สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง

# FINGERPRINT CLASSIFICATION USING REFERENT POINT

โดย

นายชานนท์ ทรัพย์สำราญ

นายชินดนัย ไวโรจนกิจ

ปย.
ช52ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....82425
วัน,เดือน,ปี.....11 ก.ค. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b.11944814
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง

**FINGERPRINT CLASSIFICATION USING REFERENT POINT**


โดย

นายชานนท์ ทรัพย์สำราญ 47010181

นายชินดนัย ไวโรจนกิจ 47010185


อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง

FINGERPRINT CLASSIFICATION USING REFERENT POINT


ผู้จัดทำ

1. นาย ชานนท์ ทรัพย์สำราญ
2. นาย ชินดนัย ไวโรจนกิจ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง

นาย ชานนท์ ทรัพย์สำราญ รหัส 47010181

นาย ชินดนัย ไวโรจนกิจ รหัส 47010185

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือ โดยการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิควิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือด้วยความแม่นยำ และสามารถจำแนกประเภทของลายนิ้วมือเพื่อความรวดเร็วในการพิสูจน์ลายนิ้วมือซึ่งมีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประมวลผลเกรเดียนและกำหนดจุดอ้างอิง โดยใช้เทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้ง และเทคนิคทางเรขาคณิตในการตัดสินใจกำหนดจุดอ้างอิง และจัดแบ่งประเภทตามลักษณะของลายนิ้วมือ โดยในการทดลองจะใช้ฐานข้อมูล FVC 2004 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่นิยมในปัจจุบัน และฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Fingerprint Classification

Mr. Chanon Sapsamran ID 47010181

Mr. Chindanai Vairojanakit ID 47010185

Asst.Prof.Dr.Somsak Choomchuay Advisor

Educational Year 2007

**ABSTRACT**

This thesis presents fingerprint classification by reference point fingerprint by the adaptation and develops way all technique. Mathematics way for seek the reference point on the fingerprint with the accuracy and can classify of the fingerprint for the quickness in prove the fingerprint. Which is large-sized database in the analysis uses the data from data mischievous processing abundantly and adjust the direction with fix referable point by use seeking direction curvature technique and geometry technique for the accuracy in the making a decision fix referable point and divide a kind follow the character of the fingerprint in the experiment will use the database FVC2004. Which be the database that have to admit and is popular in now. And database from random student's fingerprint of King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

**ขอขอบคุณ**

อาจารย์ รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย (อาจารย์ที่ปรึกษา) และอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้การอุปการะให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวข้องกับxib

นักศึกษาภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดทำฐานข้อมูลการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือทั้ง 1000 ภาพ

และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือเป็นอันดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูปภาพ | VI |
| สารบัญตาราง | VIII |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| **บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ** | 3 |
| 2.1. ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ | 5 |
| 2.1.1. จุดกึ่งกลาง (Core) | 5 |
| 2.1.2. จุดเดลต้า (Delta) | 6 |
| 2.1.3. ลักษณะสำคัญ (Minutiae) | 7 |
| 2.2. ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ | 8 |
| 2.2.1. กลุ่มเส้นโค้ง | 8 |
| 2.2.2. กลุ่มมัดหวาย (Loop) | 9 |
| 2.2.3. กลุ่มก้นหอย (Whorl) | 11 |
| 2.2.4. กลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl) | 12 |
| **บทที่ 3 ขั้นตอนการรับภาพและกระบวนการจัดเตรียมลายนิ้วมือ** | 13 |
| 3.1 คุณสมบัติของเครื่องอ่านลายนิ้วมือรุ่น WFS80 | 14 |
| 3.2 ลักษณะลายนิ้วมือ | 15 |
| 3.3 รูปแบบของสัญญาณรบกวน | 16 |
| 3.4 ลักษณะของสัญญาณรบกวน | 17 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | |
|---|---|
| 3.5 บริเวณน่าสนใจบนลายนิ้วมือ | 17 |
| 3.6 รูปแบบการปรับปรุงภาพ | 18 |
| 3.6.1การปรับปรุงภาพแบบ 2 ระดับ | 18 |
| 3.6.2 การปรับปรุงภาพโดยแบ่งภาพเป็น 256 ระดับ | 20 |
| 3.7 ขบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น | 20 |
| 3.7.1 การปรับแต่งความสว่างของภาพ (Histogram equalization) | 20 |
| 3.7.2 การปรับปรุงภาพให้เข้าสู่สภาพสมดุล | 21 |
| **บทที่ 4 กระบวนการหาจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือ** | 23 |
| 4.1 กล่าวนำ | 23 |
| 4.2 ขั้นตอนค้นหาจุดอ้างอิง | 24 |
| 4.3 การเปลี่ยนแปลงความค่าความเข้ม | 25 |
| 4.4 ขั้นตอนการประมาณทิศทางโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือ | 26 |
| 4.5 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดยเรขาคณิต (Geometry of region: GR) | 28 |
| 4.6 การค้นหาจุดอ้างอิงโดยใช้เทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้ง | 31 |
| 4.7 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดย Poin' care index | 32 |
| **บทที่ 5 ขั้นตอนการจำแนกลายนิ้วมือ** | 34 |
| **บทที่ 6 ผลการทดลอง** | 42 |
| 6.1 ลำดับขั้นตอนในการทดลอง | 42 |
| 6.2 ลักษณะของข้อมูลที่ทำการป้อนเข้า | 42 |
| 6.3 ผลการแยกประเภทลายนิ้วมือของฐานข้อมูล FVC 2004 | 43 |
| 6.4 ผลการแยกประเภทลายนิ้วมือของฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 44 |
| 6.5 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด | 46 |
| **บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง** | 48 |
| **บรรณานุกรม** | 49 |
| **ภาคผนวก** | 51 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

**บทที่ 2**

รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง (Core) 5
รูปที่ 2.2 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดเดลต้า (Delta) 6
รูปที่ 2.3 แสดงจุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation) 7
รูปที่ 2.4 แสดงจุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) 7
รูปที่ 2.5 แสดงกลุ่มโค้งราบ (Arch) 8
รูปที่2.6 แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch) 8
รูปที่2.7 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop) 9
รูปที่2.8 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop) 10
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop) 10
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอยลูปคู่ 11
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย (Whorl) 11
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะรูปแบบกลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl) 12

**บทที่ 3**

รูปที่ 3.1 เครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ใช้ในการสุ่มเก็บตัวอย่างลายนิ้วมือ 13
รูปที่ 3.2 โปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม Visual Basic 13
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งรายละเอียดบริเวณที่น่าสนใจ สันคือ บริเวณสีดำ และร่องเป็นบริเวณที่เป็นสีขาว 16
รูปที่ 3.4 แสดงภาพที่ไม่สามารถกู้รายละเอียดกลับมาได้ 17
รูปที่ 3.5 ภาพก่อนเข้ากระบวนการปรับปรุงภาพ 19
รูปที่ 3.6 การปรับแต่งวิธีเทียบกับค่าระดับคงที่ค่าหนึ่ง T (Threshold) 19
รูปที่ 3.7 การปรับแต่งวิธีการปรับความสว่างของภาพ (Histogram equalization) 21

**บทที่ 4**

รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการหาจุดอ้างอิงและการจำแนกลายนิ้วมือ 24
รูปที่ 4.2 แสดงภาพลายพิมพ์นิ้วมือ (a) ภาพต้นฉบับ (b) ภาพหลังทำการปรับสมดุล (c) ภาพการประเมินทิศทาง (d) การปรับปรุงทิศทาง 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 4.3 บริเวณสำหรับรวบรวมความหนาแน่น $\varepsilon$ สำหรับอ้างอิงจุด X (i, j) 30

รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง (a) - (b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี GR แสดงการคำนวณจุดอ้างอิง 30
ที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำ และ(c)-(d) ตัวอย่างภาพที่ประสบความสำเร็จ
สำหรับหาจุดศูนย์กลางภาพลายพิมพ์นิ้วมือในฐานข้อมูล FVC2004

รูปที่ 4.5 ตัวอย่าง (a)-(b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี DC แสดงการคำนวณจุดอ้างอิง 32
ที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำและตัวอย่างภาพที่ (c)-(d)

รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง (a)-(b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี Point' care index แสดงการ 33
คำนวณจุดอ้างอิงที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำและตัวอย่างภาพที่ (c)-(d)

**บทที่ 5**

รูปที่ 5.1แสดงภาพคลาสของลายพิมพ์นิ้วมือทั้ง 7 ประเภท 34

รูปที่ 5.2 แสดงการแบ่งพื้นที่ค้นหาจุดอ้างอิง (1) แสดงการคัดแยกลายนิ้วมือโดยใช้มุม (2, 3) 39

รูปที่ 5.3 ภาพบล็อกไดอะแกรมแสดงกระบวนการแยกประเภทลายนิ้วมือ 40-41

**บทที่ 6**

รูปที่ 6.1 ภาพลายนิ้วมือที่ไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงได้จากฐานข้อมูลของการสุ่มตัวอย่าง 45
ลายนิ้วมือนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้ง 8 ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

หน้า

**บทที่ 5**

ตาราง 5.1 แสดงรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือโดยวิธี แบ่งการพิจารณาโครงสร้าง 35
ตาราง 5.2 แสดงรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือโดยวิธีหาทิศทางการไหลบริเวณจุดแกน 36
ตาราง 5.3 ตารงสรุปรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือ 37

**บทที่ 6**

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภทของฐานข้อมูล FVC 2004 43
ตารางที่ 6.2 แสดงผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภทของฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่าง 44
ลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตารางที่ 6.3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากผลการหาจุดอ้างอิง (ไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงได้) 46
ตารางที่ 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภท 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สิ่งหนึ่งที่มนุษย์สนใจมากที่สุดคือความสามารถในการจดจำวัตถุและสามารถแยกแยะวัตถุนั้นได้ โดยใช้กระบวนการจำที่เป็นเหตุเป็นผลและทำการรวบรวมข้อมูลมาประมวลผลและจดจำ โดยการรับรู้ภาพผ่านทางเรตินา ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการรับรู้ภาพ

เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ทำให้มีการออกแบบเครื่องจักรเพื่อพยายามลอกเลียนแบบการกระทำของมนุษย์หรือกระบวนการรับรู้ของภาพของมนุษย์ในการตีความหมาย หรือบงชี้ถึงเอกลักษณ์ มีแนมโน้มที่จะประสบผลสำเร็จมากขึ้น ทำให้มีการนำเครื่องจักรมาช่วยงานแทนมนุษย์มากขึ้น เช่นการแยกแยะ ลายมือ ลายนิ้วมือ ม่านตาและ ใบหน้า ซึ่งในโครงงานนี้จะนำเสนอการแยกแยะประเภทของลายมือเป็นหลัก

การศึกษาลายนิ้วมือมีการศึกษาต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนานซึ่งการวิเคราะห์โครงสร้างลายนิ้วมือปัจจุบันได้มีการพัฒนาศักยภาพไม่ว่าจะเป็นด้านความเร็วในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างลายนิ้วมือ ซึ่งปัจจุบันวิธีพิสูจน์ลายนิ้วมือแบบอัตโนมัติเป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย เช่น ระบบรักษาความปลอดภัยของสถานที่สำคัญ ระบบตรวจสอบเอกลักษณ์อาชญากรของกรมตำรวจ ซึ่งในปัจจุบันมีอาชญากรรมต่างๆ ลายพิมพ์นิ้วมือจึงเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานในการประกอบคดีที่พบในสถานที่เกิดเหตุ โดยส่วนใหญ่ตำรวจสามารถนำลายพิมพ์นิ้วมือเหล่านั้นใช้เป็นพยานหลักฐานในการสืบหาผู้ต้องหาที่กระทำความผิดมาลงโทษ ดังนั้นระบบการวิเคราะห์โครงสร้างลายนิ้วมือถือว่าเป็นระบบการจดจำรูปแบบที่มีความหน้าสนใจในการศึกษาและพัฒนาระบบการจดจำโครงสร้างลายนิ้วมือให้มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในสังคมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา**

1. เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของลายนิ้วมือ ว่ามีลักษณะหรือจุดอ้างอิงใดบ้าง ทำการศึกษารายละเอียดและขั้นตอนต่างๆในการจำแนกลายนิ้วมือ การหาจุดอ้างอิง วิธีการต่างๆที่มีการนำเสนอและตีพิมพ์ออกว่า วิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อเสีย
2. พัฒนาและทำการปรับปรุงขั้นตอนการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงในเหมาะสมในการนำไปใช้หาจุดศูนย์กลางบริเวณโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือ
3. ทำการศึกษารายละเอียดรูปแบบของลายพิมพ์นิ้วมือ และขั้นตอนวิธีการในการจำแนกโครงสร้างลายนิ้วมือและพัฒนาปรับปรุงการจำแนกประเภทของลายพิมพ์นิ้วมือโดยอาศัยจุดอ้างอิง

**1.3 ขอบเขตของโครงงาน**

รายงานฉบับนี้นำเสนอการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือ โดยการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิควิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาจุดอ้างอิงที่น่าสนใจบนลายนิ้วมือ มาจำแนกประเภทของลายนิ้วมือเพื่อความรวดเร็วในการพิสูจน์ลายนิ้วมือซึ่งมีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประมวลผลมุมของร่องและสันและกำหนดจุดอ้างอิง โดยใช้เทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้งของตำแหน่งจุดโค้งสูงสุดบนลายนิ้วมือ และเทคนิคทางเรขาคณิตในการตัดสินใจกำหนดจุดอ้างอิง วิธีการ Point-care ได้นำมาใช้เพื่อค้นหาจุดอ้างอิง สุดท้ายทำการแบ่งส่วนและระบุตำแหน่งจุด Core และจุด Delta จัดแบ่งประเภทตามลักษณะของลายนิ้วมือโดยอาศัยตำแหน่งของจุด Core และจุด Delta เป็นหลัก การทดสอบความสามารถในเบื้องต้นได้ทดลองใช้ฐานข้อมูล FVC 2004 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่นิยมในปัจจุบันและฐานข้อมูลจริง ซึ่งผลที่ได้แสดงว่าเทคนิคนี้ใช้งานได้ดีในระดับหนึ่งและสามารถที่จะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โครงงานนี้ใช้คอมพิวเตอร์ในการจำแนกระบบเริ่ม ทำการรับภาพลายนิ้วมือด้วยโปรแกรม Visual Basic แยกประเภทลายนิ้วมือด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งผลลัพธ์แสดงถึงอัตราการหาจุดอ้างอิงผิดพลาดในการหาจุดอ้างอิง พิจารณาประสิทธิภาพในการคำนวณความแม่นยำของระบบ โดยสิ่งที่แก้ไขเพิ่มเติมจะเป็นการปรับปรุงเทคนิคต่างๆในการหาจุดอ้างอิงและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม ในการวิเคราะห์เพิ่มวิธีวิเคราะห์เวกเตอร์รอบจุด Core point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ

