การรู้จำตัวบุคคลโดยใช้ FIR SYSTEM

กษิดิศ มหาศะรานนท์
จรัสรวี วิไลวงษ์วัฒนกิจ
นรินทร์ คุณานุปถัมภ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำตัวบุคคลโดยใช้ FIR SYSTEM

กษิดิศ มหาศะรานนท์
จรัสรวี วิไลวงษ์วัฒนกิจ
นรินทร์ คุณานุปถัมภ์

ว.คพ.
ก333ก
2558
เลขหมู่
เลขทะเบียน 143871
วัน,เดือน,ปี 04 ต.ค. 2559

b.12810137
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERSONAL RECOGNITION USING FIR SYSTEM

KASIDIT MAHASARANON

JARADRAWEE WILAIWONGWATTANAKIJ

NARIN KUNANUPATHUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERRING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การรู้จำตัวบุคคลโดยใช้ FIR SYSTEM
PERSONAL RECOGNITION USING FIR SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกษิดิศ มหาศะรานนท์ **รหัสนักศึกษา** 55010056
นายจรัสรวี วิไลวงษ์วัฒนกิจ **รหัสนักศึกษา** 55010140
นายนรินทร์ คุณานุปถัมภ์ **รหัสนักศึกษา** 55010627

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การรู้จำตัวบุคคลโดยใช้ FIR System
PERSONAL RECOGNITION USING FIR SYSTEM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายกษิดิศ มหาศะรานนท์ **รหัสนักศึกษา** 55010056
นายจรัสรวี วิไลวงษ์วัฒนกิจ **รหัสนักศึกษา** 55010140
นายนรินทร์ คุณานุปถัมภ์ **รหัสนักศึกษา** 55010627
อาจารย์ปรึกษา รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ข้อมูลทางชีวภาพหรือไบโอเมตริกซ์ถูกนำมาใช้เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์และรู้จำตัวตนของบุคคลกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งข้อมูลทางชีวภาพที่เป็นที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันนั้นมักจะมาจากลายนิ้วมือ โครงสร้างใบหน้าหรือ ดีเอ็นเอ แต่ในร่างกายของมนุษย์ก็ยังมีอีกหลายส่วนที่สามารถนำมาใช้ในการรู้จำตัวตนของบุคคลได้ มือของมนุษย์ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งสามารถนำข้อมูลทางชีวภาพมาใช้ในการรู้จำและพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลได้ ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอ การรู้จำตัวตนของบุคคลด้วยข้อมูลทางชีวภาพที่มาจากมือของมนุษย์ ซึ่งได้มาจากขอบของนิ้ว และเส้นลายมือหลักภายในฝ่ามือได้แก่ เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต หรืออาจเรียกเส้นทั้งสามนี้ว่า Principal Lines โดยใช้กระบวนการของ FIR System เพื่อใช้หาความเป็นเอกลักษณ์ของข้อมูลไบโอเมตริกซ์ดังกล่าวเพื่อใช้ในการรู้จำตัวตนบุคคล โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการพัฒนาโปแกรมทั้งหมดโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองจากกลุ่มตัวอย่าง 200 คนพบว่าการรู้จำด้วยนิ้วมือนั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำตัวบุคคลรวมกันได้เท่ากับ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	PERSONAL RECOGNITION USING FIR SYSTEM	
Authors	Mr. Kasidit	Mahasaranon
	Mr. Jaradrawee	Wilaiwongwattanakit
	Mr. Narin	Kunanupathum
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kaset	Sirisantisamrid
Year	2016	

Abstract

Nowadays. Biological or biometric information is widely used to prove the uniqueness of individuals, in particular, which are usually popular biological data from the fingerprint, face structure or DNA. Human hand is however, another part of the body that conducts to biological data. Therefore, this thesis presents personal recognition using FIR system in which finger shape of four fingers and principal lines are used as biological data. The principal lines consist of heart line, head line and life line. The developed program that written by MATLAB, divided into three parts: 1) finger shape recognition 2) principal lines recognition and 3) recognize from combination of finger shape and principal lines. 200 hand images are used to test the algorithms. The experimental results show that 95% accuracy of finger shape recognition, 53% of principal lines recognition and 88.5% of combination finger shape and principal lines are obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการระบุตัวตนด้วยระบบ FIR (Personal Identification by FIR System) จาก รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ยังให้ความเอาใจใส่ดูแลสอบถามถึงความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอทำให้คณะผู้จัดทำทำงานอย่างมีระบบและใช้เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือสละเวลามาเป็นแบบถ่ายรูปในการทำฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลองในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และดูแลตลอดมา

กษิดิศ มหาศะรานนท์
จรัสรวี วิไลวงษ์วัฒนกิจ
นรินทร์ คุณานุปถัมภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....VI
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....**1**
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน Digital Image Processing.....**4**
2.1 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing).....4
2.1.1 ประเภทของภาพ (Image Type).....4
2.1.1.1 ภาพสี (Color Image).....4
2.1.1.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image).....5
2.1.1.3 ภาพขาวดำ (Binary Image).....6
2.1.1.3 ภาพดัชนี (Indexed Image).....7
2.2 ฮิสโตรแกรมของภาพ (Image Histogram).....7
2.3 การขยายภาพ (Dilation).....8
2.4 ทฤษฎีการหาขอบภาพ (Edge Detection).....10
2.4.1 Gradient Method.....10
2.4.2 การหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล (Sobel Edge Detection).....10
2.5 ทฤษฎีการหาแกนกลาง.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 การปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter....15
2.7 ทฤษฎีการหาตำแหน่งพิกัด (Coordinate Detection)....17

บทที่ 3 การเตรียมภาพและการแยกนิ้วมือออกจากภาพ....19
3.1 ข้อกำหนดในการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการประมวลผล....19
3.2 การเตรียมภาพ....23
3.3 การแยกนิ้วมือออกจากภาพ....33

บทที่ 4 การแยก Palm-Print และ การแยก Principal Lines....54
4.1 การแยก Palm-Print ออกจากภาพ....55
4.2 การปรับปรุงรูปภาพ....67
4.3 การแยก Principal Lines ออกจากภาพ....79

บทที่ 5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือ....90
และ Principal Lines และการบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบ
5.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือ....90
5.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines....106
5.3 การเก็บบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบและการเรียกใช้ฐานข้อมูลของนิ้วมือ....117
และ Principal Lines
5.3.1 การเก็บบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบของนิ้วมือและ Principal Lines....117
5.3.2 การเรียกใช้ฐานข้อมูลแม่แบบ....118
5.3.3 การเพิ่มฐานข้อมูลแม่แบบ....118

บทที่ 6 การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ,การรู้จำโดยใช้ Principal Lines....120
และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines
6.1 การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ....120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.2 การรู้จำโดยใช้ Principal Lines....125
6.3 การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines....129

บทที่ 7 ผลการทดลอง....133
7.1 ข้อจำกัดของภาพมือในการทดลอง....133
7.2 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือ....134
7.2.1 กรณีที่ 1....135
7.2.2 กรณีที่ 2....137
7.2.3 กรณีที่ 3....143
7.2.4 กรณีที่ 4....149
7.2.5 กรณีที่ 5....155
7.3 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้ Principal Lines....156
7.3.1 กรณีที่ 1....157
7.3.2 กรณีที่ 2....159
7.3.3 กรณีที่ 3....164
7.3.4 กรณีที่ 4....169
7.4 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines....170

บทที่ 8 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง....173
8.1 สรุปผลการทดลอง....173
8.2 วิจารณ์ผลการทดลอง....173
8.3 ข้อเสนอแนะ....174

บรรณานุกรม....175
ภาคผนวก....176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

7.1 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 1.....135

7.2 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 2.....138

7.3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 3.....143

7.4 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 4.....149

7.5 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 5.....155

7.6 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 1.....157

7.7 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 2.....159

7.8 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 3.....164

7.9 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 4.....169

7.10 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines.....171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แต่ละแถบของแม่สีหลักในแต่ละพิกเซล....5

2.2 ลักษณะภาพระดับสีเทามีค่าความเข้มของแสงในแต่ละพิกเซล....5
ที่แตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปยังสีดำ

2.3 ภาพแสดงค่าระดับสีเทา....6

2.4 ลักษณะของภาพขาวดำคือในแต่ละพิกเซลจะแสดงด้วยค่าแบบไบนารี 0 และ 1....6

2.5 ภาพดัชนีขนาด 2 บิต สีของแต่ละจุดภาพ (Pixel) 7
ถูกแทนด้วยหมายเลขดัชนีซึ่งจะสอดคล้องกับสีต่างๆที่แสดงอยู่ในตารางสี

2.6 ภาพแสดงลักษณะของฮิสโตรแกรม....7

2.7 แสดงถึงฮิสโตรแกรมของภาพที่มีความสว่าง และภาพที่มืด....8

2.8 ตัวอย่างสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ในการขยายพิกเซลของภาพ....8

2.9 การทำงานของ Dilation....9

2.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ Dilation....9

2.11 หน้าต่างขนาด 3x3 ของโซเบล....10

2.12 หน้าต่างขนาด 3x3....12

2.13 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนค่าจาก “0” เป็น “1”....13

2.14 ภาพต้นฉบับก่อนทำการหาแกนแกลางของภาพ....14

2.15 กระบวนการหาแกนกานของภาพและภาพผลลัพธ์....14

2.16 หลักการของ Top Hat Filter....16

2.17 รูปภาพแสดงตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top-Hat Filter....16

2.18 พิกัดที่แสดงในรูปของ Coordinate xy ที่จุด (x_0, y_0) และ (x_1, y_1)....17

2.19 ทิศทาง 8 ทิศทางรอบจุด p1 ที่พิจารณา....17

3.1 กล่องที่ใช้ในการถ่ายภาพ....20

3.2 แสดง Flow Chart ที่ 1 การทำงานโดยรวมของโปรแกรม....21

3.3 แสดงภาพสี (RGB) ของมือ....23

3.4 แสดงภาพมือที่แปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา....24

3.5 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ....25

3.6 แสดงหน้าต่างโซเบล....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล....27
3.8 แสดงหน้าต่างขนาด 3×3 เพื่อใช้ในการหาแกนกลางภาพ....27
3.9 แสดงภาพผลลัพธ์การหาแกนกลางของภาพเส้นขอบมือ....32
3.10 แสดงการเปรียบเทียบนิ้วกลางที่ยังไม่ได้หาแกนกลางภาพกับนิ้วกลางที่หาแกนกลางแล้ว....32
3.11 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นในการเริ่มเก็บตำแหน่งขอบมือ....34
3.12 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วกลางด้านซ้ายและด้านขวา....34
3.13 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งขิงนิ้วกลางที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ....37
3.14 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วชี้....38
3.15 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วชี้ที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ....41
3.16 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วนาง....42
3.17 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วนางที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ....44
3.18 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วก้อย....45
3.19 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วก้อยที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ....48
3.20 แสดงนิ้วชี้ที่นอลมอลไลแล้ว....52
3.21 แสดงนิ้วกลางที่นอลมอลไลแล้ว....53
3.22 แสดงนิ้วนางที่นอลมอลไลแล้ว....53
3.23 แสดงนิ้วก้อยที่นอลมอลไลแล้ว....53
4.1 แสดงเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต....54
4.2 แสดงตำแหน่ง M1 และ M2....55
4.3 แสดงภาพก่อนหมุนภาพและหลังหมุนภาพ....56
4.4 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ....57
4.5 แสดงหน้าต่างโซเบล....58
4.6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล....59
4.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาแกนกลางภาพ....63
4.8 แสดงเส้นตรงตั้งฉากและเส้นตรงแนวนอนที่สร้างขึ้น....64
4.9 แสดงสี่เหลี่ยมมีที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ Crop ภาพ....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	แสดง Palm-print ที่ถูกแยกอออกมาจากภาพ	67
4.11	แสดงการเปรียบเทียบ Palm-Print ก่อนและหลังทำ Normalize	68
4.12	แสดงภาพการเปรียบเทียบก่อนเบลอภาพและหลังเบลอภาพ	69
4.13	แสดงภาพ Negative ของ Palm-Print	70
4.14	แสดงภาพ Negative เมื่อปรับแก้ไขความสว่างของภาพโดยใช้ Top-Hat Filter	71
4.15	แสดงภาพผลลัพธ์ที่ปรับความคมชัดโดยใช้ Histogram Equalization	72
4.16	แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ	73
4.17	แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการลบกลุ่มพิกเซลเล็กๆออกจากภาพ	74
4.18	แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการขยายพิกเซลสีขาวเรียบร้อยแล้ว	75
4.19	แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการหาแกนกลางของภาพแล้ว	79
4.20	แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อหมุนภาพแล้ว	80
4.21	แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is1 และ js1 มาพล็อตกราฟ	82
4.22	แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is2 และ js2 มาพล็อตกราฟ	84
4.23	แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is3 และ js3 มาพล็อตกราฟ	86
4.24	แสดง Principal Lines ทั้งสามเส้นที่แยกออกจากภาพ	87
4.25	แสดงตำแหน่งของ A1, A2 และ A3	87
4.26	แสดงการระบุเส้นสมอง เส้นหัวใจและเส้นชีวิต	89
5.1	แสดงผลลัพธ์การ Interpolation นิ้วมือแต่ละนิ้ว	94
5.2	แสดงผลลัพธ์การ Down-Sampling นิ้วมือแต่ละนิ้ว	95
5.3	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลาง	97
5.4	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้	99
5.5	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง	100
5.6	แสดงบาร์กราฟแท่งของสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อย	102
5.7	แสดงกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละนิ้ว	105
5.8	แสดงผลลัพธ์การ Interpolation เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต	109
5.9	แสดงผลลัพธ์ Down-Sampling เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.10 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นสมอง....112
5.11 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นหัวใจ....113
5.12 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นชีวิต....114
5.13 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal line....116
5.14 ภาพแสดงตัวอย่างการเก็บบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบ....118
6.1 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ จากผลลัพธ์....122
6.2 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ จากฐานข้อมูล....122
6.3 แสดงกราฟการรู้จำด้วยนิ้วมือ....124
6.4 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองจากผลลัพธ์....126
6.5 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองจากฐานข้อมูล....126
6.6 แสดงกราฟการรู้จำด้วย Principal Lines....128
6.7 แสดงกราฟการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines....132
7.1 แสดงภาพมือที่เห็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตที่ต่างกัน....133
7.2 แสดงภาพมือที่สวมแหวนและเล็บมือยาว....134
7.3 แสดงตัวอย่างอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด....135
7.4 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....136
7.5 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....136
7.6 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....136
7.7 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....137
7.8 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....138
7.9 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....138
7.10 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....139
7.11 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....139
7.12 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....140
7.13 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....140
7.14 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.15	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	141
7.16	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	141
7.17	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	142
7.18	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	142
7.19	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	142
7.20	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	144
7.21	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	144
7.22	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	144
7.23	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	145
7.24	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	145
7.25	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	146
7.26	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	146
7.27	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	146
7.28	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	147
7.29	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	147
7.30	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	148
7.31	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	148
7.32	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	150
7.33	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	150
7.34	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	150
7.35	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	151
7.36	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	151
7.37	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	152
7.38	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	152
7.39	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	152
7.40	แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล	153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

7.41 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล....153
7.42 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....154
7.43 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....154
7.44 แสดงตัวอย่างอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด.....157
7.45 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล..158
7.46 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล...158
7.47 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....158
7.48 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....160
7.49 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....160
7.50 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....160
7.51 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....161
7.52 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....161
7.53 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....162
7.54 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล..162
7.55 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล...163
7.56 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....163
7.57 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....165
7.58 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....165
7.59 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....165
7.60 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล..166
7.61 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล...166
7.62 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....167
7.63 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....167
7.64 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....168
7.65 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล.....168
7.66 แสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองทั้งหมด.....171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การระบุตัวตนบุคคลด้วยข้อมูลทางชีวภาพของมนุษย์ในปัจจุบันนั้นถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และวิธีการที่นำมาใช้นั้นก็มีอยู่มากมายหลายวิธีแต่วิธีการเหล่านั้นยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น การระบุตัวตนบุคคลโดยการใช้ม่านตา (Iris) หรือเรตินา (Retina) ซึ่งในการการสแกนม่านตา (Iris) หรือเรตินา (Retina) เพื่อเก็บข้อมูลนั้นดวงตาจะต้องสัมผัสแสงโดยตรงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อดวงตาได้ การระบุตัวตนบุคคลด้วยลายนิ้วมือที่ยังไม่ปลอดภัยถึงกับ 100 % เนื่องจากลายนิ้วมือนั้นสามารถทำการคัดลอกได้ หรือจะเป็นการระบุตัวตนด้วย DNA ที่จำเป็นต้องที่จะมีผู้ที่มีความรู้เฉพาะทางมาเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ผลซึ่งใช้เวลาและขั้นตอนในการดำเนินการที่มีระยะเวลานานและซับซ้อน และเมื่อศึกษาการระบุตัวตนโดยใช้ลักษะเด่นเส้นขอบนิ้วมือพบว่าการระบุตัวตนโดยใช้ลักษณะเด่นเส้นขอบนิ้วมือเพียงอย่างเดียวนั้นอาจยังไม่เหมาะสมหรือข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบตัวตนยังน้อยไป จึงศึกษาการระบุตัวตนด้วย Principal Lines ซึ่งเป็นข้อมูลทางชีวภาพที่ได้จากมือเหมือนกับเส้นขอบนิ้วมือ ซึ่งพบว่าสามารถระบุตัวตนได้เช่นกัน ด้วยสาเหตุเหล่านี้ทำให้ทางคณะผู้จัดทำเกิดความสนใจในการระบุตัวตนด้วยการใช้ลักษณะเด่นของเส้นขอบนิ้วมือร่วมกับ Principal Lines ซึ่ง Principal Lines นั้นคือ เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตบนฝ่ามือ โดยมีสมมุติฐานว่าหากใช้ลักษณะเด่นของนิ้วมือหรือ Principal Lines เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพิจาณาเพื่อระบุตัวตนจะน้อยเกินไปอาจเกิดความผิดพลาดในการระบุตัวตนได้จึงเลือกที่จะใช้ข้อมูลทั้งลักษณะเด่นของเส้นขอบนิ้วมือและลักษณะเด่นของ Principal Lines ร่วมกันจะทำให้ความถูกต้องในการระบุตัวตนมีมากกว่าการใช้ข้อมูลเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งถ้าหากการระบุตัวตนด้วยวิธีการนี้สามารถทำได้สำเร็จจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆได้ เช่น ด้านระบบรักษาความปลอดภัย, ด้านการรักษาข้อมูลสำคัญๆ, การตรวจหาอาชญากร, การป้องกันอาชกรรมทางการเงิน และอื่นๆเป็นต้น

จากการศึกษาวิทยานิพนธ์เรื่องการระบุตัวบุคคลด้วย FIR System โดยนายณัฐภัทร ธีระบญจกุล ซึ่งมีจุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์คือหาความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือแต่ละนิ้วได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อยเพื่อนำมาใช้ในการระบุตัวตน โดยในวิทยานิพนธ์ของ นายณัฐภัทร ธีระบญจกุล ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างจากฐานข้อมูล KMITL จำนวน 100 บุคคล ในผลการทดลองพบว่าสามารถระบุตัวตนบุคคลได้ 99.5 เปอร์เซนต์และจากฐานข้อมูล CASAI จำนวน 100 บุคคลพบว่าสามารถระบุตัวตนได้ 98.6 เปอร์เซนต์ซึ่งพบว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง ด้วยเหตุนี้จึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมจากเดิมโดยการนำความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines มาใช้ร่วมกับความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือเพื่อทดลองว่าหากใช้ข้อมูลในการระบุตัวตนบุคคลทั้งความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือและความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines นั้นจะทำให้ความถูกต้องมีมากกว่าหรือไม่ตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ข้างต้น โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำภาพถ่ายมือที่ได้จากกล้องถ่ายภาพดิจิตอลมาทำการหาเส้นขอบของนิ้วมือ เพื่อทำการแยกนิ้วนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยออกจากภาพ
2. ทำการเก็บตำแหน่งพิกัดเส้นขอบนิ้วมือและทำการนอร์มอลไลเซชัน (Normalization) พิกัดตำแหน่งที่เก็บได้
3. ทำการแยก Palm-Print ออกจากภาพและปรับปรุงคุณภาพรูป
4. แยก Principal Lines ออกจาก Palm-Print ได้แก่ เส้นหัวใจ เส้นสมอง และเส้นชีวิต
5. เก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นที่ได้ ข้อมูลพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือและ Principal Lines
6. หา Discrete Cosine Transform (DCT) ของค่าพิกัดตำแหน่งเชิงตัวเลข (Coordinate) ของนิ้วมือและ Principal Lines
7. หาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละนิ้วและ Principal Lines แต่ละเส้น

โดยเป้าหมายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการทดสอบการระบุตัวตนจากกลุ่มตัวอย่าง 200 บุคคล และสุดท้ายนี้หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จ และผลลัพธ์ที่ได้ออกมามีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพนั้น อาจส่งผลให้วิธีการระบุตัวตนบุคคลด้วยมือเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการระบุตัวตนบุคคลที่ถูกนำพัฒนาและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1.ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการระบุตัวบุคคลด้วยลักษณะของนิ้วมือและการระบุตัวบุคคลด้วย Palm-Print

2. ศึกษาวิธีการและแนวทางในการวิเคราะห์ภาพมือของแต่ละบุคคลเพื่อหาความแตกต่างและเอกลักษณ์จากมือของแต่ละบุคคล

3. ศึกษาทฤษฎีและหลักการรู้จำเส้นขอบนิ้วมือ และการรู้จำของ Palm-Print

4. เก็บรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์จากมือของแต่ละบุคคลเพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลเผื่อเรียกใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลต่างๆที่ต้องการพิสูจน์ในอนาคต

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถแยกส่วนของนิ้วมือออกจากภาพได้
2. สามารถแยก Palm-Print ออกจากภาพได้
3. สามารถแยกเส้นชีวิต เส้นหัวใจ และเส้นสมอง หรือ Principal Lines ออกจากภาพได้
3. สามารถวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ ของแต่ละบุคคลจากเส้นขอบมือและ Principal Lines เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบบุคคลที่ต้องการพิสูจน์เอกลักษณ์

4. สามารถระบุตัวตนบุคคลจากเส้นขอบนิ้วมือและ Principal Lines จากภาพได้ โดยทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือแต่ละนิ้วและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines แต่ละเส้นที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาวิทยานิพนธ์ของนาย ณัฐภัทร ธีรเบญจกุล
2. ศึกษาความเป็นมา ความสำคัญ สมมติฐานและปัญหาต่างๆในการทำ Image Processing
3. ศึกษาทฤษฎีและวิธีการดำเนินการกับรูปภาพ ที่ใช้ในการแยกส่วนที่เป็น Palm-Print และนิ้วมือออกจากภาพสี RGB
4. ศึกษาทฤษฎีและวิธีการดำเนินการกับภาพที่ได้เพื่อทำการวิเคราะห์และตรวจสอบหาเอกลักษณ์ของ Principal Lines และเส้นขอบนิ้วมือของแต่ละบุคคล
5. ศึกษาพื้นฐาน แนวทาง และทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการระบุตัวบุคคลด้วย FIR System
6. เก็บรวบรวมรูปภาพและข้อมูลของรูปมือแต่ละบุคคลไว้ใช้เป็นฐานข้อมูล
7. วิเคราะห์และตรวจสอบหาเอกลักษณ์ของ Principal Lines และเส้นขอบนิ้วมือแต่ละบุคคล เพื่อการระบุตัวตนบุคคล
8. ทดลองเปรียบเทียบ Principal Lines และเส้นขอบนิ้วมือที่เก็บค่าได้กับข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อระบุว่าตรงกับบุคคลใด
9. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่าง การระบุตัวตนโดยใช้ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือกับ การระบุตัวตนโดยใช้ความเป็นเอกษณ์ของเส้นสมอง เส้นหัวใจและเส้นชีวิต
10. ทดลองการระบุตัวตนโดยใช้ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือและความเป็นเอกลักษณ์ของเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต ร่วมกัน
11. แสดงผลการทดลองทั้งหมดและคำนวณค่าความผิดพลาดจากผลการทดลอง
12. สรุปผลการทำงาน ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โครงการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการระบุตัวบุคคลในงานด้านต่างๆ เช่น การทำระบบการรักษาความปลอดภัยในการเข้าออกตึก, ความปลอดภัยในการรักษาข้อมูลสำคัญต่างๆ, ป้องกันการเบิกถอนทางการเงินจากอาชกร เป็นต้น
2. ข้อมูลที่ผ่านวิเคราะห์เอกลักษณ์แล้วไปทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับเรียกใช้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน Digital Image Processing

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพเพื่อนำมาใช้ในการระบุตัวตนบุคคล ซึ่งจะกล่าวเริ่มต้นที่หลักการพื้นฐานของการประมวลผลภาพดิจิตอล ประเภทของภาพชนิดต่างๆ ฮิสโตรแกรมของภาพ การขยายภาพ การหาขอบของภาพ การหาแกนกลางของภาพ การหาตำแหน่งของภาพ และการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter ซึ่งจะมีรายละเอียดแสดงให้เห็นดังนี้

2.1 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพดิจิตอล หมายถึงการประมวลผลภาพดิจิตอลสองมิติโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลรูปที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล เพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ ในการประมวลผลภาพดิจิตอลเมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วข้อมูลภาพเหล่านั้นจะถูกทำให้อยู่ในรูปดิจิตอล (Digitized) และถูกเก็บอยู่ในรูปเมทริกซ์ของเลขฐานสองในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปร Array โดยค่าในแต่ละช่องจะแสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (Pixel) และตำแหน่งของช่อง Array เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

2.1.1 ประเภทของภาพ (Image Types)

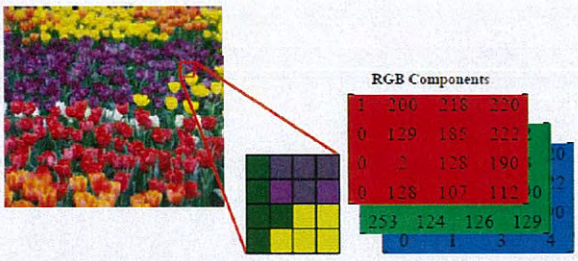
โดยทั่วไปสามารถแบ่งภาพบิตแมปตามคุณสมบัติของสีออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ภาพขาวดำ (Binary Image)
2. ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)
3. ภาพสี (Color Image)
4. ภาพแบบดัชนี (Index Image)

2.1.1.1 ภาพสี (Color Image)

ในแต่ละพิกเซลของภาพสีนั้นจะมีการเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันคือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นๆก็จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงนั้น

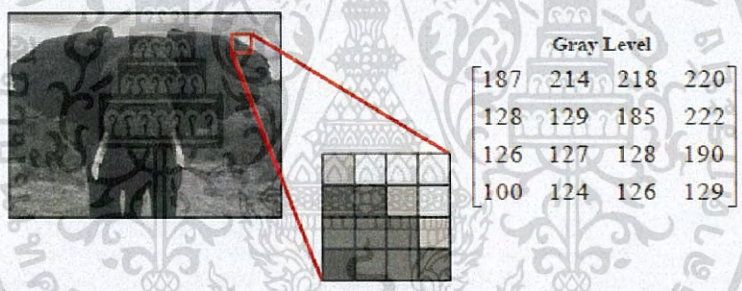
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แต่ละแถบของแม่สีหลักในแต่ละพิกเซล

2.1.1.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

ลักษณะของภาพชนิดนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงที่แตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปยังสีดำ เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้นได้โดยใช้ค่าระดับสีเทา โดยปกติแล้วภาพแบบระดับสีเทาจะมีความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 8 บิต ซึ่งภาพจะมีค่าระดับความเข้มแสงของสีดำเท่ากับ 0 ส่วนค่าระดับความเข้มของสีขาวจะมีค่าเท่ากับ 255



รูปที่ 2.2 ลักษณะภาพระดับสีเทามีค่าความเข้มของแสงในแต่ละพิกเซลที่แตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปยังสีดำ

ซึ่งอัลกอริธึมที่นิยมใช้ในการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพระดับสีเทานั้นก็คือการเฉลี่ยค่าแม่สีหลักทั้ง 3 ใน1 พิกเซล เขียนสมการได้ดังนี้

$$GS = ((0.299xR) + (0.587xG) + (0.114xB)) \quad (2.1)$$

โดยที่

GS คือ ค่าระดับสีเทา

R คือ ค่าอินพุตพิกเซลสีแดง

G คือ ค่าอินพุตพิกเซลสีเขียว

B คือ ค่าอินพุตพิกเซลสีน้ำเงิน

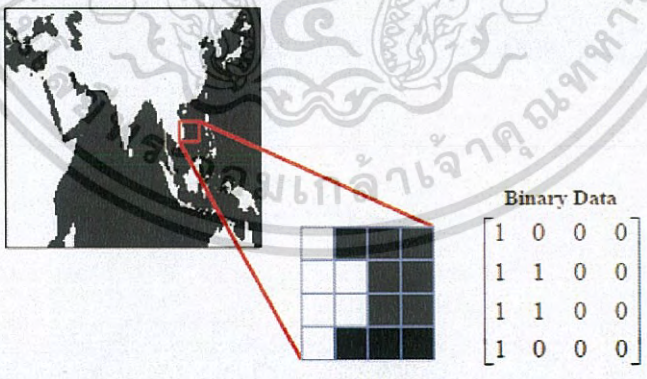
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.1) จะเห็นได้ว่าค่าระดับสีเทาจะมีค่าตั้งแต่ 0 ซึ่งจะแสดงผลเป็นสีดำจนกระทั่งถึง 255 ซึ่งจะแสดงผลเป็นสีขาว พิกเซลที่มีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 จะแสดงผลตามค่าระดับสีเทา โดยจะเริ่มจากสีดำซึ่งกำหนดให้มีค่าระดับสีเทาเท่ากับ 0 และจะมีสีเทาลงเรื่อยๆเมื่อค่าระดับสีเทาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นสีขาวมีค่าระดับสีเทาเท่ากับ 255 ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ภาพแสดงค่าระดับสีเทา

2.1.1.3 ภาพขาวดำ (Binary Image)

ลักษณะของภาพขาวดำคือ ในแต่ละพิกเซลจะแสดงด้วยค่าแบบไบนารี (Binary) คือมี 1บิต ที่ประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำ ภาพประเภทนี้เหมาะสำหรับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ เป็นต้น

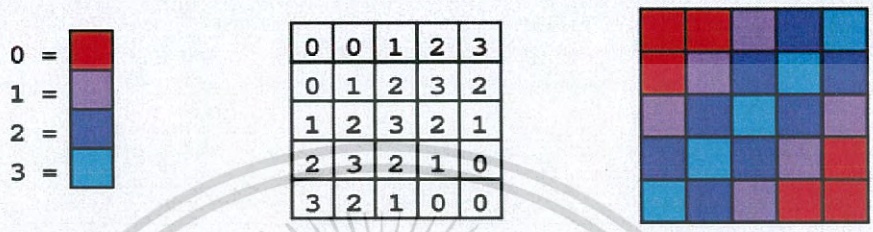


รูปที่ 2.4 ลักษณะของภาพขาวดำคือในแต่ละพิกเซลจะแสดงด้วยค่าแบบไบนารี 0 และ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ภาพดัชนี (Indexed Image)

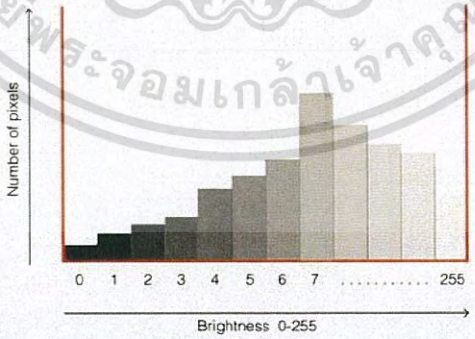
Indexed Image เป็นภาพที่มีรูปแบบการเก็บแบบ Indexed คือ ภาพประเภทนี้จะเก็บค่าสีเป็นค่าดัชนีที่เป็นตัวเลข (Index number) ซึ่งเป็นค่าที่ชี้ไปยังสีในตารางสี ดังนั้นถ้าต้องการจะทราบสีในแต่ละจุดภาพจะต้องไปดูค่าสีในตารางสีที่ดัชนีอ้างอิงตรงกับค่าในจุดภาพ



รูปที่ 2.5 ภาพดัชนีขนาด 2 บิต สีของแต่ละจุดภาพ (Pixel) ถูกแทนด้วยหมายเลขดัชนีซึ่งจะสอดคล้องกับสีต่างๆที่แสดงอยู่ในตารางสี

2.2 ฮิสโตรแกรมของภาพ (Image Histogram)

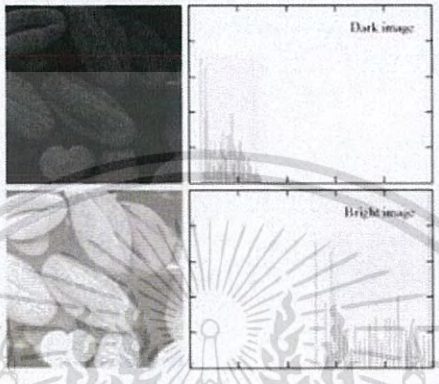
ฮิสโตรแกรมของภาพ คือกราฟที่แสดงจำนวนพิกเซลของข้อมูลภาพตามค่าระดับความเข้มสีเทาที่แสดงอยู่บนภาพดิจิตอล ภายในกราฟแกนนอนของกราฟแสดงถึงค่าความสว่าง ซึ่งมีความสว่างตั้งแต่ 0-255 (แบ่งเป็น 256 ระดับความแตกต่างสี) โดยค่าความสว่างที่มีค่าเท่ากับ 0 นั้นหมายถึงจุดที่มืดที่สุดของภาพ และ ค่าความสว่างที่มีค่าเท่ากับ 255 หมายถึงจุดที่สว่างที่สุดของภาพ ในขณะที่แกนแนวตั้งของกราฟแสดงถึงปริมาณของพิกเซลที่ระดับความสว่างนั้นๆ



รูปที่ 2.6 ภาพแสดงลักษณะของฮิสโตรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 ความสูงของแท่งกราฟหมายถึงจำนวนพิกเซลของภาพที่ค่าความสว่างนั้นๆ หากการกระจายส่วนใหญ่อยู่ทางด้านซ้ายของกราฟ แสดงว่าภาพนั้นมีความสว่างของภาพน้อย ในทางกลับกัน หากการกระจายส่วนใหญ่อยู่ทางด้านขวาของกราฟ แสดงว่าภาพนั้นมีความสว่างของภาพมาก สุดท้ายแล้วเมื่อรวมปริมาณของพิกเซลที่กระจายไปในทุกๆแท่งกราฟ ก็จะมีค่าเท่ากับพิกเซลทั้งหมดของภาพ

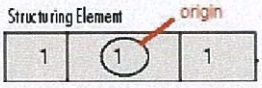


รูปที่ 2.7 แสดงถึงฮิสโตรแกรมของภาพที่มีความสว่าง และภาพที่มืด

2.3 การขยายภาพ (Dilation)

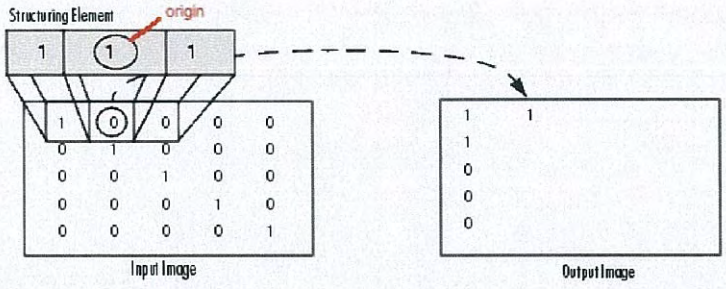
Dilation คือการขยายพิกเซลของภาพ โดยการขยายขนาดของวัตถุในภาพอาจเพื่อจุดประสงค์บางประการเช่น เพื่อปิดรูเล็กๆในวัตถุ หรือช่วยให้วัตถุที่ไม่มีสมาชิกร่วมกันแต่อยู่ใกล้กันสามารถเชื่อมต่อกันได้ เป็นต้น การขยายขนาดทำได้โดยการกำหนดและวางสมาชิกโครงสร้าง (Structure Element) ลงบนภาพแล้วเลื่อนสมาชิกโครงสร้างจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวาของภาพ และจะมีการดำเนินการดังนี้

1. ถ้าค่าของพิกเซลบนสมาชิกโครงสร้างมีค่าไม่ตรงกับค่าของพิกเซลภาพเลย ไม่ต้องดำเนินการใดๆ และให้เลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
2. ถ้าค่าของพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งบนสมาชิกโครงสร้างมีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพ ให้ดำเนินการด้วยตัวดำเนินการยูเนี่ยนระหว่างพิกเซลที่จุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างกับพิกเซลของภาพที่ตรงกับตำแหน่งจุดศูนย์กลางของสมาชิกของภาพนั้น



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสมาชิกโครงสร้างที่ใช้ในการขยายพิกเซลของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การทำงานของ Dilation

1	1	0	0	0
1	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	0	1	1	1
0	0	0	1	1

Output image

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ Dilation

สรุปการ Dilation เป็นการทำโลจิก AND ของพิกเซลที่อยู่ใน Structure Element กับพิกเซลที่ตรงกันในข้อมูลภาพ จากนั้นทำโลจิก OR ของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการกระทำโลจิก AND ผลลัพธ์สุดท้ายจะเก็บไว้ที่ภาพเอาท์พุท ตำแหน่ง Origin ของ Structure Element

รูปแบบคำสั่งของการ Dilation จากโปรแกรม MATLAB ที่ใช้เป็นดังนี้

IM2 = imdilate(IM,SE)

โดย

IM2 =ภาพที่ผ่านการ Dilation แล้ว

IM= ภาพต้นฉบับที่เป็นภาพสองระดับ (Binary)

SE= สมาชิกโครงสร้าง (Structure Element)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีการหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบภาพเป็นการหาขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ โดยขอบภาพจะช่วยอธิบายถึงรูปร่างลักษณะและขนาดของวัตถุ อีกทั้งยังเป็นการลดจำนวนของข้อมูลภาพลงและคงความเป็นเอกลักษณ์เดิมของวัตถุเอาไว้ การหาขอบภาพคือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ในปัจจุบันวิธีการหาขอบมีมากมายหลายหลายวิธี

2.4.1 Gradient Method

วิธีในกลุ่มนี้เป็นวิธีหนึ่งในการหาขอบที่ใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของจุดภาพมาประยุกต์ใช้ โดยจะหาค่าเกรเดียนต์(ค่าความเปลี่ยนแปลงของจุดภาพ)จากอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งค่าความเข้มของจุดภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือขอบของภาพนั่นเอง ตัวอย่างการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Sobel, Prewitt, Robert และ Canny Filter เป็นต้น

2.4.2 การหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล (Sobel Edge Detection)

การหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล เป็นการหาขอบภาพโดยใช้หน้าต่างขนาด 3x3 วางทาบลงบนข้อมูลภาพสองมิติ $f(x,y)$ ที่ตำแหน่ง (x,y) จากนั้นทำการคอนโวลูชันโดยคูณสัมประสิทธิ์ในตารางกับค่าของจุดภาพแล้วนำค่าที่ได้มารวมกันผลลัพธ์ที่ได้จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของจุดภาพที่ตำแหน่งนั้น การหาขอบภาพจะกระทำกับภาพระดับสีเทา (Gray Level Image) ซึ่งการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบลจะทำการหาขอบภาพทั้งในแนวนอนและแนว ตั้ง ดังนั้นจึงมีหน้าต่างขนาด 3x3 จำนวน 2 หน้าต่าง ดังแสดงในรูป 2.11

-1	-2	-1
0	0	0
+1	+2	+1

(ก)

+1	0	-1
+2	0	-2
+1	0	-1

(ข)

รูปที่ 2.11 หน้าต่างขนาด 3x3 ของโซเบล
(ก) หน้าต่างสำหรับหาขอบภาพแนวนอน
(ข) หน้าต่างสำหรับหาขอบภาพแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากวิธีโซเบลจะหาขอบภาพทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ดังนั้นในตอนแรกจะทำการวางหน้าต่างในแนวนอนทาบลงไปบนด้านซ้ายมือของข้อมูลภาพสองมิติ f(x,y) จากนั้นทำการคอนโวลูชันค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในหน้าต่างกับข้อมูลภาพ 2 มิติ ผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ที่ภาพเอาท์พุท Gx(x,y) ที่ตำแหน่งที่กำลังพิจารณาของภาพ เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วหน้าต่างจะเลื่อนไปทางขวามือหนึ่งพิกเซลและทำการคอนโวลูชันอีกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์และเก็บไว้ที่ภาพเอาท์พุท Gx(x,y) ในตำแหน่งถัดไป จะดำเนินการเช่นนี้ไปเรื่อยๆจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างจนหมดทั้งภาพ ซึ่งผลที่ได้คือขอบภาพในแนวนอนทั้งหมด ในทำนองเดียวกันก็จะใช้หน้าต่างในแนวตั้งแล้วทำการคอนโวลูชันกับข้อมูลภาพ f(x,y) จนกระทั่งครบทั้งภาพและจะได้ขอบภาพในแนวตั้ง Gy(x,y) เมื่อได้ขอบภาพในแนวนอน Gx(x,y) และแนวตั้ง Gy(x,y) แล้ว จะทำการหาขอบภาพทั้งหมดด้วยการคำนวณหาขนาดของเกรเดียน (∇f) โดยใช้สมการที่ (2.2) หรือ (2.3)

$$\nabla f = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \tag{2.2}$$

$$\nabla f \approx |Gx| + |Gy| \tag{2.3}$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากขนาดของเกรเดียน (∇f) ที่คำนวณได้อาจมีค่ามากกว่า 255 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการสเกลลิ่ง (Scaling) เพื่อให้ขนาดของเกรเดียนอยู่ในช่วง 0-255 ก่อนจากจากสมการที่ (2.4)

$$y = \frac{(x - \min) * 255}{max - min} \tag{2.4}$$

เมื่อ x คือค่าเดิมก่อนทำการ Scaling

y คือค่าที่ได้จากการ Scaling

Max คือค่าสูงสุดของภาพก่อนทำการ Scaling

Min คือค่าต่ำสุดของภาพก่อนทำการ Scaling

จากนั้นทำการแปลงภาพเพื่อให้ภาพกลายเป็นภาพขาวดำสองระดับหรือภาพไบนารี โดยการแปลงภาพให้เป็นภาพขาว-ดำ เป็นกระบวนการแปลงภาพสีให้มีการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ คือขาวและดำซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงภาพที่ได้จะเป็นภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับ หรือ 1 บิต (Bit) นั่นคือ 0 และ 1 โดย 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีการหาแกนกลาง

การหาแกนกลางภาพหรือการทำ Skeletonization เป็นการหาแกนกลางของวัตถุ ซึ่งในที่นี้คือทำขอบภาพให้บางลงจนเหลือแต่แกนกลางที่มีความหนาเพียงแค่ 1 พิกเซล เพื่อเป็นการลดขนาดของข้อมูลให้เหลือแต่ส่วนที่สำคัญเท่านั้น

ภาพที่ต้องการหาแกนกลางนั้นจะต้องเป็นภาพสองระดับ (Binary Image) เท่านั้น คือมีค่าเป็น “0” และ “1” โดยส่วนที่เป็นพื้นที่ขอบภาพนั้นมีค่าเป็น “1” และ “0” คือส่วนที่เป็นพื้นฉากหลัง

วิธีที่การหาแกนกลางนั้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังที่เขียนไว้ข้างล่าง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะทำการลบพิกเซลแต่ละพิกเซลในนิ้วมือออกทีละจุด โดยใช้หน้าต่างขนาด 3x3 ดังแสดงในรูปที่ 2.12

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

รูปที่ 2.12 หน้าต่างขนาด 3x3

การหาแกนกลางของวัตถุจะเริ่มต้นโดยการวางทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.12 ที่บริเวณมุมภาพด้านซ้ายบน เมื่อวางทาบแล้วหน้าต่างจะเลื่อนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างเพื่อตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น “1” เมื่อตรวจพบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p1 จากนั้นจึงดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านขวามือและด้านล่าง โดยวางหน้าต่าง 3x3 ทาบไปบนจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” และกำหนดให้เป็น p1 จากนั้นตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปนี้

a) $2 \le N(p1) \le 6$

b) $S(p1) = 1$

c) $p2 \cdot p4 \cdot p6 = 0$

d) $p4 \cdot p6 \cdot p8 = 0$

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านซ้ายมือและด้านบน โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

a) $2 \le N(p1) \le 6$

b) $S(p1) = 1$

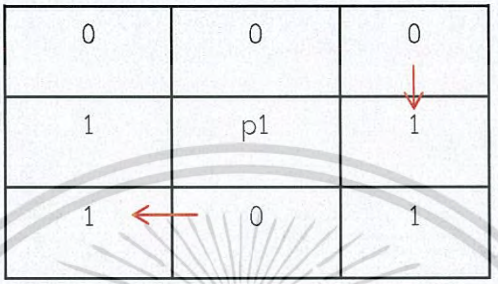
c*) $p2 \cdot p4 \cdot p8 = 0$

d*) $p2 \cdot p6 \cdot p8 = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไข a) เป็นการคำนวณผลรวมของจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” ที่อยู่ล้อมรอบจุด p1 ผลรวมของจุดภาพต้องมีจำนวนตั้งแต่ 2-6 จุดภาพ เช่น N(p1)=p2+p3+...+p8+p9

เงื่อนไข b) S(p1) เป็นจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงจาก “0” เป็น “1” รอบจุด p1 เกิดขึ้นหนึ่งครั้ง ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนค่าจาก “0” เป็น “1”

เงื่อนไข c) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p2, p4 และ p6 แล้วผลลัพธ์เท่ากับ “0”

เงื่อนไข d) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p4, p6 และ p8 แล้วผลลัพธ์เท่ากับ “0”

เงื่อนไข c*) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p2, p4 และ p8 แล้วผลลัพธ์เท่ากับ “0”

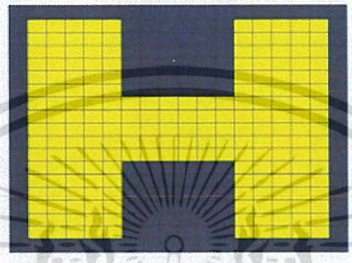
เงื่อนไข d*) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p2, p6 และ p8 แล้วผลลัพธ์เท่ากับ “0”

วิธีการหาแกนกลางของภาพเป็นการลบจุดภาพออกไปโดยจะวางหน้าต่างขนาด 3x3 ตามรูปที่ 2.12 วางทาบไปบนจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” และกำหนดให้เป็น p1 จากนั้นตรวจสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านขวามือและด้านล่างหรือไม่ ถ้า p1 มีเงื่อนไขตรงกับเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อข้างต้นของขั้นตอนที่1 แล้วพิกัดของจุด p1 จะถูกจัดเก็บไว้ จากนั้นหน้าต่าง 3x3 จะทำการเลื่อนออกไปทีละพิกเซลจากซ้ายไปขวาและบนลงล่างแล้วพิจารณาเงื่อนไขตามเดิมจนกระทั่งครบทั้งภาพ เมื่อดำเนินการครบทุกจุดในภาพแล้วนำพิกัด p1 ที่ถูกจัดเก็บไว้ทั้งหมดมาลบจุดภาพที่อยู่ติดทางด้านขวาและด้านล่างกับพิกัด p1 นั้นๆ

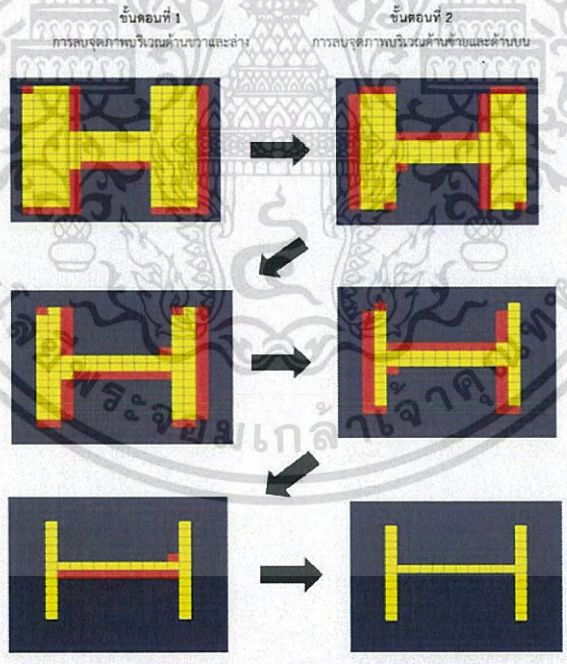
จากนั้นเมื่อเสร็จในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งคือการลบจุดภาพบริเวณด้านขวาและล่างของขอบภาพออกไปแล้ว จึงพิจารณาตรวจสอบเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 นั่นคือโดยจะวางหน้าต่างขนาด 3x3 ทาบบนภาพผลลัพธ์ที่ได้มาจากขั้นตอนที่ 1 เพื่อหาจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” และกำหนดให้เป็น p1 จากนั้นตรวจสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 หรือไม่ ถ้า p1 มีเงื่อนไขตรงกับเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อข้างต้นของขั้นตอนที่ 2 แล้วพิกัดของจุด p1 จะถูกจัดเก็บไว้ จากนั้นหน้าต่าง 3x3 จะทำการเลื่อนออกไปทีละพิกเซลจากซ้ายไปขวาและบนลงล่างแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาเงื่อนไขตามเดิมจนกระทั่งครบทั้งภาพ เมื่อดำเนินการครบทุกจุดในภาพแล้วนำพิกัด p1 ที่ถูกจัดเก็บไว้ทั้งหมดมาลบจุดภาพที่อยู่ติดทางซ้ายและด้านบนกับพิกัด p1 นั้นๆออกไป ทำการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านขวามือและด้านล่างตามขั้นตอนที่ 1 และการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านซ้ายมือและด้านบนตามขั้นตอนที่ 2 ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเหลือความหนาของขอบภาพเพียง 1 พิกเซล ขั้นตอนการหาแกนกลางของภาพแสดงตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.14 ภาพต้นฉบับก่อนทำการหาแกนแกลางของภาพ



รูปที่ 2.15 กระบวนการหาแกนกลางของภาพและภาพผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter

การปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาเป็นกระบวนการสำคัญในการปรับปรุงค่าระดับสีเทา หรือก็คือการปรับปรุงเพื่อเน้นให้ข้อมูลที่เราสนใจให้มีความเด่นชัดขึ้นและมีคุณภาพในการนำไปใช้งาน องค์ประกอบภายในของภาพระดับสีเทานั้นจะประกอบไปด้วยจุดที่มีค่าความสว่างที่สุด (Mountain Top) และมืดที่สุด (Valley Lows) ที่แตกต่างกันมากซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการนำไปใช้งานก็คือปัญหาความคมชัดที่ไม่สม่ำเสมอของภาพที่อาจทำให้การแยกบริเวณที่มืดกับสว่างของภาพทำได้ยาก ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้จึงมีการเลือกใช้วิธี Top Hat Filter หรือตัวกรองแบบหมวกมาใช้เพื่อปรับปรุงความคมชัด ซึ่งในการทำตัวกรองแบบหมวกเป็นกระบวนการลบบริเวณยอดและหุบเขาให้มีความเรียบและเพิ่มขนาดของยอดให้มีความกว้างมากยิ่งขึ้นเพื่อให้รายละเอียดของภาพบริเวณขอบของภาพปรากฏเด่นชัดขึ้น โดย Top Hat Filter ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงความสว่างภายในภาพซึ่งอธิบายได้ตามสมการที่ (2.5)

$$I \circledcirc S = I - I \circ S \tag{2.5}$$

กำหนดให้

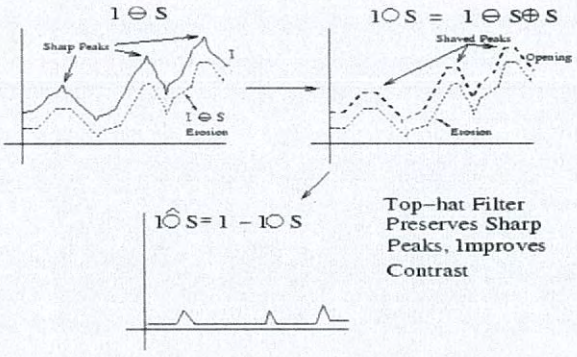
I คือภาพระดับสีเทาที่มีความแตกต่างของยอดแต่ละยอดน้อย (Poor Contrast)

S คือองค์ประกอบโครงสร้าง (Structuring Element) ของตัวดำเนินการของภาพย่อย

IoS คือภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกัดภาพ (Erosion) แล้วดำเนินการต่อด้วยการขยายภาพ (Dilation) ตามลำดับ

จากสมการที่ 2.5 สามารถอธิบายดังนี้ ตัวแปร I คือภาพที่มีความแตกต่างของยอดแต่ละยอดน้อย (Poor Contrast) ต่อมามีการทำการกัดภาพ (Erosion) เพื่อลดความแหลมของบริเวณจุดยอดและทำการขยายภาพ (Dilation) เพื่อขยายและปรับตำแหน่งของกราฟให้อยู่บริเวณตำแหน่งเดิม เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งสองขั้นตอนจึงนำภาพที่ได้ไปลบกับภาพต้นฉบับ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเป็นภาพที่แสดงเฉพาะส่วนบริเวณจุดยอดทางด้านบนของกราฟ ภาพด้านล่างแสดงขั้นตอนการการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 หลักการของ Top Hat Filter

