สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบจดจำลายนิ้วมือ

FINGERPRINT RECOGNITION

โดย

นาย นภสร ศันสนีย์

นางสาว วิลาสินี วิวัฒนาสิทธิพงศ์

นาย วีรชัย อมรศักดากุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62170
วัน,เดือน,ปี 31 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจดจำลายนิ้วมือ

FINGERPRINT RECOGNITION

โดย

นายนภสร	ศันสนีย์	44010238
นางสาววิลาสินี	วิวัฒนาสิทธิพงศ์	44010459
นายวีรชัย	อมรศักดากุล	44010465

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

รศ.ดร. ปัญญา ฐิติมัชฌิมา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบจดจำลายนิ้วมือ**

FINGERPRINT RECOGNITION

ผู้จัดทำ

1. นายนภสร ศันสนีย์ 44010238

2. นางสาววิลาสินี วิวัฒนาสิทธิพงศ์ 44010459

3. นายวีรชัย อมรศักดากุล 44010465

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปัญญา ฐิติมัชฌิมา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจดจำลายนิ้วมือ

Fingerprint Recognition

โดย นายนภสร ศันสนีย์ 44010238

นางสาววิลาสินี วิวัฒนาสิทธิพงศ์ 44010459

นายวีรชัย อมรศักดากุล 44010465

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

รศ.ดร. ปัญญา ฐิติมัชฌิมา

บทคัดย่อ

เนื้อหาของโครงงานนี้นำเสนอระบบการจดจำและเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถทำได้โดยนำลายนิ้วมือที่ผ่านการสแกนมาปรับให้เป็นภาพ 2 ระดับ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการหาจุดเด่นของลายนิ้วมือ เช่น รอยแยก, จุดปลายเส้น เป็นต้น เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือต้นแบบในฐานข้อมูลว่ามีข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือนั้นอยู่หรือไม่

ABSTRACT

This project presents fingerprint recognition process that can be done by converting the scanned fingerprint into binary image then finding out the fingerprint features such as bifurcations and endings and then seaching for the fingerprint in the database that macthed those features.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1	1
บทที่ 2	2
2.1 ลายนิ้วมือ	2
2.2 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ	2
2.2.1 เส้นขอบ	3
2.2.2 สันคอน	3
2.2.3 จุดใจกลาง	4
2.2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	4
2.3 รูปแบบลายนิ้วมือ	4
2.3.1 กลุ่มมัดหวาย	4
2.3.2 กลุ่มเส้นโค้ง	6
2.3.3 กลุ่มก้นหอย	6
2.3.4 กลุ่มซับซ้อน	8
2.4 ที่มาของทฤษฎีมินูเทีย (Minutiae)	8
2.5 วิธีการแยกแยะลักษณะของลายนิ้วมือโดยอาศัยทฤษฎีมินูเทีย	8
2.6 การหาจุดศูนย์กลาง	9
2.6.1 ตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล	10
2.6.2 ตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน	11
2.6.3 วิธีการระบุจุดศูนย์กลางภาพ	12
2.7 ขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสี (Thresholding)	13
2.8 การทำลายเส้นให้บาง	14
2.8.1 ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen	15
2.8.2 ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ A.DATTA and S.K.PARUI	17
2.9 การกำจัดลักษณะเด่นที่ผิดพลาดต่าง ๆ ในภาพ	19
2.9.1 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีติดตามลายเส้น	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.9.2 การกำจัดจุด 28
2.10 การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ 29
2.10.1 ตรวจสอบภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 29
2.10.2 ตรวจสอบมุมทั้ง 3 มุมเพื่อเลือกมุมที่จะใช้กำหนดทิศทาง (กรณีของรอยแยก) 32
2.11 การตรวจสอบลายนิ้วมือ 32
2.11.1 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อน 32
2.11.2 การหมุนจุดภาพ 33
2.11.3 การจับคู่ของลักษณะเด่น 33

บทที่ 3 35
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม 35
3.2 การหาจุดศูนย์กลางภาพ 36
3.3 การปรับภาพให้เป็นภาพ 2 ระดับ 37
3.4 การกำจัดรายละเอียดที่ผิดพลาดของภาพ 37
3.4.1 การกำจัดเส้นกิ่ง 37
3.4.2 การกำจัดจุด 38
3.5 การตรวจสอบลายนิ้วมือ 39
3.5.1 การเก็บตำแหน่ง และ ทิศทางของลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ 39
3.5.2 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะเด่นของภาพกับข้อมูลในฐานข้อมูล 40

