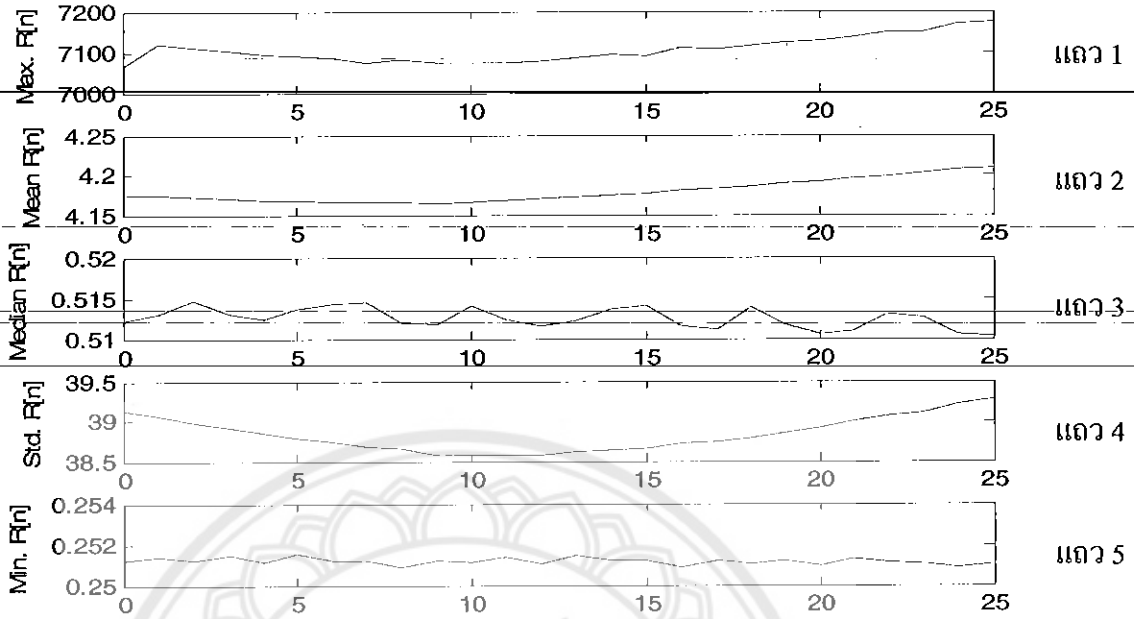
รูปที่ 4.26 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.2. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปทางขวา (-x, 0) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

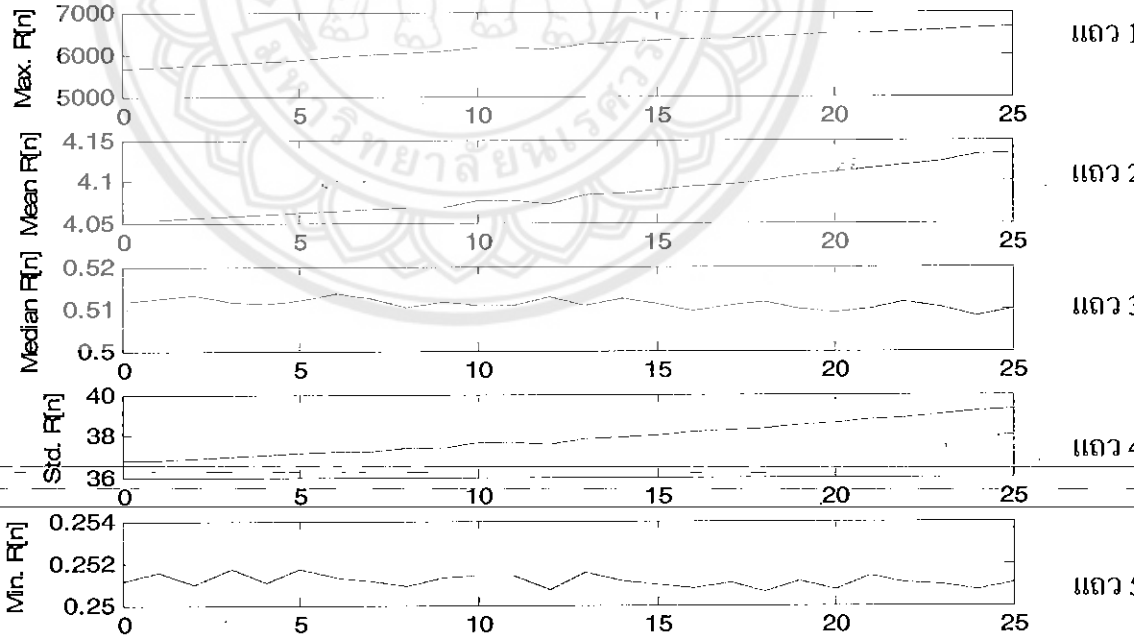
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปทางซ้ายอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.27 และ 4.28 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.27 และ 4.28 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ในรูปที่ 4.27 และ 4.28 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.27 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



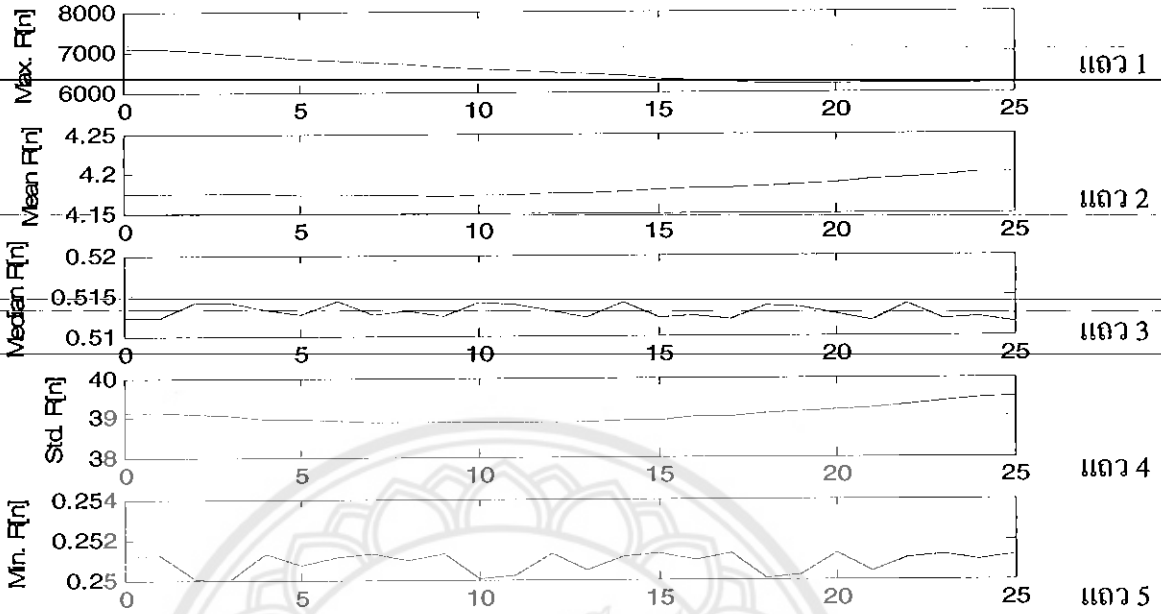
รูปที่ 4.28 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไปตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.3. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างบน (0, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

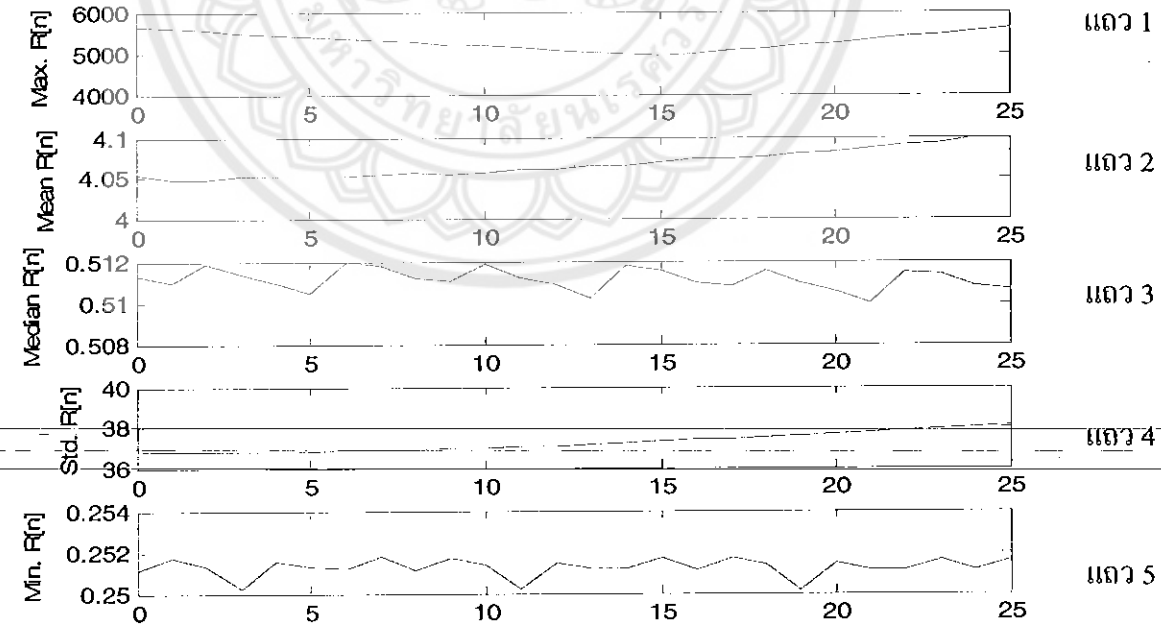
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปข้างบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.29 และ 4.30 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.29 และ 4.30 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ในรูปที่ 4.29 และ 4.30 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.29 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



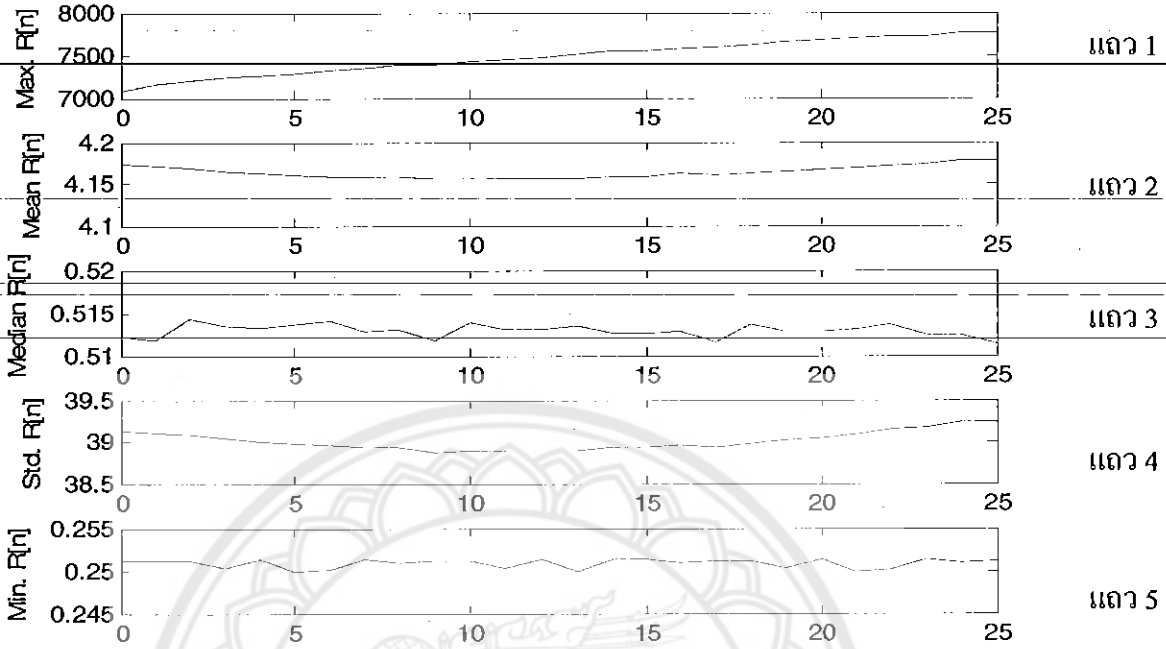
รูปที่ 4.30 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.4. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปข้างล่าง (0, -y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

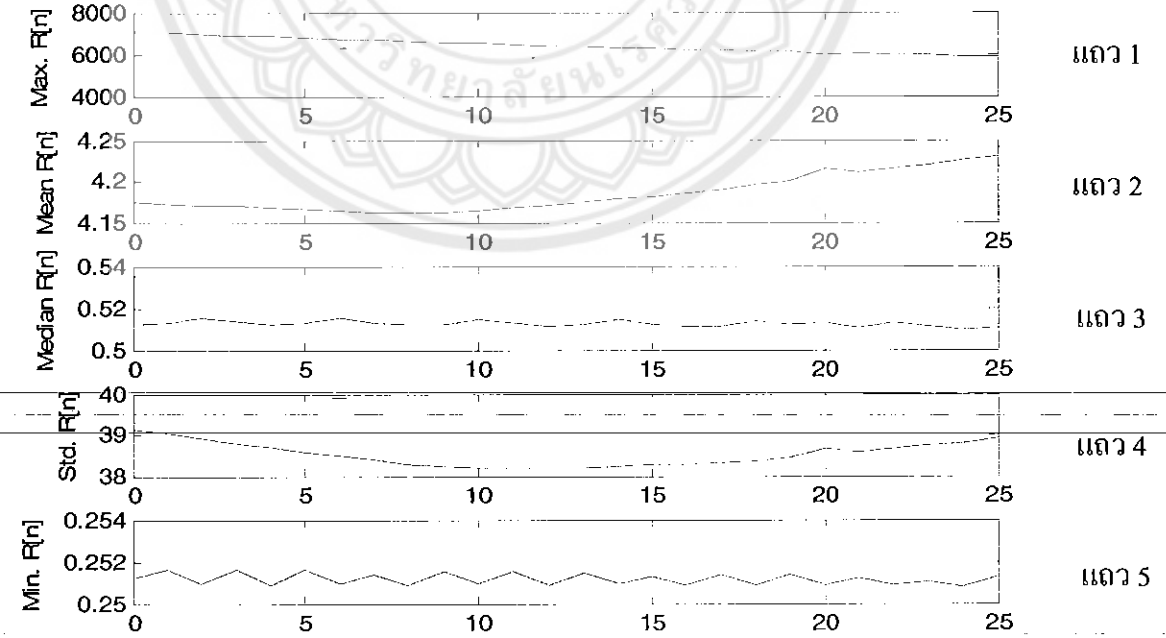
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปข้างล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.31 และ 4.32 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.31 และ 4.32 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ในรูปที่ 4.31 และ 4.32 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.31 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



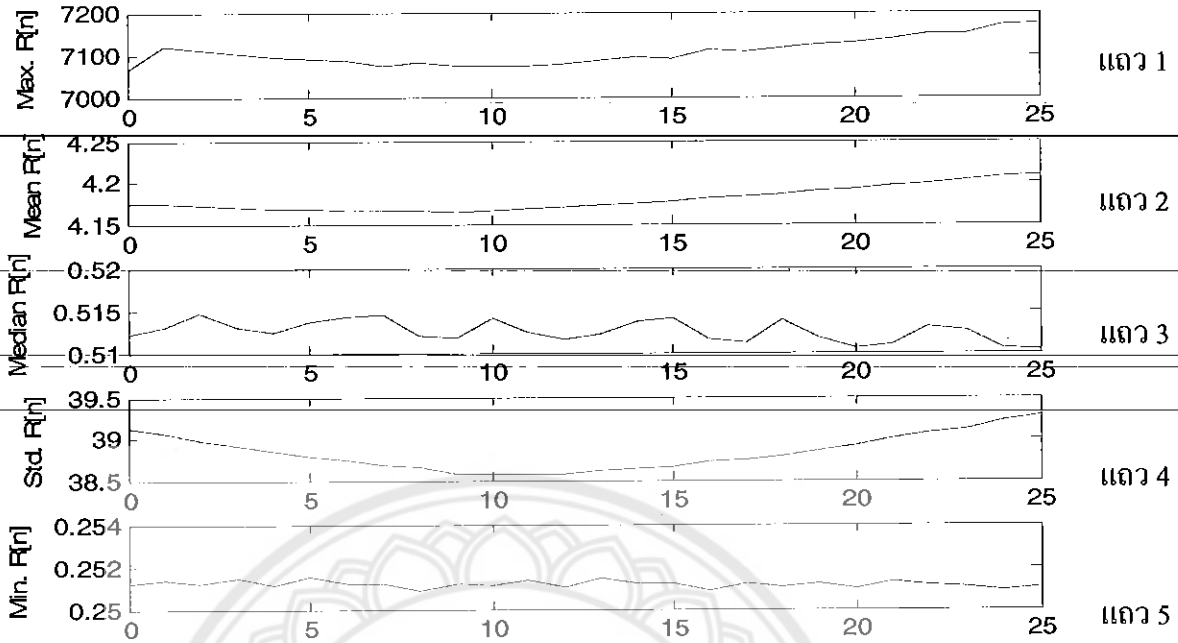
รูปที่ 4.32 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.5. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาบน (x, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