รูปแบบคำสั่งของ Top Hat Filter ในโปรแกรม MATLAB ที่ใช้เป็นดังนี้

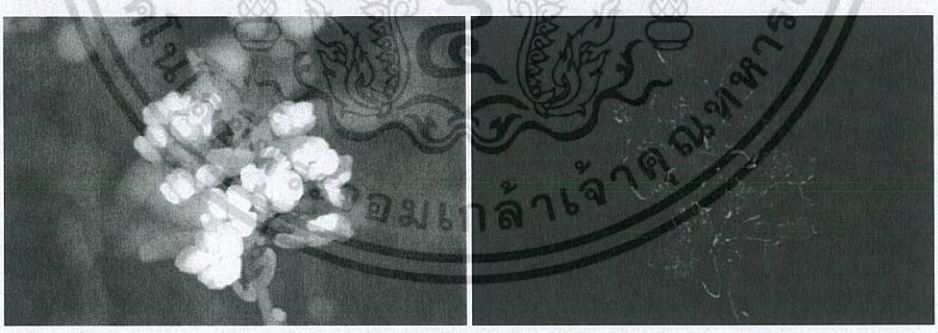
IM2 = imtophat(IM,SE)

โดย IM2 =ภาพที่ผ่าน Top Hat Filter แล้ว

IM= ภาพต้นฉบับที่เป็นภาพระดับสีเทา

SE=สมาชิกโครงสร้าง (Structuring Element)

ตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter



(ก) (ข)

รูปที่ 2.17 รูปภาพแสดงตัวอย่างการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter

(ก) ภาพต้นฉบับ

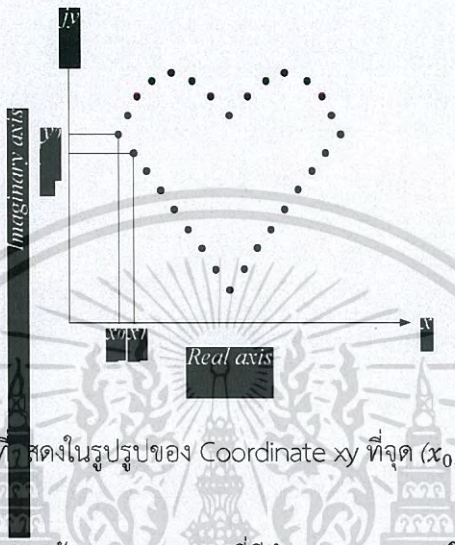
(ข) ภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาพระดับสีเทาด้วย Top Hat Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7 ทฤษฎีการหาตำแหน่งพิกัด (Coordinate Detection)

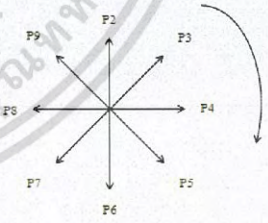
การหาตำแหน่งพิกัดคือการค้นหาและเก็บพิกัดของจุดภาพที่อยู่บนขอบของนิ้วมือ ในแนว แกน x และแกน y แล้วจัดเก็บในรูปของ Coordinate xy



รูปที่ 2.18 พิกัดที่แสดงในรูปรูปของ Coordinate xy ที่จุด (x_0, y_0) และ (x_1, y_1)

รูปที่ 2.16 เป็นการแสดงพิกัดของเส้นขอบของรูป ที่มีจำนวนจุด N จุด ใน xy-plane โดยกำหนดให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่จุด (x_0, y_0) พิกัดของเส้นขอบของตัวอักษรที่จุดถัดไปคือ $(x_1, y_1), (x_2, y_2),.., (x_{N-1}, y_{N-1})$ พิกัดเหล่านี้จะถูกจัดเก็บในรูป $x(i) = x_i$ และ $y(i) = y_i$ และสามารถเขียนในรูปของ coordinate xy $s(i) = [x(i), y(i)]$ เมื่อ i = 0, 1, 2, ..., N-1

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5



รูปที่ 2.19 ทิศทาง 8 ทิศทางรอบจุด p1 ที่พิจารณา

ในการหาพิกัดของเส้นขอบเพื่อเก็บ Coordinate xy ก่อนอื่นนั้นก็จะใช้ภาพที่ผ่านการหาเส้นขอบภาพมาแล้ว และถูกทำให้บางลงเหลือความหนาเพียง 1 พิกเซล จากนั้นจึงทำการตรวจหาจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” โดยโปรแกรมจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง เมื่อพบจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ “1” จะวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143871

หน้าต่าง 3x3 ทาบที่จุดนั้น แล้วพิจารณาจุดข้างเคียงที่อยู่ล้อมรอบจุด P1 ในลักษณะ 8 ทิศทางตามเข็มนาฬิกาดังรูปที่ 2.19 ถ้าตรวจพบจุดภาพถัดไปมีค่าเป็น “1” จะทำการย้ายจุด P1 ไปที่จุดนั้น แล้วตรวจหาจุดภาพข้างเคียง 8 ทิศทางอีก เมื่อพบจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” จะเก็บพิกัดในแนวแกน x และ y การดำเนินการจะกระทำไปเรื่อยๆจนกระทั่งสามารถเก็บพิกัดของจุดภาพที่อยู่บนขอบของตัวอักษรได้ทั้งหมด สุดท้ายนำพิกัดในแนวแกน x และ y มาจัดเก็บในรูปของ Coordinate xy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

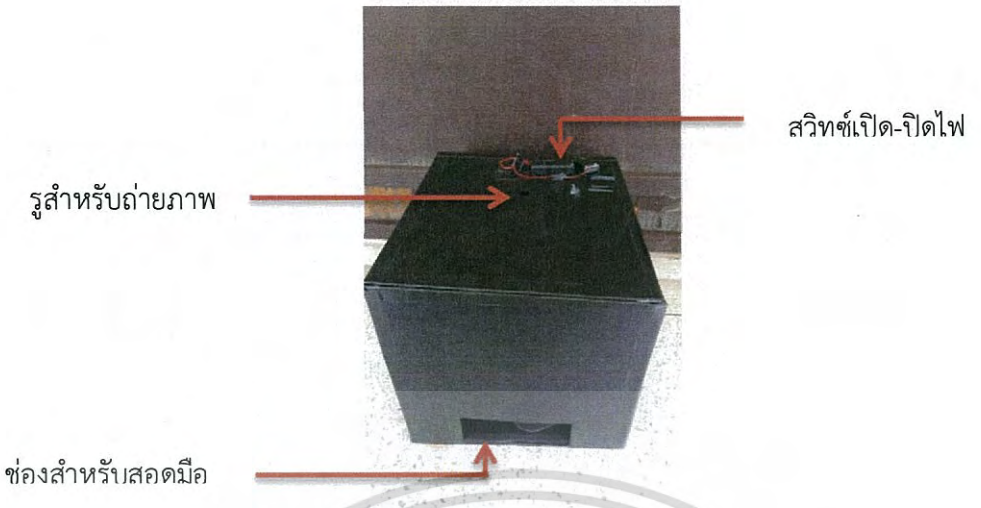
บทที่ 3
การเตรียมภาพและการแยกนิ้วมือออกจากภาพ

ในการระบุตัวตนด้วยความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือ และความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines นั้นจำเป็นจะต้องทำการแยกนิ้วมือ และแยก Principal Lines ออกจากภาพ เพื่อนำมาประมวลผลใช้ในการระบุตัวตนบุคคล ดังนั้นจึงทำให้การประมวลผลของโปรแกรมแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆคือ การแยกนิ้วมือออกจากภาพ ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 3 และการแยก Principal Lines ออกจากภาพ ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 4 เพื่อนำมาใช้ในประมวลผล โดยรูปที่ 3.2 แสดง Flow Chart การทำงานโดยรวมของโปรแกรม ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการเตรียมภาพเพื่อให้ภาพนั้นมีความเหมาะสมก่อนการนำไปประมวล,การแยกนิ้วมือออกจากภาพและข้อกำหนดในการถ่ายภาพ การจัดเก็บภาพเพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรมในขั้นตอนต่างๆตั้งแต่เริ่มต้นโปรแกรมไปจนจบโปรแกรม

3.1 ข้อกำหนดในการถ่ายภาพเพื่อใช้ในการประมวลผล

1. ถ่ายภาพด้วยกล้องดิตอลที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 1 เมกะพิกเซล
2. วางกล้องถ่ายภาพให้อยู่เหนือมือในลักษณะตั้งฉากกับมือโดยระยะห่างระหว่างมือกับกล้องประมาณ 30 เซนติเมตร
3. ควรมีอุปกรณ์ช่วยในการควบคุมแสงสำหรับถ่ายภาพเพื่อไม่ให้ภาพสว่างเกินไปหรือมืดจนเกินไปซึ่งในที่นี้จะใช้กล่องสำหรับถ่ายภาพซึ่งได้ทำขึ้นมาเพื่อใช้ในการถ่ายภาพตามรูปที่ 3.1
4. การวางมือของผู้ถ่ายจะต้องวางในลักษณะหงายด้านฝ่ามือขึ้นและกางนิ้วมือทุกนิ้วออกพอสมควรเพื่อไม่ให้แต่ละนิ้วมือชิดกันและจะต้องวางมือให้ตรงไม่เอียงซ้ายหรือขวาพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล
5. ทำการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลภาพทั้งหมดที่ได้ลงคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

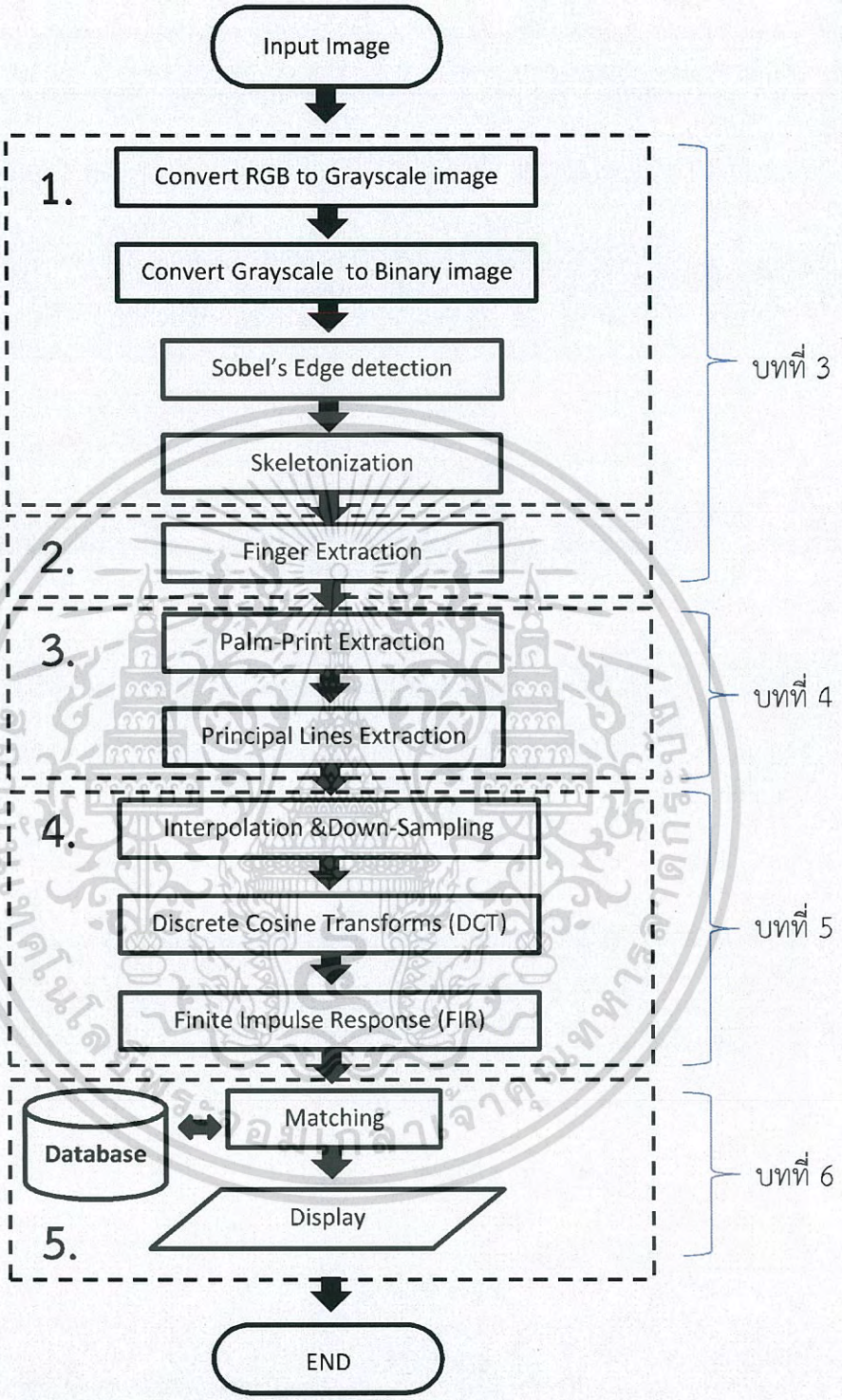
(ข)

รูปที่ 3.1 กล่องที่ใช้ในการถ่ายภาพ

(ก) ลักษณะของกล่องที่ใช้ถ่ายภาพ

(ข) ฝาปิดด้านบนกล่องติดวงหลอดไฟ LED 12 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดง Flow Chart การทำงานโดยรวมของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 Flow Chart การทำงานโดยรวมของโปรแกรมซึ่งหากสังเกตุจากรูปที่ 3.2 จะพบว่าการทำงานหลักๆของโปรแกรมจะประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆดังแสดงบล็อกการทำงานใน Flow Chart โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนใน Flow Chart เป็นดังนี้

1. บล็อคที่ 1 จะเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพเพื่อใช้มีความเหมาะสมก่อนการนำไปใช้งานซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อยคือ การแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา, การแปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับ, การหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบลและการหาแกนกลางของภาพ
2. บล็อคที่ 2 จะเป็นขั้นตอนการแยกนิ้วมือออกจากภาพเพื่อนำไปใช้นการประมวลผล
3. บล็อคที่ 3 เป็นการแยก Principal Lines ออกจากภาพ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือการแยก Palm-Print ออกจากภาพ และการแยก Principal Lines ออกจากภาพ
4. บล็อคที่ 4 จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือและ Principal Lines ที่ได้จากบล็อคที่ 2 และบล็อคที่ 3 ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ การ Interpolation and Down-Sampling, การหา Discrete Cosine Transform (DCT) และการทำ Finite Impulse Response (FIR)
5. บล็อคที่ 5 จะเป็นการนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการประมวลผลมาใช้ในการระบุตัวตนบุคคลโดยเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล

ซึ่งการทำงานโดยรวมของโปรแกรมแต่ละขั้นตอนในบล็อคทั้ง 5 บล็อคจากที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะอธิบายถึงลายละเอียดวิธีการและขั้นตอนการทำต่างๆดังที่ได้ระบุเลขบทเอาไว้ใน Flow Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมภาพ

ในขั้นตอนนี้เป็นการทำให้ภาพมือที่จะนำไปใช้งานในการแยกนิ้วมือ และการแยก Principal Lines ออกจากภาพมีความเหมาะสมและสามารถประมวลผลได้ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งหากสังเกตุจากรูปที่ 3.2 แสดง Flow Chart การทำงานโดยรวมของโปรแกรม ขั้นตอนการเตรียมภาพนี้จะตรงกับบล็อกหมายเลข 1 ซึ่งมีด้วยกัน 4 ขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดังนี้

1. ก่อนที่จะนำภาพมือไปเตรียมภาพได้นั้นจะต้องนำไฟล์ข้อมูลภาพมือที่จัดเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์เข้าสู่โปรแกรมเสียก่อน โดยใช้คำสั่ง “imread” ซึ่งเป็น Tool ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งภาพสี (RGB) ที่สามารถนำเข้าโปรแกรมได้นั้นจะต้องเป็นภาพ JPEG, TIF หรือ BMP อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยรูปที่ 3.3 แสดงภาพมือ

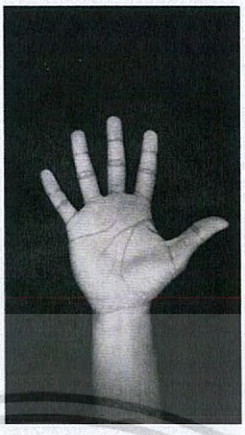
```
% นำไฟล์ข้อมูลภาพเข้ามาเก็บไว้ในตัวแปร X
X=imread('C:\Users\jaradrawee\Documents\MATLAB\POTO\127\127-2.jpg');
```

รูปที่ 3.3 แสดงภาพสี (RGB) ของมือ

2. ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนแรกของการเตรียมภาพ ซึ่งจะเป็นการนำภาพมือที่โหลดเข้าสู่โปรแกรมจากขั้นตอนที่ 1 มาแปลงภาพจากภาพสีของมือ (RGB) เป็นภาพระดับสีเทา (Grey Scale Image) โดยใช้คำสั่ง“rgb2gray” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เพื่อให้ง่ายต่อปการประมวลในขั้นตอนถัดไปโดยรูปที่ 3.4 แสดงภาพมือที่แปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา

```
% ทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทาแล้วเก็บไว้ในตัวแปรY
Y=rgb2gray(X);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงภาพมือที่แปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา

3. นำภาพระดับสีเทาที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาแปลงให้เป็นภาพสองระดับ (Binary Image) ซึ่งจะทำให้การประมวลผลของโปรแกรมเป็นไปได้ง่ายขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลมีเพียง 2 ข้อมูลเท่านั้น คือ พิกเซลสีขาวแทนด้วย “1” และพิกเซลสีดำแทนด้วย “0” ซึ่งการแปลงภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพสองระดับทำได้โดยการกำหนดค่าเทรสโฮล ซึ่งหากพบว่าพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทาน้อยกว่าค่าเทรสโฮลที่กำหนด จะกำหนดให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น 0 และหากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทามากกว่าค่าเทรสโฮลที่กำหนด พิกเซลนั้นจะมีค่าเป็น 1 โดยรูปที่ 3.5 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

```
% กำหนดค่าเทรสโฮลเป็น 90 หากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทาน้อยกว่า 90 พิกเซลนั้นจะ
มีค่าเป็น 0 หากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทามากกว่า 90 พิกเซลนั้นจะมีค่าเป็น 1
[m1,n1]=size(Y);
for i=1:m1
    for j=1:n1
        pixel=Y(i,j);
        th=90;
          if pixel<th
              bw=0;
          else
              bw=1;
          end
         Gn1(i,j)=bw;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

4. นำภาพสองระดับจากขั้นตอนที่ 3 มาหาขอบภาพด้วยวิธีของโซเบลโดยที่หลักการและทฤษฎีการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบลนั้นได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะพบว่าการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบลจะทำการหาขอบภาพทั้งในแนวนอนและแนวตั้งโดยใช้หน้าต่างขนาด 3x3 จำนวน 2 หน้าต่าง ดังรูปที่ 3.6 มาทำการคอนโวลูชัน และนำภาพขอบมือแนวตั้งและแนวนอนมารวมกันโดยใช้ค่าสัมบูรณ์จากผลลัพธ์ของทั้งสองภาพ สุดท้ายแปลงภาพที่ได้จากรวมขอบภาพแล้วเป็นภาพสองระดับ โดยรูปที่ 3.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล

-1	-2	-1
0	0	0
+1	+2	+1

(ก)

+1	0	-1
+2	0	-2
+1	0	-1

(ข)

รูปที่ 3.6 แสดงหน้าต่างโซเบล
(ก) หน้าต่างโซเบลแนวแกนนอน
(ข) หน้าต่างโซเบลแนวแกนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% หาขอบภาพแนวนอนโดยสร้างหน้าต่างโซเบลแนวแกนนอนแล้วทำการคอนโวลูชันกับภาพและเก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปล Gx
% หาขอบภาพแนวตั้งโดยสร้างหน้าต่างโซเบลแนวแกนตั้งแล้วทำการคอนโวลูชันกับภาพและเก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปล Gy
% นำผลลัพธ์ที่ได้คือขอบภาพแนวแกนนอนในตัวแปร Gx และขอบภาพแนวแกนตั้งในตัวแปร Gy มารวมกันโดยนำค่า Gx ยกกำลังสองบวกกับ Gy ยกกำลังสอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาถอดลูทเก็บในตัวแปร YY
[m2,n2]=size(Gn2);
for i=1:m2
    for j=1:n2
        Z(i,j)=Gn2(i,j);
    end
end
for i=2:m2-2
    for j=2:n2-3
      Gx=((2*Z(i+2,j+1)+Z(i+2,j)+Z(i+2,j+2))-
      (2*Z(i,j+1)+Z(i,j)+Z(i,j+2)));
      Gy=((2*Z(i+1,j+2)+Z(i,j+2)+Z(i+2,j+2))-
      (2*Z(i+1,j)+Z(i,j)+Z(i+2,j)));
      YY(i,j)=sqrt(Gx.^2+Gy.^2);
    end
end
% แปลงภาพที่ได้จากการหาขอบภาพในตัวแปร YY เป็นภาพสองระดับ โดยใช้ค่าเทรสโฮลเท่ากับ 1 แล้วเก็บผลลัพธ์ที่ได้ในตัวแปร Gn3
[m3,n3]=size(YY);
for i=1:m3
    for j=1:n3
        pixel=YY(i,j);
        th=1;
          if pixel<th
              bw=0;
          else
              bw=1;
          end
        Gn3(i,j)=bw;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล

5. จากการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของโซเบลในขั้นตอนที่ 4 พบว่าเส้นขอบมือที่ได้นั้นจะมีความหนามากกว่า 1 พิกเซลซึ่งหากนำไปใช้ในการแยกนิ้วมือออกจากภาพนั้นจะทำให้โปรแกรมไม่สามารถเก็บตำแหน่งของเส้นขอบได้ จึงนำภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 4 มาทำการหาแกนกลางภาพ (Skeletonization) ซึ่งทฤษฎีและหลักการนั้นได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 และรูปที่ 3.8 แสดงหน้าต่าง 3×3 เพื่อใช้ในการหาแกนกลางภาพ ซึ่งการหาแกนกลางของภาพนั้นจะทำให้ขอบภาพที่ได้มีความหนาเพียง 1 พิกเซล โดยรูปที่ 3.7 แสดงภาพผลลัพธ์การหาแกนกลางของภาพเส้นขอบมือ

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

รูปที่ 3.8 แสดงหน้าต่างขนาด 3×3 เพื่อใช้ในการหาแกนกลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% นำภาพขอบมือที่ได้จากการหาขอภาพด้วยวิธีโซเบล ซึ่งถูกเก็บอยู่ในตัวแปร Gn3 มา
ทำการหาแกนกลางภาพ และให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่พิกเซลซ้ายบนสุดของภาพ
% การหาแกนกลางของวัตถุจะเริ่มต้นโดยการวางทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุม
ภาพด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจ
พบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p11 จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่
บริเวณขอบภาพด้านขวาและด้านล่างของกลุ่มพิกเซลสีขาว
[m4,n4]=size(Gn3);
for A=1:5
    for i=2:m4-1
        for j=2:n4-1
            if Gn3(i,j)==1
      P91=Gn3(i-1,j-1); P21=Gn3(i-1,j); P31=Gn3(i-1,j+1);
      P81=Gn3(i,j-1);   P11=Gn3(i,j);   P41=Gn3(i,j+1);
      P71=Gn3(i+1,j-1); P61=Gn3(i+1,j); P51=Gn3(i+1,j+1);
% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P11 ที่พิจารณาและจะเก็บ
ผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร N1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เรา
พิจารณาเป็นขอบหรือไม่
      N1=P21+P31+P41+P51+P61+P71+P81+P91;
% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก "0" เป็น "1" รอบจุด p11 แล้วกับ
ผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปร S1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เรา
พิจารณาเป็นขอบหรือไม่
  S1=0;
                if P31-P21==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P41-P31==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P51-P41==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P61-P51==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P71-P61==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P81-P71==1
                    S1=S1+1;
                end
                if P91-P81==1
                    S1=S1+1;
                if P21-P91==1
                    S1=S1+1;
                end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านขวา และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร R1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
if (P21*P41*P61)==0
      R1=0;
else
      R1=1;
End
```

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านขวา ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร B1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
if (P41*P61*P81)==0
      B1=0;
else
      B1=1;
End
```

% นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้นตรงตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Gr1 และให้มีค่าเท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Gr1 มีค่าเท่ากับ 1

```
if (2<=N1 && N1<=6)&& S1==1 && R1==0 && B1==0
    Gr1(i,j)=0;
  else
    Gr1(i,j)=1;
  end
else
  Gr1(i,j)=0;
end
  end
end
```

%กำหนดให้ Gr1 เท่ากับ Gn3 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลด้านขวาและด้านล่างออกไปแล้ว

```
for i=2:m4-1
      for j=2:n4-1
          Gn3(i,j)=Gr1(i,j);
      end
  end
```

% ดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาว

```
for i=2:m4-1
      for j=2:n4-1
```

% วางทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุมภาพด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจพบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p11 จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if Gn3(i,j)==1

      P91=Gn3(i-1,j-1);      P21=Gn3(i-1,j);    P31=Gn3(i-1,j+1);
      P81=Gn3(i,j-1)  ;      P11=Gn3(i,j)   ;   P41=Gn3(i,j+1);
      P71=Gn3(i+1,j-1);      P61=Gn3(i+1,j);    P51=Gn3(i+1,j+1);
```

% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P11 ที่พิจารณาและจะเก็บผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร N1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
N1=P21+P31+P41+P51+P61+P71+P81+P91;
```

% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก “0” เป็น “1” รอบจุด p11 แล้วกับผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปร S1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
S1=0;
if P31-P21==1
    S1=S1+1;
end
if P41-P31==1
    S1=S1+1;
end
if P51-P41==1
    S1=S1+1;
end
if P61-P51==1
    S1=S1+1;
end
if P71-P61==1
    S1=S1+1;
end
if P81-P71==1
    S1=S1+1;
end
if P91-P81==1
    S1=S1+1;
end
if P21-P91==1
    S1=S1+1;
end
```

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร w1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
if (P21*P61*P81)==0
    w1=0;
else
    w1=1;
end
```

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านขวาของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร g1 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if (P21*P41*P81)==0
                    g1=0;
                else
                    g1=1;
                end
```

% นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้นตรงตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Grl และให้มีค่าเท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Grl มีค่าเท่ากับ 1

```
            if (2<=N1 && N1<=6)&& S1==1 && w1==0 && g1==0
                Grl(i,j)= 0;
            else
                Grl(i,j)= 1;
            end
        else
            Grl(i,j)=0;
        end
    end
end
```

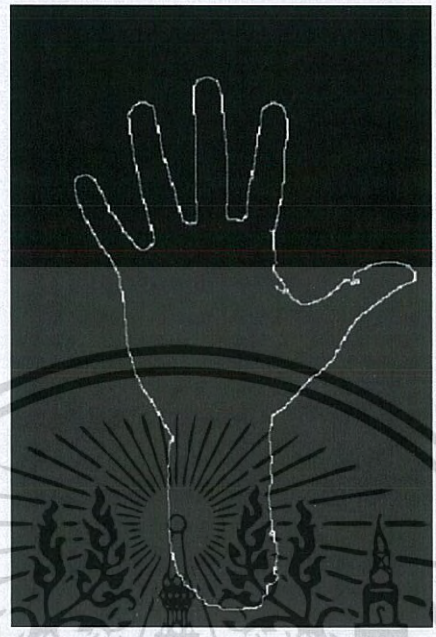
%กำหนดให้ Grl เท่ากับ Gn3 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลด้านซ้ายและด้านบนออกไปแล้ว

```
for i=2:m4-1
    for j=2:n4-1
        Gn3(i,j)=Grl(i,j);
    end
end
end
```

%กำหนดให้ Gn4 เท่ากับ Gn3 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลที่เป็นขอบออกไปแล้ว

```
[m5,n5]=size(Gn3);
for i=1:m5
    for j=1:n5
        Gn4(i,j)=Gn3(i,j);
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงภาพผลลัพธ์การหาแกนกลางของภาพเส้นขอบมือ

(ก) (ข)

รูปที่ 3.10 แสดงการเปรียบเทียบนิ้วกลางที่ยังไม่ได้หาแกนกลางภาพกับนิ้วกลางที่หาแกนกลางแล้ว

(ก) เส้นขอบนิ้วกลางก่อนการหาแกนกลางภาพ

(ข) เส้นขอบนิ้วกลางหลังการหาแกนกลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การแยกนิ้วมีอออกจากภาพ

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการ เพื่อที่จะแยกนิ้วมีอออกจากภาพเพื่อนำไปประมวลผลซึ่งนิ้วมือที่ต้องการแยกออกจากภาพได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย สาเหตุที่ไม่นำนิ้วหัวแม่มือมาใช้ในการประมวลผล เนื่องมาจากบางคนไม่สามารถวางมือในลักษณะหงายฝ่ามือขึ้นแล้วกางนิ้วหัวแม่มือออกได้ สาเหตุนี้จึงทำให้เลือกที่จะใช้เฉพาะนิ้วมือสี่นิ้วตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้นเพื่อนำมาประมวลผล ซึ่งขั้นตอนในการแยกนิ้วมีอออกจากภาพมีดังนี้

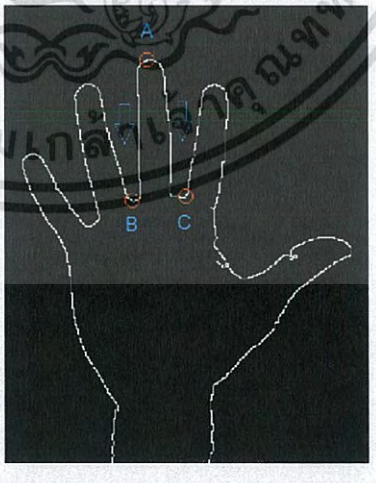
1. ก่อนที่จะแยกนิ้วมือแต่ละนิ้วออกมาจากภาพได้นั้นจะต้องหาจุดเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งของขอบภาพทั้งหมดซึ่งสามารถทำได้โดยทำการหาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกของภาพ ซึ่งจุดเริ่มต้นในการหาจะอยู่ที่พิกเซลแรกซ้ายบนสุดของภาพ ซึ่งโดยปกติแล้วนั้นพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกที่หาได้จะเป็นตำแหน่งบนสุดของนิ้วกลาง เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของนิ้วมือมนุษย์นิ้วกลางจะเป็นนิ้วมือที่ยาวที่สุดจึงทำให้พิกเซลสีขาวที่พบเป็นพิกเซลจะเป็นจุดบนสุดของนิ้วกลาง โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตำแหน่ง A ดังรูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่ง A คือตำแหน่งจุดบนสุดของนิ้วกลาง

```
% นำภาพที่ได้จากการหาแกนกลางภาพแล้ว ซึ่งถูกเก็บอยู่ในตัวแปร Gn4 มาทำการ
หาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกของภาพโดยจุดเริ่มต้นในการหาจะให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่พิกเซล
ซ้ายบนสุดของภาพ
[m6,n6]=size(Gn4);
i0=0;
j0=0;
for i=1:m6
    for j=1:n6
% เมื่อพบว่าพิกเซลใดเป็นสีขาวจะทำการเก็บพิกัดตำแหน่ง j ในตัวแปร j0 และพิกัด
ตำแหน่ง i ในตัวแปร i0 และสั่งให้หยุดการทำงานโดยใช้คำสั่ง break
        if Gn4(i,j) == 1
            j0=j;
            i0=i; break
        end
    end
% เมื่อสามารถหาพิกัดตำแหน่งที่พิกเซลเป็นสีขาวได้แล้วจะทำให้ i0 มีค่าเปลี่ยนจาก 0
เป็นค่าตำแหน่งที่หาได้จึงทำให้หยุดลูปการทำงาน
    if i0 ~= 0
        break
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นในการเริ่มเก็บตำแหน่งขอบมือ

2. เริ่มเก็บตำแหน่งขอบภาพของนิ้วกลางตามหลักการของการเก็บพิกัดตำแหน่งที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 โดยจะเริ่มเก็บพิกัดตำแหน่งจากทางด้านขวาของนิ้วกลางก่อนและจึงเก็บตำแหน่งพิกัดทางด้านซ้ายของนิ้วกลางโดยตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บจะใช้ตำแหน่ง A ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ซึ่งทิศทางในการเก็บตำแหน่งทางด้านซ้ายและด้านขวาของนิ้วกลางจะเป็นดังรูปที่ 3.12 ซึ่งพิกัดตำแหน่งสุดท้ายของการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วกลางด้านขวานั้นคือจุด C ดังรูปที่ 3.12 จะเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเริ่มต้นเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วชี้ และพิกัดตำแหน่งสุดท้ายของการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วกลางด้านซ้ายนั่นคือจุด B ดังรูปที่ 3.12 จะใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วนาง



รูปที่ 3.12 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วกลางด้านซ้ายและด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

%ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วกลางด้านขวาโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.12 จะเป็นการเก็บตำแหน่งจาก A ลงไปหา C โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่งภาพในบทที่ 2

%กำหนดให้ count1 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามีทั้งหมดกี่ตำแหน่ง F2 คือภาพนิ้วกลางภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้

% การเก็บตำแหน่งเส้นขอบจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i0 และ j0 เป็นตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6 ทิศทางตามเงื่อนไขของ

โปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดย ตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร r22 และตำแหน่ง I จะเก็บในตัวแปร im22 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งอ้างอิงจากตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไป โดยโปรแกรมจะหยุดการเก็บตำแหน่งของนิ้วกลางด้านขวาต่อเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบมีการเปลี่ยนทิศทางการเลื่อนตำแหน่งลงกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งขึ้นเพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนนิ้วมือจากนิ้วกลางเป็นนิ้วชี้ได้

```
%% Middle Finger
count1=0;
t=-1;i=i0;j=j0;F2(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j+1)==1
        F2(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r22(a)=(j+1);im22(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count1=count1+1;
    elseif Gn4(i+1,j)==1
        F2(i+1,j)=1;Gn4(i+1,j)=0;
        r22(a)=j;im22(a)=i+1;i=i+1;a=a+1;
        count1=count1+1;
    elseif Gn4(i+1,j+1)==1
        F2(i+1,j+1)=1;Gn4(i+1,j+1)=0;
        r22(a)=(j+1);im22(a)=(i+1);i=i+1;j=j+1;a=a+1;
        count1=count1+1;
    elseif Gn4(i,j-1)==1
        F2(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r22(a)=(j-1);im22(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count1=count1+1;
    elseif Gn4(i+1,j-1)==1
        F2(i+1,j-1)=1;Gn4(i+1,j-1)=0;
        r22(a)=(j-1);im22(a)=(i+1);i=i+1;j=j-1;a=a+1;
        count1=count1+1;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i-1,j+1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบนั้นไว้โดยพิกัดตำแหน่ง i จะเก็บในตัวแปร i01 และพิกัดตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร j01 เพื่อใช้เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งของนิ้วชี้

```
    if Gn4(i-1,j+1)==1
        i01=i-1;j01=j+1;
        break
    end
end
```

% ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วกลางด้านซ้ายโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.12 จะเป็นการเก็บตำแหน่งจาก A ลงไปหา B โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่งภาพในบท 2 ซึ่งกำหนดให้ count2 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามีทั้งหมดกี่ตำแหน่ง กำหนดF2 คือภาพนิ้วกลางงภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้ การเก็บตำแหน่งเส้นขอบจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i0 และ j0 เป็นตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6 ทิศทางตามเงื่อนไขของ โปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดยตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร r21 และตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร im21 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำ แล้วจึงเลื่อนตำแหน่งอ้างอิงจากตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดยโปรแกรมจะหยุดการเก็บตำแหน่งเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบมีการเปลี่ยนทิศทางจากการเลื่อนตำแหน่งลงกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งขึ้นเพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนนิ้วมือจากนิ้วกลางเป็นนิ้วนางได้

```
%% Middle Finger
count2=0;
t=-1;i=i0;j=j0;F2(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j-1)==1
        F2(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r21(a)=(j-1);im21(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count2=count2+1;
    elseif Gn4(i+1,j)==1
        F2(i+1,j)=1;Gn4(i+1,j)=0;
        r21(a)=j;im21(a)=i+1;i=i+1;a=a+1;
        count2=count2+1;
    elseif Gn4(i+1,j-1)==1
        F2(i+1,j-1)=1;Gn4(i+1,j-1)=0;
        r21(a)=j-1;im21(a)=i+1;i=i+1;j=j-1;a=a+1;
        count2=count2+1;
    elseif Gn4(i,j+1)==1
        F2(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r21(a)=j+1;im21(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count2=count2+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    elseif Gn4(i+1,j+1)==1
        F2(i+1,j+1)=1;Gn4(i+1,j+1)=0;
        r21(a)=j+1;im21(a)=i+1;j=j+1;i=i+1;a=a+1;
        count2=count2+1;
    end
```

% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i-1,j-1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบนั้นไว้โดยตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร i02 และตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร j02 เพื่อใช้เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วนาง

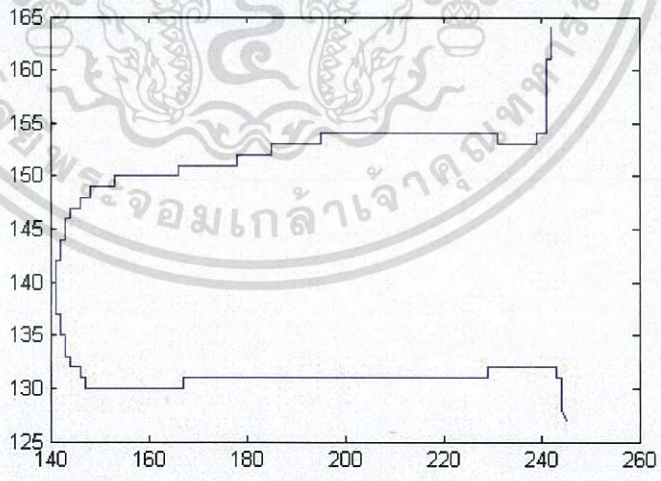
```
    if Gn4(i-1,j-1)==1
        i02=i-1;j02=j-1;
        break
    end
end
```

% นำพิกัดตำแหน่งนิ้วมือด้านซ้ายในตัวแปร r21 และ im22 มากลับเมทตริกเพื่อที่จะนำไปรวมกับเมทตริกของนิ้วกลางด้านขวา

```
 [m7,n7]=size(r21);
O22=n7+1;
for i=1:n7
    A2(i)=r21(O22-i);
    B2(i)=im21(O22-i);
end
r21=A2;im21=B2;
```

% รวมเมทตริกของพิกัดตำแหน่งนิ้วกลางทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเข้าด้วยกัน

```
r2_0=[r21 j0 r22];
im2_0=[im21 i0 im22];
```



รูปที่ 3.13 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วกลางที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากการแยกนิ้วกลางออกจากภาพได้นั้นจะทำให้มีพิกัดตำแหน่งของโคนนิ้วกลางทั้งด้านซ้ายและด้านขวานั่นคือ จุด B และ C ดังรูปที่ 3.12 โดยที่พิกัดตำแหน่งปลายนิ้วกลางด้านขวาที่ถูกเก็บในตัวแปร i01 และ j01 จะใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วชี้เพื่อแยกนิ้วชี้ออกจากภาพ โดยทิศทางการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วชี้จะแสดงในรูปที่ 3.14 โดยพิกัดตำแหน่ง i01 และ j01 คือจุด C ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งจะใช้เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งของนิ้วชี้ซึ่งในการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วชี้ด้านขวานั้นจะมีปัญหาในการหยุดการเก็บตำแหน่งเมื่อสิ้นสุดส่วนของนิ้วชี้ด้านขวาเนื่องจากหากเก็บตำแหน่งไปเลื่อยจะทำให้ไปเก็บตำแหน่งของเส้นขอบของฝ่ามือมาด้วยดังนั้นในการเก็บตำแหน่งนิ้วชี้ด้านขวานั้นจะเริ่มเก็บตำแหน่งจากจุด D ลงมาเลื่อยๆและจะใช้เทคนิคการนับจำนวนพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ให้มีค่าจำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วชี้ด้านขวาเท่ากับจำนวนพิกัดตำแหน่งนิ้วชี้ด้านซ้ายเพื่อหยุดเก็บซึ่งตำแหน่งที่หยุดเก็บนั้นคือจุด E ดังในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วชี้

```
% ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วชี้ด้านซ้ายโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.14 จะเป็นการเก็บพิกัด
ตำแหน่งจาก C ขึ้นไปหา D โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บ
ตำแหน่งภาพในบทที่ 2 กำหนดให้ count3 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่
สามารถเก็บได้ว่ามีทั้งหมดกี่ตำแหน่ง F1 คือภาพนิ้วชี้ภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่
เก็บได้ การเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วชี้จะทำโดยใช้ตำแหน่ง i1 และ j1 เป็นตำแหน่ง
เริ่มต้นในการเก็บ ตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6
ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะ
ทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% โดยตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร r11 และตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร im11 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจากตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดยโปรแกรมจะหยุดการเก็บตำแหน่งของนิ้วชี้ด้านซ้ายต่อเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบมีการเปลี่ยนทิศทางการเลื่อนตำแหน่งขึ้นกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งลงและจะกำหนดให้ตำแหน่งที่หยุดนี้เป็นตำแหน่งจุดยอดของนิ้วชี้นั่นคือ จุด D ตามรูปที่ 3.14

```
count3=0;
t=-1;i=i01;j=j01;F1(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j+1)==1
        F1(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r11(a)=(j+1);im11(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count3=count3+1;
    elseif Gn4(i-1,j)==1
        F1(i-1,j)=1;Gn4(i-1,j)=0;
        r11(a)=(j);im11(a)=(i-1);i=i-1;a=a+1;
        count3=count3+1;
    elseif Gn4(i-1,j+1)==1
        F1(i-1,j+1)=1;Gn4(i-1,j+1)=0;
        r11(a)=(j+1);im11(a)=(i-1);i=i-1;j=j+1;a=a+1;
        count3=count3+1;
    elseif Gn4(i,j-1)==1
        F1(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r11(a)=j-1;im11(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count3=count3+1;
    elseif Gn4(i-1,j-1)==1
        F1(i-1,j-1)=1;Gn4(i-1,j-1)=0;
        r11(a)=(j-1);im11(a)=(i-1);i=i-1;j=j-1;a=a+1;
        count3=count3+1;
    end
```

% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i+1,j+1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบนั้นไว้โดยตำแหน่ง i จะเก็บในตัวแปร i03 และตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร j03 เพื่อใช้เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วด้านขวา

```
    if Gn4(i+1,j+1)==1
        i03=i+1;j03=j+1;
        break
    end
end
```

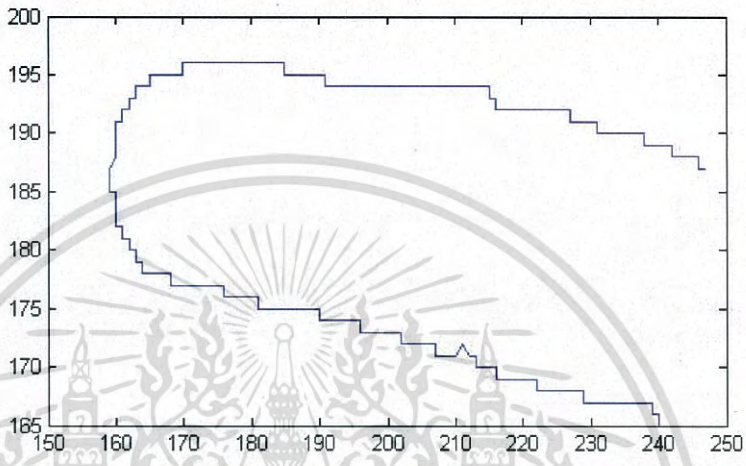
% ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วชี้ด้านขวาโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.14 จะเป็นการเก็บพิกัดตำแหน่งจากจุด D ลงไปหาจุด E โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่งภาพในบทที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% กำหนดให้ count4 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามี
ทั้งหมดกี่ตำแหน่งการเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วชี้ด้านขวาจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i03 และ
j03 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกัน
ในลักษณะ 5 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบ
พิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดยตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร r12 และ
ตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร im12 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำ
แล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจาตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการ
ตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไป
count4=0;
t=-1;i=i03;j=j03;F1(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j+1)==1
        F1(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r12(a)=(j+1);im12(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count4=count4+1;
    elseif Gn4(i+1,j)==1
        F1(i+1,j)=1;Gn4(i+1,j)=0;
        r12(a)=j;im12(a)=i+1;i=i+1;a=a+1;
        count4=count4+1;
    elseif Gn4(i+1,j+1)==1
        F1(i+1,j+1)=1;Gn4(i+1,j+1)=0;
        r12(a)=(j+1);im12(a)=(i+1);i=i+1;j=j+1;a=a+1;
        count4=count4+1;
    elseif Gn4(i,j-1)==1
        F1(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r12(a)=(j-1);im12(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count4=count4+1;
    elseif Gn4(i+1,j-1)==1
        F1(i+1,j-1)=1;Gn4(i+1,j-1)=0;
        r12(a)=(j-1);im12(a)=(i+1);i=i+1;j=j-1;a=a+1;
        count4=count4+1;
  end
% เมื่อพบว่าจำนวนพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้นั่นคือ count4 มีค่าเท่ากับ count3 การเก็บ
ตำแหน่งนิ้วชี้ด้านขวาจะหยุดการเก็บตำแหน่งและเก็บพิกัดตำแหน่งสุดท้ายนี้ไว้ในตัวแปร
i04 และ j04
    if count3==count4
        t=1;
        i04=i;j04=j;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

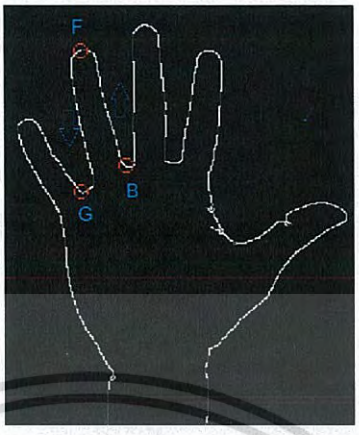
```
% รวมเมทตริกของพิกัดตำแหน่งนิ้วชี้ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเข้าด้วยกัน
r1_0=[j01 r11 j03 r12 ];
im1 0=[i01 im11 i03 im12];
```



รูปที่ 3.15 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วชี้ที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ

4. จากการแยกนิ้วกลางออกจากภาพได้นั้นจะทำให้มีพิกัดตำแหน่งของโคนนิ้วกลางทั้งด้านซ้ายและด้านขวานั่นคือ จุด B และ C ดังรูปที่ 3.12 โดยที่พิกัดตำแหน่งปลายนิ้วกลางด้านซ้ายที่ถูกเก็บในตัวแปร i02 และ j02 จะใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วนางเพื่อแยกนิ้วนางออกจากภาพ โดยทิศทางการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วนางจะแสดงในรูปที่ 3.16 เมื่อพิจารณาตามรูปที่ 3.16 พิกัดตำแหน่ง i02 และ j02 คือจุด B ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งจะใช้เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งของนิ้วนาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วนาง

% ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วนางด้านขวาโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.16 จะเป็นการเก็บพิกัดตำแหน่ง % จาก C ขึ้นไปหา F โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่งภาพในบท2 กำหนดให้ count5 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามีทั้งหมดกี่ตำแหน่ง F3 คือภาพนิ้วนางภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้ การเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วนางจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i02 และ j02 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการ %เก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดยตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร r32 และตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร im32 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจากตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดยโปรแกรมจะหยุดการเก็บแหน่งของนิ้วนางด้านขวาต่อเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบมีการเปลี่ยนทิศทางการเลื่อนตำแหน่งขึ้นกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งลงและจะกำหนดให้ตำแหน่งที่หยุดนี้เป็นตำแหน่งจุดยอดของนิ้วนางนั่นคือ จุด F ตามรูปที่ 3.16

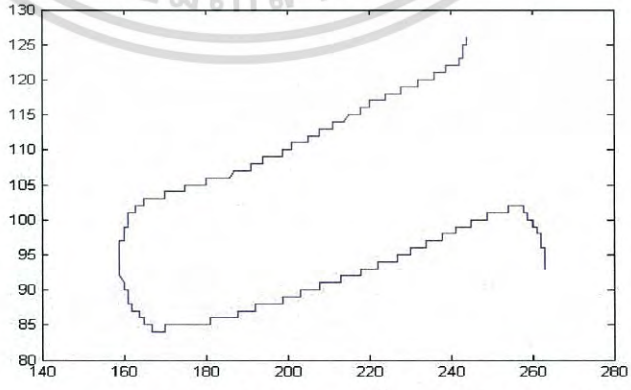
```
count5=0;
t=-1;i=i02;j=j02;F3(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j-1)==1
        F3(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r32(a)=(j-1);im32(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count5=count5+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    elseif Gn4(i-1,j)==1
        F3(i-1,j)=1;Gn4(i-1,j)=0;
        r32(a)=j;im32(a)=(i-1);i=i-1;a=a+1;
        count5=count5+1;
    elseif Gn4(i-1,j-1)==1
        F3(i-1,j-1)=1;Gn4(i-1,j-1)=0;
        r32(a)=(j-1);im32(a)=(i-1);i=i-1;j=j-1;a=a+1;
        count5=count5+1;
    elseif Gn4(i,j+1)==1
        F3(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r32(a)=(j+1);im32(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count5=count5+1;
    elseif Gn4(i-1,j+1)==1
        F3(i-1,j+1)=1;Gn4(i-1,j+1)=0;
        r32(a)=(j+1);im32(a)=(i-1);i=i-1;j=j+1;a=a+1;
        count5=count5+1;
    end
% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i+1,j-1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบ
นั้นไว้โดยตำแหน่ง i จะเก็บในตัวแปร i05 และตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร j05 เพื่อใช้เป็น
พิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหนงของนิ้วนางด้านซ้าย
    if Gn4(i+1,j-1)==1
        i05=i+1;j05=j-1;
        break
    end
end
% การเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วนางด้านซ้ายจะใช้ตำแหน่ง i05 และ j05 เป็นตำแหน่งเริ่มต้น
ในการ  %เก็บตำแหน่งโดยหากพิราณาตามรูปที่ 3.16 จะเป็นการเก็บตำแหน่งจากจุด F ลง
ไปหาจุด G จากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6 ทิศทางตามเงื่อนไขของ
โปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้โดย
ตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร r31 และตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร im31จากนั้นจะ
เปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจากตำแหน่งเดิมมา
ตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดยโปรแกรมจะหยุดการ
เก็บตำแหน่งของนิ้วนางด้านซ้ายต่อเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบมีการเปลี่ยนทิศ
ทางการเลื่อนตำแหน่งลงกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งขึ้นหากยังเก็บตำแหน่งต่อไปจะเป็นการเก็บ
ตำแหน่งของนิ้วก้อยไปด้วย
count6=0;
t=-1;i=i05;j=j05;F3(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j-1)==1
        F3(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r31(a)=(j-1);im31(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count6=count6+1;
    elseif Gn4(i+1,j)==1
        F3(i+1,j)=1;Gn4(i+1,j)=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

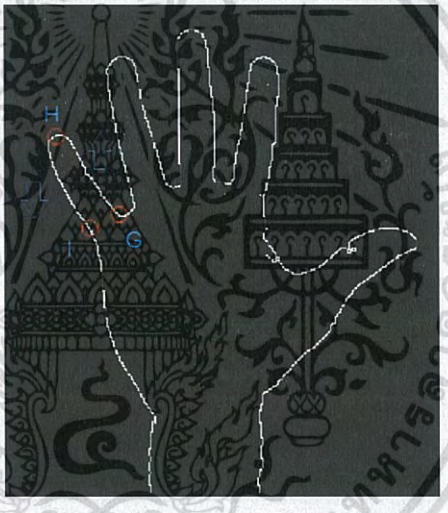
```
        r31(a)=j;im31(a)=i+1;i=i+1;a=a+1;
        count6=count6+1;
elseif Gn4(i+1,j-1)==1
        F3(i+1,j-1)=1;Gn4(i+1,j-1)=0;
        r31(a)=(j-1);im31(a)=(i+1);i=i+1;j=j-1;a=a+1;
        count6=count6+1;
    elseif Gn4(i,j+1)==1
        F3(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r31(a)=(j+1);im31(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count6=count6+1;
    elseif Gn4(i+1,j+1)==1
        F3(i+1,j+1)=1;Gn4(i+1,j+1)=0;
        r31(a)=(j+1);im31(a)=(i+1);i=i+1;j=j+1;a=a+1;
        count6=count6+1;
    end
% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i-1,j-1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบนั้น
ไว้โดยตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร i06 และตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร j06 เพื่อใช้
เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วก้อย
    if Gn4(i-1,j-1)==1
        i06=i-1;j06=j-1;
        break
    end
end
% รวมเมทริกของพิกัดตำแหน่งนิ้วนางทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเข้าด้วยกัน
r3_0=[j02 r32 j05 r31];
im3_0=[i02 im32 i05 im31];
% นำพิกัดตำแหน่งนิ้วนางในตัวแปร r3_0 และ im3_0 มากลับเมทริก
 [m10,n10]=size(r3_0);
O33=n10+1;
for i=1:n10
    A3(i)=r3_0(O33-i);
    B3(i)=im3_0(O33-i);
end
r3_0=A3; im3_0=B3;
```