บทที่ 4 43
4.1 การหาจุดศูนย์กลางภาพ 43
4.2 การปรับปรุงภาพ 44
4.3 การกำจัดเส้นกิ่ง 45
4.4 การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือ 46
4.5 โปรแกรมต้นแบบ 48
4.6 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือ 51
4.6.1 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมปกติ 51
4.6.2 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมเอียง 180° 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.6.3 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมปกติหลังจากคิดค่าความถูกต้องแล้ว 53

4.6.4 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมเอียง 180° หลังจากคิดค่าความถูกต้องแล้ว 54

บทที่ 5 55

เอกสารอ้างอิง 56

ภาคผนวก 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะเส้นนูนและเส้นร่อง 2
รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นขอบ 3
รูปที่ 2.3 สันดอนลักษณะต่าง ๆ 3
รูปที่ 2.4 ลักษณะของจุดใจกลาง 4
รูปที่ 2.5 ลักษณะของบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน 4
รูปที่ 2.6(ก) มัดหวายปัดขวา 4
รูปที่ 2.6(ข) มักหวายปัดซ้าย 5
รูปที่ 2.6(ค) มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบที่ 1 5
รูปที่ 2.6(ง) มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบที่ 2 5
รูปที่ 2.7(ก) โค้งราบ 6
รูปที่ 2.7(ข) โค้งกระโจม 6
รูปที่ 2.8(ก) ก้นหอยธรรมดา 6
รูปที่ 2.8(ข) ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา 7
รูปที่ 2.8(ค) ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย 7
รูปที่ 2.8(ง) ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา 7
รูปที่ 2.8(จ) ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย 7
รูปที่ 2.9 กลุ่มซับซ้อน 8
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้คอมพิวเตอร์ 9
รูปที่ 2.11 แสดงจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือ 10
รูปที่ 2.12 (ก) แสดง ภาพลายนิ้วมือ
(ข) แสดงความหนาแน่นของทิศทางของจุดภาพของภาพลายนิ้วมือ (ก)
(ค),(ง) แสดงผลตอบสนองของคอมเพลกซ์เกาส์เสี่ยนฟิลเตอร์ แบบสมมาตร 13
รูปที่ 2.13 (ก)-(ง); เมตริกซ์ต้นแบบที่ใช้ในการทำลายเส้นให้บาง
(จ); เมตริกซ์ตรวจสอบขนาด 3x3 17
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะมินูเทียปลอมที่เกิดขึ้นในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ 19
รูปที่ 2.15 (ก) ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดขวา ตัวอย่างที่ 1 ซึ่ง
มีขนาดภาพกว้าง 256 จุดภาพ ยาว 256 จุดภาพ
(ข) ภาพที่ผ่านขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ
FRAN Y. SHIH and WAI-TAK WONG ที่มีเส้นสะพานเกิดขึ้น 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะเส้นกิ่ง (ก) ก่อนการแก้ไข (ข) หลังการแก้ไข 20
รูปที่ 2.17 แสดง(ก) วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 และ(ข) ทิศทางในการสแกนจุดภาพ 20
รูปที่ 2.18 แสดงแม่แบบที่ใช้บอกโทโปโลยีต่างๆของจุดภาพ 21
รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยค่า Nc^4 และ Nc^8 22
รูปที่ 2.20 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อ รวมทั้งสิ้น 12 กรณี 23
รูปที่ 2.21 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดแยก ในแต่ละรูปแบบ
เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 องศา จะได้เพิ่มอย่างละ 4 กรณี รวมทั้งสิ้น 16 กรณี 24
รูปที่ 2.22 แสดงแม่แบบจุดแยก (ที่ได้จากการสังเกตภาพลายเส้น แล้วจัดเก็บทุกรูปแบบไว้)
ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้น 26
รูปที่ 2.23 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดปลาย รวมทั้งสิ้น 8 กรณี 27
รูปที่ 2.24 แสดงขั้นตอนของอัลกอริทึมการตามลายเส้น เพื่อทำการลบเส้นกิ่ง 28
รูปที่ 2.25 รูปแบบของบริเวณที่มีลักษณะเป็นจุด 28
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างของลักษณะเด่นชนิดปลายเส้น และ รอยแยก 29
รูปที่ 2.27 รูปแบบของเมตริกซ์ที่สนใจในการตรวจสอบ 30
รูปที่ 2.28 ความละเอียดของมุมที่สามารถเก็บได้จากเมตริกซ์ขนาด 11x11 30
รูปที่ 2.29 ความละเอียดของมุมที่สามารถเก็บได้จากเมตริกซ์ขนาด 7x7 31
รูปที่ 2.30 ตัวอย่างเมตริกซ์ขนาด 11x11 31