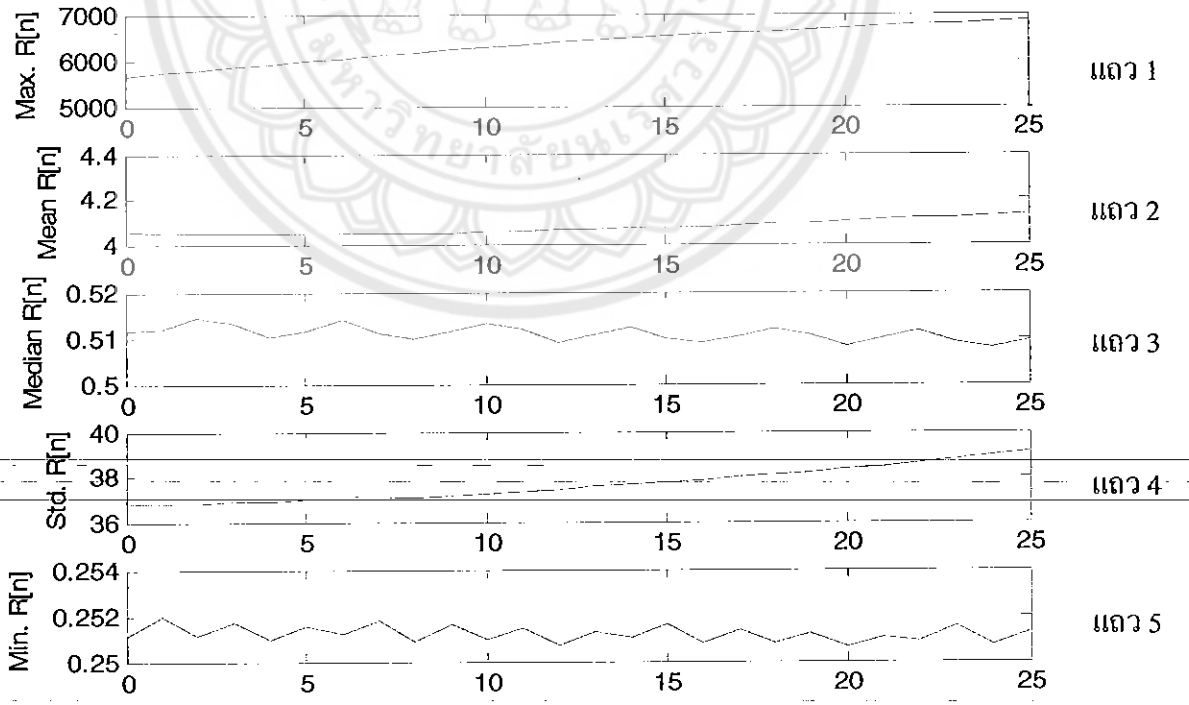
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปเฉียงขวาบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.33 และ 4.34 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.33 และ 4.34 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.33 และ 4.34 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.33 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



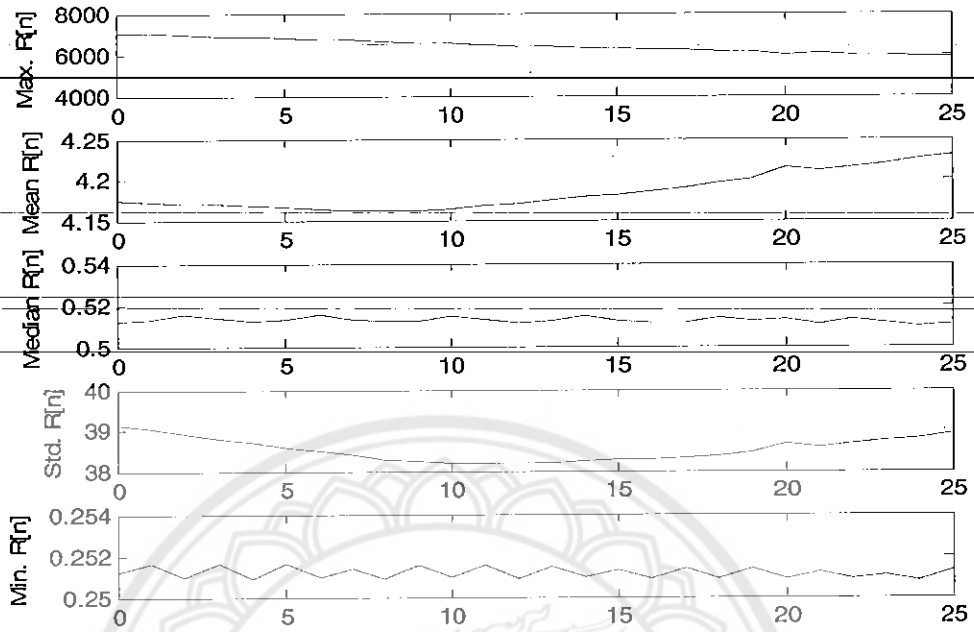
รูปที่ 4.34 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.6. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายบน (-x, y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

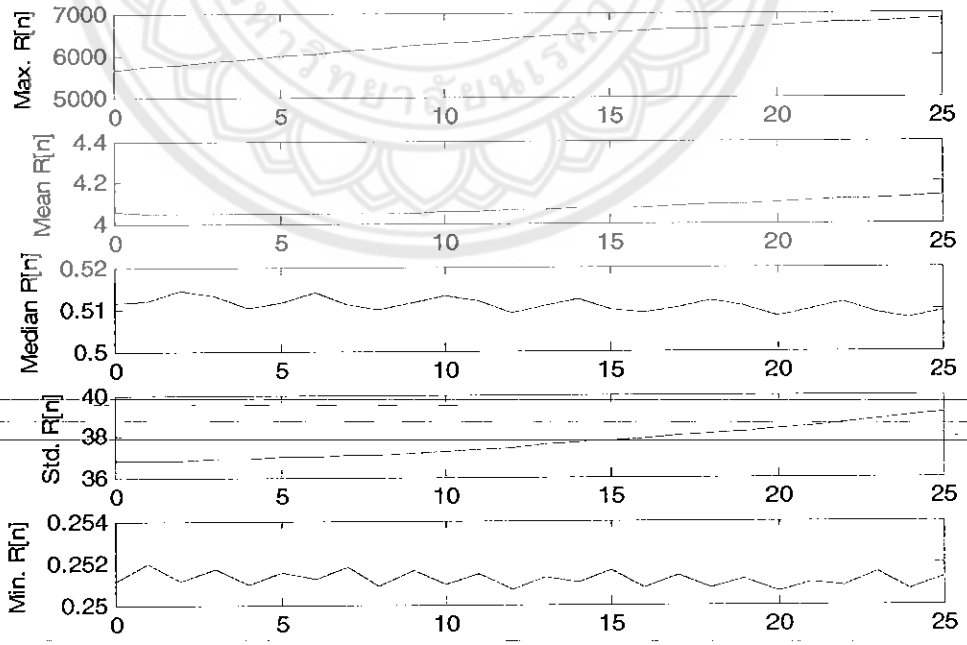
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปเฉียงซ้ายบนอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.35 และ 4.36 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.35 และ 4.36 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.35 และ 4.36 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.35 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง 11 ชุดที่ 1



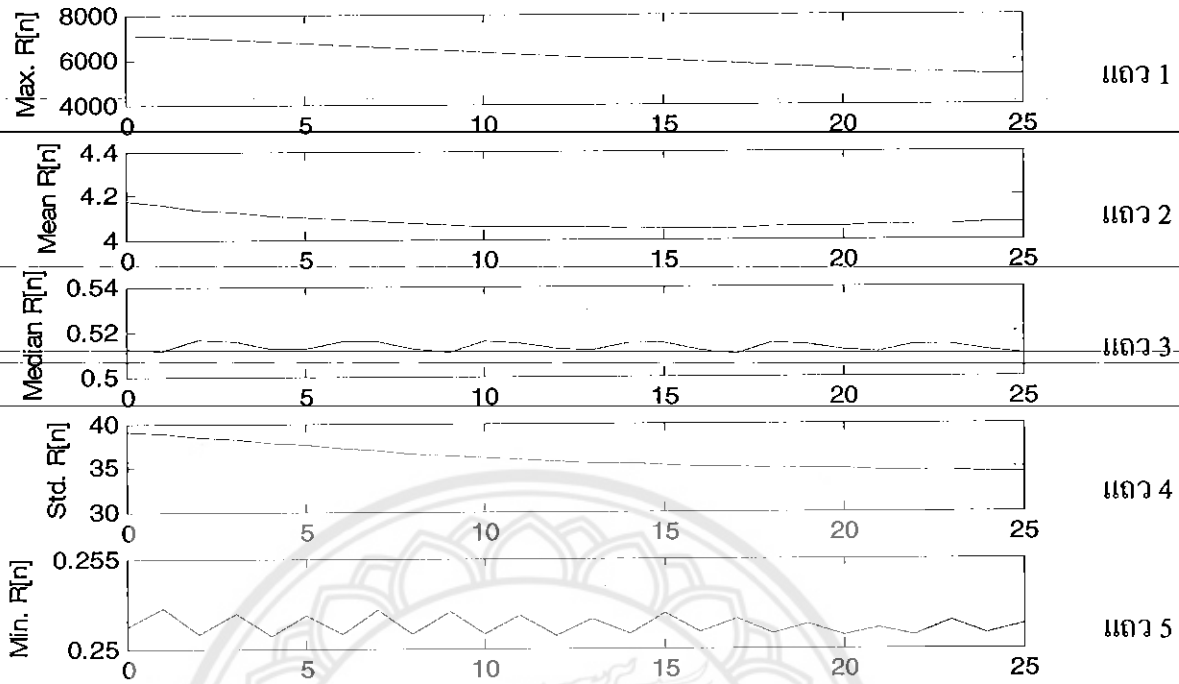
รูปที่ 4.36 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง 11 ชุดที่ 2

4.4.7. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงขวาล่าง (x,-y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

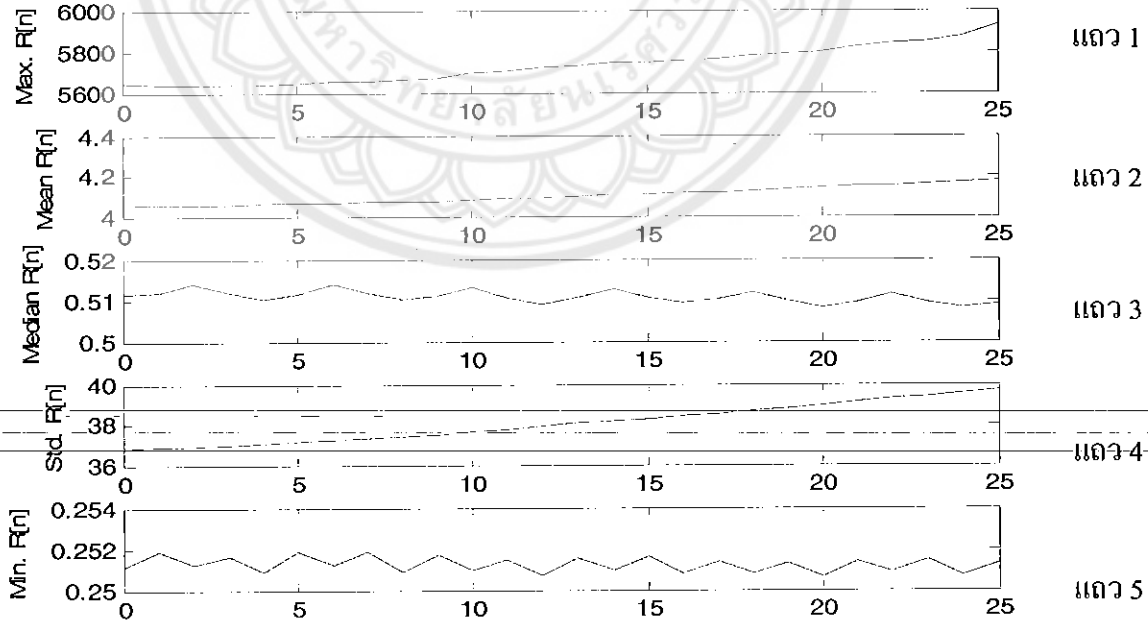
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปเฉียงขวาล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.21 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.37 และ 4.38 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.37 และ 4.38 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.37 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1



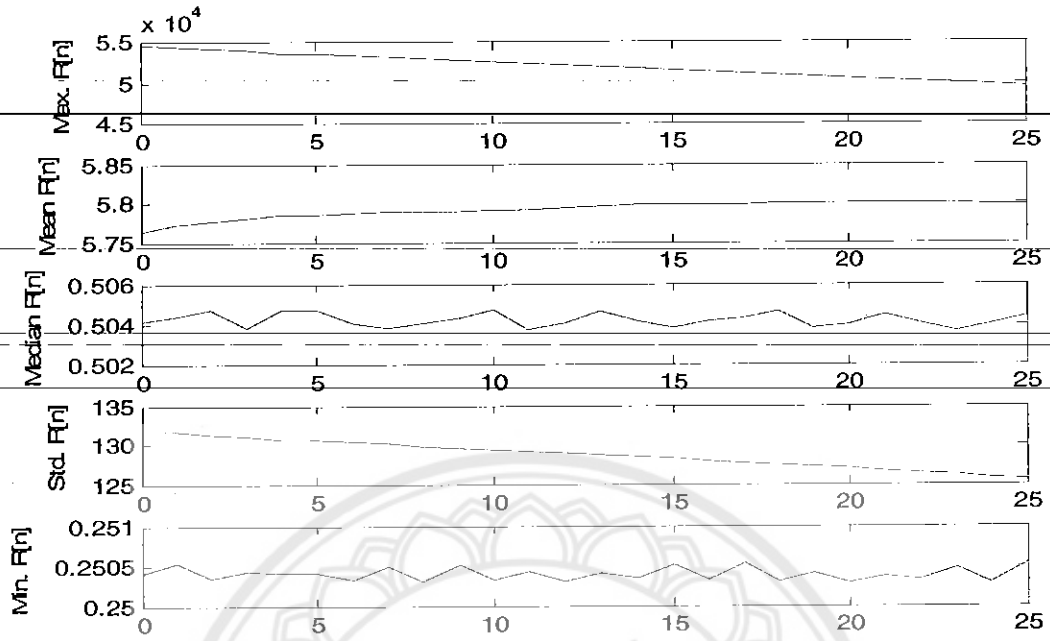
รูปที่ 4.38 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.4.8. ผลการทดสอบการเลื่อนตำแหน่งภาพไปเฉียงซ้ายล่าง (-x, -y) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน

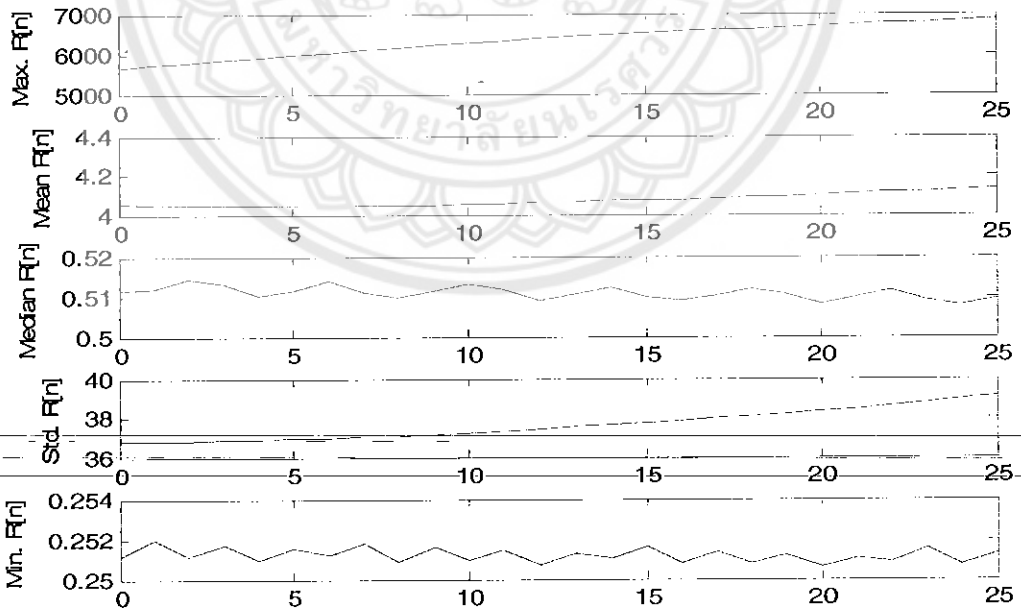
การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปเฉียงซ้ายล่างอ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยไปจนถึง 25 หน่วย จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมทีละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.24

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกเลื่อนตำแหน่งไปทีละ 1 ตำแหน่ง จนครบ 25 ตำแหน่ง จำนวน 25 คู่ภาพ พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.39 และ 4.40 ตามลำดับ

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.39 และ 4.40 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มตำแหน่งทีละ 1 ตำแหน่งจนถึง 25 ตำแหน่งตามแนวแกน x ใน รูปที่ 4.39 และ 4.40 ดังนั้นแสดงว่าการเลื่อนตำแหน่งภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนและค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.39 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 1

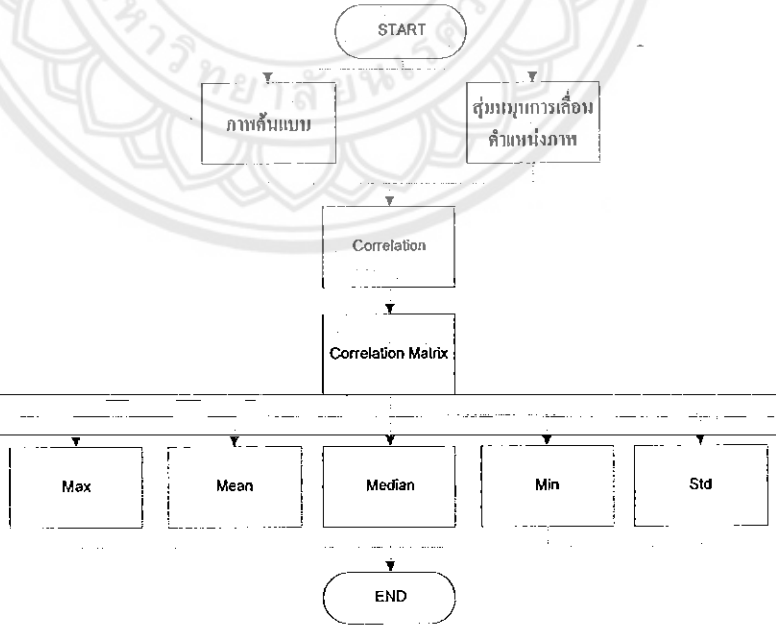


รูปที่ 4.40 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกเลื่อนทีไป ตั้งแต่ 1 ตำแหน่ง ถึง 25 ตำแหน่ง ชุดที่ 2

4.5 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่หมุนไปจากภาพดั้งเดิมตั้งมุม 1 องศา เพิ่มที่ละ 1 องศา จนถึง 360 องศาโดยการสุ่ม การเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปในทิศทางที่ต่างๆที่กล่าวมา ทั้ง 8 กรณี อ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่ง ไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y โดยการสุ่ม จากนั้นนำภาพที่ถูกหมุนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมที่ละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.41