รูปที่ 3.17 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วนางที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วนางด้านซ้ายจะทำให้สามารถนำตำแหน่งปลายสุดของนิ้วนางด้านซ้ายซึ่งถูกเก็บในตัวแปร i06 และ j06 โดยหากพิจารณาตามรูปที่ 3.18 นั่นคือตำแหน่งของจุด G นำมาเป็นตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วก้อยได้โดยทิศทางการเก็บตำแหน่งของนิ้วก้อยแสดงดังรูปที่ 3.18 ซึ่งในการเก็บตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้ายนั้นหากเก็บตำแหน่งลงไปเรื่อยๆจะทำให้เก็บพิกัดตำแหน่งเลยส่วนของนิ้วก้อยลงไปนั่นคือจะได้พิกัดตำแหน่งของฝ่ามือมาด้วยดังนั้นนในการหยุดเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้ายจะใช้เทคนิคเดียวกับที่ใช้หยุดการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วชี้นั่นคือการเก็บพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้ายจะหยุดเก็บพิกัดตำแหน่งเมื่อพบว่าจำนวนพิกัดตำแหน่งด้านซ้ายมีค่าเท่ากับจำนวนพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยด้านขวา



รูปที่ 3.18 แสดงทิศทางการเก็บตำแหน่งนิ้วก้อย

```
%ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วก้อยด้านขวาโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.18 จะเป็นการเก็บพิกัดตำแหน่งจาก G ขึ้นไปหา H โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่งภาพในบท2 กำหนดให้ count7 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามีทั้งหมดกี่ตำแหน่ง F4 คือภาพนิ้วนางภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้การเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วก้อยจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i06 และ j06 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 6 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดยตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร r42 และตำแหน่ง i จะเก็บในตัวแปร im42
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจาd ตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดย โปรแกรมจะหยุดการเก็บตำแหน่งของนิ้วก้อยด้านขวาต่อเมื่อพบว่าตำแหน่งพิกเซลสีขาวที่พบ มีการเปลี่ยนทิศทางการเลื่อนตำแหน่งขึ้นกลายเป็นเลื่อนตำแหน่งลงและจะใช้ตำแหน่งที่หยุดนี้ เป็นตำแหน่งจุดยอดของนิ้วก้อยนั่นคือ จุด H ตามรูปที่ 3.18 เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการเก็บ พิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้าย

```
% % Little Finger
count7=0;
t=-1;i=i06;j=j06;F4(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j-1)==1
        F4(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r42(a)=(j-1);im42(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count7=count7+1;
    elseif Gn4(i-1,j)==1
        F4(i-1,j)=1;Gn4(i-1,j)=0;
        r42(a)=j;im42(a)=(i-1);i=i-1;a=a+1;
        count7=count7+1;
    elseif Gn4(i-1,j-1)==1
        F4(i-1,j-1)=1;Gn4(i-1,j-1)=0;
        r42(a)=(j-1);im42(a)=(i-1);i=i-1;j=j-1;a=a+1;
        count7=count7+1;
    elseif Gn4(i-1,j+1)==1
        F4(i-1,j+1)=1;Gn4(i-1,j+1)=0;
        r42(a)=(j+1);im42(a)=(i-1);i=i-1;j=j+1;a=a+1;
        count7=count7+1;
    elseif Gn4(i,j+1)==1
        F4(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r42(a)=(j+1);im42(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count7=count7+1;
    end
```

% หากพิกเซลสีขาวที่พบตรงกับเงื่อนไข Gn4(i+1,j-1)=1 จะทำการเก็บพิกัดตำแหน่งที่พบนั้น ไว้โดยตำแหน่งแกน i จะเก็บในตัวแปร i07 และตำแหน่งแกน j จะเก็บในตัวแปร j07 เพื่อใช้ เป็นพิกัดตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่งของนิ้วก้อยด้านซ้าย

```
    if Gn4(i+1,j-1)==1
        i07=i+1;j07=j-1;
        break
    end
end
```

%ทำการเก็บตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้ายโดยหากสังเกตุจากรูปที่ 3.18 จะเป็นการเก็บพิกัด ตำแหน่งจาก H ลงไปหา I โดยการเก็บตำแหน่งขอบนิ้วนั้นใช้หลักการของการเก็บตำแหน่ง ภาพในบท 2 กำหนดให้ count8 เป็นตัวแปรใช้นับจำนวนตำแหน่งภาพที่สามารถเก็บได้ว่ามี ทั้งหมดกี่ตำแหน่งF4 คือภาพนิ้วนางภาพใหม่ที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้

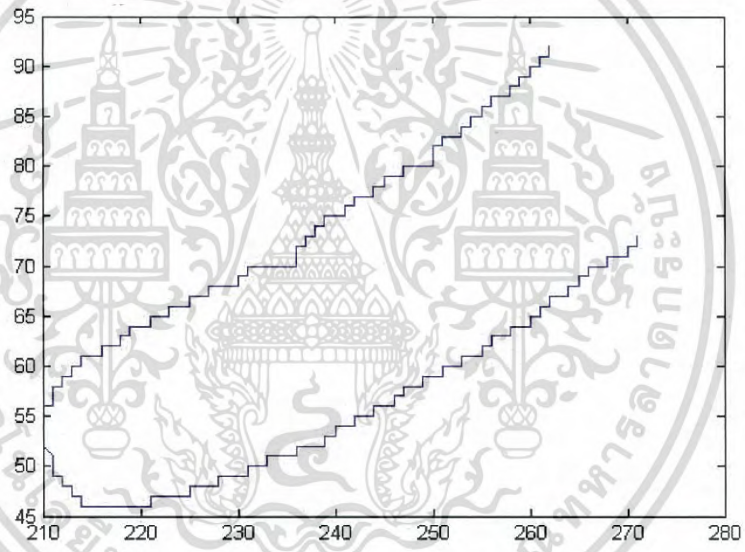
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% การเก็บตำแหน่งเส้นขอบนิ้วก้อยด้านซ้ายจะทำโดยใช้ตำแหน่ง i07 และ j07 เป็นตำแหน่งเริ่มต้น ในการเก็บตำแหน่งจากนั้นจึงตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันในลักษณะ 5 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรมว่าพิกเซลใดเป็นพิกเซลสีขาวหากพบพิกเซลสีขาวจะทำการเก็บตำแหน่งนั้นไว้ โดยตำแหน่ง j จะเก็บในตัวแปร r41 และตำแหน่ง i จะเก็บในตัวแปร im41 จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลสีขาวที่พบนั้นให้เป็นสีดำแล้วจึงเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาจากตำแหน่งเดิมมาตำแหน่งใหม่ที่ตรวจพบนี้เพื่อทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวถัดไปโดยโปรแกรมจะหยุดการเก็บตำแหน่งของนิ้วก้อยด้านซ้ายต่อเมื่อพบว่าจำนวนพักดตำแหน่นิ้วก้อยด้านซ้ายที่เก็บได้โดยเก็บในตัวแปร count8 มีค่าเท่ากับจำนวนวพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยด้านขวาในตัวแปร count7

```
count8=0;
t=-1;i=i07;j=j07;F4(i,j)=1;a=1;b=1;
while t<0
    if Gn4(i,j-1)==1
        F4(i,j-1)=1;Gn4(i,j-1)=0;
        r41(a)=(j-1);im41(a)=i;j=j-1;a=a+1;
        count8=count8+1;
    elseif Gn4(i+1,j)==1
        F4(i+1,j)=1;Gn4(i+1,j)=0;
        r41(a)=j;im41(a)=i+1;i=i+1;a=a+1;
        count8=count8+1;
    elseif Gn4(i+1,j-1)==1
        F4(i+1,j-1)=1;Gn4(i+1,j-1)=0;
        r41(a)=(j-1);im41(a)=(i+1);i=i+1;j=j-1;a=a+1;
        count8=count8+1;
    elseif Gn4(i,j+1)==1
        F4(i,j+1)=1;Gn4(i,j+1)=0;
        r41(a)=(j+1);im41(a)=i;j=j+1;a=a+1;
        count8=count8+1;
    elseif Gn4(i+1,j+1)==1
        F4(i+1,j+1)=1;Gn4(i+1,j+1)=0;
        r41(a)=(j+1);im41(a)=(i+1);i=i+1;j=j+1;a=a+1;
        count8=count8+1;
    end
%กำหนดเงื่อนไขถ้า count 8 มีค่าเท่ากับ count7จะทำการหยุดเก็บตำแหน่งนิ้วก้อยด้านซ้ายทันที
    if count8==count7
        t=1;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% รวมเมทตริกของพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยทั้งด้านซ้ายและด้านขวาเข้าด้วยกัน
r4_0=[j06 r42 j07 r41];
im4_0=[i06 im42 i07 im41];
% นำพิกัดตำแหน่งนิ้วก้อยในตัวแปร r4_0 และ im4_0 มากลับเมทตริก
[m12,n12]=size(r4_0);
O44=n12+1;
for i=1:n12
    A4(i)=r4_0(O44-i);
    B4(i)=im4_0(O44-i);
end
r4_0=A4;im4_0=B4;
```



รูปที่ 3.19 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งของนิ้วก้อยที่เก็บได้มาพล็อตกราฟ

6. หลังจากผ่านขั้นตอนในการหาพิกัดตำแหน่งของเส้นขอบนิ้วมือที่ได้ทำการแยกแต่ละนิ้วออกมาจากมือแล้ว พบว่านิ้วแต่ละนิ้วที่แยกออกมาจะมีลักษณะเอียงแตกต่างกัน และมีพิกัดอยู่บนแกนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องนำพิกัดจุดที่ได้ในแต่ละนิ้วมาเข้าสู่กระบวนการการนอร์มอลไลเซชัน เพื่อทำให้นิ้วแต่และนิ้วที่แยกออกมาได้มีพิกัดอยู่บนแกนเดียวกัน โดยจะเริ่มจากการนำตำแหน่งพิกัดในแนวแกนนอน x และพิกัดในแนวแกนตั้ง y ในแต่ละนิ้วที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยดังสมการที่ (3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{x}^{(k)} = \frac{1}{N^{(k)}} \sum_{i=1}^{N^{(k)}} x_i^{(k)} \quad , \quad \bar{y}^{(k)} = \frac{1}{N^{(k)}} \sum_{i=1}^{N^{(k)}} y_i^{(k)} \tag{3.1}$$

โดยที่

x_i คือ พิกัดตำแหน่งจุดในแนวแกนนอน หรือแกน X
y_i คือ พิกัดตำแหน่งจุดในแนวแกนตั้ง หรือแกน y
N คือ จำนวนตำแหน่งพิกัดจุดทั้งหมด
k คือ จำนวนนิ้วมือ กำหนดให้ $k = 1,2,3,4$

หาค่าความเบี่ยงเบนของตำแหน่งพิกัดจุดโดยนำค่าพิกัดตำแหน่งจุดแต่ละจุดทั้งในแนวแกนนอน x_i และแกนตั้ง y_i ลบกับค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และ $\bar{y}$ ที่หาได้มาจากสมการที่ (3.1) ได้ผลลัพธ์ดังสมการที่ (3.2)

$$X_i^{(k)} = x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)}, Y_i^{(k)} = y_i^{(k)} - \bar{y}^{(k)} \tag{3.2}$$

ทำการหาค่าเมทตริกความแปรปรวนร่วม (Covariant Matrix) ด้วยสมการที่ (3.3)

$$X_i^{(k)} C^{(k)} = \frac{1}{N^{(k)}} \sum_{i=1}^{N^{(k)}} \begin{vmatrix} (X_i^{(k)} \cdot X_i^{(k)}) & (X_i^{(k)} \cdot Y_i^{(k)}) \\ (Y_i^{(k)} \cdot X_i^{(k)}) & (Y_i^{(k)} \cdot Y_i^{(k)}) \end{vmatrix} \tag{3.3}$$

นำค่าไอเกน (Eigen value) และค่าไอเกนเวกเตอร์ (Eigen vector) เข้ามาช่วยในการปรับข้อมูลตำแหน่งพิกัดจุดที่เก็บมาได้ให้เป็นค่านอร์มอลไลซ์ (Normalize data) โดยสามารถหาค่าไอเกนและค่าไอเกนเวกเตอร์ได้ดังสมการที่ (3.4)

$$C^{(k)} v^{(k)} = \mu^{(k)} v^{(k)} \tag{3.4}$$

เมื่อ

μ คือ ค่าไอเกน
v คือ ค่าไอเกนเวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นปรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งให้เป็นค่านอร์มอลไลซ์ด้วยสมการที่ (3.5)

$$N^{(k)} = a_i{}^{(k)} v^{(k)} \tag{3.5}$$

เมื่อ

$a_i = [\, x_i \,,\, y_i]$

v คือ ค่าไอเกนเวกเตอร์

N คือ ค่านอร์มอลไลซ์ของชุดข้อมูล

โดยรูปที่ 3.20 ถึง 3.23 แสดงผลลัพธ์การนอร์มอลไลซ์นิ้วมือ

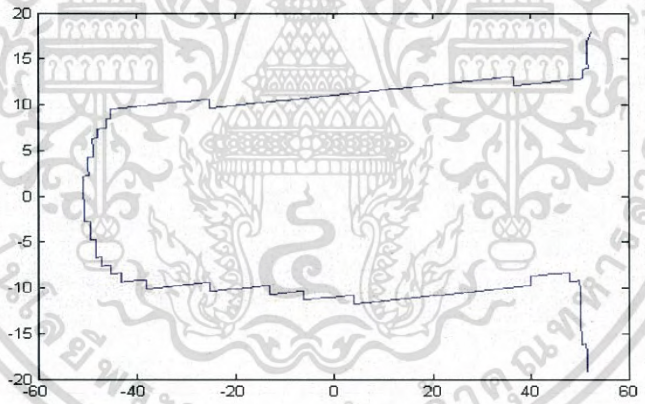
```
% % การ normalization นิ้วกลาง
% % ทำการ Transpose ตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอนการหาพิกัดจุดของนิ้วกลางแล้วเก็บ
ผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร  x2_0,y2_0
        x2_0 = r2_0';
        y2_0 = im2_0';
        [m14, n14] = size(x2_0);
% % หาค่าผลรวมของตำแหน่ง x2_0,y2_0 ผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ที่ตัวแปร b2 และ c2
ตามลำดับ
        b2=0; c2=0;
        for i=1:m14
            b2 = b2+x2_0(i);
            c2 = c2+y2_0(i);
        end
% %นำค่าผลรวมของตำแหน่งที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ที่ตัวแปร x2bar และ
y2bar
        x2bar =b2/m14; y2bar = c2/m14;
% % ขั้นตอนการหาค่า Covarian
% % กำหนด Covarian(x,y)=Covarian(y,x)
        b2xy=0;
        for i=1:m14
            b2xy = b2xy+(x2_0(i)-x2bar)*(y2_0(i)-y2bar);
        end
        conxy2 = b2xy/(m14);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% % หาค่า Covarian(x,x) เก็บผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร conxx2
        b2xx=0;
        for i=1:m14
            b2xx = b2xx+(x2_0(i)-x2bar)*(x2_0(i)-x2bar);
        end
        conxx2 = b2xx/(m14);
% % หาค่า Covarian(y,y) เก็บผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร conyy2
        b2yy=0;
        for i=1:m14
            b2yy = b2yy+(y2_0(i)-y2bar)*(y2_0(i)-y2bar);
        end
        conyy2 = b2yy/(m14);
% % สร้าง Convarian matrix ผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ที่ตัวแปร c22
        c22=[conxx2 conxy2;conxy2 conyy2];
% % หาค่า Eigen vector and Eigen value โดยใช้ฟังก์ชันของโปรแกรมแมทแลป
% % กำหนดให้ V2=eigenvector;
% % กำหนดให้ D2=eigenvalue
        [V2,D2]=eig(c22);
        FeatureVector2=[V2(1,2) V2(1,1);V2(2,2) V2(2,1)];
%นำค่าตำแหน่งแต่ละตำแหน่งลบกับค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลลัพธ์ที่ได้
เก็บไว้ที่ x2_0 และ y2_0 ตามลำดับ
        for i=1:m14
            x2_0(i)=x2_0(i)-x2bar;
            y2_0(i)=y2_0(i)-y2bar;
        end
% สร้างเมตริกซ์ของตัวแปร x2_0 และ y2_0 แล้วเก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปร z2_0
        z2_0=[x2_0 y2_0];
% ทำการ Tranpose เมตริกซ์ z2_0 แล้วเก็บผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร f2_0
        f2_0=z2_0';
```

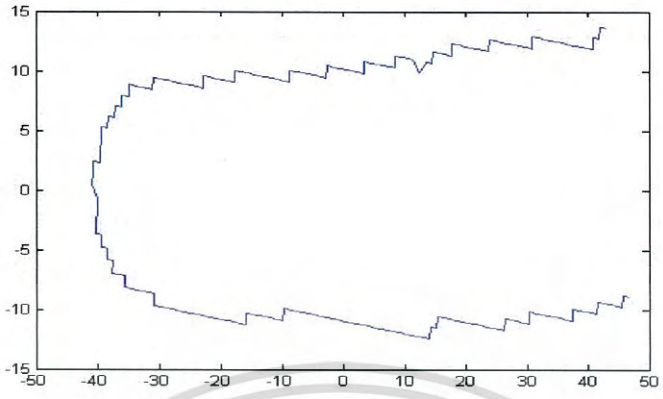
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% % หาค่า Normalize Value(x,y) ผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ที่ตัวแปร finaldata2
Finaldata2=FeatureVector2'*f2_0;
for i=1:2
    for j=1:m14
        if i==1
            x12(j)=Finaldata2(i,j);
            else
            y12(j)=Finaldata2(i,j);
        end
    end
end
```

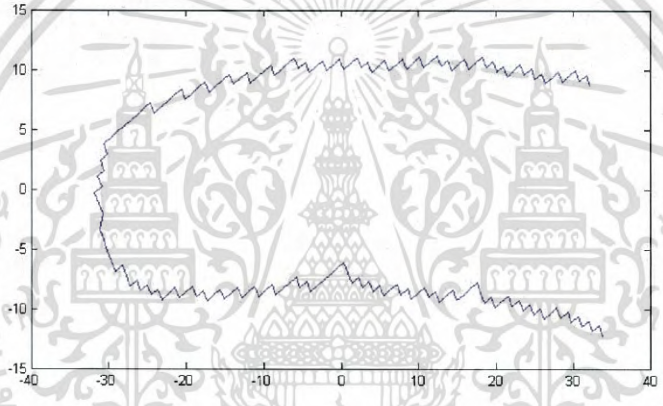


รูปที่ 3.20 แสดงนิ้วชี้ที่นอลมอลไลซ์แล้ว

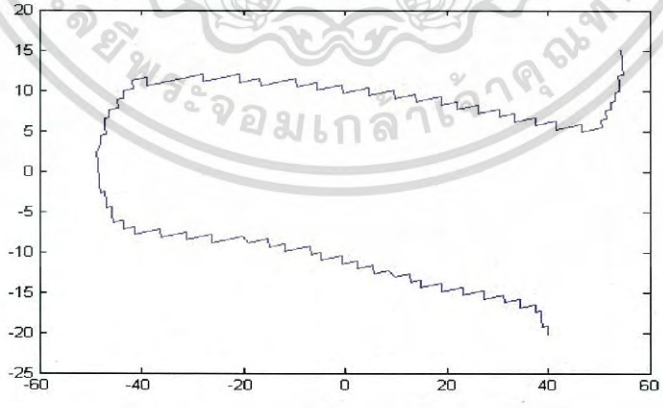
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 แสดงนิ้วกลางที่นอลมอลไลซ์แล้ว



รูปที่ 3.22 แสดงนิ้วนางที่นอลมอลไลซ์แล้ว



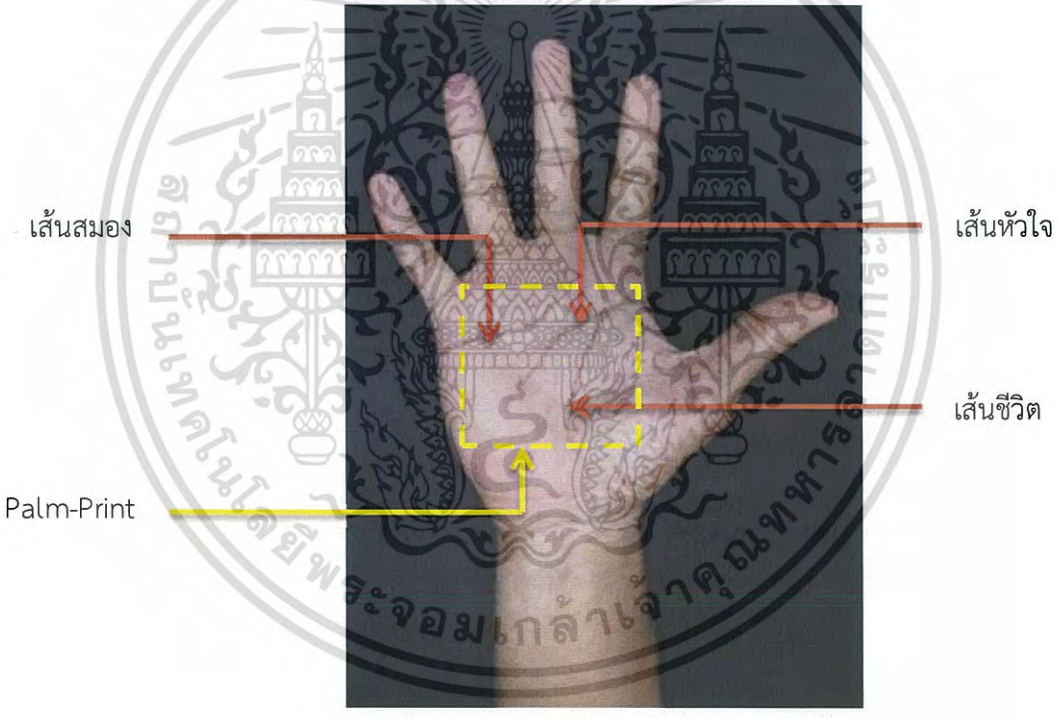
รูปที่ 3.23 แสดงนิ้วก้อยที่นอลมอลไลซ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การแยก Palm-Print และการแยก Principal Lines

ในขั้นตอนนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการแยก Palm-Print ออกจากภาพเพื่อนำ Palm-Print มาแยก Principal Lines ออกจากภาพของ Palm-Print ซึ่ง Principal Lines นั้นประกอบด้วย เส้นสมอง เส้นหัวใจและเส้นชีวิตดังรูปที่ 4.1 และหากพิจารณา รูปที่ 3.2 แสดง Flow Chart การทำงานโดยรวมโปรแกรม ในบทที่ 2 การแยก Palm-Print และ การแยก Principal Lines นั้นจะตรงกับบล็อกที่ 3 ของ Flow Chart การทำงานโดยรวมโปรแกรม



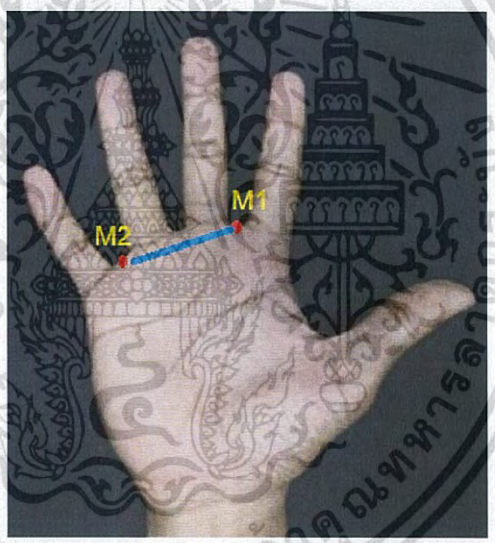
รูปที่ 4.1 แสดงเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การแยก Palm-Print ออกจากภาพ

Palm-Print คือส่วนของฝ่ามือมนุษย์ซึ่งมีข้อมูลทางชีวภาพที่ต้องการคือ เส้นสมอง เส้นหัวใจและเส้นชีวิตเพื่อนำไปใช้ในการระบุตัวตน โดยขั้นตอนและวิธีการแยก Palm-Print ออกจากภาพเป็นดังนี้

1. การจะแยก Palm-Print ออกจากภาพนั้นทำโดยการสร้างสี่เหลี่ยมจตุรัสขึ้นเพื่อนำมา Crop เฉพาะส่วนของ Palm-Print ออกจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของโคนนิ้วชี้ด้านซ้ายนั่นคือ M1 และโคนนิ้วก้อยด้านขวานั่นคือ M2 ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ที่ได้จากในขั้นตอนการแยกนิ้วมือมาใช้ในการสร้างสี่เหลี่ยมโดยการสร้างเส้นตรงจาก M1 ไปยัง M2 แต่หากสร้างเส้นตรงเชื่อมจุดทั้งสองเข้าด้วยกันทันทีจะพบว่าเส้นตรงที่ได้นั้นจะเอียงดังแสดงในรูปที่ 4.2 ดังนั้นจึงต้องทำการหมุนภาพเสียก่อนเพื่อให้เส้นตรงที่สร้างขึ้นมานั้นตรง



รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่ง M1 และ M2

2. ก่อนจะหมุนภาพได้นั้นจะต้องทราบก่อนว่าจะต้องหมุนภาพไปกี่องศาโดยมุมที่จะใช้ในการหมุนนั้นหาได้จากสมการที่ (4.1) และการหมุนภาพนั้นทำได้โดยใช้คำสั่ง “imrotate” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยที่ลักษณะการหมุนนั้นจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาโดยรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปก่อนหมุนและรูปหลังจากการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta = \arctan(\frac{x2-x1}{y2-y1}) \quad (4.1)$$

เมื่อ

Θ คือ ค่ามุม

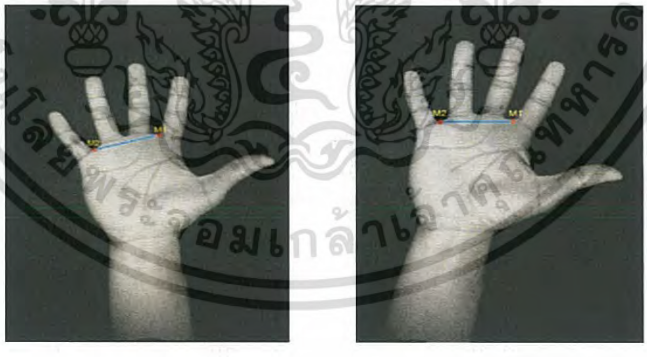
x1 คือ ค่าพิกัดตำแหน่งแกน x ของ M1

y1 คือ ค่าพิกัดตำแหน่งแกน y ของ M1

x2 คือ ค่าพิกัดตำแหน่งแกน x ของ M2

y2 คือ ค่าพิกัดตำแหน่งแกน y ของ M2

```
% กำหนดให้ตำแหน่ง M1 คือ M1(i01,j01) ซึ่งค่าตำแหน่ง i01และ j01 นั้นได้มาจากในขั้นตอนการแยกนิ้วมือ กำหนดให้ตำแหน่ง M2 คือ M2(i06,j06) ซึ่งค่าตำแหน่ง i06 และ j06 นั้นได้มาจากในขั้นตอนการแยกนิ้วมือโดยมุมที่ได้นั้นจะถูกเก็บในตัวแปร Angle1 เพื่อนำไปใช้ในการหมุนภาพ
Angle1 = atand((i06-i01)/(j06-j01));
% นำค่ามุมที่ได้มาใส่ในคำสั่ง imrotate เพื่อกำหนดว่าจะหมุนภาพไปเท่าใดโดยภาพที่นำมาหมุนนั้นจะใช้ภาพระดับสีเทาที่ได้จากในหัวข้อที่ 3.2 ซึ่งถูกเก็บในตัวแปร Y และภาพที่ถูกหมุนแล้วจะถูกเก็บในตัวแปร YR
YR=imrotate(Y,Angle1,'nearest','crop');
```



(ก) (ข)

รูปที่ 4.3 แสดงภาพก่อนหมุนภาพและหลังหมุนภาพ

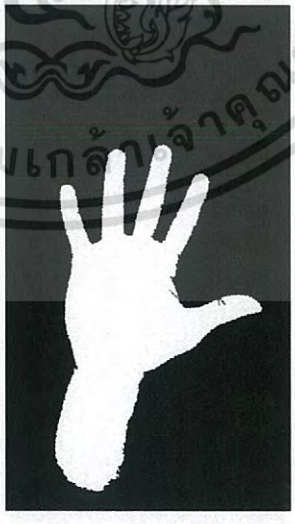
(ก) แสดงภาพก่อนการหมุนภาพ

(ข) แสดงภาพหลังการหมุนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แปลงภาพระดับสีเทาที่ถูกหมุนแล้วจากในขั้นตอนที่ 2 ให้เป็นภาพสองระดับ (Binary Image) ซึ่งจะทำให้การประมวลผลของโปรแกรมเป็นไปได้ง่ายขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลมีเพียง 2 ข้อมูลเท่านั้น คือ พิกเซลสีขาวแทนด้วย “1” และพิกเซลสีดำแทนด้วย “0” ซึ่งสามารถทำได้โดยการกำหนดค่าเทรสโฮล ซึ่งหากค่าระดับสีเทาของพิกเซลใดมีค่าต่ำกว่าค่าเทรสโฮลที่กำหนดจะกำหนดให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น “0” แต่5ถ้าหากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทาสูงกว่าค่าที่กำหนดจะกำหนดให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น “1” โดยรูปที่ 4.4 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

```
% กำหนดค่าเทรสโฮลเป็น 90 หากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทาน้อยกว่า 90 พิกเซลนั้นจะมีค่าเป็น 0 หากพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทามากกว่า 90 พิกเซลนั้นจะมีค่าเป็น 1
[m19,n19] = size(YR);
for i=1:m19
    for j=1:n19
        pixel=YR(i,j);
        th=90;
          if pixel<th
              bw=0;
          else
              bw=1;
          end
         Gn6(i,j)=bw;
    end
end
```



รูปที่ 4.4 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากในขั้นตอนที่ 3 นั้นจะนำภาพสองระดับที่ได้มาหาขอบภาพโดยใช้วิธีของโซเบลโดยหลักการและทฤษฎีการหาขอบภาพด้วยวิธีของโซเบลได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ซึ่งการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบลจะทำการหาขอบภาพทั้งในแนวนอนและแนวตั้งโดยใช้หน้าต่างขนาด 3x3 จำนวน 2 หน้าต่าง ดังรูปที่ 4.5 มาทำการคอนโวลูชัน จากนั้นจึงแปลงภาพที่ได้จากการหาขอบภาพเป็นภาพสองระดับ โดยรูปที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล

-1	-2	-1
0	0	0
+1	+2	+1

(ก)

+1	0	-1
+2	0	-2
+1	0	-1

(ข)

รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างโซเบล
(ก) หน้าต่างโซเบลแนวแกนนอน
(ข) หน้าต่างโซเบลแนวแกนตั้ง

```
%หาขอบภาพแนวนอนโดยสร้างหน้าต่างโซเบลแนวแกนนอนแล้วทำการคอนโวลูชันกับภาพและเก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปล Gx2
%หาขอบภาพแนวตั้งโดยสร้างหน้าต่างโซเบลแนวแกนตั้งแล้วทำการคอนโวลูชันกับภาพและเก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปล Gy2 นำผลลัพธ์ที่ได้คือขอบภาพแนวแกนนอนในตัวแปร Gx2 และขอบภาพแนวแกนตั้งในตัวแปร Gy2 มารวมกันโดยนำค่า Gx2 ยกกำลังสองบวกกับ Gy2 ยกกำลังสอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาถอดลูทเก็บในตัวแปร YY2
[m20,n20]=size(Gn6);
for i=1:m20
    for j=1:n20
        Z2(i,j)=Gn6(i,j);
    end
end
for i=2:m20-2
    for j=2:n20-3
        Gx2=((2*Z2(i+2,j+1)+Z2(i+2,j)+Z2(i+2,j+2))-
(2*Z2(i,j+1)+Z2(i,j)+Z2(i,j+2)));
        Gy2=((2*Z2(i+1,j+2)+Z2(i,j+2)+Z2(i+2,j+2))-
(2*Z2(i+1,j)+Z2(i,j)+Z2(i+2,j)));
        YY2(i,j)=sqrt(Gx2.^2+Gy2.^2);
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% แปลงภาพที่ได้จากการหาขอบภาพในตัวแปร YY2 เป็นภาพสองระดับโดยใช้ค่าเทรส
โฮลเท่ากับ 1แล้วเก็บผลลัพธ์ที่ได้ในตัวแปร Gn7
[m21,n21]=size(YY2);
for i=1:m21
    for j=1:n21
        pixel=YY2(i,j);
        th=1;
          if pixel<th
              bw=0;
          else
              bw=1;
          end
         Gn7(i,j)=bw;
    end
end
```

รูปที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพด้วยวิธีการโซเบล

5. จากการหาขอบภาพโดยใช้วิธีของโซเบลในขั้นตอนที่ 4 พบว่าเส้นขอบมือที่ได้นั้นจะมีความหนามากกว่า 1 พิกเซลจึงนำภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 4 มาทำการหาแกนกลางภาพ (Skeletonization) ตามทฤษฎีและหลักการที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 เพื่อทำให้ขอบภาพที่ได้มีความหนาเพียง 1 พิกเซล โดยรูปที่ 4.7 แสดงภาพผลลัพธ์การหาแกนกลางของภาพเส้นขอบมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% นำภาพขอบมือที่ได้จากการหาขอภาพด้วยวิธีโซเบล ซึ่งถูกเก็บอยู่ในตัวแปร Gn7 มาทำการ
หาแกนกลางภาพ และให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่พิกเซลซ้ายบนสุดของภาพ
% การหาแกนกลางของวัตถุจะเริ่มต้นโดยการวางทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุมภาพ
ด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจพบแล้วจะ
กำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p12 จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพ
ด้านขวาและด้านล่างของกลุ่มพิกเซลสีขาว
for A=1:5
    for i=2:m22-1
        for j=2:n22-1
            if Gn7(i,j)==1
      P92=Gn7(i-1,j-1); P22=Gn7(i-1,j); P32=Gn7(i-1,j+1);
      P82=Gn7(i,j-1);    P12=Gn7(i,j);    P42=Gn7(i,j+1);
      P72=Gn7(i+1,j-1); P62=Gn7(i+1,j); P52=Gn7(i+1,j+1);
% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P12 ที่พิจารณาและจะเก็บผลลัพธ์
ไว้ในตัวแปร N2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบ
หรือไม่
            N2=P22+P32+P42+P52+P62+P72+P82+P92;
% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก "0" เป็น "1" รอบจุด p12 แล้วกับผลลัพธ์
ที่ได้ไว้ในตัวแปร S2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบ
หรือไม่
S2=0;
            if P32-P22==1
                S2=S2+1;
            end
            if P42-P32==1
                S2=S2+1;
            end
            if P52-P42==1
                S2=S2+1;
            end
            if P62-P52==1
                S2=S2+1;
            end
            if P72-P62==1
                S2=S2+1;
            end
            if P82-P72==1
                S2=S2+1;
            end
            if P92-P82==1
                S2=S2+1;
            End
            if P22-P92==1
                S2=S2+1;
            end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านขวา และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่
ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร R2 เพื่อ
นำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่
                    if (P22*P42*P62)==0
                          R2=0;
                    else
                          R2=1;
                    end
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านขวา ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่
ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร B2 เพื่อ
นำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่
                    if (P42*P62*P82)==0
                      B2=0;
                    else
                      B2=1;
                    end
%    นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้น
ตรงตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Gr12 และให้มีค่า
เท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Gr12 มีค่าเท่ากับ 1
            if (2<=N2 && N2<=6)&& S2==1 && R2==0 && B2==0
                  Gr12(i,j)=0;
              else
                  Gr12(i,j)=1;
              end
            else
              Gr12(i,j)=0;
            end
        end
    end
%กำหนดให้ Gr7 เท่ากับ Gr12 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลด้านขวา
และด้านล่างออกไปแล้ว
 for i=2:m22-1
        for j=2:n22-1
            Gn7(i,j)=Gr12(i,j);
        end
    end
% ดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาววาง
ทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุมภาพด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น
1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจพบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p12 จากนั้นจึงเริ่ม
ดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาว
for i=2:m22-1
        for j=2:n22-1
            if Gn7(i,j)==1
       P92=Gn7(i-1,j-1);P22=Gn7(i-1,j);P32=Gn7(i-1,j+1);
       P82=Gn7(i,j-1)   ;P12=Gn7(i,j)   ;P42=Gn7(i,j+1);
       P72=Gn7(i+1,j-1);P62=Gn7(i+1,j);P52=Gn7(i+1,j+1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P12 ที่พิจารณาและจะเก็บผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร N2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
N2=P22+P32+P42+P52+P62+P72+P82+P92;
```

% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก “0” เป็น “1” รอบจุด p12 แล้วกับผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปร S2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
S2=0;
if P32-P22==1
    S2=S2+1;
end
if P42-P32==1
    S2=S2+1;
end
if P52-P42==1
    S2=S2+1;
end
if P62-P52==1
    S2=S2+1;
end
if P72-P62==1
    S2=S2+1;
end
if P82-P72==1
    S2=S2+1;
end
if P92-P82==1
    S2=S2+1;
end
if P22-P92==1
    S2=S2+1;
end
```

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร w2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
if (P22*P62*P82)==0
    w2=0;
else
    w2=1;
end
```

% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านขวาของพิกเซลสีขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร g2 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

```
if (P22*P42*P82)==0
    g2=0;
else
    g2=1;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

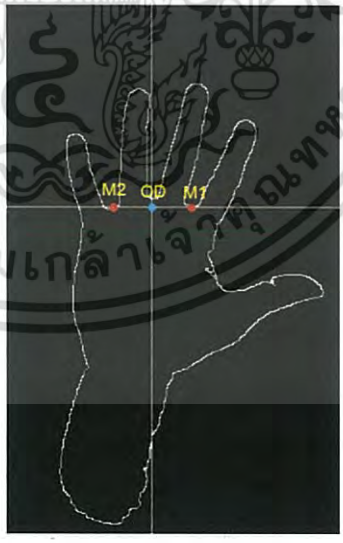
```
% นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้น
ตรงตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Gr12 และให้มี
ค่าเท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Gr12 มีค่าเท่ากับ 1
                if (2<=N2 && N2<=6)&& S2==1 && w2==0 && g2==0
                    Grl2(i,j)= 0;
                else
                    Grl2(i,j)= 1;
                end
            else
                Grl2(i,j)=0;
            end
        end
    end
%กำหนดให้ Gn8 เท่ากับ  Gr12 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซล
ด้านซ้ายและด้านบนออกไปแล้ว
  for i=2:m22-1
        for j=2:n22-1
            Gn8(i,j)=Grl2(i,j);
        end
    end
end
```

รูปที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาแกนกลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำภาพผลลัพธ์จากการหาแกนกลางภาพมาสร้างเส้นตรงแนวนอนผ่านจุด M1 และ M2 ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่ใช้ในการหามุมในข้อ 2 ที่ผ่านมาและสร้างเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นตรงแนวนอนเพื่อใช้ในการสร้างสี่เหลี่ยมเพื่อนำมา Crop ส่วนของ Palm-print ออกจากภาพ โดยเส้นตรงที่สร้างขึ้นนั้นแสดงดังรูปที่ 4.8

```
% หาจุดกึ่งกลางระหว่าง M1 และ M2 เพื่อใช้ในการสร้างเส้นตั้งฉาก โดยตำแหน่ง
กึ่งกลางระหว่าง M1 และ M2 ที่หาได้จะถูกเก็บในตัวแปร ip เป็นตำแหน่ง I และตัวแปร
jp เป็นตำแหน่ง j
ip=round((i06+i01)/2);jp=round((j06+j01)/2);
% สร้างเส้นตรงแนวนอนผ่านจุด M1 และ M2
for i=1:m23
    Gn8(i,jp)=1;
End
% สร้างเส้นตรงแนวตั้งผ่านจุดกึ่งกลางระหว่าง M1 และ M2
for j=1:n23
    Gn8(ip,j)=1;
end
```



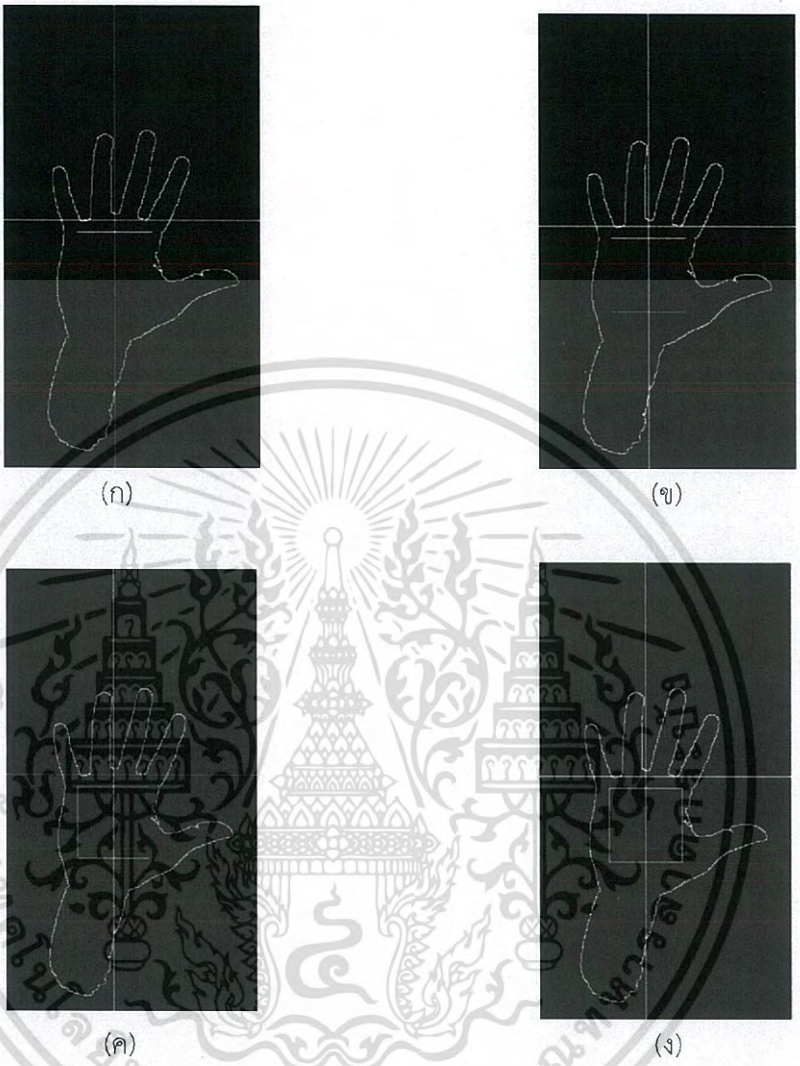
รูปที่ 4.8 แสดงเส้นตรงตั้งฉากและเส้นตรงแนวนอนที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สร้างเส้นตรงทั้งหมด 4 เพื่อสร้างสี่เหลี่ยมโดยความยาวของเส้นตรงที่จะสร้างกำหนดจากระยะห่างระหว่าง จุด OD กับ M2 ซึ่งความยาวของเส้นตรงที่ได้จากระยะห่างระหว่างจุด OD และ M2 จะสั้นไปทำให้สี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นนั้นเล็กจึงทำการบวกเพิ่มความยาวไปอีกข้างๆละ 5 พิกเซล ซึ่งหากเพิ่มเยอะเกินไปก็จะทำให้สี่เหลี่ยมท่สร้างขึ้นใหญ่จนเกินไปทำให้ไปติดภาพส่วนอื่นมาด้วย โดยรูป 4.9 แสดงเส้นตรงที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างสี่เหลี่ยม

```
% หาระยะห่างระหว่างจุด OD กับ M2 โดยตำแหน่งของ OD คือ OD(ip,jp) และ
M2(i06,j06) โดยระยะห่างที่ได้จะเก็บในตัวแปร DT
DT=round(sqrt((ip-i06).^2+(jp-j06).^2));
% สร้างเส้นตรงเส้นที่1
for j=jp-DT-5:jp+DT+5
    Gn8(ip+round(DT/2)-5,j)=1;
End
% สร้างเส้นตรงเส้นที่2
for j=jp-DT-5:jp+DT+5
    Gn8(ip+round(DT/2)+(2*DT)+5,j)=1;
End
% สร้างเส้นตรงเส้นที่3
for i=ip+round(DT/2)-5:ip+round(DT/2)+(2*DT)+5
    Gn8(i,jp-DT-5)=1;
End
% สร้างเส้นตรงเส้นที่4
for i=ip+round(DT/2)-5:ip+round(DT/2)+(2*DT)+5
    Gn8(i,jp+DT+5)=1;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ Crop ภาพ

(ก) เส้นตรงเส้นที่ 1

(ข) เส้นตรงเส้นที่ 2

(ค) เส้นตรงเส้นที่ 3

(ง) สี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการแยก Palm-Print ออกจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นจากในขั้นตอนที่ 7 นำไปแยก Palm-Print ออกจากภาพระดับสีเทาที่ถูกหมุนแล้วโดยการแยกภาพ Palm-Print นั้นจะใช้คำสั่ง “imcrop” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.10 แสดง Palm-Print ที่ถูกแยกอออกมาจากภาพ

```
% crop ภาพเทาขาวที่ถูกหมุนแล้วซึ่งถูกเก็บในตัวแปร YR และภาพที่ถูก crop แล้วจะถูกเก็บในตัวแปร Gn9
Gn9=imcrop(YR,[jp-DT-5 round(ip+(DT/2)+5) 2*DT 2*DT-10]);
```

รูปที่ 4.10 แสดง Palm-Print ที่ถูกแยกอออกมาจากภาพ

4.2 การปรับปรุงรูปภาพ

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำภาพ Palm-Print ที่แยกได้มาทำการปรับปรุงรูปภาพเพื่อเน้นให้ Principal Line ในภาพ Palm-Print ให้ชัดเจนยิ่งขึ้นและทำการกำจัดเส้นฝอยเล็กๆ หรือข้อมูลทางชีวภาพอื่นๆในภาพออกเพื่อให้เหลือเพียง Principal Lines ที่ต้องการโดยขั้นตอนและวิธีการปรับปรุงรูปภาพมีดังนี้

1. นำภาพผลลัพธ์ในข้อ 8 จากหัวข้อที่ 4.1 มาเพิ่มความชัดเจนให้เส้นต่างๆบน Palm-Print ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นโดยการ Normalize ค่าระดับความสว่างของภาพใหม่ ให้อยู่ในช่วงความสว่าง 0 ถึง 100 % ของระดับความสว่างภาพนั่นคือ จะต้องหาค่าระดับความสว่างต่ำสุดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ (เป็น 0 %) และค่าระดับความสว่างสูงสุดของภาพ (เป็น 100 %) และทำการ Normalize ค่าความสว่างของภาพใหม่จากสมการที่ (4.2)

$$\frac{(Z-min)}{(max-min)} \times 255 \qquad (4.2)$$

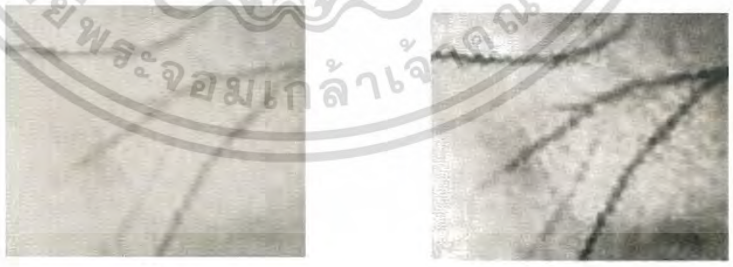
โดยที่

z คือ ค่าความสว่างของพิกเซลที่กำลังพิจารณา

Min คือ ค่าระดับความสว่างต่ำสุดของภาพ

Max คือ ค่าระดับความสูงสุดของภาพ

```
% นำภาพ Palm-Print ที่ถูกเก็บในตัวแปร Gn9 มาแปลงเป็นค่าดับเบิลค่าที่ได้จะเก็บ
ในตัวแปร Z2
Z2=double(Gn9);
% หาค่าระดับสีเทาต่ำสุดของภาพในตัวแปร Z2 โดยค่าต่ำสุดที่ได้จะเก็บในตัวแปร
minvalue
minvalue = min(Z2(:));
% หาค่าระดับสีเทาสูงสุดของภาพในตัวแปร Z2 โดยค่าสูงสุดที่ได้จะเก็บในตัวแปร
maxvalue
maxvalue = max(Z2(:));
% ทำการ normalize แสงของภาพโดยใช้สมการที่ 4.2 และรูปใหม่ที่ได้จะถูกเก็บในตัว
แปร Z3
Z3 = uint8((Z2-minvalue)*255/(maxvalue-minvalue));
```



(ก) (ข)

รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบ Palm-Print ก่อนและหลังทำ Normalize

(ก) ภาพ Palm-Print ก่อน Normalize

(ข) ภาพ Palm-Print หลัง Normalize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเบลอ (Blure) เพื่อทำให้ลายละเอียดเล็กๆน้อยๆในภาพจากไปหรืออาจจะเรียกว่าการทำ Noise Removal เพื่อให้ภาพนั้นเหลือแต่เพียง Principal Lines ที่ยังคงเด่นชัดอยู่ โดยการเบลอ (Blure) ภาพนั้นจะใช้ประยุกค์ใช้ Gaussian Filter มาใช้ในการเบลอภาพซึ่งจะใช้คำสั่ง “fspecial” และคำสั่ง “imfilter” เป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.12 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อเบลอภาพด้วย Gaussian Filter

```
% นำภาพผลลัพธ์จากข้อ 2 ซึ่งถูกเก็บในตัวแปร Z3 มาเบลอโดยใช้ Gaussian filter
และภาพผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บในตัวแปร Z4
H = fspecial('Gaussian',[6 6],2);
Z4 = imfilter(Z3,H);
```

(ก) (ข)

รูปที่ 4.12 แสดงภาพการเปรียบเทียบก่อนเบลอภาพและหลังเบลอภาพ
(ก) ภาพ Palm-Print ก่อนเบลอภาพ
(ข) ภาพ Palm-Print หลังเบลอภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อได้ภาพที่ถูกเบลอจากขั้นตอนที่สองมาแล้วนั้นจะทำการนำภาพที่ถูกเบลอนี้มากลับสีพิกเซลของภาพจากขาวเป็นดำและจากดำเป็นขาวหรือเรียกว่าการทำภาพ Negative ซึ่งจะสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง “imcomplement” เป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.13 แสดงภาพ Negative ของ Palm-Print

```
% นำภาพผลลัพธ์จากข้อ 3 ซึ่งถูกเก็บในตัวแปร Z4 ทำเป็นภาพ negative และภาพ
ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บในตัวแปร Z6
% Negatgive Image
Z6 = imcomplement(Z4);
```

รูปที่ 4.13 แสดงภาพ Negative ของ Palm-Print

4. จากภาพ Palm-Print แบบ Negative จะสังเกตุว่า Principal Lines ที่ต้องการนั้นเด่นชัดขึ้นมาในภาพมาที่สุดแต่ยังมีบางส่วนของภาพที่ไม่ต้องการดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำจัดรายละเอียดส่วนอื่นๆออกไปจากภาพแต่ยังคงเหลือเส้น Principal Lines ไว้ด้วยการนำ Top-Hat Filter เข้ามาใช้ในการปรับแก้ความสว่างซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะเลือกใช้ Structure Element แบบวงลี หรือ Disk-Shaped โดยใช้คำสั่ง “strel” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เพื่อใช้กำหนดขนาดและรูปร่างของ Structure Element และใช้คำสั่ง “imtophat” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เพื่อปรับแก้ไขความสว่างของภาพโดยรูปที่ 4.14 แสดงภาพ Negative เมื่อปรับแก้ไขความสว่างของภาพโดยใช้ Top-Hat Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% สร้าง structure element เป็นรูปแบบ disk ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3
ซึ่งหากกำหนดให้ขนาดของ disk เล็กลงกว่านี้จะทำให้ลายละเอียดของภาพที่ได้นั้นเยอะ
มากยิ่งขึ้นซึ่งจะทำให้ได้ลายเอียดต่างๆที่ไม่ต้องการติดมาด้วย แต่หากกำหนดขนาดของ
disk ใหญ่มากกว่านี้จะทำให้ลายละเอียดของภาพลดน้อยลงไปอีกซึ่งอาจทำให้Principal
line ขาดหรือหายไปได้ โดยจะ structure element ที่สร้างนี้ไว้ในตัวแปร S1
S1 = strel('disk',3);
% นำภาพ negative ในตัวแปร Z6 มาแก้ไขความสว่างโดยใช้ Top-hatfilter และใช้
Structureelement แบบ disk ที่เก็บไว้ในตัวแปร S1 โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน
ตัวแปรชื่อ tophatFiltered
tophatFiltered = imtophat(Z6,S1);
```

รูปที่ 4.14 แสดงภาพ Negative เมื่อปรับแก้ไขความสว่างของภาพโดยใช้ Top-Hat Filter

5. จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 แสดงดังรูปที่ 4.14 แทบจะไม่แสดงให้เห็นถึงลวดรายเส้นบนมือต่างๆแต่ Principal Lines ที่ได้นั้นก็ไม่ชัดเจนเช่นกันจึงจำเป็นต้องทำการปรับความคมชัดของภาพหรือเรียกว่า Contrast Adjustment เพื่อทำให้ Principal Lines มีความชัดเจนและเด่นชัดมากยิ่งขึ้นซึ่งจะใช้การปรับความคมชัดโดยวิธี Histogram Equalization โดยใช้คำสั่ง “histeq” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.15 แสดงภาพผลลัพธ์ที่ปรับความคมชัดโดยใช้ Histogram Equalization

```
%นำภาพผลลัพธ์จากการทำ top-hat ซึ่งถูกเก็บในตัวแปร tophatFiltered มาปรัความ
คมชัดของภาพด้วย histogram equalization โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บในตัวแปร Z7
Z7 =histeq(tophatFiltered);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 แสดงภาพผลลัพธ์ที่ปรับความคมชัดโดยใช้ Histogram Equalization

6. นำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 นั่นคือรูปที่ 4.15 มาแปลงเป็นภาพสองระดับซึ่งจะทำให้การประมวลผลของโปรแกรมเป็นไปได้ง่ายขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลนั้นมีเพียง 2 ข้อมูลเท่านั้น คือ พิกเซลสีขาวแทนด้วย “1” และพิกเซลสีดำแทนด้วย “0” การกำหนดค่าเทรสโฮลทำโดยใช้คำสั่ง “graythresh” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.16 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