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมการจดจำลายนิ้วมือ 35
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ 36
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมปรับภาพเป็น 2 ระดับ 37
รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม กำจัดเส้นกิ่ง 38
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม กำจัดจุด 38
รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ 39
รูปที่ 3.7 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลของลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือ 40
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการทำงานการทำงานของกระบวนการเปรียบเทียบลักษณะเด่น
ของลายนิ้วมือที่จะตรวจสอบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูล 42

รูปที่ 4.1 ภาพหลังผ่านกระบวนการการหาจุดศูนย์กลางภาพ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.2 (ก) ภาพก่อนกระบวนการการปรับปรุงภาพ (ข) ภาพหลังกระบวนการการปรับปรุงภาพ (ค) ภาพหลังกระบวนการกำจัดจุด (ง) ภาพหลังกระบวนการทำลายเส้นให้บาง	44
รูปที่ 4.3 (ก) , (ค) ภาพลายนิ้วมือก่อนกระบวนการกำจัดเส้นกิ่ง (ข) , (ง) ภาพลายนิ้วมือหลังกระบวนการกำจัดเส้นกิ่ง	45
รูปที่ 4.4 (ก) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด (7 x 7) (ข) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด (11 x 11)	47
รูปที่ 4.5 (ก) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด (7 x 7) (ข) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด (11 x 11)	48
รูปที่ 4.6 โปรแกรมต้นแบบขณะยังไม่มีการใช้งาน	48
รูปที่ 4.7 โปรแกรมต้นแบบขณะเลือกภาพอินพุต	49
รูปที่ 4.8 โปรแกรมต้นแบบขณะทำการเลือกภาพอินพุตแล้ว	49
รูปที่ 4.9 โปรแกรมต้นแบบขณะทำการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือ	50
รูปที่ 4.10 โปรแกรมต้นแบบขณะเปิดส่วนการแสดงภาพในฐานข้อมูล	50
รูปที่ 4.11 โปรแกรมต้นแบบขณะเปิดส่วนการแสดงภาพในฐานข้อมูลและเลือกภาพ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพโดยที่จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวตั้ง และจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 8 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวเส้นทแยงมุมรวมกับจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4	21
2.2 แสดงค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่หาได้จากแต่ละกรณี	24
2.3 แสดงค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}, Nc^{8'}$ ที่เกิดขึ้นตามรูปแบบต่างๆ	25
2.4 แสดงค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่หาได้จากแต่ละกรณี	27
4.1 ตัวอย่างผลการทดลองการจับคู่ภาพชุดที่ 1	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน มี การนำเสนอกระบวนการหลายกระบวนการที่ใช้ในการจำแนกบุคคลแต่ละบุคคล โดยที่การใช้ลายนิ้วมือเพื่อการจำแนกบุคคลต่าง ๆ นั้น ได้ถูกริเริ่มให้นำเข้ามาใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากลายนิ้วมือนั้นมีคุณสมบัติ หรือที่เรียกว่าลักษณะเด่นเฉพาะ ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีลายนิ้วมือที่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้นระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือที่ใช้งานอยู่ในหลาย ๆ ส่วนปัจจุบัน เช่น ระบบรักษาความปลอดภัย, ระบบการระบุผู้ใช้ (เช่นการจำกัดผู้ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ) , ระบบฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญเช่น ฐานข้อมูลประชากร, ฐานข้อมูลอาชญากรเป็นต้น จึงถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสร้างระบบตรวจสอบลายนิ้วมือได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับความกว้างของฐานข้อมูล, ความแม่นยำ, ทุน และ ความเร็ว ที่ผู้พัฒนาระบบต้องการ แต่โดยรวมแล้วจะมีขั้นตอนหลัก ๆ ในการทำงานที่คล้ายคลึงกัน คือ