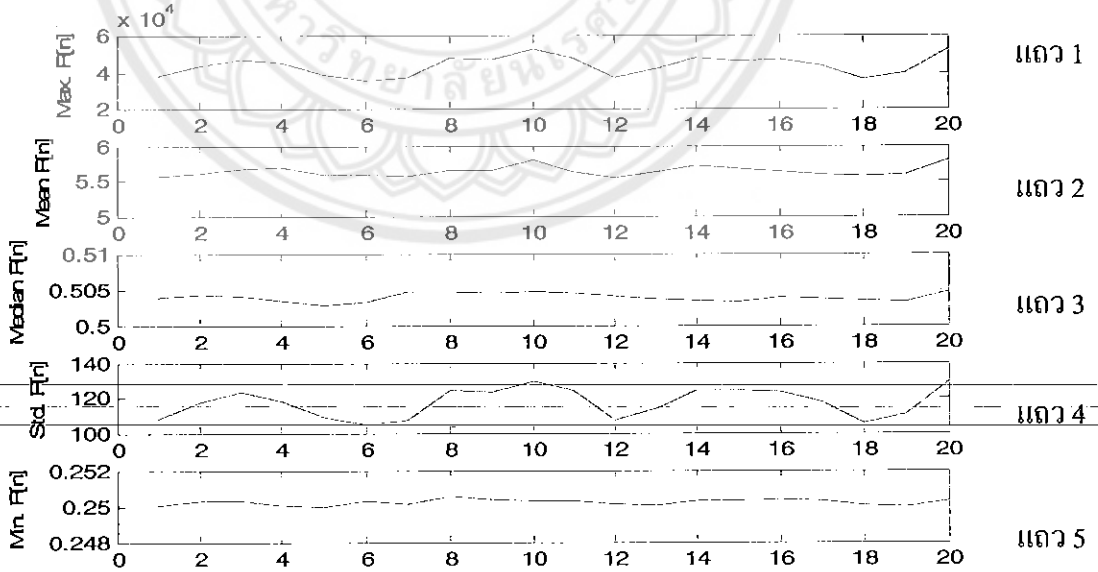
เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 2 ดังนั้น ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด 40 คู่ภาพ ในแต่ละคู่ภาพได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพ



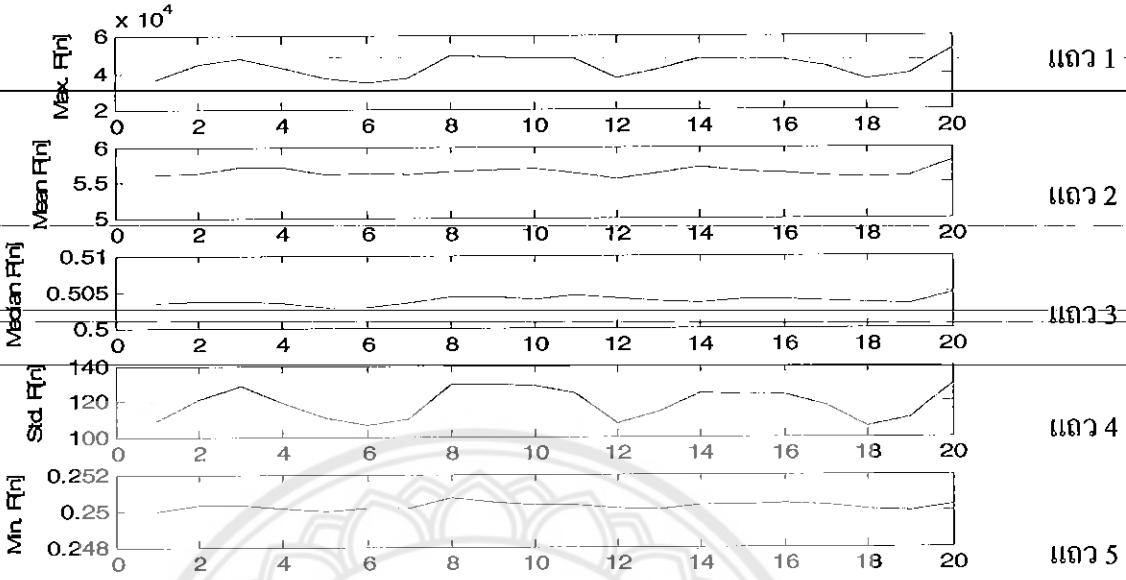
รูปที่ 4.41 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์สำหรับกรณีการหมุนภาพ

ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกหมุนไปทีละ 1 องศา ถึง 360 องศาโดยการสุ่ม จำนวน 20 คู่ภาพ แล้วนำภาพมาเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่มค่าในการเลื่อน 20 ตำแหน่ง พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.42 และ 4.43 ตามลำดับ โดยค่าที่สุ่มจากการหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพแสดงดังตารางที่ ผ.1

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.42 และ 4.43 พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 2 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ตามแถวที่ 5 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ เมื่อจะถูกเพิ่มองศาทีละ 1 องศาจนถึง 360 องศาตามแนวแกน x ดังนั้นแสดงว่าการหมุนภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ นั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.42 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่ม ชุดที่ 1

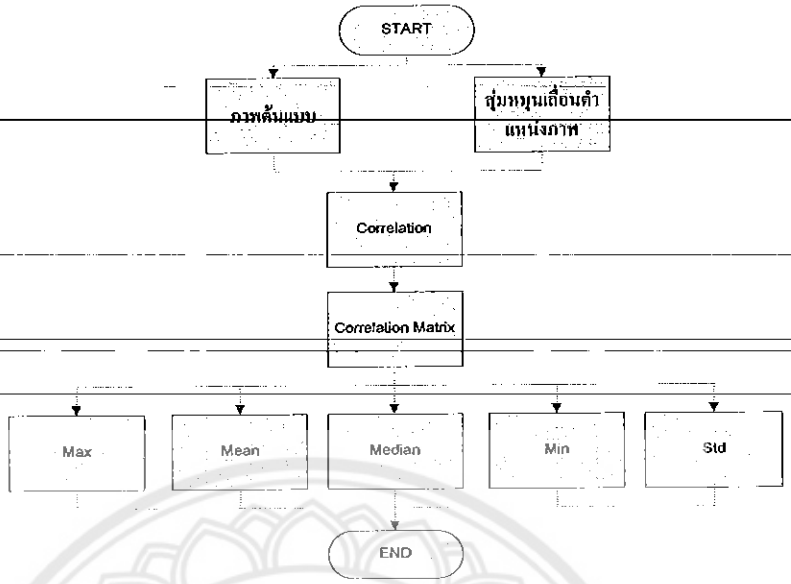


รูปที่ 4.43 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกสหพันธ์ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่ม ชุดที่ 2

4.6. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม

การทดสอบในการจับคู่กรณีนี้ เริ่มด้วยการเตรียมภาพที่หมุนไปจากภาพดั้งเดิมตั้งมุม 1 องศา เพิ่มที่ละ 1 องศา จนถึง 360 องศาโดยการสุ่ม การเตรียมภาพที่เลื่อนภาพไปจากภาพดั้งเดิมไปในทิศทางที่ต่างๆที่กล่าวมา ทั้ง 8 กรณี อ้างอิงจากระนาบแกน x และ y เพิ่มขึ้นทีละ 1 ตำแหน่ง ไปจนถึง 25 ตำแหน่ง จากนั้นนำภาพที่ถูกเลื่อนตำแหน่งตามแนวระนาบแกน x และ y โดยการสุ่ม จากนั้นนำภาพที่ถูกหมุนทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับภาพดั้งเดิมที่ละภาพด้วยการหาค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน ต่อมาทำการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของเมตริกซ์นี้ จำนวน 5 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดสอบกรณีสามารถสรุปได้เป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.44

เพื่อให้การทดสอบนี้มีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำโครงงานได้ใช้ภาพดั้งเดิมจำนวน 2 ชุด โดยชุดแรกนำภาพปลอกท้ายกระสุนปืนที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่1และภาพปลอกท้ายกระสุนปืนชุดสองได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่2ดังนั้นในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับกรณีนี้ จึงมีการจับคู่ภาพทั้งหมด40คู่ภาพในแต่ละคู่ภาพได้ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพ

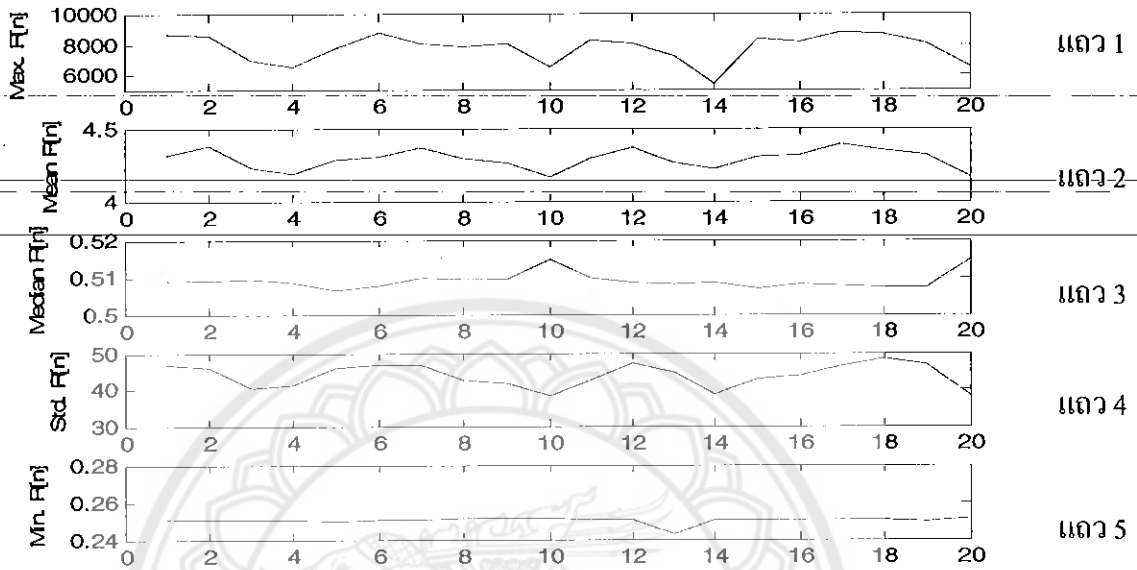


รูปที่ 4.44 แผนภาพขั้นตอนในการทดสอบและการวิเคราะห์การจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนสำหรับกรณีการหมุนภาพ

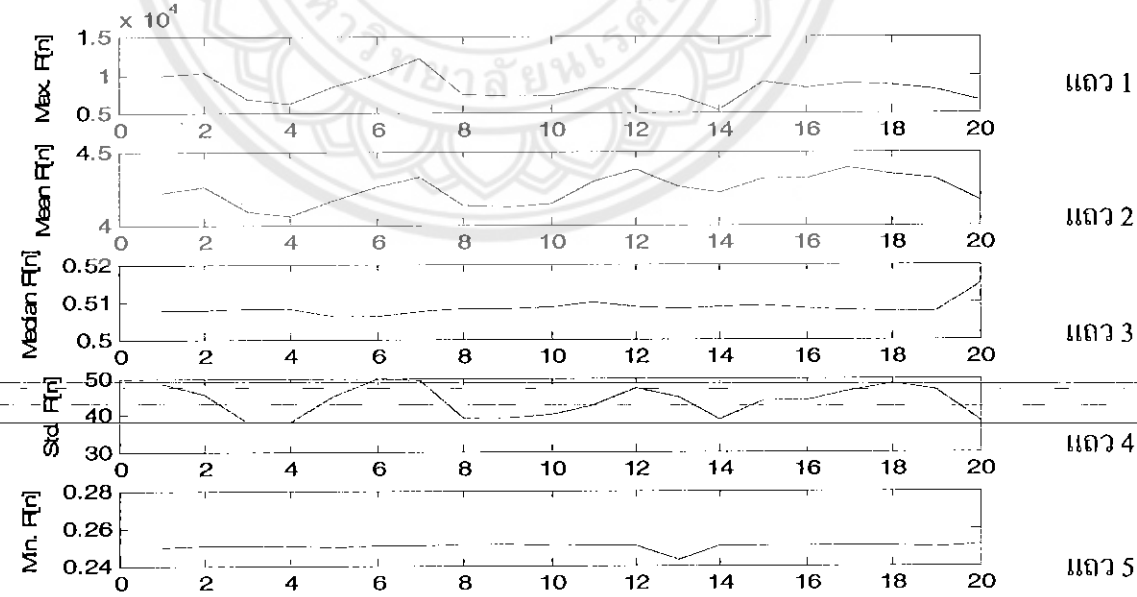
ในการทดสอบการจับคู่ภาพสำหรับภาพดั้งเดิมท้ายปลอกกระสุนปืนชุดแรกและชุดสองที่ได้รับมาจากการยิงกระบอกปืนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ กับภาพดั้งเดิมนี้ถูกหมุนไปทีละ 1 องศา ถึง 360 องศาโดยการสุ่ม จำนวน 20 คู่ภาพ แล้วนำภาพมาเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่มค่าในการเลื่อน 20 ตำแหน่ง พบว่า ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวน ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน (แถว 5) ที่ได้รับแต่ละคู่ภาพแสดงผลเส้นโค้งตามแถว 1 ถึงแถว 5 ในรูปที่ 4.45 และ 4.46 ตามลำดับ โดยค่าที่สุ่มจากการหมุนและการเลื่อนตำแหน่งภาพแสดงดังตารางที่ ผ.1

จากเส้นโค้งในรูปที่ 4.45 และ 4.46 พบว่าค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่ 1 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่ ค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนตามแถวที่ 2มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่ามัธยฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่ 3 มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่ 4 มีการแกว่งมากและค่อนข้างไม่คงที่และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน ตามแถวที่5มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างที่จะคงที่เมื่อจะถูกเพิ่มองศาทีละ 1 องศาจนถึง 360 องศาตามแนวแกน x ดังนั้นแสดงว่าการหมุนภาพเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าทางสถิติ คือ ค่าสูงสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวน และค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนเท่านั้นส่วนค่าเฉลี่ยของเมตริกซ์ความแปรปรวนค่ามัธยฐานของ

เมตริกซ์ความแปรปรวน ค่าต่ำสุดของเมตริกซ์ความแปรปรวนนั้น การหมุนภาพจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยมาก



รูปที่ 4.45 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่ม ชุดที่ 1



รูปที่ 4.46 เส้นโค้งแสดง ค่าสูงสุด (แถว 1) ค่าเฉลี่ย (แถว 2) ค่ามัธยฐาน (แถว 3) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แถว 4) และค่าต่ำสุด (แถว 5) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนที่ได้รับแต่ละคู่ภาพที่ถูกหมุนที่ไปตั้งแต่ 1 องศา ถึง 360 องศาและเลื่อนตำแหน่งโดยการสุ่ม ชุดที่ 2

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุป

จากผลการทดสอบและวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพทั้ง 4 กรณี

กรณีที่ 1: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนภาพ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

กรณีที่ 2: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนภาพ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

กรณีที่ 3: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งภาพ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของสหสัมพันธ์ มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของสหสัมพันธ์ มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

กรณีที่ 4: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการเลื่อนตำแหน่งภาพ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

กรณีที่ 5: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์สหสัมพันธ์เนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของ

กราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

กรณีที่ 6: ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ในการจับคู่ภาพด้วยวัดค่าทางสถิติของเมตริกซ์ความแปรปรวนเนื่องจากการหมุนและเลื่อนตำแหน่งภาพโดยการสุ่ม สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าต่ำสุด (Min) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งน้อยและค่อนข้างคงที่ของกราฟ ซึ่งสามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้ ส่วน ค่าสูงสุด (Max) ค่าเบี่ยงเบน (Standard deviation) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน มีการแกว่งมากและไม่คงที่ของกราฟ ซึ่งไม่สามารถนำมาเป็นดัชนีการชี้วัดได้

5.2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการจับคู่ภาพ ยังพบว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ค่าดัชนีที่วัดได้นั้น ไม่สามารถนำมาใช้ได้ แต่ปัจจัยเหล่านั้นเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ความชัดของภาพ ความเพียงพอของแสงในภาพ คุณภาพของไฟล์ภาพ เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1] รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์, วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. 2543.**คู่มือโปรแกรม MATLAB ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล

[2] The MathWork, 1999. **Signal Processing Toolbox User's Guide.** The MathWork Inc.

[3] CHI-TONG CHEN,1994.**SYSTEM AND SIGNAL ANALYSIS**. Sunders College Publishing.

[4] Bourbaki. N., 1997. **Vector norm.** Topological Vector Spaces, Reading: The Johns Hopkins University.

[5] Gregory A. Baxes. **Digital image processing.** New York: John Wiley & Sons, Inc. 1994.