```
% นำภาพผลลัพธ์จากรูปที่ 3.33 ซึ่งเก็บในตัวแปร Z7 มาหาค่าเทรสโฮลโดยค่าเทรส
โฮลที่ได้จะเก็บในตัวแปร a1
a1=graythresh(Z7);
% แปลงภาพระดับสีเทาเป็นภาพสองระดับโดยใช้ค่าเทรสโฮลซึ่งเก็บในตัวแปร a1
[m5,n5]=size(Z7);
for i=1:m5
    for j=1:n5
        pixel=Z7(i,j);
        th=a1;
% ถ้าพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทาต่ำกว่าค่าเทรสโฮลจะเปลี่ยนให้พิกเซลนั้นเป็นสีดำ
          if pixel<th
              bw=0;
% ถ้าพิกเซลใดมีค่าระดับสีเทามากกว่าค่าเทรสโฮลจะเปลี่ยนให้พิกเซลนั้นเป็นสีขาว
          else
              bw=1;
          end
% ภาพสองระดับที่ได้จะถูกเก็บในตัวแปร Gn10
        Gn10(i,j)=bw;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.16 แสดงภาพระดับสีเทาแปลงเป็นภาพสองระดับ

7. จากภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 รูปที่ 4.16 ยังคงมีกลุ่มพิกเซลเล็กๆที่ไม่ต้องการซึ่งจะทำการกำจัดออกโดยการใช้การกำหนดสมาชิคของกลุ่มพิกเซลที่มีความต่อเนื่องกันเพื่อเก็บกลุ่มพิกเซลที่มีความต่อเนื่องกันตามที่กำหนดไว้และลบกลุ่มพิกเซลที่มีความต่อเนื่องกันไม่ถึงที่กำหนดทิ้งไปซึ่งหากสังเกตุจากรูปที่ 4.16 กลุ่มพิกเซลที่เป็นกลุ่มเล็กๆน้อยที่ไม่ต้องการนั้นจะมีความต่อเนื่องกันของพิกเซลเป็นนจำนวนน้อยซึ่งสามารถลบออกได้โดยการใช้การกำหนดกลุ่มสมาชิคพิกเซลที่ต่อเนื่องกันโดยใช้คำสั่ง “ismember” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยรูปที่ 4.17 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการลบกลุ่มพิกเซลเล็กๆออกจากภาพ

```
% ตรวจสอบหากลุ่มพิกเซลที่เรียงติดกันต่อเนื่องกันในลักษณะ 8 ทิศทาง ของภาพ
สองระดับในตัวแปร Gn10 โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บในตัวแปร CC1
CC1=bwconncomp(Gn10,8);
RG1=regionprops(CC1,'Area');
LM1=labelmatrix(CC1);
% กำหนดขนาดของกลุ่มพิกเซลที่มีความต่อเนื่องกันที่ต้องการเก็บไว้ซึ่งจะกำหนดให้
เป็น 60 โดยหากกลุ่มพิกเซลที่ต่อเนื่องกันมีจำนวนพิกเซลที่เรียงติดกันไม่ถึง 60 จะไม่
เก็บพิกเซลนั้นไว้ โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ในตัวแปร Gn12
Gn12=ismember(LM1,find([RG1.Area]>=60));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการลบกลุ่มพิกเซลเล็กๆออกจากภาพ

8. นำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 7 มาทำการขยายจุดพิกเซลสีขาวเพื่อทำให้ Principal Lines มีความต่อเนื่องมากยิ่งขึ้นซึ่งสามารถทำได้โดยกำหนดโครงสร้างการขยายโดยใช้คำสั่ง "strel ('line')" ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยจะกำหนดให้แต่ละพิกเซลสีขาวถูกขยายออกเป็นเส้นตรงยาว 5 พิกเซล เอียงทำมุม 35 องศา จากนั้นใช้คำสั่ง "imdilate" ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB ในการขยายทุกพิกเซลสีขาวตามโครงงสร้างที่กำหนดโดยรูปที่ 4.18 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการขยายพิกเซลสีขาวเรียบร้อยแล้ว

```
% กำหนดโครงสร้างในการขยายพิกเซลสีขาว
S2=strel('line',5,35);
% ขยายพิกเซลสีขาวของภาพสองระดับในตัวแปร Gn12 ตามโครงสร้างที่สร้างขึ้นซึ่ง
ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บในตัวแปร Gn13
Gn13=imdilate(Gn12,S2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการขยายพิกเซลสีขาวเรียบร้อยแล้ว

9. จากผลลัพธ์ในขั้นตอน 8 พบว่า Principal Lines ในภาพที่ได้นั้นจะมีความหนามากกว่า 1 พิกเซลจึงนำภาพผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 8 มาทำการหาแกนกลางภาพ (Skeletonization) เพื่อทำให้ขอบภาพที่ได้มีความหนาเพียง 1 พิกเซล โดยรูปที่ 4.19 แสดงภาพผลลัพธ์การหาแกนกลางของภาพ

```
% นำภาพขอบมือที่ได้จากการหาขอภาพด้วยวิธีโซเบล ซึ่งถูกเก็บอยู่ในตัวแปร Gn13
มาทำการหาแกนกลางภาพ และให้จุดเริ่มต้นอยู่ที่พิกเซลซ้ายบนสุดของภาพกำหนด
ขนาดของ Gn13
[m6,n6]=size(Gn13);
% การหาแกนกลางของวัตถุจะเริ่มต้นโดยการวางหาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุม
ภาพด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจ
พบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p13 จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่
บริเวณขอบภาพด้านขวาและด้านล่างของกลุ่มพิกเซลสีขาว
for A=1:5
    for i=2:m6-1
        for j=2:n6-1
            if Gn13(i,j)==1
     P93=Gn13(i-1,j-1); P23=Gn13(i-1,j); P33=Gn13(i-1,j+1);
     P83=Gn13(i,j-1);   P13=Gn13(i,j);   P43=Gn13(i,j+1);
     P73=Gn13(i+1,j-1); P63=Gn13(i+1,j); P53=Gn13(i+1,j+1);
% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P13 ที่พิจารณาและจะเก็บ
ผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร N3 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เรา
พิจารณาเป็นขอบหรือไม่
      N3=P23+P33+P43+P53+P63+P73+P83+P93;
% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก "0" เป็น "1" รอบจุด p13 แล้วกับ
ผลลัพธ์ที่ได้ไว้ในตัวแปร S3 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เรา
พิจารณาเป็นขอบหรือไม่
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
S3=0;
            if P33-P23==1
                S3=S3+1;
            end
            if P43-P33==1
                S3=S3+1;
            end
            if P53-P43==1
                S3=S3+1;
            end
            if P63-P53==1
                S3=S3+1;
            end
            if P73-P63==1
                S3=S3+1;
            end
            if P83-P73==1
                S3=S3+1;
            end
            if P93-P83==1
                S3=S3+1;
            end
            if P23-P93==1
                S3=S3+1;
            end
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านขวา และด้านล่างของพิกเซลสีขาว
ที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร R3
เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่

            if (P23*P43*P63)==0
                R3=0;
            else R3=1;
            end
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านขวา ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสี
ขาวที่ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร
B3 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่
            if (P43*P63*P83)==0
                B3=0;
            else B3=1;
            end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

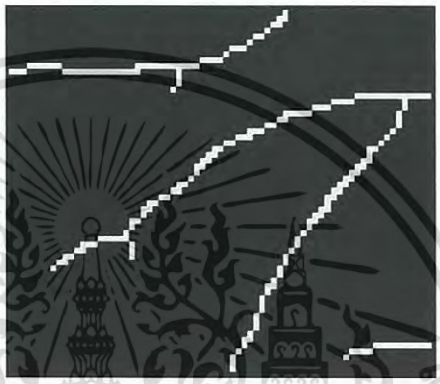
```
% นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้น
ตรงตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Gr2และให้มีค่า
เท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Gr2 มีค่าเท่ากับ 1
            if (2<=N3 && N3<=6)&& S3==1 && R3==0 && B3==0
                Gr2(i,j)=0;
            else
                Gr2(i,j)=1;
            end
        else
            Gr2(i,j)=0;
        end
    end
end
%กำหนดให้ Gr13 เท่ากับ Gr2 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลด้านขวา
และด้านล่างออกไปแล้ว
for i=2:m6-1
    for j=2:n6-1
        Gn13(i,j)=Gr2(i,j);
    end
end
% ดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาว
for i=2:m6-1
    for j=2:n6-1
% วางทาบหน้าต่างขนาด 3x3 ที่บริเวณมุมภาพด้านซ้ายบนของภาพ และตรวจหาพิกเซลที่มี
ค่าเป็น 1 หรือพิกเซลสีขาว เมื่อตรวจพบแล้วจะกำหนดจุดภาพนั้นให้เป็น จุด p13 จากนั้นจึง
เริ่มดำเนินการลบพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบภาพด้านซ้ายและด้านบนของกลุ่มพิกเซลสีขาว
if Gn13(i,j)==1
    P93=Gn13(i-1,j-1);P23=Gn13(i-1,j);P33=Gn13(i-1,j+1);
    P83=Gn13(i,j-1)  ;P13=Gn13(i,j)  ;P43=Gn13(i,j+1);
    P73=Gn13(i+1,j-1);P63=Gn13(i+1,j);P53=Gn13(i+1,j+1);
% คำนวณค่าผลรวมของพิกเซลสีขาวที่อยู่รอบพิกเซลสีขาว P13 ที่พิจารณาและจะเก็บ
ผลลัพธ์ไว้ในตัวแปร N3 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 1 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็น
ขอบหรือไม่
                N3=P23+P33+P43+P53+P63+P73+P83+P93;
% หาจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงพิกเซลจาก "0" เป็น "1" รอบจุด p13 แล้วกับผลลัพธ์
ที่ได้ไว้ในตัวแปร S3 เพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 2 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบ
หรือไม่
    S3=0;
                if P33-P23==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P43-P33==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P53-P43==1
                    S3=S3+1;
                end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if P63-P53==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P73-P63==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P83-P73==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P93-P83==1
                    S3=S3+1;
                end
                if P23-P93==1
                    S3=S3+1;
                end
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านล่างของพิกเซลสีขาวที่
ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร w3 เพื่อ
นำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 3 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่
                if (P23*P63*P83)==0
                    w3=0;
                else
                    w3=1;
                end
% ตรวจสอบเพื่อหาว่าบริเวณของพิกเซลด้านบน ด้านซ้าย และด้านขวาของพิกเซลสีขาวที่
ต้องการพิจารณาว่ามีพิกเซลที่เป็นสีดำอยู่หรือไม่ นำผลลัพธ์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร g3 เพื่อ
นำไปใช้เป็นเงื่อนไขที่ 4 ในพิจารณาว่าพิกเซลที่เราพิจารณาเป็นขอบหรือไม่
                if (P23*P43*P83)==0
                    g3=0;
                else
                    g3=1;
                end
% นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาตรวจสอบเพื่อพิจารณาว่าพิกเซลสีขาวที่เรากำลังพิจาณาอยู่นั้นตรง
ตามเงื่อนไขของการเป็นพิกเซลขอบหรือไม่ ถ้าตรงให้เก็บค่าไว้ที่ ตัวแปร Gr12 และให้มีค่า
เท่ากับ 0 ถ้าไม่ตรงให้ Gr12 มีค่าเท่ากับ 1
            if (2<=N3 && N3<=6)&& S3==1 && w3==0 && g3==0
                    Gr12(i,j)= 0;
                else
                    Gr12(i,j)= 1;
                end
            else
                Gr12(i,j)=0;
            end
        end
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%กำหนดให้ Gr14 เท่ากับ  Gr12 เพื่อแสดงเพียงกลุ่มพิกเซลที่เหลือจากการลบพิกเซลด้านซ้าย
และด้านบนออกไปแล้ว
for i=2:m6-1
        for j=2:n6-1
            Gn14(i,j)=Gr12(i,j);
        end
    end
end
```



รูปที่ 4.19 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการหาแกนกลางของภาพแล้ว

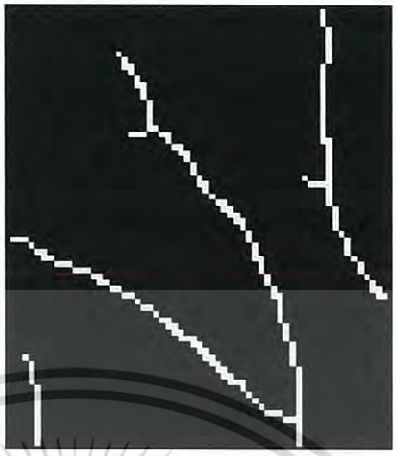
4.3 การแยก Principal Lines ออกจากภาพ

การแยก Principal Lines นั้นเป็นการเก็บพิกัดตำแหน่งของเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต แยกออกจากภาพเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลต่อไป โดยภาพที่จะใช้ในการแยก Principal Lines ออกมานั้นจะใช้ภาพผลลัพธ์สุดท้ายของการปรับปรุงรูปภาพนั่นคือรูปที่ 4.19 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อทำการหาแกนกลางของภาพแล้วโดยขั้นตอนและวิธีในการเก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นเป็นดังนี้

1. ในการเก็บตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นนั้นจะทำการเก็บตำแหน่งจากปลายด้านซ้ายสุดของ Principal Lines แต่ละเส้นโดยก่อนจะเก็บตำแหน่งได้นั้นจะทำการหมุนภาพ Palm-Print นั่นคือรูปที่ 4.19 ในทิศตามเข็มนาฬิกา 90 องศา โดยใช้คำสั่ง “imrotate” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เพื่อให้สามารถเริ่มเก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นจากทางปลายด้านซ้ายสุดของเส้นได้

```
% นำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการหาแกนกลางภาพในตัวแปร Gn14 มาหมุนโดยภาพผลลัพธ์
จะเก็บในตัวแปร Gn16
Gn16=imrotate(Gn14,-90);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงภาพผลลัพธ์เมื่อหมุนภาพแล้ว

2. ก่อนจะเริ่มเก็บพิกัดตำแหน่งได้นั้นจะต้องทำการตรวจสอบหาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกให้ได้เสียก่อนโดยตำแหน่งเริ่มต้นในการหาพิกเซลสีขาวคือตำแหน่งมุมบนซ้ายสุดของภาพเมื่อพบแล้วจะเก็บพิกัดตำแหน่งนั้นไว้เพื่อใช้ในการเริ่มเก็บพิกัดตำแหน่งของเส้น Principal Lines เส้นแรกโดยการเก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นนั้นจะใช้หลักการของการเก็บพิกัดจุดที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 โดย aa1 นั้นจะเป็นตัวแปรที่เก็บค่าของจำนวนพิกัดจุดที่เก็บได้ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าจะเก็บตำแหน่งเส้นที่ได้นั้นไว้หรือไม่เนื่องจากในภาพ Palm-Print บางภาพเมื่อผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นยังคงมีเส้นเล็กๆที่ไม่ต้องการและเมื่อนำภาพนั้นมาเก็บตำแหน่งอาจทำให้โปรแกรมเก็บตำแหน่งเส้นเล็กๆเหล่านั้นมาแทน ซึ่งลักษณะของเส้นเล็กๆน้อยๆนั้นส่วนใหญ่จะสั้นไม่ยาวมากแต่เส้นหลักที่เราต้องการนั้นจะยาว จึงใช้ลักษณะเด่นนี้มาใช้ในการแยกแยะระหว่างเส้นที่ต้องการกับเส้นเล็กๆทั้งหลาย ซึ่งพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines เส้นแรกที่เก็บได้นั้นจะเก็บในตัวแปร is1 แทนตำแหน่ง I และตัวแปร js1 แทนตำแหน่ง j โดยรูปที่ 4.21 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is1 และ js1 มาพล็อตกราฟ

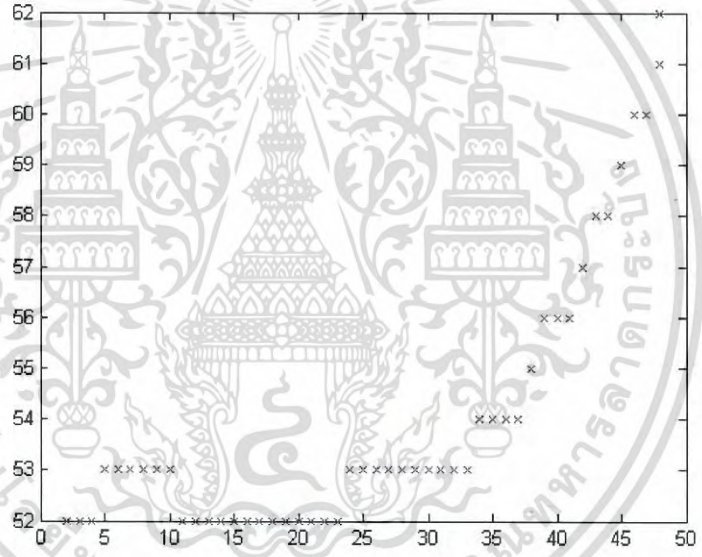
```
% กำหนดให้ aa1 เริ่มต้นเท่ากับ 0 โดยรอบการทำงานจะหยุดต่อเมื่อพบว่า aa1 มากกว่า25
aa1=0;
while aa1<25
% หาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกในภาพผลลัพธ์จากการหมุนภาพในตัวแปล Gn16
    [mc1,nc1]=size(Gn16);
    for i=1:mc1
        for j=1:nc1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% เมื่อพบพิกเซลสีขาวจะเก็บตำแหน่งนั้นไว้ในตัวแปร i01 เป็นตำแหน่ง i และตัวแปร j01 เป็นตำแหน่ง j และทำการลบพิกเซลที่พบนั้นทิ้งและจะหยุดการค้นหาพิกเซลสีขาว
            if Gn16(i,j)==1
                i01=i;j01=j;
                Gn16(i,j)=0;
                aa1=aa1+1;
                break
            end
        end
        if aa1==1
            break
        end
    end
% กำหนดให้ nn1 เริ่มต้นเป็น 0 โดยหาก nn1 เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 จะทำให้หยุดรอบการทำงานในการเก็บพิกัดตำแหน่งขอเส้น Principal line
% ตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่ง Principal Lines คือตำแหน่งของ i01และj01 จากนั้นจะทำการตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวโดยตรวจสอบพิกเซลรอบข้างในลักษณะ 4 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรม โดยตำแหน่งของพิกเซลสีขาวที่พบนั้นจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร is1 แทนตำแหน่ง I และ ตัวแปร js1 แทนตำแหน่ง j จากนั้นจะทำการลบพิกเซลสีขาวนั้นทิ้งและเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาไปยังตำแหน่งที่ลบเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวต่อไป
nn1=0;i=i01;j=j01;SS1(i,j)=0;is1(aa1)=i;js1(aa1)=j;
    while nn1==0
        if Gn16(i+1,j)==1
            SS1(i+1,j)=1;Gn16(i+1,j)=0;aa1=aa1+1;
            is1(aa1)=i+1;js1(aa1)=j;i=i+1;
        elseif Gn16(i+1,j+1)==1
            SS1(i+1,j+1)=1;Gn16(i+1,j+1)=0;aa1=aa1+1;
            is1(aa1)=i+1;js1(aa1)=j+1;i=i+1;j=j+1;
        elseif Gn16(i+1,j-1)==1
            SS1(i+1,j-1)=1;Gn16(i+1,j-1)=0;aa1=aa1+1;
            is1(aa1)=i+1;js1(aa1)=j-1;i=i+1;j=j-1;
        elseif Gn16(i,j+1)==1
            SS1(i,j+1)=1;Gn16(i,j+1)=0;aa1=aa1+1;
            is1(aa1)=i;js1(aa1)=j+1;j=j+1;
% ถ้าหากตำแหน่งที่ตรวจสอบเพื่อหาพิกเซลสีขาวตามเงื่อนไข4 เงื่อขไขด้านบนไม่มีตำแหน่งใดเป็นสีขาวเลยจะทำให้ nn1 =1 เพื่อหยุดรอบการทำงานนี้
        else
            nn1=1;
        end
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% ถ้าหาก aa1 น้อยกว่า 25 พิกเซลแสดงว่าเส้นที่เก็บได้นั้นเป็นเส้นเล็กๆหรือเส้นฝอยที่ไม่
ต้องการดังนั้นจึงจะทำการลบตำแหน่งทั้งหมดที่เก็บในตัวแปร is1และ js1 ทิ้งไปเพื่อรอเก็บ
ตำแหน่งใหม่
% ถ้าหาก aa1 มากกว่าหรือเท่ากับ 25 แล้วจะหยุดรอบการทำงานทั้งหมดทันที
    if aa1<25
        for k1=1:aa1
            is1(k1)=0;js1(aa1)=0;
        end
        aa1=0;
    else
        break
```



รูปที่ 4.21 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is1 และ js1 มาพล็อตกราฟ

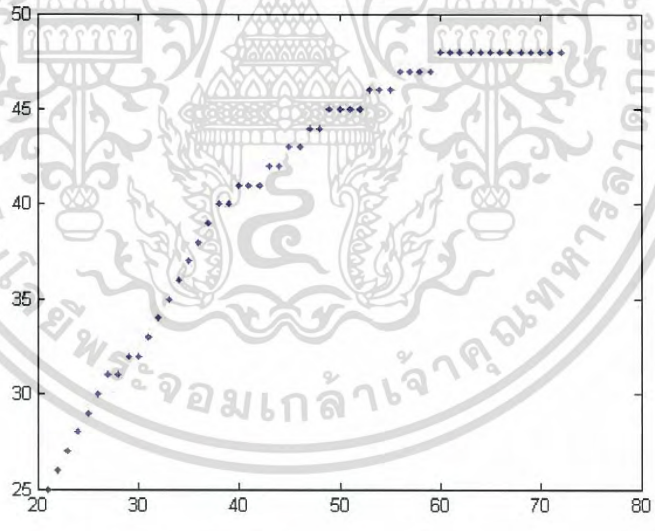
3. ยังคงเหลือ Principal Lines ที่ต้องการอีกสองเส้นซึ่งการเก็บตำแหน่ง Principal Lines เส้นที่สองจะทำเหมือนกันกับการเก็บพิกัดตำแหน่ง Principal Lines เส้นแรกโดยที่ aa2 จะเก็บค่าจำนวนพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าเส้นที่เก็บได้นั้นเป็นเส้นเล็กๆน้อยๆหรือเส้นฝอยที่ไม่ต้องการหรือไม่โดยที่พิกัดตำแหน่ง Principal Lines เส้นที่สองนี้จะถูกเก็บในตัวแปร is2 แทนตำแหน่ง i และตัวแปร js2 แทนตำแหน่ง j โดยรูปที่ 4.22 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is2 และ js2 มาพล็อตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% กำหนดให้ aa2 เริ่มต้นเท่ากับ 0 โดยรอบการทำงานจะหยุดต่อเมื่อพบว่า aa2 มากกว่า25
aa2=0;
while aa2<25
% หาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกในภาพ ในตัวแปล Gn16
    [[mc2,nc2]=size(Gn16);
    for i=1:mc2
        for j=1:nc2
% เมื่อพบพิกเซลสีขาวจะเก็บตำแหน่งนั้นไว้ในตัวแปร i02 เป็นตำแหน่ง i และตัวแปร j02 เป็นตำแหน่ง j และทำการลบพิกเซลที่พบนั้นทิ้งและจะหยุดการค้นหาพิกเซลสีขาว
            if Gn16(i,j)==1
                i02=i;j02=j;
                Gn16(i,j)=0;
                aa2=aa2+1;
                break
            end
        end
        if aa2==1
            break
        end
    end
% กำหนดให้ nn2 เริ่มต้นเป็น 0 โดยหาก nn2 เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 จะทำให้หยุดรอบการทำงานในการเก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal line ตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่ง Principal line คือตำแหน่งของ i02และj02 จากนั้นจะทำการตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่ติดกันเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวโดยตรวจสอบพิกเซลรอบข้างในลักษณะ 4 ทิศทางตามเงื่อนไขของโปรแกรม โดยตำแหน่งของพิกเซลสีขาวที่พบนั้นจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร is2 แทนตำแหน่ง I และตัวแปร js2 แทนตำแหน่ง j จากนั้นจะทำการลบพิกเซลสีขาวนั้นทิ้งและเลื่อนตำแหน่งการพิจารณาไปยังตำแหน่งที่ลบเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวต่อไป
nn2=0;i=i02;j=j02;SS1(i,j)=0;is2(aa2)=i;js2(aa2)=j;
while nn2==0
        if Gn16(i+1,j)==1
            SS1(i+1,j)=1;Gn16(i+1,j)=0;aa2=aa2+1;
            is2(aa2)=i+1;js2(aa2)=j;i=i+1;
        elseif Gn16(i+1,j+1)==1
            SS1(i+1,j+1)=1;Gn16(i+1,j+1)=0;aa2=aa2+1;
            is2(aa2)=i+1;js2(aa2)=j+1;i=i+1;j=j+1;
        elseif Gn16(i+1,j-1)==1
            SS1(i+1,j-1)=1;Gn16(i+1,j-1)=0;aa2=aa2+1;
            is2(aa2)=i+1;js2(aa2)=j-1;i=i+1;j=j-1;
        elseif Gn16(i,j+1)==1
            SS1(i,j+1)=1;Gn16(i,j+1)=0;aa2=aa2+1;
            is2(aa2)=i;js2(aa2)=j+1;j=j+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% ถ้าหากตำแหน่งที่ตรวจสอบเพื่อหาพิกเซลสีขาวตามเงื่อนไข4 เงื่อไขด้านบนไม่มีตำแหน่งใด
เป็นสีขาวเลยจะทำให้ nn2 =1 เพื่อหยุดรอบการทำงานนี้
        else
            nn2=1;
         end
    end
% ถ้าหาก aa2 น้อยกว่า 25แสดงว่าเส้นที่เก็บได้นั้นเป็นเส้นเล็กๆหรือเส้นฝอยที่ไม่ต้องการ
ดังนั้นจึงจะทำการลบตำแหน่งทั้งหมดที่เก็บในตัวแปร is2และ js2 ทิ้งไปเพื่อรอเก็บตำแหน่งใหม่
% ถ้าหาก aa2 มากกว่าหรือเท่ากับ 25 แล้วจะหยุดรอบการทำงานทั้งหมดทันที
     if aa2<25
        for k2=1:aa2
            is2(k2)=0;
        end
        aa2=0;
    else
        break
    end
end
```



รูปที่ 4.22 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is2 และ js2 มาพล็อตกราฟ

4. ยังคงเหลือ Principal Lines ที่ต้องการอีกหนึ่งเส้นซึ่งการเก็บตำแหน่ง Principal Lines เส้นที่สามนั้นจะทำเหมือนกันกับการเก็บพิกัดตำแหน่ง Principal Lines เส้นแรกและเส้นที่สองโดยที่ aa3 จะเก็บค่าจำนวนพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าเส้นที่เก็บได้นั้นเป็นเส้นเล็กๆ

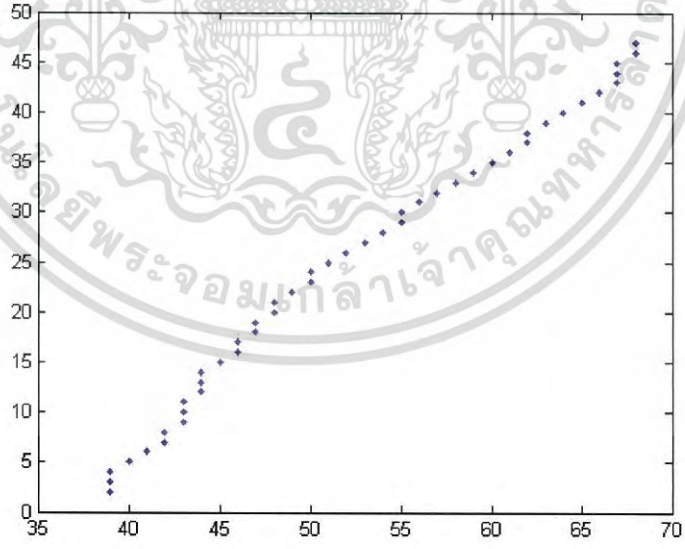
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยๆหรือเส้นฝอยที่ไม่ต้องการหรือไม่โดยที่พิกัดตำแหน่ง Principal Lines เส้นที่สองนี้จะถูกเก็บในตัวแปร is3 แทนตำแหน่ง i และตัวแปร js3 แทนตำแหน่ง j โดยรูปที่ 4.33 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is3 และ js3 มาพล็อตกราฟ

```
% กำหนดให้ aa3 เริ่มต้นเท่ากับ 0 โดยรอบการทำงานจะหยุดต่อเมื่อพบว่า aa3 มากกว่า20
aa3=0;
while aa3<20
% หาพิกเซลสีขาวพิกเซลแรกในภาพ ในตัวแปล Gn16
    [mc3,nc3]=size(Gn16);
    for i=1:mc3
        for j=1:nc3
% เมื่อพบพิกเซลสีขาวจะเก็บตำแหน่งนั้นไว้ในตัวแปร i03 เป็นตำแหน่ง i และตัวแปร j03
เป็นตำแหน่ง j และทำการลบพิกเซลที่พบนั้นทิ้งและจะหยุดการค้นหาพิกเซลสีขาว
            if Gn16(i,j)==1
                i03=i;j03=j;
                Gn16(i,j)=0;
                aa3=aa3+1;
                break
            end
        end
        if aa3==1
            break
        end
    end
% กำหนดให้ nn3 เริ่มต้นเป็น 0 โดยหาก nn3 เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 จะทำให้หยุดรอบการ
ทำงานในการเก็บพิกัดตำแหน่งของ Principal line ตำแหน่งเริ่มต้นในการเก็บพิกัดตำแหน่ง
Principal line คือตำแหน่งของ i03และj03 จากนั้นจะทำการตรวจสอบพิกเซลรอบข้างที่
ติดกันเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวโดยตรวจสอบพิกเซลรอบข้างในลักษณะ 4 ทิศทางตามเงื่อนไข
ของโปรแกรม โดยตำแหน่งของพิกเซลสีขาวที่พบนั้นจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร is3 แทนตำแหน่ง
I และ ตัวแปร js3 แทนตำแหน่ง j จากนั้นจะทำการลบพิกเซลสีขาวนั้นทิ้งและเลื่อนตำแหน่ง
การพิจารณาไปยังตำแหน่งที่ลบเพื่อค้นหาพิกเซลสีขาวต่อไป
nn3=0;i=i03;j=j03;SS1(i,j)=0;is3(aa3)=i;js3(aa3)=j;
while nn3==0
        if Gn16(i+1,j)==1
            SS1(i+1,j)=1;Gn16(i+1,j)=0;aa3=aa3+1;
            is3(aa3)=i+1;js3(aa3)=j;i=i+1;
        elseif Gn16(i+1,j+1)==1
            SS1(i+1,j+1)=1;Gn16(i+1,j+1)=0;aa3=aa3+1;
            is3(aa3)=i+1;js3(aa3)=j+1;i=i+1;j=j+1;
        elseif Gn16(i+1,j-1)==1
            SS1(i+1,j-1)=1;Gn16(i+1,j-1)=0;aa3=aa3+1;
            is3(aa3)=i+1;js3(aa3)=j-1;i=i+1;j=j-1;
```

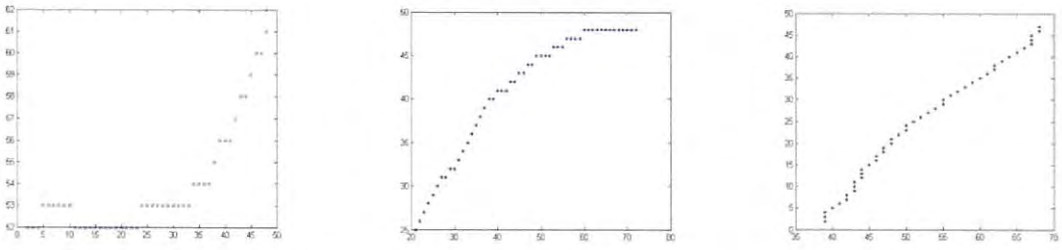
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
elseif Gn16(i,j+1)==1
            SS1(i,j+1)=1;Gn16(i,j+1)=0;aa3=aa3+1;
            is3(aa3)=i;js3(aa3)=j+1;j=j+1;
% ถ้าหากตำแหน่งที่ตรวจสอบเพื่อหาพิกเซลสีขาวตามเงื่อนไข 4 เงื่อนไขด้านบนไม่มีตำแหน่ง
ใดเป็นสีขาวเลยจะทำให้ nn3 =1 เพื่อหยุดรอบการทำงานนี้
        else
            nn3=1;
        end
    end
% ถ้าหาก aa3 น้อยกว่า 20 พิกเซลแสดงว่าเส้นที่เก็บได้นั้นเป็นเส้นเล็กๆหรือเส้นฝอยที่ไม่
ต้องการดังนั้นจึงจะทำการลบตำแหน่งทั้งหมดที่เก็บในตัวแปร is3 และ js3 ทิ้งไปเพื่อรอเก็บ
ตำแหน่งใหม่
% ถ้าหาก aa3 มากกว่าหรือเท่ากับ 20 พิกเซล แล้วจะหยุดรอบการทำงานทั้งหมดทันที
    if aa3<20
        for k3=1:aa3
            is3(k3)=0;
        end
        aa3=0;
    else
        break
    end
end
```



รูปที่ 4.23 แสดงการนำพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้ในตัวแปร is3 และ js3 มาพล็อตกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.24 แสดง Principal Lines ทั้งสามเส้นที่แยกออกจากภาพ
(ก) Principal Lines เส้นแรกที่เก็บได้
(ข) Principal Lines เส้นที่สองทีเก็บได้
(ค) Principal Lines เส้นที่สามที่เก็บได้

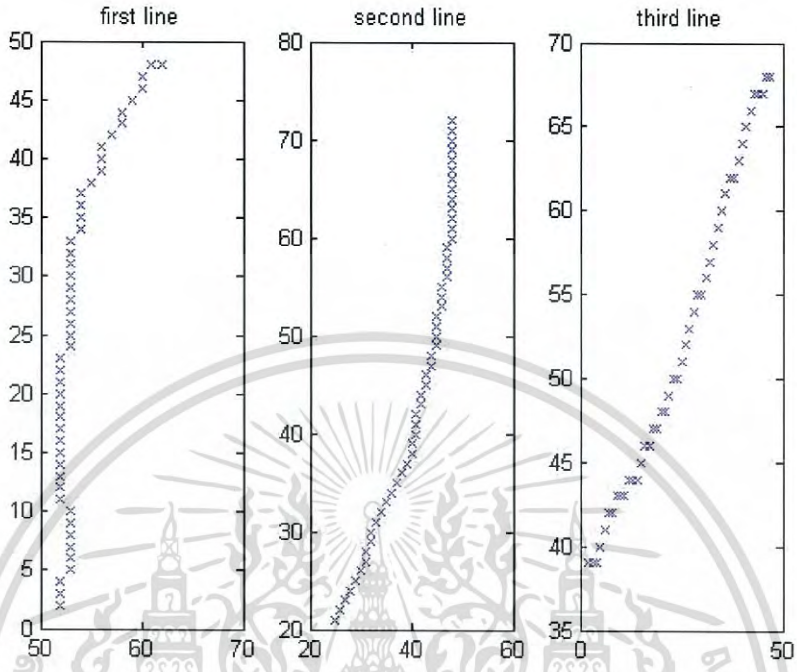
5. จาก Principal Lines ทั้งสามเส้นที่แยกออกมาได้นั้นจะสามารถนำมาระบุได้ว่าเส้นใดเป็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต ได้จากการหาค่า Column ต่ำสุดของ Principal Lines แต่ละเส้นที่แยกออกมาได้นั่นคือหาค่าต่ำสุดของ js1, js2 และ js3 ซึ่งหากสังเกตุจากรูปที่ 4.25 จะพบว่า A1 คือเส้นสมอง, A2 คือเส้นหัวใจ และ A3 คือเส้นชีวิต ซึ่ง A1 จะมีค่าต่ำสุดของ Column ที่มากที่สุด และ A3 จะมีค่าต่ำสุดของ Column น้อยที่สุด โดยรูปที่ 4.26 แสดงการระบุว่า Principal Lines ที่แยกออกมาได้เส้นใดเป็น เส้นสมอง เส้นหัวใจและเส้นชีวิต

รูปที่ 4.25 แสดงตำแหน่งของ A1, A2 และ A3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% หาค่าต่ำสุดของ js1 ,js2 และ js3 โดยค่าต่ำสุดของ js1จะถูกเก็บในตัวแปร LMx1 ,ค่าต่ำสุด
ของ js2 จะถูกเก็บในตัวแปร LMx2 และค่าต่ำสุดของ js3 จะถูกเก็บในตัวแปร LMx3
LMx1=min(min(js1));%min js1
LMx2=min(min(js2));%min js2
LMx3=min(min(js3));%min js3
% เปรียบเทียบค่าต่ำสุดของ LMx1 Lmx2 เพื่อระบุว่าพิกัดตำแหน่งที่เก็บได้อันใดเป็นเส้นสมอง
เส้นหัวใจและเส้นชีวิต
if LMx1>LMx2
    Flx1=is1;Fly1=js1;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx1 และ Fly1
    Flx2=is2;Fly2=js2;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx2 และ Fly2
    Flx3=is3;Fly3=js3;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx3 และ Fly3
end
if LMx1<LMx2
    Flx1=is2;Fly1=js2;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx1 และ Fly1
    Flx2=is1;Fly2=js1;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx2 และ Fly2
    Flx3=is3;Fly3=js3;%พิกัดตำแหน่งของเส้นสมองถูกเก็บในตัวแปร Flx3 และ Fly3
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงการระบุเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต

(ก) First Line คือเส้นสมอง

(ข) Second Line คือเส้นหัวใจ

(ค) Third Line คือเส้นชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือ Principal Lines และการบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของเส้นขอบนิ้วมือแต่ละนิ้ว และ Principal Lines แต่ละเส้นเพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลไว้ใช้ในการเปรียบเทียบกับนิ้วมือ และ Principal Lines ที่ต้องการ

5.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของเส้นขอบนิ้วมือแต่ละนิ้วที่ได้จากในบทที่ 3 หัวข้อการแยกนิ้วมือออกจากภาพโดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. จากผลลัพธ์การแยกนิ้วมือออกจากภาพในบทที่ 3 นั้นจะได้พิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วและจะพบว่าจำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นจะมีจำนวนที่แตกต่างกันออกไปอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือเดียวกันแต่ต่างภาพกัน มีค่าแตกต่างกันมากซึ่งส่งผลอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำของโปรแกรมได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับให้จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วให้มีจำนวนเท่ากันทุกๆนิ้ว เพื่อทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ได้ง่ายและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นซึ่งการปรับให้จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วให้เท่ากันสามารถทำได้โดยการ Interpolation & Down-sampling ซึ่งการ Interpolation จะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพซึ่งทำโดยใช้คำสั่ง “interp1”ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยในที่นี้จะเลือกใช้การ Interpolation แบบ Linear เนื่องจากวิธีการแบบ Linear จะได้เส้นขอบนิ้วมือที่ใกล้เคียงลักษณะของเส้นขอบนิ้วมือเดิมมากที่สุดและการ Down-Sampling เป็นการลดจำนวนจุดภาพทำได้โดยใช้คำสั่ง “downsample” ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เนื่องจากจำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 200 จุดถึง 390 จุด ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดนิ้วมือของแต่ลละบุคคลว่าสั้นหรือยาว ดังนั้นจึงต้องการทำให้พิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วมีจำนวนเท่ากันคือ 300 จุด จึงต้องทำการ Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือแต่ละนิ้วให้เป็น 600 จุดเท่าๆกันทุกนิ้วเสียก่อน จากนั้นจึง Down-sampling จำนวนพพิกัดตำแหน่งของนิ้วมือลงมาที่ 300 จุด ตามที่ต้องการได้ โดยรูปที่ 5.1 แสดงผลลัพธ์การ Interpolation และรูปที่ 5.2 แสดงผลลัพธ์การ Down-sampling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้วมมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% นิ้วกลาง
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วกลางซึ่งเก็บในตัวแปร x12 เป็น 600 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ x12 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le2
le2= length(x12);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le2 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t2
t2=1:1:le2;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของนิ้วกลางเดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ
นิ้วกลางใหม่ที่ต้องการ คือ 600 แล้วเก็บในตัวแปร ci2
ci2=le2/600;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci2 ไป
จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของนิ้วกลางแล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi2
xi2=1:ci2:le;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t2 และ xi2 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัด
ตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร x12 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร y12
Xi2=interp1(t2,x12,xi2,'linear');
Yi2=interp1(t2,y12,xi2,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi2 และพิกัดตำแหน่ง
ในแนวแกน y ในตัวแปร Yi2 มา down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 300 ตามที่ต้องการ
Xs2=downsample(Xi2,2);
Ys2=downsample(Yi2,2);

% นิ้วชี้
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วกลางซึ่งเก็บในตัวแปร x11 เป็น 600 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ x11 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le1
le1= length(x11);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le1 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t1
t1=1:1:le1;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของนิ้วกลางเดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ
นิ้วกลางใหม่ที่ต้องการ คือ 600 แล้วเก็บในตัวแปร ci1
ci1=le1/600;
```

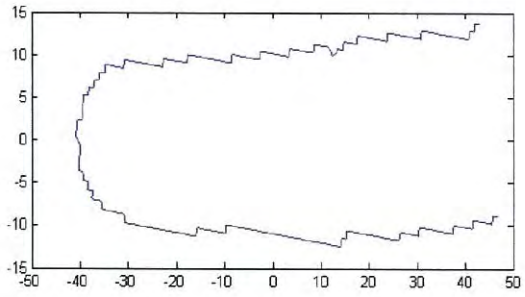
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci1 ไป
จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของนิ้วกลางแล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi1
xi1=1:ci1:le1;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t1 และ xi1 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัด
ตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร x11 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร y11
Xi1=interp1(t1,x11,xi1,'linear');
Yi1=interp1(t1,y11,xi1,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi1 และพิกัดตำแหน่ง
ในแนวแกน y ในตัวแปร Yi1 มา down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 300 ตามที่ต้องการ
Xs1=downsample(Xi1,2);
Ys1=downsample(Yi1,2);

% นิ้วนาง
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วกลางซึ่งเก็บในตัวแปร x13 เป็น 600 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ x13 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le3
le3= length(x13);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le3 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t3
t3=1:1:le3;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของนิ้วกลางเดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ
นิ้วกลางใหม่ที่ต้องการ คือ 600 แล้วเก็บในตัวแปร ci3
ci3=le3/600;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci3 ไป
จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของนิ้วกลางแล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi3
xi3=1:ci3:le3;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t3 และ xi3 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัด
ตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร x13 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร y13
Xi3=interp1(t3,x13,xi3,'linear');
Yi3=interp1(t3,y13,xi3,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi3 และพิกัดตำแหน่ง
ในแนวแกน y ในตัวแปร Yi3 มา down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 300 ตามที่ต้องการ
Xs3=downsample(Xi3,2);
Ys3=downsample(Yi3,2);
```