1. การรับข้อมูลภาพ
2. การปรับภาพให้พร้อมสำหรับกระบวนการตรวจสอบ หรือที่เรียกว่า Pre-processing
3. การกำจัดข้อผิดพลาดจากกระบวนการ Pre-processing
4. การระบุตำแหน่งของลักษณะเด่นภายในลายนิ้วมือ
5. กระบวนการเปรียบเทียบลักษณะเด่นที่ได้กับฐานข้อมูล

ซึ่งกระบวนการเหล่านี้อาจแตกย่อยออกไปเป็นกระบวนการต่าง ๆ เช่น การปรับภาพให้เป็น 2 ระดับ, การผ่านการกรองแกเบอร์(แกเบอร์ฟิลเตอร์) ฯลฯ ขึ้นอยู่กับความจำเป็นในแต่ละระบบ งานวิจัยชิ้นนี้จะได้ทำการทดลองสร้างระบบตรวจสอบลายนิ้วมือขึ้นมาโดยอาศัยกระบวนการพื้นฐานต่าง ๆ ดังที่ได้ระบุไว้ข้างต้น โดยโปรแกรมต้นแบบจะสร้างโดยใช้โปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง องค์ประกอบพื้นฐานในการประมวลภาพข้อมูล การเพิ่มความชัดเจนของภาพ และอัลกอริทึมต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพลายนิ้วมือ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

2.1 ลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือของบุคคลจะประกอบด้วยเส้นนูน (ridges) และเส้นร่องหรือรอยร่อง (furrows) ทั้งสองเส้นนี้จะอยู่สลับกันไปตลอด มีขนาดความกว้างคงที่เสมอ ประมาณ 0.2 – 0.4 มิลลิเมตร และจุดลักษณะสำคัญพิเศษตามที่จะกล่าวต่อไปนี้

รูปที่ 2.1 ลักษณะเส้นนูนและเส้นร่อง

เส้นนูน (Ridges) คือ การเกิดของรอยนูนที่อยู่สูงขึ้นมาจากผิวหนังส่วนนอก

เส้นร่อง (Furrows) หรือ รอยร่อง คือ ร่องลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

2.2 จุดลักษณะสำคัญพิเศษ (Characteristics) เป็นตำหนิบนลายนิ้วมือ เช่น จุด , เส้นแยก , เส้นขาด , เส้นทะเลสาบ ซึ่งลักษณะต่างๆเหล่านี้จะประกอบขึ้นมาเป็นลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละบุคคล โดยลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะไม่เหมือนกัน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะลายนิ้วมือไม่มีรูปแบบแน่นอนตายตัว ไม่มีกฎเกณฑ์ว่าลายนิ้วมือของคนหนึ่งคนใดจะเป็นเช่นใด ลายนิ้วมือไม่ขึ้นอยู่กับอะไรทั้งสิ้น ไม่ขึ้นกับกรรมพันธุ์ ไม่ว่าจะเป็นหญิง หรือ ชาย ไม่ขึ้นกับเชื้อชาติ นอกจากนั้นรูปร่างของลายนิ้วมือจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจนตลอดชีวิต จึงมีการใช้ลายนิ้วมือมาเป็นเครื่องมือช่วยในการให้พนักงานสอบสวนสามารถเข้าถึงตัวผู้กระทำความผิด และสามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลผู้กระทำความผิด

วิธีการพิมพ์ลายนิ้วมือนั้นจะได้เส้นสีดำที่ปรากฏจะเป็นส่วนของเส้นนูน ส่วนเส้นสีขาวจะเป็นเส้นร่อง ถ้าเป็นการถ่ายรูปหรือสแกนภาพเข้าไปต้องทำให้เป็นภาพ Binary ก่อนจึงจะได้ลายเส้นสีดำกับสีขาวตามต้องการ