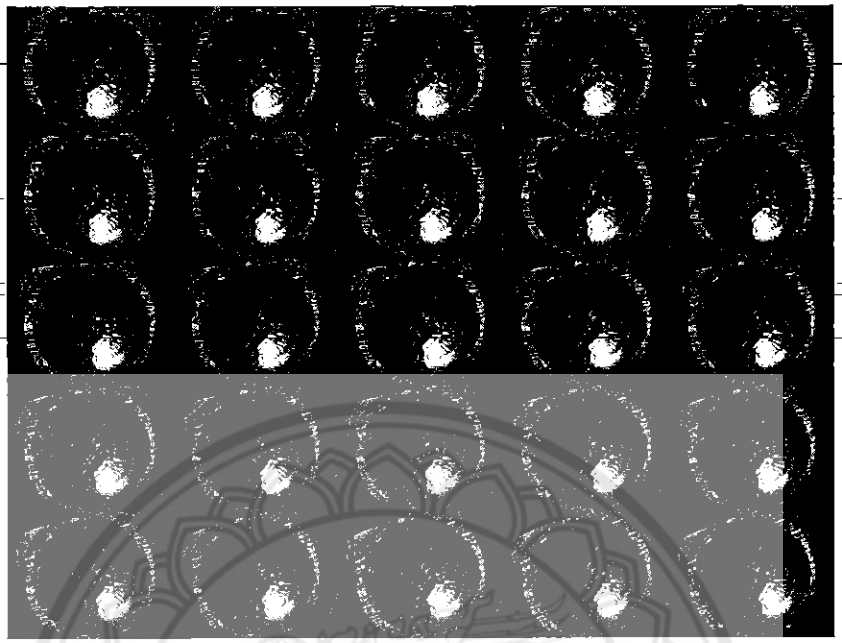
[6] Maher A. Sid-Ahmed.1995.**Image Processing.**Mcgraw-hill international

[7] John G. Proakis ,Vinay K. Ingle.**Digital Signal Processing using MATLAB.**THOMSON

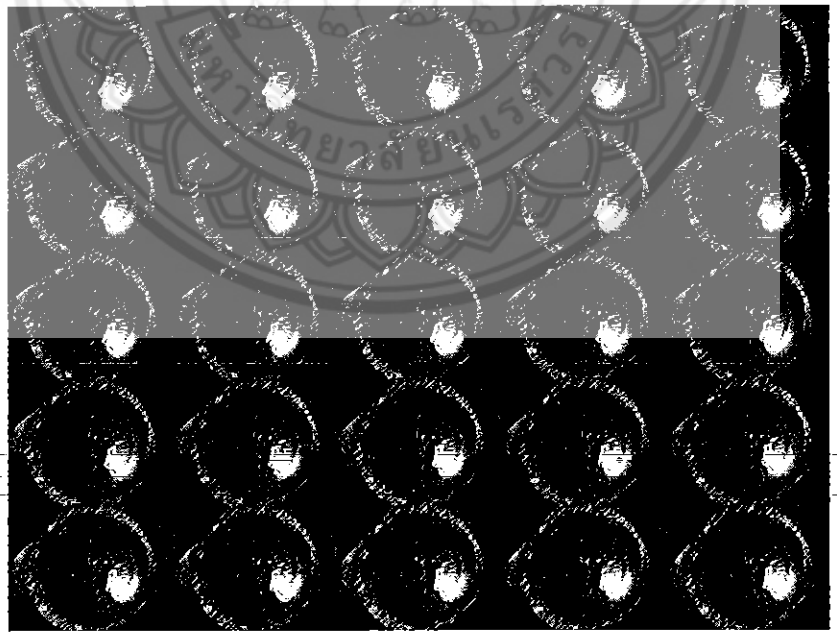
[8] http://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform

[9] Da' Bulls. Toni K. and Rich B., **"Image Processing."** [Online].Available:http://www.owlnet.rice.edu/~elec301/Projects00/rene/.2000

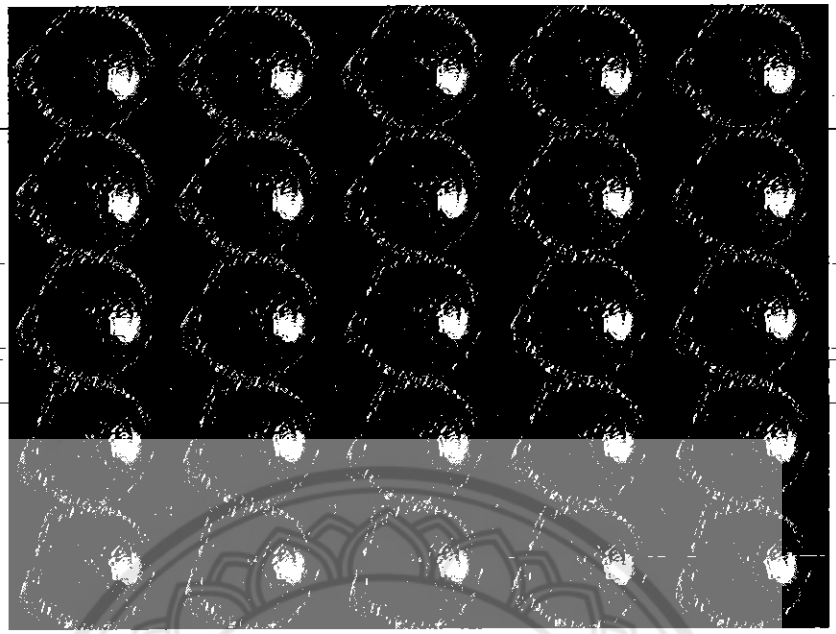
ภาคผนวก



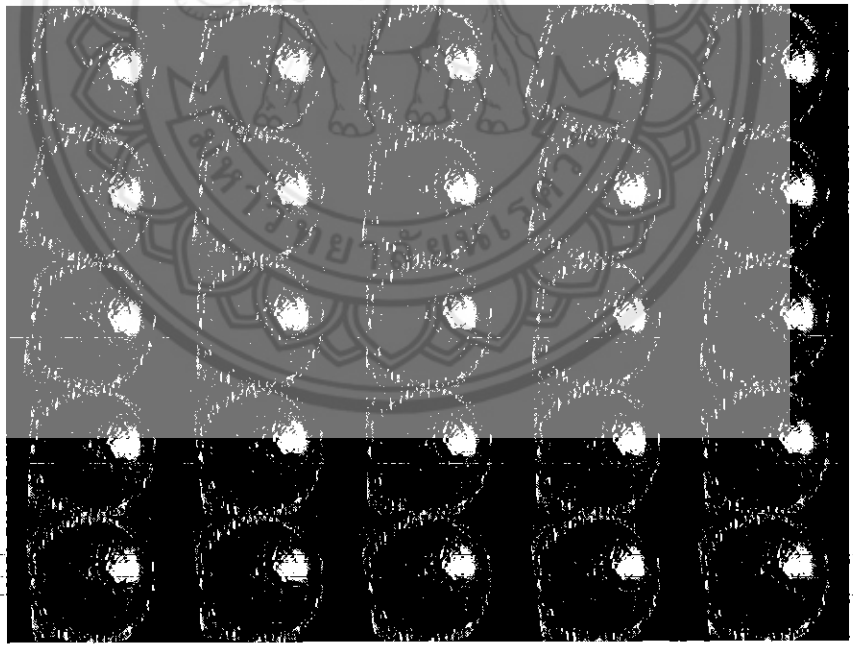
รูปที่ 1 การหมุนภาพ 0-24 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



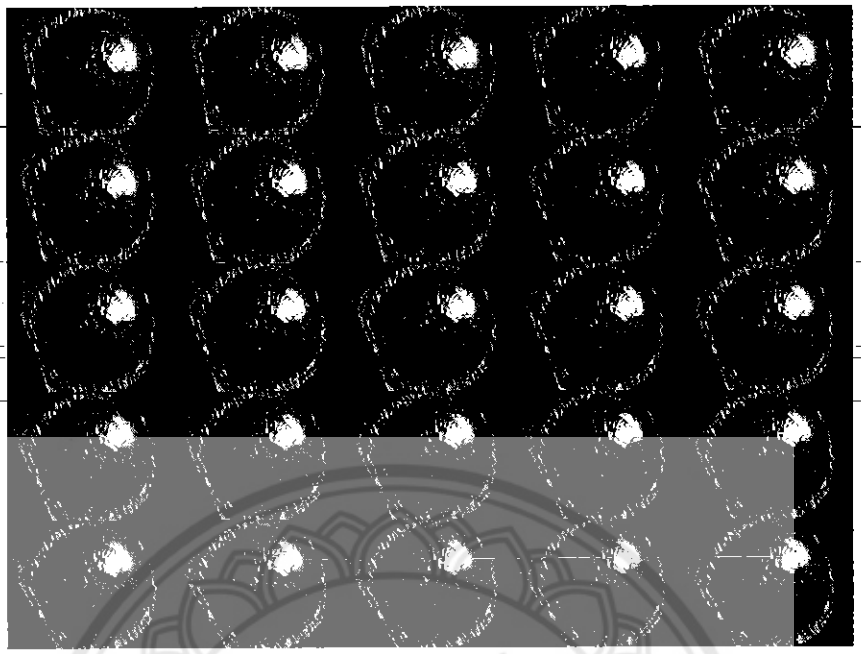
รูปที่ 2 การหมุนภาพ 25-49 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



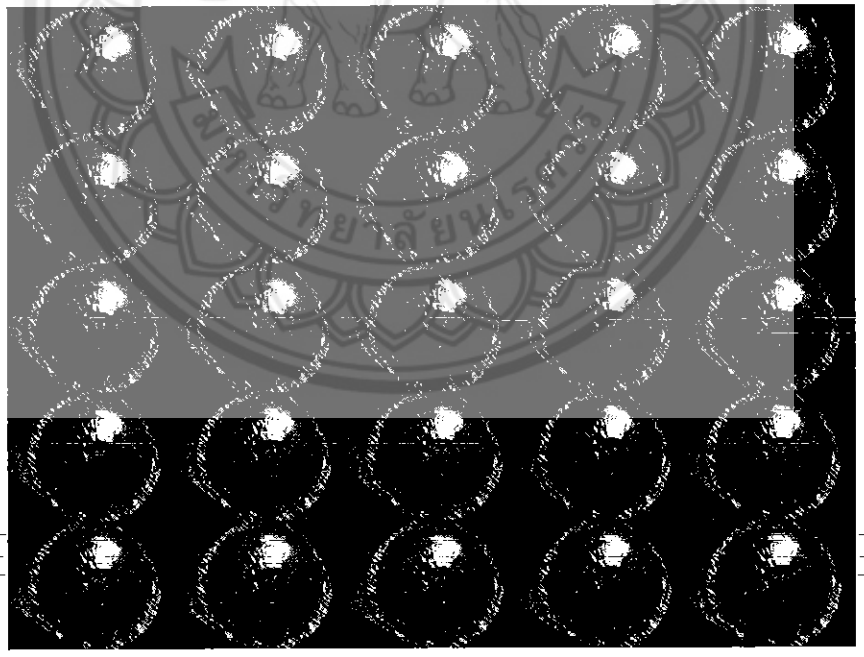
รูปที่ 3 การหมุนภาพ 50-74 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



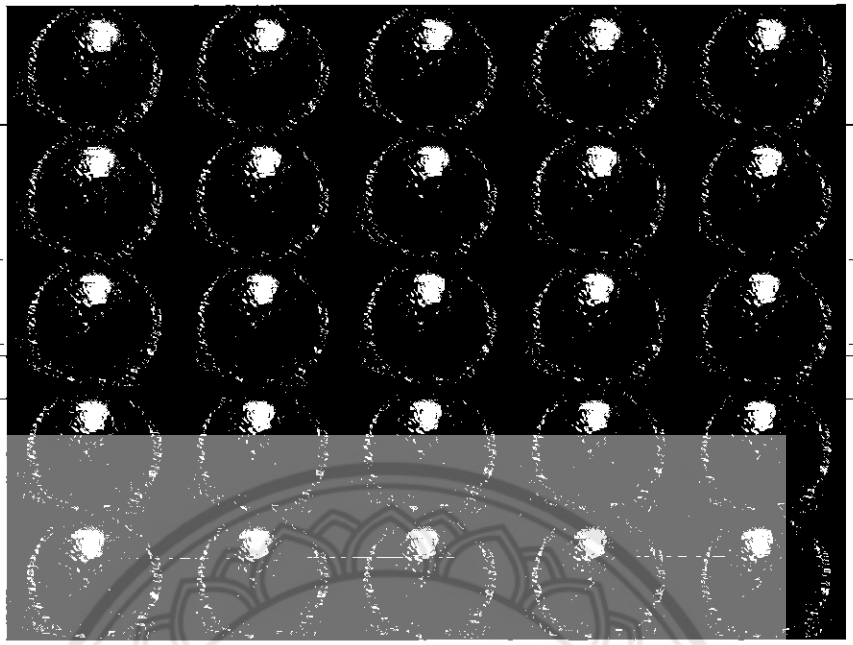
รูปที่ 4 การหมุนภาพ 75-99 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



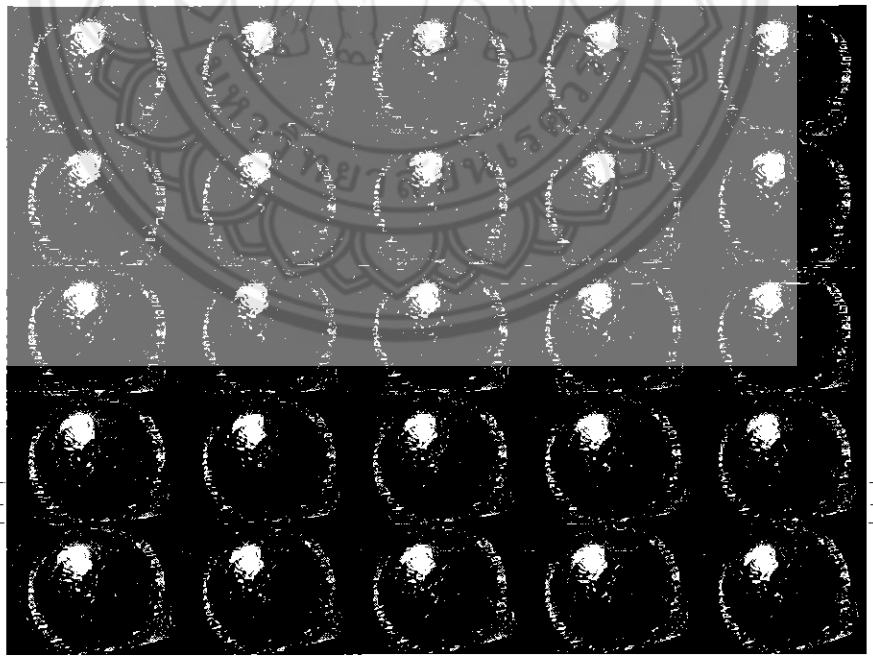
รูปที่ 5 การหมุนภาพ 100-124 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



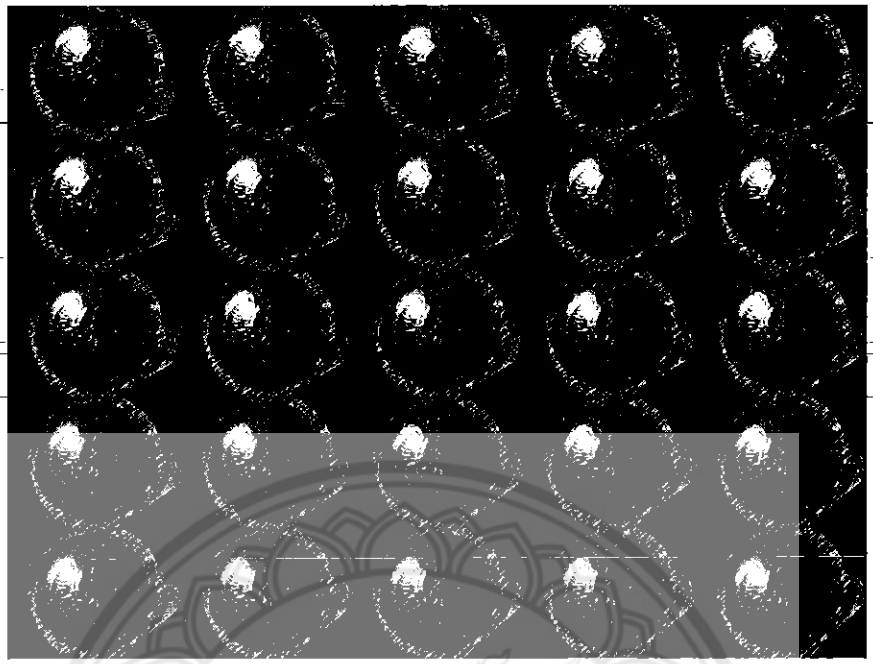
รูปที่ 6 การหมุนภาพ 125-149 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



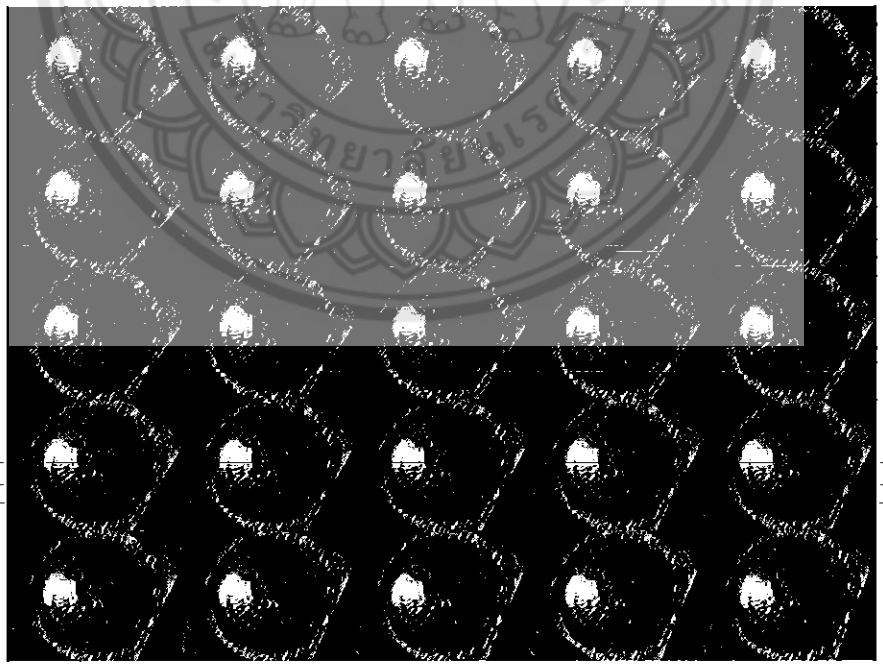
รูปที่ 7 การหมุนภาพ 150-174 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



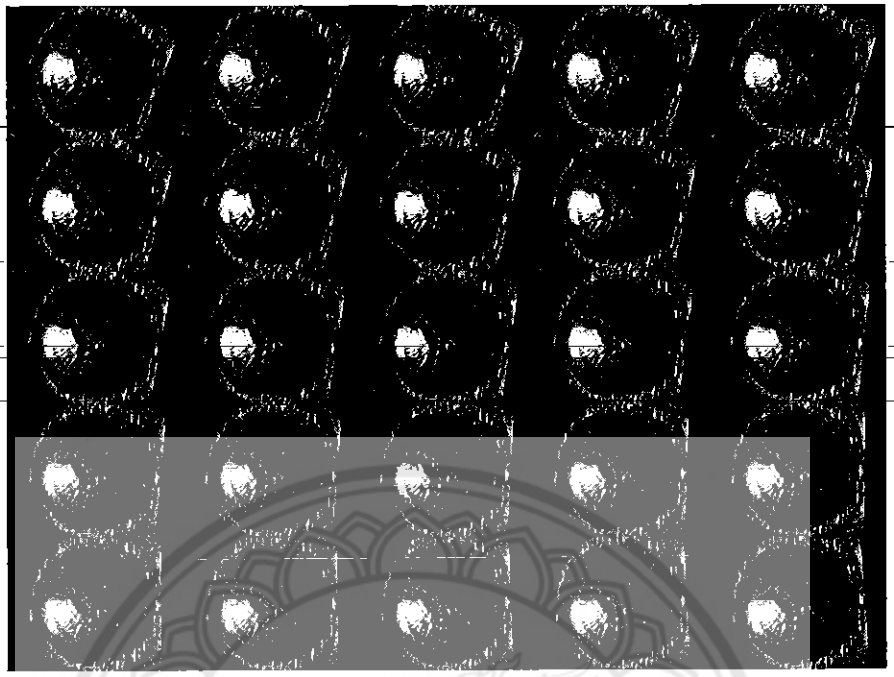
รูปที่ 8 การหมุนภาพ 175-199 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



