

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง  
ระบบสแกนเก็บลายพิมพ์นิ้วมือ  
Fingerprint Data Acquisition



โดย  
นาย พิทักษ์ บัวผาง  
นาย รัตนะ มุตยอง  
นาย สุพงศ์ชัย อนันควานิช

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 104302  
วัน,เดือน,ปี..... - 2 พ.ย. 2552

1211022x

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสแกนเก็บลายพิมพ์นิ้วมือ  
Fingerprint Data Acquisition



โดย

นาย พัทธ์ชัย บัวผาง รหัส 49015203  
นายรัตน์ะ มุลยอง รหัส 49015207  
นายสุพงศ์ชัย อนันควานิช รหัส 49015214

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ระบบสแกนเก็บลายพิมพ์นิ้วมือ

Fingerprint Data Acquisition

ผู้จัดทำ

1. นาย พิทักษ์ บัวผาง รหัส 49015203
2. นายรัตนะ มุลยong รหัส 49015207
3. นายสุพงษ์ชัย อนันควานิซ รหัส 49015214



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบสแกนเก็บลายพิมพ์นิ้วมือ

นาย พิทักษ์ บัวผาง รหัส 49015203

นายรัตนะ มุลยong รหัส 49015207

นายสุพงษ์ชัย อนันควานิช รหัส 49015214

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2551

## บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอการสแกนลายนิ้วมือ และการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูล เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือของบุคคลและระบุเจ้าของลายนิ้วมือนั้น โดยใช้โปรแกรมแมทแลป(MATLAB) ทำการทดลองขั้นตอนวิธี(algorithm) ของกระบวนการปรับความคมชัดของภาพลายนิ้วมือและการหาจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือ และในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้ค่าเฉลี่ยรอบจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือ และใช้โปรแกรม Visual Studio C++ ในการติดต่อบอร์ดเครื่องสแกนลายนิ้วมือและเก็บภาพลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Fingerprint Data Acquisition

Mr.Pitak Buapang No.49015203

Mr.Rattana Moonyong No.49015207

Mr.Supongchai Anankawanich No.49015214

Assoc.Prof.Dr.Somsak Choomchuay Advisor

Education 2008

## Abstract

This project details fingerprint scanning and matching. A set of pre-scanned fingerprints is stored in prio as fingerprint database. The newly scanned images are then compare(matching) to the images in database. MATLAB is used for Fingerprint Enhancement, Orientation Field Estimation and Reference Point Detection. Fingerprint matching compares each sector around reference point (core point). Gabor filtering is used to enhance the frequency content of each sector. Visual Studio C++ is employed to facilitate the data acquisition when acquiring image data from a fingerprint scanner.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย  
ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาพร้อมให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่  
คณะผู้จัดทำ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณพ่อแม่คณะผู้จัดทำทุกท่านที่ผลักดันและคอยให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือ  
คณะผู้จัดทำเสมอมา ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและขอบคุณรุ่นพี่ น้องๆ และ  
เพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและทุกๆ คนที่เอื้อเฟื้อคลายนิ้วมือ ที่นำมาทดลองในปริญญานิพนธ์เล่มนี้  
จนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอให้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้  
คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิทักษ์ บัวผาง  
รัตนะ มุลยอง  
สุพงศ์ชัย อนันนควานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ	3
2.1 ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ	3
2.2 ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ	5
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ	10
3.1 การเตรียมการเบื้องต้นก่อนทำการปรับปรุงลายนิ้วมือ	10
3.1.1 ระดับพิกเซล	11
3.2 การปรับความสว่าง	12
3.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้มีค่าสองระดับ	12
บทที่ 4 กระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ	13
4.1 การรับข้อมูลรูปภาพ (Input Image)	15
4.2 กระบวนการหาจุดศูนย์กลาง (Core Point) ของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง(reference point)	15
4.3 การสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) รอบจุดอ้างอิงแบ่งออกเป็น sector	26
4.4 การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)	27
4.5 การกรองรูปลายนิ้วมือ โดยใช้ Gabor	28
4.6 ทำการคำนวณหาค่า AAD (Average Absolute Deviation)	31
4.7 ทำการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 เทคโนโลยี เครื่องสแกนลายนิ้วมือ	33
5.1 เทคโนโลยีไบโอเมตริกส์ที่สำคัญ	33
5.2 การใช้งานไบโอเมตริก	33
5.3 รูปแบบการ( เซนเซอร์)	34
5.4 ลักษณะ และคุณสมบัติเครื่องสแกนลายนิ้วมือ	35
5.5 ชุดบอร์ดควบคุมการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Optical Sensor กับ คอมพิวเตอร์	38
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	42
6.1 รับภาพลายนิ้วมือเข้ามา	42
6.2 การบันทึกภาพลายนิ้วมือ	43
6.3 การเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล	44
6.4 การเปรียบเทียบลายนิ้วมือกับฐานข้อมูล	55
6.5 ผลการทดลอง	56
บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนา	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

### บทที่ 2

รูปที่ 2.1 ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือ 4

รูปที่ 2.2 ลักษณะจุด Core และ Delta 5

### บทที่ 3

รูปที่ 3.1 แสดงการเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา 11

รูปที่ 3.1 ภาพประกอบ ตำแหน่ง x และ y ในรูปทั่วไป (ซ้าย) และพิกเซลเมตริกซ์ (ขวา) 11

### บทที่ 4

รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาจุดศูนย์กลางอ้างอิงของลายพิมพ์นิ้วมือ 14

รูปที่ 4.2 a) รูปต้นแบบ b) รูปที่ผ่านการทำ normalized 18

รูปที่ 4.3 แสดงภาพทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ 20

รูปที่ 4.4 ระบุจุด Core point ภาพต้นฉบับ 22

รูปที่ 4.5 ระบุจุด Core point และ Delta point ภาพต้นฉบับ 23

รูปที่ 4.6 แสดงการระบุจุด Core point และ Delta point 24

รูปที่ 4.7 ระบุตำแหน่งผิดพลาด 25

รูปที่ 4.8 จากรูปสามารถอธิบายชัดเจนขึ้นว่า  $r$  ค่าความถี่ที่มีลักษณะเป็นสัญญาณ 29

รูปที่ 4.9 สัญญาณไซน์ (Sinusoidal Wave) เคลื่อนที่ตามแนวแกน x 30

### บทที่ 5

รูปที่ 5.1 ก) เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor) 35

รูปที่ 5.2 ข) เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor) 36

รูปที่ 5.3 หัวอ่านแบบ Optical sensor 36

รูปที่ 5.4 Dimension of Optical Sensor 36

### บทที่ 6

รูปที่ 6.1 หน้าต่างโปรแกรมสแกนลายนิ้วมือ 42

รูปที่ 6.2 โปรแกรมแสดงภาพลายนิ้วมือต้นฉบับที่รับเข้ามา 43

รูปที่ 6.3 ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับที่รับเข้ามา 43

รูปที่ 6.4 หน้าต่างโปรแกรมแบบ GUI (Graphic User Interface) 44

รูปที่ 6.5 แสดงภาพที่เรียกเข้ามาในหน้าต่างโปรแกรม 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 6.6 รูปลายนิ้วมือที่เรียกเข้ามา	45
รูปที่ 6.7 รูปลายนิ้วมือต้นฉบับ(Original)	46
รูปที่ 6.8 รูปที่ผ่านการทำให้เป็นมาตรฐาน(Normalize Image)	46
รูปที่ 6.9 แสดงการหาทิศทางลายนิ้วมือ(Orientation)	47
รูปที่ 6.10 ระบุจุด Core point detection	47
รูปที่ 6.11 ผลจากการทดลองสังเกตได้ว่าค่าของแสงมีการเปลี่ยนแปลง	48
รูปที่ 6.12 (a) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 0 องศา	49
รูปที่ 6.12 (b) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 22.5 องศา	49
รูปที่ 6.12 (c) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 45 องศา	50
รูปที่ 6.12 (d) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 67.5 องศา	50
รูปที่ 6.12 (e) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 90 องศา	51
รูปที่ 6.12 (f) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 112.5 องศา	51
รูปที่ 6.12 (g) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 135 องศา	52
รูปที่ 6.12 (h) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 157.5 องศา	52
รูปที่ 6.13 การนำค่า finger code เก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบ	53
รูปที่ 6.14 ทำการบันทึกข้อมูลลายนิ้วมือในฐานข้อมูลลายนิ้วมือ	53
รูปที่ 6.15 โปรแกรมแสดงผล ลายนิ้วมือคนเดียวกันแต่เก็บคนละที่	55
รูปที่ 6.16 โปรแกรมแสดงผล ลายนิ้วมือ คนละคนกัน	55
รูปที่ 6.16 (a), (b), (c) ลายนิ้วมือที่ทำเป็นฐานข้อมูล	58
รูปที่ 6.18 การหาจุดศูนย์กลางในการอ้างอิงผิดพลาด	59
รูปที่ 6.19 ลักษณะลายนิ้วมือที่คล้ายกันอาจทำให้ผิดพลาดในการเปรียบเทียบได้	60
รูปที่ 6.20 ลักษณะลายนิ้วมือที่จุดศูนย์กลางลายนิ้วมืออยู่ขอบภาพ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันการนำภาพถ่ายนิ้วมือมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมีมากขึ้น และคุณลักษณะทางชีวภาพของลายเส้นบนนิ้วมือสามารถนำมาใช้ในการจำแนกความแตกต่างของบุคคล โดยถูกนำไปใช้ในงานหลากหลายประเภทเช่น งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ มีการนำไปใช้เพื่อหาประวัติของผู้ตายที่ไม่มีหลักฐานที่สามารถแจ้งให้ทราบได้ว่าผู้ตายเป็นใคร มาจากไหน หรือการพิสูจน์หลักฐานการฆาตกรรม จะได้จากรอยนิ้วมือที่ติดอยู่บนอาวุธที่ใช้ในการก่ออาชญากรรม เป็นต้น การค้นหาประวัติของบุคคลจากลายนิ้วมือนั้นจะต้องทำการเก็บหลักฐานด้วยวิธีการสแกนลายนิ้วมือให้อยู่ในรูปแบบของภาพดิจิทัล เพื่อนำเข้าไปขบวนการรู้จำลายภาพถ่ายนิ้วมือ โดยจะทำการเปรียบเทียบกับภาพถ่ายนิ้วมือที่ได้ทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูลหลัก แต่ในขั้นตอนการเก็บหลักฐานนั้น ภาพที่ได้มักจะมีคุณภาพไม่ค่อยดี ทำให้เมื่อนำไปเข้าสู่ขั้นตอนขบวนการรู้จำภาพถ่ายนิ้วมือนั้นมักจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น สภาพความมันของผิวหนัง แสงตกที่ไม่เท่ากัน มีสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนร่องลายเส้นลายนิ้วมือ ความจางของหมึกคุณภาพของเครื่องสแกน เป็นต้น และจากปัญหาที่กล่าวมานั้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดของการหาวิธีการปรับปรุงภาพถ่ายนิ้วมือ เพื่อสร้างเป็นขบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายนิ้วมือ ก่อนที่จะนำไปเข้าสู่ขั้นตอนของขบวนการรู้จำภาพถ่ายนิ้วมือ เพื่อเพิ่มค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำภาพถ่ายนิ้วมือให้สูงขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาหลักการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้โปรแกรม Matlab
- 2) เพื่อศึกษาการกรองความถี่แบบคาร์บอร์ (Gabor Filter) และการปรับภาพถ่ายนิ้วมือ
- 3) เพื่อกำหนดอัลกอริทึมที่ง่ายต่อการนำไปสร้างเป็นเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 4) เพื่อสร้างเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย
- 5) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในระบบรักษาความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะของลายนิ้วมือเพื่อทำการเก็บภาพลายนิ้วมือไว้เป็นฐานข้อมูล เพื่อทำการเปรียบเทียบและศึกษาการสร้างโปรแกรมในการเปรียบเทียบโดยใช้โปรแกรม Matlab ในการประมวลผลภาพลายนิ้วมือ และศึกษาเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบ Optical Sensor เพื่อทำการเก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือ

### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 สามารถปรับปรุงภาพลายนิ้วมือให้มีคุณภาพที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการรู้จำ ภาพลายนิ้วมือ

1.4.2 เพิ่มความรวดเร็วในปรับปรุงคุณภาพของภาพลายนิ้วมือทำให้กระบวนการรู้จำภาพลายนิ้วมือมีความถูกต้องมากขึ้น

1.4.3 ศึกษาเทคนิคและวิธีการประมวลผลภาพที่อยู่บนโดเมนความถี่

1.4.4 สามารถนำเทคนิคที่ได้จากการวิจัยไปทำการประยุกต์และปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ในเชิงธุรกิจ

1.4.5 เป็นแนวทางในการศึกษาให้กับผู้ที่มีความสนใจในเรื่องของเทคนิคการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือบนโดเมนความถี่

1.4.6 เพิ่มความรู้ด้านการส่งผ่านข้อมูลระหว่างตัวตรวจจับกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ

ในการแบ่งแยกตัวบุคคลมีหลายวิธีด้วยกันแต่วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือลายของนิ้วมือ และในการยืนยันตัวบุคคลมักเป็นข้อมูลที่มาจกตัวมนุษย์เอง นั่นคือข้อมูลทางชีวภาพ(Biometric) โดยไบโอเมตริก คือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เชิงชีวภาพที่เป็นเอกลักษณ์ในแต่ละบุคคล โดยติดตัวกับบุคคลนั้นเสมอ ดังนั้น ไบโอเมตริก จึงมักถูกใช้ยืนยันตัวบุคคล (identification) ในการป้องกันภัยระดับสูง นอกจากนั้น ไบโอเมตริกยังใช้ในการตรวจสอบระบุตัวบุคคลหาผู้กระทำผิดด้านอาชญากรรม โดยลายนิ้วมือเป็นไบโอเมตริกประเภทหนึ่งที่น่าสนใจเอามาใช้กัน เช่นเมื่อเราคิดถึงหลักฐานของการสืบสวน เรามักจะคิดถึงลายนิ้วมือที่มีอยู่บริเวณที่เกิดเหตุ หรือจากอุปกรณ์ก่ออาชญากรรม สาเหตุที่ลายนิ้วมือเป็นไปไบโอเมตริกที่ได้รับความนิยมมีสาเหตุดังนี้

- เป็นหลักฐานที่พบบ่อยในที่เกิดเหตุ
- เป็นข้อมูลมาตรฐานของประชาชนทุกคนที่มีบัตรประชาชน
- มีความน่าเชื่อถือมากเพราะลักษณะของลายนิ้วมือแต่ละคนแตกต่างกันไป



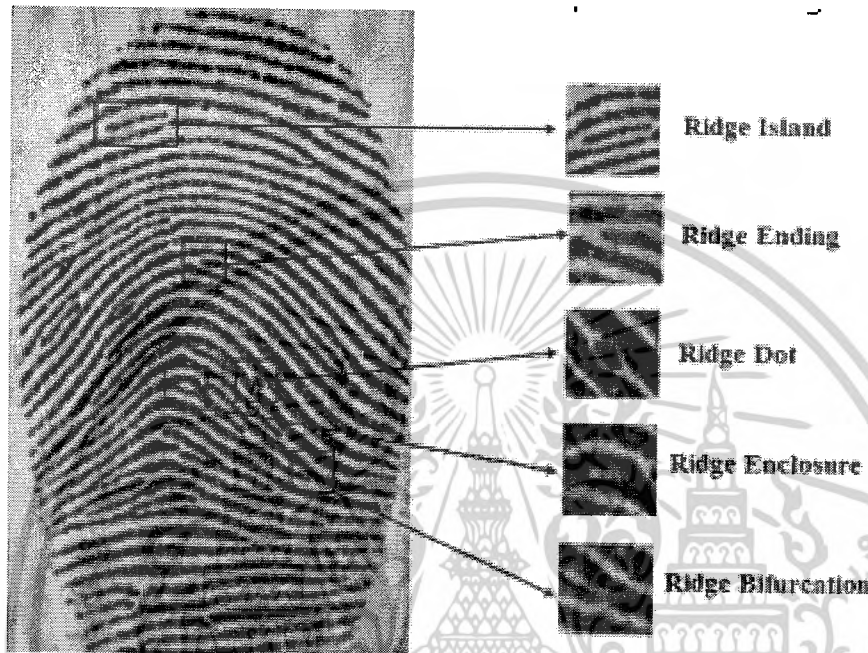
#### 2.1 ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ

1. เส้นนูน(Ridges) คือเส้นที่เป็นลอนนูนเหนือส่วนของผิวหนังชั้นนอก

2. เส้นร่อง(Furrows)คือส่วนที่ลึกที่ไม่เกิดการนูน อยู่ในระดับต่ำกว่าเส้นนูน

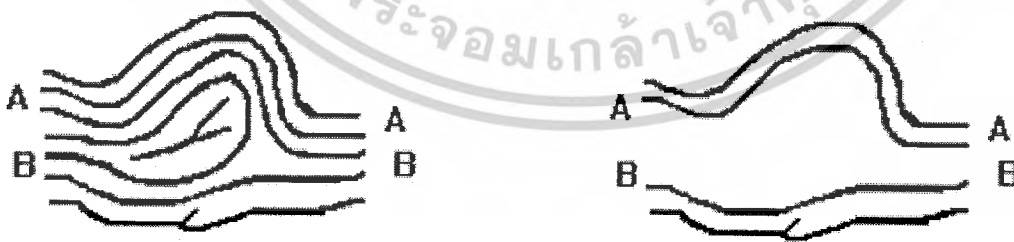
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเรามองดูที่ลายนิ้วมือของเรา จะพบว่าลายนิ้วมือมีลักษณะร่องและนูนสลับกันไป ซึ่งเราสามารถนำข้อมูลภาพเหล่านั้นมาวิเคราะห์หา ลักษณะของตัวบุคคลที่เป็นเจ้าของลายมือนั้น ได้ตาม ขบวนการ ถึงแม้ลายนิ้วมือของแต่ละคนจะไม่ซ้ำกันแต่ก็มีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกันอยู่ 4 ข้อด้วยกันคือ



รูปที่ 2.1 ลักษณะของเส้นลายนิ้วมือ

1. เส้นขอบ (Type Line) คือเส้นคู่ขนานในสุดจากด้านหนึ่งของลายนิ้วมือ ซึ่งได้ขนานกันมา ช่วงหนึ่งแล้วแยกออก เพื่อทำการ โอบล้อมพื้นที่ที่ลายนิ้วมือที่อยู่ภายในแล้วอาจกลับมา ขนานกันในอีกด้านหนึ่งหรือแยกออกจากกัน



แสดงลักษณะของเส้นขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. จุดกึ่งกลาง (Core)

จุดบนเส้นโค้งของลายนิ้วมือต้องมีลักษณะเป็นโค้งขึ้น และเริ่มที่จะกลับตัว หรือเริ่มที่จะกลายเป็น โค้งลง แล้วจึงวิ่งสวนทางกลับกันกับในตอนแรกก่อนที่จะโค้งขึ้น เส้นโค้งลายนิ้วมือนี้ต้องเป็นโค้งลายนิ้วมือที่อยู่ชั้นในที่สุดของบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลางนั้น เป็นลักษณะของเส้นโค้งที่โค้งขึ้นมาซ้อนๆกันหลายๆเส้น ในลักษณะของรูปมัดหวายจากโค้งวงกว้างลดลงมาเรื่อยๆ จนโค้งเล็กสุด (เส้นที่อยู่ชั้นในที่สุดอาจไม่เป็นเส้น โค้งก็ได้) ลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งที่อยู่ในบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง



รูปที่ 2.2 ลักษณะจุด Core และ Delta

## 3. จุดเคลด้า (Delta)

จุดที่ลายนิ้วมือมีทิศทางแยกออกรอบตำแหน่งนั้นเป็น 3 ทาง โดยทั่วไปสามารถเรียกตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดแยกรวมกันว่าจุดอ้างอิง (Singular Point) ซึ่งเป็นจุดบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

### 2.2 ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ

รูปแบบลายนิ้วมือในภาพลายนิ้วมือที่จับกลุ่มกันเป็นรูปแบบ สามารถแบ่งได้หลายชนิด ดังต่อไปนี้

#### 2.2.1. กลุ่มเส้นโค้ง

ลักษณะของรูปแบบในภาพลายนิ้วมือมีลักษณะการวิ่งของลายนิ้วมือจากลักษณะที่ขนานกับพื้นราบแล้วพุ่ง โค้งขึ้น แล้วจึงมีการวิ่งในลักษณะขนานกับพื้นราบอีกครั้ง

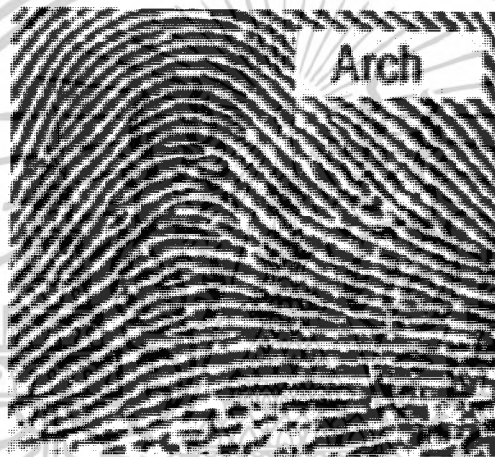
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการแจ้งในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของกลุ่มเส้นโค้งนั้นมี 2 รูปแบบ คือ

- กลุ่มเส้นโค้งราบ (Arch)
- กลุ่มเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

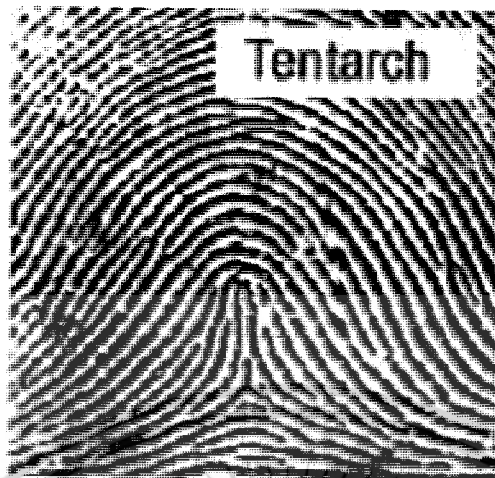
โดยกลุ่มเส้นโค้งทั้งสองจะแตกต่างกันที่ลักษณะความสูงของส่วนโค้ง ดังตัวอย่างในรูป

โค้งราบ คือ ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือที่ตั้งต้นจากของเล็บข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง ลักษณะลายเส้นดูง่ายไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุมแหลมคมและไม่มีเส้นพุ่งขึ้นตรงกลาง



แสดงกลุ่ม โค้งราบ (Arch)

โค้งกระโจม คือ ลักษณะเส้นลายนิ้วมือชนิด โค้งราบแต่แตกต่างจากโค้งราบทุกๆไป อาทิเช่น มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งอยู่ตรงไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างของลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือเส้นหนึ่งหรือมากกว่าเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจาก แนวนอน หรือ มีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางหรือเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก



แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

กลุ่มมัดหวาย (Loop)

1) กลุ่มมัดหวายเดี่ยว (Single Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

มีลักษณะของการวิ่งของลายนิ้วจากบริเวณด้านซ้ายมาที่บริเวณกลางนิ้วมือแล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบน แล้วจึงโค้งลงและวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเมื่อมีการจับกลุ่มเป็นรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย แล้วจะเอนเอียงไปทางด้านขวา จึงได้เรียกว่า “กลุ่มมัดหวายเอียงขวา” และมีสันคองอยู่ทางด้านขวาของรูปแบบ