เมื่อเราหงายมือขึ้นและสังเกตไปที่นิ้วมือแต่ละนิ้ว จะพบว่านิ้วนั้นมีลักษณะเป็นลายอยู่ เมื่อมองเข้าไปใกล้ๆ จะเห็นว่าลายนิ้วมือที่มีลักษณะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นลายนูน (Ridges) และร่อง (Valleys or Furrows) วิ่งวนเป็นลักษณะส่วนโค้งไปรอบๆช่วงปลายนิ้วมือสลับกันไประหว่างร่องและลายนูน ทำให้เกิดเป็นลายขึ้นมา ลายดังกล่าวนี้จะมีส่วนของจุดที่เป็น จุดเฉพาะ (Singular Point) คือ จุดกึ่งกลาง (Core) และ สันดอน (Delta) รวมทั้งลักษณะสำคัญ (Minutiae) ซึ่งก็คือ จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) และจุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation) รูปแบบของลายนิ้วมือนี้จะมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวข้องมากมายเกี่ยวกับการจำแนกประเภทลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติออกมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแบ่งงานวิจัยเป็นสามกลุ่มใหญ่ๆ คือ หนึ่ง งานวิจัยที่เกี่ยวกับขั้นตอนการรับภาพและปรับปรุงภาพเบื้องต้น สอง คือการแยกแยะคุณลักษณะ และสามการจำแนกประเภทลายพิมพ์นิ้วมือ

กลุ่มแรกเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการรับภาพและการปรับปรุงภาพเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ งานวิจัยของ M.R. Verma et al (1997) นำเสนอวิธีการหาขอบของภาพลายนิ้วมือโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีของ Pal และ king (1981) ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพแล้วทำภาพเป็นสองระดับ คือ ขาวดำ ต่อจากนั้นทำเส้นให้บางจากอัลกอริธึมของ Hildeteh และในงานวิจัยของ B.M.Mehire et al.,(1987,1989) ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงภาพโดยใช้วิธีการหาทิศทางของภาพจากการเข้ารหัสทิศทางเพื่อการจับคู่เส้นลายนิ้วมือและวิธีการคำนวณจากตัววัดการกระจายของข้อมูลหรือค่าการกระจายเป็นการแยกส่วนของบริเวณลายนิ้วมือกับบริเวณพื้นหลังของภาพโดยการเลือกจากความหนาแน่นในแต่ละทิศทางของภาพแต่ละส่วนของการกระจายของข้อมูล งานวิจัยของ Q.Xiao และ H.Raafat (1991) เสนอวิธีการปรับปรุงภาพหลังจากภาพผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้นจากการทำเส้นให้บางโดยการทำให้เส้นมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องในจุดที่ถูกต้อง โดยใช้วิธีทางโครงสร้างและสถิติ งานวิจัยของ D.G.D.Hung (1993) เสนอวิธีปรับปรุงภาพขาวดำ โดยการขยายและลดขนาดของเส้นลายพิมพ์นิ้วมือ เพื่อช่วยลดปัญหากรณีเส้นลายนิ้วมือเกิดเป็นหลุมเกิดเส้นขาดซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับเส้นคู่และงานวิจัยของ B.G.Sherlock et al.,(1992,1993,1994) ได้จำลองสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาสนามทิศทางของเส้นแกน(Core)และเดลต้า (Delta)โดยการหาอินทิเกตของเส้นโค้งรอบสนามเวกเตอร์ โดยวิธี Point' care index ในการหาจุดเดี่ยวของสนามเวกเตอร์ และออกแบบตัวกรองที่เรียกว่า Directional Fourier Filter โดยหารแปลภาพให้อยู่ในเชิงความถี่ แล้วอาศัยการหาค่าการกระจายของภาพที่สอดคล้องกันกับทิศทางหลักที่กำหนดให้ กับตัวกรองต่อจากนั้นทำภาพเป็นภาพขาวดำโดยการหาตำแหน่งจุดแยกจากบล็อกย่อยๆเป็นต้น

กลุ่มที่สองเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวของกับการแยกแยะคุณลักษณะ เช่นงานวิจัยของ M.KAWagoe และ A.Tojo (1984) ได้เสนอวิธีการปรับปรุงการแยกแยะคุณลักษณะจากวิธีการเข้ารหัสทิศทางเป็นวิธีแบบ point' care index มาใช้ในการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือ และงานวิจัยของ N.K. Ratha et al.,(1995) ได้นำเสนอวิธีการแบบใหม่ที่เรียกว่าการหาสนามทิศทางแล้วใช้วิธีนี้ในการจับคู่ทิศทางลายนิ้วมือกับสนามทิศทางเพื่อใช้ในการปรับปรุงโดยใช้ฐานข้อมูล NIST 9

กลุ่มที่สามเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกลายนิ้วมือซึ่งมีนักวิจัยหลายกลุ่มนำเสนอวิธีการจำแนกลายนิ้วมือไว้หลายวิธี เช่น B.Moayer และ K.S.Fu (1976) ได้นำเสนอวิธีการจำแนกลายนิ้วมือโดยระบบต้นไม้ (Tree System) โดยแบ่งภาพขนาด 192x192 โดยแบ่งบล็อกย่อยขนาด48x48 พิกเซล จำนวน16บล็อก แล้วทำการหาตำแหน่งจุดแยกในแต่ละบล็อก โดยวิธี chain code แล้วทำการพิจารณาโครงสร้างแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับรูปแบบที่เก็บไว้ งานวิจัยของ K.Rao และ K.balek (1980) เป็นการจำแนกลายนิ้วมือโดยวิธีการที่เรียกว่า ไวยกรณ์ (syntactic approach) ซึ่งวิธีการนี้เป็นการแยกแยะคุณลักษณะเฉพาะโดยการเข้ารหัสแทนรูปแบบลายมือด้วยชุดตัวอักษร โดยการแบ่งลายนิ้วมือ ออกเป็น 10กลุ่มหลักๆ งานวิจัยของ V.S.Srinivason และ N.N.Murth (1992) ได้เสนองานวิจัยโดยอาศัยตำแหน่งแกน และเดลต้า เป็นแยกแยะคุณลักษณะ โดยการอาศัยการเข้ารหัสข้อมูล J.L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Blue (1994) ได้ทดสอบวิธีการจำแนกลายนิ้วมือและตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสถิติ 4 วิธี และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 3 วิธี งานวิจัยของ K.Karu และ A.KJain (1996) ได้เสนอวิธีการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือที่เรียกว่า Rule-based จากฐานข้อมูล NIST 9 โดยอาศัยการหาตำแหน่งแกน และตำแหน่งเดลต้า จากวิธีการแบบ point' care index แล้วตัดสินว่าเป็นลายนิ้วมือในกลุ่มใดและA.KJain et al.,(1997) ได้พัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาเส้นลายละเอียดและจับคู่เส้นลายละเอียดนั้น โดยวิธีที่เรียกว่า alignment-based Elastic Matching ซึ่งอาศัยคุณลักษณะโดยวิธีการหาสนามทิศทาง

## 2.1. ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ

2.1.1. จุดกึ่งกลาง (Core)

จุดบนเส้นโค้งของลายนูนต้องมีลักษณะเป็นโค้งขึ้น และเริ่มที่จะกลับตัว หรือเริ่มที่จะกลายเป็นโค้งลง แล้วจึงวิ่งสวนทางกลับกันกับในตอนแรกก่อนที่จะโค้งขึ้น เส้นโค้งลายนูนนี้ต้องเป็นโค้งลายนูนที่อยู่ชั้นในที่สุดของบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลางนั้น เป็นลักษณะของเส้นโค้งที่โค้งขึ้นมาซ้อนๆกันหลายๆเส้น ในลักษณะของรูปมัดหวายจากโค้งวงกว้างลดลงมาเรื่อยๆ จนโค้งเล็กสุด (เส้นที่อยู่ในที่สุดอาจไม่เป็นเส้นโค้งก็ได้) ลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งที่อยู่ในบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง

รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง (Core)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2. จุดเดลต้า (Delta)

จุดที่ลายนิ้วมือมีทิศทางแยกออกรอบตำแหน่งนั้นเป็น 3 ทาง โดยทั่วไปสามารถเรียกตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดแยกรวมกันว่าจุดอ้างอิง (Singular Point) ซึ่งเป็นจุดบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

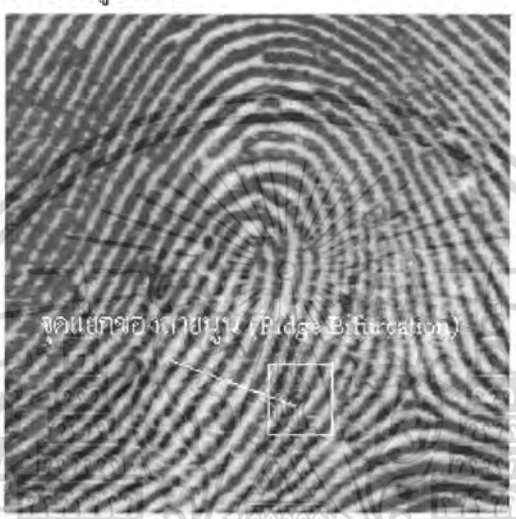
รูปที่ 2.2 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดเดลต้า (Delta)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3. ลักษณะสำคัญ (Minutiae)

เป็นลักษณะสำคัญในรูปลายนิ้วมือ ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่

- จุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation) เป็นจุดที่อยู่บนลายนูน ที่เกิดจากการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.3




รูปที่ 2.3 แสดงจุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation)

- จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) เป็นจุดที่อยู่บนลายนูน ในบริเวณปลายสุดของลายนูน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แสดงจุดปลายของลายนูน (Ridge Ending)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2. ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ

รูปแบบลายนูนในภาพลายนิ้วมือที่จับกลุ่มกันเป็นรูปแบบ สามารถแบ่งได้หลายชนิด ดังต่อไปนี้

2.2.1. กลุ่มเส้นโค้ง

ลักษณะของรูปแบบในภาพลายนิ้วมือมีลักษณะการวิ่งของลายนูนจากลักษณะที่ขนานกับพื้นราบแล้วพุ่งโค้งขึ้น แล้วจึงมีการวิ่งในลักษณะขนานกับพื้นราบอีกครั้ง

รูปแบบของกลุ่มเส้นโค้งนั้นมี 2 รูปแบบ คือ

- กลุ่มเส้นโค้งราบ (Arch)
- กลุ่มเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

โดยกลุ่มเส้นโค้งทั้งสองจะแตกต่างกันที่ลักษณะความสูงของส่วนโค้ง ตัวอย่างในรูปที่ 2.5 และ 2.6

รูปที่ 2.5 แสดงกลุ่มโค้งราบ (Arch)

รูปที่2.6 แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กลุ่มมัดหวาย (Loop)

1) กลุ่มมัดหวายเดี่ยว (Single Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

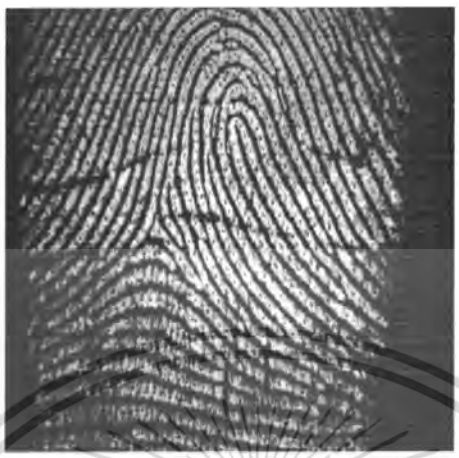
มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากบริเวณด้านซ้ายมาที่บริเวณกลางนิ้วมือแล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบน แล้วจึงโค้งลงและวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเมื่อมีการจับกลุ่มเป็นรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย แล้วจะเอนเอียงไปทางด้านขวา จึงได้เรียกว่า "กลุ่มมัดหวายเอียงขวา" และมีสันดอนอยู่ทางด้านขวาของรูปแบบ

รูปที่2.7 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

รูปแบบจะคล้ายลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา คือ มีการวิ่งของลายนูนจากทางด้านขวาที่บริเวณตรงกลางของนิ้วมือ จากนั้นจะวิ่งขึ้นไปด้านบนแล้วโค้ง และวิ่งกลับไปตามทางเดิมที่วิ่งมา เมื่อทำการสังเกตจะพบว่ามีลักษณะรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย และรูปแบบดังกล่าวจะมีการเอียงตัวไปทางด้านซ้าย เราจึงเรียกว่า "กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย" ปกติมักจะมีสันดอนอยู่ทางด้านซ้ายของรูปแบบเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.8 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

2) กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมกันของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มรวมตัวกันเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนูนอาจมาจากทางเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่งจะมีรูปแบบเป็นลักษณะของโค้งขึ้นและกลุ่มมัดหวายอีกกลุ่มหนึ่งจะมีลักษณะโค้งลง เมื่อรวมกันเป็นกลุ่มมัดหวายคู่รูปแบบดังกล่าวอาจมีการเอียงซ้าย หรือเอียงขวา

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กลุ่มก้นหอยลูปคู่

ลักษณะลายคล้ายกลุ่มมัดหวายคู่แต่จุด Core ของทั้งสอง อยู่ใกล้กันมากคล้ายก้นหอย

รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอยลูปคู่

2.2.3 กลุ่มก้นหอย (Whorl)

ลักษณะการวิ่งของลายนูนมีรูปแบบเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปวงกลมจากวงใหญ่ค่อยๆเล็กลงไปเรื่อยๆ จนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุด

รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย (Whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่จัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดใดโดยเฉพาะ ประกอบด้วยลายนิ้วมือ 2 แบบมาผสมกัน และมีสันดอน 2 สันดอน หรือมากกว่า เช่นกรณีที่ไม่สามารถเข้ากับลายนิ้วมือกลุ่มที่กล่าวมาแล้วข้างต้นไม่ได้เลย โดยมีความยุ่งเหยิง และเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน