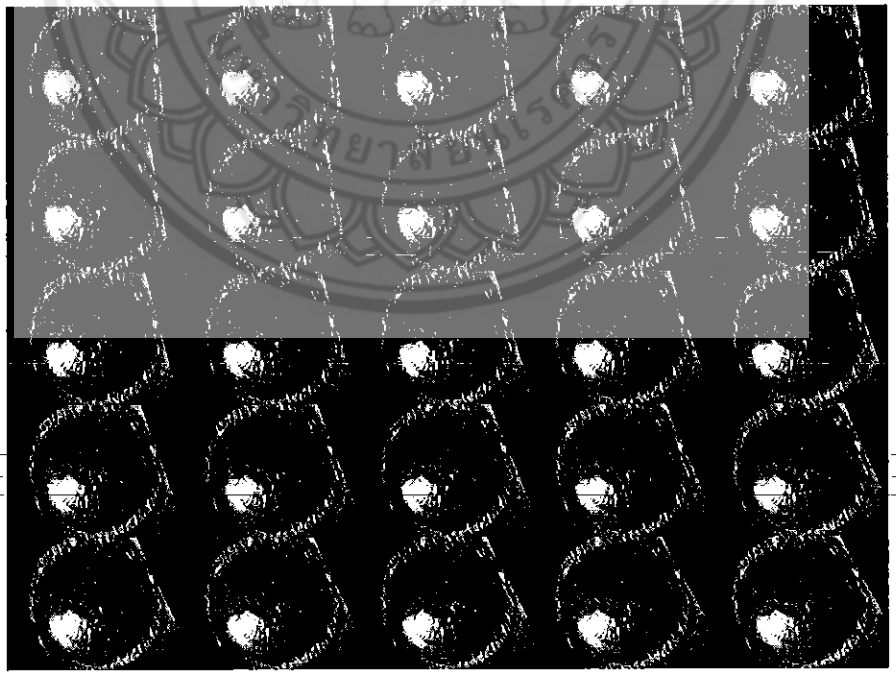
รูปที่ 9 การหมุนภาพ 200-224 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



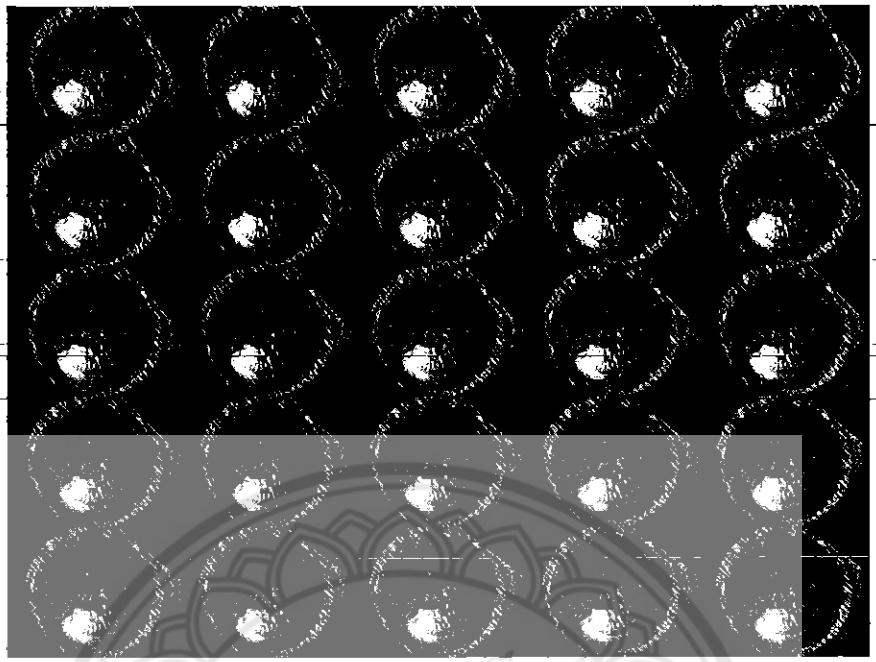
รูปที่ 10 การหมุนภาพ 225-249 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



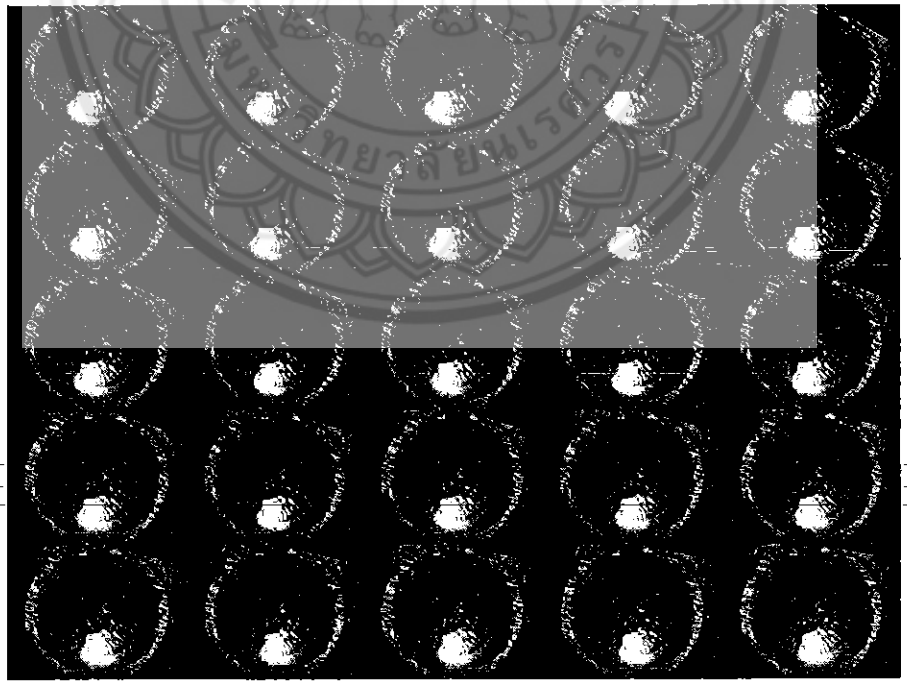
รูปที่ 11 การหมุนภาพ 250-274 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



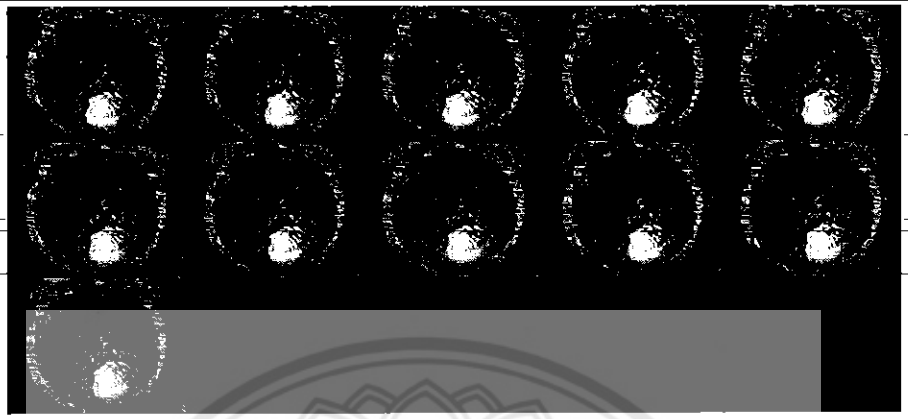
รูปที่ 12 การหมุนภาพ 275-299 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



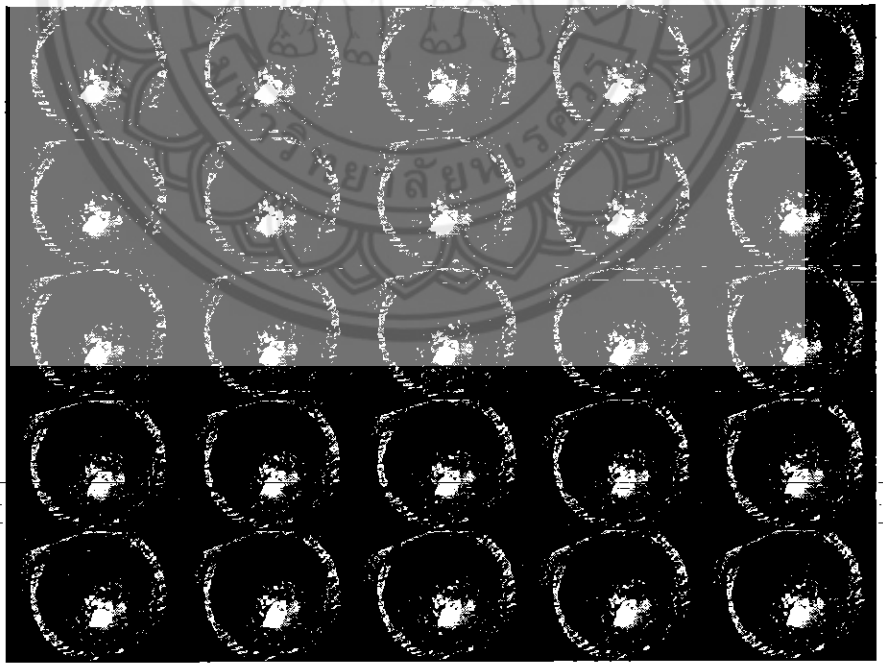
รูปที่ 13 การหมุนภาพ 300-324 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



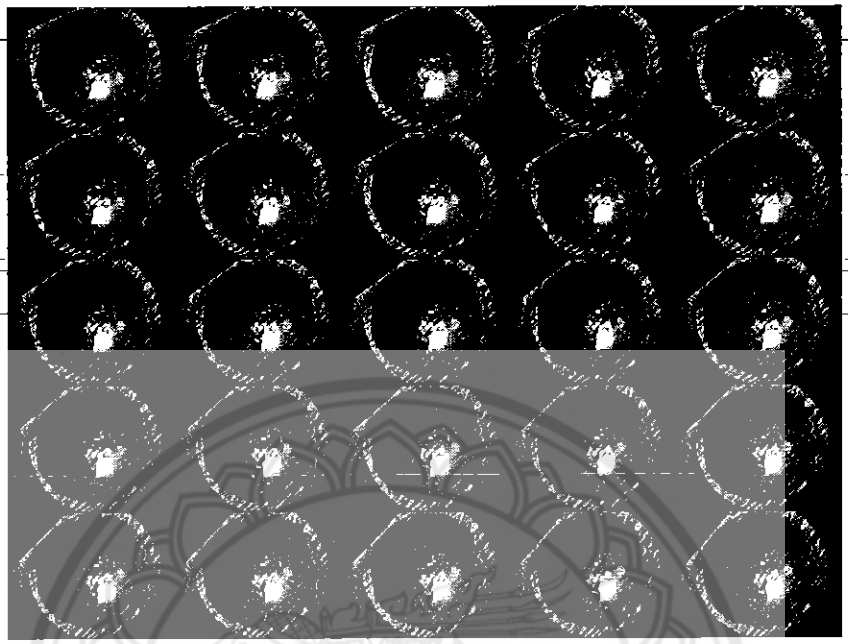
รูปที่ 14 การหมุนภาพ 325-350 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



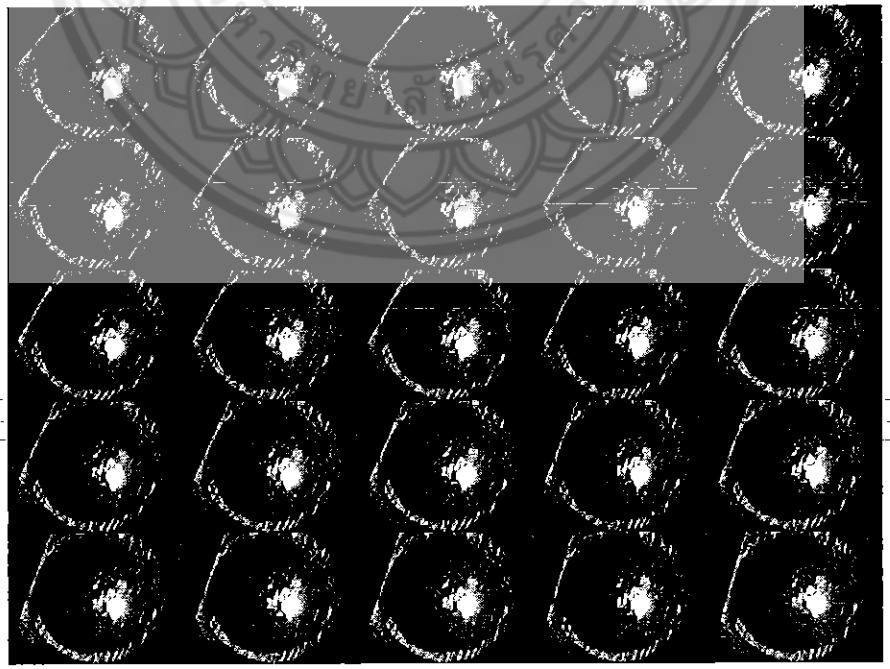
รูปที่ 15 การหมุนภาพ 350-360 องศา การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



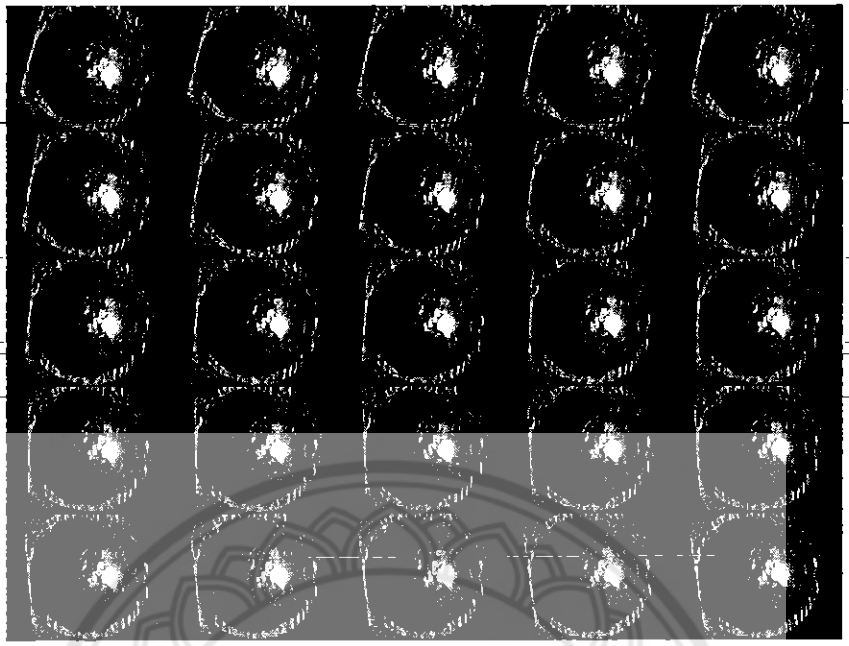
รูปที่ 16 การหมุนภาพ 0-24 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



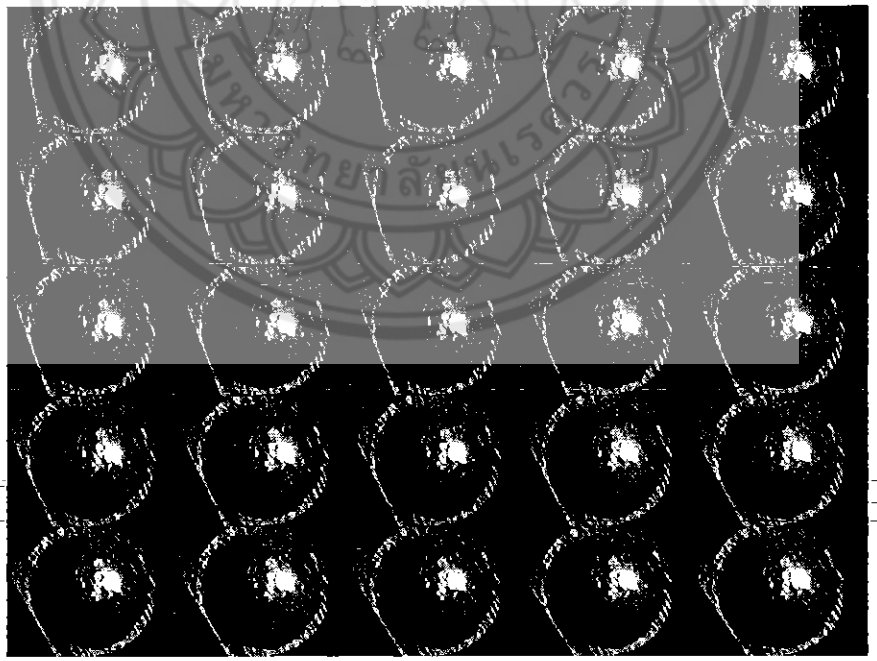
รูปที่ 17 การหมุนภาพ 25-49 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



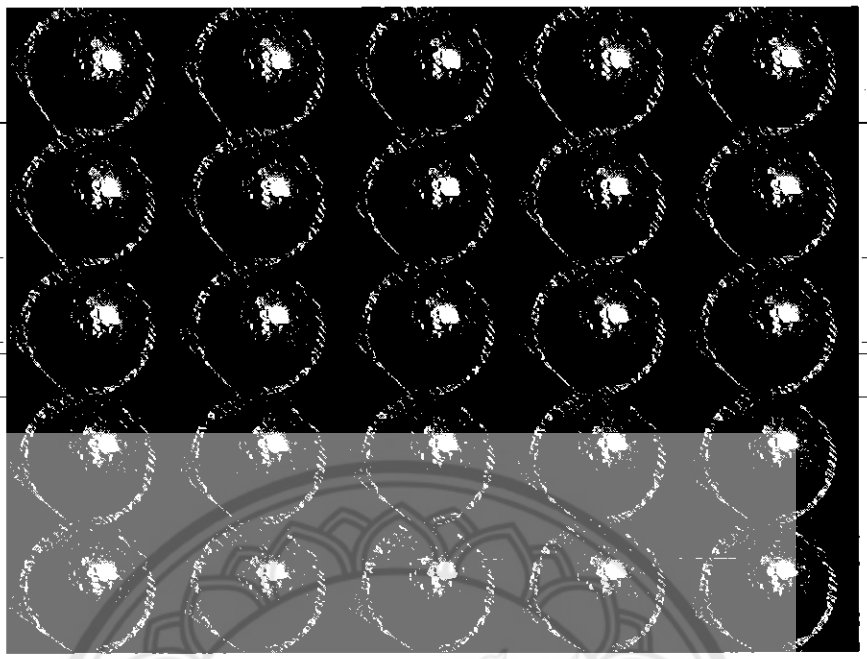
รูปที่ 18 การหมุนภาพ 50-74 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