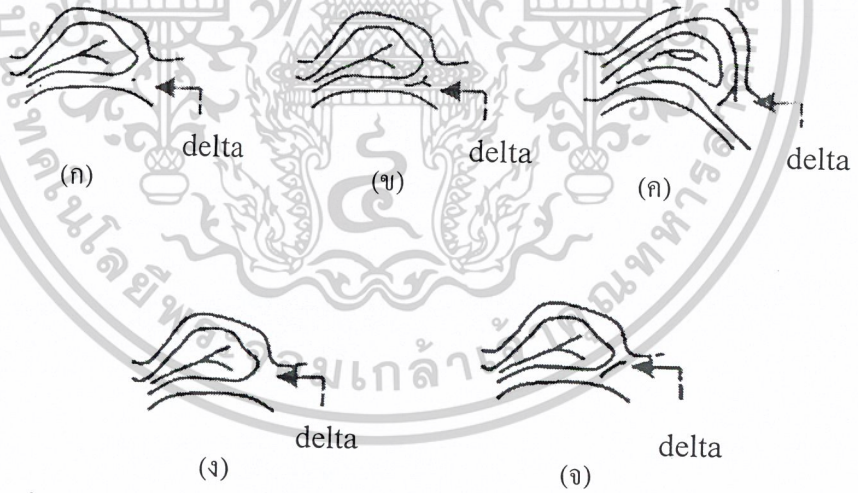
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาเรื่องการจำแนกลายนิ้วมือ มีคำจำกัดความที่ควรรู้จักอยู่ 4 แบบ คือ

2.2.1 เส้นขอบ (Type Line) หมายถึง เส้นคู่ขนานคู่ในสุด ซึ่งได้เดินขนานกันมาพอสมควร แล้วแยกตัวออกจากกัน เพื่อที่จะได้โอบล้อม หรือ พยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน โดยเส้นขอบไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นยาวราบเรียบติดกันตลอดไป อาจจะเป็นเส้นขาดห้วนกลางคัน โดยจะถือว่าเส้นที่อยู่ด้านนอกของเส้นที่ขาดห้วนลงไปนั้นเป็นที่เดินหรือไหลต่อเนื่องกันไปเสมือนกับว่าเส้นขอบนั้นไม่ได้ขาด

รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นขอบ

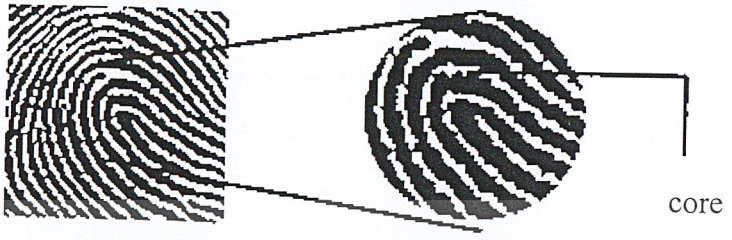
2.2.2 สันดอน (Delta) หมายถึง ลายเส้นในนิ้วมือซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางของปากทางแยกของเส้นขอบ



รูปที่ 2.3 สันดอนลักษณะต่าง ๆ (ก) จุด ,(ข) เส้นแตก ,(ค) ปลายเส้น ,(ง) เส้นหักมุม , (จ) จุดใดจุดหนึ่งบนเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 จุดใจกลาง (Core) หมายถึง จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้นหรือบนบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับ



รูปที่ 2.4 ลักษณะของจุดใจกลาง

2.2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area) หมายถึง พื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อม

รูปที่ 2.5 ลักษณะของบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

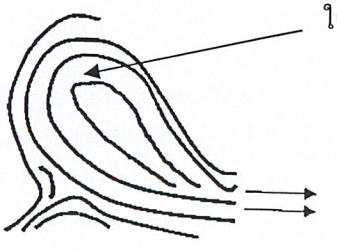
2.3 รูปแบบลายนิ้วมือ

ในการจำแนกรูปแบบของลายนิ้วมือนั้นได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ และแบ่งย่อยได้ทั้งสิ้น 12 แบบ ดังต่อไปนี้

2.3.1 กลุ่มมัดหวาย (Loop)

มัดหวายปัดขวา (Right Slant Loop = RSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น มีทิศทางไปด้านขวา

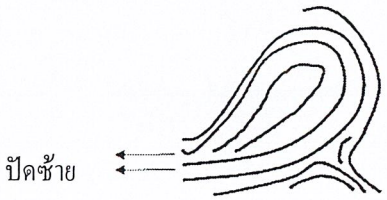


รูปที่ 2.6 (ก) มัดหวายปัดขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัดหวายปัดซ้าย (Left Slant Loop = LSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น มีทิศทางไปด้านซ้าย