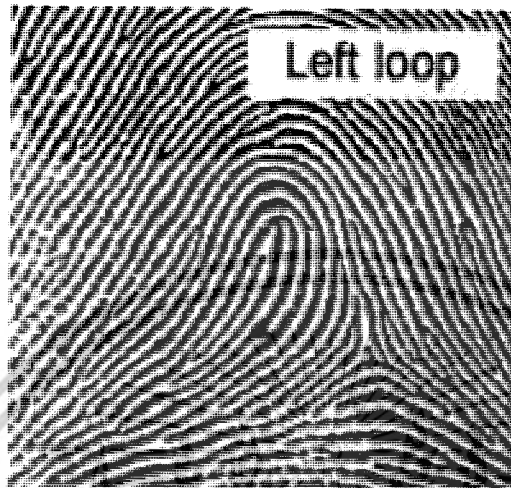


แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

รูปแบบจะคล้ายลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา คือ มีการวิ่งของลายนิ้วจากทางด้านขวาที่บริเวณตรงกลางของนิ้วมือ จากนั้นจะวิ่งขึ้นไปด้านบนแล้วโค้ง และวิ่งกลับไปตามทาง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

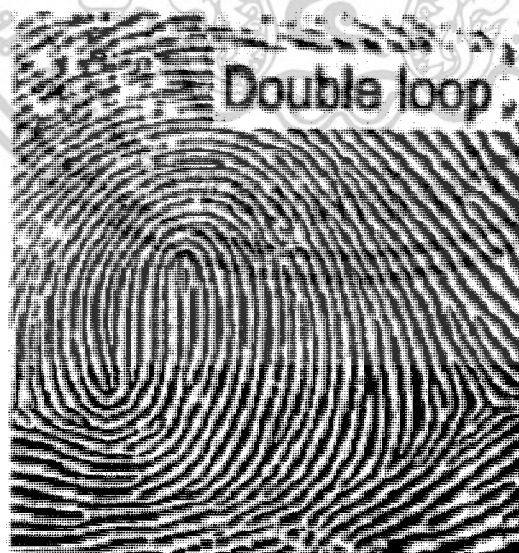
เดิมที่วิ่งมา เมื่อทำการสังเกตจะพบว่ามีลักษณะรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย และรูปแบบดังกล่าวจะมีการเอียงตัวไปทางด้านซ้าย เราจึงเรียกว่า “กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย” ปกติมันจะมีสันคอนอยู่ทางด้านซ้ายของรูปแบบเช่นกัน



แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

2) กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมกันของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มรวมตัวกันเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนิ้วนอาจมาจากทางเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่งจะมีรูปแบบเป็นลักษณะของโค้งขึ้นและกลุ่มมัดหวายอีกกลุ่มหนึ่งจะมีลักษณะโค้งลง เมื่อรวมกันเป็นกลุ่มมัดหวายคู่รูปแบบดังกล่าวอาจมีการเอียงซ้ายหรือเอียงขวา

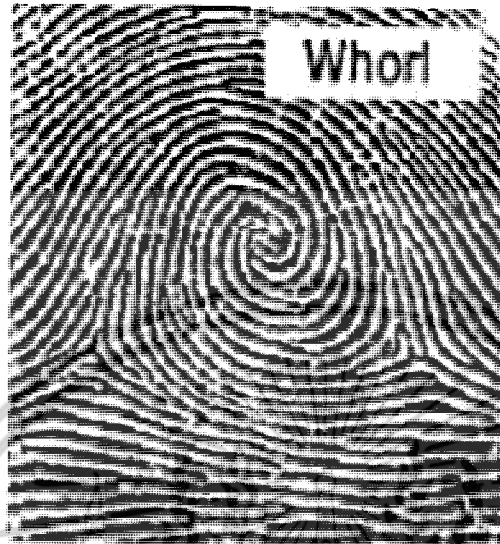


แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 กลุ่มก้นหอย (Whorl)

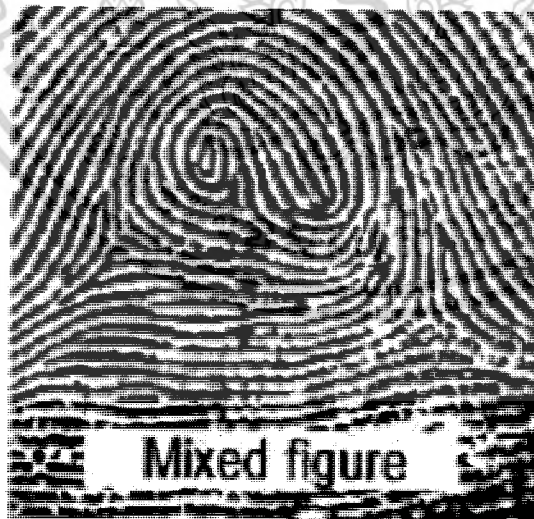
ลักษณะการวิ่งของลายนิ้วมือมีรูปแบบเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปวงกลมจากวงใหญ่ค่อยๆ เล็กลงไปเรื่อยๆ จนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุด



แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย (Whorl)

### 2.2.4 กลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่จัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดใดโดยเฉพาะ ประกอบด้วย ลายนิ้วมือ 2 แบบมาผสมกัน และมีสันคอน 2 สันคอน หรือมากกว่า เช่นกรณีที่ไม่สามารถเข้ากับ ลายนิ้วมือกลุ่มที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ไม่ได้เลย โดยมีความยุ่งเหยิง และเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน



แสดงลักษณะรูปแบบกลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# ความรู้พื้นฐานการปรับปรุงภาพถ่ายลายนิ้วมือ

โดยทั่วไปภาพถ่ายลายนิ้วมือที่ได้จะมีทั้งมาจากขบวนการมาตรฐาน เช่นลายนิ้วใช้กับบุคคลหรือผู้ต้องหาหรือ จากอุปกรณ์นำเข้านั้นๆ ซึ่งเราสามารถควบคุมเพื่อให้ต้นแบบลายนิ้วมือที่มีคุณภาพซึ่งจะส่งผลต่อการนำไปผ่านขบวนการต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นขบวนการเริ่มต้นที่สำคัญมาก แต่หากเป็นลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาจากเหตุด้วยความไม่ตั้งใจ ของเจ้าของลายนิ้วมือ โอกาสที่จะได้ลายนิ้วมือที่มีความสมบูรณ์อย่างมาก แต่เราสามารถทำความผิดพลาดของรูปให้น้อยลงได้โดยการปรับปรุงภาพถ่ายลายนิ้วมือให้มีคุณภาพด้วยขบวนการทาง Image Processing ในการขจัดสัญญาณรบกวน (Noise) เช่นจุดที่เปื้อนในภาพที่เกิดจากแรงกดที่มากเกินไป หรือจุดว่างที่อยู่ในลายเส้นนิ้ว เราสามารถปรับความสว่างของภาพ(Contrast) เพื่อเพิ่มความคมชัด และปรับค่าความสว่าง(Brightness)แล้วค่อยนำไปสู่กระบวนการให้ภาพเป็นสองระดับ(Binerization)เพื่อลดขนาดของภาพและเก็บแต่ข้อมูลที่จำเป็น

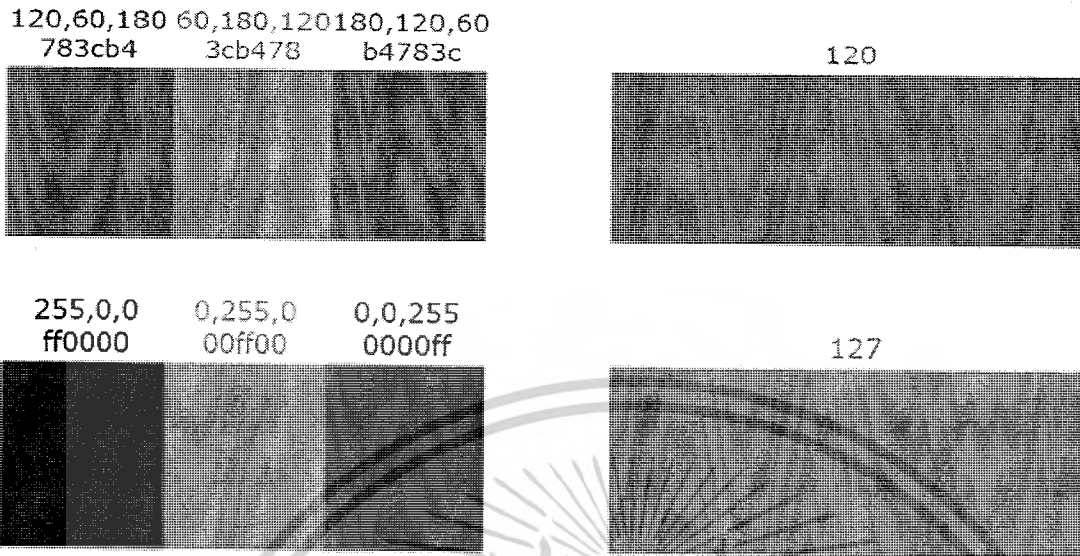
### 3.1 การเตรียมการเบื้องต้นก่อนทำการปรับรูปร่างลายนิ้วมือ

ในการปรับปรุงภาพถ่ายลายนิ้วมือ ในโครงการนี้จะใช้ระดับเทาในการเริ่มขบวนการปรับปรุงภาพถ่ายลายนิ้วมือ ดังนั้นหากภาพถ่ายลายนิ้วมือเป็นภาพสี จะต้องทำการเปลี่ยนแปลงจากสีเป็นระดับเทาเพื่อเป็นการดึงเฉพาะความเข้มของสีที่แตกต่างกันมาพิจารณาในการทำภาพสองระดับและเป็นการลดจำนวนข้อมูลของภาพสีออก

โดยหลักการภาพสีคือหลักการ RGB ที่ประกอบด้วยแม่สีสามสี คือ แดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน(Blue) ซึ่ง ในแต่ละสีจะมีความเข้มของสีอยู่ระดับ 0-255 ซึ่งต้องการ พื้นที่หน่วยความจำ 1 ไบต์ ในการรับความเข้มของสี ดังนั้นในแต่ละพิกเซล จะต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำจำนวน 3 ไบต์ ซึ่งมักจะแสดงด้วยเลขฐาน 16 จำนวน 6 หลัก แบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามสี ดังนั้น ค่าทั้งหมดจะอยู่ระหว่าง 000000-ffffff ส่วนภาพระดับเทาในแต่ละพิกเซลใช้ พื้นที่จำนวน 1 ไบต์ โดยมีค่าอยู่ในระดับ 0-255

การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา คือการหาค่าเฉลี่ยของความเข้มสีของทั้ง 3 สี เก็บค่าไว้ในความจำ 1 ไบต์ในแต่ละพิกเซลของภาพระดับเทา โดยการปรับภาพลักษณะนี้คือการทำภาพที่มีค่าเฉลี่ยของสีทั้ง 3 สี โดยเมื่อเรามองด้วยตาเปล่าอาจสังเกตเห็นว่ามีเพียง 2 สีเท่านั้นคือ สี ขาว กับสีดำ

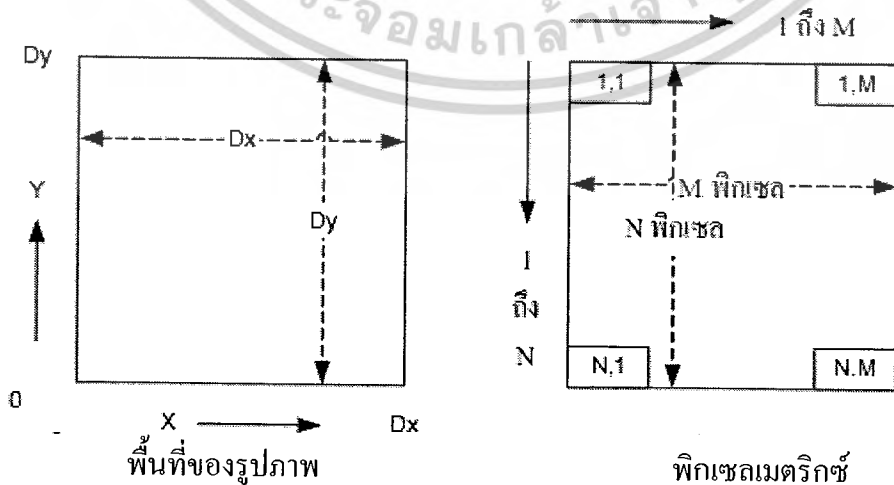
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1 แสดงการเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา

3.1.1 ระดับพิกเซล

ภาพจะได้รับการแบ่งรายระเอียดเป็นตารางเล็กๆเรียกว่า พิกเซล หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า จุดภาพ พิกเซลทั้งหมดถูกจัดเรียงกันเป็นแถว (Row) และ (Column) โดยมีจำนวนแถวทางแนวนอนเป็น  $N$  แถวและมีจำนวนแถวทางแนวตั้งเป็น  $M$  แถว วึ่งในแต่ละตำแหน่งของพิกเซลจะแทนด้วย  $P(i,j)$  โดยที่  $i$  และ  $j$  เป็นเลขจำนวนเต็มและเรียกการจัดเรียงของพิกเซลว่า พิกเซลเมตริกซ์ (Pixel Matrix) โดยจะแสดงดังรูปข้างล่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพกับพิกเซลเมตริกซ์ ซึ่งความแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ ตำแหน่ง  $x$  และ  $y$  ในรูปภาพจะเริ่มนับตั้งแต่มุมซ้าย ด้านล่าง แต่จำนวนพิกเซลในพิกเซลเมตริกซ์จะเริ่มนับตั้งแต่มุมซ้ายด้านบน



รูปที่3.1 ภาพประกอบ ตำแหน่ง  $x$  และ  $y$  ในรูปทั่วไป(ซ้าย) และพิกเซลเมตริกซ์(ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทลวงนไวสำหรับกรใช้งานเพื่อกรรศกษาเท่านน เมื่อนูญเตเห็นนไปเชบระโยชนด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การปรับความสว่าง(Brightness)

ปัญหาในการนำภาพเข้ามาโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่แปลงคุณสมบัติทางกายภาพ (ระดับความเข้มของแสง) ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า บางครั้งอาจทำให้ภาพสว่างมากหรือน้อยเกินไปเราสามารถปรับคุณภาพภาพได้โดยการทำ Gray – Level Transformation เพื่อเพิ่มและลดค่าของระดับความสว่างของภาพให้เหมาะสม

### 3.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้มีค่าสองระดับ(Binarization)

เป็นกระบวนการที่ทำภาพลายนิ้วมือให้มีค่าเพียงสองระดับ คือ ดำกับขาว (0,1) โดยจุดประสงค์เพื่อแยกส่วนนูนและส่วนร่องในภาพลายนิ้วมือออกจากกันให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในกระบวนการต่อไปโดยสามารถทำได้ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } f(x,y) > T \\ 0 & \text{ถ้า } f(x,y) \leq T \end{cases}$$

โดยกำหนดให้

$f(x,y)$  คือ ค่าสีที่ได้ในแต่ละพิกเซลจากภาพลายนิ้วมือที่นำมาปรับปรุง

$T$  คือ ค่าสีค่าหนึ่งในระดับเทาที่ทำการเลือกมาใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพระดับเทาที่อื่นพหุ

$g(x,y)$  คือ ค่าของภาพสองระดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าข้างต้น โดยจากสมการ หากค่า  $f(x,y)$  มีค่ามากกว่า  $T$  แล้วค่า  $g(x,y)$  จะมีค่าเป็น 1 นั่นคือเส้นร่องสีขาวในภาพลายนิ้วมือ และในทางตรงกันข้าม หากค่า  $f(x,y)$  มีค่าน้อยกว่า  $T$  แล้วค่า  $g(x,y)$  จะมีค่าเป็น 0 นั่นคือเส้นนูนสีดำในภาพลายนิ้วมือ

## บทที่ 4

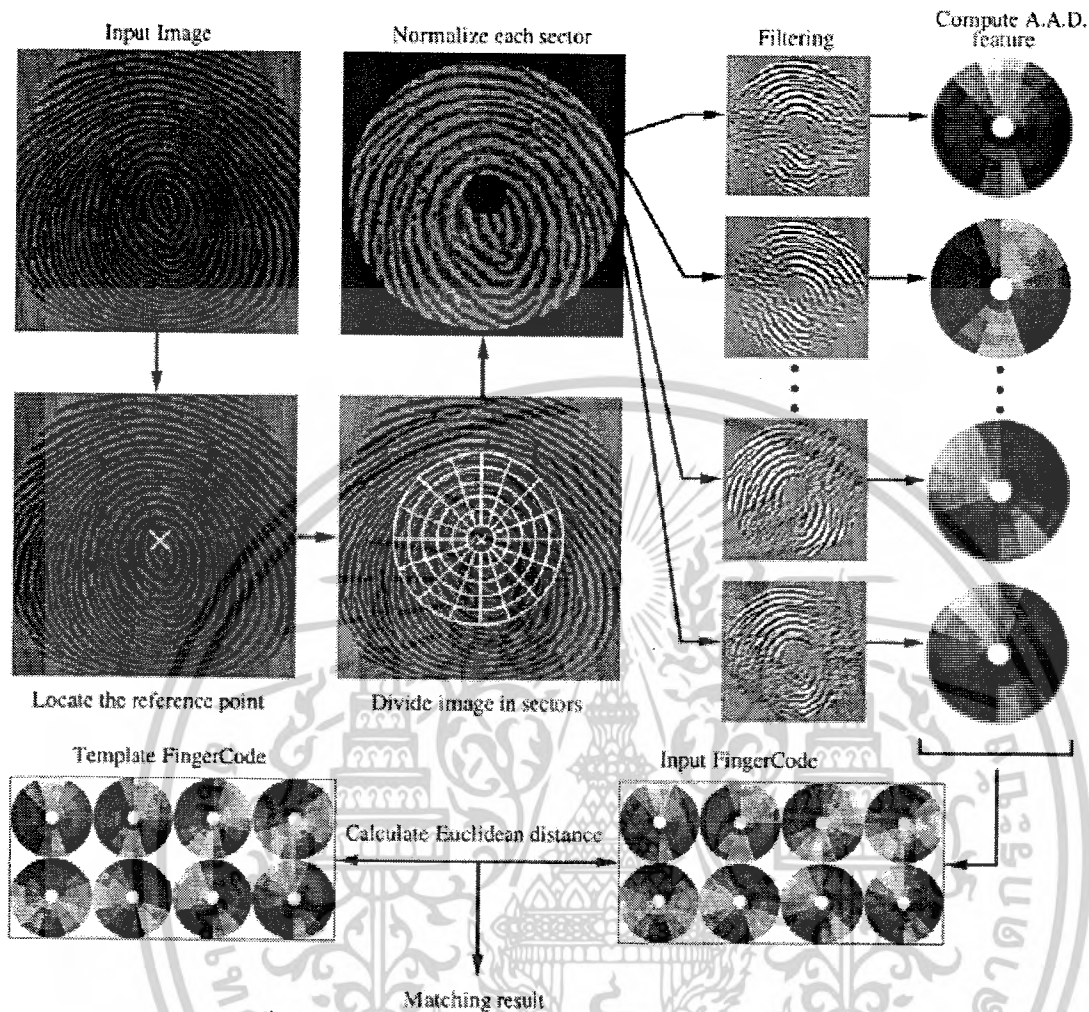
### กระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญซึ่งวัดระยะจากจุดศูนย์กลางและจุดลักษณะสำคัญ ซึ่งก็ต้องทำการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงก็มีจุดสำคัญเช่นเดียวกัน แต่ข้อดีของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าตรง False Reject Rate มีอัตราที่น้อยกว่า เพราะใช้การเปรียบเทียบจุดต่อจุดมาหาระยะซึ่งจากขั้นตอนนี้สามารถพิจารณาได้เลยว่าลายนิ้วมือนั้นตรงหรือไม่ โดยใช้จุดศูนย์กลางเปรียบเทียบกับจุดลักษณะพิเศษหลายจุดอาจมีข้อผิดพลาดได้ถ้าหากลายนิ้วมือมีข้อมูลภาพที่ขาดหายไป แต่การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ใช้ผลรวมของค่าความแตกต่างซึ่งอาจจะมีลายนิ้วมือที่เป็นประเภทเดียวกันแต่เป็นคนละลายนิ้วมือ

ความถูกต้อง (Accuracy) ในความถูกต้องเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆแล้วถือว่ามีความถูกต้องที่เท่าเทียมกัน หากเทียบกับมนุษย์แล้วยังถือว่ามีความถูกต้องกว่าอยู่พอสมควร ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อความถูกต้องนั้นคือ มาตรฐานในการเก็บภาพลายนิ้วมือที่มีคุณภาพทั้งเรื่องความคมชัด, น้ำหนักลายนิ้วมือ, องศาที่กำหนด และตำแหน่งการวางลายนิ้วมือ ในส่วนของกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ซึ่งมีจุดสำคัญที่การหาจุดศูนย์กลาง หากทำให้กระบวนการนี้มีความแม่นยำมากขึ้นจะทำให้ความถูกต้องของการเปรียบเทียบสูงไปด้วย โดยอาจใช้ภาพลายนิ้วมือเดียวกันที่ต่างครั้งพิมพ์หลายภาพเพื่อหาจุดศูนย์กลางให้แม่นยำ เช่น การตัดเอาส่วนที่มีคุณภาพดีของแต่ละภาพมารวมกันเป็นภาพลายนิ้วมือที่ดี, การหาค่าเฉลี่ยของพิกัดจากหลายภาพลายนิ้วมือเดียวกัน (อ้างอิงเฉพาะจากพื้นที่ที่มีลายนิ้วมือกดทับ เพราะหากพิจารณาทั้งภาพจะรวมเอาส่วนที่ไม่มีลายนิ้วมือเข้าไป ซึ่งหากลายนิ้วมือมีตำแหน่งหรือองศาที่คลาดเคลื่อนก็จะทำให้ผลคลาดเคลื่อนไปด้วย) เป็นต้น โดยหากมองในด้านขนาดแล้วแล้วการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank นั้นขนาดภาพที่เล็กกว่าจะทำให้เกิดค่าความแตกต่างของลายนิ้วมือน้อยกว่า ดังนั้นการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank จึงไม่เหมาะกับการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือขนาดใหญ่ และหากมีจำนวนลายนิ้วมือให้เปรียบเทียบจำนวนมาก โอกาสที่อัตราของความถูกต้องลดลงจะมีสูง ซึ่งจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการให้มีความแม่นยำมากขึ้น

ความมีเสถียรภาพ (Stability) การใช้คอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบย่อมมีเสถียรภาพที่ดีกว่ามนุษย์ที่มีความเหนื่อยล้า โดยหากเปรียบเทียบกับกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญถือว่าให้ความเร็วที่ดีกว่าเพราะมีการเก็บค่าที่น้อยกว่า กระบวนการต่างๆ ก็สั้นและไม่ซับซ้อน แต่ให้ผลความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในระบบที่ต้องรองรับข้อมูลจำนวนมากหากมองเรื่องเสถียรภาพแล้วแบบ Filter-Bank จะดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดง ขั้นตอนและกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ แบบ Filter-Bank

1. การรับข้อมูลรูปภาพ
2. การกำหนดตำแหน่งจุดอ้างอิง (Reference Point Location) จากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ
3. การสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) รอบจุดอ้างอิงแบ่งออกเป็น sector
4. การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)
5. การกรองรูปลายนิ้วมือ โดยใช้ Gabor filter
6. การคำนวณค่า AAD (Average Absolute Deviation) เพื่อเก็บเป็นลักษณะเฉพาะ
7. การเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