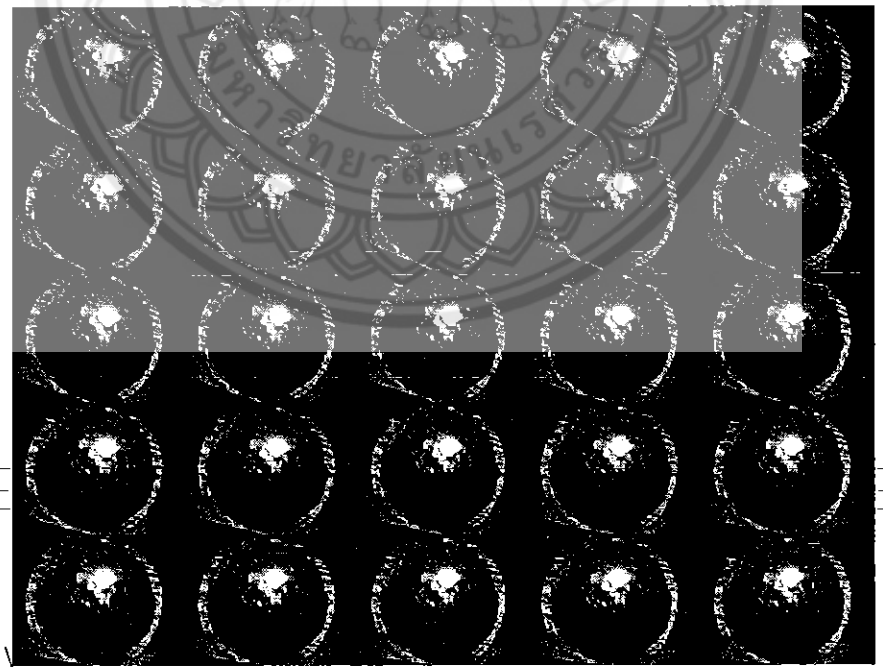
รูปที่ 19 การหมุนภาพ 75-99 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



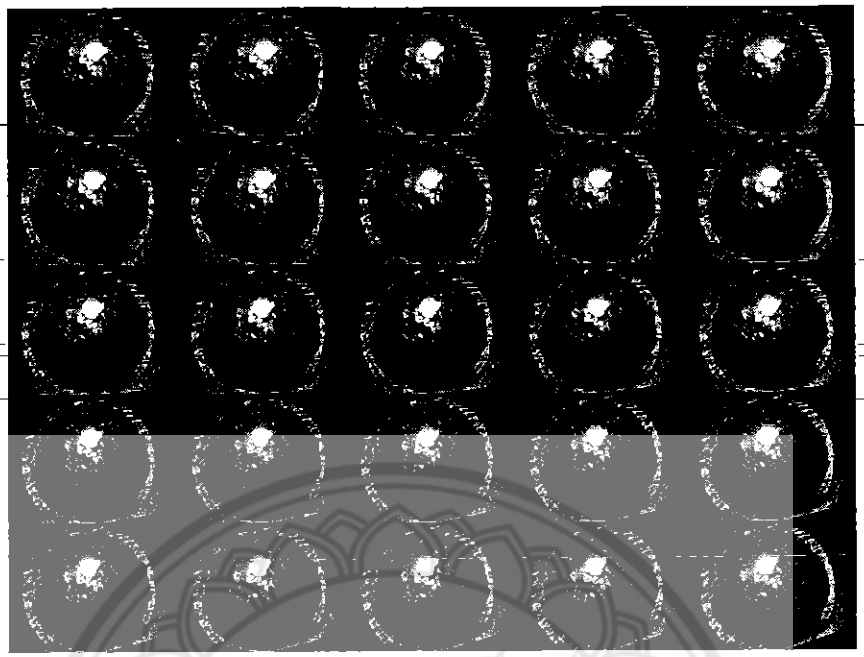
รูปที่ 20 การหมุนภาพ 100-124 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



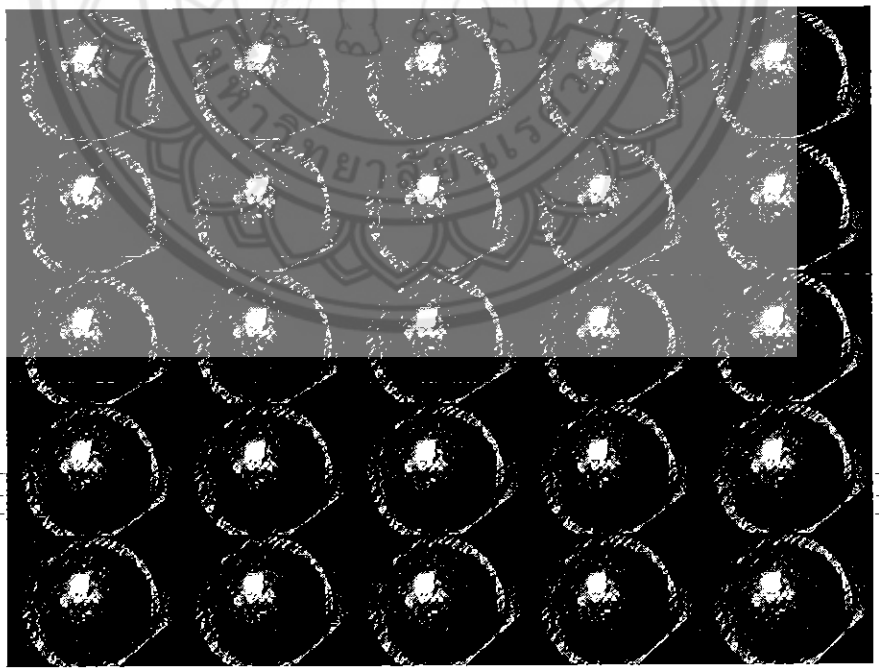
รูปที่ 21 การหมุนภาพ 125-149 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



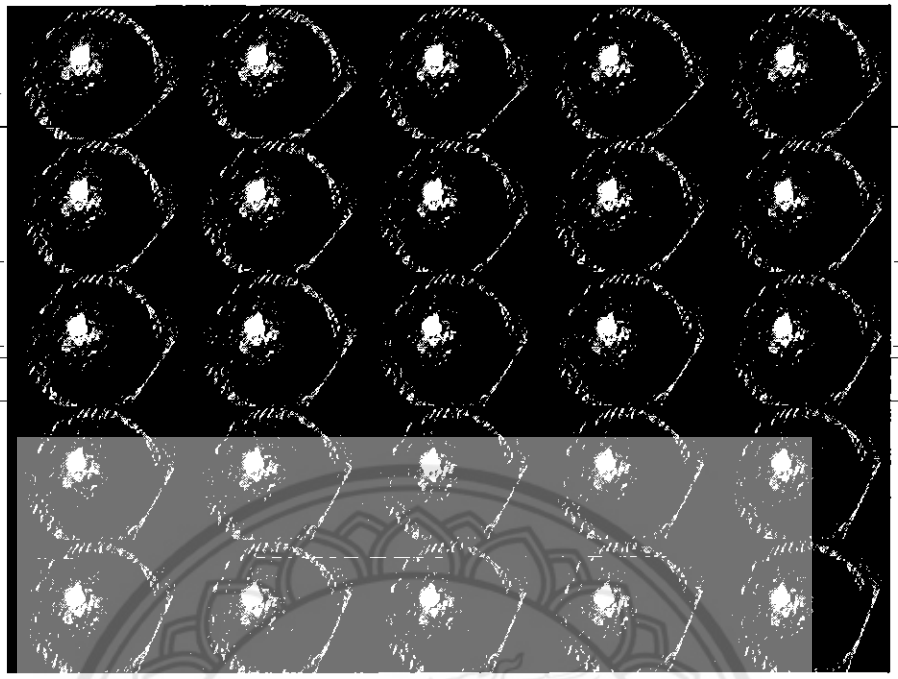
รูปที่ 22 การหมุนภาพ 150-174 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



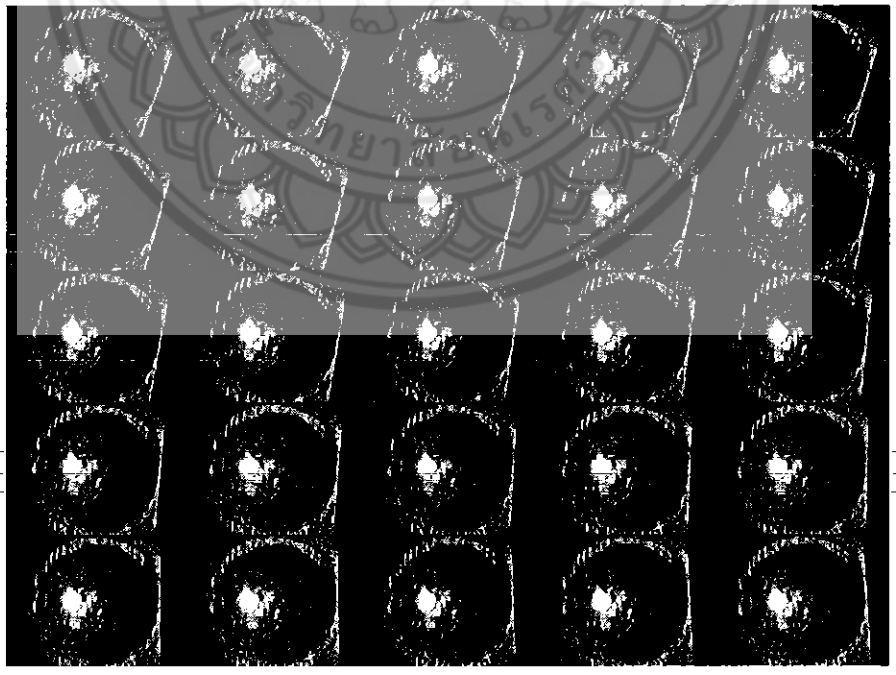
รูปที่ 23 การหมุนภาพ 175-199 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



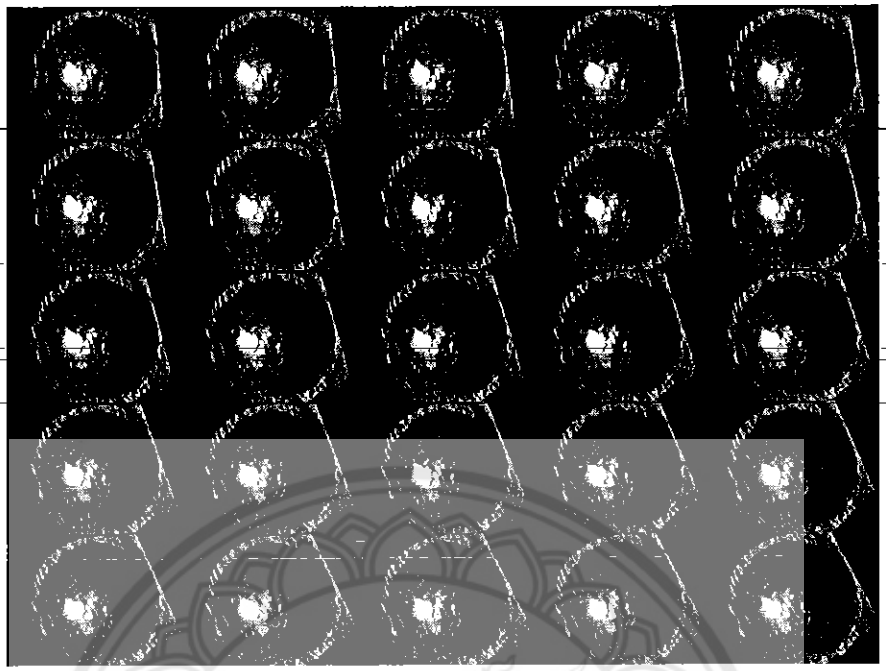
รูปที่ 24 การหมุนภาพ 200-224 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



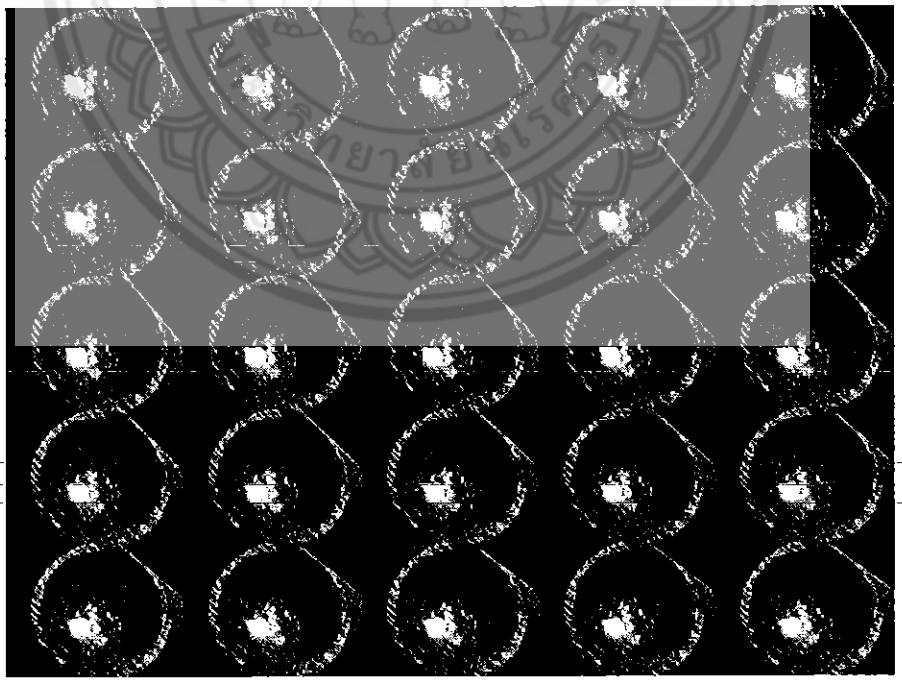
รูปที่ 26 การหมุนภาพ 225-249 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



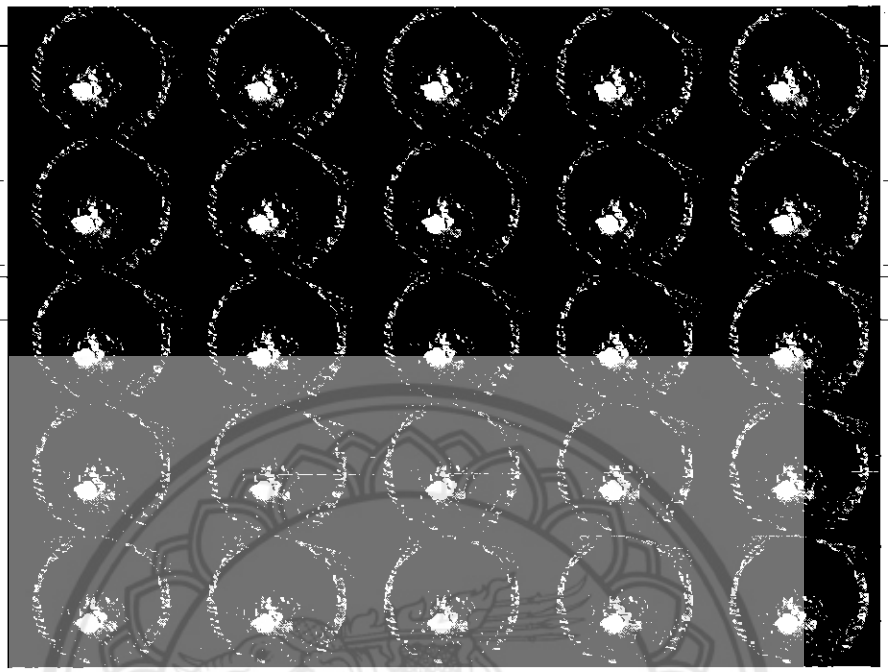
รูปที่ 27 การหมุนภาพ 250-274 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



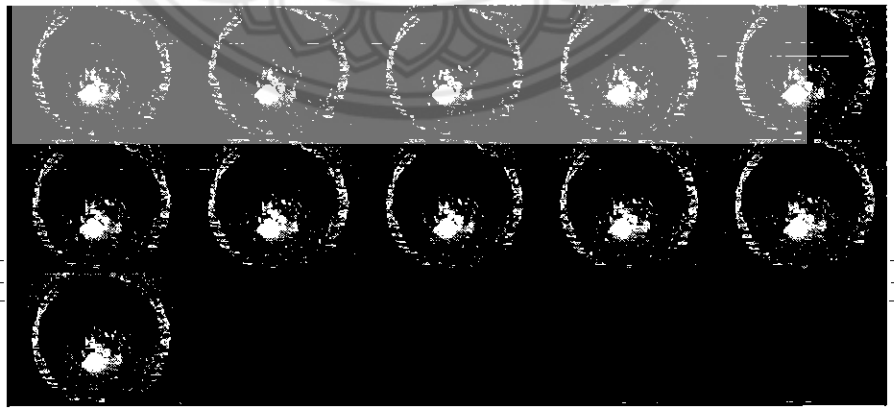
รูปที่ 28 การหมุนภาพ 275-299 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



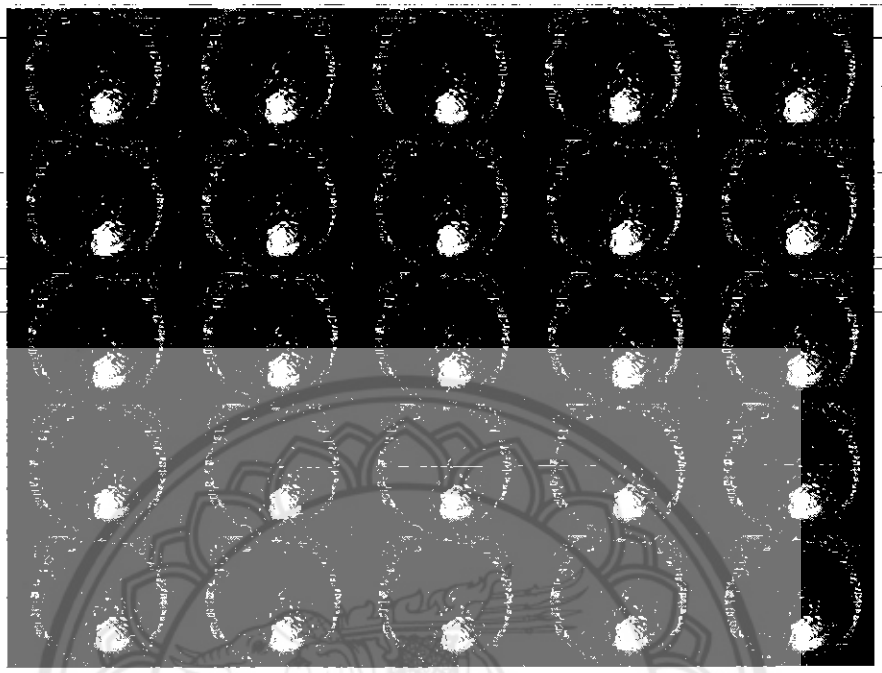
รูปที่ 29 การหมุนภาพ 300-324 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