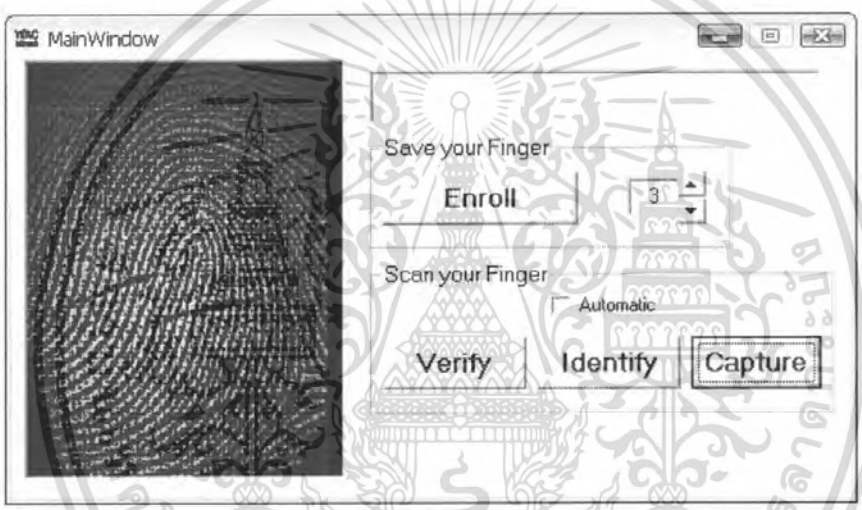
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะรูปแบบกลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## ขั้นตอนการรับภาพและกระบวนการจัดเตรียมลายนิ้วมือ

โปรแกรมที่ใช้เชื่อมต่อและควบคุมเครื่องสแกนลายนิ้วมือในการรับภาพลายนิ้วมือเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและจัดทำฐานข้อมูลได้ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการบันทึกภาพแล้วจึงส่งต่อให้กับโปรแกรม Matlab นำไปวิเคราะห์หาจุดอ้างอิงและคัดแยกประเภทลายนิ้วมือต่อไป




รูปที่ 3.1 โปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม Visual Basic

รูปที่ 3.2 เครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ใช้ในการสุ่มเก็บตัวอย่างลายนิ้วมือ (Fingerprint Reader WFS80)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1 คุณสมบัติของเครื่องอ่านลายนิ้วมือรุ่น WFS80 (WFS80 High Performance Reader)**

1. ใช้เวลาในการสแกน 0.5 วินาที
2. ไม่อ่านลายนิ้วมือปลอม
3. ทนทาน เพราะทำจาก Crown Glass ทนทานต่อรอยขีดข่วน ของมีคม ทำความสะอาดง่าย
4. สแกนได้ไม่ว่านิ้วมือจะแห้ง ชื้น จาง หรือเปื้อน
5. ใช้ลำแสง Infrared ช่วยขจัดปัญหาแสงรบกวนจากภายนอก
6. ความแม่นยำในการสแกนลายนิ้วมือ :
   - โอกาสยอมรับลายนิ้วมือปลอม (FAR) = 1/1,000,000
   - โอกาสปฏิเสธลายนิ้วมือจริง (FRR) = 1/100
7. มีวงจรตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน
8. หน้าต่างสแกนลายนิ้วมือ 16*24 mm.
9. ขนาดเล็ก 45*63*26 มม.
10. ความละเอียด 508 dpi
11. USB 1.1
12. น้ำหนักเบาเพียง 80 กรัม
13. อุณหภูมิการใช้งาน 0-55 °C
14. Supply Voltage: DC 4.4-5.25 V
15. ความเร็วในการส่งข้อมูล 6 Mbit/วินาที
16. มี LED 2 ดวง คือ สีเขียวและสีแดง สามารถโปรแกรมให้แสดงผลตามความต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2 ลักษณะลายนิ้วมือ**

คุณภาพของโครงสร้างของสันในรูปของลายพิมพ์นิ้วมือมีความสำคัญเพราะสันเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลสำหรับการดึงรายละเอียด ในทางอุดมคติ คำจำกัดความของภาพลายพิมพ์นิ้วมือ ที่ดี บริเวณสันและร่องของสันควรจะสลับกันและมีทิศทางการไหลเวียนเป็นแบบคงที่ ทำให้สะดวกต่อการค้นหารายละเอียดได้ดีที่สุด แต่ในทางปฏิบัติอาจจะไม่ดีเสมอไปซึ่งอาจจะเกิดจากสิ่งรบกวนที่ทำให้โครงสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลง และปัจจัยอีกหลายอย่างที่ทำให้ลายนิ้วมือเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น แผลเป็น ความชื้น สิ่งสกปรก ดังนั้นเทคนิคการลดสิ่งรบกวนและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงคุณภาพของบริเวณโครงสร้างสันและร่องบนลายพิมพ์นิ้วมือ ในการปรับปรุงและพัฒนาการระบุเอกลักษณ์ของลายพิมพ์นิ้วมือของแต่ละบุคคลมีใช้กันมามากกว่า 100 ปี โดยการตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยเริ่มแรกผู้เชี่ยวชาญใช้ลักษณะเด่นของรายละเอียดของสัน (Bifurcation Ridge) ในการพิสูจน์ลายนิ้วมือ เพื่อระบุหาเอกลักษณ์ของบุคคลในแต่ละบุคคล ในบทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงภาพลายพิมพ์นิ้วมือ เพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพและวิธีแก้ปัญหาสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ตำแหน่งรายละเอียดบริเวณที่น่าสนใจ ซึ่งสันคือ บริเวณสีดำ และส่วนรองเป็นบริเวณที่เป็นสีขาว

**3.3 รูปแบบของสัญญาณรบกวน**

ในทางปฏิบัติ ภาพลายพิมพ์นิ้วมือจะมีสัญญาณรบกวนปะปน ทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งรายละเอียดหรือลักษณะเฉพาะในพื้นที่ ซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนซึ่งยกตัวอย่างปัญหาต่างดังนี้

1. บริเวณรายละเอียดจำนวนมากที่ไม่ได้มาจากลายพิมพ์นิ้วมือ เพียงนิ้วเดียวของบุคคล นั้นแต่เกิดจากสัญญาณรบกวนภาพ ที่ทำให้เกิดลักษณะเด่นในบริเวณที่ผิดพลาด

2. ตำแหน่งรายละเอียดที่มีสัญญาณรบกวนทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้

3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะของสันอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



เพื่อเพิ่มความแม่นยำของระบบการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือจึงจำเป็นต้องการขบวนการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับการนำภาพลายพิมพ์นิ้วมือไปใช้ให้เหมาะสม เพื่อความชัดเจนและขจัดสัญญาณรบกวนให้น้อยลง

**3.4 ลักษณะของสัญญาณรบกวน**

1. สัญญาณรบกวนที่ยากต่อการจำแนกเนื่องจากคล้ายสัญญาณภาพ
2. สัญญาณรบกวนที่มากจนทำให้ไม่เห็นเค้าโครงสันบนลายนิ้วมือ

**3.5 บริเวณน่าสนใจบนลายนิ้วมือ**

1. บริเวณน่าสนใจบริเวณลายนิ้วมือกับสัญญาณรบกวน
2. บริเวณที่มีคุณภาพดี เป็นสันและร่องชัดเจนสามารถเก็บข้อมูลได้สมบูรณ์
3. บริเวณภาพที่มีคุณภาพแย่แต่สามารถกู้คืนมา โดยใช้วิธีการต่างในการปรับปรุงภาพ บริเวณของภาพที่มีคุณภาพต่ำมากไม่สามารถกู้คืนมาได้บริเวณนี้เป็นลายเส้นของสันถูกสัญญาณรบกวนที่ไม่สามารถกู้คืนมาได้

รูปที่ 3.4 แสดงภาพที่ไม่สามารถกู้รายละเอียดกลับมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82425

**3.6 รูปแบบการปรับปรุงภาพ**

กระบวนการปรับปรุงภาพลายพิมพ์นิ้วมือมี 2 ลักษณะ

1. ภาพสันและร่องโดยการแบ่งออกเป็นสองระดับ

2. ภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่แบ่งระดับสีออกเป็น 256 ระดับ

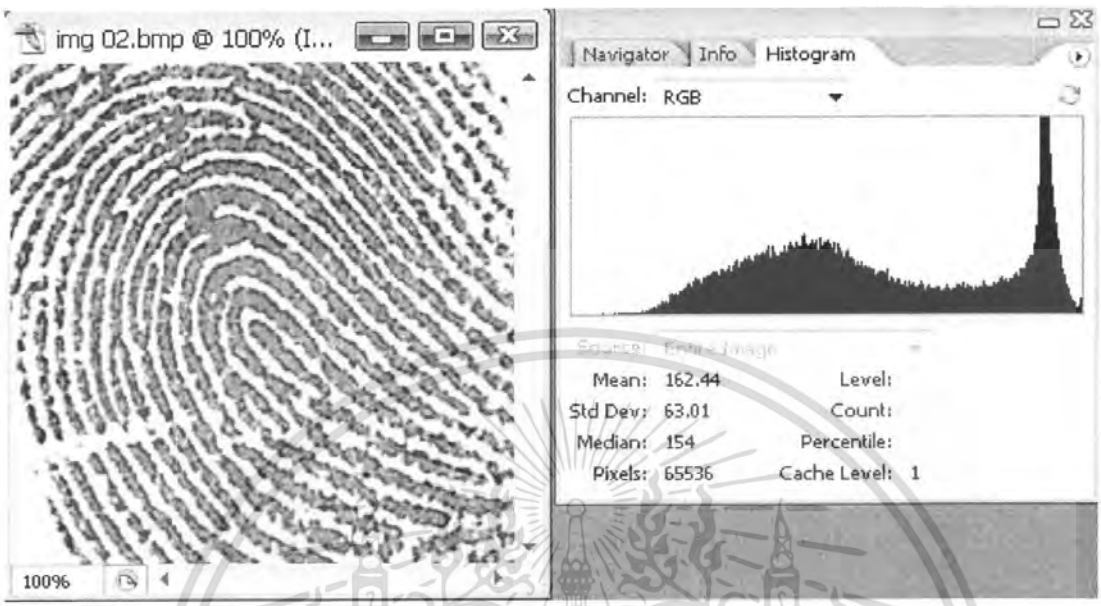
3.6.1การปรับปรุงภาพแบบ 2 ระดับ (Binarization image enhancement)

ภาพรายพิมพ์นิ้วมือแบบ 2 ระดับ ซึ่งบรรยายถึงลักษณะของสันและร่องตามส่วนโค้งตามเค้าโครงของลายพิมพ์นิ้วมือโดยสันของลายนิ้วมือกำหนดด้วยค่าระดับเป็น 1 และส่วนที่เป็นลักษณะของร่องถูกกำหนดด้วยค่าระดับ 0 ทำให้สะดวกในการพัฒนากระบวนการในการค้นหาตำแหน่งรายละเอียดกระบวนการทำภาพให้เป็น 2 ระดับ โดยวิธีที่นิยมจะใช้วิธีการเทียบกับค่าระดับคงที่ค่าหนึ่ง T (Threshold) เพื่อใช้ในการจัดระดับให้มีเพียง 2 ระดับ

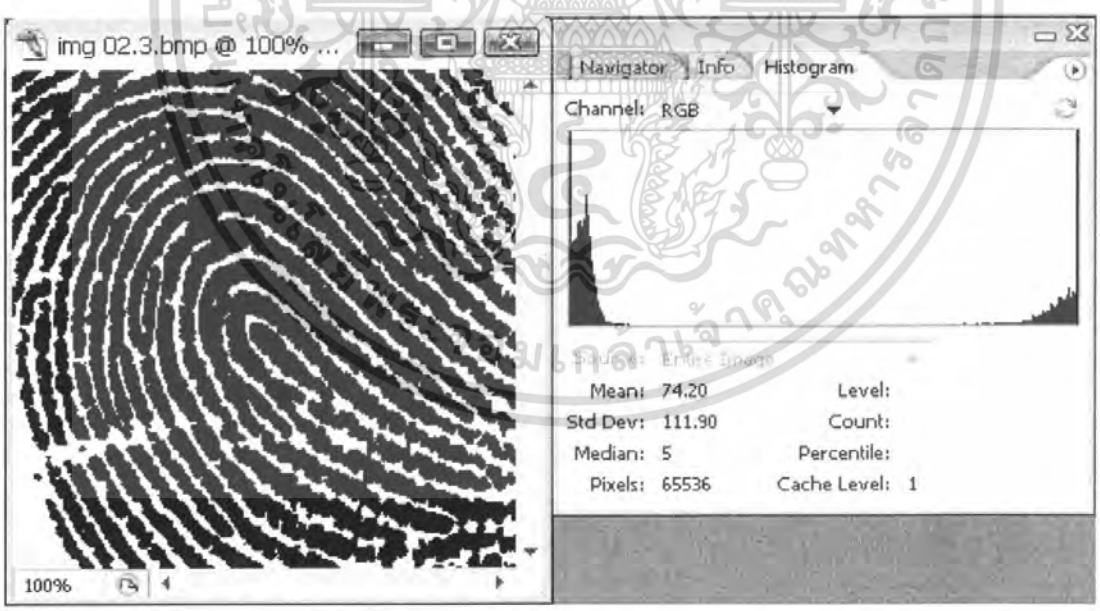
$$g(x,y) = \begin{cases} 1; f(x,y) \geq T \\ 0; f(x,y) < T \end{cases}$$

โดยกำหนดให้ g(x,y) เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงภาพที่ถูกทำการแบ่งเป็น สองระดับ จากภาพเดิม f(x,y) ในภาพที่ความชัดเจนการหาค่า T ในกระบวนการแบ่งภาพระดับของภาพนั้นง่ายกว่าภาพที่มีสัญญาณรบกวนปะปนในภาพ กระบวนการหาค่า T นั้น อาจจะทำให้สูญเสียข้อมูลลักษณะของสันบนลายพิมพ์นิ้วมือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.5 ภาพก่อนเข้ากระบวนการปรับปรุงภาพ




รูปที่ 3.6 การปรับแต่งวิธีเทียบกับค่าระดับคงที่ค่าหนึ่ง T (Threshold)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การปรับปรุงภาพโดยแบ่งภาพเป็น 256 ระดับ

ในการแบ่งภาพออกเป็น 256 ระดับ สันและร่องของภาพลายพิมพ์นิ้วมือในพื้นที่ขนาดเล็กๆที่เป็นแนวสลับกัน ไปมาคล้ายคลื่น ไซนูซอยด์ (sinusoidal) ดังภาพที่มีความถี่และทิศทางที่มีความแน่นอน ได้มีระบบการหลายแบบที่ใช้ลักษณะของโครงสร้างลายนิ้วมือมาเป็นสมมุติฐานในการปรับปรุงภาพลายพิมพ์นิ้วมือ

**3.7 ขบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น**

ขั้นตอนเริ่มแรก (Preprocessing) เป็นการกำหนดค่าระหว่างขั้นตอนการนำภาพเข้ามา โดยมีขั้นตอนปฏิบัติที่แสดงโดยทั่วไปดังนี้

3.7.1 การปรับแต่งความสว่างของภาพ (Histogram equalization)

การปรับแต่งความสว่างของภาพทำได้โดยการพิจารณาจากฮิสโทแกรม (Histogram) ซึ่งจะแสดงค่าระดับความเข้มของภาพว่าค่าระดับของภาพอยู่ในช่วงใด การปรับระดับค่าความชัดเจนเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้โดยการกำหนดค่าคงที่ให้กับภาพ ทำให้ค่าระดับของภาพ ที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นหรือ ลดลง โดยสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