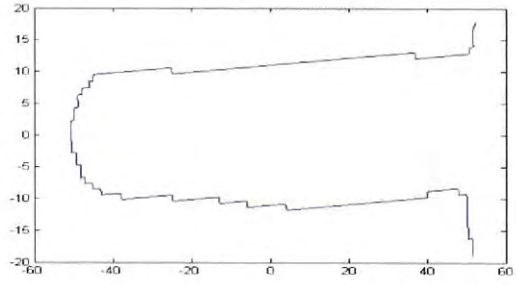
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% นิ้วก้อย
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของนิ้วกลางซึ่งเก็บในตัวแปร x14 เป็น 600 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ x14 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le4
le4= length(x14);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le4 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t4
t4=1:1:le4;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของนิ้วกลางเดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ
นิ้วกลางใหม่ที่ต้องการ คือ 600 แล้วเก็บในตัวแปร ci3
ci4=le4/600;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci4 ไป
จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของนิ้วกลางแล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi4
xi4=1:ci4:le4;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t4 และ xi4 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัด
ตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร x14 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร y14
Xi4=interp1(t4,x14,xi4,'linear');
Yi4=interp1(t4,y14,xi4,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi4 และพิกัดตำแหน่ง
ในแนวแกน y ในตัวแปร Yi4 มา down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 300 ตามที่ต้องการ
Xs4=downsample(Xi4,2);
Ys4=downsample(Yi4,2);
```

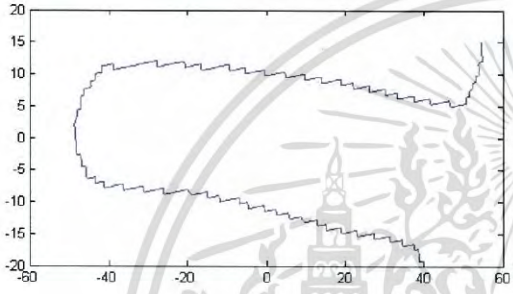
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



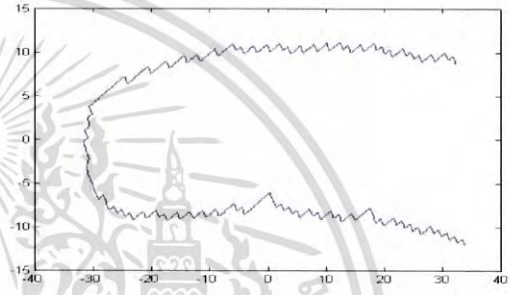
(ก)



(ข)



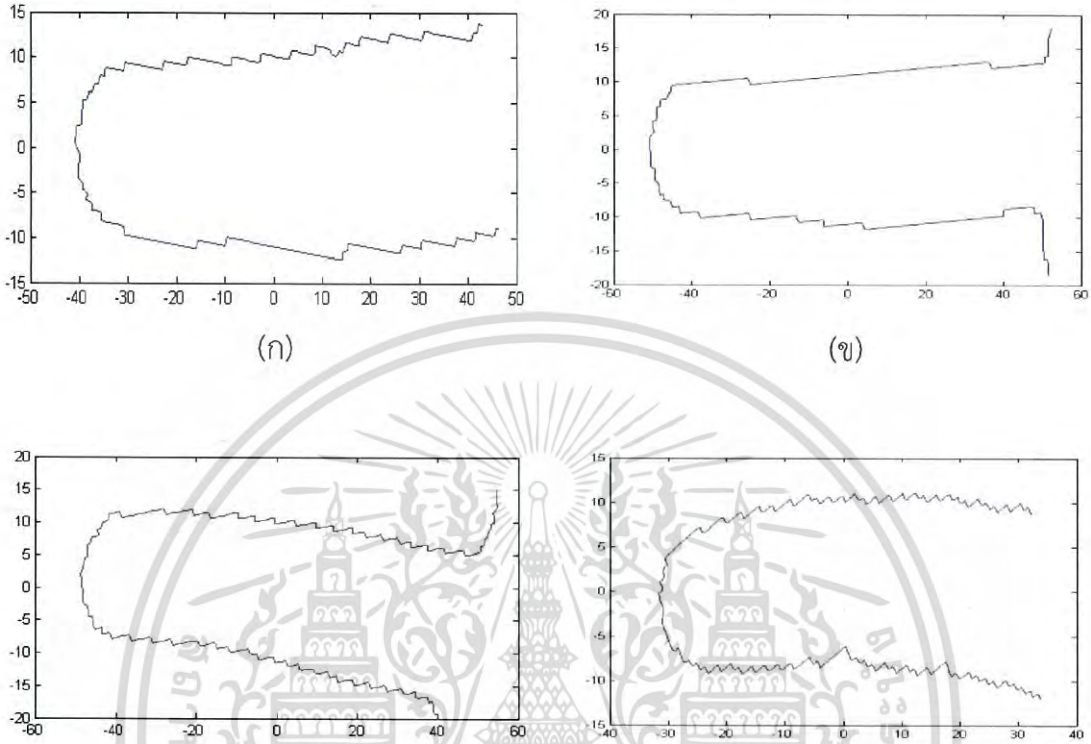
(ค)



(ง)

รูปที่ 5.1 แสดงผลลัพธ์การ Interpolation นิ้วมือแต่ละนิ้ว
(ก) นิ้วชี้
(ข) นิ้วกลาง
(ค) นิ้วนาง
(ง) นิ้วก้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงผลลัพธ์การ Down-Sampling นิ้วมือแต่ละนิ้ว
(ก) นิ้วชี้
(ข) นิ้วกลาง
(ค) นิ้วนาง
(ง) นิ้วก้อย

2. จากนั้นนำค่าพิกัดตำแหน่งที่ผ่านการ Down-Sampling แล้วจากขั้นตอนที่ 1 มาเข้าสมการ Discrete Cosine Transform (DCT) ดังสมการที่ (5.1) และ (5.2) เพื่อห่าค่าสัมประสิทธิ์ในเชิงความถี่ของทั้งแนวแกน X และแนวแกน Y

$$A_1^{(k)}(u) = P(u)\sum_{n=0}^{D-1} \tilde{x}_n^{(k)} \cos\frac{(2n+1)u\pi}{2D} \tag{5.1}$$

$$A_2^{(k)}(u) = P(u)\sum_{n=0}^{D-1} \tilde{y}_n^{(k)} \cos\frac{(2n+1)u\pi}{2D} \tag{5.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & 1 \le u \le N-1 \end{cases}$$

เมื่อ

u คือ จำนวนค่าสัมประสิทธิ์โคไซน์ กำหนดให้ $u = 1,2,\ldots,N$

k คือ ลำดับของนิ้วโดยที่ k=1 คือนิ้วชี้, k=2 คือนิ้วกลาง, k=3 คือนิ้วนางและ k=4 คือนิ้วก้อย

$\tilde{x}_n^{(k)}$ คือ ตำแหน่งพิกัดในแนวแกนนอน x ที่ผ่านการดาวน์แซมปลิ้ง

$\tilde{y}_n^{(k)}$ คือ ตำแหน่งพิกัดในแนวแกนตั้ง y ที่ผ่านการดาวน์แซมปลิ้ง

$A_1^{(k)}(u)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์โคไซน์ของแนวแกนนอน x

$A_2^{(k)}(u)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์โคไซน์ของแนวแกนตั้ง y

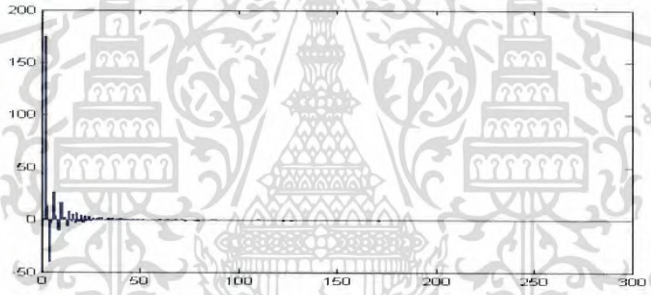
$P(u)$ คือ ค่าคงที่สัมประสิทธิ์โคไซน์

จากสมการข้างต้น เมื่อนำค่าตำแหน่งของนิ้วมือทั้งสี่นิ้วที่ผ่านการดาวน์แซมปลิ้งมาเข้าสมการ Discrete Cosine Transform จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ในแนวแกนนอน และสัมประสิทธิ์ในแนวแกนตั้งผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแสดงในรูปแบบของกราฟแท่งดังแสดงในรูปที่ 5.3, 5.4, 5.5 และรูปที่ 5.6

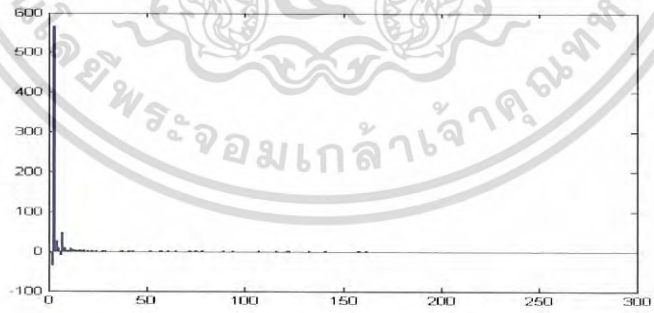
```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลาง แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Xs2 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N21
N21=length(Xs2);
for k=1:N21
    Xs2k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs2k
    for n=1:N21
        Xs2k = Xs2k + Xs2(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N21));
    End
% นำผลรวมที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c21
    if k==1
        C21(k)=Xs2k*(sqrt(1/N21));
    else
        C21(k)=Xs2k*(sqrt(2/N21));
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลาง แนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Ys2 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N22
N22=length(Ys2);
for k=1:N22
    Ys2k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys2k
    for n=1:N22
       Ys2k=Ys2k+Ys2(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N22));
    End
% นำผลรวมวที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c22
    if k==1
        C22(k)=Ys2k*(sqrt(1/N22));
    else
        C22(k)=Ys2k*(sqrt(2/N22));
    end
end
```



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.3 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลางโดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลาง แนวแกนนอน x

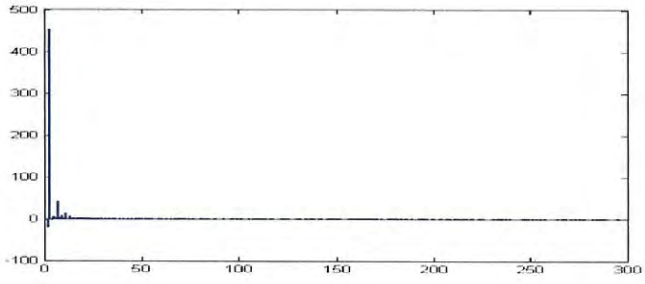
(ข) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วกลาง แนวแกนนอน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

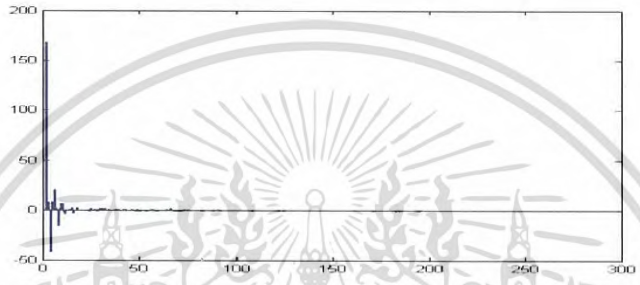
```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้ แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Xs1 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N11
N11 = length(Xs1);
for k=1:N11
    Xs1k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs1k
    for n=1:N11
        Xs1k = Xs1k + Xs1(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N11));
    End
% นำผลรวมวที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c11
    if k==1
        C11(k) = Xs1k*(sqrt(1/N11));
    else
        C11(k) = Xs1k*(sqrt(2/N11));
    end
end
```

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้ แนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Ys1 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N12
N12 = length(Ys1);
for k=1:N12
    Ys1k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys1k
    for n=1:N12
        Ys1k = Ys1k + Ys1(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N12));
    end
% นำผลรวมวที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c12
    if k==1
        C12(k) = Ys1k*(sqrt(1/N12));
    else
        C12(k) = Ys1k*(sqrt(2/N12));
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.4 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้ โดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

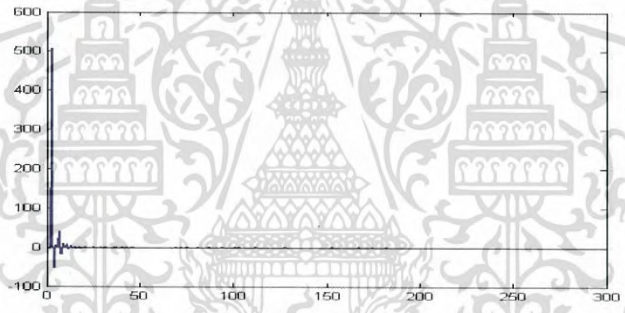
(ก) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้ แนวแกนนอน x

(ข) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วชี้ แนวแกนนอน y

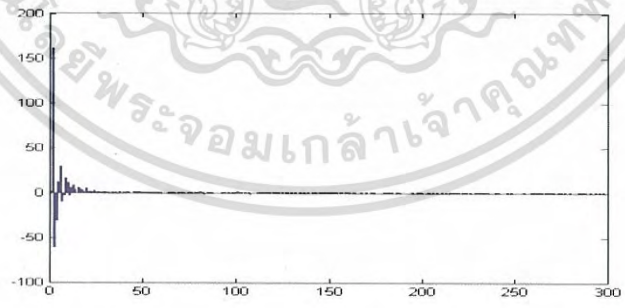
```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Xs3 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N31
N31 = length(Xs3);
for k=1:N31
    Xs3k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs3k
     for n=1:N31
         Xs3k = Xs3k + Xs3(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N31));
    end
% นำผลรวมที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c31
    if k==1
        C31(k) = Xs3k*(sqrt(1/N31));
    else
        C31(k) = Xs3k*(sqrt(2/N31));
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง แนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Ys3 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N32
N32 = length(Ys3);
for k=1:N32
    Ys3k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys3k
    for n=1:N32
        Ys3k = Ys3k + Ys3(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N32));
    end
% นำผลรวมวที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c32
     if k==1
        C32(k) = Ys3k*(sqrt(1/N32));
    else
        C32(k) = Ys3k*(sqrt(2/N32));
    end
end
```



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.5 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง โดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง แนวแกนนอน x

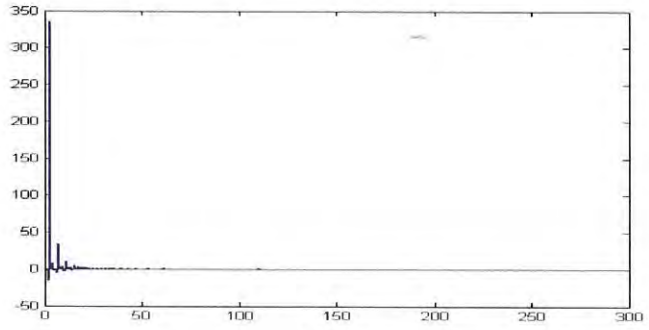
(ข) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วนาง แนวแกนนอน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

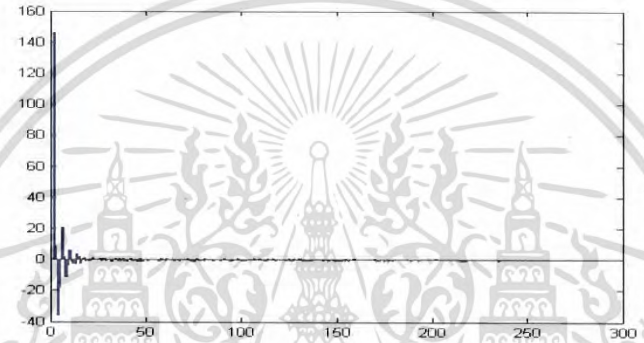
```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อย แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Xs4 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N41
N41 = length(Xs4);
for k=1:N41
    Xs4k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs4k
     for n=1:N41
         Xs4k = Xs4k + Xs4(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N41));
    end
% นำผลรวมที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c41
    if k==1
        C41(k) = Xs4k*(sqrt(1/N41));
    else
        C41(k) = Xs4k*(sqrt(2/N41));
    end
end
end
```

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อยแนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Ys4 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N42
N42 = length(Ys4);
for k=1:N42
    Ys4k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys4k
    for n=1:N42
         Ys4k = Ys4k + Ys4(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N42));
    end
% นำผลรวมที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร c42
     if k==1
        C42(k) = Ys4k*(sqrt(1/N42));
    else
        C42(k) = Ys4k*(sqrt(2/N42));
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.6 แสดงกราฟแท่งของสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อย โดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อย แนวแกนนอน x

(ข) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ DCT นิ้วก้อย แนวแกนนอน y

3. จากในขั้นตอนที่ 2 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ในแนวแกนตั้ง และแนวแกนนอน จากนั้นจึงจะนำค่าสัมประสิทธิ์ DCT ที่ได้นี้มาเข้ากระบวนการของ FIR เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลส์ ซึ่งค่าที่ได้นี้คือค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือแต่ละนิ้ว ซึ่งการนำระบบ FIR มาใช้ทำให้สามารถลดจำนวนข้อมูลเพื่อการรู้จำในการเปรียบเทียบข้อมูลของนิ้วมือแต่ละนิ้ว จากข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ DCT จำนวน 300 ค่าทั้งในแนวแกน x และในแนวแกน y รวมเป็น 600 ค่าต่อหนึ่งนิ้วมือ โดยจะลดจำนวนข้อมูลของแต่ละนิ้วมือเหลือเพียงนิ้วมือละ 50 ค่าเท่านั้น โดยที่รูปที่ 5.7 แสดงกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละนิ้วมือ และสมการที่ (5.3) จะเป็นสมการอธิบายการทำงานของระบบ FIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tilde{F}_n^{(k)} = \sum_{m=0}^{S} h_m^{(k)} \tilde{G}_{n-m}^{(k)} \tag{5.3}$$

เมื่อ

$\tilde{G}_{n-m}^{(k)}$ คือ ค่าอินพุตของระบบ FIR

$h_m^{(k)}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองของอิมพัลส์ของระบบ FIR

$\tilde{F}_n^{(k)}$ คือ ค่าเอาท์พุตของระบบ FIR

S คือ จำนวนลำดับของระบบ FIR

K คือ ลำดับของนิ้ว โดยที่ k=1,2,3 และ4

เนื่องจากอินพุต $\tilde{G}_{n-m}^{(k)}$ ของระบบ FIR เป็นเวกเตอร์จึงไม่สามารถคูณกันได้กับเวกเตอร์เอกลักษณ์ของข้อมูล $h_m^{(k)}$ ดังนั้นเพื่อให้มีการคูณกันได้ของระบบ FIR เราจึงจัดเรียงค่าอินพุต $\tilde{G}_{n-m}^{(k)}$ ใหม่ให้อยู่ในรูปเมทตริกซ์สามเหลี่ยมล่าง (Lower Triangular Matrix :$M^{(k)}$) ดังสมการที่ (5.4) แล้วนำมาเขียนใหม่ได้เป็นสมการที่ (5.5) และสมการที่ (5.6)

$$M^{(k)} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_0^{(k)} & 0 & \cdots & 0 \\ \tilde{G}_1^{(k)} & \tilde{G}_0^{(k)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_D^{(k)} & G_{D-1}^{(k)} & \cdots & \tilde{G}_0^{(k)} \end{bmatrix} \tag{5.4}$$

$$\begin{bmatrix} \tilde{F}_1^{(k)} \\ \tilde{F}_2^{(k)} \\ \vdots \\ \tilde{F}_D^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{G}_0^{(k)} & 0 & \cdots & 0 \\ \tilde{G}_1^{(k)} & \tilde{G}_0^{(k)} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_D^{(k)} & \tilde{G}_{D-1}^{(k)} & \cdots & \tilde{X}_0^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0^{(k)} \\ h_1^{(k)} \\ \vdots \\ h_S^{(k)} \end{bmatrix} \tag{5.5}$$

เมื่อ D คือจำนวนของสัมประสิทธิ์ที่ผ่านการแปลง DCT

$$M^{(k)} * h_m^{(k)} = \tilde{F}_n^{(k)} \tag{5.6}$$

เนื่องจากทราบค่าเวกเตอร์ค่าอินพุต ($\tilde{G}_{n-m}^{(k)}$) และเวกเตอร์ค่าเอาท์พุต ($\tilde{F}_n^{(k)}$) แล้ว นำทั้ง 2 ค่าดังกล่าวมาทำการหาเวกเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองของอิมพัลส์ ($h_m^{(k)}$) ของระบบ FIR ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกคุณลักษณะหรือเอกลักษณ์ของข้อมูล โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองของอิมพัลส์ ($h_m^{(k)}$) ได้จากสมการที่ (5.7)

$$h_m^{(k)} = (M^{(k)\,T} * M^{(k)})^{-1} * M^{(k)\,T} * \tilde{F}_n^{(k)\,T} \tag{5.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

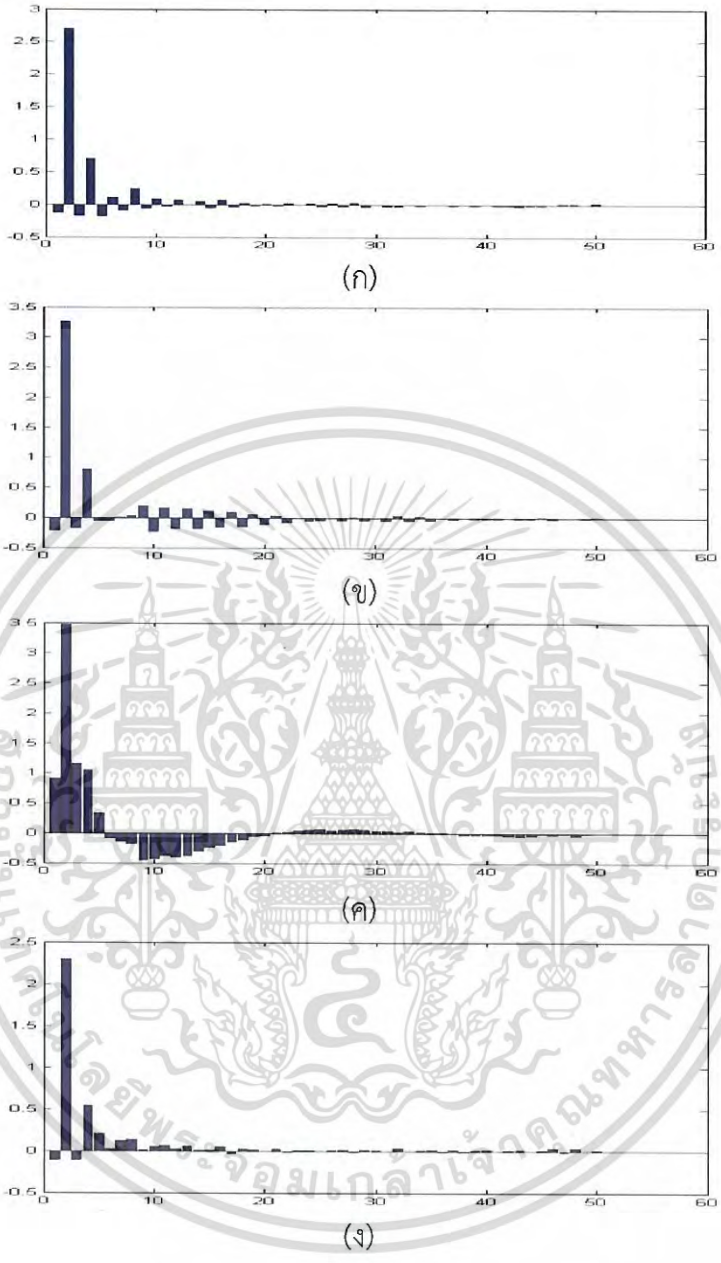
```
% นิ้วกลาง
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1×50 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L2
L=50;
L2=zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C22 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q2
T2=toeplitz(C22,L2);
Q2=tril(T2,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 5.7
h2=(inv(Q2'*Q2)*Q2')*C21';
```

```
% นิ้วชี้
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1×50 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L1
L1 = zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C12 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q1
T1 = toeplitz(C12,L1);
Q1 = tril(T1,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 5.7
h1 = (inv(Q1'*Q1)*Q1')* C11';
```

```
% นิ้วนาง
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1×50 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L3
L=50;
L3 = zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C32 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q3
T3 = toeplitz(C32,L3);
Q3 = tril(T3,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 5.7
h3 = (inv(Q3'*Q3)*Q3')* C31';
```

```
% นิ้วก้อย
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1×50 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L4
L=50;
L4 = zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C42 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q4
T4 = toeplitz(C42,L4);
Q4 = tril(T4,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 5.7
h4 = (inv(Q4'*Q4)*Q4')* C41';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละนิ้วมือโดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์นิ้วชี้

(ข) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์กลาง

(ค) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์นาง

(ง) กราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ก้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines ที่ได้จากในบทที่ 3 หัวข้อการแยก Principal Lines ออกจากภาพโดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

1. จากผลลัพธ์การแยก Principal Lines ออกจากภาพในบทที่ 3 นั้นจะได้พิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นและจะพบว่าจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นนั้นจะมีจำนวนที่แตกต่างกันออกไปอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของนิ้วมือเดียวกันแต่ต่างภาพกันมีค่าแตกต่างกันมากซึ่งส่งผลอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำของโปรแกรมได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับให้จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นให้มีจำนวนเท่ากันทุกๆเส้นเพื่อทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ได้ง่ายและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งการปรับให้จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นให้เท่ากันสามารถทำได้โดยการ Interpolation & Down-sampling ซึ่งการ Interpolation จะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพซึ่งทำโดยใช้คำสั่ง “interp1”ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยในที่นี้จะเลือกใช้การ Interpolation แบบ Linear เนื่องจากวิธีการแบบ Linear จะได้ Principal Lines ที่ใกล้เคียงลักษณะของ Principal Lines เดิมมากที่สุด และ การ Down-Sampling เป็นการลดจำนวนจุดภาพทำได้โดยใช้คำสั่ง “downsample”ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เนื่องจากจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 20 จุดถึง 60 จุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของ Principal Lines แต่ลละบุคคลว่าสั้นหรือยาว ดังนั้นจึงต้องการทำให้พิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นมีจำนวนเท่ากันคือ 40 จุด จึงต้องทำการ Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines แต่ละเส้นให้เป็น 80 จุดเท่าๆกันทุกเส้นเสียก่อนจากนั้นจึง Down-Sampling จำนวนพพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines ลงมาที่ 40 จุดตามที่ต้องการได้ โดยรูปที่ 5.8 แสดงผลลัพธ์การ Interpolation และรูปที่ 5.9 แสดงผลลัพธ์การ Down-Sampling

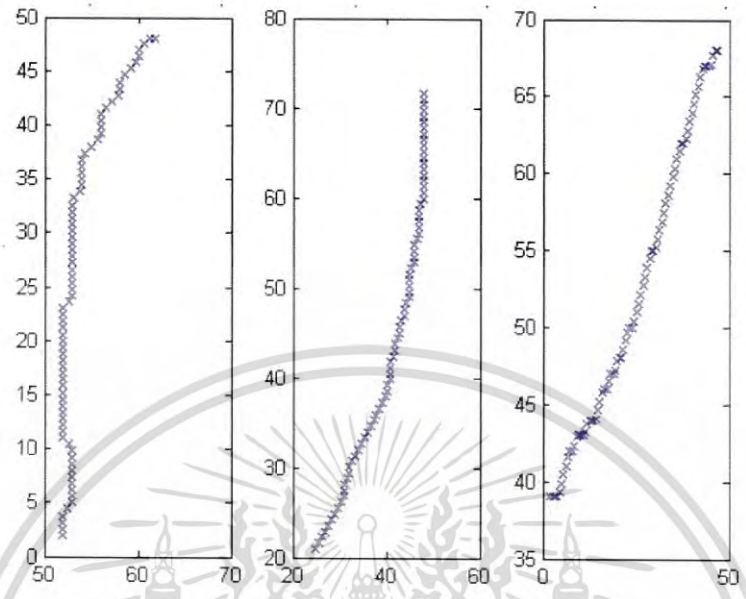
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines (เส้นสมอง) ซึ่งเก็บในตัวแปร Flx1
เป็น 80 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Flx1แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le6
le6= length(Flx1);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le6 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t6
t6=1:1:le6;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Principal Lines เดิมกับจำนวนพิกัด
ตำแหน่งของ Principal line ใหม่ที่ต้องการ คือ 80 แล้วเก็บในตัวแปร ci6
ci6=le6/80;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci6 ไป
จนถึงตำแหน่งสุดท้ายของ Principal Lines แล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi6
xi6=1:ci6:le6;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t6 และ xi6 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัด
ตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Flx1และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร Fly1
Xi6=interp1(t6,Flx1,xi6,'linear');
Yi6=interp1(t6,Fly1,xi6,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi6 และพิกัดตำแหน่ง
ในแนวแกน y ในตัวแปร Yi6 มา Down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 40 ตามที่ต้องการ
XFs1=downsample(Xi6,2);
YFs1=downsample(Yi6,2);
% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines (เส้นหัวใจ) ซึ่งเก็บในตัวแปร Flx2
เป็น 80 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Flx2แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le7
le7= length(Flx2);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้าย
ของ le7 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t7
t7=1:1:le7;
```

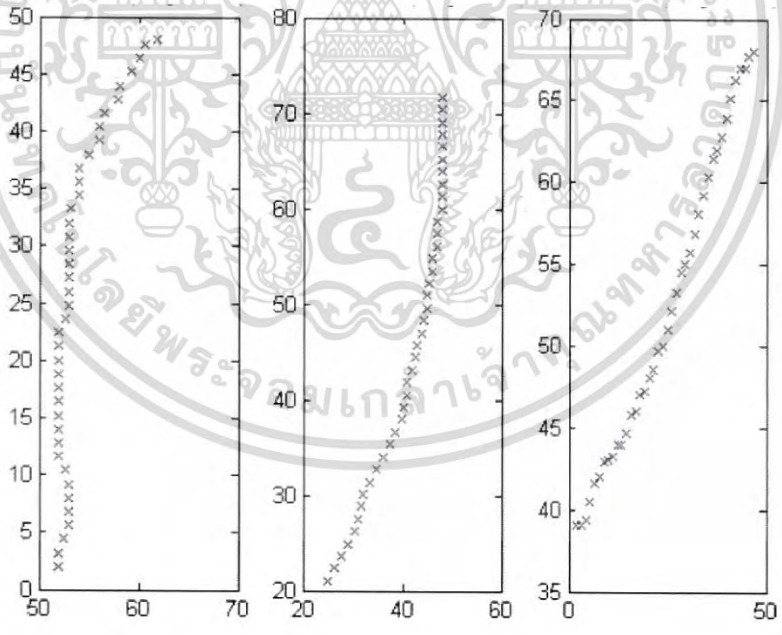
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Principal Lines เดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines ใหม่ที่ต้องการ คือ 80 แล้วเก็บในตัวแปร ci7
ci7=le7/80;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci7 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของ Principal Lines แล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi7
xi7=1:ci7:le7;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t7 และ xi7 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัดตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Flx2และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร Fly2
Xi7=interp1(t7,Flx2,xi7,'linear');
Yi7=interp1(t7,Fly2,xi7,'linear');
% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi7 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร Yi7 มา down-sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 40 ตามที่ต้องการ
XFs2=downsample(Xi7,2);
YFs2=downsample(Yi7,2);

% Interpolation จำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines (เส้นชีวิต) ซึ่งเก็บในตัวแปร Flx3เป็น 80 ตำแหน่ง
% ทำการหาจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Flx3แล้วเก็บไว้ในตัวแปร le8
le8= length(Flx3);
% ทำการกำหนดการไล่เรียงตำแหน่งจากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปทีละ1 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของ le8 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร t8
t8=1:1:le8;
% หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ Principal Lines เดิมกับจำนวนพิกัดตำแหน่งของ Principal line ใหม่ที่ต้องการ คือ 80 แล้วเก็บในตัวแปร ci8
ci8=le8/80;
% กำหนดการพล็อตภาพใหม่จากตำแหน่งที่ 1 แล้วเพิ่มไปตามอัตราส่วนที่หาไว้ในตัวแปร ci8 ไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของ Principal line แล้วเก็บไว้ในตัวแปร xi8
xi8=1:ci8:le8;
% นำค่าต่างๆที่กำหนดในตัวแปร t8 และ xi8 มาใช้ในการ Interpolation ด้วยวิธี linear ทั้งพิกัดตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Flx3และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร Fly3
Xi8=interp1(t8,Flx3,xi8,'linear');
Yi8=interp1(t8,Fly3,xi8,'linear');

% นำพิกัดตำแหน่งที่ Interpolation แล้ว ทั้งในแนวแกน x ซึ่งอยู่ในตัวแปร Xi8 และพิกัดตำแหน่งในแนวแกน y ในตัวแปร Yi8 มา Down-Sampling พิกัดตำแหน่งให้เป็น 40 ตามที่ต้องการ
XFs3=downsample(Xi8,2);
YFs3=downsample(Yi8,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงผลลัพธ์การ Interpolation เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต



รูปที่ 5.9 แสดงผลลัพธ์ Down-Sampling เส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

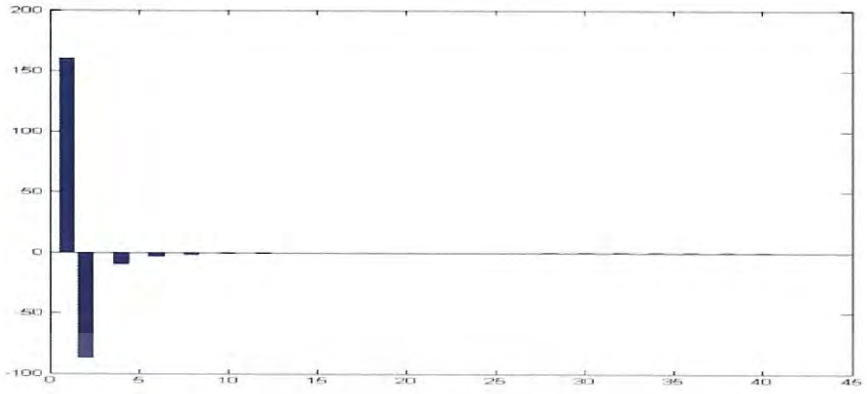
2. จากนั้นนำค่าพิกัดตำแหน่งของ Principal Lines ที่ผ่านการ Down-Sampling แล้วจากนั้นตอนที่ 1 มาเข้าสมการ Discrete Cosine Transform (DCT) ดังสมการที่ (5.1) และ (5.2) จากในหัวข้อ 5.1 ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อห่าค่าสัมประสิทธิ์ในเชิงความถี่ของทั้งแนวแกน X และแนวแกน Y ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแสดงในรูปแบบของกราฟแท่งดังแสดงในรูปที่ 5.10, 5.11, 5.12และ รูปที่ 5.13

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นหัวใจ แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ XFs2 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N61
N61 = length(XFs2);
for k=1:N61
    Xs6k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs6k
    for n=1:N61
        Xs6k = Xs6k + XFs2(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N61));
    end
% นำผลรวมมาที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร C61
    if k==1
        C61(k) = Xs6k*(sqrt(1/N61));
    else
        C61(k) = Xs6k*(sqrt(2/N61));
    end
end
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT เส้นหัวใจ แนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ YFs2 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N62
N62 = length(YFs2);
for k=1:N62
    Ys6k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys6k
for n=1:N62
        Ys6k = Ys6k + YFs2(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N62));
    end
% นำผลรวมมาที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร C62
    if k==1
        C62(k) = Ys6k*(sqrt(1/N62));
    else
        C62(k) = Ys6k*(sqrt(2/N62));
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นชีวิต แนวแกนนอน x
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ XFs3 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N71
N71 = length(XFs3);
for k=1:N71
    Xs7k=0;
% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.1เก็บไว้ในตัวแปร Xs7k
     for n=1:N71
         Xs7k = Xs7k + XFs3(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N71));
    end
% นำผลรวมมาที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร C71
    if k==1
        C71(k) = Xs7k*(sqrt(1/N71));
    else
        C71(k) = Xs7k*(sqrt(2/N71));
    end
end
% % หาค่าสัมประสิทธิ์ DCT เส้นชีวิต แนวแกนตั้ง y
% % หาจำนวนพิกัดตำแหน่งทั้งหมดของ YFs3 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร N72
N72 = length(YFs3);
for k=1:N72
    Ys7k=0;

% หาค่าผลรวมที่อยู่ในเครื่องหมาย summary ตามสมการที่ 4.2เก็บไว้ในตัวแปร Ys7k
for n=1:N72
         Ys7k = Ys7k + YFs3(n)*cos((2*n-1)*(k-1)*pi/(2*N72));
    end
% นำผลรวมมาที่ได้มาคูณด้วยค่าคงที่ P(u) แล้วเก็บไว้ในตัวแปร C72
     if k==1
        C72(k) = Ys7k*(sqrt(1/N72));
    else
        C72(k) = Ys7k*(sqrt(2/N72));
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

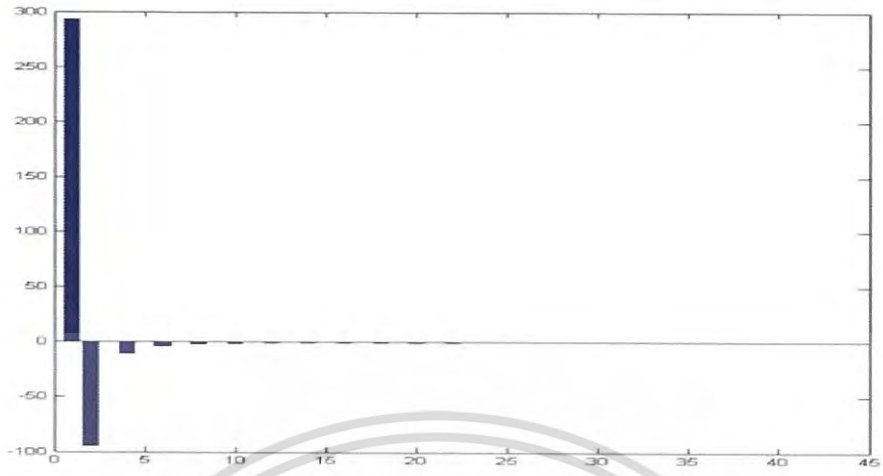
(ข)

รูปที่ 5.10 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นสมอง โดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

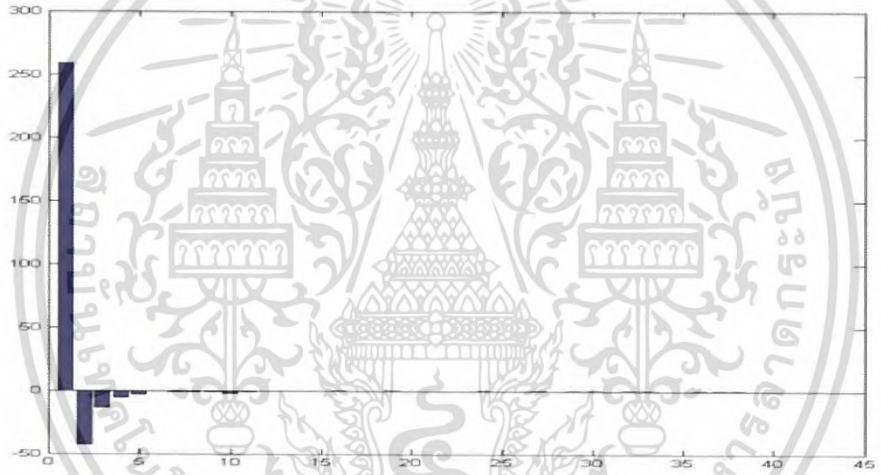
(ก) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนนอน x

(ข) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนตั้ง y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



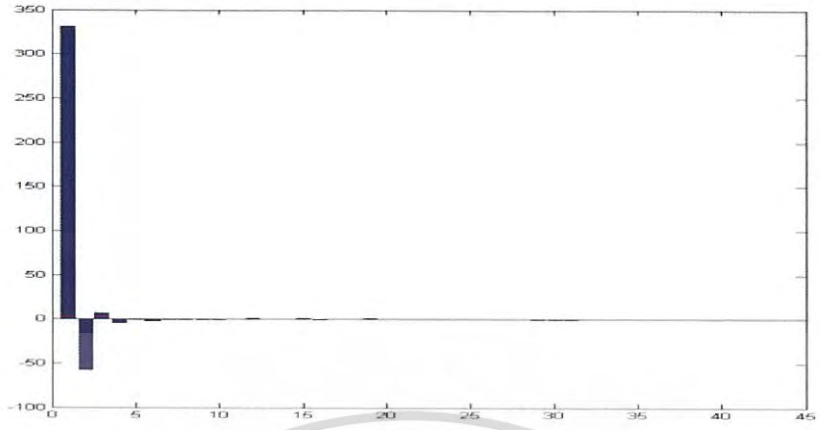
(ข)

รูปที่ 5.11 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นหัวใจโดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

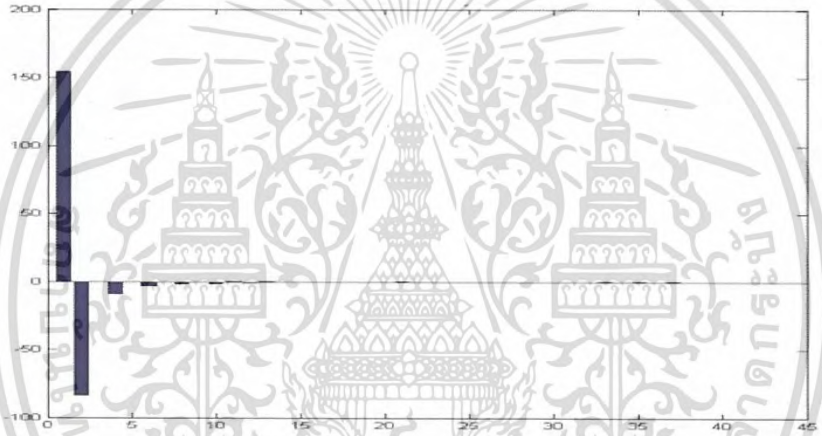
(ก) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนนอน x

(ข) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนตั้ง y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.12 แสดงกราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT ของเส้นชีวิตโดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนนอน x

(ข) กราฟแท่งสัมประสิทธิ์ DCT แนวแกนตั้ง y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

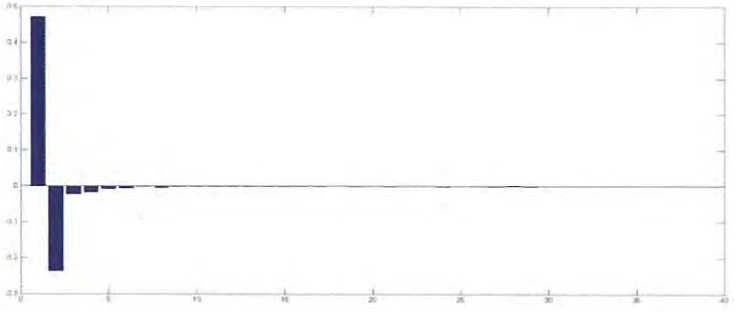
3. จากในขั้นตอนที่ 2 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ในแนวแกนตั้ง และแนวแกนนอน จากนั้นจึงจะนำค่าสัมประสิทธิ์ DCT ที่ได้นี้มาเข้ากระบวนการของ FIR ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อที่ 5.1 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลส์ ซึ่งค่าที่ได้นี้คือค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines แต่ละเส้นซึ่งการนำระบบ FIR มาใช้ทำให้สามารถลดจำนวนข้อมูลเพื่อการรู้จำในการเปรียบเทียบข้อมูลของ Principal Lines แต่ละเส้นจากข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ DCT จำนวน 40 ค่าทั้งในแนวแกน x และในแนวแกน y รวมเป็น 80 ค่าต่อ Principal Lines หนึ่งเส้นโดยจะลดจำนวนข้อมูลของ Principal Lines แต่ละเส้นเหลือเพียงเส้นละ 35 ค่าเท่านั้น โดยที่รูปที่ 5.13 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines แต่ละเส้น

```
% เส้นสมอง
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1x35 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L5
L=35;
L5=zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C52 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q5
T5=toeplitz(C52,L5);
Q5=tril(T5,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 4.7
h5=(pinv(Q5'*Q5)*Q5')*C51';
```

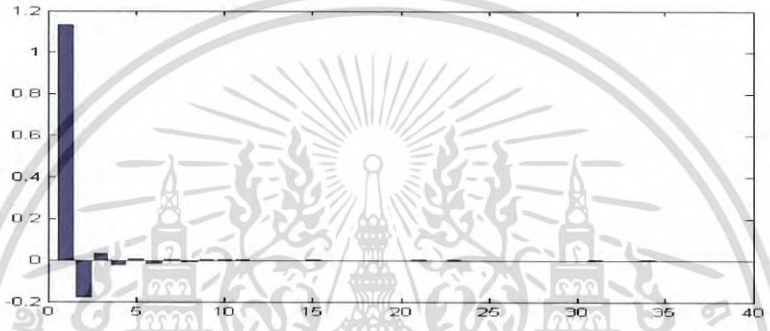
```
% เส้นหัวใจ
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1x35 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L6
L=35;
L6=zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C62 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q6
T6=toeplitz(C62,L6);
Q6=tril(T6,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 4.7
h6=(pinv(Q6'*Q6)*Q6')*C61';
```

```
% เส้นชีวิต
% สร้างเมทตริก 0 ขนาด 1x35 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร L7
L=35;
L7=zeros(1,L);
% สร้าง lower triangular Matrix โดยใช้ค่าจากตัวแปร C72 แล้วเก็บไว้ในตัวแปร Q7
T7=toeplitz(C72,L7);
Q7=tril(T7,0);
% หาค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองอิมพัลตามสมการที่ 4.7
h7=(pinv(Q7'*Q7)*Q7')*C71';
```

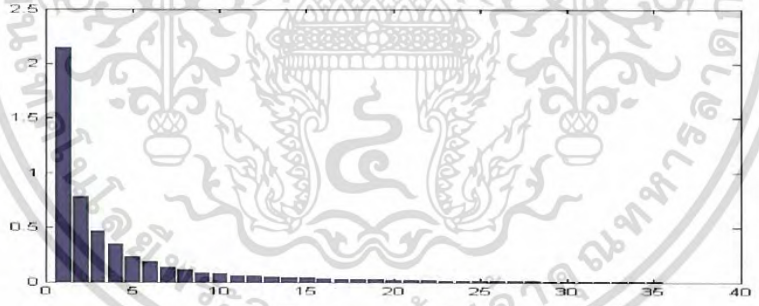
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.13 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของ Principal Lines โดยจากกราฟแนวแกนนอนจะแสดงถึงลำดับ และแกนตั้งแสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์

(ก) กราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของเส้นสมอง

(ข) กราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของเส้นหัวใจ

(ค) กราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของเส้นชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบ และการเรียกใช้ฐานข้อมูลของนิ้วมือ, Principal Lines

ในขั้นตอนนี้จะอธิบายวิธีการเก็บบันทึกฐานข้อมูลของนิ้วมือและ Principal Lines และวิธีการเรียกใช้งานฐานข้อมูลทีสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรม

5.3.1 การเก็บบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบของนิ้วมือ และ Principal Lines

การเก็บบันถึกฐานข้อมูลแม่แบบทำได้โดยการใช้คำสั่ง "save" ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยมีรูปแบบการใช้ save file obj1 obj2 ..... ซึ่งไฟล์ที่บันทึกไว้จะมีนามสกุล .mat โปรแกรมจะเก็บบันทึกค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละนิ้วได้แก่ h1, h2, h3 และ h4 และค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines ทั้งสามเส้น ได้แก่ h5, h6 และ h7 ไว้ในไฟล์ฐานข้อมูลชื่อ Realdata โดยโปรแกรมจะเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ทั้งหมดลงใน ไฟล์ Realdata.mat

โดยจะกำหนดให้
h1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วชี้
h2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วกลาง
h3 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วนาง
h4 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วก้อย
h5 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของเส้นสมอง
h6 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของเส้นหัวใจ
h7 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของเส้นชีวิต

```
% กำหนดลำดับของไฟล์ข้อมูลโดยลำดับข้อมูลเริ่มจาก 1 ถึง 200 เนื่องจากมีตัวอย่างภาพมือ 200
ภาพโดยในการบันทึกข้อมูลของบุคคลต่อๆไปต้องเปลี่ยนค่า MANK ไปเลยๆจาก 1-200
MANK =1;
% กำหนดตัวแปรเก็บค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ h1 ,h2,h3,h4,h5,h6 และ h7
Hf1data{MANK}=h1;
Hf2data{MANK}=h2;
Hf3data{MANK}=h3;
Hf4data{MANK}=h4;
Hf5data{MANK}=h5;
Hf6data{MANK}=h6;
Hf7data{MANK}=h7;
% เก็บบันทึกค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ที่ได้ลงในไฟล์ฐานข้อมูลชื่อ Realdata
save Realdata Hf1data Hf2data Hf3data Hf4data Hf5data Hf6data
Hf7data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่ 1	คนที่ 2	...	คนที่ 200
h1,h2,h3,h4 h5,h6,h7	h1,h2,h3,h4 h5,h6,h7	...	h1,h2,h3,h4 h5,h6,h7

รูปที่ 5.14 ภาพแสดงตัวอย่างการเก็บบันทึกฐานข้อมูลแม่แบบ

5.3.2 การเรียกใช้งานฐานข้อมูลแม่แบบ

การเรียกใช้งานฐานข้อมูลแม่แบบนั้นสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง "load" ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB โดยมีรูปแบบการใช้ load filename โดยจะทำการโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลมาทีเดียวทั้งหมดจำนวน 200 ฐานข้อมูล

```
% ทำการโหลดไฟล์ฐานข้อมูลแม่แบบ Realdata.mat ที่สร้างขึ้น โดยโปรแกรมจะนำค่าสัมประสิทธิ์
จากฐานข้อมูลออกมาเก็บไว้นตัวแปร Hf1data, Hf2data, Hf3data, Hf4data, Hf5data, Hf6data
และ Hf7data ตามที่สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 1
load Realdata;
```

5.3.3 การเพิ่มฐานข้อมูลแม่แบบ

หากต้องการนำฐานข้อมูลแม่แบบเดิมที่สร้างไว้มาเพิ่มข้อมูลเข้าไปสามารถทำได้โดยการใช้คำสั่ง"load" ซึ่งเป็น Tool ของ MATLAB เพื่อโหลดฐานข้อมูลเดิมเข้ามาในโปรแกรมก่อนหลังจากนั้นก็จะสามารถทำการบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงไปในฐานข้อมูลเดิมได้โดยการบันทึกฐานข้อมูลนั้นทำเหมือนกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้นในข้อ 4.3.1 โดยหากสังเกตุในโค้ดที่ตัวแปร MANK จากของเดิมคือ 1 ถึง 200 แต่เมื่อต้องการนำฐานข้อมูลเดิมมาเพิ่มข้อมูลเข้าไปตัวแปร MANK จะมีค่าตั้งแต่ 201 ขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเช่นหากต้องการเพิ่มฐานข้อมูลเข้าไปอีก 10 ฐานข้อมูล ตัวแปร MANK จะมีค่าตั้งแต่ 201 ถึง 210 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% กำหนดต้องการเพิ่มฐานข้อมูลเข้าไปอีก 10 ฐานข้อมูล ตัวแปร MANK มีค่าตั้งแต่ 201 ถึง 210
โดยจะเริ่มที่ 201 ก่อนและไล่ลำดับข้อมูลไปเรื่อยๆเป็น 201,202,203.....210
MANK=201;
% โหลดฐานข้อมูลเดิมที่ต้องการเพิ่มข้อมูลเข้าไปมาก่อน
load  Realdata
% กำหนดตัวแปรเก็บค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ h1, h2, h3, h4, h5,h6 และ h7
Hf1data{MANK}=h1;
Hf2data{MANK}=h2;
Hf3data{MANK}=h3;
Hf4data{MANK}=h4;
Hf5data{MANK}=h5;
Hf6data{MANK}=h6;
Hf7data{MANK}=h7;
% เก็บบันทึกค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ที่ได้ลงในไฟล์ฐานข้อมูลชื่อ Realdata
save Realdata Hf1data Hf2data Hf3data Hf4data Hf5data Hf6data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ, การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเปรียบเทียบนิ้วมือและ Principal Lines กับฐานข้อมูลแม่แบบเพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรมโดยการรู้จำของโปรแกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

6.1 การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ

การรู้จำเส้นขอบนิ้วมือนั้นจะใช้การหาค่าความผิดพลาด (Error) เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ที่หาได้กับฐานข้อมูล โดยจะนำค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของแต่ละนิ้วมือที่ได้จากบทที่ 5 (e2) มาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละนิ้วที่อยู่ในฐานข้อมูล (e1) ตามสมการที่ (6.1) แสดงการห่าค่าความผิดพลาด

$$e^k(m) = e1^k(m) - e2^k(m) \tag{6.1}$$

เมื่อ

e คือ ค่าความผิดพลาดของการเปรียบเทียบ

e1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ในฐานข้อมูล

e2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ที่หาได้

m คือ จำนวนข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละนิ้วมือ หรือ Principal Lines

k คือ นิ้วมือแต่ละนิ้ว (k=1,2,3,4) หรือ Principal Lines แต่ละเส้น (k=5,6,7)

จากนั้นหาค่าความผิดพลาดรวมโดยเขียนในรูปของค่าความผิดพลาดกำลังสองตามสมการที่ (6.2)

$$E^k = \sqrt{e^k(1)^2 + e^k(2)^2 + e^k(3)^2 + \cdots + e^k(m)^2} \tag{6.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าความผิดพลาดที่ได้จากสมการที่ (6.2) นั้นจะเป็นค่าความผิดพลาดของนิ้วมือเพียง 1 นิ้วเท่านั้น (E^1) จากนั้นจึงคิดค่าความผิดพลาดของอีกสามนิ้วที่เหลือคือ E^2, E^3 และ E^4 เพื่อนำมาหาค่าความผิดพลาดรวมทั้ง 4 นิ้วมือตามสมการที่ (6.3)

$$Total = \sqrt{(E^1)^2 + (E^2)^2 + (E^3)^2 + (E^4)^2} \tag{6.3}$$

โดยที่

E^1 คือ ค่าความผิดพลาดของนิ้วชี้

E^2 คือ ค่าความผิดพลาดของนิ้วกลาง

E^3 คือ ค่าความผิดพลาดของนิ้วนาง

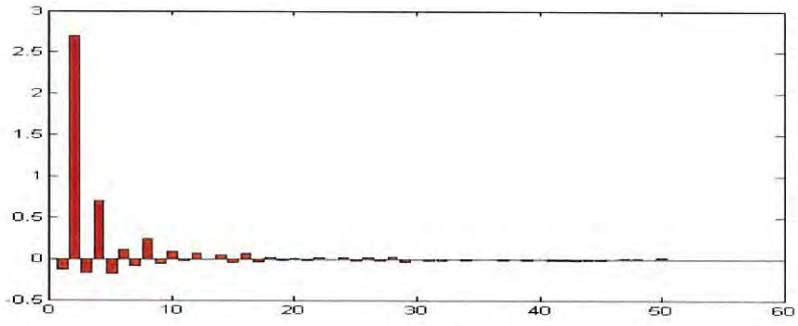
E^4 คือ ค่าความผิดพลาดของนิ้วก้อย

Total คือ ค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือ

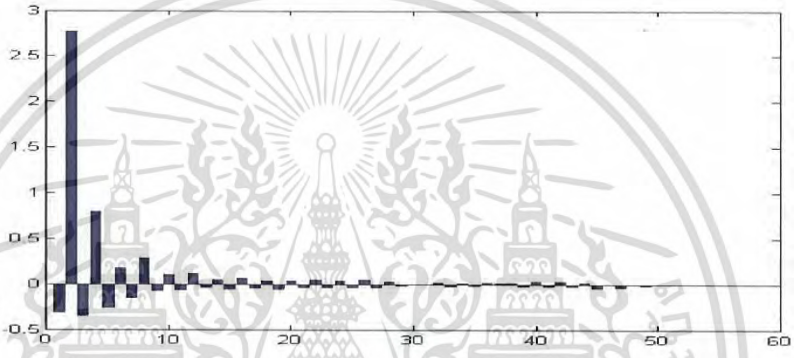
จากนั้นจะหาค่าความมผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือ (Total) ที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วในฐานข้อมูลทั้งหมด 200 คน ถ้าค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วที่ต่ำที่สุดตรงกับบุคคลใดในฐานข้อมูล โปรแกรมจะใช้บุคคลนั้นในการระบุตัวตนบุคคล

จากในบทที่ 3, 4 และบทที่ 5 จะกล่าวถึงวิธีและขั้นตอนต่างในการแยกนิ้วมือออกมาจากภาพเพื่อมาใช้ในการรู้จำของโปรแกรม จนกระทั่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละนิ้วเพื่อนำมาใช้ในการรู้จำของโปรแกรม ซึ่งในการรู้จำนิ้วมือนั้นจะมีวิธีการและขั้นตอนเหมือนกับที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3, 4 และบทที่ 5 ซึ่งตรงกับหัวข้อต่างๆดังนี้ การนำภาพเข้าสู่โปรแกรม, การเตรียมภาพ, การแยกนิ้วมือออกจากภาพ และการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือ และในหัวข้อนี้จะเป็นการนำค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละนิ้วมาใช้ในการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรมซึ่งใช้วิธีการเปรียบเทียบจากค่าความผิดพลาดตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้จากผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ จากผลลัพธ์



รูปที่ 6.2 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ จากฐานข้อมูล

ขั้นตอนและวิธีการในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรมมีดังนี้