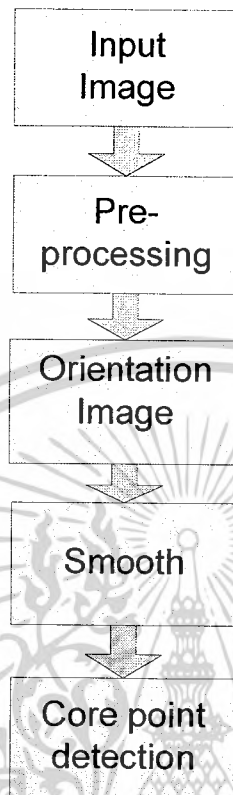
#### 4.1 การรับข้อมูลรูปภาพ (Input Image)

ในการรับข้อมูลรูปภาพที่เป็นลายนิ้วมือนั้นเราต้องทำการปรับรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบ Grayscale ขนาด 256×256 พิกเซล โดยในการเปรียบเทียบครั้งนี้ใช้รูปประเภท .tif และ .bmp โดยข้อมูลได้มาจากการสแกนลายนิ้วมือจากเครื่องสแกน

#### 4.2 กระบวนการหาจุดศูนย์กลาง (Core Point) ของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง(reference point)

เมื่อได้ภาพของลายนิ้วมือที่จะใช้ในการทดสอบแล้วจะทำการหาจุดศูนย์กลางการหาจุดอ้างอิง เป็นการนำเสนอถึงความแม่นยำในการหาจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือโดยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้มีการปรับปรุงและพัฒนาลำดับการคำนวณบริเวณพื้นที่ๆ น่าสนใจเพื่อที่จะกำหนดทิศทางของสันและนำลักษณะเทคนิคการหาทิศทางของส่วน โคงง(DC) ได้ใช้ในการคำนวณหาจุดอ้างอิงแบบหยาบและใช้วิธีการคำนวณทางเรขาคณิต (GR) เพื่อใช้ในการค้นหาลายพิมพ์นิ้วมือแบบละเอียด

### Direction of curvature , Point care and Geomtry or regien(DC and GR)



รูปที่4.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณหาจุดศูนย์กลางอ้างอิงของลายพิมพ์นิ้วมือ

ขั้นตอนการคำนวณเพื่อค้นจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือ โดยใช้เทคนิคทางเรขาคณิต(GR) เป็นวิธีการหาจุดอ้างอิงโดยมีเงื่อนไขในการหาได้ดีในหน้าต่างภาพขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามถ้าหน้าต่างมีภาพขนาดใหญ่อาจจะไม่สามารถหาจุดอ้างอิงได้ทั้งหมด จึงเป็น โอกาสของเทคนิคของการหาส่วนโค้ง (DC) เป็นเทคนิคที่สามารถประมาณจุดอ้างอิงได้อย่างรวดเร็วในส่วนที่มีความผิดปกติได้ดียิ่งไปกว่านั้นมีการคำนวณที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนซึ่งเหมาะสมที่จะนำเสนอเทคนิคการหาจุดอ้างอิงทั้งสองนำมาใช้ร่วมกัน โดยเริ่มจากขั้นตอนการเตรียม (Preprocess) เพื่อทำให้เป็นมาตรฐานและประมาณทิศทางและทำการปรับทิศทางหลังจากนั้นใช้เทคนิคการหาส่วนโค้ง(DC) เพื่อประมาณจุดอ้างอิงเป็นอันดับแรกเพื่อหาบริเวณซึ่งประกอบด้วยจุดอ้างอิงที่น่าสนใจและทำการตัดภาพบริเวณที่น่าสนใจเพื่อคำนวณหาทิศทางและใช้เทคนิคทางเรขาคณิต (GR) หาจุดอ้างอิง ขั้นตอนนี้เป็นเทคนิคที่เหมาะสมใช้หาจุดอ้างอิง โดยอธิบายดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 กระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)

การปรับสมดุลของภาพให้เข้าสู่ภาพสมมูลมาตรฐาน (Normalization) ลักษณะการปรับภาพเบื้องต้นเมื่อภาพเข้ามาในกระบวนการเป็นวิธีการเปลี่ยนค่าความเข้มระดับจุดของภาพและค่าความชัดเจนระดับจุดของภาพซึ่งขบวนการนี้เป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เป้าหมายหลักการของปรับภาพเข้าสู่ภาพสมมูล (Normalization) เพื่อกำหนดค่าความเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มของภาพ ซึ่งมี 256 ระดับโดยปรับค่าเฉลี่ยของแต่ละบริเวณพื้นที่ โดยใช้สมการดังนี้ กำหนดให้  $I(i, j)$  แทนระดับความเข้มของภาพ 256 ระดับและ  $N(i, j)$  แทนการปรับภาพเข้าสู่สมมูลมาตรฐานที่พิกเซล  $(i, j)$   $M(I)$  และ  $V(I)$  เป็นค่าเฉลี่ย และ ค่าการเบี่ยงเบนของ  $I(i, j)$  ตามลำดับ

$$N(i, j) = \begin{cases} \frac{M_0 + \sqrt{\frac{V_0(I(i, j) - M^2)}{V}}}{M_0 - \sqrt{\frac{V_0(I(i, j) - M^2)}{V}}} & \text{if } I(i, j) > M \\ \frac{M_0 - \sqrt{\frac{V_0(I(i, j) - M^2)}{V}}}{M_0 + \sqrt{\frac{V_0(I(i, j) - M^2)}{V}}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

โดย  $I(i, j)$  เป็นค่าระดับเทา (gray-level value) ที่พิกเซล  $(i, j)$

$M$  เป็นค่า mean ของภาพ

$V$  เป็นค่า variance ของภาพ

$N(I, j)$  เป็นค่า normalized ที่พิกเซล  $(i, j)$

$M_0$  และ  $V$  เป็นค่า mean และค่า variance ที่ต้องการตามลำดับ

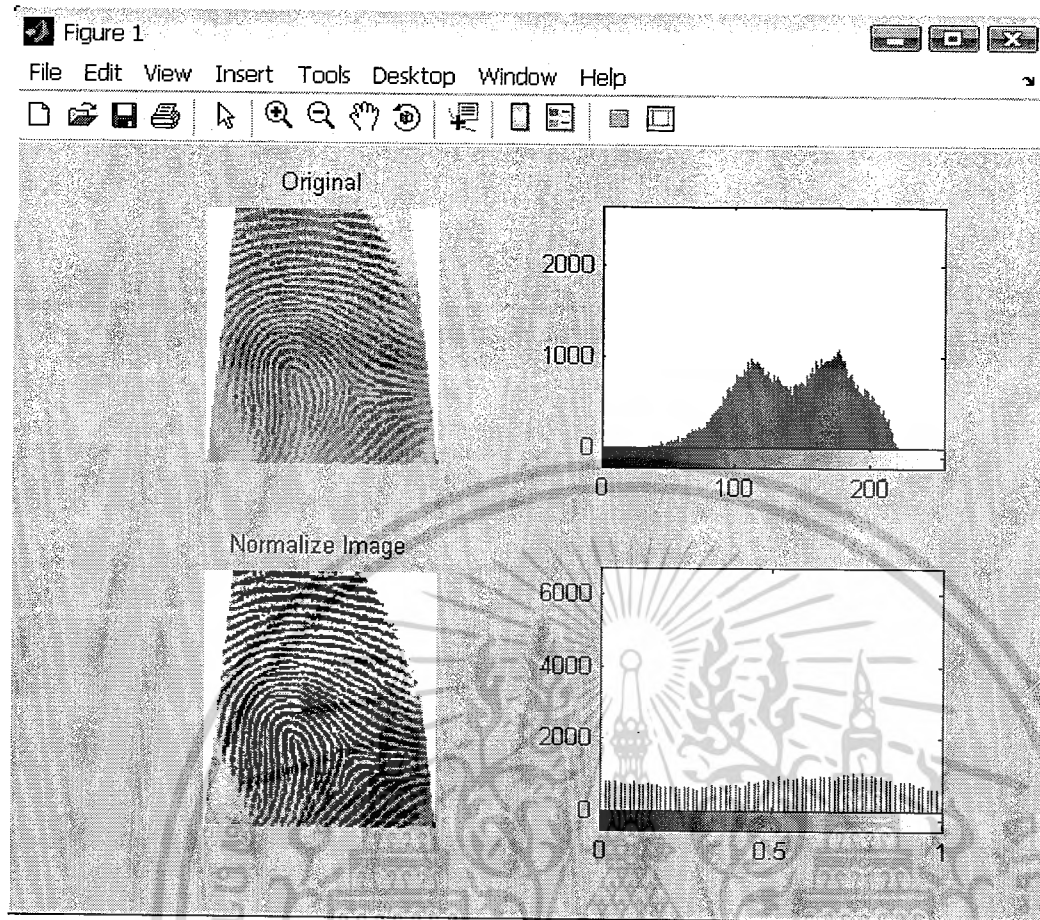
การนอร์มัลไลเซชันเป็นการกระทำในระดับพิกเซลซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงความชัดเจนของโครงสร้างเส้นนูนและร่องของภาพ



(a)

(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 (a) รูปต้นแบบ (b) รูปที่ผ่านการทำnormalized

#### 4.2.2 ขั้นตอนการประมาณทิศทางโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือ Orientation Image (ภาพทิศทาง)

ในขั้นตอนการหาทิศทางของภาพโดยให้ภาพลายนิ้วมือผ่านการปรับปรุงในขั้นตอนแรก  $N(i, j)$  และดำเนินการต่อดังต่อไปนี้

แบ่งภาพลายพิมพ์นิ้วมือขนาด  $M \times N$  พิกเซล (การทดลองใช้ภาพขนาด  $320 \times 320$  พิกเซล) ที่ผ่านการปรับสมดุลในขั้นตอนแรก  $N(i, j)$  เป็นพื้นที่ย่อยๆ ขนาด  $w \times w$  ( $21 \times 21$  พิกเซล) โดยกำหนดให้  $M_0$  และ  $V_0$  ค่าเท่ากับ 50

คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของระดับจุดของภาพ  $O_x(i, j)$  และ  $O_y(i, j)$  ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Sobel ประเมินทิศทางของภาพลายนิ้วมือแต่ละพื้นที่ย่อย ที่ได้จากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของระดับจุด  $(i, j)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการคำนวณค่าเกรเดียนท์  $\partial_x(i, j)$  และ  $\partial_y(i, j)$  ของแต่ละพิกเซล  $(i, j)$  ซึ่งในรายงานนี้ได้ใช้วิธีการหาขอบภาพด้วยวิธีของSobel (Sobel Edge Detection) โดยการใช้น้ำกาทขนาด 3x3 ไปทำการ convolution กับภาพของเรา ดังนี้

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

Gx

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

Gy

ทำการประมาณทิศทางการกำหนดทิศทางบริเวณใกล้เคียงของแต่ละศูนย์กลางของแต่ละพิกเซล  $(i, j)$  โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)) \tag{2}$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right)$$

โดยที่  $\theta(i, j)$  เป็นค่าประมาณของทิศทางที่ใกล้เคียง ณ ตำแหน่ง  $(i, j)$

เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับลายนิ้วมือได้แก่ โครงสร้างของเส้นนูนและร่องมีส่วนที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น ลักษณะสายอื่น ๆ ทำให้การประมาณทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียง  $\theta(i, j)$  ไม่ถูกต้องเสมอไป เนื่องจากการกำหนดทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ในบริเวณที่ใกล้เคียงโดยไม่มีจุดเด่นปรากฏขึ้น ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถที่จะใช้ในการปรับปรุงทิศทางที่ไม่ถูกต้องของสันบริเวณใกล้เคียงได้ ในการใช้ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านนั้นภาพที่กำหนดทิศทางแล้วจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกลับไปในรูปแบบของเวกเตอร์ที่ต่อเนื่อง ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

$$\phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j))$$

$$\phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j))$$

โดย  $\phi_x$  เป็น vector field ในแกน x  
 $\phi_y$  เป็น vector field ในแกน y

ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถเขียนได้ดังนี้

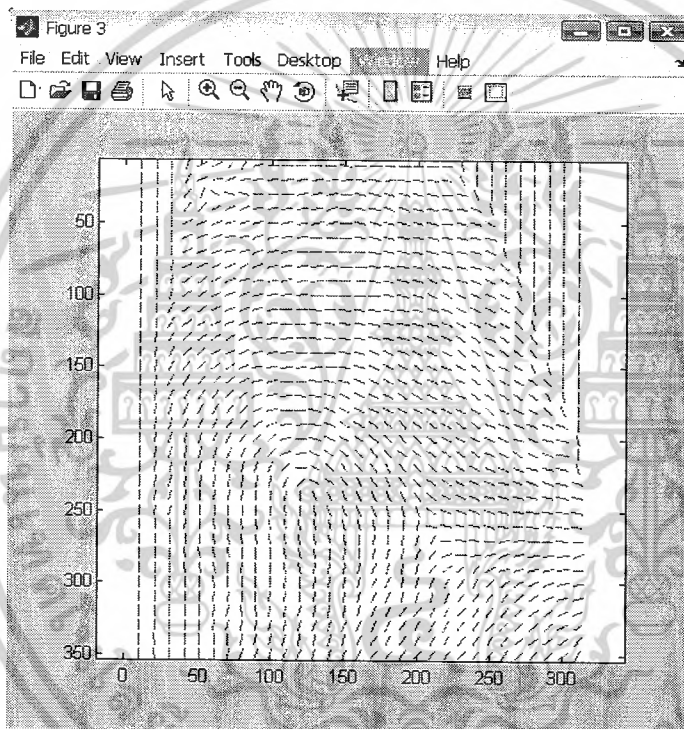
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\Phi'_x(i, j) &= \sum_{u=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} \sum_{v=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} W(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw) \\ \Phi'_y(i, j) &= \sum_{u=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} \sum_{v=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} W(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw)\end{aligned}\quad (3)$$

โดย  $W$  คือ ฟังก์ชันกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ 2 มิติ โดนจำนวนเต็มและ  $w_\phi \times w_\phi$  คือขนาดของฟิลเตอร์เพื่อให้การใช้งานทำให้ภาพออกมาเรียบที่สุด ขนาดของฟิลเตอร์ที่ใช้ควรจะเป็น  $5 \times 5$

3.2.1.2.4 คำนวณทิศทางของเส้นที่อยู่ใกล้กัน ณ ตำแหน่ง  $(i, j)$  โดยใช้

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan\left(\frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)}\right) \quad (4)$$



รูปที่ 4.3 แสดงภาพทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ

#### 4.2.3 การเปรียบเทียบกับหลักการหาจุดอ้างอิง

พื้นที่บริเวณที่ต้องการค้นหา มีหลายวิธีในการหาพื้นที่บริเวณจุดแกนซึ่งเราต้องการวิธีค้นหาจุดแกนที่มีความแม่นยำในการชี้ตำแหน่ง โดยเราใช้เทคนิคหลายๆเทคนิคเข้ามาช่วยในการหาจุดแกนกลาง โดยจะแสดงวิธีต่างๆที่ได้รับความนิยมโดยแสดงไว้ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3.1 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดยเรขาคณิต (Geometry of region: GR)

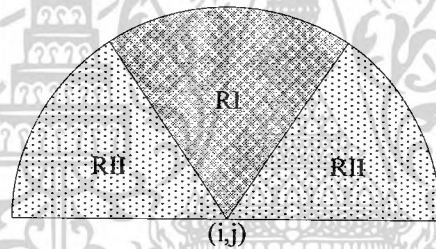
- 1) คำนวณหาค่า  $\mathcal{E}$  ที่อยู่ในภาพซึ่งมี sine เป็นส่วนประกอบ

$$\mathcal{E}(i, j) = \sin(\theta'(i, j)) \quad (5)$$

- 2) กำหนดตำแหน่ง  $X$  ในภาพเป็นตัวชี้จุดอ้างอิง
- 3) รวบรวมค่า  $\mathcal{E}$  ทุกพิกเซล(i,j) ที่ได้จากส่วนประกอบของ sin ในบริเวณ RI และ RII และก็กำหนดค่าตามสมการ

$$A(i, j) = \sum_{RII} \mathcal{E}(i, j) - \sum_{RI} \mathcal{E}(i, j) \quad (6)$$

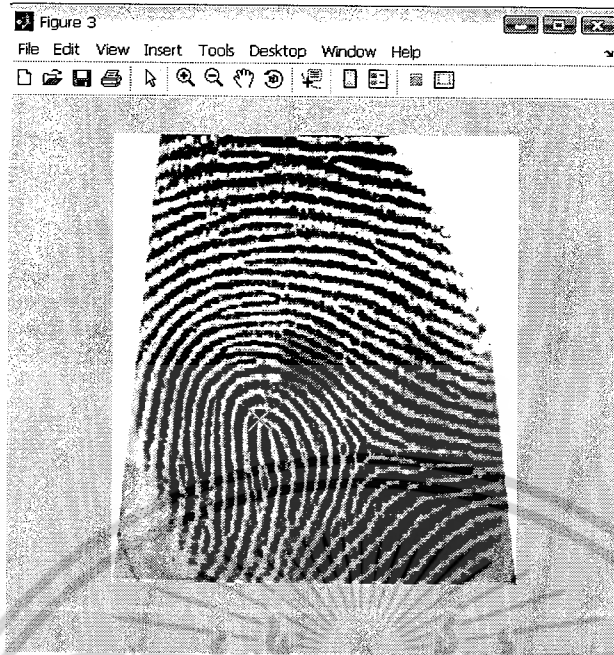
โดยบริเวณ RI และ RII เป็นรัศมีจากจุดศูนย์กลางไปยังเส้นซึ่งจากจุดศูนย์กลางไปยังส่วนโค้ง บริเวณรอบๆ ที่ 10 pixels หรือประมาณ 1 เส้น จากจุดศูนย์กลางโดยจะใช้เป็นบริเวณจุดอ้างอิง โดยในการออกแบบได้เก็บค่าสูงสุดของเส้น อย่างไรก็ตามการค้นหาจุดอ้างอิงซึ่งจะประสบความสำเร็จในการหาจุดศูนย์กลางลายพิมพ์นิ้วมือในบางกรณี ซึ่ง ความไม่แม่นยำในการค้นหาจุดอ้างอิงและค่าที่ไม่แน่นอนของจุดอ้างอิงของลายพิมพ์นิ้วมือ โดยใช้ส่วนโค้ง



- 4) ค้นหาค่าสูงสุดใน  $X$  และกำหนดพิกัดจุดแกนเป็นจุดอ้างอิงลายพิมพ์นิ้วมือ
- 5) สำหรับกรณียังไม่สามารถหาจุดอ้างอิงที่แน่นอนจำเป็นต้องทำการซ้ำในขั้นตอนที่ โดย ใช้ภาพขนาด  $w' \times w'$  ซึ่ง  $w' < w$  และจำกัดการค้นหาในขั้นตอนที่ 5 ในบริเวณข้างเคียงของจุดอ้างอิง ในการทดลองใช้  $w = 5$  pixel

การทดลองประสบความสำเร็จในการอ้างอิงจุดศูนย์กลางในบางกรณีซึ่งในการประมาณจุดอ้างอิงซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางที่เราได้กำหนดด้วยสายตาประมาณ 10 – 20 pixel (ประมาณ 1-2 เส้น) จากจุดศูนย์กลางที่น่าจะเป็นและเราได้แสดงผลการทดลองตามรูป 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ระบุจุด Core point ภาพต้นฉบับ

#### 4.2.3.2 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดยหาทิศทางความโค้ง (Direction of Curvature: DC)

- 1) คำนวณค่าที่ปรับทิศทาง  $\theta$  โดยคำนวณได้จากสมการที่ (4) ใช้การบล็อกจตุรัสขนาดเล็กในการคำนวณ  $w \times w$  ซึ่งในการคำนวณเรากำหนดให้  $w = 3$
- 2) ปรับบริเวณรอบๆ ให้มีความกลมกลืน โดยกำหนดให้การปรับพื้นที่รอบๆ เป็น  $\theta'$  จากสมการที่ (11)
- 3) กำหนดตำแหน่ง  $X$  ในภาพเป็นตัวชี้จุดอ้างอิง
- 4) หลังจากปรับทิศทางให้มีความกลมกลืนกันที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ (3)-(4) ในเอกสารนำเสนอ หลังจากได้นั้นคำนวณโดยใช้สมการ

$$Diff X = \sum_{j=1}^n \sin 2O(i, j) - \sum_{i=1}^n \sin 2O(i, j) \quad (7)$$

$$Diff Y = \sum_{j=1}^n \cos 2O(i, j) - \sum_{i=1}^n \cos 2O(i, j) \quad (8)$$

- 5) สมการที่ (7)-(8) ทำการคำนวณทุกอย่างบล็อกโดยเลื่อนออกไปที่ละพิกเซลโดยค่า  $DiffX$  และ  $DiffY$  มีค่าน้อยกว่า 0 เราจะทำการระบุเครื่องหมาย  $X$  ลงในภาพต้นฉบับโดยอ้างอิงพิกัดจุดจากตำแหน่ง  $(i, j)$  ที่  $DiffX$  และ  $DiffY$  มีค่าน้อยกว่า 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ระบุจุด Core point และ Delta point ภาพต้นฉบับ

#### 4.2.3.3 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดย Point' care index

- 1) คำนวณค่าที่การปรับทิศทาง  $\theta'$  จากสมการที่ (4) ใช้การบล็อกจตุรัสขนาดเล็กทำการคำนวณไปที่ละบล็อกเราใช้บล็อกขนาด  $3 \times 3$  โดยเลื่อนไปที่ละพิกเซลและในพื้นที่ขนาด  $M \times N$  ซึ่ง  $\theta'(i, j)$  เป็นการปรับทิศทางบริเวณสั้นที่จุด  $(i, j)$  ทุกจุดในภาพ
- 2) หลังจากทำการคำนวณจากสมการที่ (1)-(3) เราจะทำการคำนวณโดยใช้ สมการที่ (4) โดยในสมการที่ (4) เรากำหนดให้  $\theta(x, y)$  มีทิศทางเดียวกับ  $\theta'(i, j)$  แล้วนำมาคำนวณตามสมการที่ (9) โดย นำมาคำนวณทุกบล็อกในที่นี้เรากำหนดให้ขนาดของบล็อกมีขนาดเท่ากับ  $3 \times 3$  และ โดยที่ในแต่ละบล็อกมีพิกเซลอยู่จำนวน 9 เรากำหนดให้  $\theta(x_k, y_k)$  เป็นจุดกึ่งกลางของบล็อกซึ่งมีจุดรอบๆจำนวน 8 จุดซึ่งเรากำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $N_p$  ในสมการที่
- 3) ต่อจากนั้นทำการคำนวณหาค่า  $\delta(k)$  ในสมการที่ (9) โดยทำการเลื่อนไปที่ละบล็อก