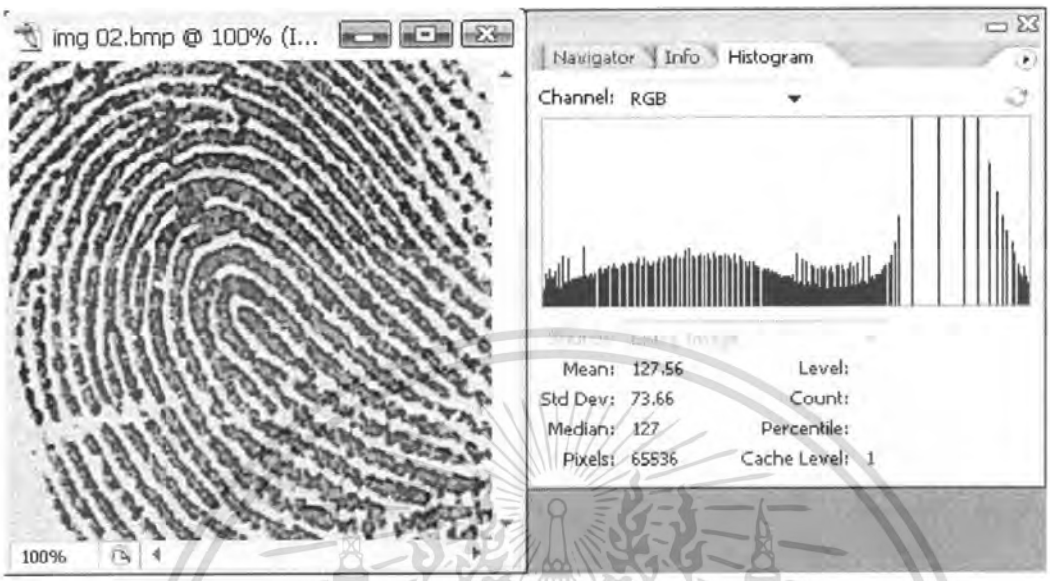
$$G(i,j) = I(i,j) + k$$

โดยกำหนดให้ G (i, j) แสดงถึงพิกเซลภาพหลังการปรับปรุงความเข้ม

I (i, j) แสดงค่าพิกเซลในแต่ละพิกเซล

k เป็นค่าคงที่เพื่อปรับระดับความเข้มของพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.7 การปรับแต่งวิธีการปรับความสว่างของภาพ (Histogram equalization)

3.7.2 การปรับปรุงภาพให้เข้าสู่สภาพสมดุล

การปรับปรุงภาพให้เข้าสู่สมดุลนี้ เป็นการลดระดับการเปลี่ยนแปลงของภาพที่มีมากเกินไป เนื่องจากน้ำหนักของการประทับลายนิ้วมือมีค่าน้ำหนักการกดที่ไม่เท่ากันทำให้พื้นที่บางส่วนภายในภาพค่าระดับความเข้มหมึกมีค่าไม่เท่ากันจึงต้องมีการปรับปรุงให้อยู่ในระดับมาตรฐาน เพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเส้นสันและร่องลายนิ้วมือของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ดังสมการ

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

กำหนดให้ N (i,j) คือ ระดับค่าสีเท่าของภาพที่ปรับปรุงแล้วที่จุดภาพ (i,j)

I (i,j) คือ ค่าระดับสีเทาของจุดภาพ (i,j) บนภาพ

M คือ ค่าประมาณเฉลี่ยของ I

V คือ ค่าแปรปรวนของ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$M_0$ คือ ค่าประมาณค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

$V_0$ คือ ความแปรปรวนที่เราต้องการ

กำหนดให้ M และ V เป็นค่าประมาณกึ่งกลางและค่าเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของสีเทาของ I(i,j) ตามลำดับ

$$Mean(I) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} I(i,j) \quad (1)$$

$$VAR(I) = \frac{1}{MxN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i,j) - M(I))^2 \quad (2)$$

ค่ากึ่งกลางระดับความเข้มของลายนิ้วมือ ค่าเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มสีเทาของภาพลายพิมพ์นิ้วมือ

M และ N คือขนาดความกว้างของพิกเซล

และ$M_0$ และ$V_0$ เป็นค่ากึ่งกลางที่ต้องการและค่าการเปลี่ยนแปลง $M_0$ = 50% และ $V_0$=50% เพื่อปรับให้มีค่าเบี่ยงเบนของระดับจุดการเปลี่ยนแปลงในภาพมีความมาตรฐานให้อยู่ในระดับและนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ ตามลำดับ การปรับปรุงภาพให้เข้าสู่สมดุลจะไม่ทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างลายนิ้วมือแต่ทำให้ได้มาตรฐานระดับการเปลี่ยนแปลงค่าระดับเทา ซึ่งเป็นการสนับสนุนขบวนการขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# กระบวนการหาจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือ

## 4.1 กล่าวนำ

หลังจากผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพในบทที่แล้ว ต่อไปจะเป็นการหาลักษณะเฉพาะของลายพิมพ์นิ้วมือที่เราสนใจ โดยบริเวณที่เราสนใจจะบอกถึงรูปแบบของโครงสร้าง เช่น จุดแกน(Core point) และจุดเดลต้า (Delta point) ซึ่งจุดทั้งสองมีความสำคัญมากในการหาจุดศูนย์กลางอ้างอิง ซึ่งลักษณะเด่นนี้สามารถหาพบได้ในลายนิ้วมือทั่วไป แต่แนวสันอาจมีการขาดเนื่องจากรอยแผลเป็นอาจทำหาจุดอ้างอิงที่หาได้คลาดเคลื่อนไป จริงต้องมีการปรับปรุงการคำนวณเพื่อความแม่นยำในการค้นหาจุดที่สนใจและบริเวณที่น่าสนใจ โดยอาศัยการหาความลาดชันตามแนวสัน และการใช้เทคนิคอื่นในการเพิ่มความรวดเร็วและแม่นยำในการาจุดอ้างอิงเช่น วิธีการหาทางเรขาคณิต และวิธี Poincare ในการช่วยยืนยันจุดที่เราค้นหาว่าเป็นจุดชนิดใดและเพิ่มความถูกต้องในการค้นหามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2 ขั้นตอนค้นหาจุดอ้างอิง**

ขั้นตอนการหาจุดอ้างอิงและการจำแนกประเภทบนลายพิมพ์นิ้วมือซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการหาจุดอ้างอิงและการจำแนกลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 การเปลี่ยนแปลงความค่าความเข้ม**

วิธีโดยทั่วไปสำหรับการค้นหาความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มในภาพ โดยการเลื่อนหน้าต่างบนภาพ(Mask) บนภาพซึ่งสัมประสิทธิ์ที่ได้จากหน้าต่างแสดงถึงความชัน ซึ่งสำหรับทิศทางในแนวแกน x หรือ y และยังมีการพัฒนาชุดหน้าต่างดำเนินการต่างๆ เช่น ชุดหน้าต่างของ sobel เป็นการวัดค่าความชันบนภาพและให้ความสำคัญกับบริเวณที่มีความถี่สูงสัมพันธ์กับขอบ ซึ่งใช้หลักการค้นหาความลาดชันสูงสุดแต่ละจุดในภาพเกรสเกลในวิธีนี้จะตอบสนองกับความชันสูงสุดซึ่งสัมพันธ์กับขอบในแนวตั้งและแนวนอนของแต่ละชุดโดยการใช้ฟังก์ชันคอนโวลูชัน

| | | |
|---|---|---|
| $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ |
| $a_4$ | i,j | $a_0$ |
| $a_5$ | $a_6$ | $a_7$ |

โดย

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

$f_x(i,j)$

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

$f_y(i,j)$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\delta f}{\delta x}(i,j) = f_x(x,y) = (a_5 + 2a_6 + a_7) - (a_1 + 2a_2 + a_3) \\ \\ \frac{\delta f}{\delta y}(i,j) = f_y(x,y) = (a_1 + 2a_0 + a_7) - (a_3 + 2a_4 + a_5) \end{array} \right\} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4 ขั้นตอนการประมาณทิศทางโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือ**

ในขั้นตอนการหาทิศทางของภาพโดยให้ภาพลายนิ้วมือผ่านการปรับปรุงในขั้นตอนแรก N(i, j) และดำเนินการต่อดังต่อไปนี้

แบ่งภาพลายพิมพ์นิ้วมือขนาด M x N พิกเซล (การทดลองใช้ภาพขนาด 320x320 พิกเซล) ที่ผ่านการปรับสมดุลในขั้นตอนแรก N(i, j) เป็นพื้นที่ย่อยๆ ขนาด w x w (21 x 21 พิกเซล) โดยกำหนดให้ Mo และ Vo ค่าเท่ากับ 50 คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของระดับจุดของภาพ $\partial$x (i, j) และ $\partial$y (i, j)ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Soble ประเมินทิศทางของภาพลายนิ้วมือแต่ละพื้นที่ย่อย ที่ได้จากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของระดับจุด (i, j) โดยใช้สมการดังนี้

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

$$V_y(i,j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2} \sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} (\partial_x^2(u,v) - \partial_y^2(u,v)) \tag{3}$$

$$\theta(i,j) = \frac{1}{2} tan^{-1}\left(\frac{V_x(i,j)}{V_y(i,j)}\right) \tag{4}$$

$\theta$ *(i, j)* คือ การประมาณทิศทางของพิกเซล*(i, j)*

เนื่องจากเป็นการคำนวณการปรับทิศทางของ $\theta$ *(i, j)* ให้กลมกลืนกันในแต่ละจุดในบริเวณของโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือซึ่งการหาทิศทางแบบ Sobel ขนาด 3x3 ไวต่อสัญญาณรบกวนที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงหรืออาจจะเกิดจากความผิดปกติตามธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องผ่านขบวนการปรับทิศทางลายพิมพ์นิ้วมือให้อยู่ในลักษณะสัญญาณต่อเนื่องโดยใช้สมการดังนี้

$$A = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} Vx \quad , B = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} Vy \tag{5-6}$$

กำหนดให้ค่า Vx และ Vy เป็นการประมาณทิศทางที่ได้จากสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ประมาณทิศทางของโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือแล้ว จำเป็นต้องทำการปรับปรุงทิศทางตามเงื่อนไขด้านล่าง (ขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นการปรับทิศทางบนโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือให้มีทิศทางที่สอดคล้องกัน)

*Procedure:*

*If :* $B_{(i,j)} \neq 0$ *then:* $\theta = 0.5 tan^{-1}(B/A)$

*else:* $\theta = \pi/2$ *,end*

*if* $\theta < 0$ *then*

*if :* $A < 0$ *then:* $\theta = \theta + \pi/2$

*else:* $\theta = \theta + \pi$ *,end*

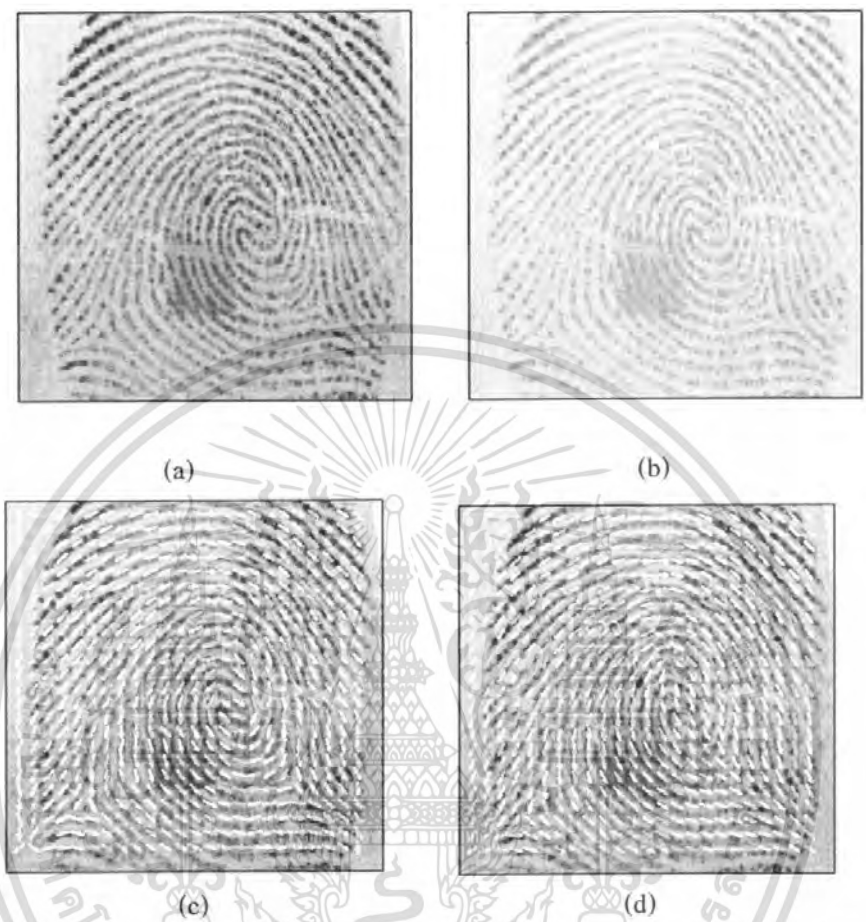
else

*if :* $A < 0$ *then:* $\theta = \pi/2$ *,end*

end

เมื่อทำการปรับทิศทางของโครงสร้างลายพิมพ์นิ้วมือ ขั้นต่อมาจะเป็นการค้นหาจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้ง(Directional of Curvature :DC) เพื่อใช้ตัดสินในการกำหนดพื้นที่ที่น่าสนใจบริเวณของลายพิมพ์นิ้วมือ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (14) และ (15) และกำหนดจุดอ้างอิงแบบหยาบใช้จุดอ้างอิงที่กำหนดแบบหยาบที่ได้จากเทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้ง กำหนดของเขตบริเวณพื้นที่ที่น่าสนใจโดยในการทดลองกำหนดเป็น 100 พิกเซลหรือประมาณ 5 สัน เพื่อกำหนดพื้นที่ที่จะหาจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือ ทำการประเมินทิศทางโครงสร้างลายนิ้วมือบริเวณที่แบ่งออกมาและนำมากรองสัญญาณรบกวน (Low pass filter) ใช้ Sobel เทคนิคการหาจุดอ้างอิงโดยใช้เรขาคณิต(Geometry of Region: GR) เพื่อค้นหาจุดอ้างอิงที่เหมาะสม โดยใช้พื้นที่ขนาน 3x3 และรัศมีขนาด 15 พิกเซล พิจารณาทีละพิกเซลตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.2 แสดงภาพลายพิมพ์นิ้วมือ (a) ภาพต้นฉบับ (b) ภาพหลังทำการปรับสมดุล (Normalization) (c) ภาพการประเมินทิศทาง (d) การปรับปรุงทิศทาง