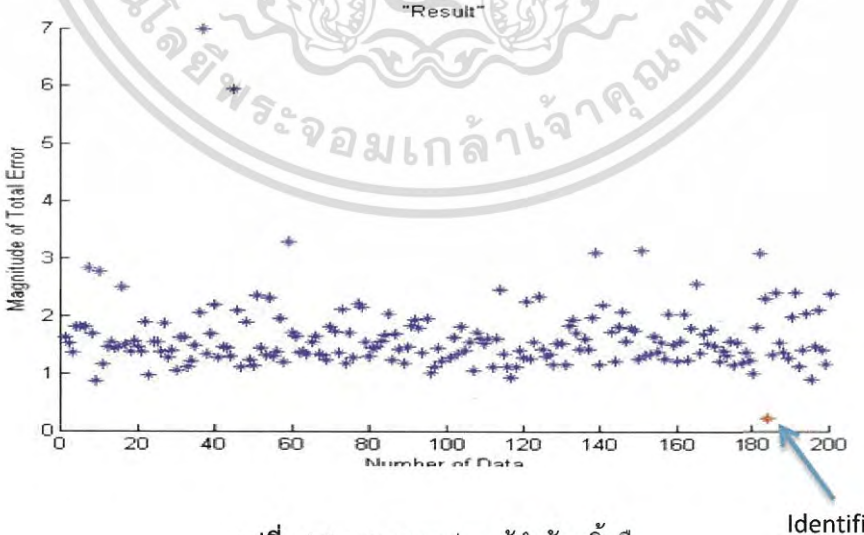
1. หลังจากหาค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของแต่ละนิ้วมือได้แล้วจากขั้นตอนและวิธีการในบทที่ 3, 4 และบทที่ 5 จะนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นี้มาใช้ในการคิดค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรม
2. โหลดฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นเข้าสู่โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง “load” เป็น Tool ของ MATLAB ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 5 หัวข้อการบันทึกฐานข้อมูล
3. คิดค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือจากสมการที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 จากที่กล่าวมาข้างต้น
4. หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดเมื่อเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งหมด
5. นำค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่หาได้เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟโดยที่ ค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจะพล็อตเป็นจุดสีแดงเพื่อระบุตัวตนบุคคลว่าตรงกับบุคคลที่เท่าไหร่ในฐานข้อมูล ส่วนค่าความผิดพลาดอื่นๆจะพล็อตเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% โหลดฐานข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาด
load Realdata;
% เนื่องจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมีข้อมูลทั้งหมด 200 บุคคล จึงกำหนดรอบการทำงาน เป็น 200
รอบ
zf1=1;
ND=1;
for zf1=1:200
    HB1=Hf1data{zf1};% กำหนด HB1 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB2=Hf2data{zf1};% กำหนด HB2 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วกลางที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB3=Hf3data{zf1};% กำหนด HB3 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วนางที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB4=Hf4data{zf1};% กำหนด HB4 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วก้อยที่อยู่ในฐานข้อมูล
% คิดค่าความผิดพลาดตามสมการที่ 6.1 ของนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อยเก็บไว้ในตัวแปร ef1
,ef2,ef3 และef4
    ef1 = HB1-h1; % h1 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ที่ได้จากการประมวลผล
    ef2 = HB2-h2; % h2 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วกลางที่ได้จากการประมวลผล
    ef3 = HB3-h3; % h3 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วนางที่ได้จากการประมวลผล
    ef4 = HB4-h4; % h4 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วก้อยที่ได้จากการประมวลผล
% นำค่าความผิดพลาดมายกกำลังสองตามสมการที่ 6.2
    err1 = (ef1).^2;
    err2 = (ef2).^2;
    err3 = (ef3).^2;
    err4 = (ef4).^2;
% คิดค่าความผิดพลาดรวมตามสมการที่ 6.2 ของแต่ละนิ้ว
    Error_F1 = sqrt(sum(err1)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วชี้
    Error_F2 = sqrt(sum(err2)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วกลาง
    Error_F3 = sqrt(sum(err3)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วนาง
    Error_F4 = sqrt(sum(err4)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วก้อย
% คิดค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือตามสมการที่ 6.3 เก็บไว้ในตัวแปร ErrorF_Total
ErrorF_ToTal=sqrt((Error_F1).^2+(Error_F2).^2+(Error_F3).^2+(Error_F4).^2);
% กำหนด  as8 เก็บค่าความพิดพลาดที่หาได้ทั้งหมดไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดต่ำสุด
    as8(ND)=ErrorF_ToTal;
    ND=ND+1;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ในตัวแปร as8 โดยกำหนดให้ Dta1 เป็นค่าความผอดพลาด
สูงสุดของ as8
Dta1=max(max(as8));
for i=1:size(as8,2);
% ถ้าหากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าต่ำกว่า Dta1 จะทำการเก็บค่าความผิดพลาดนั้นทับค่า
เดิมใน Dta1 และจะเก็บค่าตำแหน่งของค่าความผิดพลาดนั้นที่พบใน as8 ไว้ในตัวแปร Ck1 ซึ่งค่า
ความผิดพลาดต่ำสุดจะถูกเก็บในตัวแปร Dta1
    if as8(i)<Dta1
        Dta1=as8(i);Ck1=i;
    end
end
% แสดงการระบุตัวตนเป็นการพล็อตกราฟค่าความผิดพลาดรวมที่เก็บไว้ในตัวแปร as8
figure(1)
    hold on
    for i=1:200
% หากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าตรงกับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ใน Dta1 จะพล็อตค่า
นั้นเป็นจุดสีแดง แต่ถ้าไม่ตรงกับ Dta1 จะพล็อตจุดนั้นเป็นสีน้ำเงิน
        if as8(i)==Dta1
          plot(i,as8(i),'r*');
          xlabel('Number of Data'); ylabel('Magnitude of Total
Error');
          title('"Result"');
          axis([0  200  0  5]);
        else
          plot(i,as8(i),'b*');
        end
```



รูปที่ 6.3 แสดงกราฟการรู้จำด้วยนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

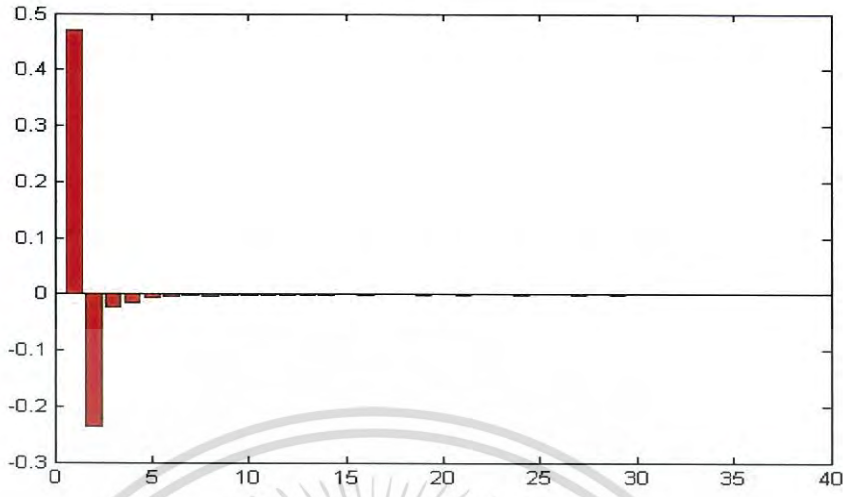
6.2 การรู้จำโดยใช้ Principal Lines

การรู้จำโดยการใช้ Principal Lines นั้นจะใช้การหาค่าความผิดพลาด (Error) เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ที่หาได้กับฐานข้อมูลเหมือนกับการรู้จำด้วยนิ้วมือ โดยจะนำค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นที่ได้จากบทที่ 5 มาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยใช้สมการค่าความผิดพลาดตามสมการที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 เหมือนกับที่ได้กล่าวไปแล้วในการรู้จำด้วยนิ้วมือโดยรูปที่ 6.4 และ 6.5 แสดงตัวอย่างกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองจากผลลัพธ์ที่ได้และตัวอย่างกราฟแท่งของค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองจากฐานข้อมูล

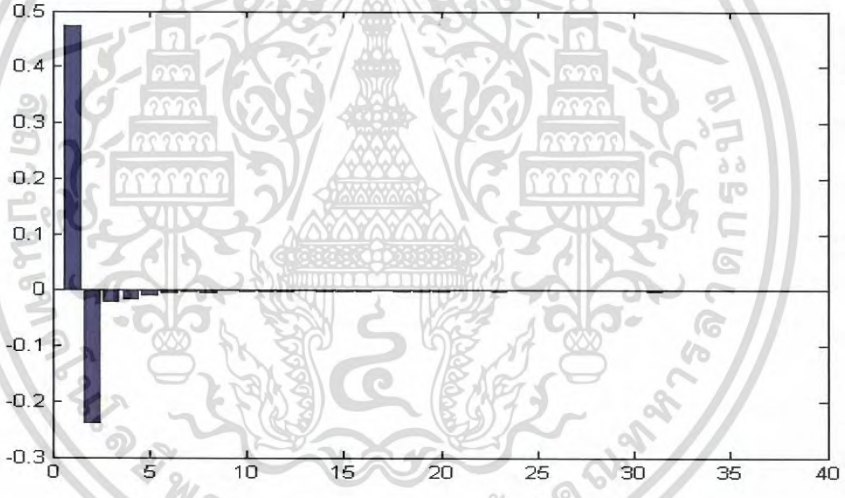
จากในบทที่ 4 และบทที่ 5 จะกล่าวถึงวิธีและขั้นตอนต่างๆในการแยก Principal Lines ออกจากภาพ จนกระทั่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นเพื่อนำมาใช้ในการรู้จำของโปรแกรม ซึ่งในการรู้จำด้วย Principal Lines นั้นจะมีวิธีการและขั้นตอนเหมือนกับที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 และบทที่ 5 ซึ่งตรงกับหัวข้อต่างๆดังนี้ การแยก Palm-Print ออกจากภาพ, การปรับปรุงภาพ, การแยก Principal Lines ออกจากภาพ และการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของ Principal Lines และในหัวข้อนี้จะเป็นการนำค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นมาใช้ในการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลซึ่งใช้วิธีการเปรียบเทียบจากค่าความผิดพลาดตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อ 6.1 โดยรูปที่ 6.6 แสดงกราฟการรู้จำด้วย Principal Lines โดยขั้นตอนและวิธีการในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรมมีดังนี้

1. หลังจากหาค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นมาได้แล้วจากขั้นตอนและวิธีการในบทที่ 4 และบทที่ 5 จะนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นี้มาใช้ในการคิดค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรม
2. โหลดฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นเข้าสู่โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง “load” เป็น Tool ของ MATLAB ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 5 หัวข้อการบันทึกฐานข้อมูล
3. คิดค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นจากสมการที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 จากที่กล่าวมาข้างต้น
4. หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมด
5. นำค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่หาได้เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟโดยที่ ค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจะพล็อตเป็นจุดสีแดงเพื่อระบุตัวตนบุคคลว่าตรงกับบุคคลที่เท่าไหร่ในฐานข้อมูล ส่วนค่าความผิดพลาดอื่นๆจะพล็อตเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 6.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองจากผลลัพธ์



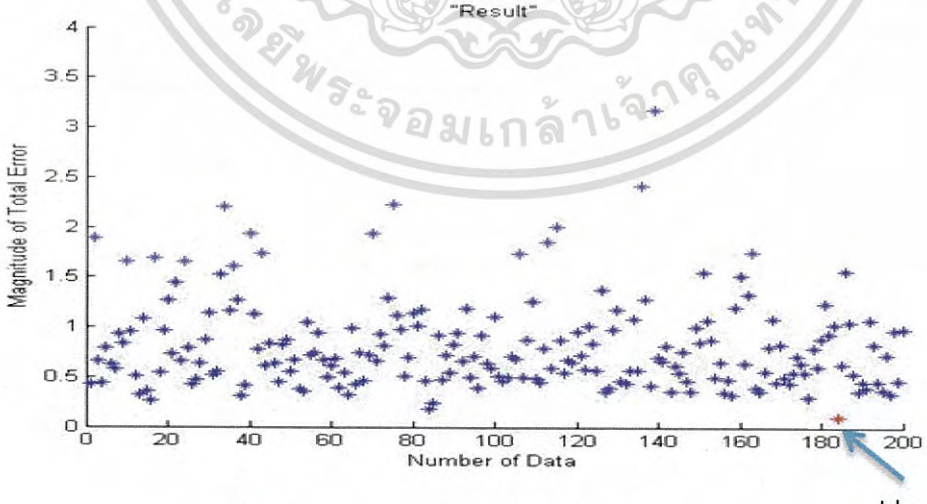
รูปที่ 6.5 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองจากฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% โหลดฐานข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาด
load Realdata;
% เนื่องจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมีข้อมูลทั้งหมด 200 บุคคล จึงกำหนดรอบการทำงาน เป็น 200
รอบ
zf1=1;
ND=1;
for zf1=1:200
    HB5=Hf5data{zf1};% กำหนด HB5 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองที่อยู่ใน
ฐานข้อมูล
    HB6=Hf6data{zf1};% กำหนด HB6 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นหัวใจที่อยู่ใน
ฐานข้อมูล
    HB7=Hf7data{zf1};% กำหนด HB7 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นชีวิตที่อยู่ในฐานข้อมูล
% คิดค่าความผิดพลาดตามสมการที่ 6.1 ของเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตเก็บไว้ในตัวแปร ef5
,ef6 และef7
    ef5 = HB5-h5; % h5 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองที่ได้จากการประมวลผล
    ef6 = HB6-h6; % h6 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นหัวใจที่ได้จากการประมวลผล
    ef7 = HB7-h7; % h7 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นชีวิตที่ได้จากการประมวลผล
% นำค่าความผิดพลาดมายกกำลังสองตามสมการที่ 6.2
    err5 = (ef5).^2;
    err6 = (ef6).^2;
    err7 = (ef7).^2;
 % คิดค่าความผิดพลาดรวมตามสมการที่ 6.2 ของแต่ละนิ้ว
    Error_F5 = sqrt(sum(err5)); % ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นสมอง
    Error_F6 = sqrt(sum(err6));% ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นหัวใจ
    Error_F7 = sqrt(sum(err7));% ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นชีวิต
%  คิดค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines สามเส้นจามสมการที่ 6.3 เก็บไว้ในตัวแปร
ErrorP_ToTal
     ErrorP_ToTal= sqrt((Error_F5).^2+(Error_F6).^2+(Error_F7).^2);
% กำหนด as8 เก็บค่าความพิดพลาดที่หาได้ทั้งหมดไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดต่ำสุด
    as8(ND)= ErrorP_ToTal;
    ND=ND+1;
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ในตัวแปร as8 โดยกำหนดให้ Dta2 เป็นค่าความผอดพลาด
สูงสุดของ as8
Dta2=max(max(as8));
for i=1:size(as8,2);
% ถ้าหากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าต่ำกว่า Dta2 จะทำการเก็บค่าความผิดพลาดนั้นทับค่า
เดิมใน Dta2 และจะเก็บค่าตำแหน่งของค่าความผิดพลาดนั้นที่พบใน as8 ไว้ในตัวแปร Ck2 ซึ่งค่า
ความผิดพลาดต่ำสุดจะถูกเก็บในตัวแปร Dta2
    if as8(i)<Dta2
        Dta2=as8(i);Ck2=i;
    end
end
% แสดงการระบุตัวตนเป็นการพล็อตกราฟค่าความผิดพลาดรวมที่เก็บไว้ในตัวแปร as8
figure(2)
    hold on
    for i=1:200
% หากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าตรงกับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ใน Dta2 จะพล็อตค่า
นั้นเป็นจุดสีแดง แต่ถ้าไม่ตรงกับ Dta2 จะพล็อตจุดนั้นเป็นสีน้ำเงิน
        if as8(i)==Dta1
            plot(i,as8(i),'r*');
            xlabel('Number of Data'); ylabel('Magnitude of Total
Error');
            title('"Result"');
            axis([0  200  0  5]);
        else
            plot(i,as8(i),'b*');
        end
```



รูปที่ 6.6 แสดงกราฟการรู้จำด้วย Principal Lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines

การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines นั้นจะใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดเหมือนกับที่ได้กล่าวไปแล้วในการรู้จำโดยใช้นิ้วมือและการรู้จำโดยใช้ Principal Lines แต่จะต่างกับทั้งสองวิธีที่กล่าวมาตรงที่จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นนเอกลักษณ์ FIR ทั้งของนิ้วมือและของ Principal Lines มาคิดค่าความผิดพลาดตามสมการที่ (6.1) และ (6.2) ส่วนในสมการที่ (6.3) จะเป็นการคิดค่าความผิดพลาดรวมโดยจะเป็นการรวมค่าความผิดพลาดของทั้งนิ้วมือแต่ละนิ้วและ Principal Lines แต่ละเส้นเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรม

ซึ่งการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines จะมีขั้นตอนการทำดัง Flow Chart แสดงการทำงานโดยรวมของโปรแกรมที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ส่วนวิธีการของแต่ละขั้นตอนเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของนิ้วมือและของ Principal Lines เพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรมนั้นได้กลล่าวไปแล้วในบทที่ 3, 4 และบทที่ 5 โดยรูปที่ 6.6 แสดงกราฟการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines โดยขั้นตอนและวิธีการในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรมมีดังนี้

1. หาค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วมือแต่ละแต่ละนิ้วจากขั้นตอนและวิธีการในบทที่ 3, 4 และบทที่ 5 เพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นี้มาใช้ในการคิดค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรม
2. หาค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของ Principal Lines แต่ละเส้นจากขั้นตอนและวิธีการในบทที่ 4 และบทที่ 5 เพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นี้มาใช้ในการคิดค่าความผิดพลาดเพื่อการรู้จำของโปรแกรม
3. โหลดฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นเข้าสู่โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง “load” เป็น Tool ของ MATLAB ดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 5 หัวข้อการบันทึกฐานข้อมูล
4. คิดค่าความผิดพลาดของนิ้วมือทั้งสี่นิ้วจากสมการที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 จากที่กล่าวมาข้างต้น
5. คิดค่าความผิดพลาดของ Principal Lines ทั้งสามเส้นจากสมการที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 จากที่กล่าวมาข้างต้น
6. นำค่าความผิดพลาดรวมสี่นิ้วมือและความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นมารวมกันเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาด
7. หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมด
8. นำค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่หาได้เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลมาพล็อตเป็นกราฟโดยที่ ค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจะพล็อตเป็นจุดสีแดง เพื่อระบุตัวตนบุคคลว่าตรงกับบุคลลที่เท่าไหร่ในฐานข้อมูล ส่วนค่าความผิดพลาดอื่นๆจะพล็อตเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 6.7

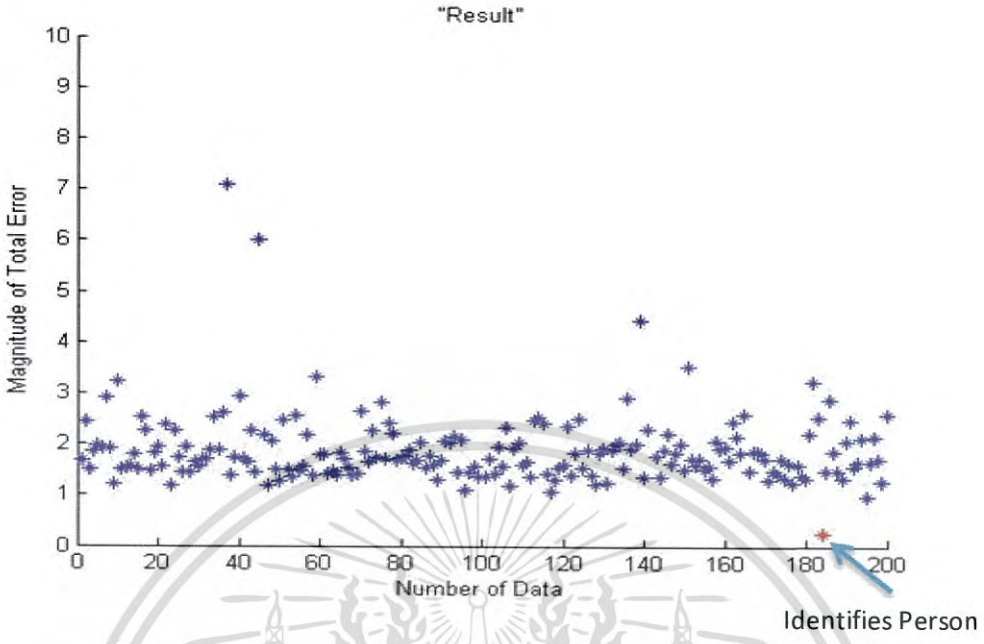
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% โหลดฐานข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาด
load Realdata;
% เนื่องจากฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมีข้อมูลทั้งหมด 200 บุคคล จึงกำหนดรอบการทำงาน เป็น 200รอบ
zf1=1;ND=1;
for zf1=1:200
    HB1=Hf1data{zf1};% กำหนด HB1 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB2=Hf2data{zf1};% กำหนด HB2 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วกลางที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB3=Hf3data{zf1};% กำหนด HB3 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วนางที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB4=Hf4data{zf1};% กำหนด HB4 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วก้อยที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB5=Hf5data{zf1};% กำหนด HB5 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองที่อยู่ใฐานข้อมูล
    HB6=Hf6data{zf1};% กำหนด HB6 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นหัวใจที่อยู่ในฐานข้อมูล
    HB7=Hf7data{zf1};% กำหนด HB7 เก็บค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นชีวิตที่อยู่ในฐานข้อมูล
% คิดค่าความผิดพลาดตามสมการที่ 6.1 ของนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย เส้นสมอง เส้นหัวใจ
และเส้นชีวิตเก็บไว้ในตัวแปร ef1,ef2,ef3,ef4,ef5 ,ef6 และef7
    ef1 = HB1-h1; % h1 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วชี้ที่ได้จากการประมวลผล
    ef2 = HB2-h2; % h2 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วกลางที่ได้จากการประมวลผล
    ef3 = HB3-h3; % h3 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วนางที่ได้จากการประมวลผล
    ef4 = HB4-h4; % h4 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของนิ้วก้อยที่ได้จากการประมวลผล
    ef5 = HB5-h5; % h5 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นสมองที่ได้จากการประมวลผล
    ef6 = HB6-h6; % h6 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นหัวใจที่ได้จากการประมวลผล
    ef7 = HB7-h7; % h7 คือค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของเส้นชีวิตที่ได้จากการประมวลผล
% นำค่าความผิดพลาดมายกกำลังสองตามสมการที่ 6.2
    err1 = (ef1).^2;
    err2 = (ef2).^2;
    err3 = (ef3).^2;
    err4 = (ef4).^2;
    err5 = (ef5).^2;
    err6 = (ef6).^2;
    err7 = (ef7).^2;
 % คิดค่าความผิดพลาดรวมตามสมการที่ 6.2 ของแต่ละนิ้ว
    Error_F1 = sqrt(sum(err1)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วชี้
    Error_F2 = sqrt(sum(err2)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วกลาง
    Error_F3 = sqrt(sum(err3)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้นาง
    Error_F4 = sqrt(sum(err4)); % ค่าความผิดพลาดรวมของนิ้วก้อย
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Error_F5 = sqrt(sum(err5)); % ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นสมอง
    Error_F6 = sqrt(sum(err6));% ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นหัวใจ
    Error_F7 = sqrt(sum(err7));% ค่าความผิดพลาดรวมของเส้นชีวิต
% คิดค่าความผิดพลาดรวมนิ้วมือและ Principal Lines เข้าด้วยกันทั้งหมดจามสมการที่ 6.3 เก็บไว้
ในตัวแปร ErrorFP_ToTal
ErrorF_ToTal=sqrt((Error_F1).^2+(Error_F2).^2+(Error_F3).^2+(Error_F4).^2);
    ErrorP_ToTal= sqrt((Error_F5).^2+(Error_F6).^2+(Error_F7).^2);
    ErrorFP_ToTal=sqrt((ErrorF_ToTal).^2+(ErrorP_ToTal).^2);
 % กำหนด  as8 เก็บค่าความพิดพลาดที่หาได้ทั้งหมดไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความผิดพลาดต่ำสุด
    as8(ND)=ETotal_Errortotal;
    ND=ND+1;
End
% หาค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ในตัวแปร as8 โดยกำหนดให้ Dta1 เป็นค่าความผอดพลาด
สูงสุดของ as8
Dta1=max(max(as8));
for i=1:size(as8,2);
% ถ้าหากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าต่ำกว่า Dta1 จะทำการเก็บค่าความผิดพลาดนั้นทับค่าเดิม
ใน Dta2 และจะเก็บค่าตำแหน่งของค่าความผิดพลาดนั้นที่พบใน as8 ไว้ในตัวแปร Ck1 ซึ่งค่าความ
ผิดพลาดต่ำสุดจะถูกเก็บในตัวแปร Dta2
    if as8(i)<Dta1
        Dta1=as8(i);Ck1=i;
    end
end
% แสดงการระบุตัวตนเป็นการพล็อตกราฟค่าความผิดพลาดรวมที่เก็บไว้ในตัวแปร as8
figure(2)
    hold on
    for i=1:200
% หากค่าความผิดพลาดใดใน as8 มีค่าตรงกับค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่เก็บไว้ใน Dta1 จะพล็อตค่า
นั้นเป็นจุดสีแดง แต่ถ้าไม่ตรงกับ Dta21จะพล็อตจุดนั้นเป็นสีน้ำเงิน
        if as8(i)==Dta1
           plot(i,as8(i),'r*');
           xlabel('Number of Data'); ylabel('Magnitude of Total
Error');
           title('"Result"');
           axis([0  200  0  5]);
        else
           plot(i,as8(i),'b*');
        end
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 แสดงกราฟการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

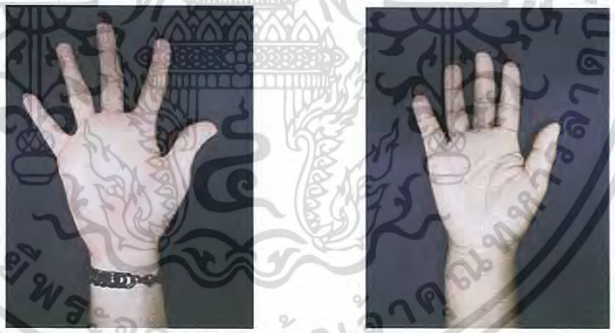
บทที่ 7
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองการรู้จำของโปรแกรมว่าสามารถรู้จำได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด เมื่อใช้วิธีในการรู้จำที่ต่างกันดังนี้ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ, การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines โดยในการทดลองนี้ใช้ภาพมือในการทดลองการรู้จำของโปรแกรมทั้งหมด 200 ภาพเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลแม่แบบ

7.1 ข้อจำกัดของภาพมือในการทดลอง

ในการทดลองนี้รูปภาพที่นำมาใช้จะต้องถ่ายด้วยกล้องดิจิตอลและมีข้อจำกัดในการถ่ายภาพตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 3 โดยข้อจำกัดของภาพมือที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

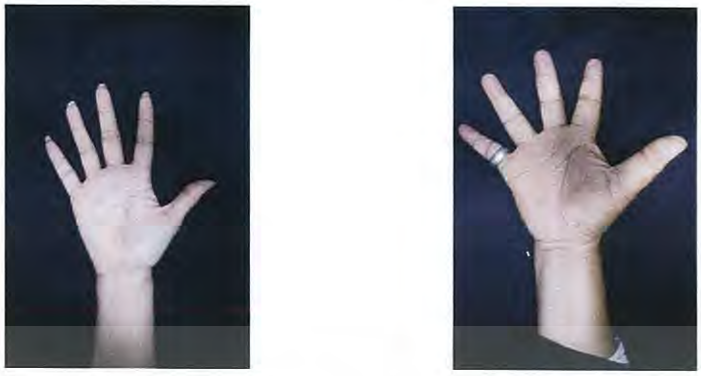
1. ภาพมือที่ใช้จะต้องเป็นภาพมือที่ไม่สวมแหวนที่นิ้วมือดังรูปที่ 7.2
2. ภาพมือที่ใช้ไม่ควรเป็นภาพมือของบุคคลที่มีเล็บมือยาวดังรูปที่ 7.2
3. ภาพมือที่ใช้ควรจะสามารถเห็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตได้ชัดเจนดังรูปที่ 7.1



(ก) (ข)

รูปที่ 7.1 แสดงภาพมือที่เห็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตที่ต่างกัน
(ก) แสดงภาพมือที่เห็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตไม่ชัดเจน
(ข) แสดงภาพมือที่เห็นเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตได้ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 7.2 แสดงภาพมือที่สวมแหวนและเล็บมือยาว
(ก) แสดงภาพมือที่มีเล็บมือยาว
(ข) แสดงภาพมือที่สวมแหวนที่นิ้วมือ

7.2 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือ

ในการทดลองรู้จำนั้นจะทดลองการรู้จำสองวิธีคือ การรู้จำโดยแยกการรู้จำแต่ละนิ้วมือเพื่อใช้ในการระบุตัวตนบุคคลโดยแต่ละนิ้วมือนั้นจะต้องระบุเป็นคนเดียวกัน และ การรู้จำโดยใช้ค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือในการระบุตัวตน โดยตารางผลการทดลองทั้งหมดจะอยู่ในภาคผนวก จากการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือในการระบุตัวตนบุคคลพบว่าผลลัพธ์ที่โปรแกรมสามารถรู้จำได้นั้นจะมีความแตกต่างกันออกไปทั้งหมด 6 กรณี คือ

1. สามารถรู้จำนิ้วมือได้ทั้งสี่นิ้วมือและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
2. สามารถรู้จำนิ้วมือได้เพียงสามนิ้วมือและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
3. สามารถรู้จำนิ้วมือได้เพียงสองนิ้วมือและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
4. สามารถรู้จำนิ้วมือได้เพียงหนึ่งนิ้วมือและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
5. สามารถรู้จำได้โดยใช้ค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วในการรู้จำ

โดยตารางผลการทดลองที่จะแสดงในแต่ละตัวอย่างนั้นจะแสดงตารางผลการทดลองเพียงบางส่วน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการทดลองนั้นมี 200 คนจึงทำให้ขนาดของตารางผลการทดลองจริงมีขนาดใหญ่มากจึงไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ทั้งหมดจึงต้องแสดงเพียงบางส่วนซึ่งตารางการทดลองทั้งหมดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถดูได้ในภาคผนวกเป็นไฟล์ข้อมูล Excel โดยตารางผลการทดลองจริงจะมีลักษณะคล้าวๆดังรูปที่ 7.3 แสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 1				ฐานข้อมูลที่ 2				....				ฐานข้อมูลที่ 200			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
1	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
2	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
⋮	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
200	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																

รูปที่ 7.3 แสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

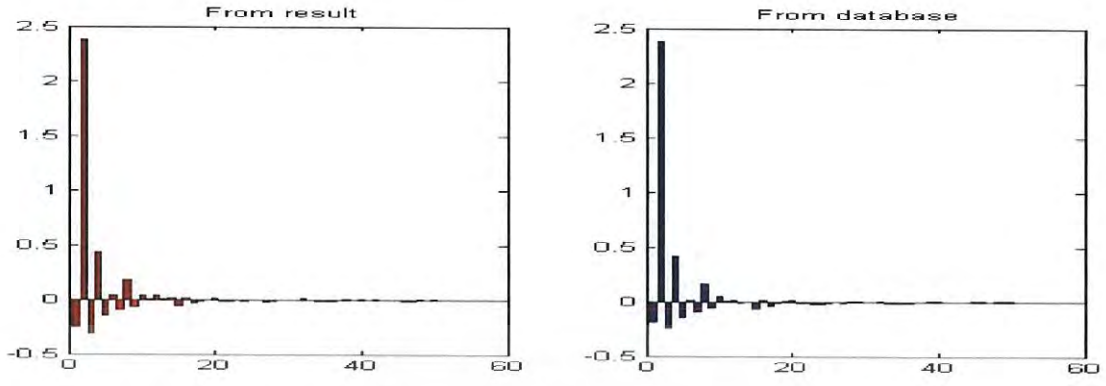
7.2.1 กรณีที่1

โปรแกรมสามารถรู้จำได้ทั้งสี่นิ้วมือโดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของแต่ละนิ้วมือกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่านิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งทั้งสี่นิ้วมือนั้นสามารถระบุได้ว่าเป็นบคุลลเดียวกันซึ่งตรงกับตารางช่องสีเขียวดังตารางที่ 7.1 และค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูทั้งหมดก็ยังสามารถรู้จำได้โดยสามารถระบุได้เป็นบุคคเดียวกับแต่ละนิ้วมือที่สามารถละบุได้ซึ่งตรงกับตารางช่องสีน้ำเงินและตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของนิ้วมือ 4 นิ้วเทียบกัน ดังตารางที่ 7.1 ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 66 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 1 คิดเป็น 33 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 1 ดังตารางที่ 7.1 โดยรูปที่ 7.4 ถึง 7.7 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของบุคคลที่ 8 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

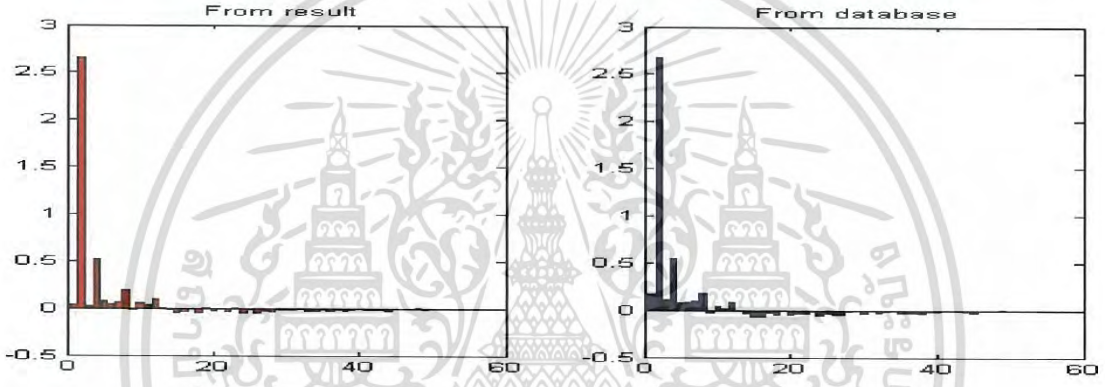
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 10					ฐานข้อมูลที่ 8				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
8	นิ้วชี้	0.2905	0.4412	1.0737	0.8754		0.1188	0.7571	2.0391	0.7513	
	นิ้วกลาง	0.6668	0.2910	0.9182	1.0825		0.5494	0.1941	1.4809	1.1162	
	นิ้วนาง	1.8685	1.5769	1.4809	1.9887		1.8266	1.1918	0.2736	2.1475	
	นิ้วก้อย	0.5526	0.9461	0.8864	0.2004		0.7517	1.1233	2.1602	0.1949	
	ผลรวม					1.5499					0.4058

ตารางที่ 7.1 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 1

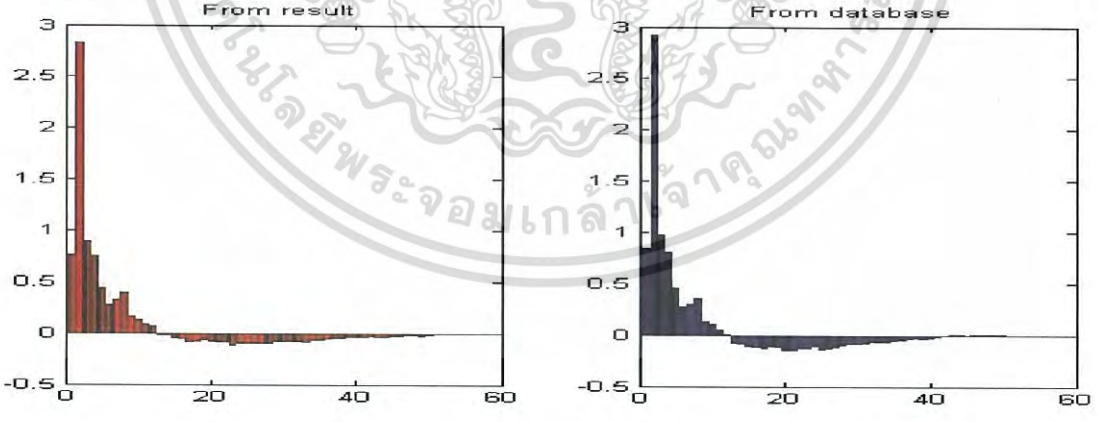
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.4 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

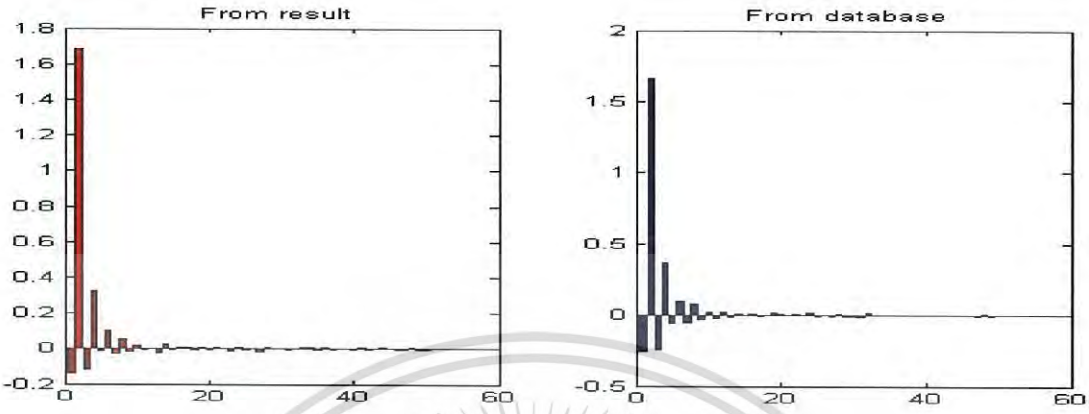


รูปที่ 7.5 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.6 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.7 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 8 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.4 ถึง 7.7 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 8 จะสังเกตุได้ว่ากราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของทั้งสี่นิ้วมือนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกันมากโดยดูจากพีคของกราฟแท่งแต่ละแท่งทั้งนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยจะพบว่ากราฟแท่งของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับกราฟแท่งของฐานข้อมูลแล้วนั้นมีลักษณะและขนาดของกราฟแท่งแต่ละแท่งแทบจะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากจึงทำให้เมื่อเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยมากและเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุดและสามารถรู้จำได้

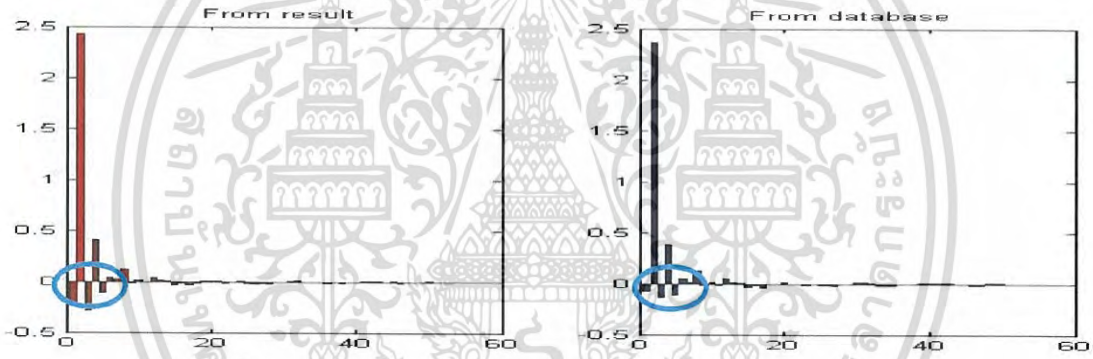
7.2.2 กรณีที่ 2

โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพียงสามนิ้วมือโดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดทั้งสี่นิ้วมือกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่านิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งโปรแกรมสามารถระบุได้ว่าเป็นบุคลเดียวกันเพียงสามนิ้วมือซึ่งจะแสดงในตารางช่องสีเขียวและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดก็ยังสามารถรู้จำได้โดยสามารถระบุได้เป็นบุคคลเดียวกับทั้งสามนิ้วมือที่สามารถละบุได้ซึ่งจะแสดงในตารางช่องสีน้ำเงินและตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของนิ้วมือทั้ง 4 นิ้วเทียบกัน ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 63 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 1 คิดเป็น 32.5 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 2 ดังตารางที่ 7.2 โดยรูปที่ 7.8 ถึง 7.11 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของบุคคลที่ 27 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

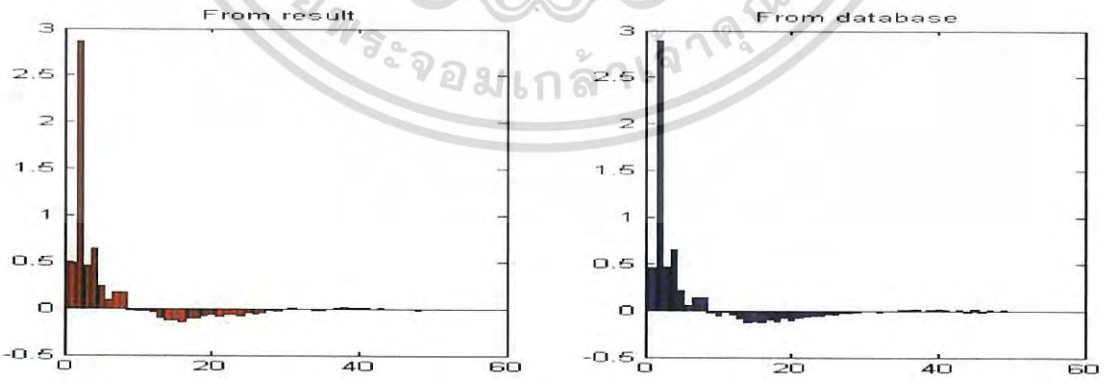
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 3					ฐานข้อมูลที่ 4				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
4	นิ้วชี้	0.5538	1.1450	2.1847	0.5875		0.1483	0.6905	1.6177	0.4846	
	นิ้วกลาง	0.6590	0.8601	1.7255	0.4918		0.6449	0.2046	1.1919	0.9538	
	นิ้วนาง	1.8626	1.5485	0.9614	1.3198		1.8768	1.2150	0.3979	2.0645	
	นิ้วก้อย	0.9775	1.6146	2.5248	0.7932		0.5329	1.0568	1.8326	0.1429	
	ผลรวม					1.6124					0.4926
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 17					ฐานข้อมูลที่ 19				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
19	นิ้วชี้	0.5058	0.7348	2.9775	1.0056		0.1681	0.7551	2.6119	0.9267	
	นิ้วกลาง	1.1043	0.7883	2.1407	1.3708		0.9710	0.2244	1.8838	1.5267	
	นิ้วนาง	2.9396	2.5371	0.6946	2.8972		2.8034	2.1332	0.2454	3.1540	
	นิ้วก้อย	0.6997	1.2436	3.4614	0.4363		0.9158	1.3992	3.0426	0.0820	
	ผลรวม					1.2450					0.3815
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 28					ฐานข้อมูลที่ 27				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
27	นิ้วชี้	0.2683	0.7518	2.2936	0.4395		0.2214	1.2307	3.0121	0.5607	
	นิ้วกลาง	1.1314	0.7816	1.1537	1.5659		1.1118	0.1114	2.1169	1.5451	
	นิ้วนาง	2.7801	2.4082	1.6340	3.2076		2.8170	1.9418	0.4099	3.1813	
	นิ้วก้อย	0.8034	1.2366	2.6109	0.1996		0.6220	1.6137	3.3152	0.1096	
	ผลรวม					1.8420					0.4914

ตารางที่ 7.2 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 2

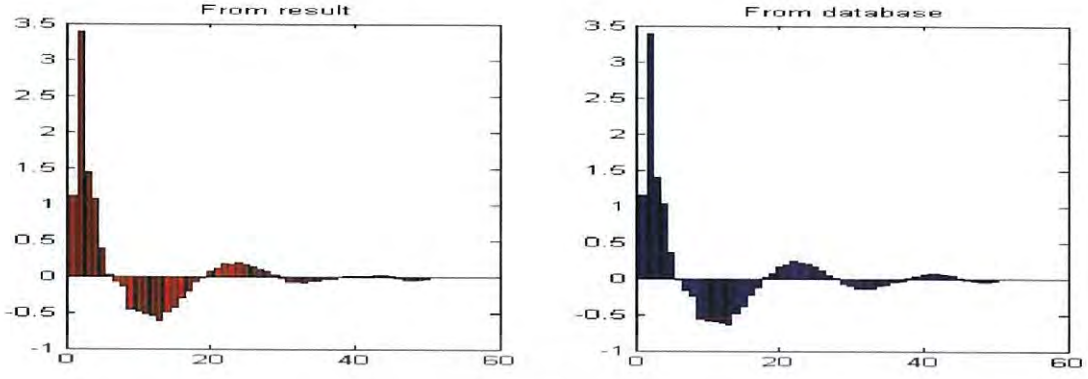


รูปที่ 7.8 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

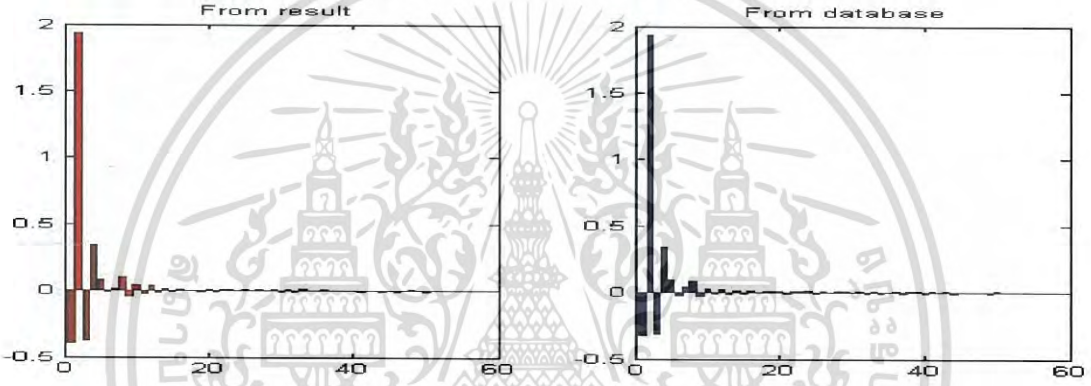


รูปที่ 7.9 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



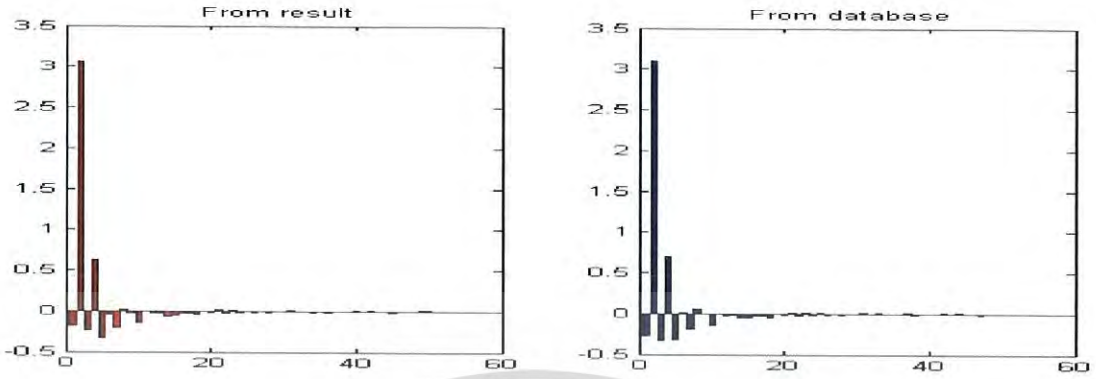
รูปที่ 7.10 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



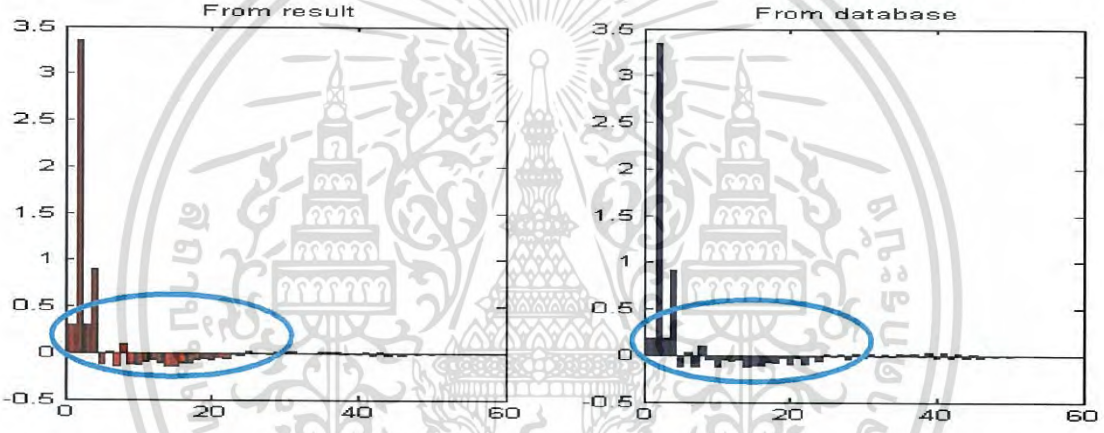
รูปที่ 7.11 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 27 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.8 ถึง 7.11 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 27 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.2 จะพบว่าคนที่ 27 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 27 รูปที่ 7.8 จะพบว่าขนาดของกราฟแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งจากฐานข้อมูลนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันมากจึงทำให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ได้

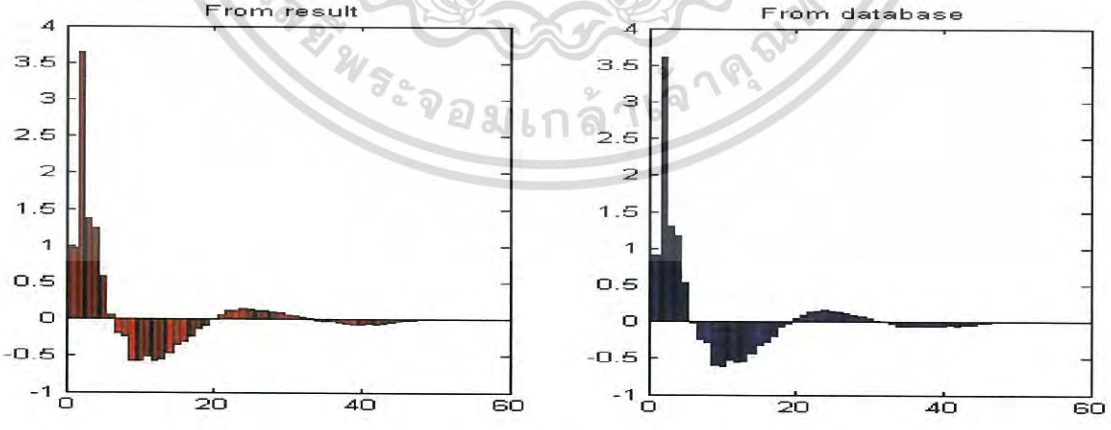
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.12 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

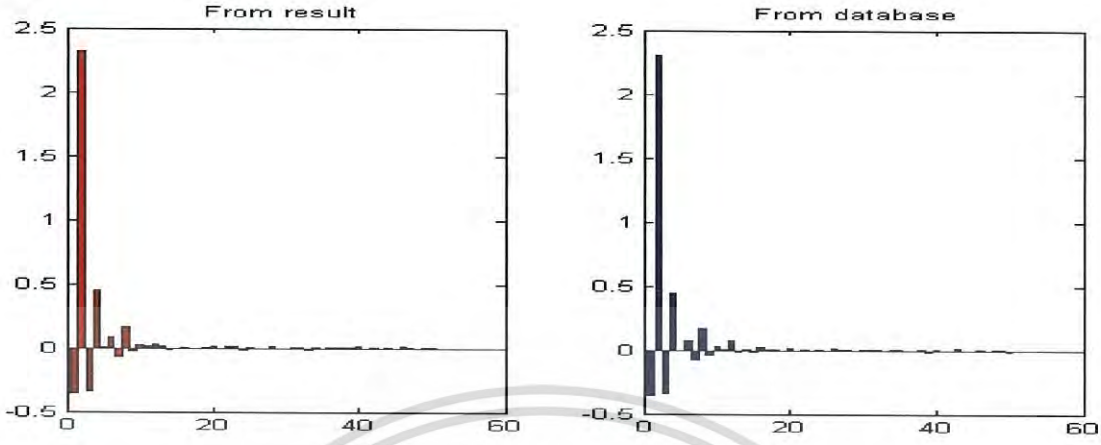


รูปที่ 7.13 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



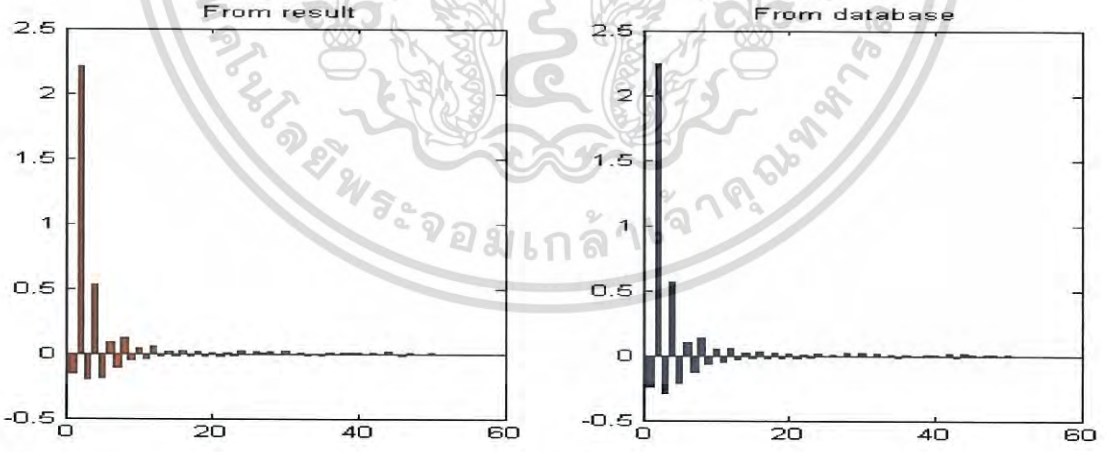
รูปที่ 7.14 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



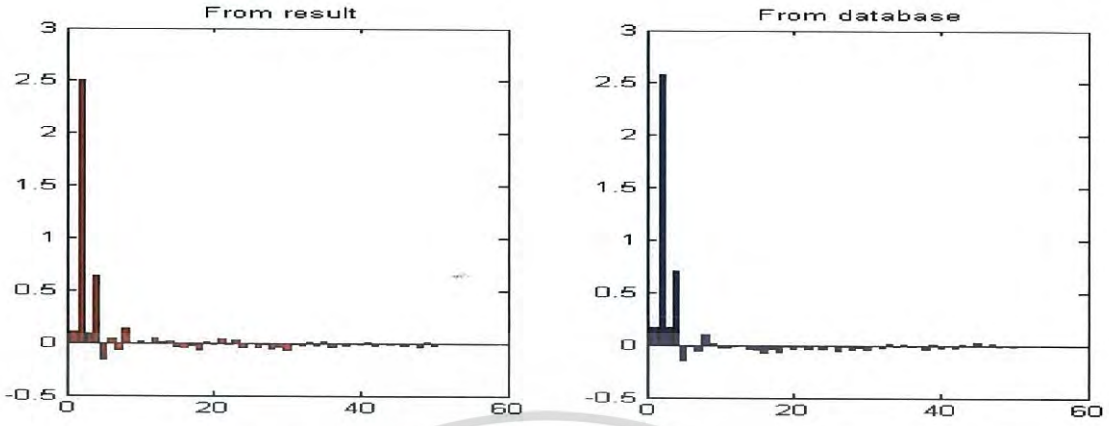
รูปที่ 7.15 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 19 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.12 ถึง 7.15 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 19 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.2 จะพบว่าคนที่ 19 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วกลางได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 19 รูปที่ 7.13 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันมากจึงทำให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วกลางได้

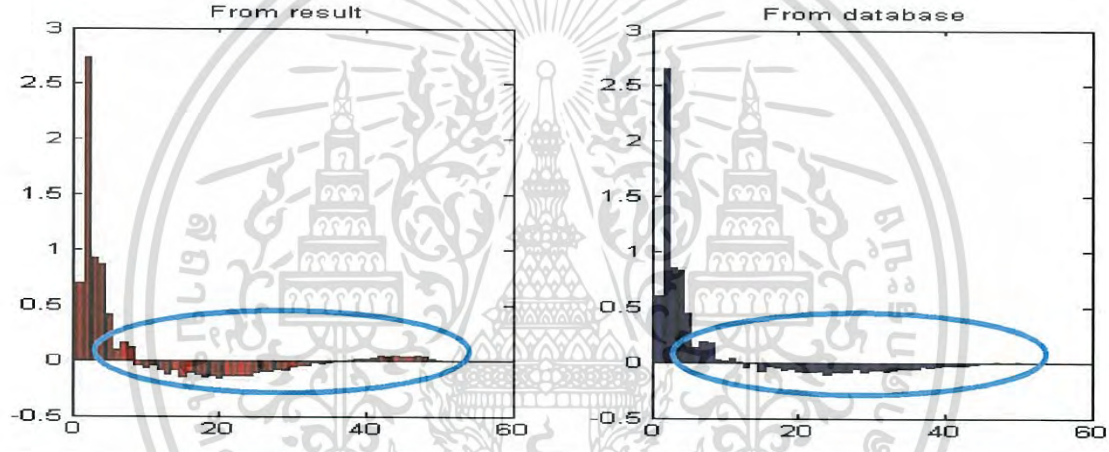


รูปที่ 7.16 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

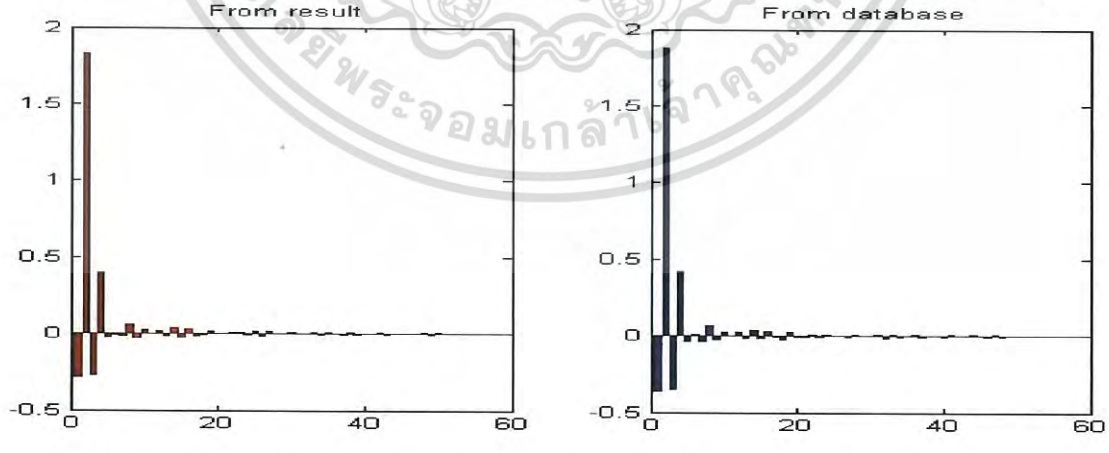
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.17 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.18 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.19 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 4 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.16 ถึง 7.19 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 4 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.2 จะพบว่าคนที่ 4 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วนางได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 4 รูปที่ 7.18 จะพบว่าขนาดของกราฟแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันมาก และในช่วงท้ายๆของกราฟนั้ยิ่งต่างกันมากจึงทำให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วกลางได้