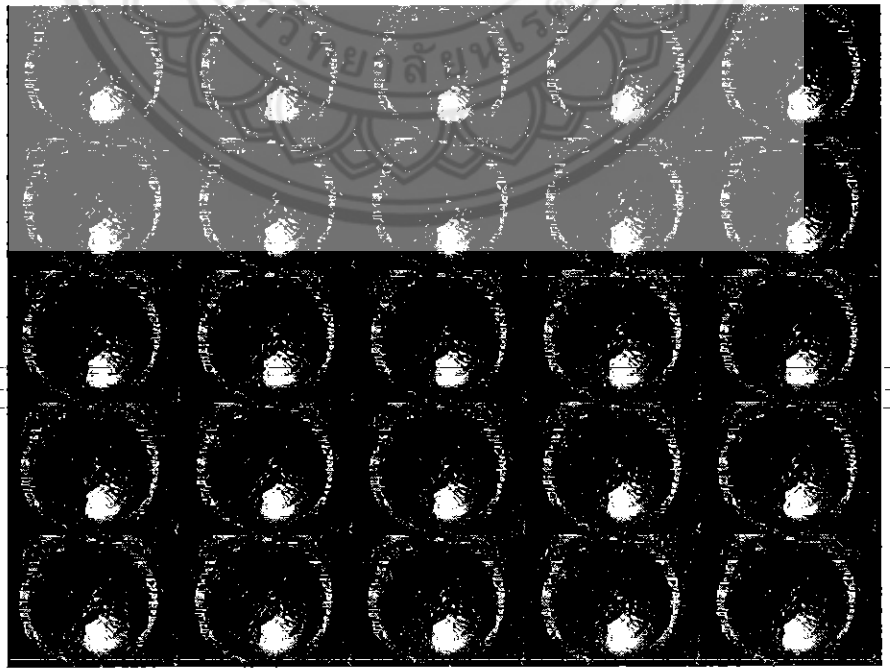
รูปที่ 30 การหมุนภาพ 324-349 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



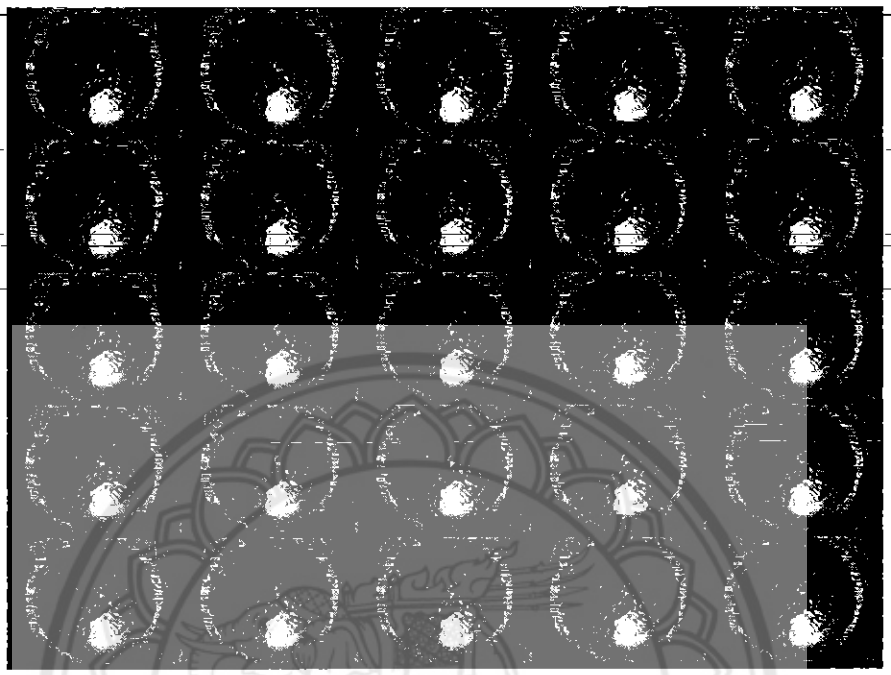
รูปที่ 31 การหมุนภาพ 350-360 องศา การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



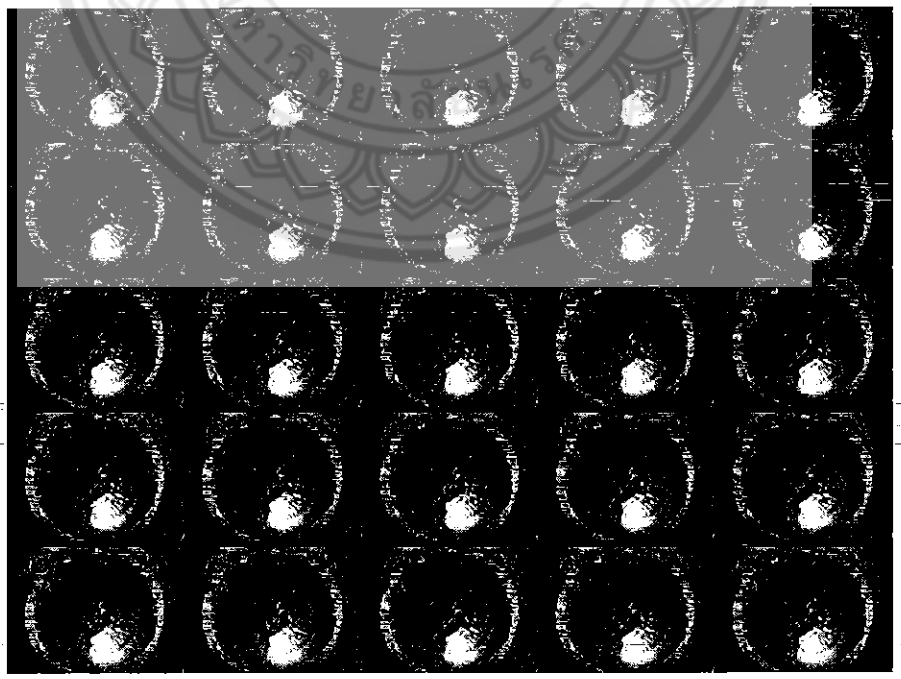
รูปที่ 32 การเลื่อนภาพตามแกน (x,0) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



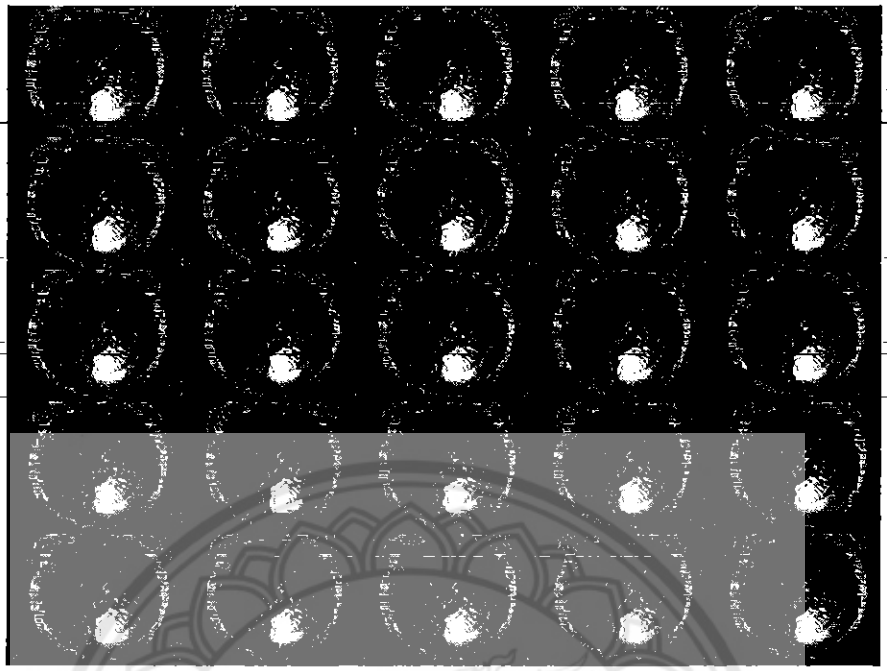
รูปที่ 33 การเลื่อนภาพตามแกน (-x,0) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



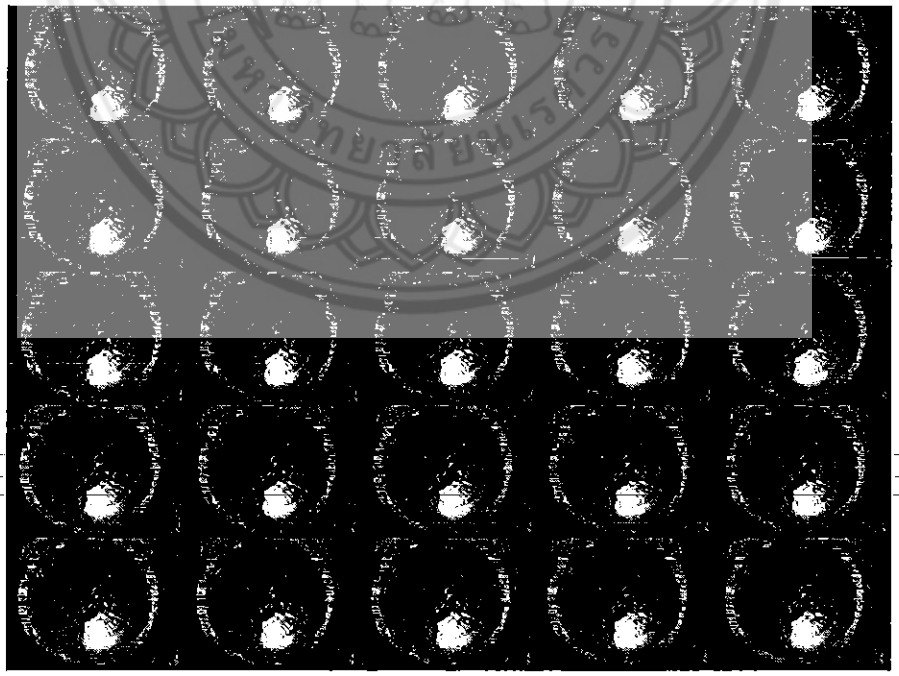
รูปที่ 34 การเลื่อนภาพตามแกน (0,y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



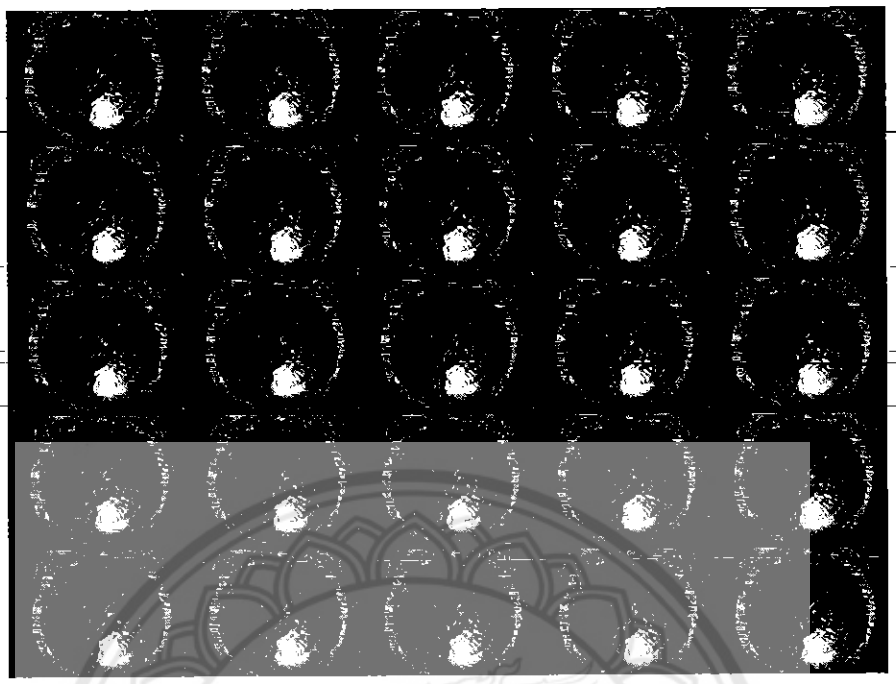
รูปที่ 35 การเลื่อนภาพตามแกน (0,-y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



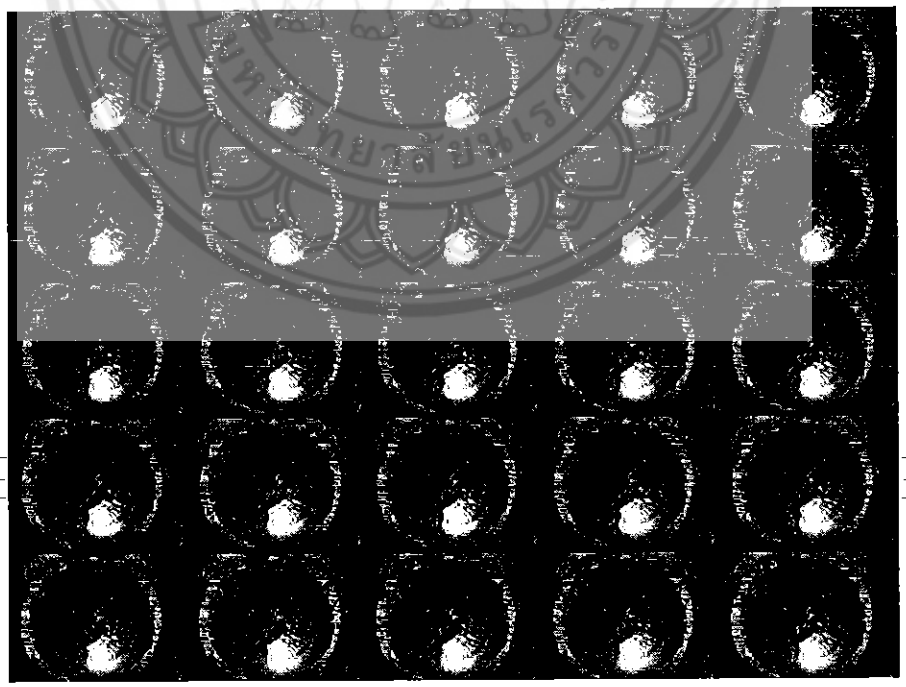
รูปที่ 36 การเลื่อนภาพตามแกน (x,y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



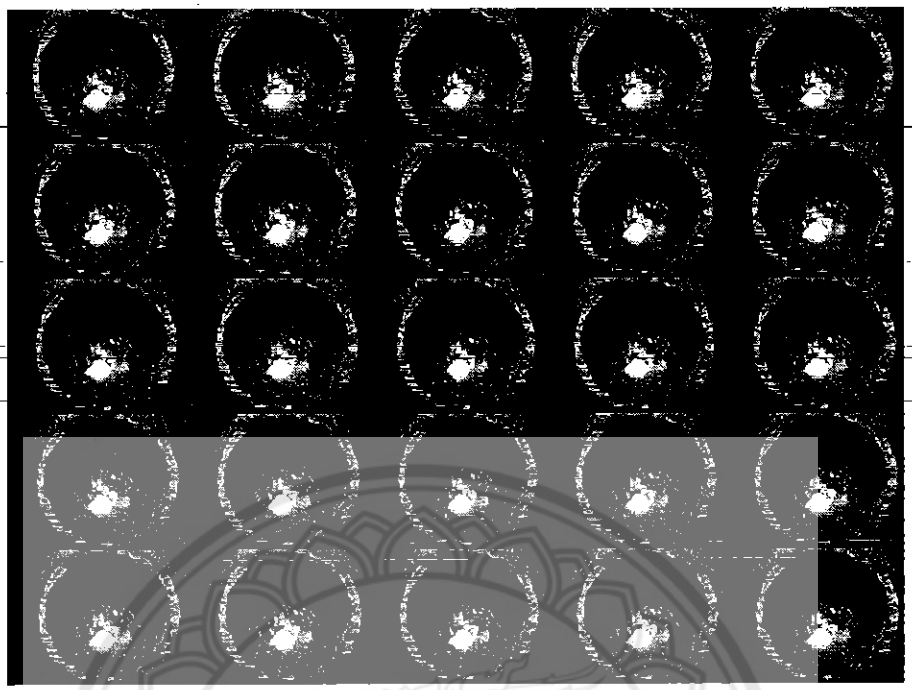
รูปที่ 37 การเลื่อนภาพตามแกน (-x,y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



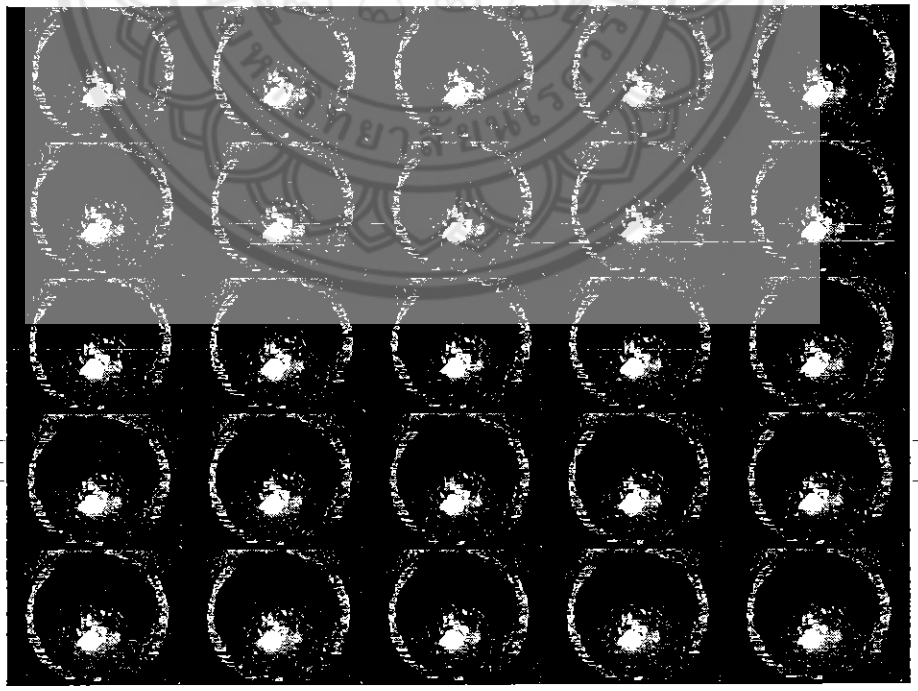
รูปที่ 38 การเลื่อนภาพตามแกน (x,-y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