รูปที่ 2.6 (ข) มัดหวายปัดซ้าย

มัดหวายคู่ (Double = D)

มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวายแต่มากอดหรือกล้ำกันจนเกิดสันดอน 2 จุด โดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน

รูปที่ 2.6 (ค) มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบที่ 1

มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวายข้างบนแต่มากอดหรือกล้ำกันจนเกิดสันดอน 2 จุด โดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากันแต่ตรงข้ามกับแบบที่ 1 คือลายนิ้วมือจะพลิกกลับ

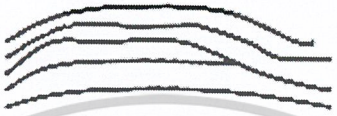
รูปที่ 2.6 (ง) มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 กลุ่มเส้นโค้ง (Arch)

โค้งราบ (Plain Arch = PA)

ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปข้างหนึ่ง ไม่เกิดมุมแหลมหรือเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง



รูปที่ 2.7 (ก) โค้งราบ

โค้งกระโจม (Tented Arch = TA)

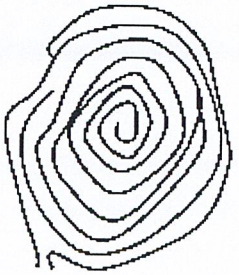
ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอนเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก

รูปที่ 2.7 (ข) โค้งกระโจม

2.3.3 กลุ่มก้นหอย (Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร ลักษณะคล้ายรูปไข่ วงกลม หรือมีลักษณะอื่นๆ ประกอบด้วย

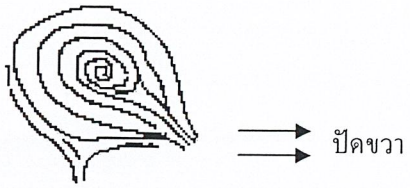
ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl = W)



รูปที่ 2.8 (ก) ก้นหอยธรรมดา

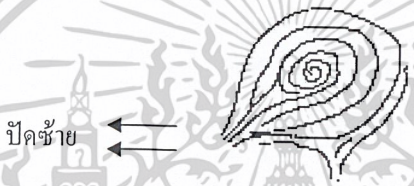
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา (Right Central Pocket = RCP)



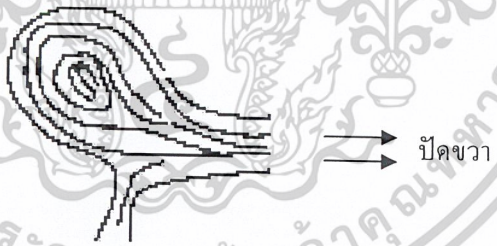
รูปที่ 2.8 (ข) ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา

ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย (Left Central Pocket = LCP)



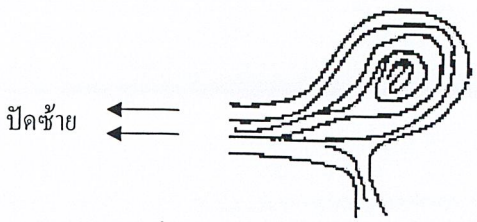
รูปที่ 2.8 (ค) ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย

ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา (Right Lateral Pocket = RLP)



รูปที่ 2.8 (ง) ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา

ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย (Left Lateral Pocket = LLP)



รูปที่ 2.8 (จ) ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 กลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl = AW)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มกับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้มักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน

รูปที่ 2.9 กลุ่มซับซ้อน

2.4 ที่มาของทฤษฎี Minutiae

ในระยะแรกเริ่มของการนำลายพิมพ์นิ้วมือมาใช้ประโยชน์ ทำโดยการนำลายพิมพ์นิ้วมือที่ได้ไปทำการให้ค่ารหัสลายพิมพ์นิ้วมือระบบ Henry System ต่อมาได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นตามระบบ F.B.I ซึ่งกระบวนการทั้งหมดก็ยังคงเป็นเพียงการจัดกลุ่มลายนิ้วมือของบุคคลจำนวนมากไว้ด้วยกัน แต่เมื่อเก็บสะสมไว้เป็นจำนวนหลายๆล้านคนก็เริ่มเกิดความยุ่งยากในการตรวจสอบค้นหา เพราะปริมาณงานที่มีเข้ามามากในวันหนึ่งๆ ทำให้ระบบการตรวจสอบด้วยแรงงานคนเริ่มเกิดความผิดพลาดมากขึ้น คุณภาพของงานไม่คงที่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอาลายนิ้วมือแฝงที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุเข้าตรวจสอบกับฐานข้อมูล ซึ่งมีจำนวนนิ้วมือนับล้านนิ้วโดยระบบแรงงานคนจึงเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้