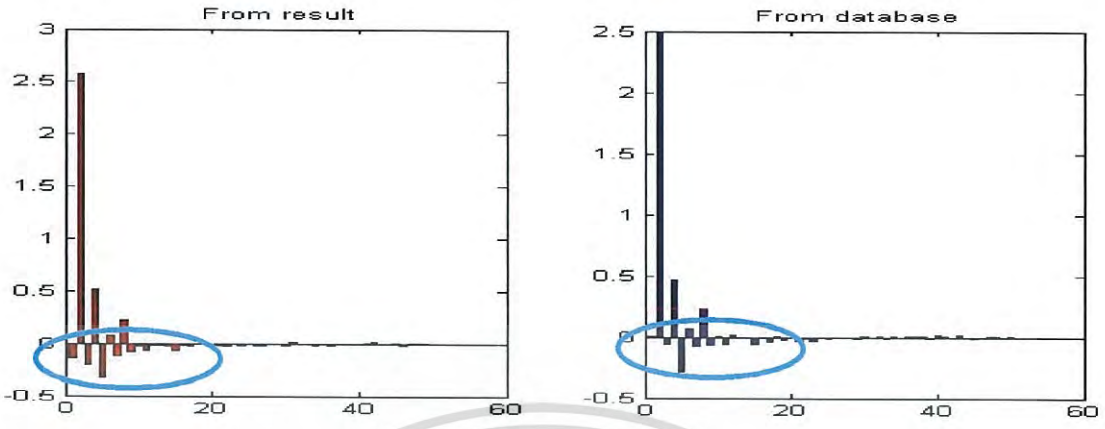
7.2.3 กรณีที่ 3

โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพียงสองนิ้วมือโดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดทั้งสี่นิ้วมือกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่านิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งโปรแกรมสามารถระบุได้ว่าเป็นบุคลลเดียวกันเพียงสองนิ้วมือซึ่งแสดงในตารางช่องสีเขียวและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดก็ยังสามารถรู้จำได้โดยสามารถระบุได้เป็นบุคคลเดียวกับทั้งสองนิ้วมือที่สามารถละบุได้ซึ่งแสดงในตารางช่องสีน้ำเงินและตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพบาดต่ำสุดของนิ้วมือทั้ง 4 นิ้วเทียบกัน ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 45 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 3 คิดเป็น 27.5 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 3 ดังตารางที่ 7.3 โดยรูปที่ 7.20 ถึง 7.23 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของบุคคลที่ 5 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

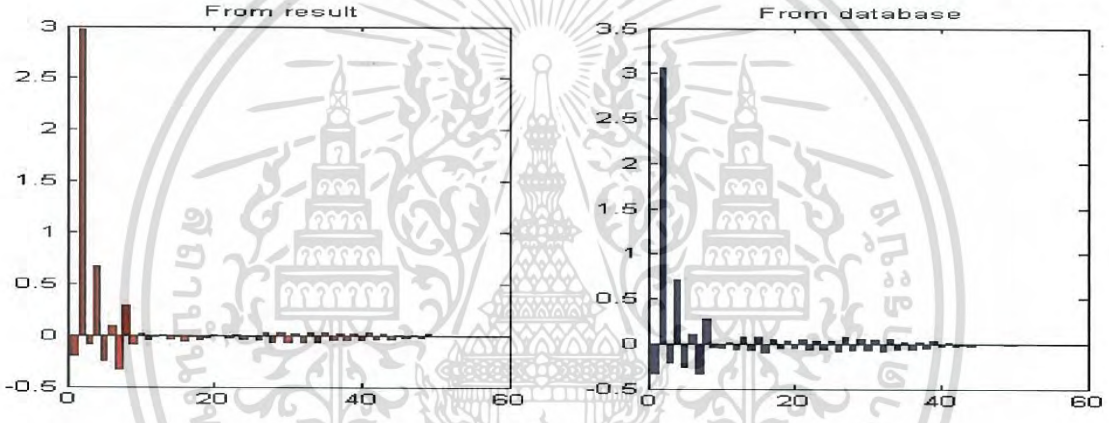
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 4					ฐานข้อมูลที่ 5				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
5	นิ้วชี้	0.4219	0.5955	1.6084	0.8409		0.2518	0.6901	2.8351	0.7154	
	นิ้วกลาง	0.8627	0.7264	1.5929	1.2699		0.6593	0.3127	2.6545	1.1069	
	นิ้วนาง	3.3574	2.7062	2.1904	3.6166		3.0170	3.0860	0.3310	3.2784	
	นิ้วก้อย	0.4352	0.8697	1.6509	0.2810		0.6727	1.2340	3.1152	0.1679	
	ผลรวม					2.3627					0.5467
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 5					ฐานข้อมูลที่ 6				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
6	นิ้วชี้	0.7959	0.5899	3.1240	1.1463		0.3798	1.3763	3.2861	0.9278	
	นิ้วกลาง	0.8419	0.8867	2.3312	1.1290		0.9539	0.4540	2.3958	1.4976	
	นิ้วนาง	3.3309	3.4170	2.6806	3.4471		3.5216	2.4731	0.4457	3.7504	
	นิ้วก้อย	0.7819	1.2742	3.3125	0.6274		0.8730	1.6054	3.3426	0.1098	
	ผลรวม					2.9999					0.7490
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 25					ฐานข้อมูลที่ 26				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
26	นิ้วชี้	0.4664	0.9912	2.0037	0.7199		0.0883	0.8550	2.6556	0.9835	
	นิ้วกลาง	0.7588	0.5323	1.7486	1.0316		0.8624	0.1720	2.4361	1.3501	
	นิ้วนาง	2.5176	1.8804	1.1321	2.1579		2.4116	2.0112	0.3844	2.3101	
	นิ้วก้อย	1.2117	1.4966	2.0174	0.3498		0.9505	1.2869	2.6487	0.1206	
	ผลรวม					1.3802					0.4469

ตารางที่ 7.3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 3

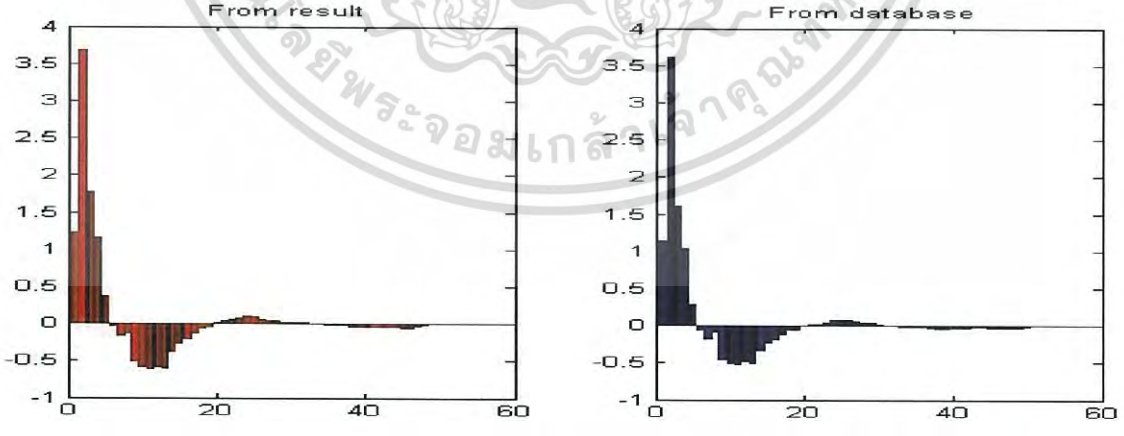
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.20 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

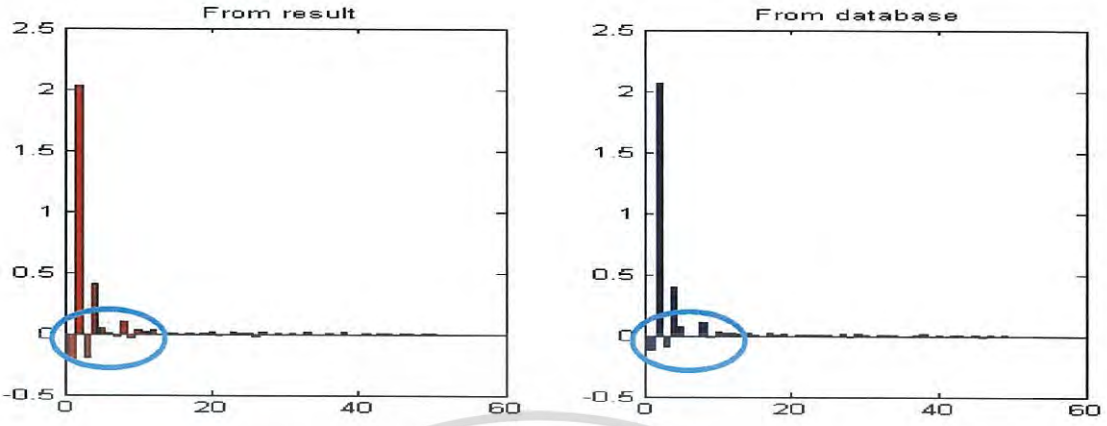


รูปที่ 7.21 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



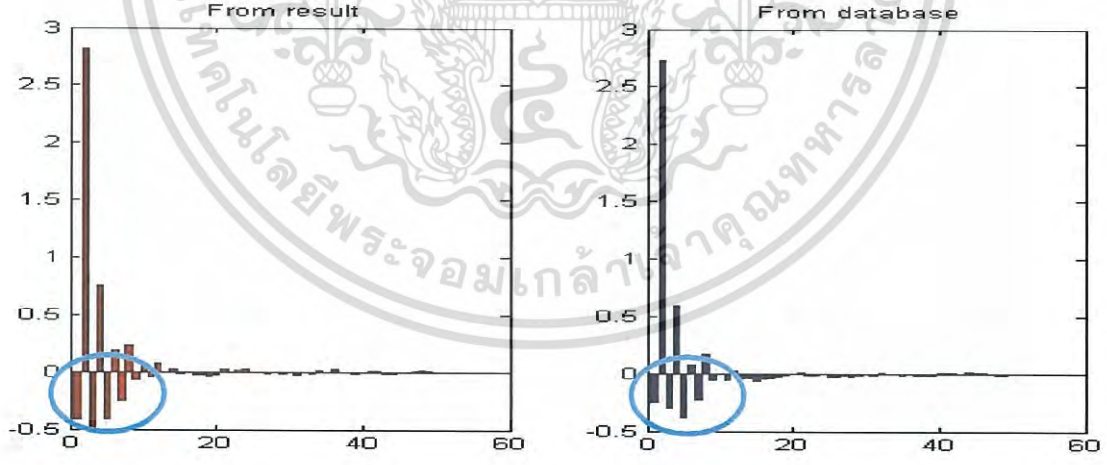
รูปที่ 7.22 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



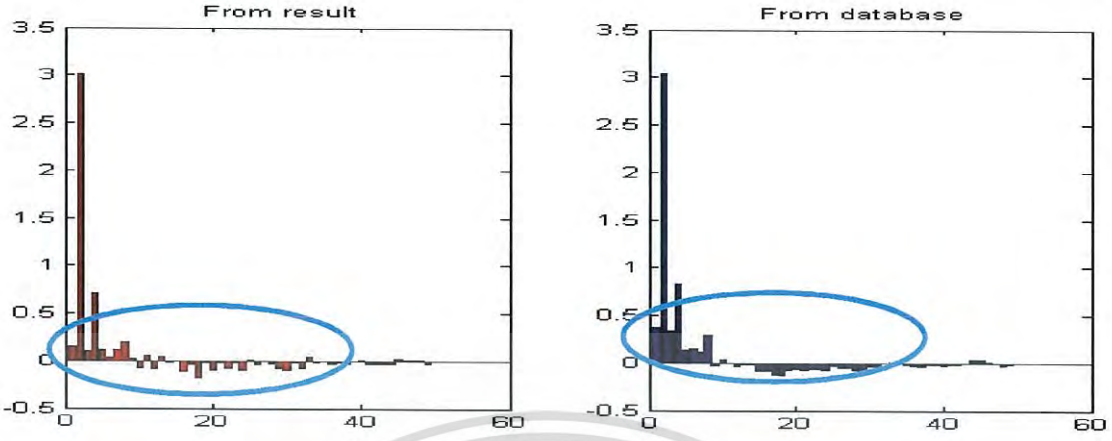
รูปที่ 7.23 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 5 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.20 ถึง 7.23 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 5 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 5 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้และนิ้วก้อยได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้และนิ้วก้อยของคนที่ 5 รูปที่ 7.20 และ รูปที่ 7.23 จะพบว่าขนาดของกราฟแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้และนิ้วก้อยได้

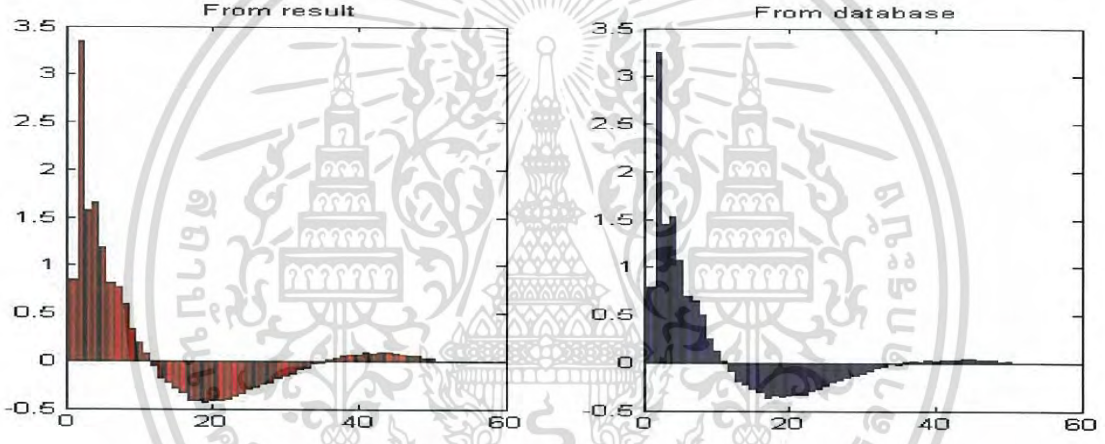


รูปที่ 7.24 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

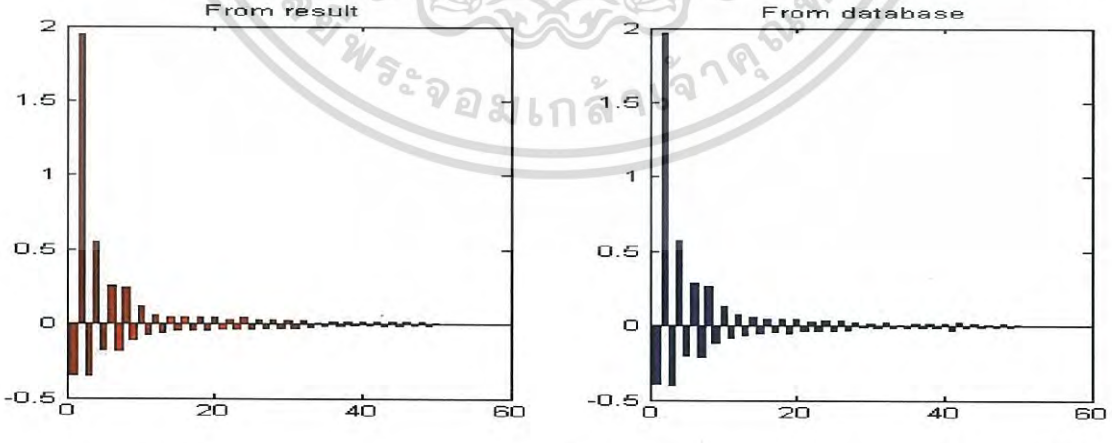
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.25 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



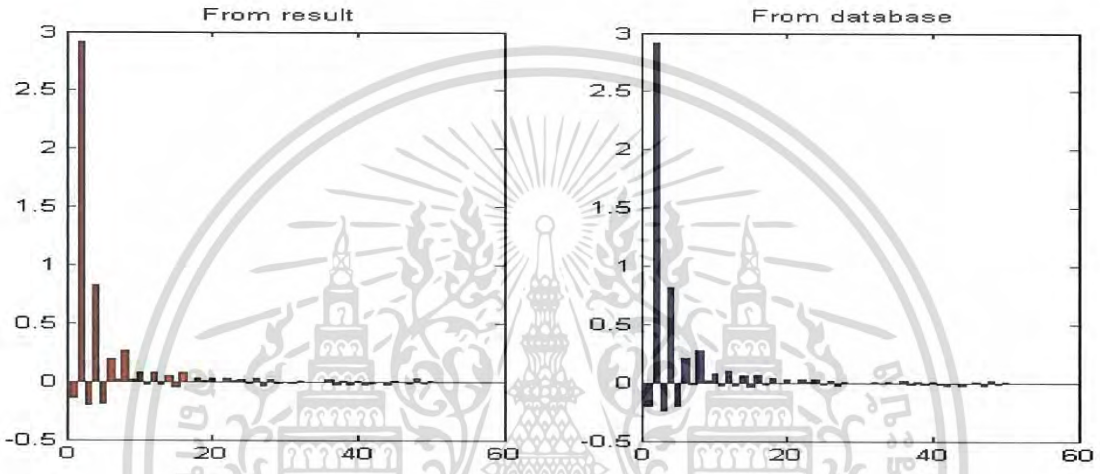
รูปที่ 7.26 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



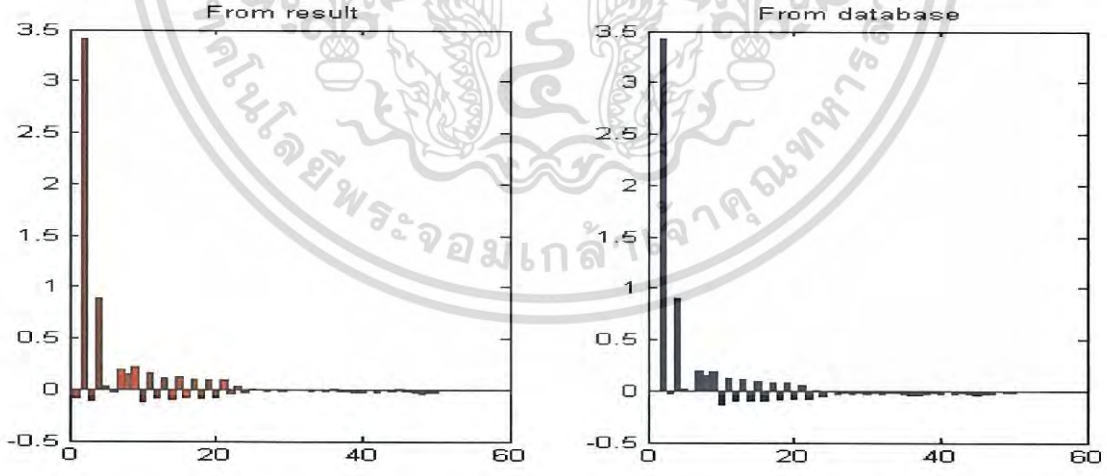
รูปที่ 7.27 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 6 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.24 ถึง 7.27 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 6 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 6 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้และนิ้วกลางได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้และนิ้วก้อยของคนที่ 6 รูปที่ 7.24 และ รูปที่ 7.25 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นจะมีขนาดต่างกันมากอย่างเห็นได้ชัดส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้และนิ้วกลางได้

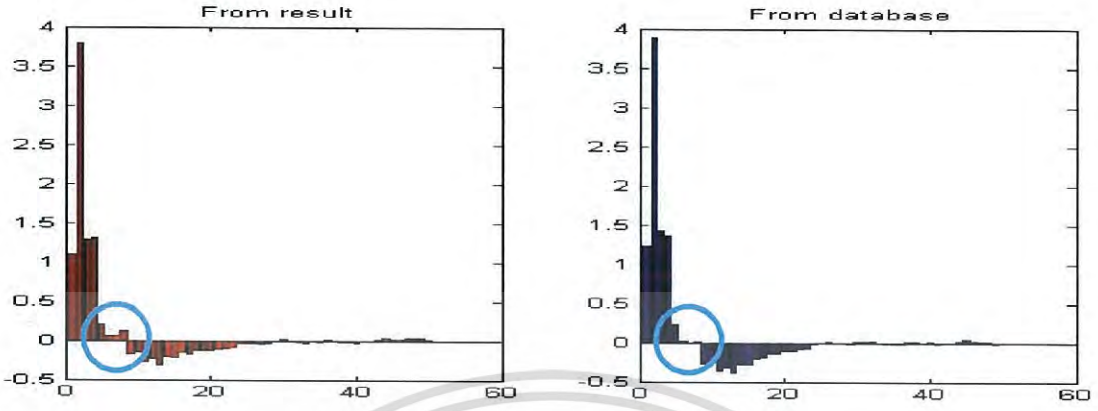


รูปที่ 7.28 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

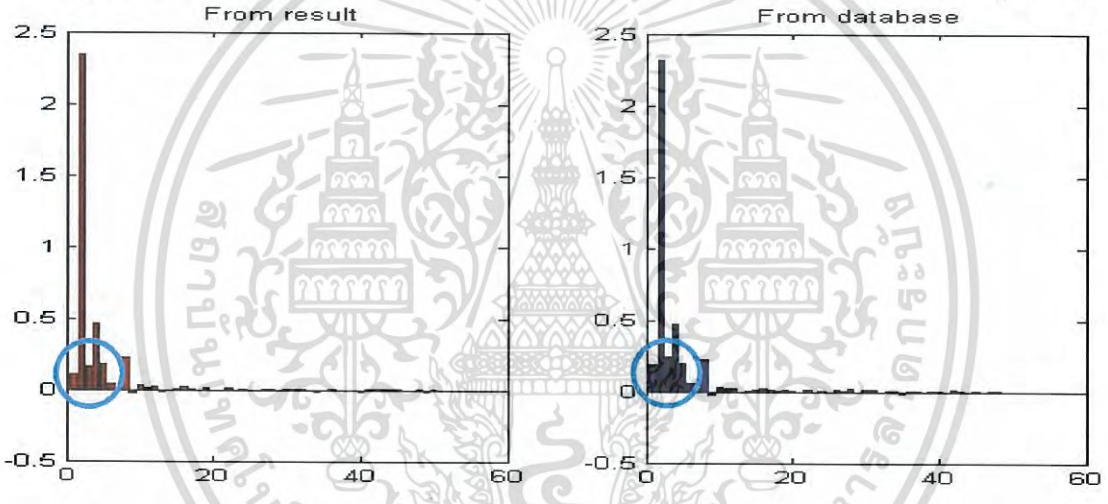


รูปที่ 7.29 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.30 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.31 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 26 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.28 ถึง 7.31 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 26 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 26 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วนางและนิ้วก้อยได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางและนิ้วก้อยของคนที่ 26 รูปที่ 7.30 และ รูปที่ 7.31 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ส่งผลให้เมื่เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วนางและนิ้วก้อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

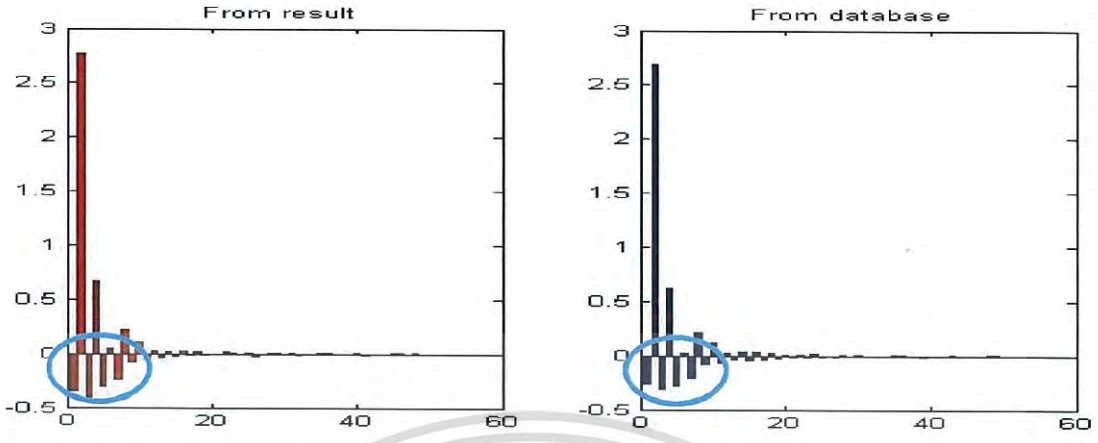
7.2.4 กรณีที่ 4

โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพียงหนึ่งนิ้วมือโดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดทั้งสี่นิ้วมือกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่านิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งโปรแกรมสามารถระบุได้ว่าเป็นบุคลลเดียวกันเพียงหนึ่งนิ้วมือซึ่งแสดงในตารางช่องสีเขียวและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดก็ยังสามารถรู้จำได้ซึ่งแสดงในตารางช่องสีน้ำเงิน โดยสามารถระบุได้เป็นบุคคลเดียวกันกับหนึ่งนิ้วมือที่สามารถละบุได้และตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของนิ้วมือเมื่อเทียบกันทั้ง 4 นิ้ว ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคล พบว่ามีทั้งหมด 16 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 4 คิดเป็น 8 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 4 ดังตารางที่ 7.4 โดยรูปที่ 7.32 ถึง 7.35 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของบุคคลที่ 3 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

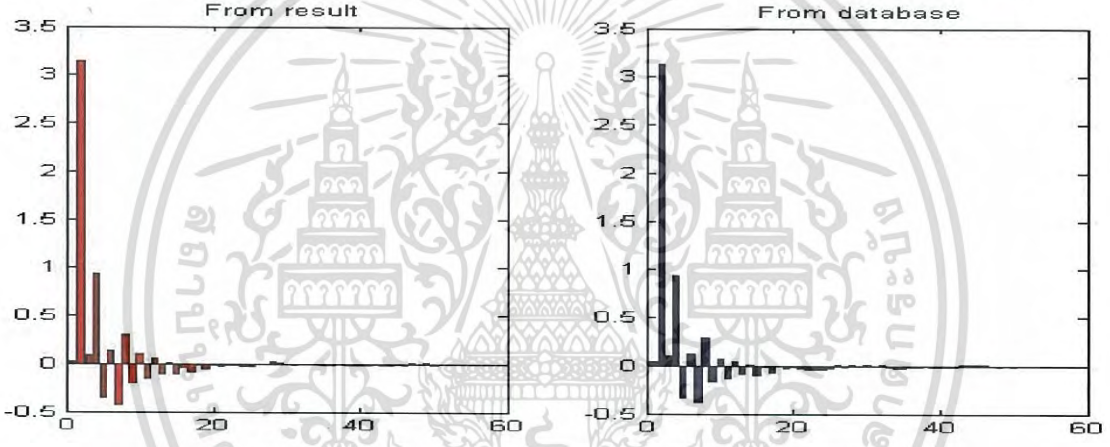
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 2					ฐานข้อมูลที่ 3				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
3	นิ้วชี้	0.2621	0.3280	2.6226	1.0537		0.1719	0.8199	2.1684	1.0219	
	นิ้วกลาง	0.9135	0.8377	2.0399	1.3313		0.8051	0.1125	1.5382	1.2111	
	นิ้วนาง	2.1331	2.0494	0.7484	1.8782		2.0696	1.4993	0.3362	1.7690	
	นิ้วก้อย	1.1514	1.1406	1.9540	0.3899		1.0027	1.1320	1.6635	0.2300	
	ผลรวม					1.2176					0.4562
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 22					ฐานข้อมูลที่ 23				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
23	นิ้วชี้	0.5626	0.7783	3.0992	0.6864		0.2701	1.0992	2.5964	0.9884	
	นิ้วกลาง	1.2006	0.7904	2.0250	1.0280		1.2750	0.2744	1.6455	0.9608	
	นิ้วนาง	2.4519	2.0254	1.6516	2.2404		2.5459	1.5048	0.3601	2.0424	
	นิ้วก้อย	1.3068	1.0628	2.6743	0.5211		1.0895	0.8851	2.2444	0.0619	
	ผลรวม					1.9851					0.5307
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 144					ฐานข้อมูลที่ 143				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
143	นิ้วชี้	0.5612	0.7524	2.2771	0.3097		0.2636	1.0027	1.7021	0.2827	
	นิ้วกลาง	1.1474	0.8950	1.2740	0.9715		0.9144	0.1704	0.6538	1.0460	
	นิ้วนาง	1.6107	1.3154	0.7568	1.4364		1.4290	0.7025	0.2037	1.5071	
	นิ้วก้อย	0.5186	0.7423	2.3328	0.3626		0.4595	1.1021	1.7710	0.2692	
	ผลรวม					1.3491					0.4722

ตารางที่ 7.4 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 4

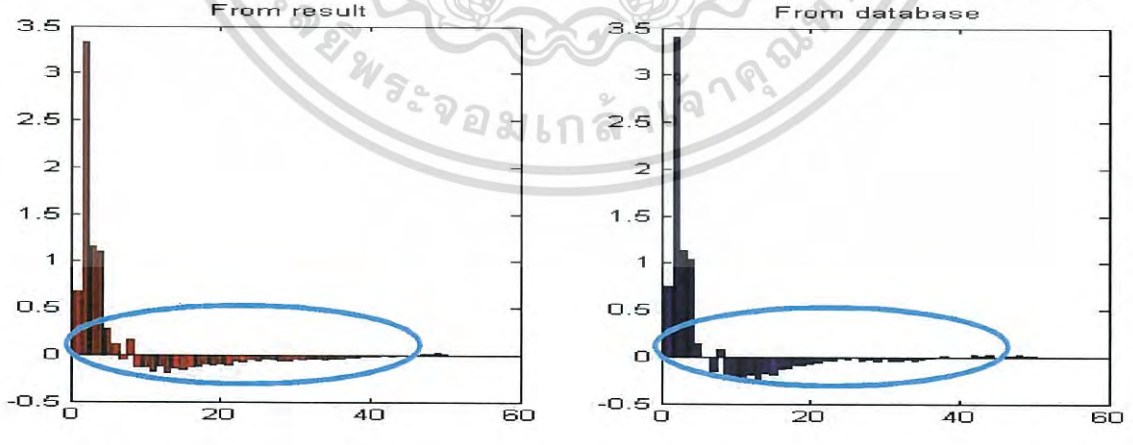
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.32 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

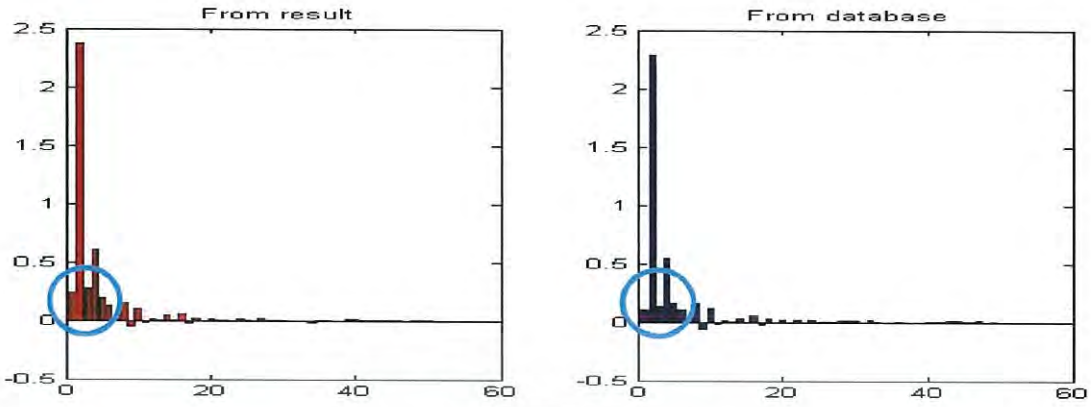


รูปที่ 7.33 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



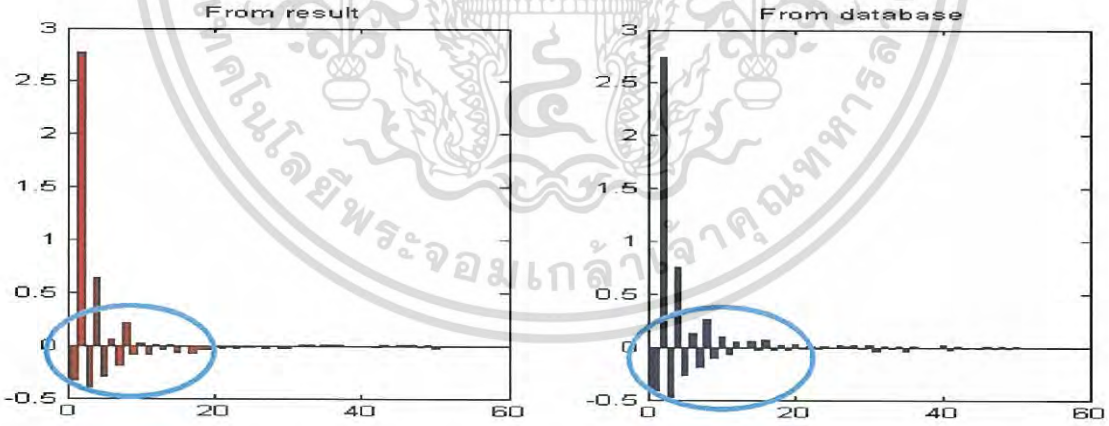
รูปที่ 7.34 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



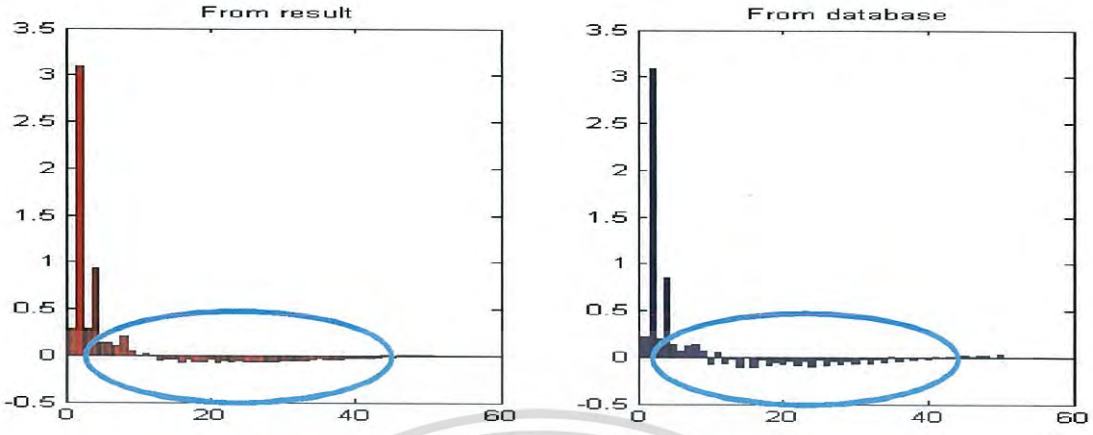
รูปที่ 7.35 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.32 ถึง 7.35 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 3 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 3 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วก้อยได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วก้อยของคนที่ 3 รูปที่ 7.32, 7.34 และ รูปที่ 7.35 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วนาง และนิ้วก้อยได้

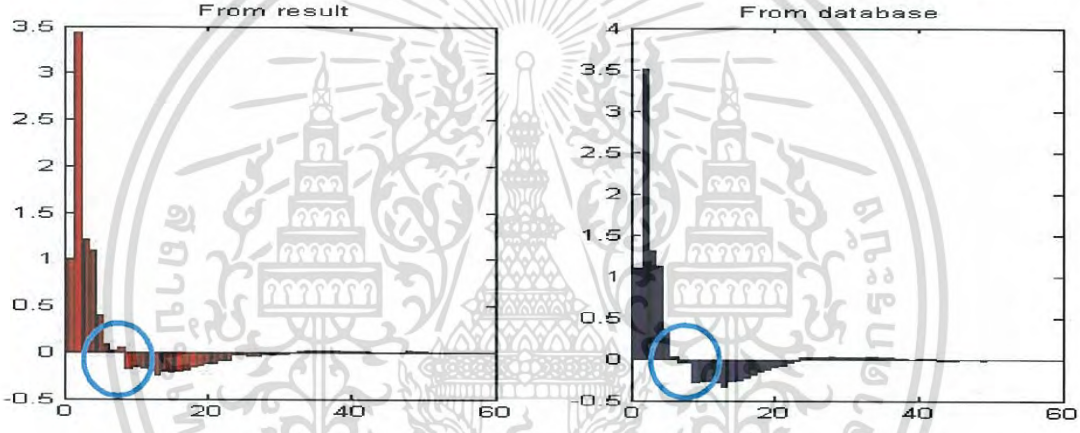


รูปที่ 7.36 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

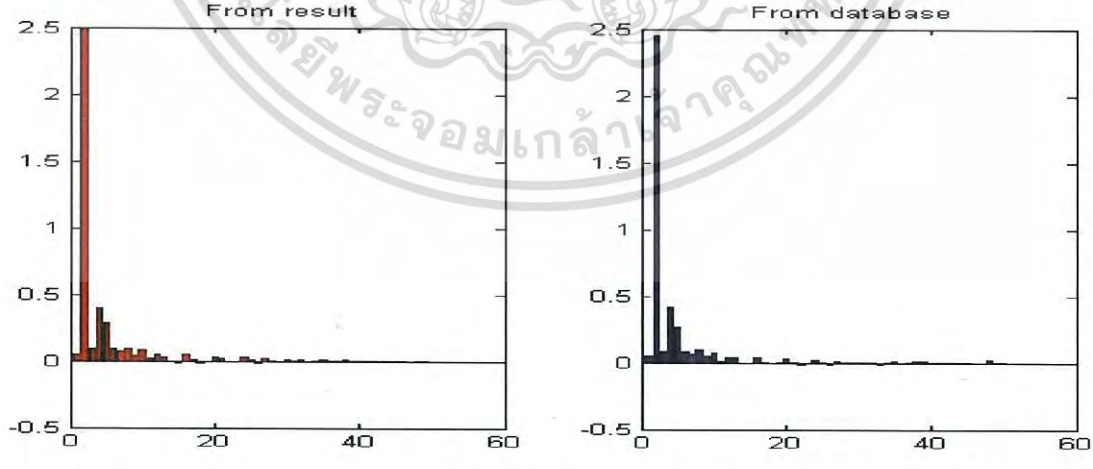
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.37 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



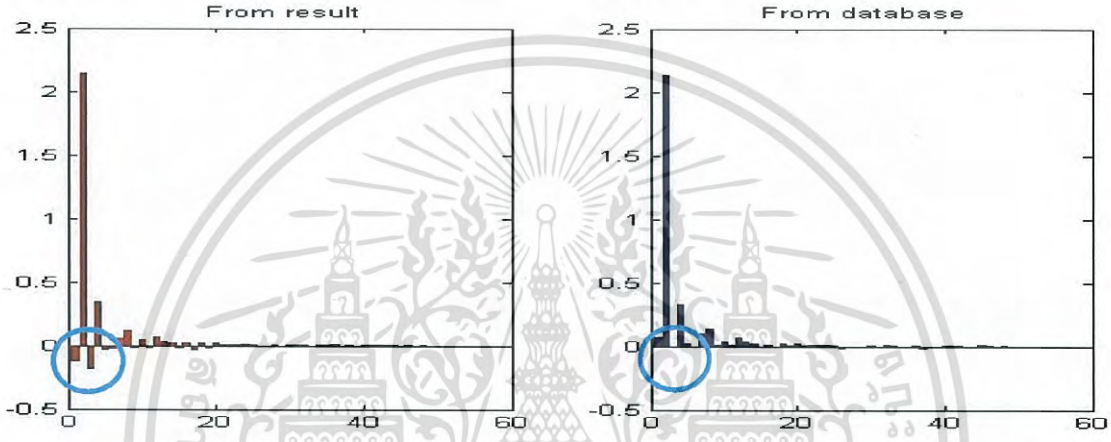
รูปที่ 7.38 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



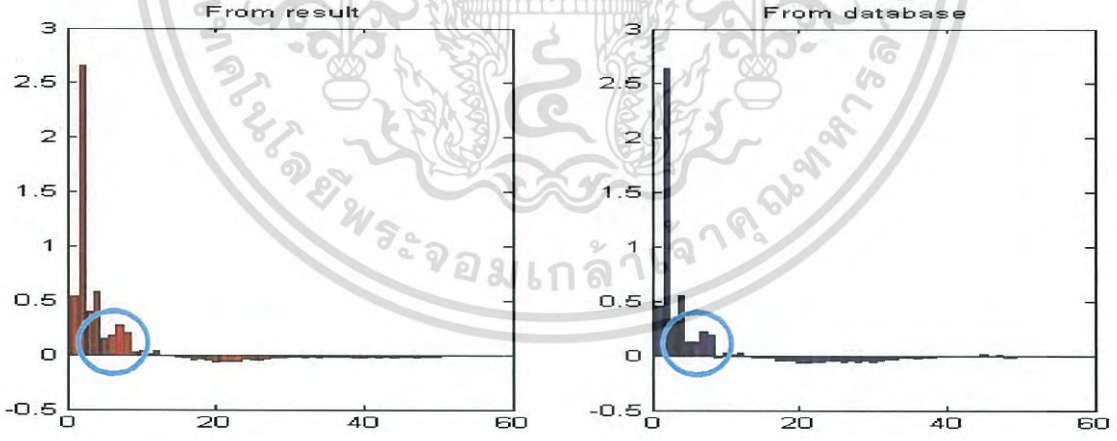
รูปที่ 7.39 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 23 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.36 ถึง 7.39 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 23 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 23 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนางได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ นิ้วกลางและนิ้วนางของคนที่ 23 รูปที่ 7.36, 7.37 และ รูปที่ 7.38 จะพบว่าขนาดของกราฟแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วกลางและนิ้วนางได้

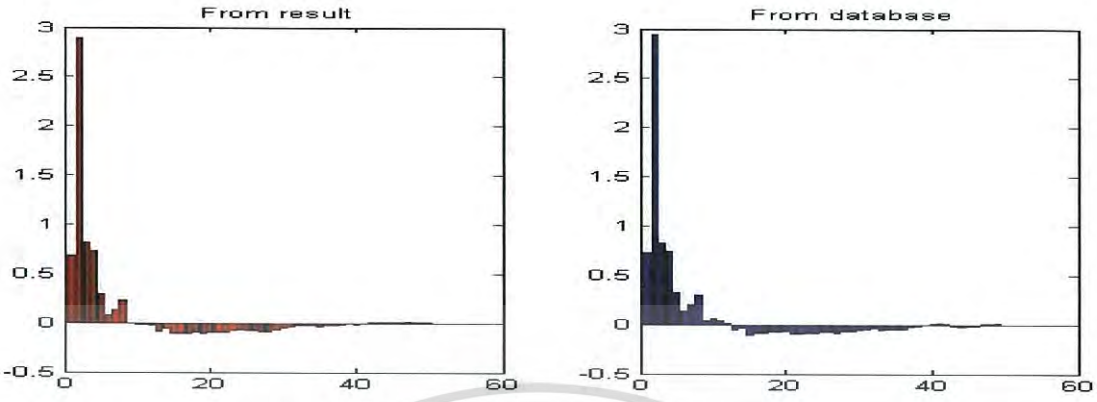


รูปที่ 7.40 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

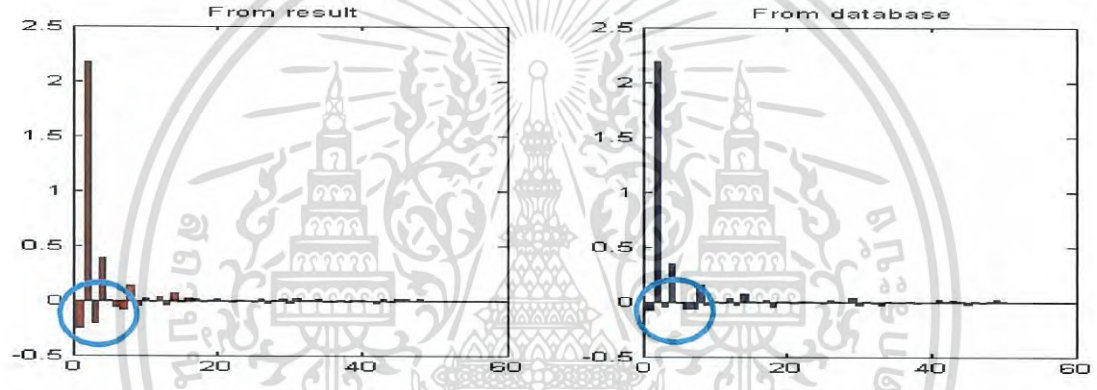


รูปที่ 7.41 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วกลางของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.42 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วนางของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.43 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วก้อยของคนที่ 143 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.40 ถึง 7.43 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 143 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.3 จะพบว่าคนที่ 143 จะไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วก้อยได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR นิ้วชี้ นิ้วกลางและนิ้วก้อยของคนที่ 143 รูปที่ 7.40, 7.41 และ รูปที่ 7.43 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้นถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำนิ้วชี้ นิ้วกลางและนิ้วก้อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.5 กรณีที่ 5

ในกรณีนี้ใช้การรู้จำด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือกับฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการระบุตัวว่าเป็นบุคคลใดในฐานข้อมูลดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 6 โดยที่ตารางช่องสีน้ำเงินนั้นแสดงถึงค่าความผิดพลาดต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้ออมูลทั้งหมดแล้วตรงกับฐานข้อมูลของตนเองซึ่งและตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของนิ้วมือเมื่อเทียบกันทั้งสี่นิ้วมือ จากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 190 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 5 คิดเป็น 95 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 5 ดังตารางที่ 7.5 โดยรูปที่ 7.22 ถึง 7.25 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของบุคคลที่ 5 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 1					ฐานข้อมูลที่ 2				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
2	นิ้วชี้	0.4358	0.9673	3.0859	0.9507		0.1551	0.3360	2.5206	0.9098	
	นิ้วกลาง	0.5041	0.9747	3.1215	1.1279		0.3046	0.1960	2.6205	1.1653	
	นิ้วนาง	2.4446	2.3550	1.0274	2.0757		2.8038	2.7228	0.2660	2.4779	
	นิ้วก้อย	1.0118	1.5028	2.8861	0.4741		1.1143	1.1450	2.1930	0.1184	
	ผลรวม					1.5557					0.3837
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 110					ฐานข้อมูลที่ 111				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
111	นิ้วชี้	0.3829	0.5055	1.5064	0.9001		0.2736	0.7103	2.2993	0.8337	
	นิ้วกลาง	0.6170	0.5395	1.5662	1.1869		0.6659	0.3519	2.1705	1.1378	
	นิ้วนาง	2.5879	1.9734	1.4821	2.9340		2.2291	2.4366	0.1573	2.5167	
	นิ้วก้อย	0.9421	1.0597	1.7249	0.6883		0.6988	1.2512	2.4086	0.0922	
	ผลรวม					1.7630					0.4816
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 169					ฐานข้อมูลที่ 170				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
170	นิ้วชี้	0.3689	0.8787	2.7899	0.8469		0.0723	0.6220	3.1931	0.8980	
	นิ้วกลาง	0.8912	0.5036	2.3610	1.1022		0.6833	0.1485	2.6458	0.8053	
	นิ้วนาง	3.4669	2.6262	1.8785	3.3750		3.2890	2.8071	0.3931	2.8975	
	นิ้วก้อย	1.0757	0.5792	2.4798	0.6122		0.8839	0.8253	2.8188	0.0476	
	ผลรวม					2.0720					0.4291
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 199					ฐานข้อมูลที่ 200				
		นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม	นิ้วชี้	นิ้วกลาง	นิ้วนาง	นิ้วก้อย	ผลรวม
200	นิ้วชี้	0.6358	1.0833	2.0369	1.1981		0.1322	0.6819	3.6854	1.0702	
	นิ้วกลาง	0.7746	0.6461	1.6533	1.2884		0.5849	0.0981	3.3663	0.9620	
	นิ้วนาง	3.4841	2.9856	1.8958	3.7127		3.4323	3.1299	0.5300	3.3133	
	นิ้วก้อย	0.5334	0.7479	1.5508	0.5883		0.9454	0.9342	3.5228	0.0611	
	ผลรวม					2.1821					0.5583

ตารางที่ 7.5 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 5

จากผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือที่ได้แสดงมาทั้งหมดข้างต้นจะพบว่าหากใช้วิธีการรู้จำโดยแยกการรู้จำเป็นที่ละนิ้วมือและทั้งสี่นิ้วนั้นจะต้องรู้จำได้ถูกต้องเป็นบุคคลเดียวกันนั้นดังกรณีที่ 1 จะพบว่าโปรแกรมจะสามารถรู้จำได้เพียง 33 เปอร์เซนต์เท่านั้น ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการรู้จำโดยการใช้ค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือดังกรณีที่ 5 จะพบว่าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรู้จำได้ถึง 95 เปอร์เซนต์นั้นคือจากกลุ่มตัวอย่าง 200 บุคคล โปรแกรมสามารถรู้จำได้ 190 คน ดังนั้นในการรู้จำโดยใช้นิ้วมือนั้นจะเลือกใช้วิธีการคิดค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรมโดยตารางผลการทดลองทั้งหมดจะอยู่ในภาคผนวก

7.3 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้ Principal Lines

ในการทดลองรู้จำโดยใช้ Principal Lines นั้นจะทดลองการรู้จำทั้งหมดสองวิธีคือ การรู้จำโดยแยกคิด Principal Lines แต่ละเส้นเพื่อใช้ในการระบุตัวตนบุคคลโดย Principal Lines แต่ละเส้นนั้นจะต้องระบุเป็นคนเดียวกัน และ การรู้จำโดยใช้ค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นเพื่อใช้ในการระบุตัวตน โดยตารางผลการทดลองทั้งหมดจะอยู่ในภาคผนวก ซึ่งจากการทดลองการรู้จำโดยใช้ Principal Lines ในการระบุตัวตนบุคคลพบว่าผลลัพธ์ที่โปรแกรมสามารถรู้จำได้นั้นจะมีความแตกต่างกันออกไปทั้งหมด 5 กรณี คือ

1. สามารถรู้จำ Principal Lines ได้ทั้งสามเส้นและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสามเส้นเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
2. สามารถรู้จำ Principal Lines ได้เพียงสองเส้นและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสามเส้นเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
3. สามารถรู้จำ Principal Lines ได้เพียงหนึ่งเส้นและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสามเส้นเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
4. ไม่สามารถรู้จำ Principal Lines ได้เลยแต่สามารถรู้จำได้เนื่องจากค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วมือเป็นค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น
5. สามารถรู้จำได้โดยใช้ค่าความผิดพลาดรวมทั้งสี่นิ้วในการรู้จำ

โดยตารางผลการทดลองที่จะแสดงในแต่ละตัวอย่างนั้นจะแสดงตารางผลการทดลองเพียงบางส่วนเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการทดลองนั้นมี 200 คนจึงทำให้ขนาดของตารางผลการทดลองจริงมีขนาดใหญ่มากจึงไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ทั้งหมดจึงต้องแสดงเพียงบางส่วนซึ่งตารางการทดลองทั้งหมดนั้นสามารถดูได้ในภาคผนวกเป็นไฟล์ข้อมูล Excel โดยตารางผลการทดลองจริงจะมีลักษณะคล้ายๆดังรูปที่ 7.44 แสดงตัวอย่างอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 1				ฐานข้อมูลที่ 2				.....				ฐานข้อมูลที่ 200			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
1	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
2	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
⋮	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																
200	เส้นที่ 1																
	เส้นที่ 2																
	เส้นที่ 3																
	ผลรวม																

รูปที่ 7.44 แสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

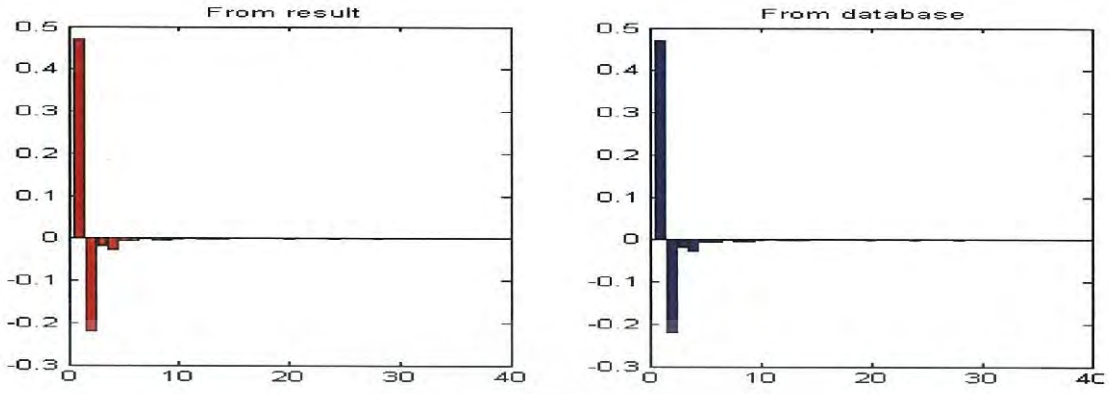
7.3.1 กรณีที่ 1

โปรแกรมสามารถรู้จำ Principal Lines ได้ทั้งสามเส้น โดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของแต่ละเส้นกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่า Principal Lines แต่ละเส้นนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งทั้งสามเส้นนั้นสามารถระบุได้ว่าเป็นบุคคลเดียวกันแสดงในตารางช่องสีเหลืองและค่าความผิดพลาดรวมทั้งสามเส้นเมื่อเปรียบเทียบกัฐานข้อมูลทั้งหมดก็ยังเป็นค่าต่ำสุดแสดงในตารางงช่องสีเขียวและเป็นบุคคลเดียวกับที่ Principal Lines แต่ละเส้นสามารถละบุได้โดยที่ตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของ Principal Lines ทั้งสามเส้นเทียบกัน ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามี 25 คนที่ตรงกรณีที่ 1 คิดเป็น 12.5 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 1 ดังตารางที่ 7.6 โดยรูปที่ 7.45 ถึง 7.48 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของคนที่ 180 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