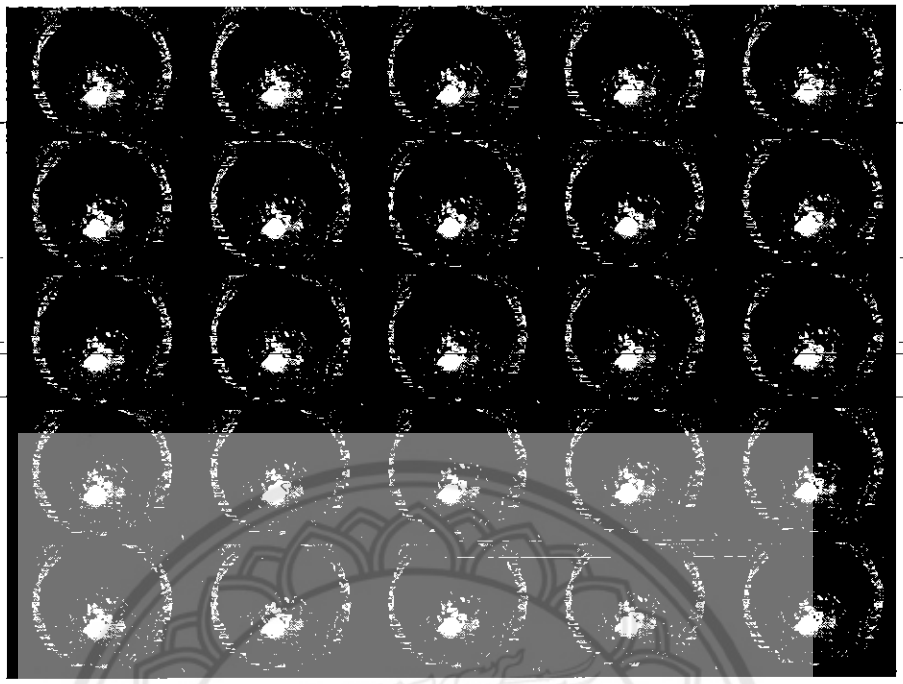
รูปที่ 39 การเลื่อนภาพตามแกน (-x,-y) การทดสอบครั้งที่ 1(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



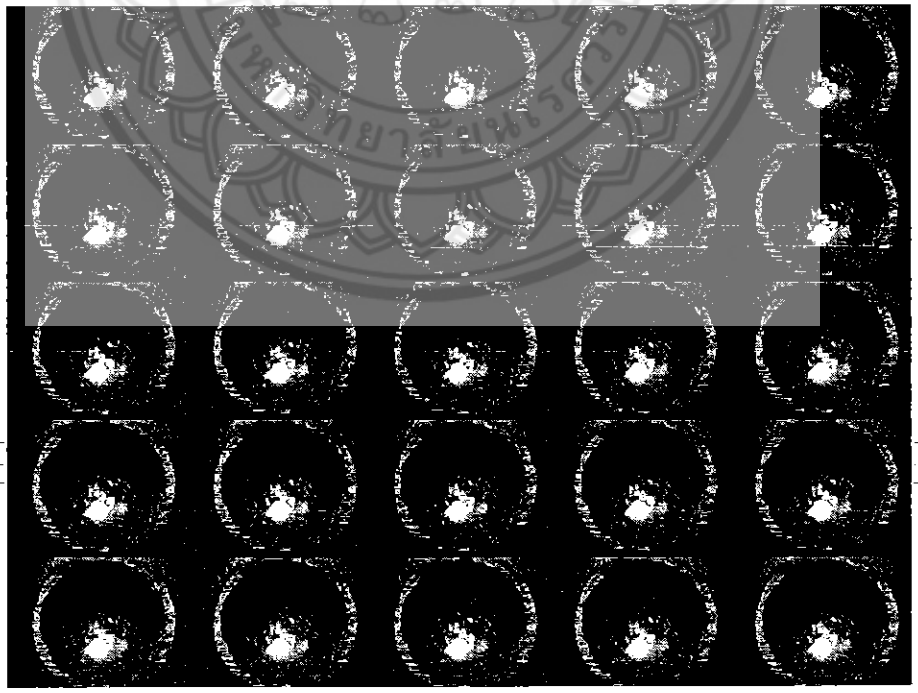
รูปที่ 40 การเลื่อนภาพตามแกน (x,0) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



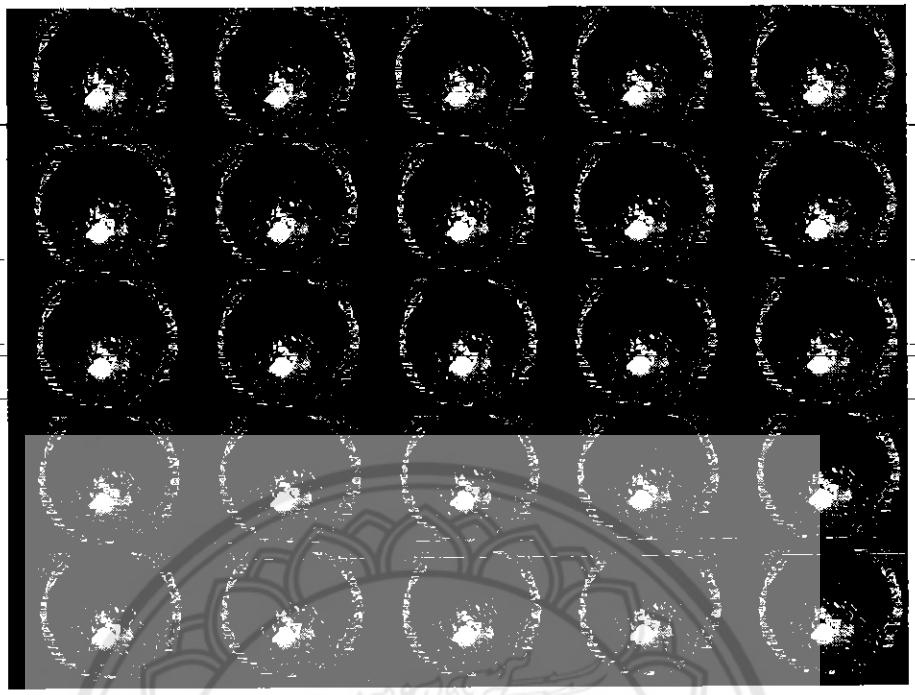
รูปที่ 41 การเลื่อนภาพตามแกน (-x,0) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



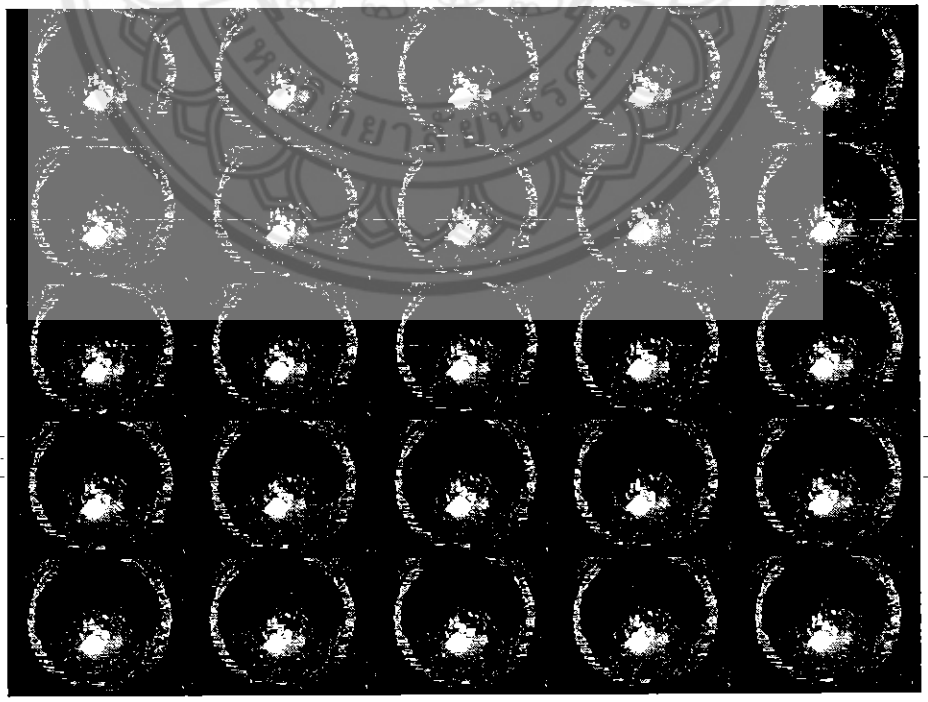
รูปที่ 42 การเลื่อนภาพตามแกน (0,y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



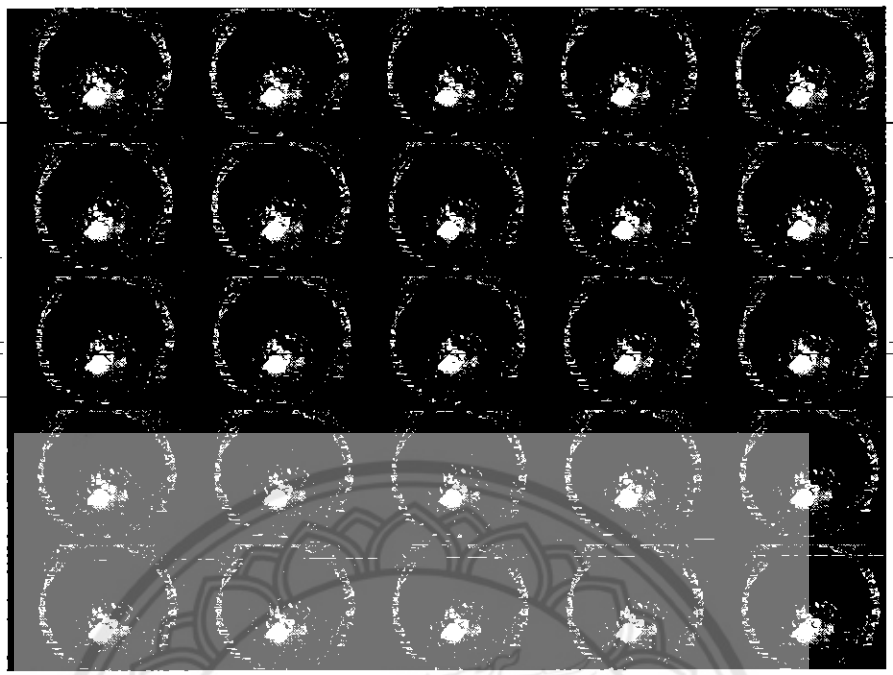
รูปที่ 43 การเลื่อนภาพตามแกน (0,-y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



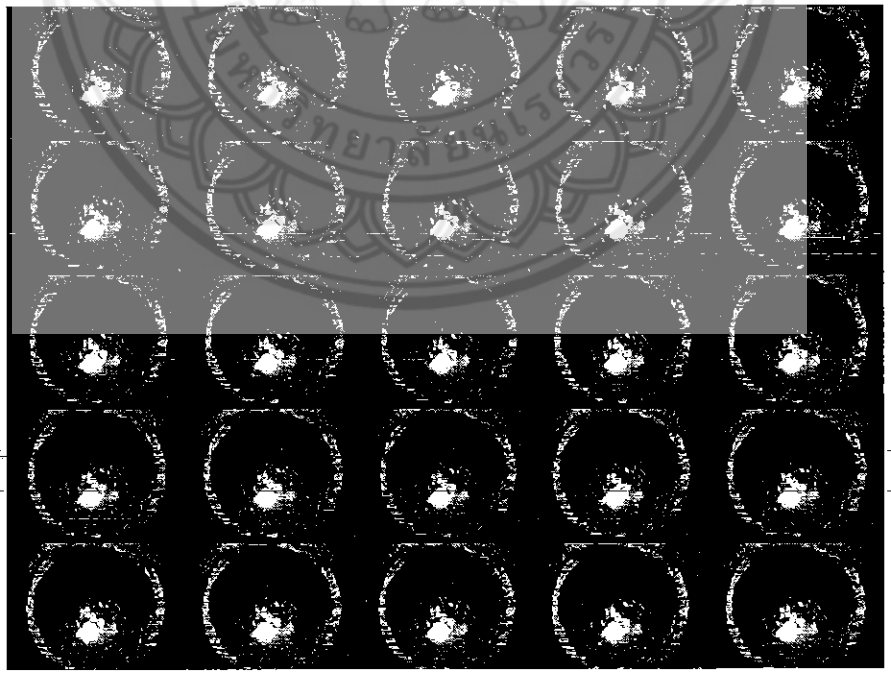
รูปที่ 44 การเลื่อนภาพตามแกน (x,y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



รูปที่ 45 การเลื่อนภาพตามแกน (-x, y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



รูปที่ 46 การเลื่อนภาพตามแกน (x,-y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



รูปที่ 47 การเลื่อนภาพตามแกน (-x,-y) การทดสอบครั้งที่ 2(หมุนทวนเข็มนาฬิกา)

```
function cv = covm(A,B)
% COVM covariance matrix between A and B
[mr, nc] = size(A);
[mrB, ncB] = size(B);
if mr ~= mrB; error('Their matrix rows are not machted!'); end;
if nc ~= ncB; error('Their matrix columns are not machted!'); end;
vecA = reshape(A,mr*nc,1); meanA = mean(vecA);
vecB = reshape(B,mr*nc,1); meanB = mean(vecB);
C = real(ifft2(fft2(A-meanA,2*mr-1,2*nc-1).*fft2(flipud(fliplr(B-
meanB)),2*mr-1,2*nc-1)));
cv = C(mr:end, nc:end)/(norm(vecA-meanA,2)*norm(vecB-meanB,2));
```

รูปที่ 48 โค้ด(Code)ด้วยเมตริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix)

```
% statisticCoVM.m
clear all;
close all;

val1 = []; val2 =[]; val3 = []; val4 = []; val5 = []; n = [];

for pic=1:1:360;

%A=double(imread(['D:\IRPUS02\FinanceAccounting\SooZoGroup\2550\RawDa
ta\RealData1_1\rot' num2str(pic) '.jpg']));
    A=double(imread(['\rot' num2str(pic) '.jpg']));

    COVM = covm(A,A);
    fftCOVM = fft2(COVM);
    afftCOVM = abs(fftCOVM);

    val1 = [val1 max(max(afftCOVM))];
    val2 = [val2 mean(mean(afftCOVM))];
    val3 = [val3 median(median(afftCOVM))];
    val4 = [val4 std(std(afftCOVM))];
    val5 = [val5 min(min(afftCOVM))];

    n = [n pic];
end;

CovmVal = [val1; val2; val3; val4; val5];
save CovmValData CovmVal;

figure(1);
subplot(5,1,1); plot(n,CovmVal(1,:)); ylabel('Max. R[n]');
subplot(5,1,2); plot(n,CovmVal(2,:)); ylabel('Mean R[n]');
subplot(5,1,3); plot(n,CovmVal(3,:)); ylabel('Median R[n]');
subplot(5,1,4); plot(n,CovmVal(4,:)); ylabel('Std. R[n]');
subplot(5,1,5); plot(n,CovmVal(5,:)); ylabel('Min. R[n]');
```

รูปที่ 49 โค้ด(Code) หาค่าทางสถิติด้วยเมตริกซ์ความแปรปรวน (Correlation Matrix)

```
function cr = cor(A,B)
% COR corelation matrix between A and B
[mr, nc] = size(A); [mrB, ncB] = size(B);
if mr ~= mrB; error('Their matrix rows are not machted!'); end;
if nc ~= ncB; error('Their matrix columns are not machted!'); end;
vecA = reshape(A,mr*nc,1);
vecB = reshape(B,mr*nc,1);
C = real(ifft2(fft2(A,2*mr-1,2*nc-1).*fft2(flipud(fliplr(B)),2*mr-
1,2*nc-1)));
cr = C(mr:end, nc:end)/(norm(vecA,2)*norm(vecB,2));
```

รูปที่50 โค้ด(Code)ด้วยเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix)

```
% statisticCorm.m
clear all;
close all;

val1 = []; val2 =[]; val3 = []; val4 = []; val5 = []; n = [];

for pic=1:1:360;

%A=double(imread(['D:\IRPUS02\FinanceAccounting\SooZoGroup\2550\RawD
ata\RealData1_1\rot' num2str(pic) '.jpg']));
    A=double(imread(['\rot' num2str(pic) '.jpg']));

    COR = cor(A,A);
    fftCOR = fft2(COR);
    afftCOR = abs(fftCOR);

    val1 = [val1 max(max(afftCOR))];
    val2 = [val2 mean(mean(afftCOR))];
    val3 = [val3 median(median(afftCOR))];
    val4 = [val4 std(std(afftCOR))];
    val5 = [val5 min(min(afftCOR))];

    n = [n pic];
end;

CorVal = [val1; val2; val3; val4; val5];
save CorValData CorVal;

figure(1);
subplot(5,1,1); plot(n,CorVal(1,:)); ylabel('Max. R[n]');
subplot(5,1,2); plot(n,CorVal(2,:)); ylabel('Mean R[n]');
subplot(5,1,3); plot(n,CorVal(3,:)); ylabel('Median R[n]');
subplot(5,1,4); plot(n,CorVal(4,:)); ylabel('Std. R[n]');
subplot(5,1,5); plot(n,CorVal(5,:)); ylabel('Min. R[n]');
```

รูปที่51 โค้ด(Code) หาค่าทางสถิติด้วยเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix)

ภาคผนวกตาราง

ตารางที่ ผ.1

ลำดับที่	การหมุนภาพ	การเลื่อนภาพ
1	50	(2,0)
2	100	(4,0)
3	150	(0,8)
4	200	(0,-10)
5	220	(-12,12)
6	240	(15,-15)
7	260	(2,2)
8	300	(-5,-5)
9	320	(-1,-1)
10	360	(-10,-10)
11	-50	(2,0)
12	-100	(4,0)
13	-150	(0,8)
14	-200	(0,-10)
15	-220	(-12,12)
16	-240	(15,-15)
17	-260	(2,2)
18	-300	(-5,-5)
19	-320	(-1,-1)
20	-360	(-10,-10)

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นางสุนทรีย์ พัวพรพงศ์

ภูมิลำเนา 86/1 ถนนตีคลี ตำบลตาคลี อำเภอตาคลี

จังหวัดนครสวรรค์ 60140

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตาคลีประชาสรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **puapornpong@hotmail.com**