ซึ่งเมื่อได้จุดอ้างอิงในการวิจัยได้ศึกษาต่อถึงความเป็นไปได้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทลายพิมพ์นิ้วมือตามลักษณะโครงสร้างเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการค้นหา

**4.5 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดยเรขาคณิต (Geometry of region: GR)**

4.5.1 การประมาณทิศทาง $\theta'$ โดยหาค่าได้จากสมการที่ (7) โดยใช้วิธีทีที่นำเสนอจาก [5, 7, 10, 13] การประมาณทิศทางภาพขนาด M x N และเราแทนบริเวณทิศทางของสันที่ (i, j) และแบ่งออกเป็นบล็อกขนาด w x w และประมาณทิศทางของทุกบล็อก

$$\Phi_x(i,j) = cos(2\theta(i,j)) \tag{7}$$

$$\Phi_y(i,j) = sin(2\theta(i,j)) \tag{8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\Phi_x$ และ $\Phi_y$ เป็นตัวประกอบทิศทางตามแนวแกน x และ y หลังจากคำนวณหาทิศทางและเราใช้ Gaussian เพื่อปรับให้ทิศทางกลมกลืนโดยใช้สมการด้านล่าง

$$\Phi_x'(i,j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} G(u,v)\Phi_x(i-uw, j-vw) \tag{9}$$

$$\Phi_y'(i,j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} G(u,v)\Phi_y(i-uw, j-vw) \tag{10}$$

G คือ Gaussian low-pass filter ขนาด $w_\Phi$ x $w_\Phi$ และปรับความกลมกลืนของทิศทาง O ที่พิกเซล (i, j) โดยใช้สมการ

$$\theta'(i,j) = \frac{1}{2} tan^{-1} \frac{\Phi_x'(i,j)}{\Phi_y'(i,j)} \tag{11}$$

4.5.2 คำนวณหาค่า $\varepsilon$ ที่อยู่ในภาพซึ่งมี sine เป็นส่วนประกอบ

$$\varepsilon(i,j) = \sin(\theta'(i,j)) \tag{12}$$

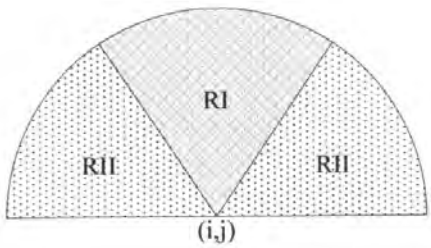
4.5.3 กำหนดตำแหน่ง X ในภาพเป็นตัวชี้จุดอ้างอิง

4.5.4 รวบรวมค่า $\varepsilon$ ทุกพิกเซล(i, j) ที่ได้จากส่วนประกอบของ sin ในบริเวณ RI และ RII และก็กำหนดค่าตามสมการ

$$A(i,j) = \sum_{RII} \varepsilon(i,j) - \sum_{RI} \varepsilon(i,j) \tag{13}$$

โดยบริเวณ RI และ RII เป็นรัศมีจากจุดศูนย์กลางไปยังสันซึ่งจากจุดศูนย์กลางไปยังส่วนโค้งบริเวณรอบๆ ที่ 10 pixels หรือประมาณ 1 สัน จากจุดศูนย์กลางโดยจะใช้เป็นบริเวณจุดอ้างอิง โดยในการออกแบบได้เก็บค่าสูงสุดของสัน อย่างไรก็ตามการค้นหาจุดอ้างอิงซึ่งจะประสบความสำเร็จในการหาจุดศูนย์กลางลายพิมพ์นิ้วมือในบางกรณี ซึ่ง [ดูรูปที่ 6 (a), (b)] แสดงความไม่แม่นยำในการค้นหาจุดอ้างอิงและค่าที่ไม่แน่นอนจุดอ้างอิงของลายพิมพ์นิ้วมือโดยใช้ส่วนโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3 บริเวณสำหรับรวบรวมความหนาแน่น $\mathcal{E}$ สำหรับอ้างอิงจุด X (i, j)

รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง (a) - (b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี GR เราแสดงการคำนวณจุดอ้างอิงที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำ และ(c)-(d) ตัวอย่างภาพที่ประสบความสำเร็จสำหรับหาจุดศูนย์กลางภาพลายพิมพ์นิ้วมือในฐานข้อมูล FVC2004

4.5.5 ค้นหาค่าสูงสุดใน $X$ และกำหนดพิกัดจุดแกนเป็นจุดอ้างอิงลายพิมพ์นิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 สำหรับกรณียังไม่สามารถหาจุดอ้างอิงที่แน่นนอนจำเป็นต้องทำการซ้ำในขั้นตอนที่ 1-5 โดยใช้ภาพขนาด w' x w' ซึ่ง w'<w และจำกัดการค้นหาในขั้นตอนที่ 5 ในบริเวณข้างเคียงของจุดอ้างอิง ในการทดลองใช้ w = 5 pixel

การทดลองประสบความสำเร็จในการอ้างอิงจุดศูนย์กลางในบางกรณีซึ่งในการประมาณจุดอ้างอิงซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลางที่เราได้กำหนดด้วยสายตามประมาณ 10 – 20 pixel (ประมาณ 1-2 สัน) จากจุดศูนย์กลางที่น่าจะเป็น

**4.6 การค้นหาจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือโดยเทคนิคหาทิศทางส่วนโค้ง (Directional of curvature DC)**

เป็นการคาดคะเนหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนลายพิมพ์นิ้วมือ ซึ่งจะเป็นตำแหน่งที่มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดสามารถพิจารณาได้จากขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.6.1 คาดคะเนพื้นที่การปรับทิศทาง $\theta$ โดยคำนวณได้จากสมการที่ (4) ใช้การบล็อกจัตุรัสขนาดเล็กในการคำนวณ w x w ซึ่งในการคำนวณเรากำหนดให้ w = 3

4.6.2 ปรับบริเวณรอบๆให้มีความกลมกลืน ให้ปรับพื้นที่รอบๆ เป็น $\theta'$ จากสมการที่ (11)

4.6.3 กำหนดตำแหน่ง X ในภาพเป็นตัวชี้จุดอ้างอิง

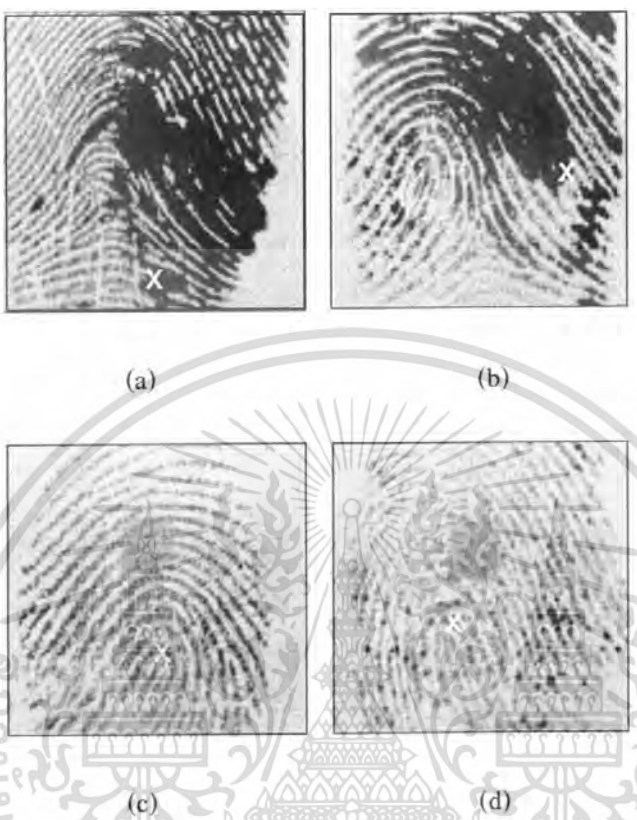
4.6.4 หลังจากปรับทิศทางให้มีความกลมกลืนกันที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ (1)-(11) ในเอกสารนำเสนอของเรา หลังจากได้นั้นคำนวณโดยใช้สมการ

$$diff\ Y = \sum_{k=1}^{3} sin2\theta(k,3) - \sum_{k=1}^{3} sin2\theta(k,1) \quad (14)$$

$$diff\ X = \sum_{l=1}^{3} sin2\theta(3,l) - \sum_{l=1}^{3} sin2\theta(3,l) \quad (15)$$

4.6.5 สมการที่ (14) - (15) ทำการคำนวณทุกบล็อกโดยเลื่อนออกไปที่ละพิกเซลค่า DiffX และ DiffY มีค่าค่าตรงกันข้ามกัน เราจะทำการระบุเครื่องหมาย X ลงในภาพต้นฉบับโดยอ้างอิงพิกัดจุดจากตำแหน่ง (i , j)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.5 ตัวอย่าง (a)-(b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี DC เราแสดงการคำนวณจุดอ้างอิงที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำและตัวอย่างภาพที่ (c)-(d)

**4.7 วิธีการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงโดย Poin' care index**

4.7.1 คาดคะเนพื้นที่การปรับทิศทาง $\theta'$ จากสมการที่ (11) ใช้การบล็อกจัตุรัสขนาดเล็กทำการคำนวณไปทีละบล็อกเราใช้บล็อกขนาด 3x3 โดยเลื่อนไปทีละพิกเซลและในพื้นที่ขนาด M x N ซึ่ง $\theta'$ (i , j) เป็นการปรับทิศทางบริเวณสันที่จุด (i, j) ทุกจุดในภาพ

4.7.2 หลังจากทำการคำนวณจากสมการที่ (1)-(11) เราจะทำการคำนวณโดยใช้ สมการที่(17) โดยในสมการที่ (17) เรากำหนดให้ $\theta$ (x, y) มีทิศทางเดียวกับ $\theta'$ *(i, j)* แล้วนำมาคำนวณตามสมการที่ (17) โดย นำมาคำนวณทุกบล็อกในที่นี้เรากำหนดให้ขนาดของบล็อกมีขนาดเท่ากับ 3x3 และ โดยที่ในแต่ละบล็อกมีพิกเซลอยู่จำนวน 9 เรากำหนดให้ $\theta(x_k, y_k)$ เป็นจุดกึ่งกลางของบล็อกซึ่งมีจุดรอบๆ จำนวน 8 จุดซึ่งเรากำหนดให้มีค่าเท่ากับ Np ในสมการที่ (17)

4.7.3 ต่อจากนั้นทำการคำนวณหาค่า $\delta(k)$ ในสมการที่ (16) โดยทำการเลื่อนไปที่ละบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

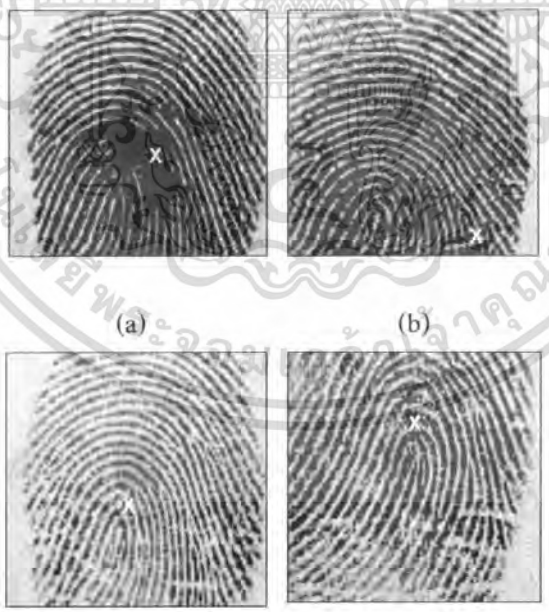
$$\delta(\mathrm{k}) = \theta(\mathrm{x}_{(\mathrm{k}+1) \bmod \mathrm{Np}}, \mathrm{y}_{(\mathrm{k}+1) \bmod \mathrm{Np}}) - \theta(\mathrm{x}_{\mathrm{k}}, \mathrm{y}_{\mathrm{k}}) \tag{16}$$

$$Poincare(i,j) = 1/2\pi \sum_{k=0}^{Np-1} \Delta(k) \tag{17}$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k) & if\ |\delta(k)| < \pi/2 \\ \pi + \delta(k) & if\ \delta(k) < -\pi/2 \\ \pi - \delta(k) & otherwise \end{cases} \tag{18}$$

4.7.4 เมื่อได้ค่า $\delta(k)$ นำค่า $\delta(k)$ มาทำการปรับมุม โดยเรากำหนดค่าที่ได้จากการปรับมุมกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $\Delta(\mathrm{k})$

4.7.5 หลังจากคำนวณสมการที่(16) และ(18) เป็นที่เรียบร้อย ต่อไปเป็นการคำนวณ Point' care index โดยใช้สมการที่ (17) หาค่าผลรวมในแต่ละบล็อกแล้วหารด้วย $2\pi$ และ Point' care มีค่าเป็น 1 ให้กำหนดเครื่องหมาย X เพื่อแสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางแสดงถึง core point และมีค่าเป็น -1 แสดงถึง delta Point โดยในการทดลองจริง ค่า ของ core point จะอยู่ที่ 0.45-0.55 ส่วน delta point จะอยู่ที่ -0.33



(a) (b)

(c) (d)

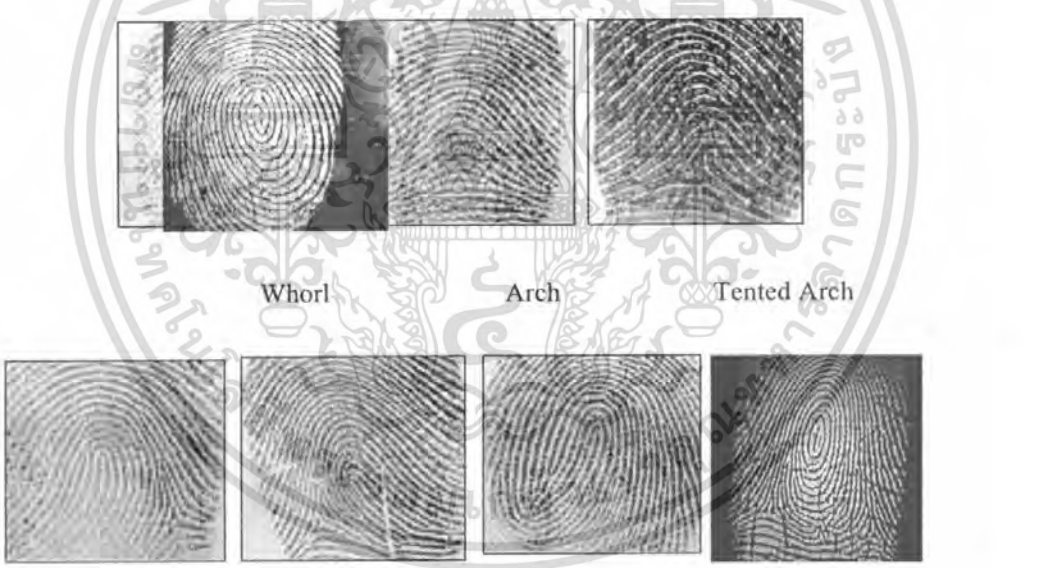
รูปที่ 4.6 ตัวอย่าง (a)-(b) บทสรุปของการหาจุดอ้างอิงโดยวิธี Point' care index เราแสดงการคำนวณจุดอ้างอิงที่ผิดพลาดบนภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำและตัวอย่างภาพที่ (c)-(d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# ขั้นตอนการจำแนกลายนิ้วมือ

การแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือเป็นการแยกกลุ่มลายนิ้วมือตามลักษณะที่ปรากฏออกมาเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้การจัดระบบฐานข้อมูลจำนวนมากมายมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดเวลาในการจับคู่ภาพลายนิ้วมือจากฐานข้อมูลซึ่งการแบ่งลายนิ้วมือขึ้นอยู่กับรูปแบบของเส้น โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 7 ประเภท ได้แก่ แบบโค้ง (arch) แบบเต็นท์ (tented arch) ลูบขวา (right loop) ลูบซ้าย (left loop) ก้นหอย (whorl) ลูปคู่ (Double loop) และก้นหอยลูปคู่ (Double-Loop Whorl) ดังรูปที่ 2.1




รูปที่ 5.1แสดงภาพคลาสของลายพิมพ์นิ้วมือทั้ง 7 ประเภท

ขั้นตอนการจำแนกลายนิ้วมือนั้นจะต้องอาศัยกฎของโครงสร้างลายนิ้วมือในการจำแนก โดยอาศัย จำนวนของ จุดแกน และ จำนวน จุดแยก ในการจำแนกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 1 เป็นประเภทแบบก้นหอย : การจำแนกประเภทก้นหอยจะมีจุดแกนสองจุด และจุดแยกสองจุด

ประเภทที่ 2 เป็นประเภทแนวโค้ง : การจำแนกประเภทแนวโค้ง จะไม่มีจุดแยก แต่มีจุดแกนหนึ่งจุด

ประเภทที่ 3 เป็นประเภท ลูปขวา : การจำแนกประเภทลูปขวา จะมีจุดแกนหนึ่งจุด และมีจุดแยกอยู่ทางซ้ายหนึ่งจุด

ประเภทที่ 4 เป็นประเภทลูปซ้าย : การจำแนกประเภทลูปซ้าย จะมีจุดแกนหนึ่งจุด และมีจุดแยกอยู่ทางขวาหนึ่งจุด

ประเภทที่ 5 เป็นประเภทแบบกระโจม : การจำแนกประเภทกระโจมนี้ จะมีจุดแกนหนึ่งจุด และจุดแยกหนึ่งจุดซึ่งจุดแยกจะอยู่ใต้จุดแกน ไม่ออกซ้ายหรือออกขวา คล้ายกับลูปซ้ายและลูปขวา

ประเภทที่ 6 เป็นประเภท ลูปคู่ : การจำแนกลูปคู่ มี จุดแกนสองจุดซึ่งห่างกันมากๆ และไม่มีจุดแยก

ประเภทที่ 7 เป็นประเภท ก้นหอยลูปคู่ : การจำแนกลูปคู่ มีจุดแกน สองจุดซึ่งห่างกันน้อยๆ และไม่มีจุดแยก

ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางเพื่อความเข้าใจได้ง่ายดังนี้

| ประเภทลายพิมพ์นิ้วมือ | จำนวนจุดแกน | จำนวนจุดแยก |
|---|---|---|
| ก้นหอย | 2 | 2 |
| แนวโค้ง | 1 | 0 |
| ลูปขวา | 1 | 1 |
| ลูปซ้าย | 1 | 1 |
| กระโจม | 1 | 1 |
| ลูปคู่ | 2 | 0 |

ตาราง 5.1 แสดงรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือโดยวิธี แบ่งการพิจารณาโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในความเป็นจริงแล้วการรับรูปเข้ามาจะพบว่าภาพลายพิมพ์นิ้วมือส่วนใหญ่จะไม่มีจุดแยก ซึ่งทำให้การคัดแยกมีความผิดพลาดมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการหาทิศทางการไหลบริเวณจุดแกนเป็นหลักโดยหลักที่สำคัญคือจะต้องมีจุดแกนเป็นจุดอ้างอิงซึ่งสามารถแยกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ประเภทก้นหอย : การจำแนกประเภทนี้อาศัยผลรวมของเวกเตอร์รอบจุดแกนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ประเภทที่ 2 ประเภทลูปซ้าย : การจำแนกประเภทนี้อาศัยผลรวมเฉลี่ยของมุม $\theta$ ใต้จุดแกนจะต้องมีค่าน้อยกว่า -25 องศา

ประเภทที่ 3 ประเภทลูปขวา : การจำแนกประเภทนี้อาศัย ผลรวมเฉลี่ยของมุม $\theta$ ใต้จุดแกนจะต้องมีค่ามากกว่า 25 องศา

ประเภทที่ 4 ประเภทแนวโค้ง : การจำแนกประเภทนี้ อาศัยผลรวมเฉลี่ยของมุม $\theta$ ใต้จุดแกนจะมีค่าอยู่ในช่วง -25 ถึง 25องศา

ซึ่งสามารถสรุปให้เข้าได้ง่ายดังนี้

| ประเภทลายพิมพ์นิ้วมือ | วิธีจำแนก |
|---|---|
| ก้นหอย | ผมรวมรอบจุดแกนมีค่าใกล้ ศูนย์ |
| ลูปซ้าย | $\theta \cdot avg < -25 \deg.$ |
| ลูปขวา | $\theta \cdot avg > +25 \deg.$ |
| แนวโค้ง | $-25 \deg. \leq \theta \cdot avg \geq +25 \deg$ |

ตาราง 5.2 แสดงรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือโดยวิธีการหาทิศทางการไหลบริเวณจุดแกน

แต่ในความความเป็นจริงนั้นกระบวนที่ดีที่สุดคือการนำทั้งสองแนวคิดมาร่วมกันคือการรวมกันระหว่างลักษณะเด่นของลายนิ้วมือกับการหาทิศทางของลายสันนิ้วมือซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ประเภทลายนิ้วมือ | จำนวนจุดแกน (core point) | จำนวนจุดแยก (delta point) | วิธีจำแนก |
|---|---|---|---|
| ก้นหอยสองลูป | 2 | 2 | จุดแกนอยู่ใกล้กันมาก |
| ลูปคู่ | 2 | - | จุดแกนอยู่ห่างกันมาก |
| ลูปซ้าย | 1 | 1 | $\beta > +5$ |
| ลูปขวา | 1 | 1 | $\beta < -5$ |
| กระโจม | 1 | 1 | $-5 \le \beta \le +5$ |
| โค้งราบ | 1 | - | ลักษณะของเส้นเกือบจะเป็นเส้นราบขนานกัน |
| ก้อนหอยลูปเดียว | 1 | - | ผมรวมรอบจุดแกนมีค่าใกล้ ศูนย์ |
| ลูปซ้าย | 1 | na | $\theta \cdot avg < -25\deg.$ |
| ลูปขวา | 1 | na | $\theta \cdot avg > +25\deg.$ |
| โค้งราบ | 1 | na | $-25\deg. \le \theta \cdot avg \ge +25\deg$ |
| ไม่อยู่ในประเภทใด | - | - | ไม่สามารถหาจุดแกนได้ |

ตาราง 5.3 ตารางสรุปรูปแบบการแบ่งประเภทลายนิ้วมือ

สรุปขั้นตอนการคัดแยกลายพิมพ์นิ้วมือได้ตามนี้

1. ทำการตัดภาพขนาด 320x320 แล้วทำการปรับเข้าสู่สมดุล โดยใช้ บล็อกขนาด 21x21 พิกเซล และกำหนด $M_o$=50 และ

$$V_o{=}50_{N}(i,j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\dfrac{V_0 (I(i,j) - M^2)}{V}} & if \quad I(i,j) > M \\ M_0 - \sqrt{\dfrac{V_0 (I(i,j) - M^2)}{V}} & otherwise \end{cases}$$

2. หาทิศทางการไหลและทำการใช้วิธีการคอนโวลูชันโดยใช้ sobel mask และทำการเก็บ ค่ามุม $\theta$ $\theta(i,j) = \frac{1}{2} tan^{-1}\left(\frac{V_x(i,j)}{V_y(i,j)}\right)$

3. ปรับทิศทางการไหลโดยใช้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$\Phi_x'(i,j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} G(u,v)\Phi_x(i-uw, j-vw)$$

$$\Phi_y'(i,j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} G(u,v)\Phi_y(i-uw, j-vw)$$

$$\theta'(i,j) = \frac{1}{2} tan^{-1} \frac{\Phi_x'(i,j)}{\Phi_y'(i,j)}$$

4. ทำการหาจุดอ้างอิงจุดแรกโดยใช้เทคนิคการหาทิศทางส่วนโค้ง
5. ทำการตรวจสอบจุดแรกอีกครั้งด้วย Poincare ขนาด 3x3 ถ้าไม่ใช่ ไปทำขั้นที่ 6 ถ้าใช่ไปขั้นที่ 8
6. ให้ทำการหาจุดอ้างอิงจุดแรกด้วยเทคนิคเรขาคณิต(GR)
7. ทำการตรวจสอบจุดแรกอีกครั้งด้วย Poincare ขนาด 3x3 ถ้าไม่ใช่ ให้ทำการการคัดรูปออก ถ้าใช่ให้ทำขั้นตอนต่อไป
8. ทำการแบ่งพื้นที่การค้นหาออกเป็นห้าพื้นที่ดังรูปข้างล่าง โดยใช้จุดแกนแรกเป็นจุดอ้างอิง
9. ทำการหาจุดอ้างอิงที่เหลือในแต่และพื้นที่ โดยหาจุดแกน และจุดแยกของลายนิ้วมือถ้าไม่พบจุดอ้างอิงที่กล่าวมาให้ไปทำขั้นตอนที่ 11 ถ้าพบให้ทำขั้นตอนที่ 10 ต่อไป
10. ทำการคัดแยกลายนิ้วมือตามขั้นตอน
11. ทำการคัดแยกโดยอาศัยทิศทางการไหลตามขั้นตอน

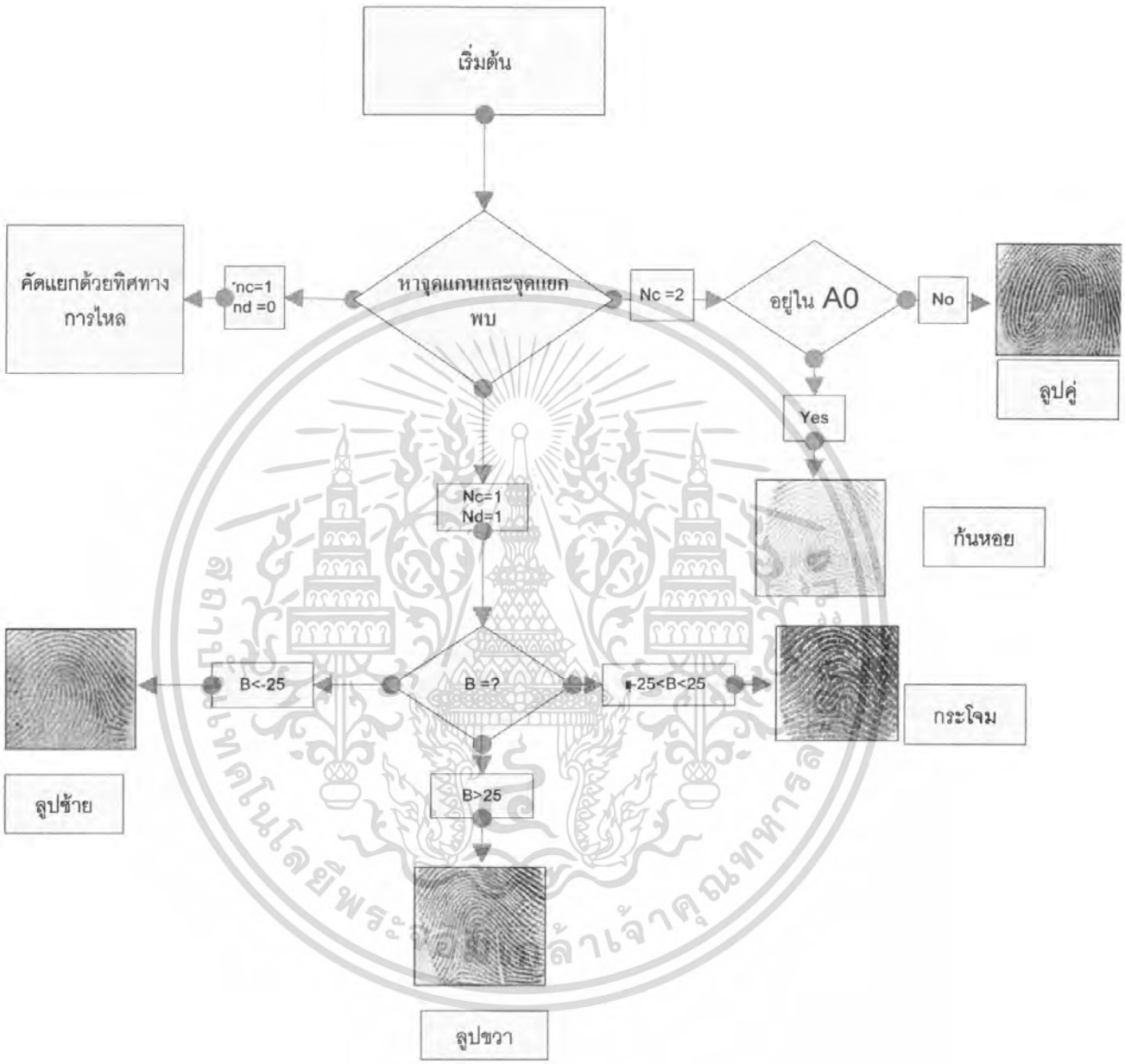
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 รูปแสดงการแบ่งพื้นที่ค้นหาจุดอ้างอิง (1) รูปแสดงการคัดแยกลายนิ้วมือโดยใช้มุม (2, 3)