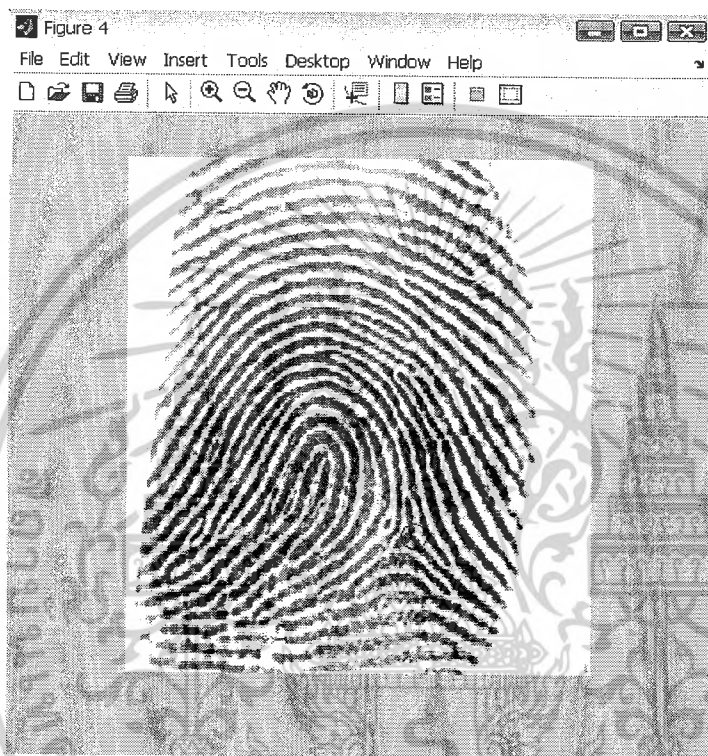
$$\delta(k) = \theta(x_{(k+1) \bmod N_p}, y_{(k+1) \bmod N_p}) - \theta(x_k, y_k) \quad (9)$$

$$Poincare(i, j) = 1/2\pi \sum_{k=0}^{N_p-1} \Delta(k) \quad (10)$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k) & \text{if } |\delta(k)| < \pi/2 \\ \pi + \delta(k) & \text{if } \delta(k) < -\pi/2 \\ \pi - \delta(k) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

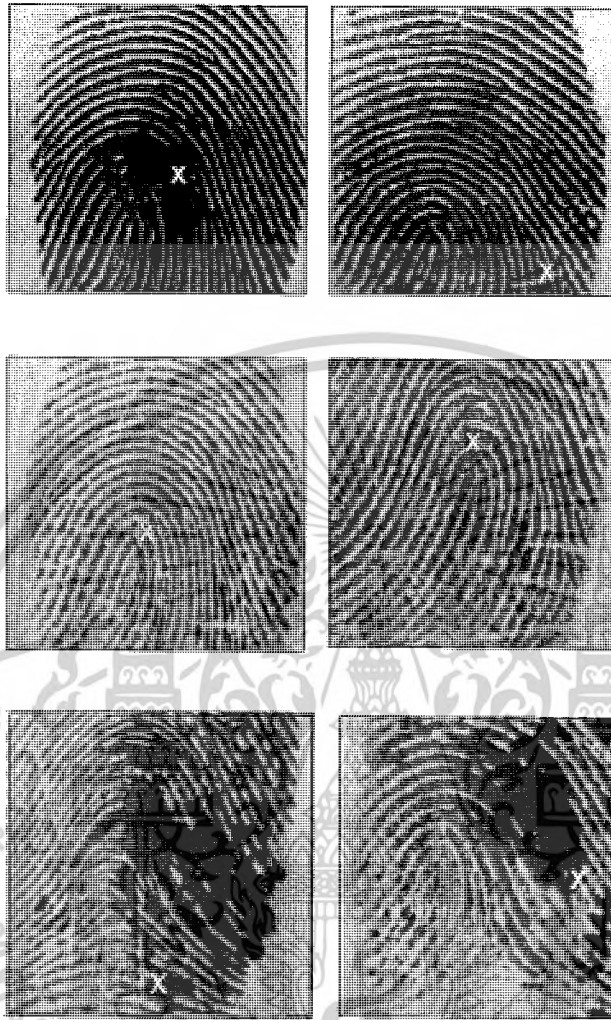
- 4) เมื่อได้ค่า  $\delta(k)$  นำค่า  $\delta(k)$  มาทำการปรับมุม โดยเรากำหนดค่าที่ได้จากการปรับมุม กำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $\Delta(k)$
- 5) หลังจากคำนวณสมการที่(9) และ(11) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต่อไปเป็นการคำนวณ Point' care index โดยใช้สมการที่ (10) หาค่าผลรวมในแต่ละบล็อกแล้วหารด้วย  $2\pi$  และ Point' care มีค่าเป็น 1 ให้กำหนดเครื่องหมาย X เพื่อแสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลาง



รูปที่4.6 แสดงการระบุจุด Core point และ Delta point

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อผิดพลาดในการระบุจุดจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลภาพไม่เพียงพอ หรือ ข้อมูลภาพขาดหายไปจึงทำให้โปรแกรมเกิดการคำนวณผิดพลาดส่งผลต่อการคำนวณในภาคต่อไป เพราะถ้าระบุตำแหน่งของจุดกึ่งกลางรูปลายนิ้วมือผิดจะทำให้ขั้นตอนต่อไปผิดพลาดไปด้วยดังนั้น ในส่วนของการหาจุดอ้างอิงจึงมีความสำคัญมากในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ระบุตำแหน่งผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 การสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) รอบจุดอ้างอิงแบ่งออกเป็น sector

จะเป็นการสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือโดยแบ่งออกเป็นส่วนๆ โดยหากกำหนดให้  $(x,y)$  เป็นตำแหน่งจุดใดๆในภาพลายนิ้วมือขนาด  $M \times N$  พิกเซล โดยนิยามให้  $(x_c, y_c)$  เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการกำหนดพื้นที่ที่ให้ความสนใจซึ่งจะครอบคลุมทุก sector  $s_i$  เมื่อ  $i$  เป็นลำดับของ sector ที่ถูกคำนวณในเทอมของพารามิเตอร์  $(r, \theta)$  โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i = \{(x, y) | b(T_i + 1) \leq r < b(T_i + 2), \theta_i \leq \theta < \theta_{i+1}, 1 \leq x \leq N, 1 \leq y \leq M\}$$

เมื่อ  $i =$  ลำดับค่าที่เป็นไปได้ของการแบ่ง sector ซึ่งอยู่ระหว่าง  $0, \dots, (B \times k - 1)$  ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ

0-79

โดย

$B =$  คือจำนวนรอบวงซ้อนภายในพื้นที่ที่เราสนใจซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 5

$k =$  คือจำนวนตัดแบ่งรอบวงกลมซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 ในแต่ละวง

นั่นคือแต่ละส่วนจะถูกแบ่งออกเป็น  $360/16 = 22.5$  องศา

$b =$  ระยะห่างในแต่ละรอบวงซ้อนซึ่งในที่นี้มีค่าความกว้างเท่ากับ 20 พิกเซล ซึ่งเป็นความกว้างที่เหมาะสมในการกำหนดพื้นที่แต่ละ Sector ที่จะเก็บลักษณะสำคัญแต่ละส่วน โดยหากมากกว่านี้จะทำให้เก็บข้อมูลเฉพาะแต่ละส่วนไม่ได้

$$T_i = i \text{ div } k,$$

$$\theta_i = (i \text{ mod } k) \times (2\pi/k),$$

$$r = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}$$

$x_c, y_c =$  จุดศูนย์กลางที่คำนวณได้

$$\theta = \tan^{-1}((y - y_c) / (x - x_c))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการแบ่งส่วนออกเป็น sector จากจำนวนรอบและองศาที่แบ่งตัด ซึ่งจากภาพคือ  $5 \times 16 = 80$  sector โดยมีระยะความกว้างในแต่ละวงเท่ากับ 20 พิกเซล โดยรอบวงด้านในสุดจะไม่ถูกใช้เป็นที่ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางซึ่งมีค่าความโค้งในมุมที่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้

#### 4.4 การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)

การปรับแต่งคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์ในการปรับความแปรปรวนของระดับสีเทาของเส้นสันและร่องลายนิ้วมือเนื่องจากแรงกดนิ้วมือในภาพมีไม่เท่ากัน ให้อยู่ในระดับมาตรฐานเพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเส้นสัน ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{\text{VAR}_0(I(i, j) - M^2)}{\text{VAR}}} & \text{if } I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{\text{VAR}_0(I(i, j) - M^2)}{\text{VAR}}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

เมื่อ

$N(i, j)$  คือ ระดับค่าสีเทาของภาพที่ปรับแล้วที่จุดภาพ  $(i, j)$

$I(i, j)$  คือ ค่าระดับสีเทาของจุด  $(i, j)$  บนภาพก่อนทำการ Normalization

$M$  คือ ค่าประมาณเฉลี่ยของ  $I$  ใน sector นั้นๆ

$\text{VAR}$  คือ ค่าแปรปรวนของ  $I$

$M_0$  คือ ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

$\text{VAR}_0$  คือ ค่าความแปรปรวนที่ต้องการ

#### 4.5 การกรองรูปลายนิ้วมือโดยใช้ Gabor

##### 4.5.1 การกรองภาพแบบการบอร์(Gabor Filters)

ลักษณะสำคัญของเส้นลายนิ้วมือของมนุษย์คนเรามีจุดที่แตกต่างกันไป โดยเฉพาะบริเวณลายนิ้วมือลักษณะจำเพาะ ที่แตกต่างกัน ในขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์หาจุดเปรียบเทียบลายนิ้วมือ เราจำเป็นต้องทำให้ภาพมีลักษณะที่เด่นชัดขึ้น โดยใช้การกรองภาพแบบการบอร์(Gabor Filters) มาใช้ในขบวนการวิเคราะห์ภาพลายนิ้วมือ โดยการกรองแบบการบอร์เป็นการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ(Fingerprint Image Enhancement)ที่รับเข้ามาให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นเนื่องจากภาพที่ได้อาจมีลักษณะบางส่วนของภาพที่ขาดหายไป ขาดความชัดและมีสัญญาณรบกวนอาจเกิดจากปริมาณความชื้น ความสกปรก และน้ำมันของผิวหนัง ทำให้ช่องว่างระหว่างอากาศระหว่างผิวของนิ้วมือและผิวของตัวตรวจจับ ทำให้ผลภาพของลายนิ้วมือไม่ถูกต้อง ดังนั้นเราจึงได้ขบวนการกรองภาพมาใช้

ลักษณะสำคัญของการกรองแบบการบอร์(Gabor Filters)

การกรองแบบการบอร์เป็นการกรองที่ใช้ตัวกรองช่วงความถี่ผ่าน(Bandpass Filters) เพื่อสามารถขจัดสัญญาณรบกวนและยังคงโครงสร้างของเส้นนูนและเส้นร่องที่ถูกต้องได้ ตัวกรองการบอร์สามารถกำหนดค่าความถี่และทิศทางได้ทั้งในโดเมนความถี่ และ โดเมนเวลา โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G(x, y, f, \theta) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x'^2}{\sigma_x'^2} + \frac{y'^2}{\sigma_y'^2}\right]\right\} \cos(2\pi f x')$$

$$x' = x \sin(\theta) + y \cos(\theta)$$

$$y' = x \cos(\theta) - y \sin(\theta)$$

โดยที่  $x' = x \sin(\theta) + y \cos(\theta)$

$$y' = x \cos(\theta) - y \sin(\theta)$$

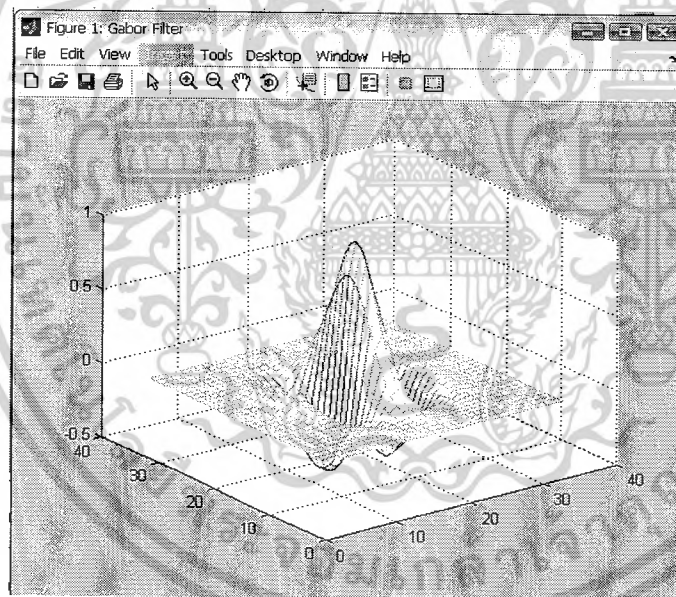
$\theta$  เป็นทิศทางภาพของลายนิ้วมือ

$f$  เป็นความถี่ของลายนิ้วมือ

$\sigma_x'$  เป็นค่าคงที่ของช่องว่างของ Gaussian Envelope ไปตามแกน x

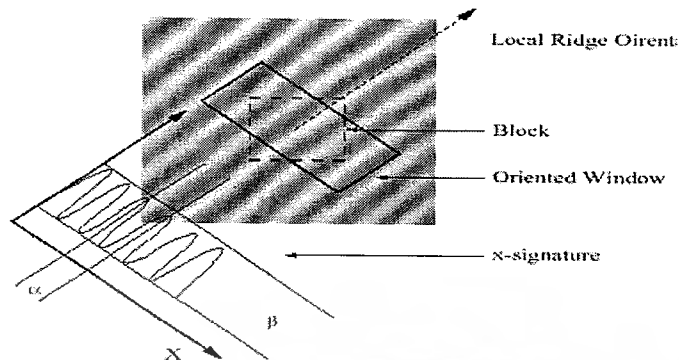
$\sigma_y'$  เป็นค่าคงที่ของช่องว่างของ Gaussian Envelope ไปตามแกน y

ในการกรองของภาพลายนิ้วมือในโครงการนี้จะแบ่งทิศทางของมุมในการฟิลเตอร์ภาพ ออกเป็น แปรทิศด้วยกัน คือ  $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ$



รูปที่ 4.8 จากรูปสามารถอธิบายชัดยิ่งขึ้นว่า  $f$  ค่าความถี่ที่มีลักษณะเป็นสัญญาณไซน์ (Sinusoidal Wave) เคลื่อนที่ตามทิศทางของมุม  $\theta$  และ  $\sigma_x'$  และ  $\sigma_y'$  คือค่าคงที่ของช่องว่างของ Gaussian Envelope โดยมีทิศทางไปตามแนวแกน x แกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณไซน์ (Sinusoidal Wave) เคลื่อนที่ตามแนวแกน x

การกรองภาพด้วยตัวกรองแถบความถี่ แบบเกเบอร์ ชนิดมีทิศทาง จากคุณสมบัติที่ว่าภาพลายนิ้วมือเป็นทางเดินของเส้นขนานกันมีความถี่และทิศทางที่แน่ชัดในบริเวณท้องถิ่นอันหนึ่ง คุณสมบัติอันนี้เป็นประโยชน์อย่างมากที่จะช่วยในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการจากการที่เราสามารถประมาณให้เส้นลายนิ้วมือและร่องระหว่างลายนิ้วมือ เป็นลักษณะของรูปคลื่นไซน์ และลักษณะของรูปคลื่นไซน์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยในบริเวณท้องถิ่นอันหนึ่ง ดังนั้น ตัวกรองแบบผ่านแถบความถี่ (Bandpass Filter) ที่ถูกปรับแต่งให้สอดคล้องกับความถี่นี้และมีทิศทางเป็นไปตามบริเวณนั้น สามารถที่จะกำจัดสัญญาณรบกวน และแสดงลักษณะของเส้นและร่องลายนิ้วมือให้ชัดเจน ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากคุณสมบัติทั้งหมดนี้ ตัวกรองที่สามารถทำให้เป็นไปตามคุณสมบัตินี้ได้ก็คือ ตัวกรองแบบเกเบอร์ชนิดมีทิศทาง (Directional Gabor Filter)

จากรูปการกรองแบบเกเบอร์สังเกตุได้ว่า บริเวณทิศทางมุมที่เราทำการฟิลเตอร์ ลักษณะของรูปจะแสดงเส้นลายนิ้วมือได้อย่างเด่นชัด โดยลักษณะภาพจะมีความคมชัดหรือถูกต้องมากขึ้นเพียงใด ต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกันเช่น ข้อมูลภาพที่เรามาทำการตรวจสอบมีการผิดพลาดเล็กน้อยเพียงใด ถ้าข้อมูลภาพมีการขาดหายมาก อาจทำให้การตรวจสอบมีการผิดพลาดมากยิ่งขึ้น และ อีกกรณีหนึ่งคือการปรับภาพซึ่งจะอยู่ในขบวนการ โดยเทคนิคการปรับภาพมีความสำคัญมาก ถ้าเราปรับภาพได้มีคุณภาพการกรองภาพก็จะสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 ทำการคำนวณหาค่า AAD (Average Absolute Deviation)

เป็นการหาเฉลี่ยของผลรวมผลต่างค่าสัมบูรณ์ค่าระดับสีเทาของแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศาที่ผ่านการทำ gabor filter

$$V_{i\theta} = \frac{1}{n_i} \left( \sum_{n_i} |F_{i\theta}(x, y) - \bar{F}_{i\theta}| \right)$$

โดย  $i$  เป็นลำดับแต่ละ sector

? เป็นองศาที่ใช้ทำ gabor filter ซึ่งประกอบไปด้วย  $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ$  และ  $157.5^\circ$  (เป็นการทำส่วนกลับที่ต่างกัน  $180^\circ$  ด้วย) แบ่งได้เป็น 16 ส่วน

$F_{i\theta}$  เป็นค่าระดับเทาของแต่ละพิกเซลของแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศา

$\bar{F}_{i\theta}$  เป็นค่าระดับเทาเฉลี่ยแบบมัธยฐานของทุกพิกเซลในแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศานั้น ดังนั้นใน 1 ไลยนิ้วมือเราจะได้ค่าในแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศาเป็น  $4 \times 16 = 64$  ค่า เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบไลยนิ้วมือ

#### 4.7 ทำการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance

เป็นสูตรหาค่าระยะห่างระหว่าง จุด  $x$  และ  $y$  แบบ 2 มิติ ซึ่งมาประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบค่าระดับเทาของแต่ละ sector ของสองไลยนิ้วมือเพื่อคำนวณหาความแตกต่างออกมา ซึ่งหากมีค่ามากแสดงว่า 2 ไลยนิ้วมือนั้นแตกต่างกันมาก โดยใช้สูตรดังนี้

$$d = |x - y| = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^2}$$

โดย  $x$  และ  $y$  แทนค่า AAD ในแต่ละ sector

$$V_{i\theta}^R = V_{i\theta}$$

$$i' = (i + k + R) \bmod k + (i \operatorname{div} k) \times k$$

$$\theta' = (\theta + 180^\circ + 22.5^\circ \times R) \bmod 180^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ( $k=16$ ) คือจำนวนของทิศทาง

$i$  เป็นลำดับของ sector ซึ่ง  $i \in [0,1,2,\dots,79]$

และ  $\theta \in [0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ]$

โดย  $V_{i\theta}$  เป็นการนำค่า AAD ที่ตำแหน่ง sector ที่  $i$  ของภาพที่กรองด้วยองศา  $\theta$  มาเปรียบเทียบกับ  $V_{i\theta}$  ในอีกภาพลายนิ้วมือที่มาทำการเปรียบเทียบโดยแปรผันตามค่า  $R$  ซึ่งโดยมาตรฐานแล้วในแต่ละ sector ที่  $i$  ของภาพที่กรองด้วยองศา  $\theta$  หนึ่งๆจะทำการนำมาค่า AAD เปรียบเทียบกับค่า AAD ในอีกภาพลายนิ้วมือทั้งหมด 5 ตำแหน่งตามค่า  $R$  ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่  $-2,-1,0,1,2$  คือ  $V_{i\theta}^{-2}, V_{i\theta}^{-1}, V_{i\theta}^0, V_{i\theta}^1, V_{i\theta}^2$  ด้วยความคาดหวังว่าการวางภาพของลายนิ้วมือทั้งสองนั้นจะไม่ต่างกันเกิน  $-45$  ถึง  $+45$  องศา นั่นคือที่  $-45,-22.5,0,22.5-45$  ตามลำดับ แล้วทำการเลือก  $V_{i\theta}^R$  ตัวที่ได้ผลค่า Euclidian distance ที่น้อยที่สุดที่ทำกับ  $V_{i\theta}$  ทำเช่นนี้กับทุกๆ sector ในแต่ละรูปของการกรองทั้ง 8 องศา แล้วนำผลทั้งหมดมารวมกันจากนั้นนำมาเทียบกับลายนิ้วมืออื่นๆต่อไป โดยลายนิ้วมือไหนที่มีค่าการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance น้อยที่สุด โดยหากอยากเพิ่มขอบเขตของการหมุนก็ต้องเพิ่มขอบเขตของค่า  $R$  ซึ่งจะใช้เวลาในกระบวนการเปรียบเทียบสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### เทคโนโลยี เครื่องสแกนลายนิ้วมือ

#### ไบโอเมทริก

ไบโอเมทริกคือเทคโนโลยีการรับรู้บุคคลโดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์ ลักษณะเด่นส่วนบุคคล ลักษณะเด่นที่ใช้ เช่น ลักษณะเด่นของร่างกาย (เช่น ลายนิ้วมือ ใบหน้า และม่านตา เป็นต้น) และลักษณะเด่นของกิริยา (เช่น เสียง ลายเซ็น เป็นต้น เราได้ใช้ข้อมูลหลัก จากใบหน้า รูปร่าง เสียง และกิริยาท่าทางต่าง ๆ ในการรับรู้บุคคลมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ไบโอเมทริกคือการทำให้การระบุตัวบุคคลเป็นระบบอัตโนมัติโดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์

#### 5.1 เทคโนโลยีไบโอเมทริกที่สำคัญ

ลายนิ้วมือ	ใช้ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ
หน้าตา	ใช้รูปร่างของใบหน้าหรือตำแหน่งของตาและจมูก
จอตา	ใช้รูปแบบของเส้นเลือดฝอยในตา
ม่านตา	ใช้ม่านตา (รูปแบบของด้านนอกของรูม่านตาภายในตาดำ)
รูปร่างลายนิ้วมือ	ใช้ขนาด ความยาว หรือลักษณะของมือ
เสียง	ใช้ลักษณะเด่นของน้ำเสียง
ลายเซ็น	ใช้ลักษณะเด่นของตัวหนังสือหรือแรงกดของปากกา

#### 5.2 การใช้งานไบโอเมทริก

ในระยะแรกนั้น ไบโอเมทริกได้ใช้ถูกนำมาใช้ในงานการสืบสวนคดีอาชญากรรม (เช่น การอ่านลายนิ้วมือ การตรวจ DNA การตรวจเลือด เป็นต้น) เป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบัน จากการพัฒนาของสังคมด้านข้อมูลข่าวสารต่างๆ ทำให้อาชญากรรมมีความหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งอาชญากรยังมีกลยุทธ์ที่เฉลียวฉลาดมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องมีการพัฒนาความสามารถในการระบุตัวบุคคลให้แม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีไบโอเมทริกมาใช้ในธุรกิจการป้องกันรักษาความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุญแจหรือ บัตร ID	อาจมีการสูญหาย ถูกขโมย หรือมีการปลอมแปลงได้
Password	จำยากและลืมง่าย ผู้อื่นอาจรู้ ปลอมตัวเป็นเจ้าของ
ไบโอเมตริก	ไม่มีการสูญหายหรือถูกลักขโมย ไม่สามารถปลอมเป็นเจ้าของได้ ไม่จำเป็นต้องจำหรือบันทึก สะดวกในการใช้

### 5.3 รูปแบบการ( เซนเซอร์)

#### Capacitive Sensor ( เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ )

เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุหรือภาษาทางเทคนิคเรียกว่า คาปาซิทีฟเซนเซอร์ ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่วัดการเปลี่ยนแปลงค่าของความจุอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ สนามไฟฟ้าบริเวณที่ส่วนตรวจจับของเซนเซอร์กำเนิดขึ้น โดยใช้ Active electrode และ Earth electrode ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าความจุดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตัวกลางหรือวัตถุกับด้านหน้าของตัวตรวจจับ, ค่าคงที่ของตัวกลางทางไฟฟ้า( ในที่นี้คืออากาศ)รวมทั้งขนาดและรูปร่างของตัวกลาง