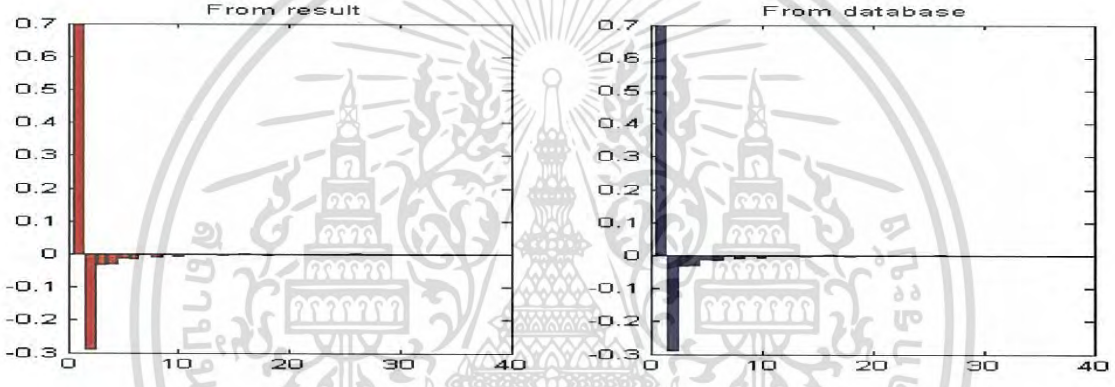
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 179				ฐานข้อมูลที่ 180			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
180	เส้นที่ 1	0.0629	0.5660	1.6847		0.0049	0.2384	1.6165	
	เส้นที่ 2	0.3023	0.3526	1.5302		0.2407	0.0076	1.4459	
	เส้นที่ 3	1.6590	1.1017	0.3145		1.6123	1.4414	0.0112	
	ผลรวม				0.4766				0.0144

ตารางที่ 7.6 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 1

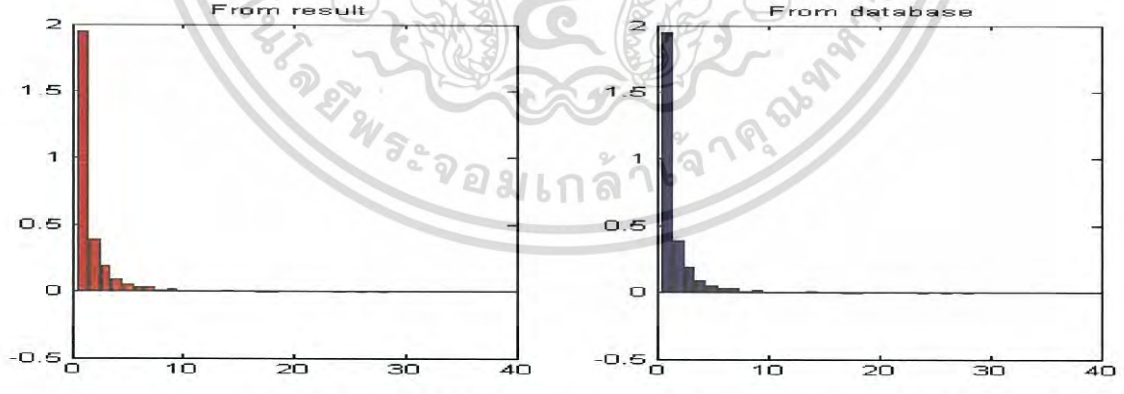
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.45 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.46 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.47 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 180 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.45 ถึง 7.47 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 180 จะสังเกตุได้ว่ากราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของ Principal Lines ทั้งสามเส้นนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกันมากโดยดูจากพีคของกราฟแท่งแต่ละแท่งทั้งเส้นสมอง เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตจะพบว่ากราฟแท่งของผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับกราฟแท่งของฐานข้อมูลแล้วนั้นมีลักษณะและขนาดของกราฟแท่งแต่ละแท่งแทบจะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากจึงทำให้เมื่อเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยมากและเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงมีค่าความผิดพลาดต่ำที่สุดและสามารถรู้จำได้

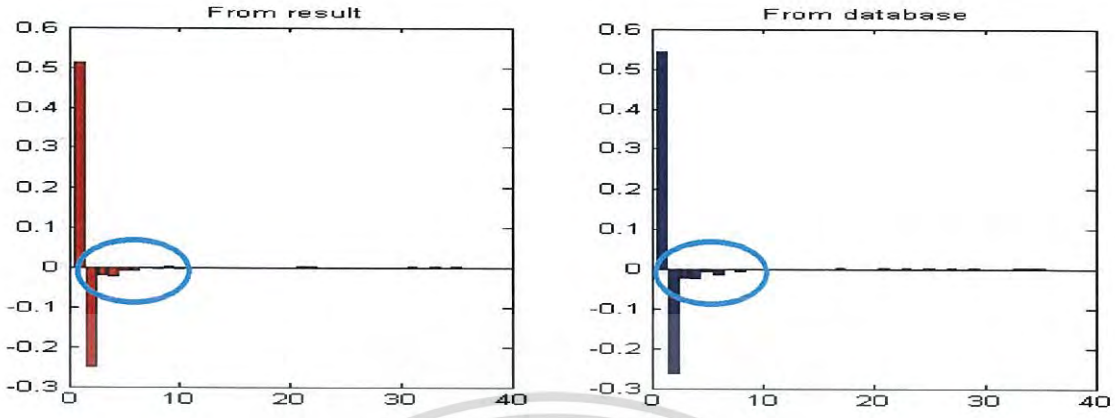
7.3.2 กรณีที่ 2

โปรแกรมสามารถรู้จำ Principal Lines ได้สองเส้น โดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของแต่ละเส้นกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่า Principal Lines แต่ละเส้นนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งมีเพียง 2 สองเส้นเท่านั้นที่สามารถระบุได้ว่าเป็นบุคคลเดียวกัน ซึ่งแสดงในตารางช่องสีเหลืองและค่าความผิดพลาดรวมสามเส้นเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดก็ยังเป็นค่าต่ำสุดแสดงในตารางช่องสีเขียวและเป็นบุคคลเดียวกับที่ Principal Lines ทั้ง 2 เส้นสามารถละบุได้ โดยตารางช่องสีเนื้อแสดงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของ Principal Lines ทั้งสามเส้นเทียบกัน จากผลการทดลองทั้งหมด 200 คนพบว่ามี 34 คนตรงกับกรณีที่ 2 คิดเป็น 17 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของคนที่ตรงกับกรณีที่ 2 ดังตารางที่ 7.7 โดยรูปที่ 7.48 ถึง 7.50 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของคนที่ 29 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

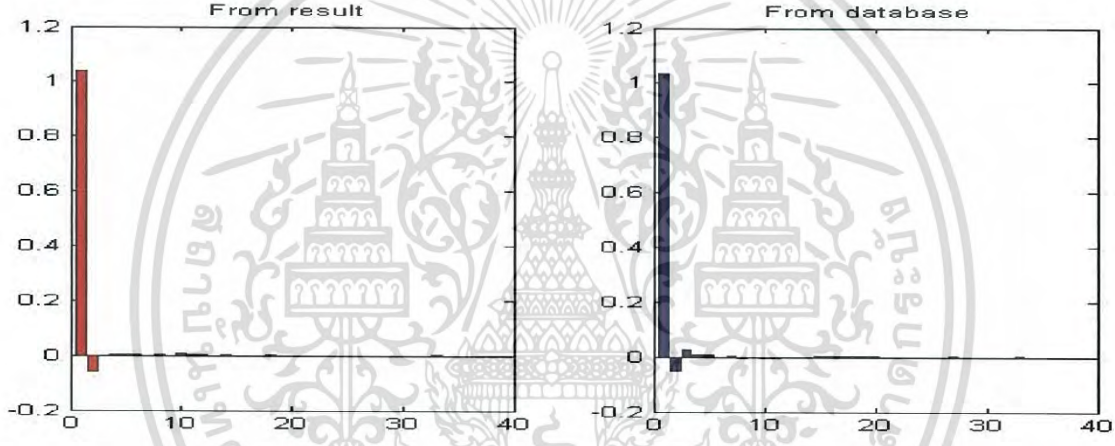
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 28				ฐานข้อมูลที่ 29			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
29	เส้นที่ 1	0.1236	0.9139	1.8975		0.0348	0.5615	2.9236	
	เส้นที่ 2	0.4607	0.3849	1.3399		0.5346	0.0395	2.4001	
	เส้นที่ 3	2.8738	2.2129	1.2807		2.9328	2.4206	0.0758	
	ผลรวม				1.3430				0.0923
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 78				ฐานข้อมูลที่ 79			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
79	เส้นที่ 1	0.0654	0.8838	2.5788		0.0069	0.6908	2.1742	
	เส้นที่ 2	0.6763	0.2013	1.9641		0.7290	0.0473	1.4892	
	เส้นที่ 3	2.3369	1.5278	0.6483		2.3764	1.7336	0.2209	
	ผลรวม				0.6820				0.2260
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 126				ฐานข้อมูลที่ 127			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
127	เส้นที่ 1	0.0319	0.2487	1.0443		0.0054	0.5881	2.0385	
	เส้นที่ 2	0.6920	0.4746	0.4121		0.6640	0.1044	1.5046	
	เส้นที่ 3	2.1026	1.8496	1.1847		2.0868	1.6563	0.0530	
	ผลรวม				1.2766				0.1172

ตารางที่ 7.7 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 2

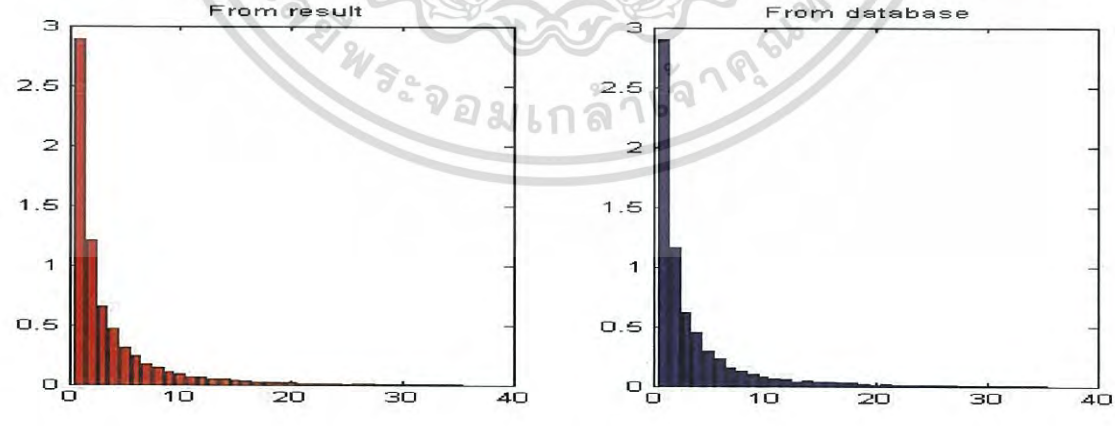
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.48 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



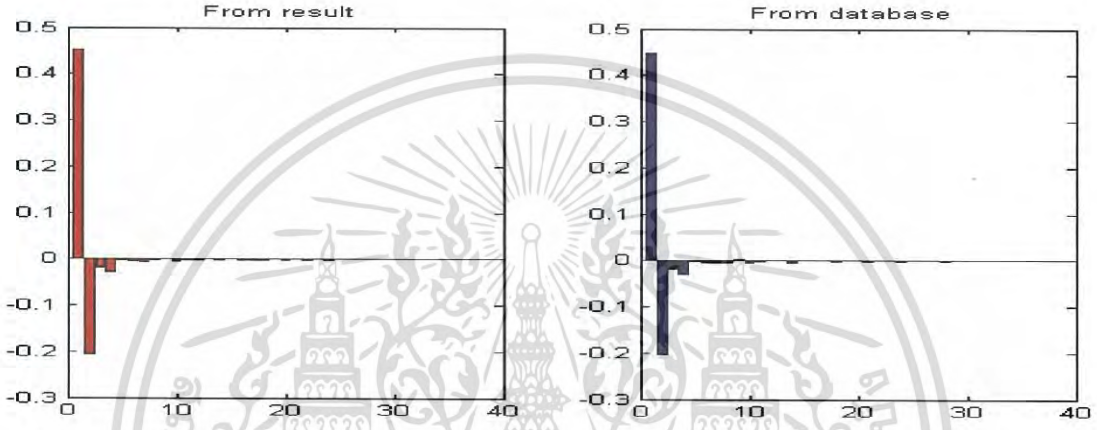
รูปที่ 7.49 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



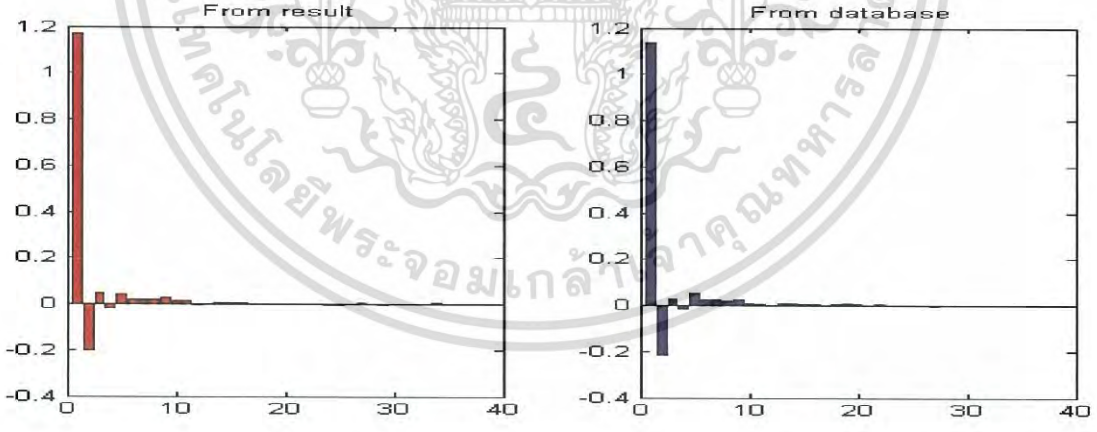
รูปที่ 7.50 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 29 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.48 ถึง 7.50 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 29 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.7 จะพบว่าคนที่ 29 จะไม่สามารถรู้จำเส้นสมองได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 29 รูปที่ 7.48 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นสมองได้

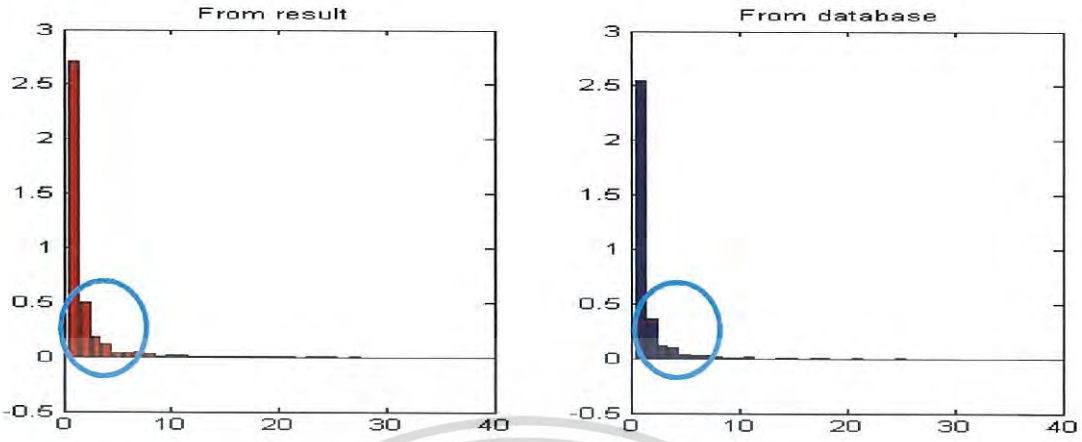


รูปที่ 7.51 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



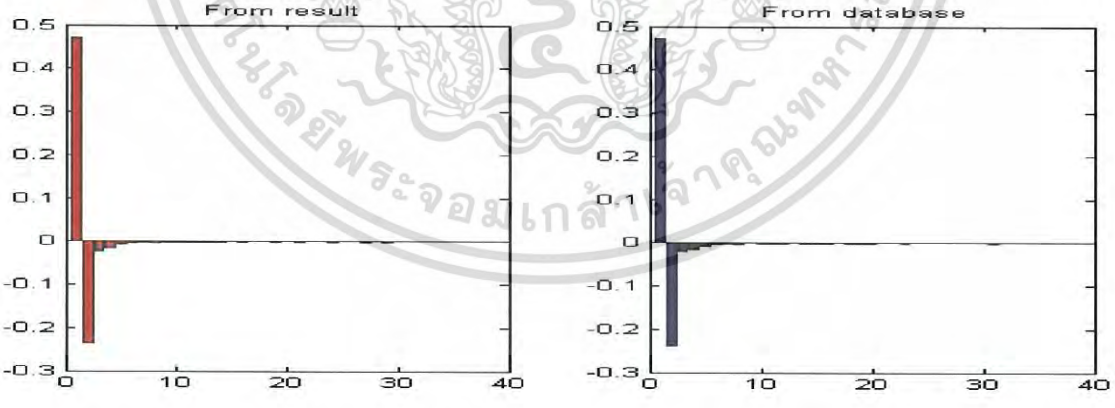
รูปที่ 7.52 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



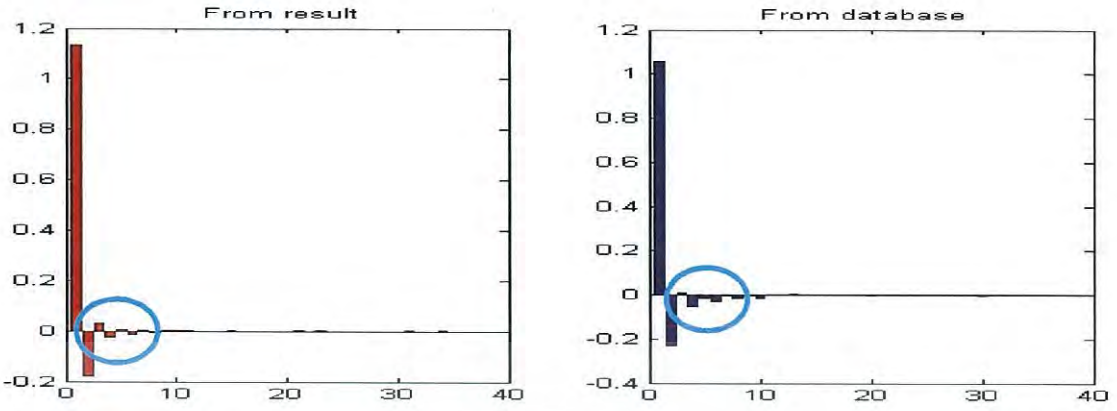
รูปที่ 7.53 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 79 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.51 ถึง 7.53 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 79 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.7 จะพบว่าคนที่ 79 จะไม่สามารถรู้จำเส้นชีวิตได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 79 รูปที่ 7.53 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นชีวิตได้

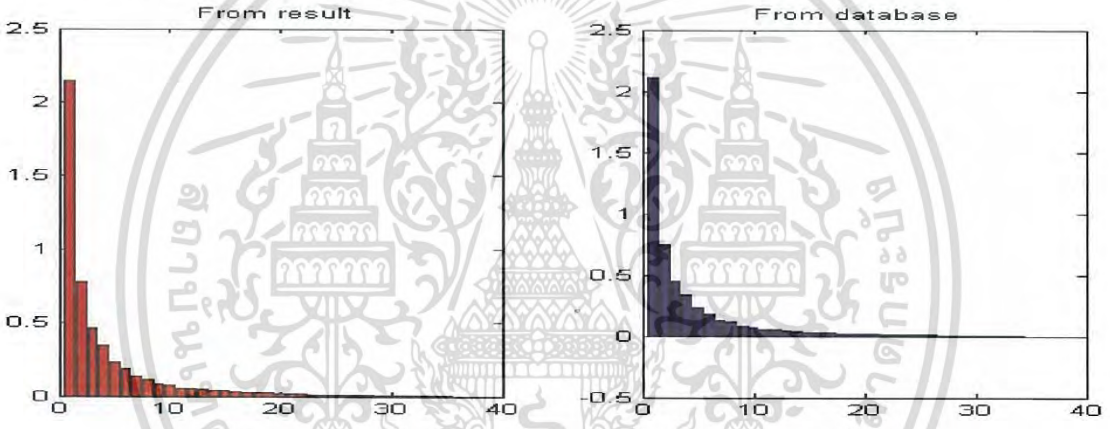


รูปที่ 7.54 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.55 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.56 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 127 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.54 ถึง 7.56 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 127 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.7 จะพบว่าคนที่ 127 จะไม่สามารถรู้จำเส้นหัวใจได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 127 รูปที่ 7.55 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นหัวใจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

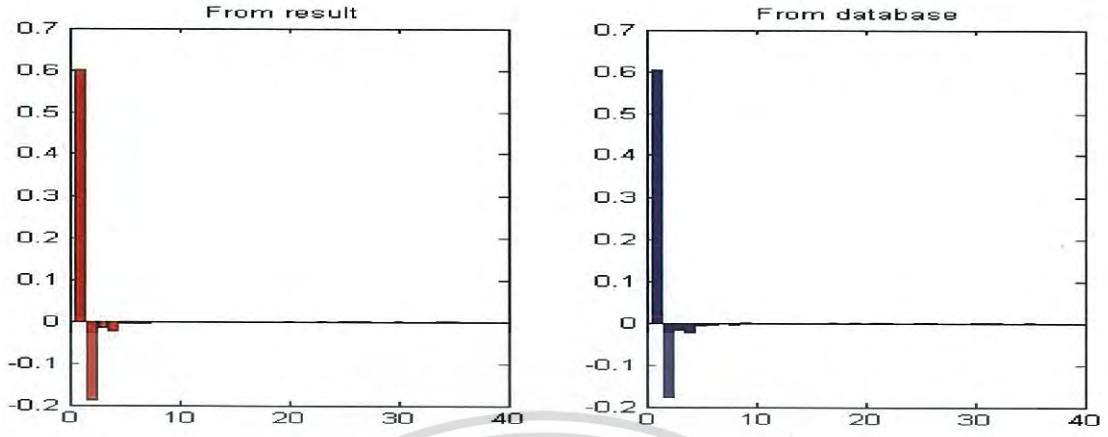
7.3.3 กรณีที่ 3

โปรแกรมสามารถรู้จำ Principal Lines ได้เส้นเดียวโดยเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของแต่ละเส้นกับฐานข้อมูลแล้วสามารถระบุได้ว่า Principal Lines แต่ละเส้นนั้นเป็นของบุคคลใดซึ่งมีเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้นที่สามารถระบุได้แสดงในตารางช่องสีเหลือง ว่าเป็นบุคคลเดียวกับค่าความผิดพลาดรวมทั้งสามเส้นต่ำสุดแสดงในช่องสีเขียวเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดและตารางช่องสีเนื้อแสดงถึงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของ Principal Lines ทั้งสามเส้นเทียบกับ ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 44 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 3 คิดเป็น 22 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 3 ดังตารางที่ 7.8 โดยรูปที่ 7.57 ถึง 7.58 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบ FIR ของคนที่ 3 ระหว่าง FIR ฐานข้อมูลกับ FIR ผลลัพธ์ที่ได้

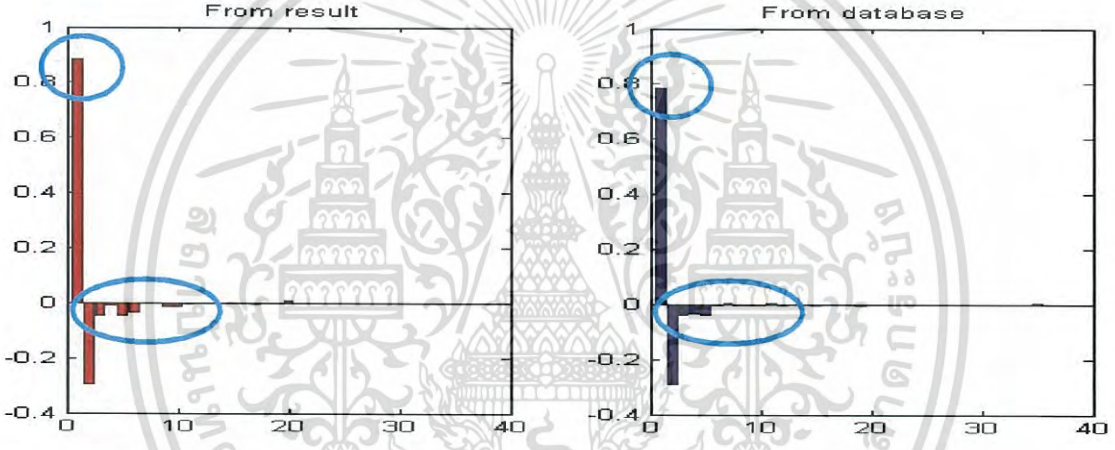
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 2				ฐานข้อมูลที่ 3			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
3	เส้นที่ 1	0.0571	0.9543	3.8714		0.0131	0.2149	1.9027	
	เส้นที่ 2	0.3091	0.6991	3.6835		0.3089	0.1078	1.6972	
	เส้นที่ 3	2.1198	1.2068	1.8494		2.0764	1.9620	0.1912	
	ผลรวม				1.9780				0.2198
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 35				ฐานข้อมูลที่ 36			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
36	เส้นที่ 1	0.0891	0.6608	3.1192		0.0289	0.8320	3.6227	
	เส้นที่ 2	0.7132	0.1418	2.3944		0.7583	0.0635	2.9279	
	เส้นที่ 3	3.5191	2.9951	0.6266		3.5482	2.8122	0.1320	
	ผลรวม				0.6486				0.1493
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 183				ฐานข้อมูลที่ 184			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
184	เส้นที่ 1	0.1716	0.4261	2.9619		0.0329	0.5725	2.0519	
	เส้นที่ 2	0.7314	0.1507	2.5704		0.5500	0.0124	1.6613	
	เส้นที่ 3	2.1224	1.6511	0.9963		1.9431	1.5802	0.0986	
	ผลรวม				1.0222				0.1047

ตารางที่ 7.8 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 3

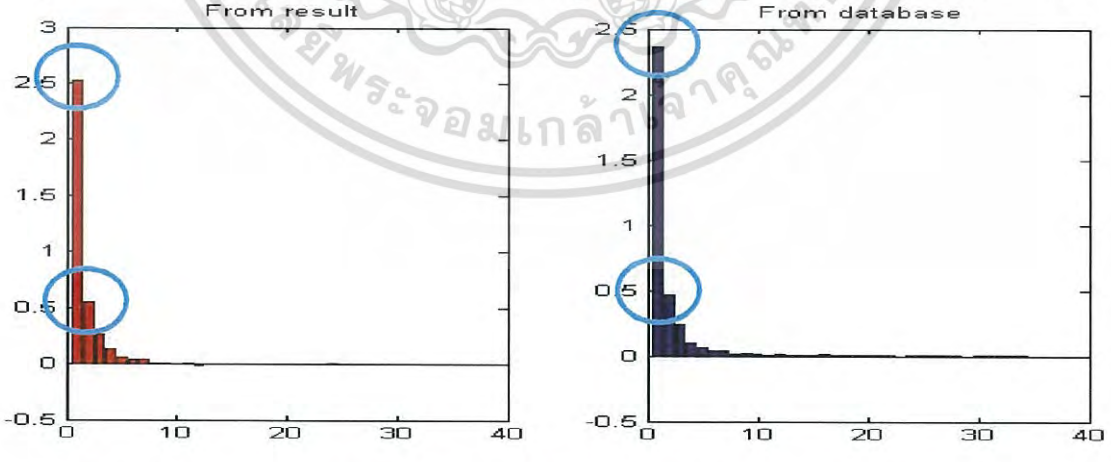
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.57 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



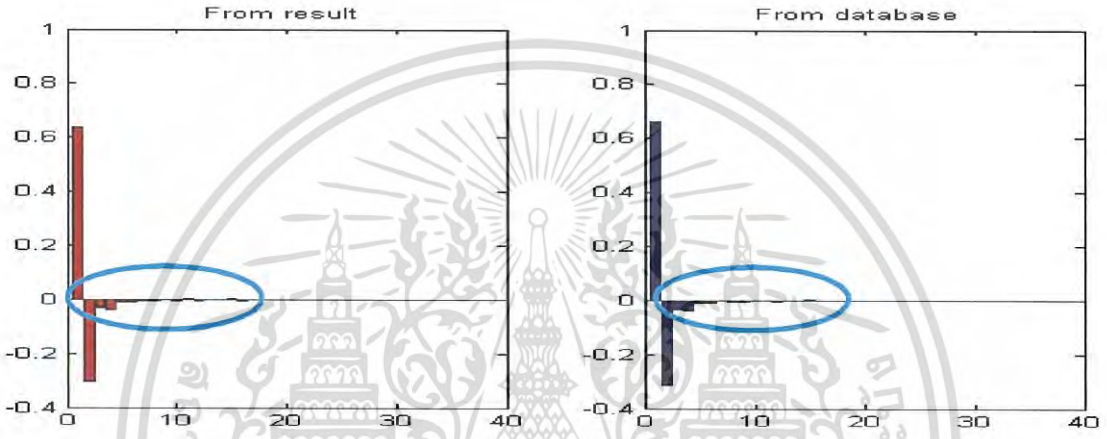
รูปที่ 7.58 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



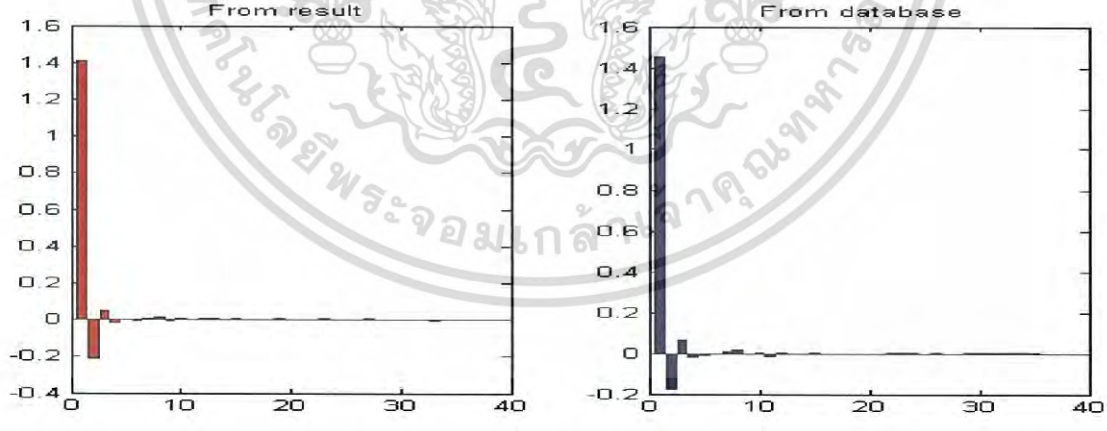
รูปที่ 7.59 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 3 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.57 ถึง 7.59 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 3 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.8 จะพบว่าคนที่ 3 จะไม่สามารถรู้จำเส้นหัวใจและเส้นชีวิตได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจ และเส้นชีวิตของคนที่ 3 รูปที่ 7.58 และรูปที่ 7.59 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นหัวใจและเส้นชีวิตได้

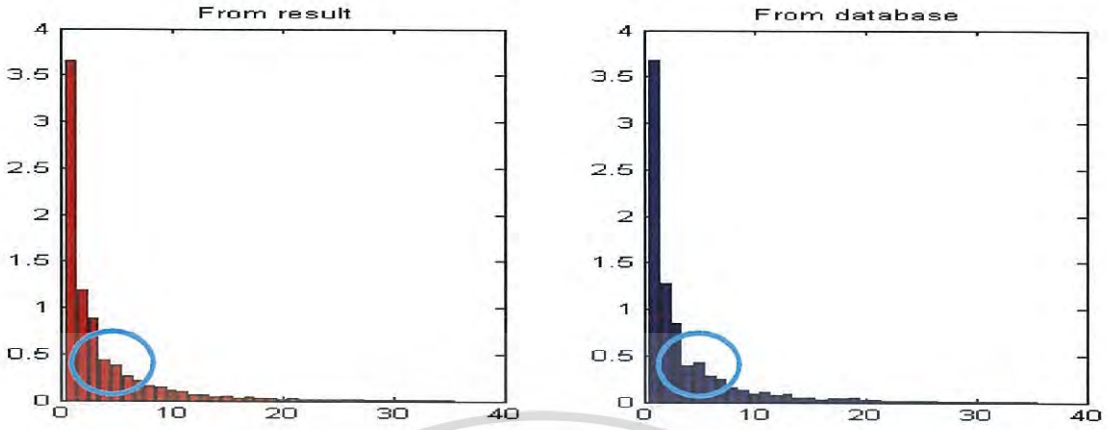


รูปที่ 7.60 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



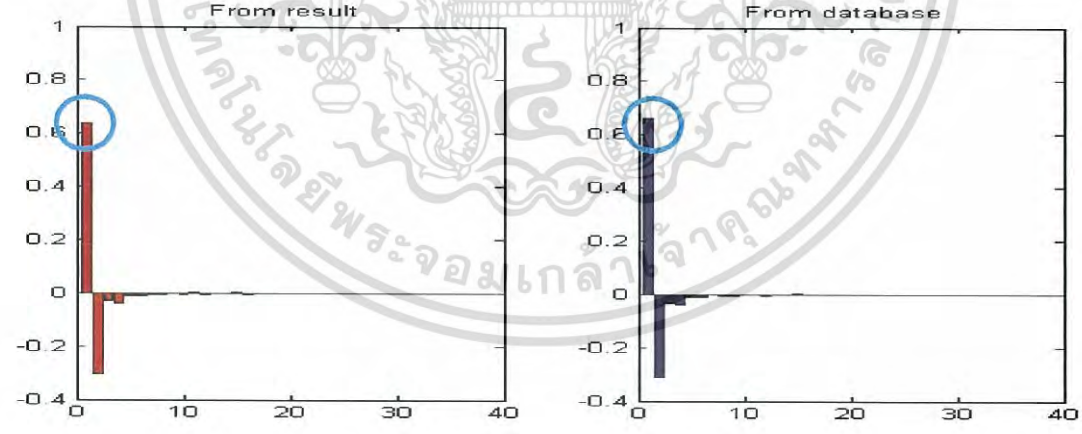
รูปที่ 7.61 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



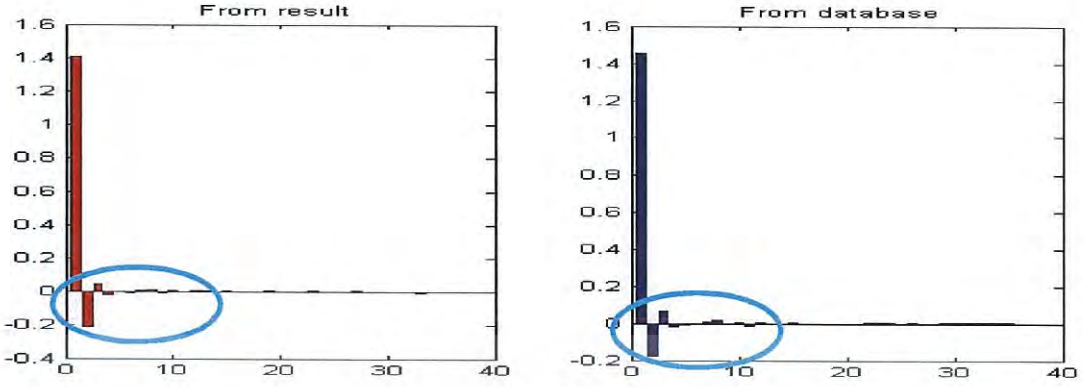
รูปที่ 7.62 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 184 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.60 ถึง 7.62 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 184 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.8 จะพบว่าคนที่ 184 จะไม่สามารถรู้จำเส้นสมองและเส้นชีวิตได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมอง และเส้นชีวิตของคนที่ 3 รูปที่ 7.60 และรูปที่ 7.62 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นสมองและเส้นชีวิตได้

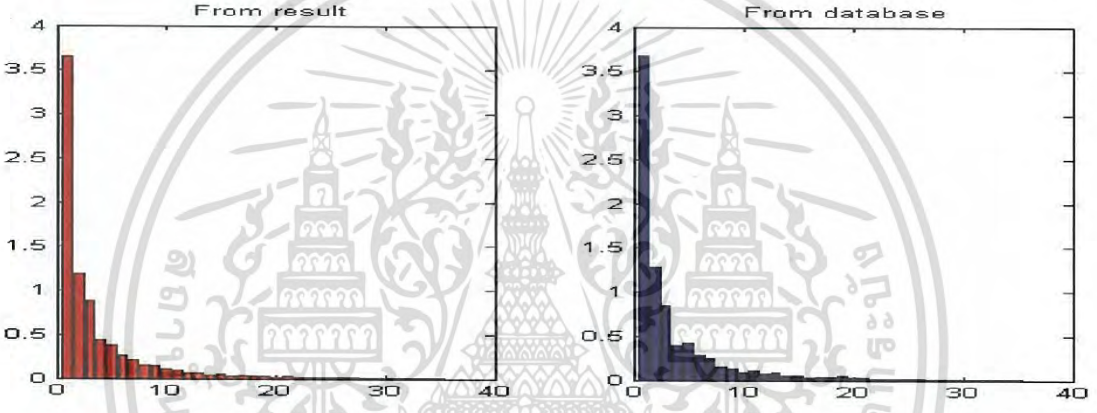


รูปที่ 7.63 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมองของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.64 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นหัวใจของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล



รูปที่ 7.65 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นชีวิตของคนที่ 36 ระหว่างผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูล

จากรูปที่ 7.63 ถึง 7.65 แสดงกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR ของคนที่ 36 ซึ่งหากสังเกตุจากตารางที่ 7.8 จะพบว่าคนที่ 36 จะไม่สามารถรู้จำเส้นสมองและเส้นชีวิตได้ซึ่งเมื่อสังเกตุจากกราฟแท่งค่าสัมประสิทธิ์ FIR เส้นสมอง และเส้นหัวใจของคนที่ 3 รูปที่ 7.63 และรูปที่ 7.64 จะพบว่าขนาดของกราแท่งในวงกลมสีฟ้าของกราฟแท่งผลลัพธ์และกราฟแท่งฐานข้อมูลนั้น ถึงแม้จะมีขนาดต่างกันไม่มากแต่ก็ยังส่งผลให้เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกลักษณ์ FIR ของผลลัพธ์กับฐานข้อมูลแล้วค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่ามากเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดจึงไม่สามารถรู้จำเส้นสมองและเส้นหัวใจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.4 กรณีที่ 4

ในกรณีนี้โปรแกรมสามารถรู้จำได้โดยใช้การรู้จำด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นกับฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการระบุตัวตนว่าเป็นบุคคลใดในฐานข้อมูลดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 6 โดยที่ตารางช่องสีเขียวนั้นแสดงถึงค่าความผิดพลาดต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้ออมูลทั้งหมดแล้วตรงกับฐานข้อมูลของตนเองและตารางช่องสีเนื้อแสดงถึงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของ Principal Lines ทั้งสามเส้นเทียบกัน ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมด 200 บุคคลพบว่ามีทั้งหมด 106 บุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 4 คิดเป็น 53 เปอร์เซนต์ โดยจะแสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองของบุคคลที่โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดผลรวมของบุคคลที่ตรงกับกรณีที่ 4 ดังตารางที่ 7.9

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 6				ฐานข้อมูลที่ 7			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
7	เส้นที่ 1	0.0933	0.2438	1.7679		0.0054	0.4628	1.7837	
	เส้นที่ 2	0.5448	0.2868	1.3473		0.4627	0.0073	1.3372	
	เส้นที่ 3	1.8512	1.6136	0.2728		1.7813	1.3346	0.0199	
	ผลรวม				0.4067				0.0219
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 47				ฐานข้อมูลที่ 48			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
48	เส้นที่ 1	0.2557	0.6651	2.0101		0.0034	0.5915	1.5716	
	เส้นที่ 2	0.3262	0.1817	1.5820		0.5815	0.0219	1.1689	
	เส้นที่ 3	1.3645	1.0755	0.4463		1.5723	1.1498	0.0222	
	ผลรวม				0.5455				0.0314
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 120				ฐานข้อมูลที่ 121			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
121	เส้นที่ 1	0.1922	0.5320	2.9248		0.0174	0.6287	2.7457	
	เส้นที่ 2	0.7662	0.2294	2.3612		0.6311	0.0445	2.1800	
	เส้นที่ 3	2.7042	2.1753	0.2748		2.6492	2.1235	0.0932	
	ผลรวม				0.4063				0.1047
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 178				ฐานข้อมูลที่ 179			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
179	เส้นที่ 1	0.0189	0.4849	1.5829		0.0120	0.6343	1.7338	
	เส้นที่ 2	0.6200	0.1549	1.0694		0.6269	0.0251	1.2235	
	เส้นที่ 3	1.7525	1.3623	0.2055		1.7593	1.2344	0.0535	
	ผลรวม				0.2581				0.0603
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 199				ฐานข้อมูลที่ 200			
		เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	ผลรวม
200	เส้นที่ 1	0.0416	0.7232	2.5154		0.0369	0.4993	1.2957	
	เส้นที่ 2	0.4968	0.1957	2.0820		0.5621	0.0545	0.8180	
	เส้นที่ 3	1.2587	0.6365	1.3377		1.3159	0.8091	0.0857	
	ผลรวม				1.3525				0.1081

ตารางที่ 7.9 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของกรณีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองการรู้จำโดยใช้ Principal Lines ที่ได้แสดงมาข้างต้นจะพบว่าหากใช้วิธีการรู้จำโดยแยกการรู้จำ Principal Lines แต่ละเส้นและทั้งสามเส้นนั้นจะต้องรู้จำได้ถูกต้องเป็นบุคคลเดียวกันนั้นดังกรณีที่ 1 จะพบว่าโปรแกรมจะสามารถรู้จำได้เพียง 13 เปอร์เซนต์เท่านั้น ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการรู้จำโดยการใช้ค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นดังกรณีที่ 4 จะพบว่าโปรแกรมสามารถรู้จำได้ถึง 53 เปอร์เซนต์ นั้นคือจากกลุ่มตัวอย่าง 200 บุคคล โปรแกรมสามารถรู้จำได้ 106 คน ดังนั้นในการรู้จำโดยใช้ Principal Lines นั้นจะเลือกใช้วิธีการคิดค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามเส้นใกรณีที่ 4 เพื่อใช้ในการรู้จำของโปรแกรมโดยตารางผลการทดลองทั้งหมดจะอยู่ในภาคผนวกเป็นไฟล์ข้อมูล Excel

7.4 ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines

จากผลการทดลองรู้จำโดยใช้นิ้วมือและการรู้จำโดยใช้ Principal Lines ที่ได้กล่าวมาพบว่าการรู้จำทั้งสองแบบนั้นจะได้เปอร์เซนความถูกต้องแม่นยำมากที่สุดโดยใช้วิธีการปรียบเทียบจากค่าความผิดพลาดผลรวม โดยการรู้จำโดยใช้นิ้วมือนั้นสามารถรู้จำได้ 95 เปอร์เซนต์ดังแสดงไปในกรณีที่ 5 ของการรู้จำโดยใช้นิ้วมือ และ การรู้จำโดยใช้ Principal Lines สามารถรู้จำได้ 53 เปอร์เซนต์ดังแสดงไปในกรณีที่ 4 ของการรู้จำโดยใช้ Principal Lines ดังนั้นในการรู้จำโดยชิ้วมือร่วมกับ Principal Lines นั้นจะนำค่าความผิดพลาดทั้งสี่นิ้วมือ และ ค่าความผิดพลาดรวม Principal Lines ทั้งสามมาใช้ในการรู้จำของโปรแกรมโดยขั้นตอนและวิธีการได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 6 โดยจะแสดงตัวอย่างผลการทดลองที่โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดผลรวมของนิ้วมือรวมกับ Principal Lines เป็นดังตารางที่ 7.10 ซึ่งตารางช่องสีเขียวแสดงถึงค่าความผิดพลาดต่ำสุดของผลรวมนิ้วมือ และผลรวมของ Principal Lines เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมด และตารางช่องสีเหลืองแสดงถึงค่าความผิดพลาดรวมทั้งนิ้วมือและ Principal Lines ต่ำสุดเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดโดยตารางผลการทดลองที่จะแสดงนั้นจะแสดงตารางผลการทดลองเพียงบางส่วเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการทดลองนั้นมี 200 คนจึงทำให้ขนาดของตารางผลการทดลองจริงมีขนาดใหญ่มากจึงไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ทั้งหมดจึงต้องแสดงเพียงบางส่วนซึ่งตารางการทดลองทั้งหมดนั้นสามารถดูได้ในภาคผนวกเป็นไฟล์ข้อมูล Excel โดยตารางผลการทดลองจริงจะมีลักษณะคล่าวๆดังรูปที่ 7.66 แสดงตัวอย่างอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 1			ฐานข้อมูลที่ 2			....			ฐานข้อมูลที่ 200		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
1	ผลรวมนิ้ว												
	ผลรวมเส้น												
	ผลรวมนิ้วและเส้น												
2	ผลรวมนิ้ว												
	ผลรวมเส้น												
	ผลรวมนิ้วและเส้น												
⋮	ผลรวมนิ้ว												
	ผลรวมเส้น												
	ผลรวมนิ้วและเส้น												
200	ผลรวมนิ้ว												
	ผลรวมเส้น												
	ผลรวมนิ้วและเส้น												

รูปที่ 7.66 แสดงตัวอย่างตารางผลการทดลองจำลองทั้งหมด

คนที่		ฐานข้อมูลที่ 1			ฐานข้อมูลที่ 2		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
2	ผลรวมนิ้ว	1.5557			0.3837		
	ผลรวมเส้น		1.5259			0.2157	
	ผลรวมนิ้วและเส้น			2.1792			0.4402
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 89			ฐานข้อมูลที่ 90		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
90	ผลรวมนิ้ว	1.2234			0.4842		
	ผลรวมเส้น		0.8619			0.2554	
	ผลรวมนิ้วและเส้น			1.4966			0.5474
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 134			ฐานข้อมูลที่ 135		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
135	ผลรวมนิ้ว	2.4771			0.6030		
	ผลรวมเส้น		0.5741			0.3462	
	ผลรวมนิ้วและเส้น			2.5427			0.6953
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 179			ฐานข้อมูลที่ 180		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
180	ผลรวมนิ้ว	0.8140			0.0565		
	ผลรวมเส้น		0.4766			0.0144	
	ผลรวมนิ้วและเส้น			0.9433			0.0583
คนที่		ฐานข้อมูลที่ 199			ฐานข้อมูลที่ 200		
		ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น	ผลรวมนิ้ว	ผลรวมเส้น	ผลรวมนิ้วและเส้น
200	ผลรวมนิ้ว	2.1821			0.5583		
	ผลรวมเส้น		1.3525			0.1081	
	ผลรวมนิ้วและเส้น			2.5673			0.5687

ตารางที่ 7.10 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines ที่ได้แสดงตัวอย่างผลการทดลองมาข้างต้นจะพบว่าโปรแกรมสามารถรู้จำได้ทั้งหมด 177 คน จากกลุ่มตัวอย่าง 200 คน หรือประมาณ 88.5 เปอร์เซนต์ ซึ่งหากเปรียบเทียบผลการทดลองจากทั้งสามวิธีที่ได้กล่าวมานั้นได้แก่ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ, การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines จะพบว่าวิธีมีความถูกต้องแม่นยำโปรแกรมสามารถรู้จำได้จากมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับคือ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือสามารถรู้จำได้ 95 เปอร์เซนต์, การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines สามารถรู้จำได้ 88.5 เปอร์เซนต์ และการรู้จำโดยใช้ Principal Lines สามารถรู้จำได้ 53 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

8.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดสามการทดลองในบทที่ 7 ได้แก่ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือ การรู้จำโดยใช้ Principal Lines และ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines พบว่าการรู้จำโดยใช้นิ้วมือนั้นสามารถรู้จำได้ดีที่สุด จากกลุ่มตัวอย่าง 200 คน โปรแกรมสามารถรู้จำได้ 190 คน คิดเป็น 95 เปอร์เซนต์ และ การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines โปรแกรมสามารถรู้จำได้ 177 คน จาก 200 คน คิดเป็น 88.5 เปอร์เซนต์ และ การรู้จำโดยใช้ Principal Lines โปรแกรมสามารถรู้จำได้เพียง 106 คน จาก 200 คน คิดเป็น 53 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจากสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ หากนำการรู้จำโดยใช้ Principal Lines มาใช้ร่วมกับการรู้จำโดยใช้นิ้วมือจะสามารถเพิ่มความถูกต้องให้กับโปรแกรมได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines นั้นมีเปอร์เซนต์ความถูกต้องน้อยกว่าการรู้จำโดยใช้นิ้วมือเพียงอย่างเดียว จึงสรุปได้ว่าในการทดลองนี้สมมุติฐานที่ตั้งไว้นั้นไม่สำเร็จและการรู้จำโดยใช้นิ้วมือนั้นสามารถรู้จำได้ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

8.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือนั้นโปรแกรมสามารถรู้จำได้ 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งหากเปรียบเทียบกับผลการทดลองวิทยานิพนธ์ของ นายณัฐภัทร ธีรเบญจกุล นั้นสามารถรู้จำได้ 99.5 เปอร์เซนต์ซึ่งจะพบว่าการในการทดลองนี้โปรแกรมสามารถรู้จำได้น้อยกว่า 4.5 เปอร์เซนต์ เนื่องมาจากการทดลองของ นายณัฐภัทร ธีรเบญจกุล นั้นจะต้องปรับค่าเทรสโฮลด้วยมือกับภาพที่ใช้ในการประมวลผลบางภาพเพื่อให้ภาพนั้นสามารถประมวลผลได้แต่ในการทดลองนี้โปรแกรมสามารถประมวลผลได้โดยไม่ต้องมีการปรับค่าเทรสโฮลใดๆด้วยมือซึ่งอาจส่งผลให้โปรแกรมสามารถรู้จำได้ลดลงแต่โปรแกรมสามารถประมวลผลได้อัตโนมัติโดยไม่ต้องปรับค่าเทรสโฮลด้วยมือ ซึ่งถือว่าประสบความสำเร็จในการศึกษาและพัฒนาต่อยอดจากวิทยานิพนธ์ นายณัฐภัทร ธีรเบญจกุล ด้านการพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นไม่จำเป็นต้องปรับค่าเทรสโฮลด้วยมือ ในส่วนของการรู้จำโดยใช้ Principal Lines นั้นพบว่าโปรแกรมยังมีข้อจำกัดของภาพถ่ายมือคือ จะต้องมี Principal Lines ที่ชัดเจนดังนั้นจึงยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริงเนื่องจากบุคคลแต่ละบุคคลมีความชัดเจนของ Principal Lines ที่แตกต่างกัน ในส่วนของการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines นั้นถือว่าไม่สำเร็จตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติฐานที่ตั้งไว้ซึ่งมีผลมาจากประสิทธิภาพในการรู้จำ Principal Lines ยังต่ำไปจึงทำให้เมื่อนำมาใช้ร่วมกับการรู้จำด้วยนิ้วมือแล้วไม่เป็นไปตามสมมุตฐานที่ตั้งไว้

8.3 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของการรู้จำโดยใช้ Principal Lines นั้นภาพมือที่ใช้ยังมีข้อจำกัดคือควรเป็นภาพมือที่มี Principal Lines ที่ชัดเจนดังนั้นหากสามารถพัฒนาวิธีในการปรับปรุงรูปภาพให้สามารถปรับปรุงภาพที่มี Principal Lines ที่ไม่ชัดเจนให้ชัดเจนได้ หรือปรับเปลี่ยนวิธีการแยก Principal Lines ออกจากภาพเป็นวิธีการอื่นเช่น อาจใช้วิธีของ Wavelet Transform เป็นต้น ก็อาจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรู้โดยใช้ Principal Lines ได้มากยิ่งขึ้น และจะส่งผลให้การรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines สามารถรู้จำได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Rafael C.Gonzalez and Richard E.Woods.2002. Digital Image Processing. Gatesmark Publishing, Knoxville, TN, U.S.A

[2] Rafael C.Gonzalez and Richard E.Woods.2002. Digital Image Processing using MATLAB. Gatesmark Publishing, Knoxville, TN, U.S.

[3] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ (2551). การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย MATLAB. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:แผนกตำราและสื่อการสอน สจล.

[4] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ (2551). การประมวลผลภาพดิจิตอลขั้นสูงด้วย MATLAB. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:แผนกตำราและสื่อการสอน สจล.

[5] Zia-uddin, Zahoor Jan, Jamil Ahmad and Almas Abbasi, "A Novel Technique for Principal Lines Extraction in Palmprint Using Morphological TOP-HAT Filtering" , World Applied Sciences Journal 31 (12): 2010-2014, 2014

[6] Mouad .M.H.Ali ,Pravin Yannawar,A. T. Gaikwad, "Study Of Edge Detection Methods Based On Palmprint lines" International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) , 2016

[7] C. Han, H. Cheng, C. Lin, and K. Fan. Personal authentication using palm-print features. Pattern Recognition, 36(2):371–381, February 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

1. ผลการทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมืออยู่ในไฟล์ Excel ชื่อ ผลการรู้จำด้วยนิ้ว
2. ผลกรทดลองการรู้จำโดยใช้ Principal Lines อยู่ในไฟล์ Excel ชื่อ ผลการรู้จำด้วย Principal Lines
3. ผลกรทดลองการรู้จำโดยใช้นิ้วมือร่วมกับ Principal Lines อยู่ในไฟล์ Excel ชื่อ ผลการรู้จำด้วย Principal Lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้