กรมตำรวจในเมืองใหญ่ ต่างก็ทราบถึงปัญหานี้และพยายามมองหาวิธีการในการพิสูจน์ตัวบุคคลในระบบใหม่ๆจนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2503(ค.ศ. 1960) Pierre Thibault ตำรวจชาวฝรั่งเศสได้คิดค้นทฤษฎีมินูเทีย คือ เส้นแยก เส้นแตก เส้นขาดบนลายนิ้วมือ โดยกำหนดจุดไหลเวียนของลายเส้นไว้ พร้อมทั้งความสัมพันธ์ของจุดใกล้เคียง ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวคน โดยไม่มีการซ้ำกับบุคคลอื่นและได้สร้างระบบฐานข้อมูลขึ้นทดลองการใช้ทฤษฎีขึ้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2510 (ค.ศ. 1967) หน่วยงานรัฐบาลสหรัฐ ได้แก่ U.S. National Bureau of standards ร่วมกับ F.B.I ค่อยๆพัฒนาทฤษฎีของฝรั่งเศส (Pierre) มาจนเป็นที่รู้จักแพร่หลายใช้กันอยู่ เรียกว่า The Minutiae Based AFIS

2.5 วิธีการแยกแยะลักษณะของลายนิ้วมือโดยอาศัยทฤษฎีมินูเทีย (Minutiae)

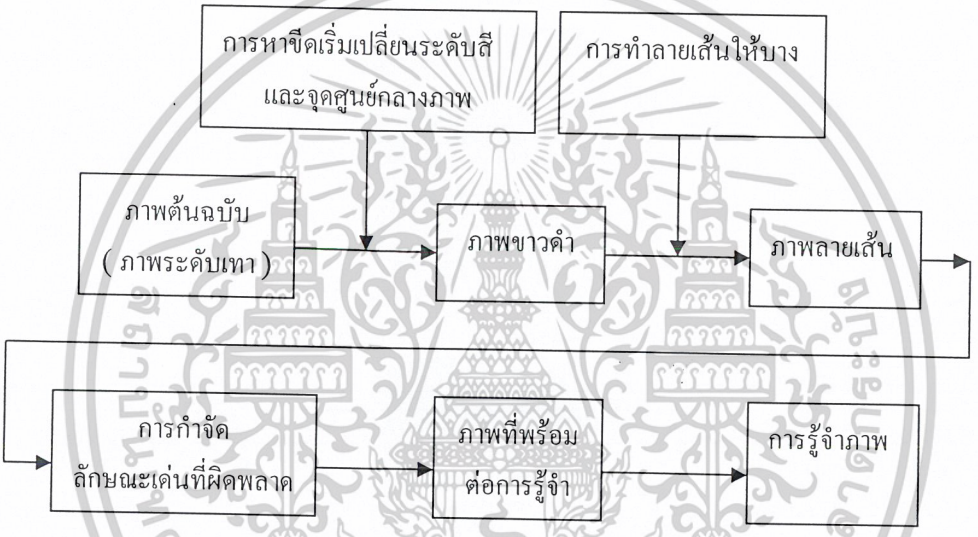
เป็นวิธีการกำหนดจุดตำแหน่งซึ่งเป็นลักษณะโดดเด่นของแต่ละลายนิ้วมือ เนื่องจากเส้นลายนิ้วมือโดยส่วนใหญ่จะเป็นเส้นเดี่ยว เริ่มที่ด้านหนึ่งของนิ้วมือลากผ่านไปออกที่ปลายอีกด้านของนิ้วมือ แต่จะมีบางลายเส้นที่ไม่ได้เริ่มต้น หรือสิ้นสุดที่ข้างใดข้างหนึ่งของนิ้วมือ หรือเป็นเส้นสั้นๆ หรือไม่ได้เป็นเส้นเดี่ยวตลอดลายเส้น กล่าวคือ เป็นเส้นแยก เส้นแตก เส้นขาด หรือจุดใจกลางของลายเส้นในลายนิ้วมือแต่ละนิ้ว ซึ่งจุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดขึ้นนี้คล้ายจุดลูกน้ำมีหัวและหาง แสดงการไหลเวียนของลายเส้นนิ้วมือ เรียกว่า มินูเทีย และต้องตั้งอยู่บนแกน X (เส้นนอน) และแกน Y (เส้นตั้ง)