#### Optical Sensor ( เซนเซอร์ชนิดใช้แสง )

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงเป็นเซนเซอร์ที่มีระยะการตรวจจับที่ไกล มีความเร็วในการตรวจจับสูงและสามารถเซนเซอร์วัตถุได้เกือบทุกประเภท เซนเซอร์ชนิดนี้มีส่วนที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ ตัวส่งแสงและตัวรับแสง ลักษณะของการการตรวจจับนั้นเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขว้างกั้นด้วยวัตถุและมีผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้น โดยจะเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณเอาท์พุตเพื่อนำไปใช้งาน

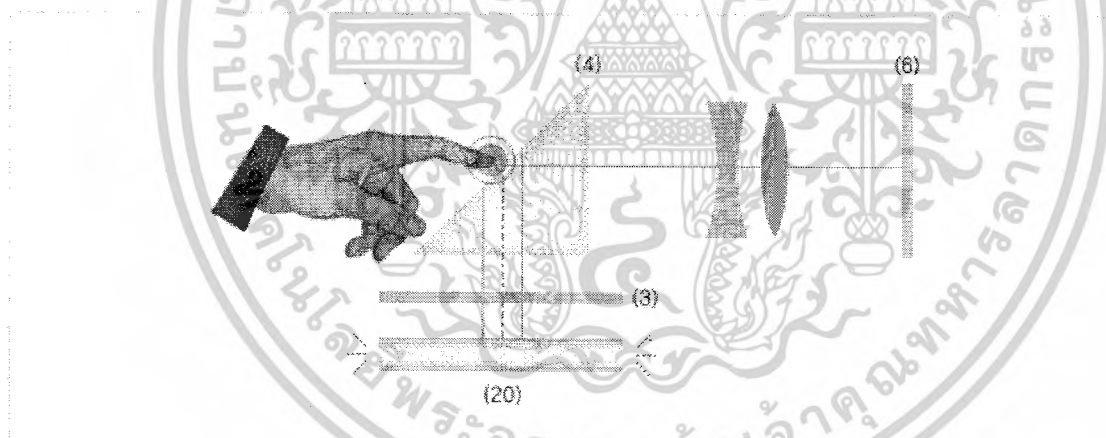
#### Ultrasonic Sensor ( เซนเซอร์ชนิดใช้คลื่นเสียง )

เซนเซอร์ชนิดใช้คลื่นเสียงเป็นเซนเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงมีความถี่ที่ 20Khz – 1GHzซึ่งเป็นเสียงที่อยู่เหนือคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

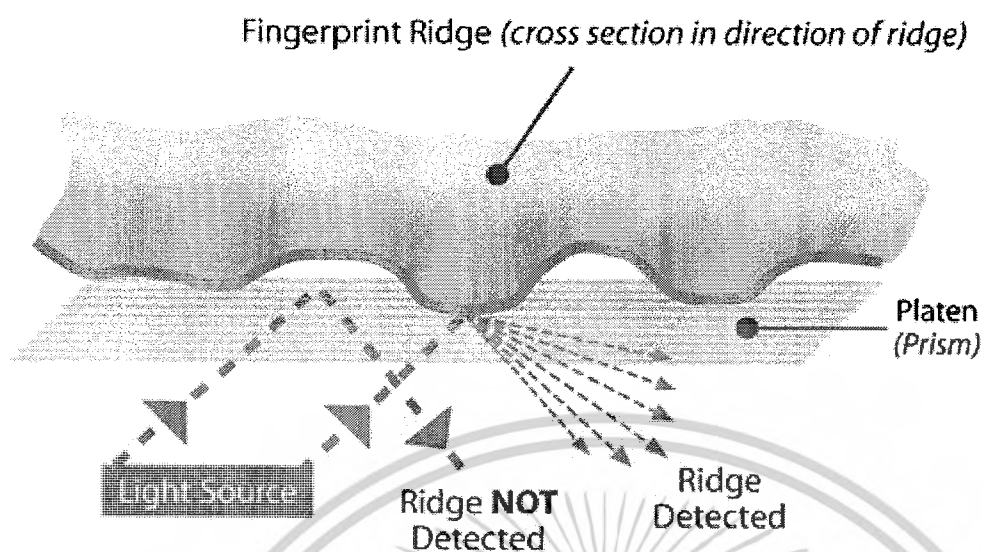
#### 5.4 ลักษณะ และคุณสมบัติเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

ในการทดลองนี้เราได้นำ ตัวสแกนแบบ Optical Sensor เป็นตัวรับข้อมูลรูปภาพลายนิ้วมือ ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ในการสแกนภาพลายนิ้วมือนั้นมีหลายรูปแบบแต่ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย นั้นมี 4 แบบ ได้แก่ เซ็นเซอร์ประจุไฟฟ้า (Capacitive sensor), เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Thermal sensor) เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor) ซึ่งเทคโนโลยีทั้ง 4 นั้นมี หลักการทำงานที่แตกต่างกันไป ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกเครื่องสแกนที่ใช้เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor) เนื่องจากสามารถสแกนลายนิ้วมือแล้วให้คุณภาพของภาพที่ดี อีกทั้งมีราคาถูกลงด้วย หลักการทำงานของเซ็นเซอร์แสง (Optical sensor) คือการใช้ CCD (Charge coupled device) ซึ่งเป็น เซนเซอร์แสงแบบเดียวกับที่ใช้ในกล้องดิจิทัลทุกวันนี้ การทำงานของ CCD คือให้อาเรย์ ของ ไดโอดไวแสง (array of light-sensitive diode) เรียกว่า Photosite ซึ่งจะสร้างสัญญาณไฟฟ้าซึ่ง ตอบสนองต่อแสง แต่ละ Photosite จะบันทึกการกระทบของแสงและเก็บค่าความสว่าง หรือมีด ไว้ เป็นจุด pixel ซึ่งจะนำไปผ่านตัวแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกไปเป็นข้อมูลดิจิทัล analog-to-digital converter และนำไปรวมกันเป็นไฟล์ดิจิทัล



รูปที่ 5.1 เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

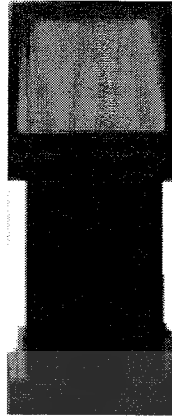


รูปที่ 5.1 เซ็นเซอร์แสง (Optical sensor)

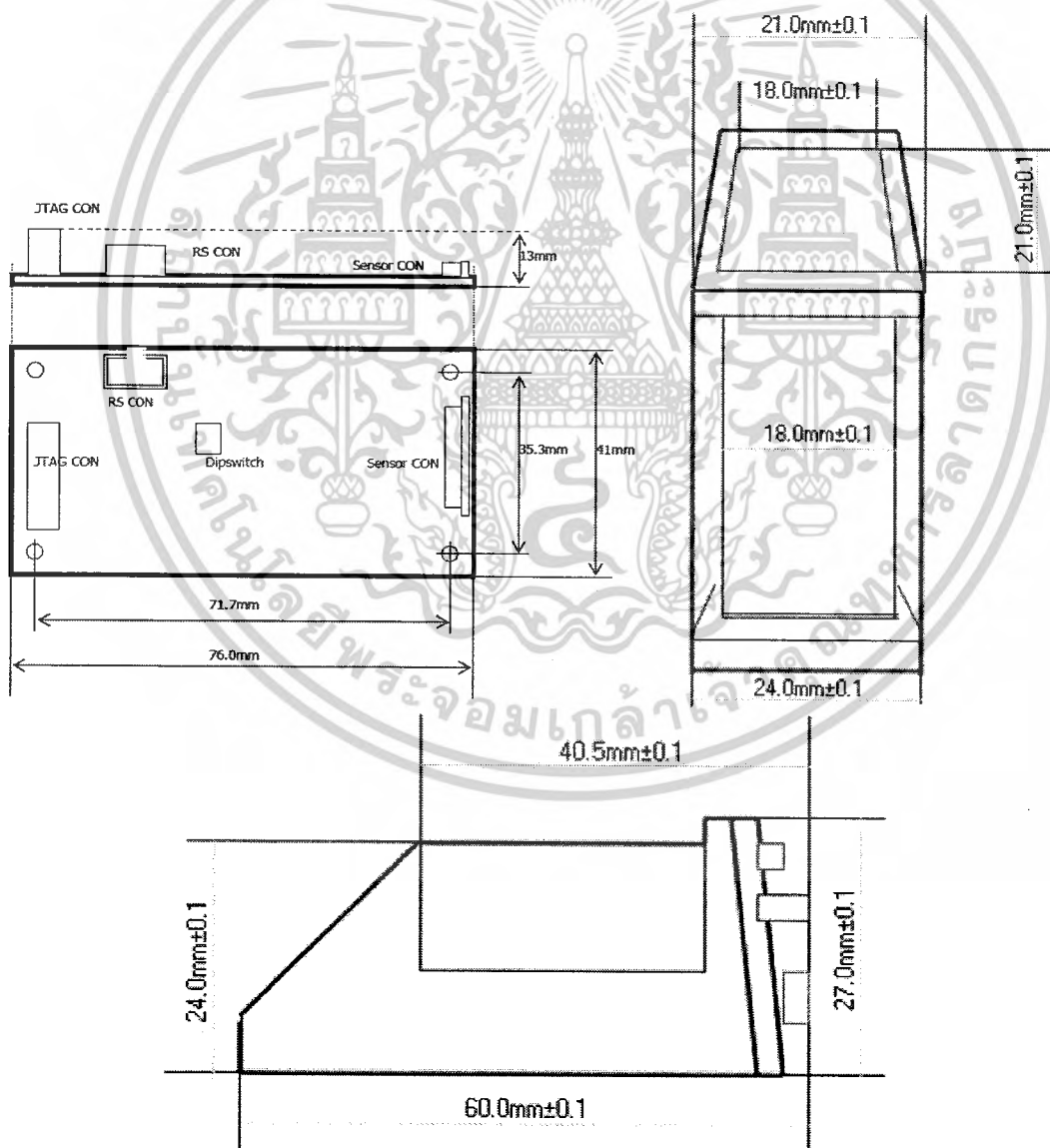
การทำงานของ optical scanning นี้เริ่มเมื่อเราวางนิ้วลงบนแผ่นกระจกสแกน CCD จะทำการถ่ายภาพโดยใช้แสงของไดโอดไวแสง โดยจะแสดงภาพถ่ายแบบผกผัน คือแสดงส่วนของเส้นนูน (Ridge) ด้วยแสงทึบ และแสดงส่วนของเส้นร่อง (Valle) ด้วยแสงสว่าง และก่อนที่เครื่องสแกน จะทำการตรวจสอบภาพที่ถ่ายได้กับภาพที่มีอยู่เดิม นั้น เครื่องสแกน จะทำการตรวจว่าภาพที่ได้นั้นมีสภาพแสงเหมาะสมหรือไม่ โดยการตรวจสอบค่าเฉลี่ยความสว่างของรูปภาพก่อน หากพบว่าภาพที่ได้ยังสว่างหรือทึบไป เครื่องสแกน จะทำการปรับค่าความสว่างของแสงเพื่อให้ได้ภาพที่มีความชัดเจน จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องขั้นสุดท้ายด้วยการตรวจสอบความคมชัดของภาพก่อนนำไปตรวจสอบกับภาพที่บันทึกไว้

ในเทคโนโลยีของเครื่องสแกนลายนิ้วมือทั้ง 3 แบบที่กล่าวมานั้น มีข้อดี-ข้อเสียที่ต่างกันไป โดยการใช้นโยบายเซ็นเซอร์ประจุไฟฟ้า (Capacitive sensor) และ เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Thermal sensor) ผู้ใช้ต้องแตะไปที่เซ็นเซอร์โดยตรงทำให้อายุการใช้งานสั้น โดยเฉพาะเวลาที่อากาศหนาวมากๆ อาจจะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตที่บริเวณผิวของ sensor ทำให้ผิวของเซ็นเซอร์นั้นเสียหายได้ และมีปัญหาด้านการบำรุงรักษา ขณะที่แบบแสงจะมีความทนทานกว่าและมีคุณสมบัติรวมของเทคโนโลยีอื่นมาไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 หัวอ่านแบบ Optical sensor

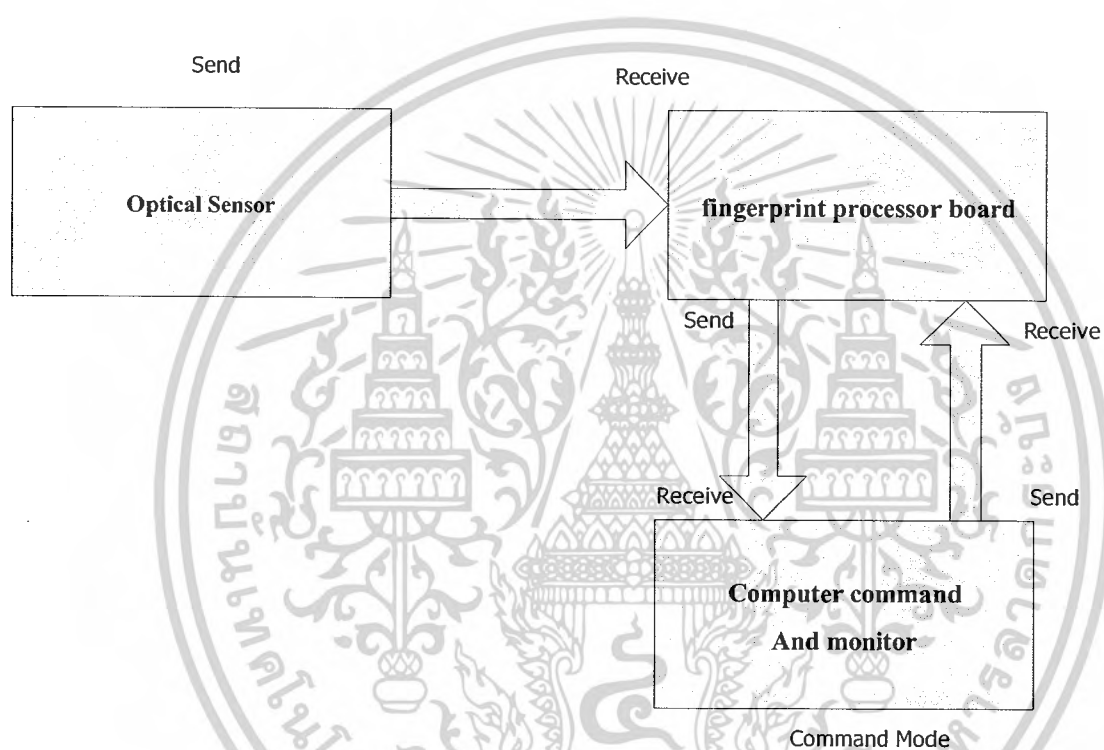


รูปที่ 5.4 Dimension of Optical Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.5 ชุดบอร์ดควบคุมการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Optical Sensor กับ คอมพิวเตอร์

บอร์ดควบคุมการรับส่งข้อมูล ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ประมวลผลทางลายนิ้วมือโดยรับข้อมูลจาก หัวอ่านแบบ Optical Sensor โดยภายในบอร์ดควบคุมประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประมวลผล Flash memory SDRAM และส่วนประกอบอื่นๆ โดยบอร์ดควบคุมจะทำการรับส่ง ข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทาง RS232



#### RS-232C Connector

Item	Pin No	Contents
+5V	1	+5V supply
GND	2	GND
TXDO	3	Data transmission of RS232C level for serial port 0
RXDO	4	Data reception of RS232C level for serial port 0

การรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และบอร์ดควบคุม

รูปแบบการติดต่อของ RS232 มี 3 Mode การทำงาน

โดย 1) Command Mode

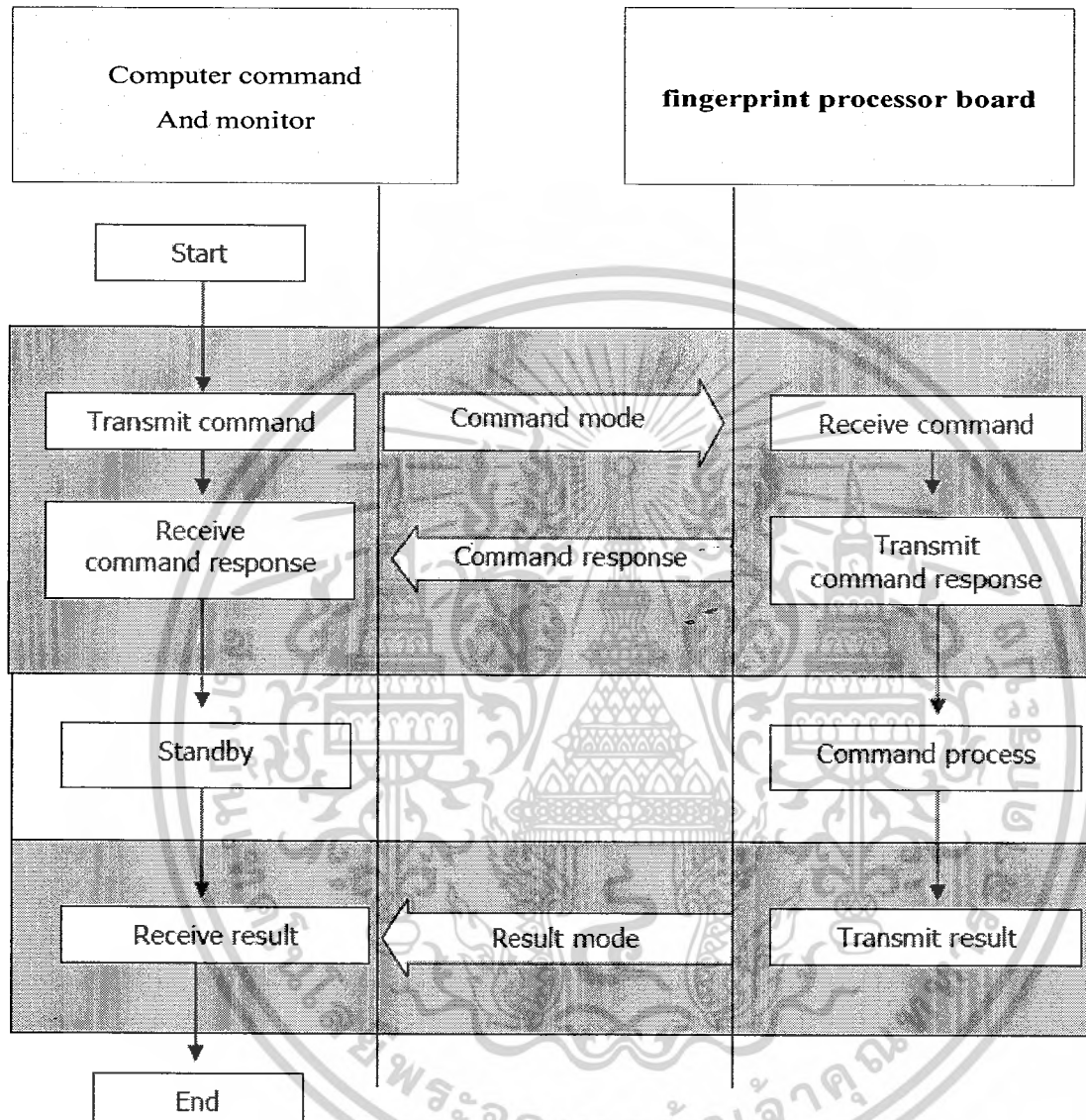
2) Receive Mode

3) Send Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

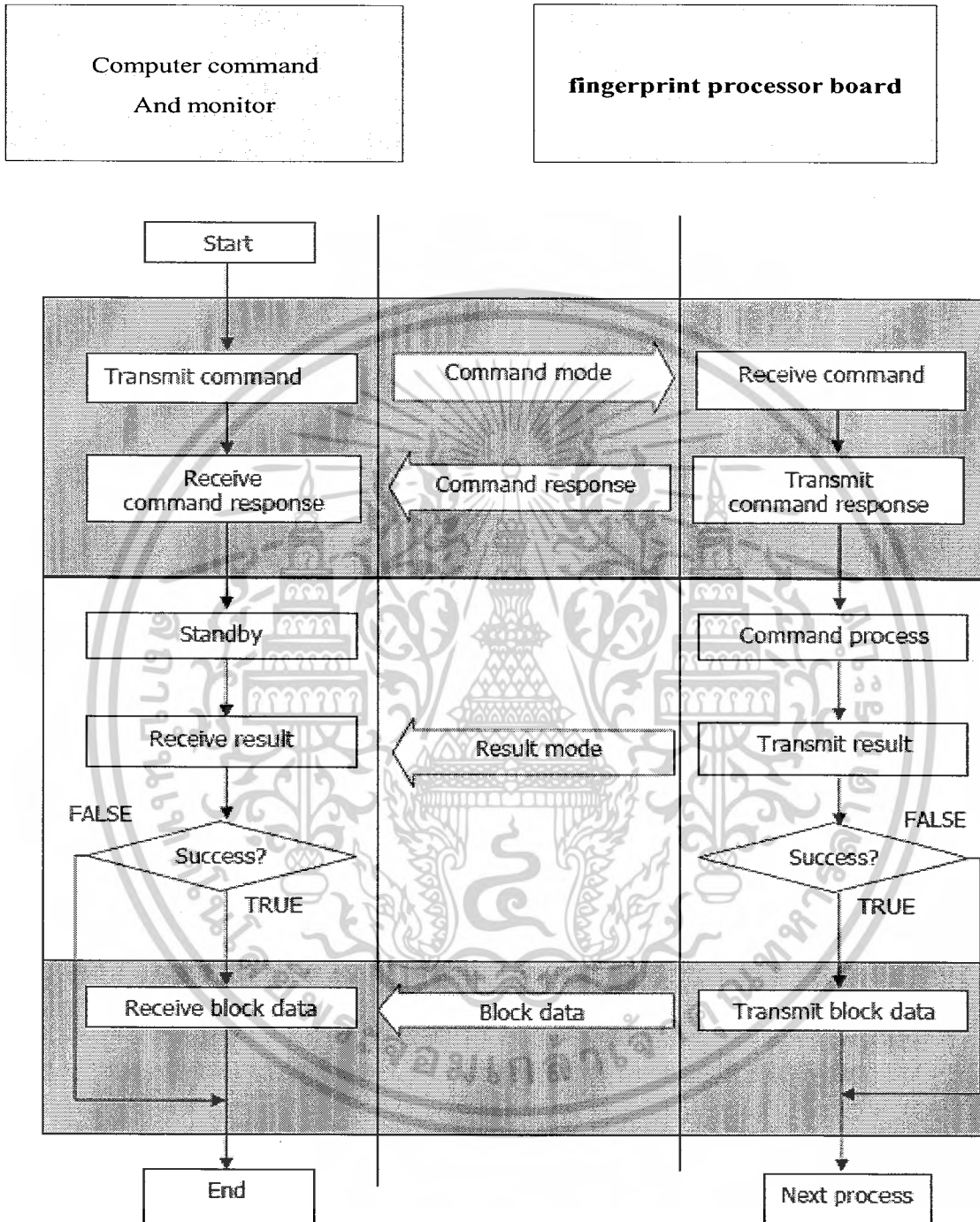
Command Mode

บล็อกการทำงานของ Command Mode



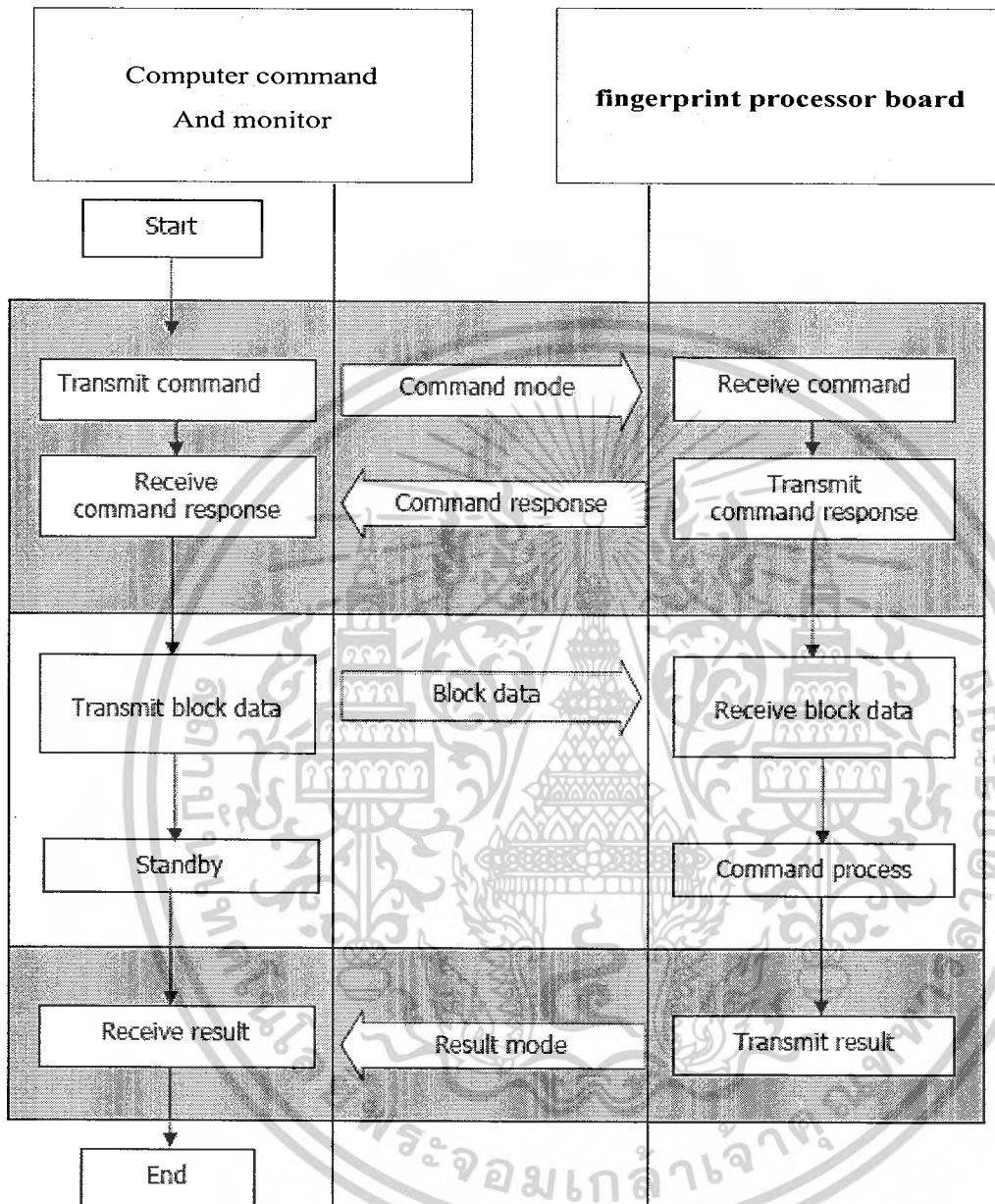
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receive Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Send Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### การทดลองและผลการทดลอง