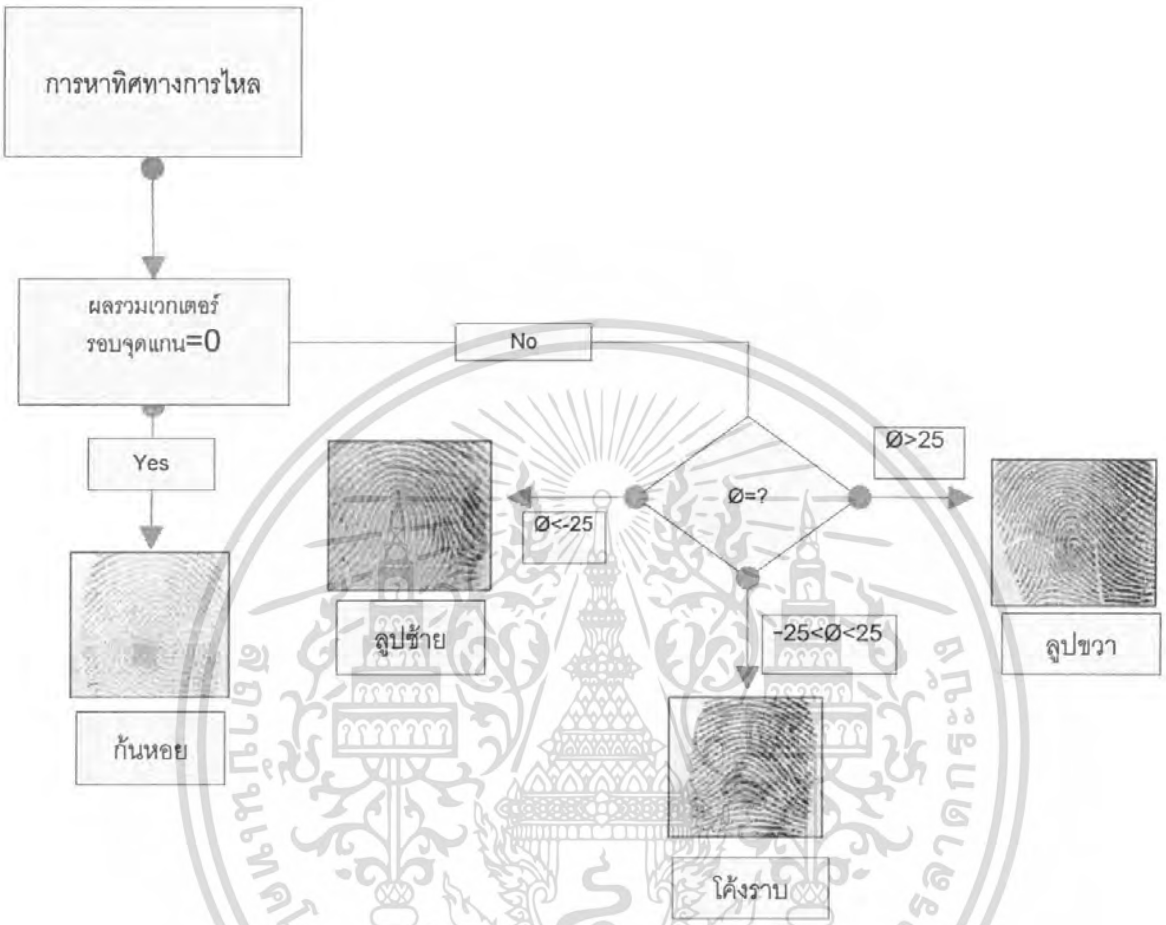
**สรุป**

ในบทนี้จะกล่าวถึงการปรับปรุงทิศทางการไหลของสัน การค้นหาจุดอ้างอิงด้วยเทคนิคต่างๆและนำเสนอเทคนิคการหาลายพิมพ์นิ้วมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและเข้าใจง่ายที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.3 ภาพบล็อกไดอะแกรมแสดงกระบวนการแยกประเภทลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6

# การทดลองและผลการทดลอง

## 6.1 ลำดับขั้นตอนในการทดลอง

ขั้นตอนการหาและการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิงสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) รับภาพลายพิมพ์นิ้วมือ

- ฐานข้อมูล FVC2004 (DB1) เป็นฐานของข้อมูล FVC2004 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ได้จากเครื่องสแกน ชนิด Optical sensor "V300" by Cross Match ขนาด 640x480 (307 Pixels) 800 รูป ความละเอียด 500 dpi

- ฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ด้วยเครื่องสแกนลายนิ้วมือและโปรแกรม Visual Basic)

2) ปรับปรุงภาพลายพิมพ์นิ้วมือให้เข้าสู่สมดุล

3) ทำการปรับปรุงทิศทางสันบนลายนิ้วมือ

4) ค้นหาจุดอ้างอิงโดยวิธีการหาส่วนโค้ง

5) ทำการแบ่งส่วนที่สำคัญของลายนิ้วมือแต่ละประเภท

6) ค้นหาจุดอ้างอิงโดยวิธีเรขาคณิต

7) จำแนกประเภทจุดอ้างอิงบนลายนิ้วมือ

8) จำแนกชนิดลายพิมพ์นิ้วมือ

## 6.2 ลักษณะของข้อมูลที่ทำการป้อนเข้า

6.2.1 ฐานข้อมูล FVC2004 จำนวน 800รูป มีขนาด 320x320 มีความละเอียดอยู่ที่ 500 dpi โดยข้อมูลที่ใช้ไม่มีการปรับแก้ไขมุมในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 1000รูป มีขนาด 320x320 มีความละเอียดอยู่ที่ 500 dpi โดยข้อมูลที่ใช้ทำการกำหนดมุมในส่วนของการรับภาพ (Hardware)

**6.3 ผลการแยกประเภทลายนิ้วมือของฐานข้อมูล FVC 2004**

จากภาพลายพิมพ์นิ้วมือทั้งหมด 800 รูปพบว่า ไม่สามารถหา Singular point ทั้งหมด 102 รูป หลังจากนั้นนำภาพที่หา Singular point ได้ ทั้งหมด 698 ภาพ มาหาจุดอ้างอิงที่เหลือแล้วทำการคัดแยกจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือได้ผลลัพธ์ตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภทของฐานข้อมูล FVC 2004

| การจำแนกประเภท (698ภาพ) | จำนวนภาพแต่ละประเภท | ก้นหอย | ลูปขวา | ลูปซ้าย | ลูปคู่ | ก้นหอยลูปคู่ | กระโจม | แนวโค้ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ก้นหอย | 102 | 102 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปขวา | 199 | 0 | 198 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปซ้าย | 210 | 0 | 0 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปคู่ | 83 | 0 | 0 | 0 | 83 | 0 | 0 | 0 |
| ก้นหอยลูปคู่ | 71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 | 0 | 0 |
| กระโจม | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| แนมโค้ง | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| รวม | 698 | 102 | 198 | 211 | 83 | 71 | 8 | 25 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

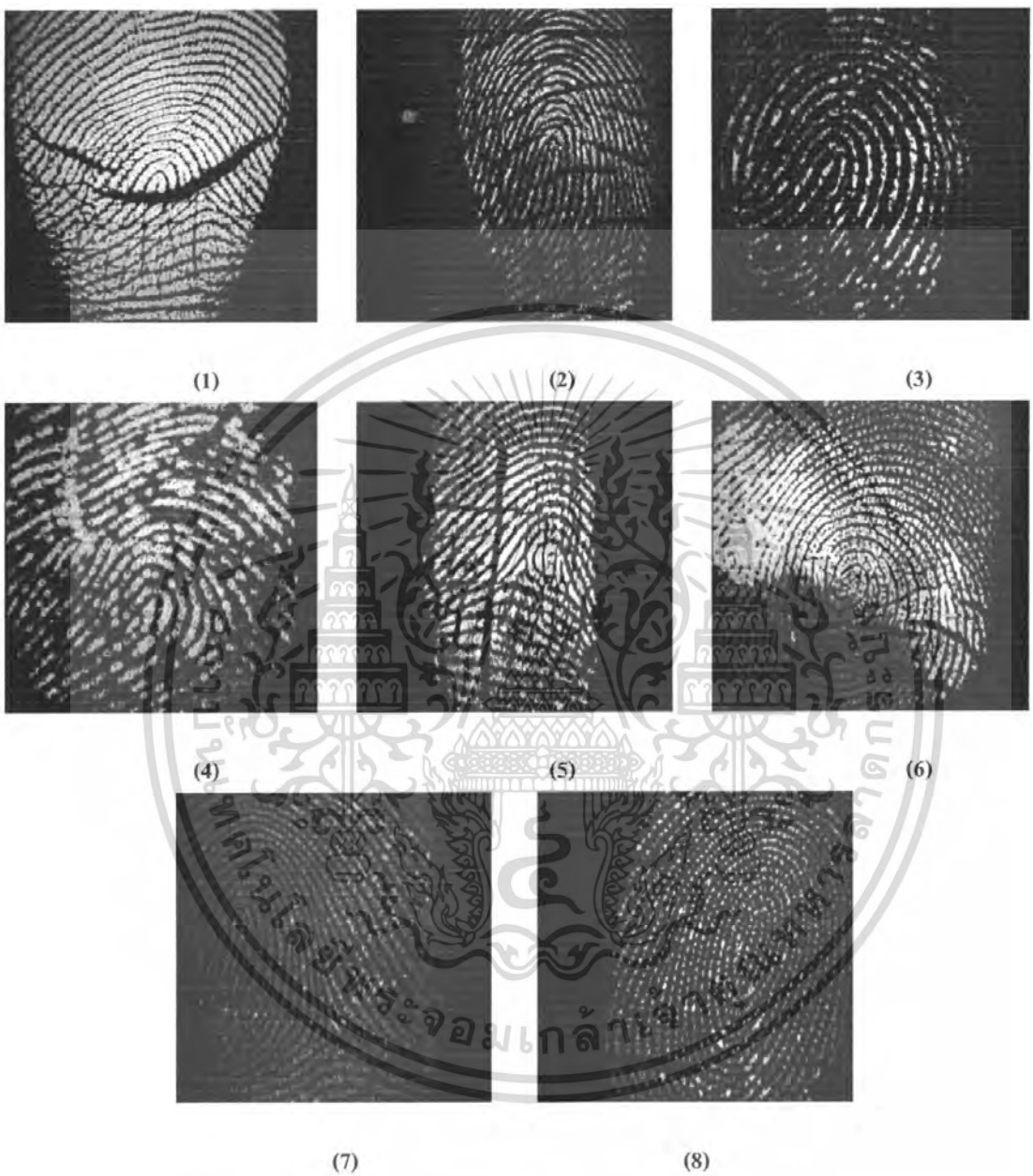
**6.4 ผลการแยกประเภทลายนิ้วมือของฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

จากภาพลายพิมพ์นิ้วมือทั้งหมด 1000 รูปพบว่า ไม่สามารถหา Singular point ทั้งหมด 8 รูป หลังจากนั้นนำภาพที่หา Singular point ได้ ทั้งหมด 992 ภาพ มาหาจุดอ้างอิงที่เหลือแล้วทำการคัดแยกจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือได้ผลลัพธ์ตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภทของฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| การจำแนกประเภท (992ภาพ) | จำนวนภาพแต่ละประเภท | ก้นหอย | ลูปขวา | ลูปซ้าย | ลูปคู่ | ก้นหอยลูปคู่ | กระโจม | แนวโค้ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ก้นหอย | 151 | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปขวา | 302 | 0 | 302 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปซ้าย | 320 | 0 | 0 | 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ลูปคู่ | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| ก้นหอยลูปคู่ | 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 201 | 0 | 0 |
| กระโจม | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| แนวโค้ง | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| รวม | 992 | 151 | 302 | 320 | 14 | 201 | 2 | 2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 6.1 ภาพลายนิ้วมือที่ไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงได้จากฐานข้อมูลของการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้ง 8 ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีการสูญเสียข้อมูลรอยสัน ทำให้รอยสันไม่ต่อเนื่อง ไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงที่แน่นอนได้ และบางภาพรอยสันมีความเข้มเท่ากับความเข้มของสันทำให้ไม่สามารถคำนวณทิศทางการไหลได้ถูกต้อง การระบุจุดอ้างอิงจึงเป็นไปได้ยาก

**6.5 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด**

ตารางที่ 6.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากผลการหาจุดอ้างอิง (ไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงได้)

| การจำแนกประเภท | ฐานข้อมูล FVC 2004 | ฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
|---|---|---|
| จำนวนภาพทั้งหมด | 800 | 1000 |
| จำนวนภาพที่ระบุจุดอ้างอิงได้ | 698 | 992 |
| จำนวนภาพที่ระบุจุดอ้างอิงไม่ได้ | 102 | 8 |
| เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการระบุจุดอ้างอิง | 12.75% | 0.8% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากผลการจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือระบุประเภท

| การจำแนกประเภท | เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ฐานข้อมูล FVC 2004 | เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
|---|---|---|
| ก้นหอย | 0% | 0% |
| ลูปขวา | 0.5% | 0% |
| ลูปซ้าย | 0% | 0% |
| ลูปคู่ | 0% | 0% |
| ก้นหอยลูปคู่ | 0% | 0% |
| กระโจม | 0% | 0% |
| แนมโค้ง | 0% | 0% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 7

# สรุปผลการทดลอง

การคัดแยกประเภทลายนิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง Core point และ Delta point ค้นหาโดยวิธีอาศัยเรขาคณิต (Geometry of region: GR), วิธีหาทิศทางความโค้ง (Direction of Curvature: DC) และ วิธี Poin'care index ร่วมกันการค้นหาจุดอ้างอิงที่ใช้ในการจำแนก เกิดข้อผิดพลาดในบางภาพลายนิ้วมือไม่สามารถระบุจุดอ้างอิงที่ถูกต้องหรือไม่สามารถกำหนดจุดอ้างอิงได้ซึ่งข้อแตกต่างระหว่างฐานข้อมูลทั้งสอง ในฐานข้อมูลจริงนั้นได้มีการกำหนดทิศทางในการรับภาพที่เครื่องสแกนรวมถึงความคมชัดและการสูญเสียรายละเอียดบางส่วนของภาพมีน้อยกว่า ฐานข้อมูล FVC 2004

เนื่องจากการเก็บข้อมูลไม่สามารถเก็บจุดแยกได้ ระบุจุดอ้างอิงได้เพียงจุด Core point เป็นจุดแกนจึงใช้วิธีวิเคราะห์หาทิศทางการไหลบริเวณรอบจุดแกนซึ่งผลการคัดแยก

- ฐานข้อมูล FVC 2004 สามารถคัดแยกประเภทลายนิ้วมือได้ถูกต้อง 697 ภาพ จากภาพที่ระบุจุดอ้างอิงได้ 698 ภาพ จากภาพทั้งหมด 800 ภาพ ระบุผิดพลาด 1 ภาพ

(ความผิดพลาดคิดเป็น 0.143% ของภาพที่ระบุจุดอ้างอิงได้, คิดเป็น 0.125% ของภาพทั้งหมด)

- ฐานข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างลายนิ้วมือของนักศึกษาภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สามารถคัดแยกประเภทลายนิ้วมือได้ถูกต้อง 992 ภาพ จากภาพที่ระบุจุดอ้างอิงได้ 992 ภาพ จากภาพทั้งหมด 1000 ภาพ ระบุผิดพลาด 0 ภาพ

(ความผิดพลาดคิดเป็น 0 % ของภาพที่ระบุจุดอ้างอิงได้, คิดเป็น 0.8% ของภาพทั้งหมด)

**แนวทางการปรับปรุง**

ปรับปรุงความเร็วและประสิทธิภาพในการแยกให้ดีขึ้นกว่าเดิมระบบการแยกประเภทลายนิ้วมือนี้ยังขาดความยืดหยุ่นในการจำแนกลายนิ้วมือ สามารถจำแนกลายนิ้วมือได้จำกัดชนิดเท่านั้น ควรมีการปรับปรุงระบบการแยกลายพิมพ์นิ้วมือไว้เพื่อช่วยให้จำแนกได้หลายประเภทขึ้น และมีความสมบูรณ์มากขึ้นระบบการจำแนกลายนิ้วมือนี้ยังต้องทำงานบนโปรแกรม Matlab ควรมีการพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อนำไปใช้ได้กับทุกๆเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

[1] D.Maltoni, D.Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition, Springer-Verlag, June 2003.