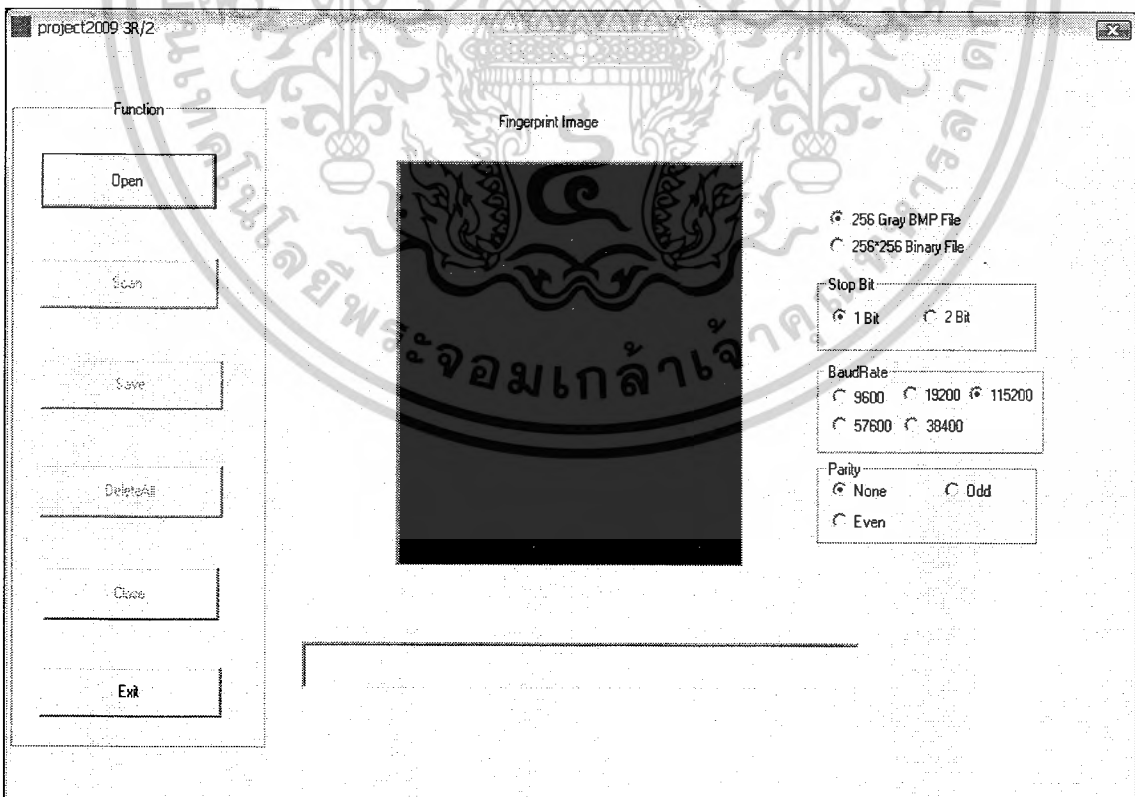
#### ลำดับขั้นตอนในการทดลอง

จากที่กล่าวมานั้นในบทนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือและทำการเปรียบเทียบ โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) รับภาพลายพิมพ์นิ้วมือเข้ามา
- 2) ทำการบันทึกภาพลายนิ้วมือ
- 3) ทำการเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล
- 4) ทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

#### 6.1 รับภาพลายพิมพ์นิ้วมือเข้ามา

ในกระบวนการรับภาพลายนิ้วมือ โดยผ่านเครื่อง สแกนลายนิ้วมือโดยใช้โปรแกรม visual studio C++ version 6.0 ทำการ setup .exe ในการควบคุมการทำงานของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

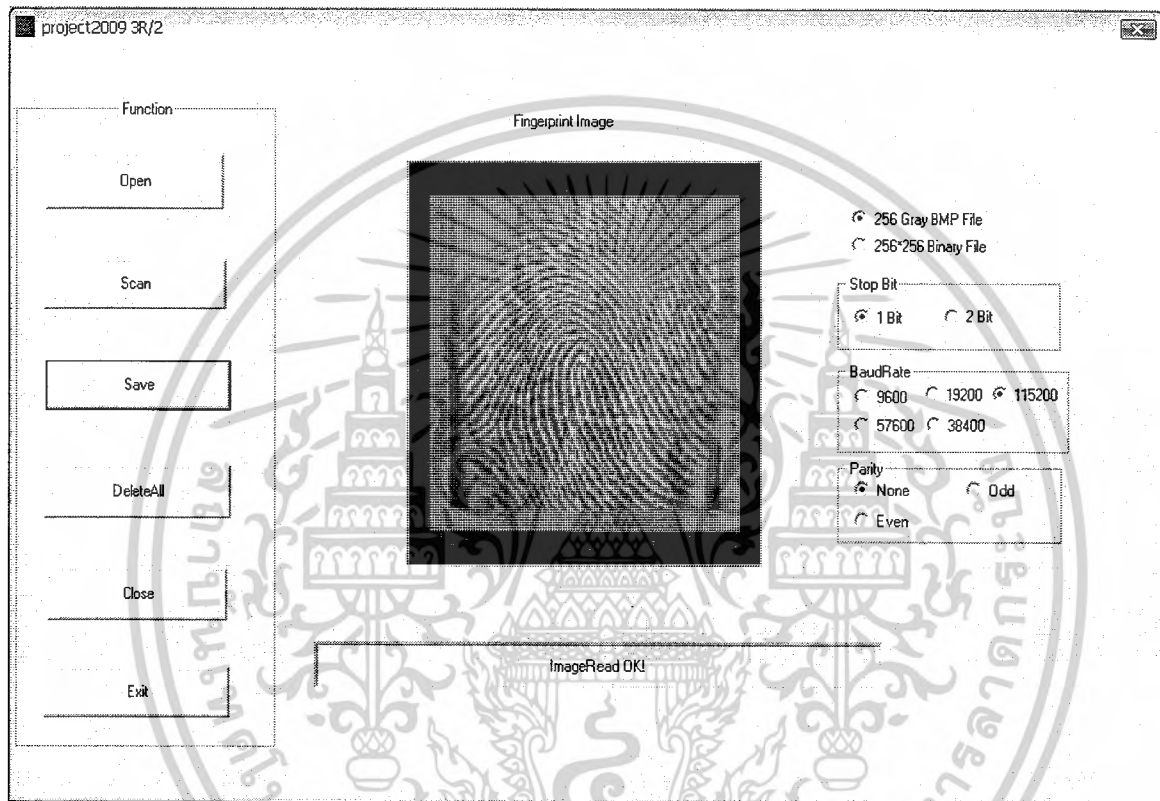


รูปที่ 6.1 หน้าต่างโปรแกรมสแกนลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 การบันทึกภาพลายนิ้วมือ

ในกระบวนการ บันทึกภาพลายนิ้วมือในการทดลองได้ใช้โปรแกรม visual C++ ทำการเก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือ ไปบันทึกยังเครื่องคอมพิวเตอร์



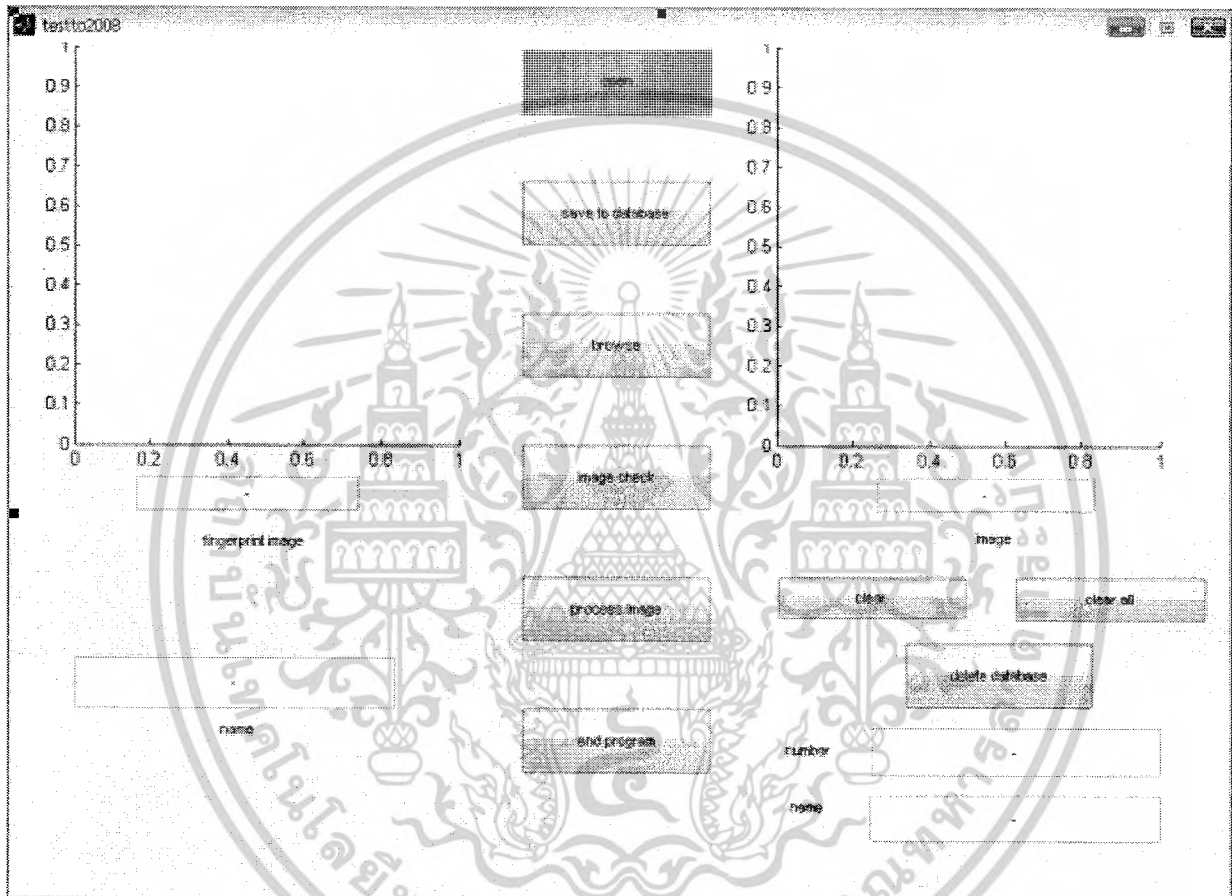
รูปที่ 6.2 โปรแกรมแสดงภาพลายนิ้วมือต้นฉบับที่รับเข้ามา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 การเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล

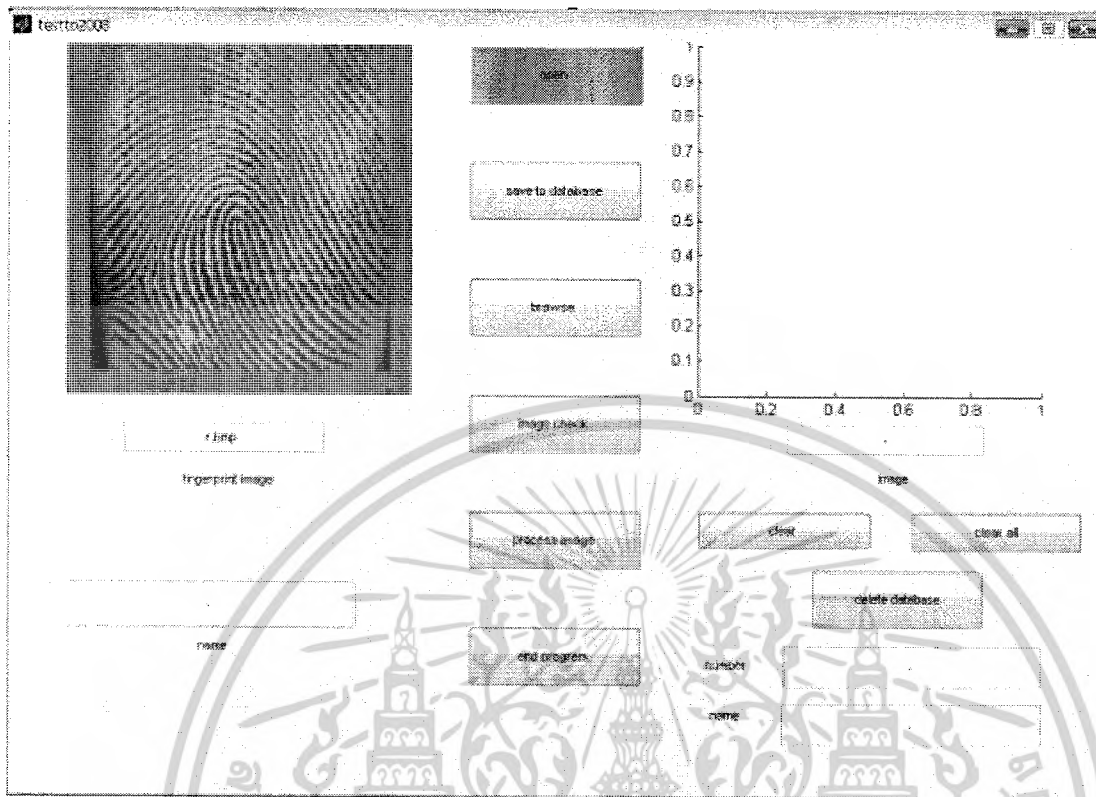
ในการทดลองทำการเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล ได้ใช้ โปรแกรมที่ใช่พัฒนา คือ โปรแกรม MATLAB 7.4.0.287 (R2007a) โดยใช้โปรแกรมในรูปแบบของ GUI (Graphic User Interface)



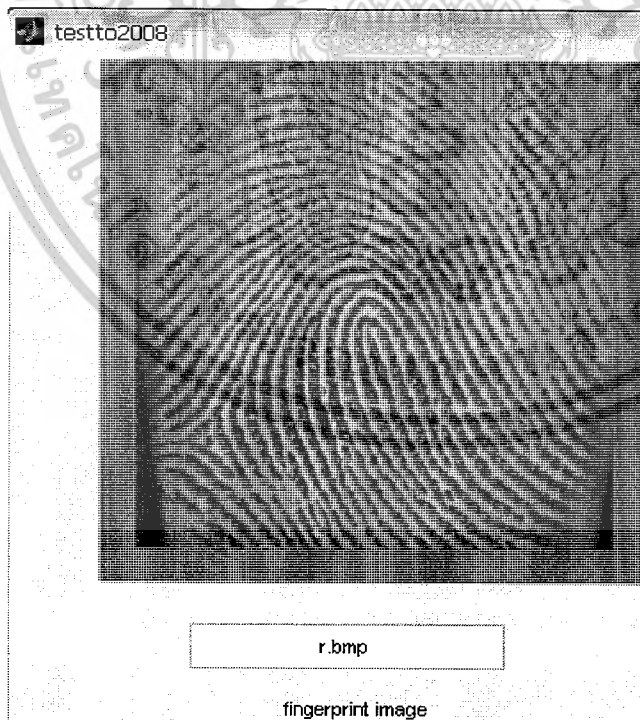
รูปที่ 6.4 หน้าต่างโปรแกรมแบบ GUI(Graphic User Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3.1 ทำการเปิดภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการสแกนเก็บลายนิ้วมือ



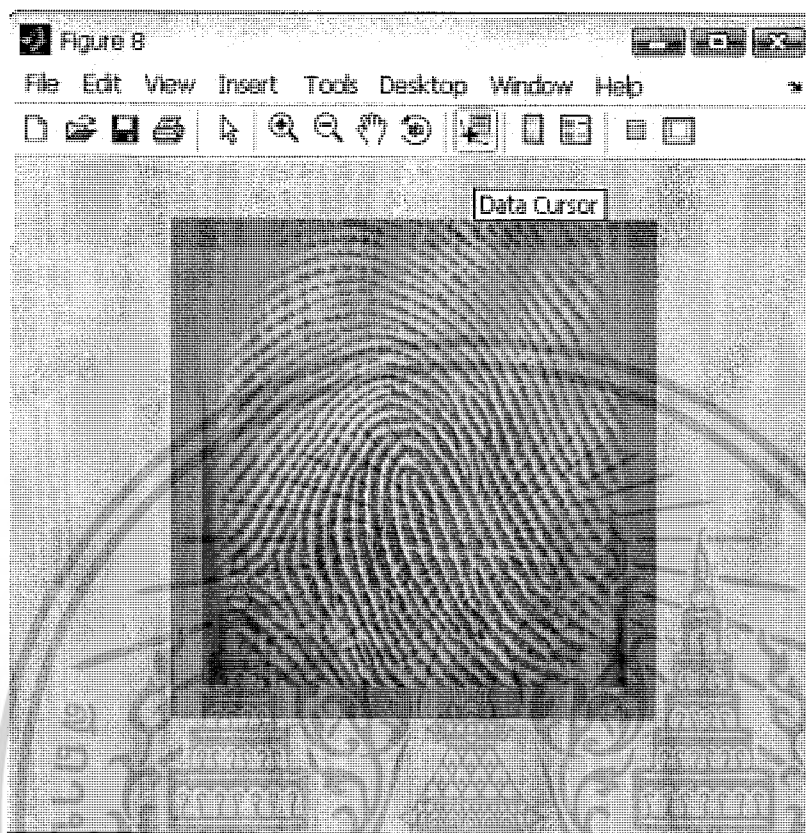
รูปที่ 6.5 แสดงภาพที่เรียกเข้ามาในหน้าต่าง โปรแกรม  
ในภาพลายนิ้วมือที่รับเข้ามา จะเป็นแบบ .bmp ขนาด 256x256 Pixels



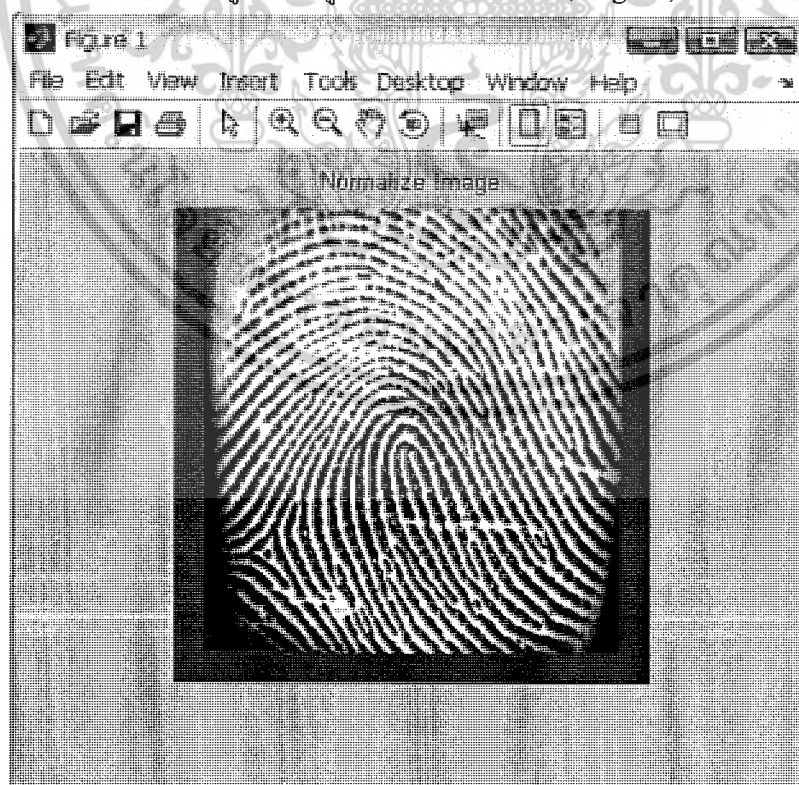
รูปที่ 6.6 รูปลายนิ้วมือที่เรียกเข้ามา  
ภาพ.bmp ขนาด 256x256 Pixels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3.2 ทำการหาจุดศูนย์กลางกลางลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง

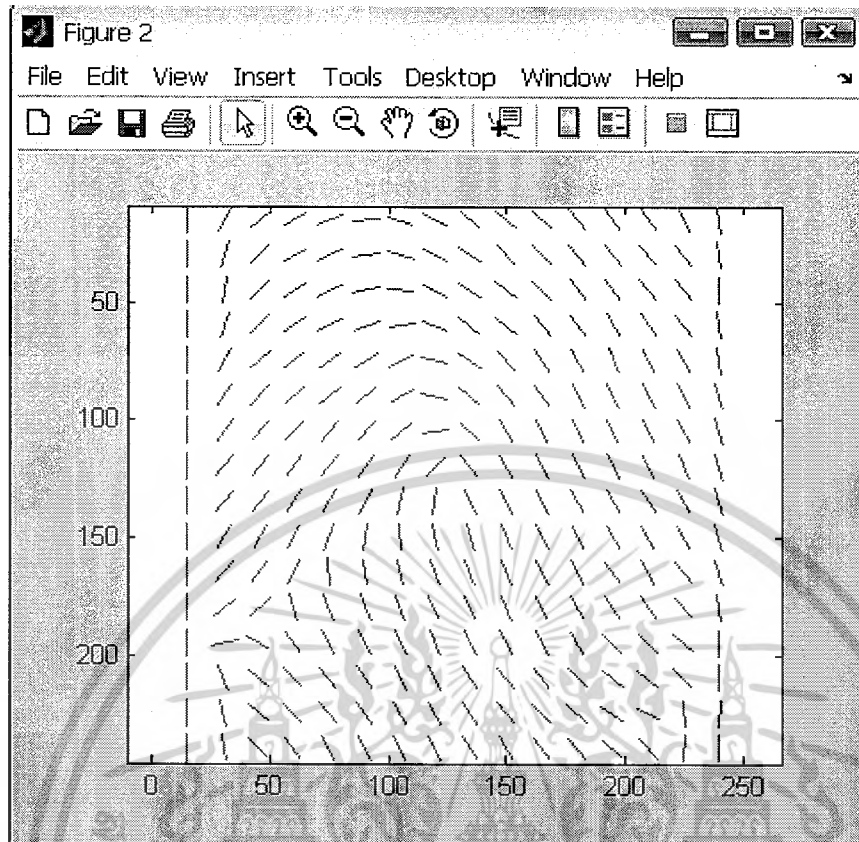


รูปที่ 6.7 รูปลายนิ้วมือต้นฉบับ(Original)

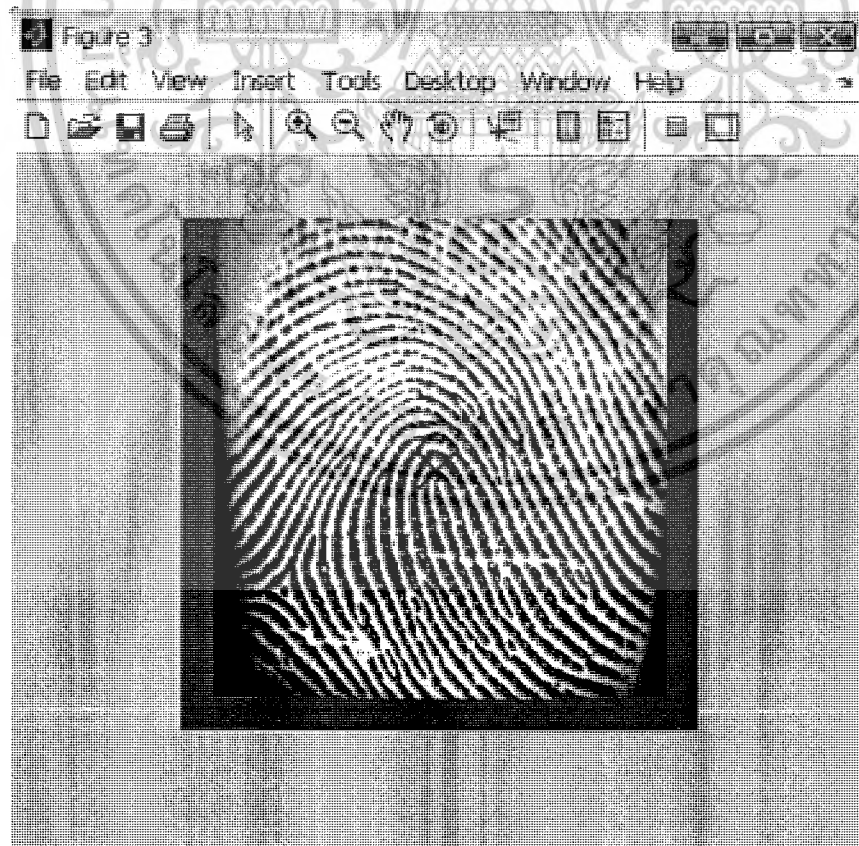


รูปที่ 6.8 รูปที่ผ่านการทำ(Normalize Image)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



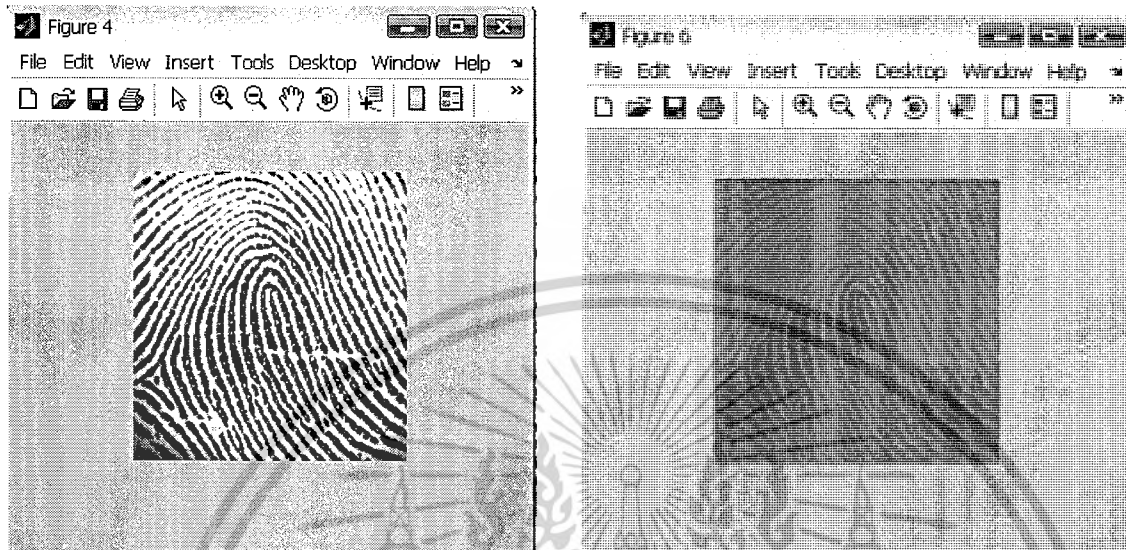
รูปที่ 6.9 แสดงการหาทิศทางลายนิ้วมือ(Orientation)



รูปที่ 6.10 ระบุจุด Core point detection

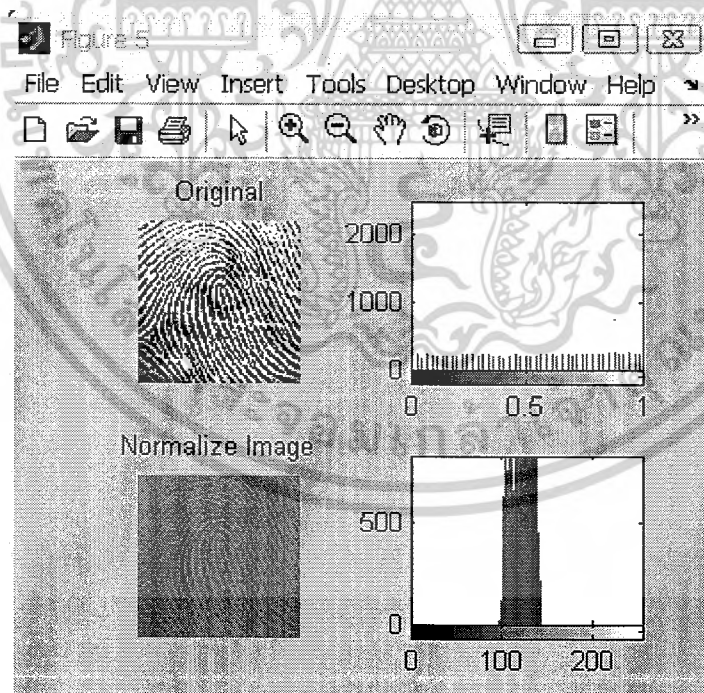
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3.3 ทำการ crop ภาพจากจุดศูนย์กลางออกไป เป็นพื้นที่ 175x175 พิกเซลและทำการ normalization ภาพอีกครั้ง



crop Image

Normalize Image

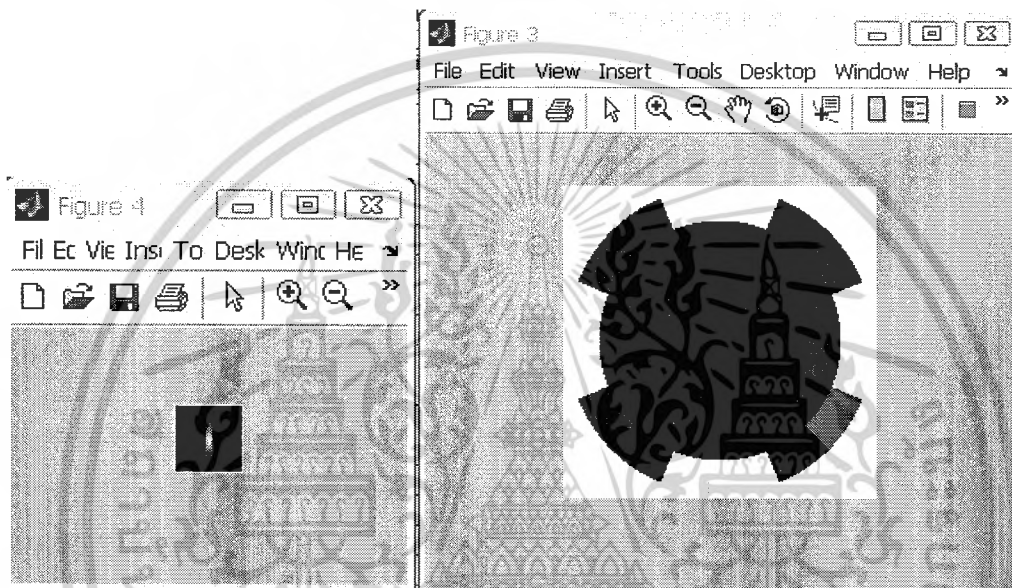


รูปที่ 6.11 ผลจากการทดลองสังเกตได้ว่าค่าของแสงมีการเปลี่ยนแปลง

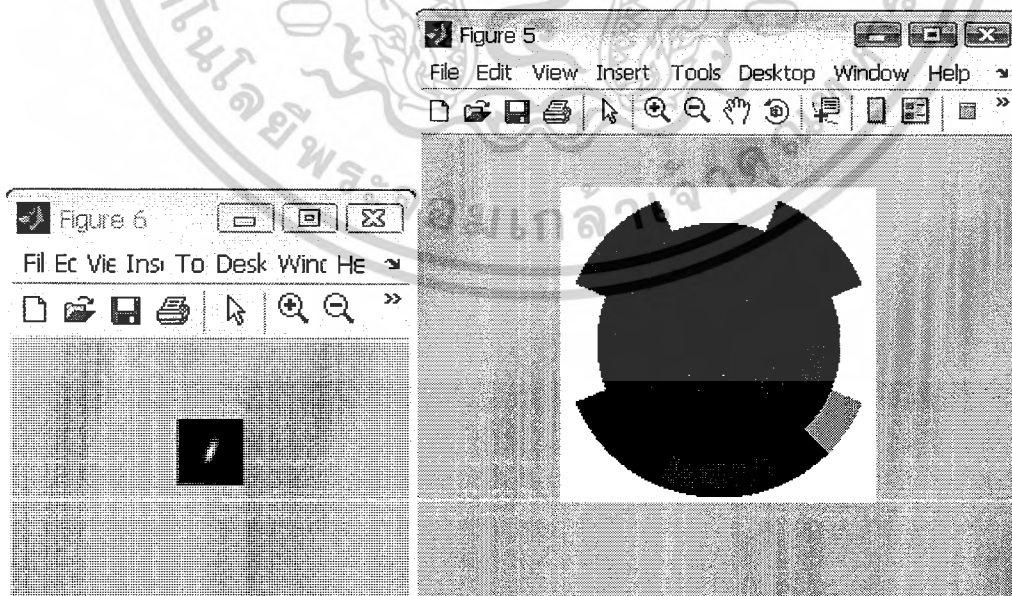
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3.4 Gabor filter และ AAD

ทำการ gabor filter ด้วยองศา 8 ส่วนใน 180 องศา คือ  $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157^\circ$  โดยแทนส่วนกลับอีกครั้งวงกลมที่ห่าง 180 องศา ด้วย แล้วเก็บค่า 4 ชั้นๆละ 16 ส่วนเป็น 64 ค่า แล้วมาทำการหาค่าโดยใช้ AAD เพื่อหาค่าเฉลี่ยจากผลต่างค่าเฉลี่ยมัธยฐาน แล้วเก็บค่าเหล่านั้นลงฐานข้อมูล

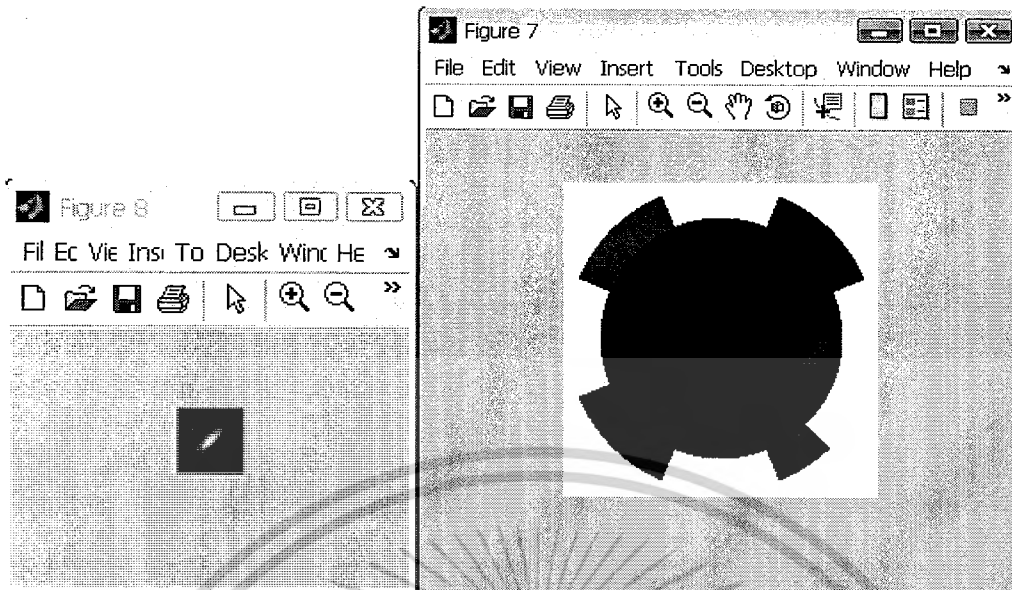


รูปที่ 6.12 (a) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 0 องศา

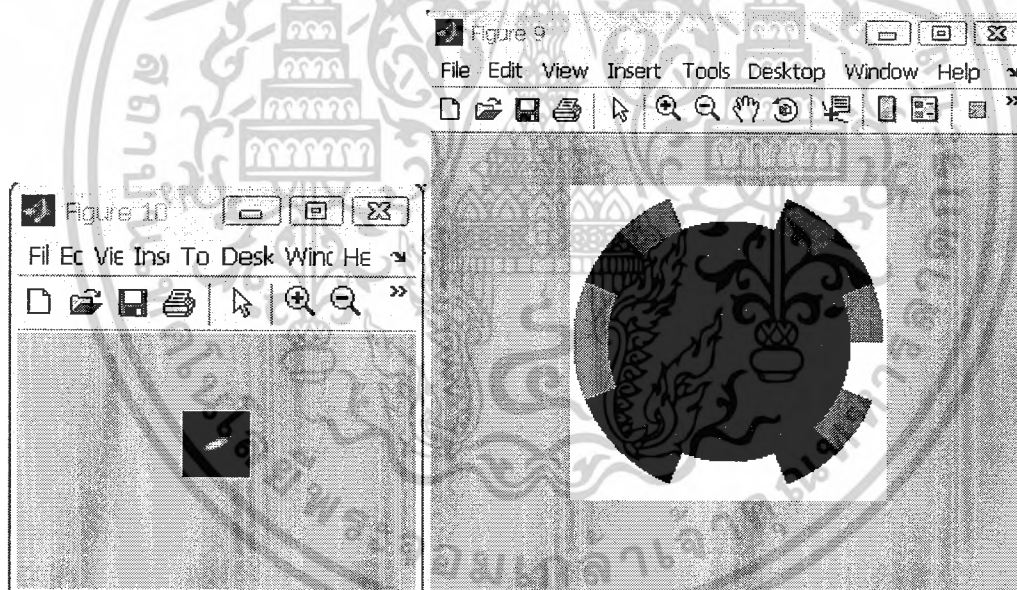


รูปที่ 6.12 (b) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 22.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

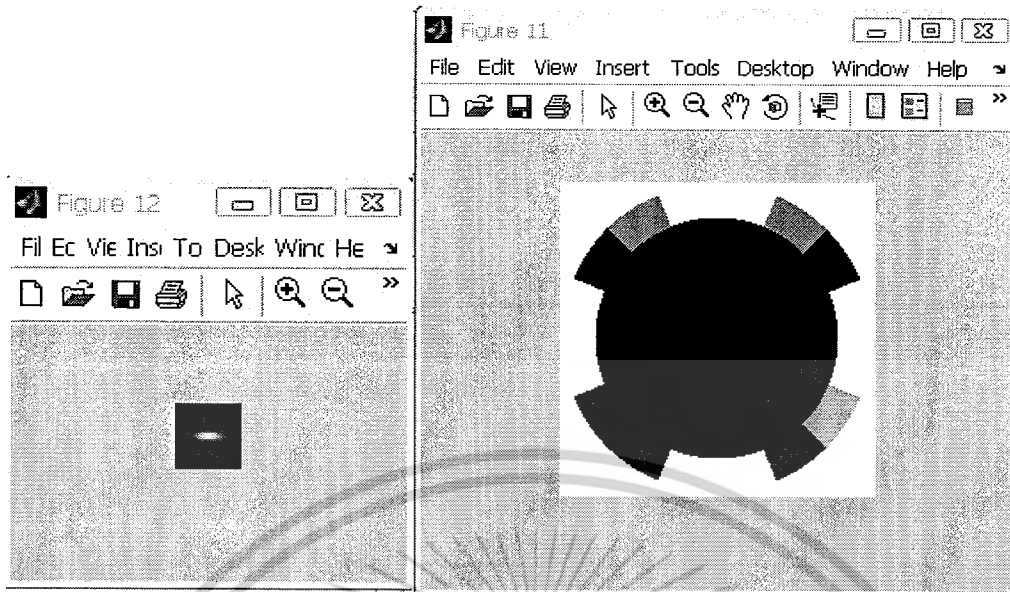


รูปที่ 6.12 (c) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 45 องศา

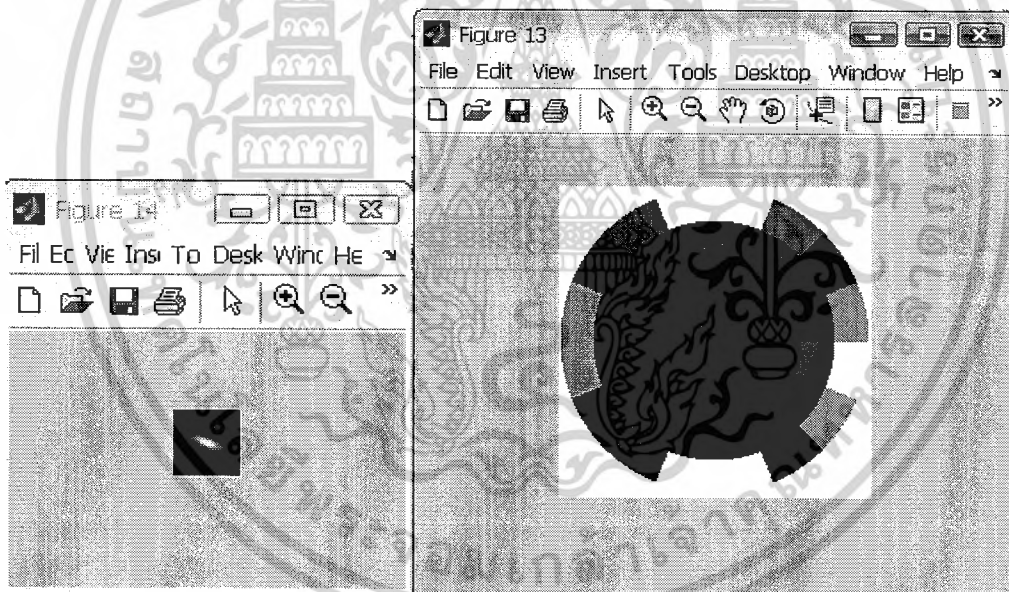


รูปที่ 6.12 (d) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 67.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

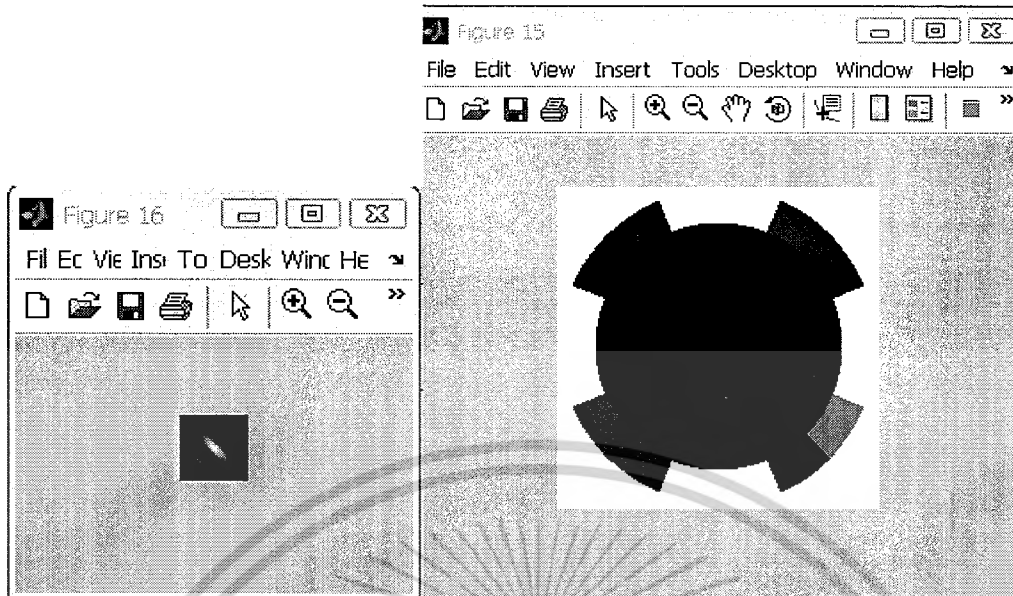


รูปที่ 6.12 (e) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 90 องศา

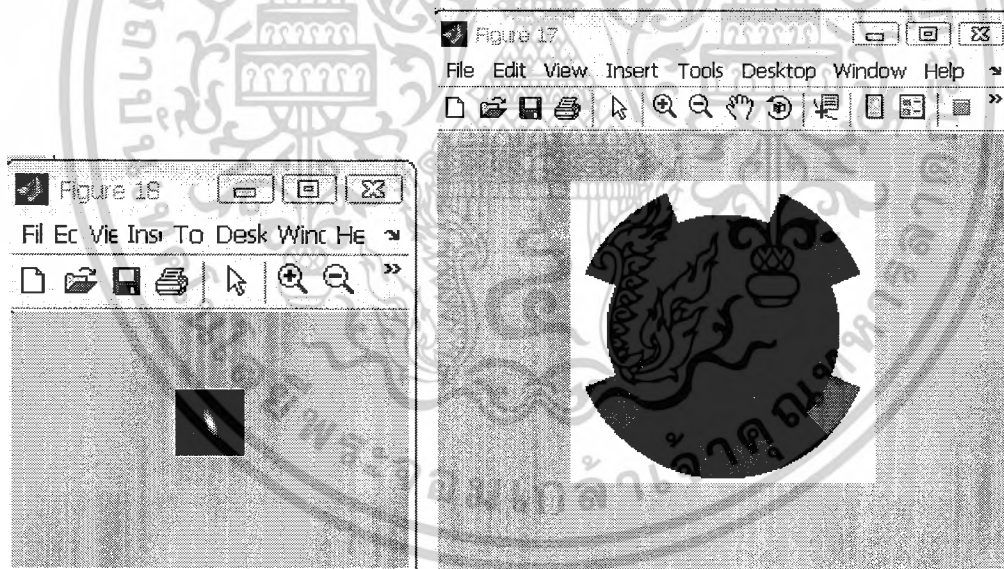


รูปที่ 6.12 (f) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 112.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