[2] 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

[3] 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.

[4] 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

[5] D. Maio, D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 19, No. 1, pp. 27-40, 1997

[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] A.K. Jain S. Prabhakar L. Hong and S. Pankanti, "Filter bank-Based Fingerprint Matching," IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, no. 5, pp. 846-859, 2000.

[8] B. G. Sherlock, D. M. Monro, and K. Millard, "Fingerprint enhancement by directional Fourier filtering," Proc. Inst. Electr. Eng., Vis. Image Signal Process., vol. 141, no. 2, pp. 87–94, 1994.

[9] L. Hong, Y. Wan, and A. Jain, "Fingerprint Enhancements: Algorithm and Evaluation," Proc. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.20, no. 8, pp. 777-789, 1998.

[10] A.M. Bazen and S.H. Gerez, "Extraction of Singular Points from Directional Fields of fingerprints," Mobile Comm. in Perspective, CTIT Workshop Mobile Comm., Univ. of Twente, Enschede, The Netherlands, pp. 41-44, Feb. 2001.

[11] Jinwei Gu and Jie Zhou, "A Novel Model for Orientation Field of Fingeprints ," Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2003), vol.2, pp. 493-498, 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] 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.

[13] Jinwei Gu and Jie Zhou, "Analysis of Singular Points in Fingerprints based on Topological Structure and Orientation Field", Technical Report, 2005.

[14] Finger print Verification Contest 2002(FVC2002) at http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/

[15] Atipat Julasayvake and Somsak Choomchuay "An algorithm for fingerprint core point detection",Research Report,2006

[16] Finger print Verification Contest 2004(FVC2004) at http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/

[17] อธิพัฒน์ จุลเสวก "การจำแนกลายพิมพ์นิ้วมือโดยใช้จุดอ้างอิง"วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประมาณทิศทางการไหล

```
[Gx,Gy] = gradient(intdata);

orientnum = wiener2(2.*Gx.*Gy,[3 3]);

orientden = wiener2((Gx.^2) - (Gy.^2),[3 3]);

orient = atan2(orientnum,orientden)/2;

ctax=cos(2*orient);

ctay=sin(2*orient);

f = fspecial('gaussian', 31,5);

cos2theta = filter2(f, ctax);

sin2theta = filter2(f, ctay);

orientim =pi/2+ (0.5*atan2(sin2theta,cos2theta));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Normalization

```
s=size(intdata);

m=s(1); n=s(2);

mean1=sum(sum(intdata))/(m*n);

diff=(mean1-intdata).^2;

var=sum(sum(diff))/(m*n);

mean0=0.5; var0=0.5;

for i=1:m

  for j=1:n

    if  (intdata(i,j) > mean1)

      st=intdata(i,j)-mean1;

      sta=var0*(st.^2);

      intdata(i,j)= mean0 + sqrt(sta/var);

    else

      st=intdata(i,j)-mean1;

      sta=var0*(st.^2);

      intdata(i,j)= mean0 - sqrt(sta/var);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Function Plotridgeorient

```
function plotridgeorient(orient, spacing, im, figno)

  if fix(spacing) ~= spacing

      error('spacing must be an integer');

  end

  [rows, cols] = size(orient);

  lw = 2;          % linewidth

  len = 0.8*spacing;  % length of orientation lines

  % Subsample the orientation data according to the specified spacing

  s_orient = orient(spacing:spacing:rows-spacing, spacing:spacing:cols-spacing);

  xoff = len/2*cos(s_orient); yoff = len/2*sin(s_orient);

  if nargin >= 12    % Display fingerprint image

      if nargin == 4

        figure,imshow(im);title('orientation image'); %hold on

      else

        figure,imshow(im);title('orientation image'); %hold on

      end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end

% Determine placement of orientation vectors

[x,y] = meshgrid(spacing:spacing:cols-spacing,spacing:spacing:rows-spacing);

x = x-xoff;y = y-yoff;

% Orientation vectors

u = xoff*2; v = yoff*2;

quiver(x,y,u,v,0,'.');%,'linewidth',2);

axis equal, axis ij,  hold off
```

---

**Direction of curvature**

---

```
for row = 2:249

  for col = 2:249

    buff = orientim(row-1:row+1,col-1:col+1);

    diffy(row,col) = (sin(2*buff(1,1))+sin(2*buff(1,2))+sin(2*buff(1,3)))-...

      (sin(2*buff(3,1))+sin(2*buff(3,2))+sin(2*buff(3,3)));

    diffx(row,col) = (cos(2*buff(1,1))+cos(2*buff(2,1))+cos(2*buff(3,1)))-...

      (cos(2*buff(1,3))+cos(2*buff(2,3))+cos(2*buff(3,3)));

      if (diffy(row,col)>Dy & diffx(row,col)>Dx)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Dy=diffy(row,col);
            Dx=diffx(row,col);
            corer1=row;
            corec1=col;
            ID=1;
        end
        if (diffy(row,col)<Dyy & diffx(row,col)<Dxx)
          Dyy=diffy(row,col);
            Dxx=diffx(row,col);
            corer2=row;
            corec2=col;
            ID=2;
        end
    end
end
    if ID > 1
      plot(corec2,corer2,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        row = corer2;
        col = corec2;
    else
        plot(corec1,corer1,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);
        row = corer1;
        col = corec1;
    end
hold off
```

---

**Poin'care**

---

```
[row1 col1]=size(Orient);  %Orient is the directional field after averaged
Poin_Block_Size =3;
for X=2:1:row1-Poin_Block_Size-2
    for Y=2:1:col1-Poin_Block_Size-2
        Counter = 0;
        for i=1:1:Poin_Block_Size - 1
            Counter = Counter + 1;
            P(1,Counter) = Orient(Poin_Block_Size + X - 2 - i,Y - 1)...
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        - Orient(Poin_Block_Size + X - 1 - i,Y - 1);
end
for i=1:1:Poin_Block_Size - 1
    Counter = Counter + 1;
    P(1,Counter)=Orient(X - 1,Poin_Block_Size + Y - 1 - i)...
        - Orient(X - 1,Poin_Block_Size + Y - 2 - i);
end
for i=1:1:Poin_Block_Size - 1
    Counter = Counter + 1;
    P(1,Counter)=Orient(Poin_Block_Size + X - 1 - i,Poin_Block_Size + Y - 2)...
        - Orient(Poin_Block_Size + X - 2 - i,Poin_Block_Size + Y - 2);
end
for i=1:1:Poin_Block_Size - 1
    Counter = Counter + 1;
    P(1,Counter)=Orient(Poin_Block_Size + X - 2,Poin_Block_Size + Y - 2 - i)...
        - Orient(Poin_Block_Size + X - 2,Poin_Block_Size + Y - 1 - i);
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for counter=1:4*Poin_Block_Size-4
          if (abs(P(1,counter))<pi/2)
            P(1,counter)=P(1,counter);
          else
            if (P(1,counter)<=-pi/2)
              P(1,counter)=pi+P(1,counter);
            else
              P(1,counter)=pi-P(1,counter);
            end
          end
        end
        Poin(X,Y)=sum(sum(P));
      end
    end
    [rowPoin colPoin]=size(Poin);
    CorePoint=0;deltaPoint=0;CorePointDC=0;DeltaPointDC=0;sx=0;core=0; core1=0;core2=0;core3=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%check DC corepoint with poincare

figure(2); imshow(intdata); hold on

for xDc=row-10:row+10

   for yDc=col-10:col+10

      if (Poin(xDc,yDc)==pi)

         CorePointDC =1;

         xcoreDC =col;

         ycoreDC=row;

        % plot(col,row,'-x','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);

      elseif(Poin(xDc,yDc)<=(-2))

         DeltaPointDC=1;

        % plot(col,row,'-x','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);

      end

   end

end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Geometry of regain

```
gr=sin(orient);

for x = 20 :200

  for y =50:200

    a(x,y)=gr(x,y-1)+gr(x,y+1)-gr(x-1,y);

    if a(x,y) > sx;

      sx=a(x,y);

      xcoreGR=x;

      ycoreGR=y;

end

end
```

## Classcification

```
if (CorePointDC ==1) &(DeltaPointDC ~=1)

  CorePoint=1;

  plot(col,row,'-x','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);

  for x= row-10:row+10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for y= col-40: col-10
        if (Poin(x,y)==pi)
            x_core=x;y_core=y;
            core1=1;
end
end
nd
 if core1==1
 plot(y_core, x_core,'-x','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);
 whorl = whorl+1;
 elseif CorePointDC ==1
    for x=row-5:row+50
       for y=col+5:col+40
          if (Poin(x,y)==pi)
            x_core=x;
            y_core=y;
            core2=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end
      end
    end
    if (core2==1)
    plot(y_core,x_core,'-x','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);
    whorl = whorl+1;
    end
elseif CorePointDC ==1
  for x=row-50:row+50
      for y=col-11:col+4
        if (Poin(x,y)==pi)
         x_core=x;
         y_core=y;
         core3=1;
        end
      end
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (core3==1)
    plot(y_core,x_core,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);
    whorl = whorl+1;
    end
end
%dectect delta point and core point order
id3=0;dt3=0;
for i=row+10:300
for j=col+10:300
    a(i,j)=gr(i-1,j)+gr(i+1,j)-gr(i,j-1)-gr(i,j+1);
    if  (a(i,j)>id3) & (Poin(i,j)<=(-(2)))
        x=i;
        y=j;
        id3=a(i,j);
        dt3=1;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end
    %if (Poin(x,y)<=(-(2))) |(Poin(x+1,y)<=(-(2)))|(Poin(x,y+1)<=(-(2)))...
        %    |(Poin(x+1,y+1)<=(-(2)))|(Poin(x-1,y)<=(-(2))) |(Poin(x,y-1)<=(-(2)))...
        %    |(Poin(x-1,y-1)<=(-(2)))
        % dt3=1;
    %end
      if dt3==1
        plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);
            deltaPoint =deltaPoint+1;
            x_delta=x;
            y_delta=y;
      end
   %if dt3==1
 %plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);
% deltaPoint =deltaPoint+1;
% x_delta=x;
% y_delta=y;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  %end
id2=0;dt2=0;
  for i=row:280
  for j=20:col-10
    % a(i,j)=gr(i,j-1)+gr(i,j+1)-gr(i-1,j);
     a(i,j)=gr(i-1,j)+gr(i+1,j)-gr(i,j-1)-gr(i,j+1);
     if  (a(i,j)>id2) %& (Poin(x,y)<=(-(2)))
        id2=a(i,j);
        x=i;
        y=j;
    end
  end
  end
   if (Poin(x,y)==pi) |(Poin(x+1,y)==pi)|(Poin(x,y+1)==pi)...
          |(Poin(x+1,y+1)==pi)|(Poin(x-1,y)==pi) |(Poin(x,y-1)==pi)...
          |(Poin(x-1,y-1)==pi)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15);

            CorePoint = CorePoint+1;

            x_core=x;

            y_core=y;

        elseif (Poin(x,y)<=(-(2))) |(Poin(x+1,y)<=(-(2)))|(Poin(x,y+1)<=(-(2)))...

            |(Poin(x+1,y+1)<=(-(2)))|(Poin(x-1,y)<=(-(2))) |(Poin(x,y-1)<=(-(2)))...

            |(Poin(x-1,y-1)<=(-(2)))

             plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);

             deltaPoint =deltaPoint+1;

             x_delta=x;

             y_delta=y;

end

    % if dt2==1

        %plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);

        %    deltaPoint =deltaPoint+1;

        %    x_delta=x;

        %    y_delta=y;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      %end
elseif DeltaPointDC==1
  if col <=160
     deltaPoint=deltaPoint+1;
     rightloop=rightloop+1;
  elseif col >160
     deltaPoint=deltaPoint+1;
     leftloop=leftloop+1;
  end
elseif CorePointDC ==0;
  %no detect with DC
  sx=0;
  for x = 20 :200
  for y =50:200
     a(x,y)=gr(x,y-1)+gr(x,y+1)-gr(x-1,y);
     if a(x,y) > sx;
        sx=a(x,y);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        xcoreDC=x;
        ycoreDC=y;
         CorePoint=1;
    end
end
end
plot(ycoreDC,xcoreDC,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','g','MarkerSize',15)
%detect delta point and core point order
id3=0;dt3=0;
for i=xcoreDC+10:250
for j=ycoreDC+10:300
   a(i,j)=gr(i-1,j)+gr(i+1,j)-gr(i,j-1)-gr(i,j+1);
   if  (a(i,j)>id3) & (Poin(i,j)<=(-(2)))
      x=i;
      y=j;
      id3=a(i,j);
      dt3=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end
  end
  end
  if dt3==1
plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);
deltaPoint =deltaPoint+1;
x_delta=x;
y_delta=y;
  end
id2=0.2;dt2=0;
  for i=xcoreDC:280
  for j=50:ycoreDC-10
    % a(i,j)=gr(i,j-1)+gr(i,j+1)-gr(i-1,j);
     a(i,j)=gr(i-1,j)+gr(i+1,j)-gr(i,j-1)-gr(i,j+1);
     if  (a(i,j)>id2)
        id2=a(i,j);
        x=i;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            y=j;
            dt2=1;
          end
      end
      end
      if dt2==1
       plot(y,x,'-s','LineWidth',1,'MarkerEdgeColor','b','MarkerSize',15);
      deltaPoint =deltaPoint+1;
      x_delta=x;
      y_delta=y;
      end
end
CorePoint
deltaPoint
%classification
if CorePoint==2
    whorl =whorl+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    elseif (CorePoint ==1) & (deltaPoint==1)

        xans =xcoreDC-x_delta;

        yans =ycoreDC-y_delta;

        an=atan2(yans,xans);

        an=rad2deg(an);

        if  an > 5

           rightloop=rightloop+1;

        elseif  an < (-5)

           leftloop=leftloop+1;

        else

           tentarch=tentarch+1;

        end

end

if CorePoint ==1 && deltaPoint =2

   whorl =1

end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้