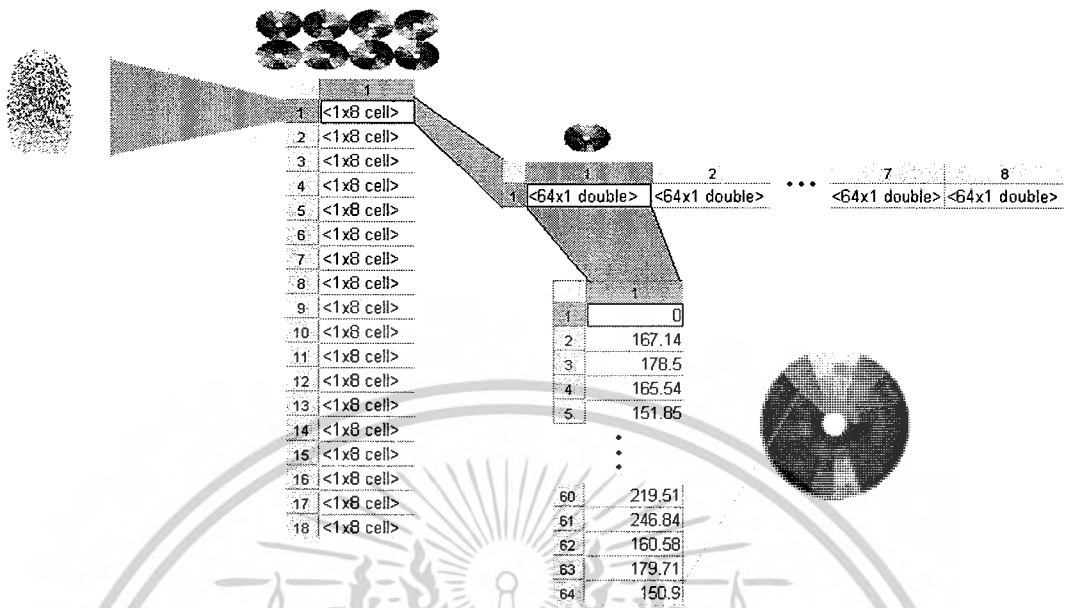


รูปที่ 6.12 (g) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 135 องศา

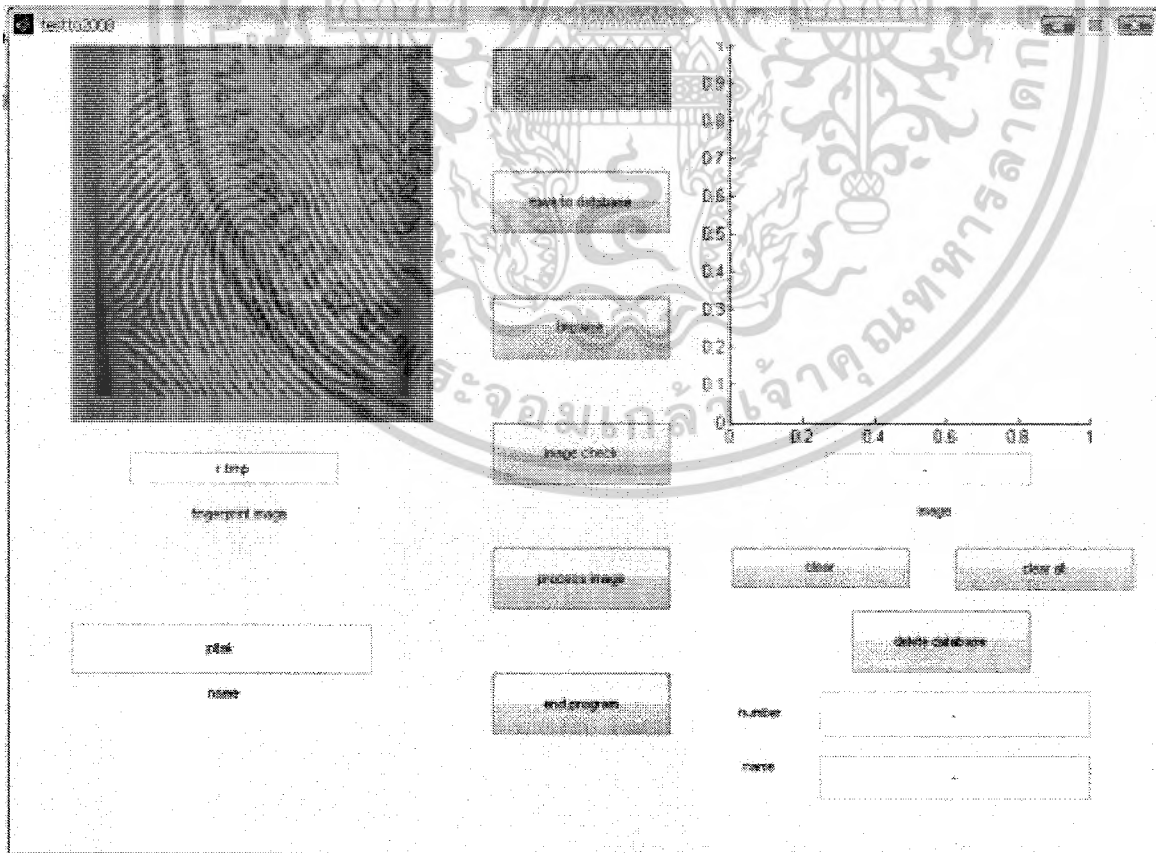


รูปที่ 6.12 (h) แสดงค่าเฉลี่ย ที่ 157.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.13 การนำค่า finger code เก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบ



รูปที่ 6.14 ทำการบันทึกข้อมูลภายในฐานข้อมูลลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

testto2008



r.bmp

fingerprint image

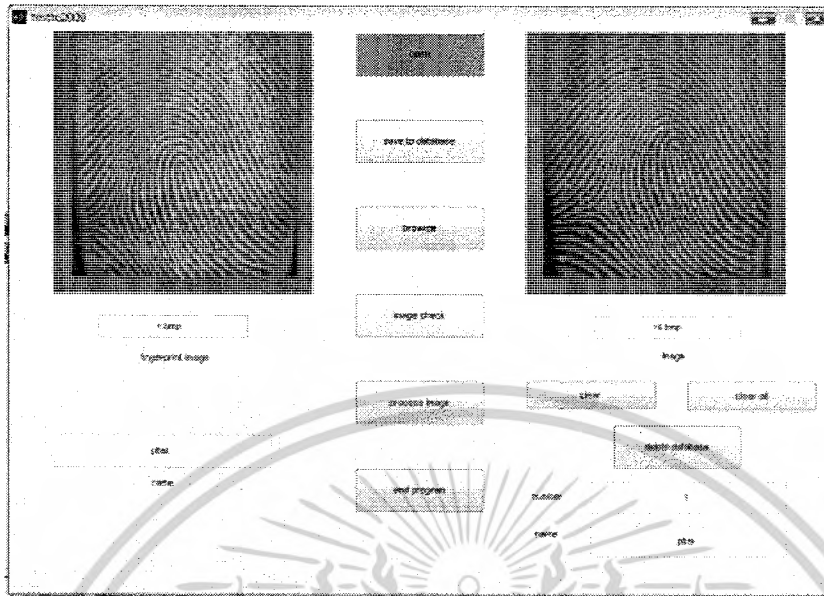
pitak

name

โดยภายในโปรแกรมมีการบันทึกชื่อไว้เพื่อระบุเจ้าของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6.4 การเปรียบเทียบลายนิ้วมือกับฐานข้อมูล



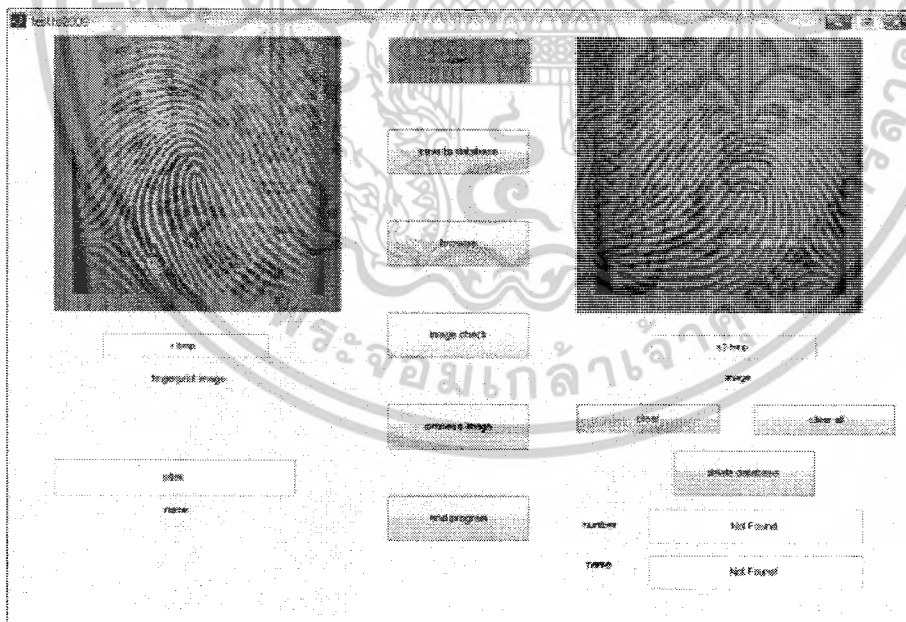
number

1

name

pitak

รูปที่ 6.15 โปรแกรมแสดงผล ลายนิ้วมือคนเดียวกันแต่เก็บคนละที่



number

Not Found

name

Not Found

รูปที่ 6.16 โปรแกรมแสดงผล ลายนิ้วมือ คนละคนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.5 ผลการทดลอง

การทดลองทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ จำนวน 50 ลายนิ้วมือ และทำการ ทำการส่มภาพลายนิ้วมือ แผลงจำนวน 50 ลายนิ้วมือ โดย 40 (1-40) ลายนิ้วมือเป็นลายนิ้วมือเดียวกันกับในฐานข้อมูลที่มีอยู่ และอีก 10 (41-50) เป็นลายนิ้วมือแฝงไม่มีอยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งผลออกมาดังตารางต่อไปนี้

ตารางผลการทดลอง

ลำดับลายนิ้วมือใน ฐานข้อมูล	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 1	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 2	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 3	เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ (%)
1	1	1	1	
2	2	2	2	
3	3	3	3	
4	4	4	4	
5	5	13	5	
6	6	6	6	
7	7	7	7	
8	8	8	8	
9	9	9	9	
10	10	10	10	
11	11	11	11	
12	12	12	12	
13	13	13	13	
14	Not Found	14	14	
15	15	15	15	
16	16	16	16	
17	17	17	17	
18	18	18	18	
19	19	19	19	
20	20	20	20	
21	21	21	21	
22	22	Not Found	22	
23	23	23	23	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับลายนิ้วมือใน ฐานข้อมูล	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 1	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 2	เปรียบเทียบ ครั้งที่ 3	
24	24	24	24	
25	25	25	25	
26	26	Not Found	26	
27	27	27	27	
28	28	28	28	
29	29	29	29	
30	30	30	30	
31	31	31	31	
32	32	32	32	
33	33	33	33	
34	34	34	34	
35	35	35	Not Found	
36	36	36	36	
37	37	37	37	
38	38	38	38	
39	39	39	39	
40	40	40	40	
41	Not Found	Not Found	Not Found	
42	Not Found	Not Found	Not Found	
43	Not Found	Not Found	Not Found	
44	Not Found	Not Found	Not Found	
45	Not Found	Not Found	Not Found	
46	Not Found	Not Found	Not Found	
47	Not Found	7	Not Found	
48	Not Found	Not Found	Not Found	
49	Not Found	Not Found	Not Found	
50	Not Found	Not Found	Not Found	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับลายนิ้วมือ ในฐานข้อมูล	เปรียบเทียบครั้งที่ 1	เปรียบเทียบครั้งที่ 2	เปรียบเทียบครั้งที่ 3	เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ (%)
1-50	FRR = 1/50 FAR = 0	FRR = 2/50 FAR = 2/50	FRR = 1/50 FAR = 0	FRR = 2.66% FAR = 4 %

FRR = Fault Rejective Rate ; ใช้แต่ถูกปฏิเสธ

FAR = Fault Acceptance Rate ; ไม่ใช่แต่ยอมรับว่าใช่

หมายเหตุ\* การเปรียบเทียบอาจถูกต้องมากขึ้นถ้าข้อมูลภาพครบและสมบูรณ์

ในการทดลองได้ใช้ลายนิ้วมือเดียวกันจำนวน 3 รูป ที่ทำการสแกนคนละครั้งกันมาทำการเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยในการทดลองถ้ามีฐานข้อมูลที่มีจำนวนมากกว่า 1 รูป จะทำให้การเปรียบเทียบ มีความถูกต้องมากขึ้นดังรูปที่ 6.17 (ก), (ข), (ค) ลายนิ้วมือที่ทำเป็นฐานข้อมูล



6.17 (a)



6.17 (b)

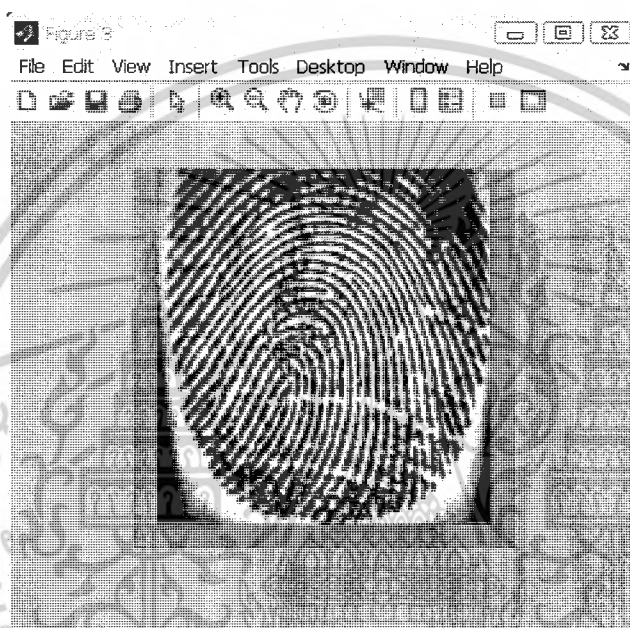


6.17 (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความผิดพลาดในการทดลอง

1. การหาจุดศูนย์กลางในการอ้างอิงผิดพลาด
2. ลักษณะของรูปแบบลายนิ้วมือชนิดเดียวกันที่คล้ายกัน
3. การได้จุดศูนย์กลางลายนิ้วมือลายนิ้วมือที่อยู่ขอบภาพมากเกินไป



รูปที่ 6.18 การหาจุดศูนย์กลางในการอ้างอิงผิดพลาด  
 การผิดพลาดในการทดลอง จากการวิเคราะห์ #14,#22,#26,#35 แสดงถึงเหตุผลที่ถูก  
 Rejective (Not Found)  $FRR = \text{Fault Rejective Rate}$  ;ใช้แต่ถูกปฏิเสธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 ลักษณะลายนิ้วมือที่คล้ายกันอาจทำให้ผิดพลาดในการเปรียบเทียบได้  
การผิดพลาดในการทดลอง จากกรณีวิเคราะห์ #47,#5, แสดงถึงเหตุผลที่ถูก Rejective (Not  
Found) FAR = Fault Acceptance Rate ; ไม่ใช่แค่ยอมรับมาใช้



รูปที่ 6.20 ลักษณะลายนิ้วมือที่จุดศูนย์กลางลายนิ้วมืออยู่ขอบภาพ  
จุดศูนย์กลางลายนิ้วมืออยู่ขอบภาพมากเกินไป จะเห็นได้ว่าข้อมูลภาพลายนิ้วมือขาด  
หายไปบริเวณขอบ ของการ Crop ภาพ ทำให้เกิดการผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7

### สรุปผลการทดลองและแนวทางในการพัฒนา

จากผลการทดลองตามบทที่ผ่านมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ลายนิ้วมือที่ทำการเปรียบเทียบ เริ่มจากการปรับภาพลายนิ้วมือที่รับเข้ามาโดยภาพลายนิ้วมือเพื่อให้ได้ภาพลายนิ้วมือ ที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นซึ่งเหมาะต่อการนำไปใช้งานที่สอดคล้องกับ กระบวนการทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยการปรับภาพลายนิ้วมือนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะทำให้ภาพลายนิ้วมือมีประสิทธิภาพ นอกจากการเลือกกระบวนการปรับปรุงที่เหมาะสมแล้ว การได้มาซึ่งภาพลายนิ้วมือ ต้นแบบก็เป็นส่วนที่สำคัญยิ่ง โดยในส่วนการปรับภาพลายนิ้วมือนั้นได้ทำการปรับปรุงภาพที่รับเข้ามา (Image Enhancement) โดยทำการ Normalize ภาพ เพื่อนำภาพที่ได้ไปหาภาพทิศทาง (Orientation Image) ซึ่งเป็นกระบวนการประมาณทิศทางของเส้นนูนของภาพ หลังจากนั้น นำทิศทางของภาพที่ได้มาทำการหาจุดอ้างอิง เพื่อทำการเก็บเป็นฐานข้อมูลและ ทำการเปรียบเทียบ ฉะนั้นกระบวนการเก็บลายนิ้วมือควรมีมาตรฐานในการจัดเก็บ ทั้งเรื่องลักษณะการกด องศาที่คลาดเคลื่อนได้(ซึ่งหากจำกัดไว้จะทำให้การเปรียบเทียบลายนิ้วมือทำได้เร็วขึ้น) และขนาดของลายนิ้วมือเมื่อเทียบกับลายนิ้วมือจริง ที่จำเป็นต้องกำหนดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันในลายนิ้วมือหนึ่งๆ เพราะหลักการการเปรียบเทียบส่วนมากใช้ทิศทางและระยะทางเป็นค่าในการเปรียบเทียบ ดังนั้นภาพที่นำมาเปรียบเทียบควรทำให้มีอัตราส่วนที่เท่ากันก่อน เพราะถ้าว่าภาพลายนิ้วมือมีความสมบูรณ์ จะช่วยลดค่าความผิดพลาดในการทดลองได้เป็นอย่างมาก

ส่วนในการทดลองการเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล โดยหลังจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่สำคัญที่สุดของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบนี้คือ การหาจุดศูนย์กลางเพื่อใช้เป็น จุดอ้างอิงเพราะหากเกิดความคลาดเคลื่อนเกินความกว้างของ 1 sector (2 เท่าของความหนาของเส้นลายนิ้วมือ) จะทำให้การครอบลายนิ้วมือด้วย sector ที่ควร จะอยู่ใน sector ชั้นเดียวกันของภาพลายนิ้วมือเดียวกันอยู่คนละชั้น ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบได้สูง

หากเปรียบเทียบกับ การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญซึ่งวัดระยะจากจุดศูนย์กลางและจุดลักษณะสำคัญ ซึ่งก็ต้องทำการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงก็มีจุดสำคัญเช่นเดียวกัน แต่ข้อดีของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าตรง False Reject Rate มีอัตราที่น้อยกว่า(แม่นยำสูงกว่า) เพราะใช้การเปรียบเทียบจุดต่อจุดมาหาระยะซึ่งจากขั้นตอนนี้สามารถพิจารณาได้เลยว่าลายนิ้วมือนี้ตรงหรือไม่ โดยใช้จุดศูนย์กลางเปรียบเทียบกับจุดลักษณะพิเศษหลายจุด แต่การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ใช้ผลรวม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของค่าความแตกต่างซึ่งอาจจะมีลายนิ้วมือที่เป็นประเภทเดียวกันแต่เป็นคนละลายนิ้วมือได้ผลเป็นตรงกันก็ได้ หรือลายนิ้วมือเดียวกันที่หาจุดศูนย์กลางคลาดเคลื่อนกันมาอาจจะถูกพิจารณาว่าไม่ตรงกันก็ได้ และอีกกระบวนการหนึ่งที่เป็นปัญหาคือส่วนของการ crop เพื่อกำหนดการแบ่ง sector หากจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือนั้นอยู่ขอบภาพมากเกินไป ทำให้พื้นที่ส่วนที่เป็น sector ข้อมูลขาดหายไปบางส่วน ซึ่งในกระบวนการก็ยังนำส่วน sector วางเปล่าที่ขาดไป ไปใช้ในการเปรียบเทียบหาความความต่างซึ่งจะให้ความคลาดเคลื่อนมากขึ้น

### แนวทางในการพัฒนา

ในการพัฒนาส่วนของโปรแกรมนั้น ควรจะปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ โดยเฉพาะการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงมีความสำคัญมาก และในกระบวนการการเปรียบเทียบลายนิ้วมือเมื่อทำการปรับปรุงในส่วนของโปรแกรม Matlab และทำการทดลองจนแน่ใจแล้วว่า โปรแกรมสามารถใช้งานได้จริงและปรับปรุงส่วนของโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปเพื่อให้ใช้งานได้จริง อาจจะทำเป็นโปรแกรม Visual C++, Visual Basic (ที่ทำเป็นโปรแกรมพร้อมใช้งาน) หรือสามารถใช้อัลกอริทึมนี้ไปพัฒนาไมโคร โปรเซสเซอร์ ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Anil K. Jain, *Fellow, IEEE*, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti, Filterbank-Based Fingerprint Matching, *IEEE vol*, No5, May 2000.
- [2] D.Maltoni, D.Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer-Verlag, June 2003.
- [3] Sen Wang and Yangsheng Wang., "Fingerprint Enhancement in the Singular Point Area" *IEEE signal processing letters*, vol. 11, no. 1, pp. 16-19, January 2004
- [4] A. K. Jain, S.Prabhakar and L. Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification" *IEEE Transactions on PAMI*, Vol.21, No.4, pp. 348-359, April 1999.
- [5] Sen Wang, Wei Wei Zhang ,Yang Sheng Wang," Fingerprint Classification by Directional Fields", *Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'02)*, 2002
- [6] Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.19, pp. 302–314, Apr. 1997.
- [7] Jinwei Gu and Jie Zhou, "A Novel Model for Orientation Field of Fingerprints ," *Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2003)*, vol.2, pp. 493-498, 2003.
- [8] Jie Zhou and Jinwei Gu,"A Model-based Method for the Computation of Fingerprints Orientation Field," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.13, no.6, p. 821-835, June 2004.
- [9] Jinwei Gu and Jie Zhou, "Analysis of Singular Points in Fingerprints based on Topological Structure and Orientation Field", *Technical Report*, 2005.
- [10] เดชา ศิริกุลวิริยะ "การค้นหาลักษณะจากลายนิ้วมือ"วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้