ตำแหน่งของจุดมินูเทียของแต่ละนิ้ว เมื่อลากเส้นตรงเข้าหากันจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของจุดใกล้เคียงและสามารถวัดได้เป็นองศาของมุมต่าง ๆ รอบ ๆ จุดใจกลางเสมือนหนึ่งสร้างแผนที่ลายเส้นบนนิ้วมือ ซึ่งลายนิ้วมือของแต่ละนิ้วและของแต่ละคนจะไม่มีซ้ำกันและสามารถกำหนดจุดได้ถึง 150 จุดบนหนึ่งนิ้วมือคน

ในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจะมีขั้นตอนในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมืออย่างคร่าวๆ ดังรูปที่ 2.10



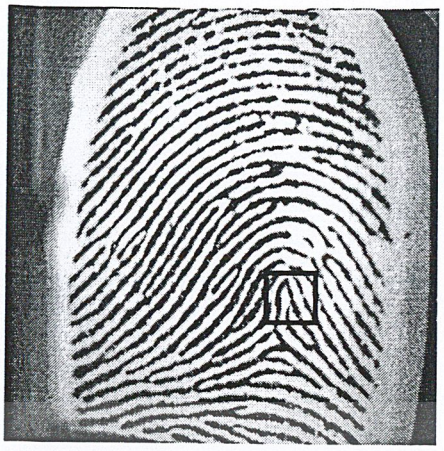
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้คอมพิวเตอร์

โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วนเป็นดังนี้

2.6 การหาจุดศูนย์กลางภาพ

ภาพลายนิ้วมือแต่ละภาพนอกจากจะประกอบด้วยลักษณะเด่นแบบต่าง ๆ แล้ว ยังประกอบด้วยลักษณะเด่นที่เป็นเอกลักษณ์ คือ จุดศูนย์กลางภาพ ซึ่งแต่ละลายนิ้วมือจะสังเกตได้ว่าจะมีจุดศูนย์กลางภาพเพียง 1 ถึง 3 ตำแหน่งเท่านั้น โดยที่จุดศูนย์กลางภาพมีลักษณะดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือ

2.6.1 ตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล (Average Filtering)

เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยการเฉลี่ยข้อมูลตามจำนวนของจุดรอบข้างที่นำมาพิจารณา [6] ดังนี้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{K^2} \sum_{m=1}^{K} \sum_{n=1}^{K} f_{raw}(m,n) \qquad (2.1)$$

โดยที่ $f_f(i, j)$ คือจุดภาพตำแหน่งที่ i, j ที่ประมวลผลได้จากการกำจัดสัญญารบกวน

$f_{raw}(m, n)$ คือจุดภาพเริ่มต้นที่นำเข้ามาประมวลผลโดยรวมจุดภาพ i, j

K^2 คือ ขนาดของจุดจำนวนของจุดภาพรอบข้างของจุดภาพ i,j ที่นำมาเฉลี่ยข้อมูล

กรณีที่มาสก์มีขนาด 3×3 จะได้ว่า

$$f_f(i,j) = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \otimes f_{raw}(i,j) \qquad (2.2)$$

ถ้ามาสก์มีขนาด 5×5 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{25}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \otimes f_{raw}(i,j) \qquad (2.3)$$

นั่นคือเป็นการทำตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูลที่มีมาสก์ขนาดต่างๆ มาทำคอนโวลูชันกับภาพเริ่มต้นที่ได้จากการสแกนเข้าระบบนั้นเอง

2.6.2 ตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filtering)

การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองความถี่เกาส์เซียน (Gaussian Filter) [7] เป็นการถ่วงน้ำหนักให้กับมาสก์นั้นๆ โดยใช้สัมประสิทธิ์ไบโนเมียลซึ่งประยุกต์มาจากตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล ดังนี้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{S_k}\sum_{m=1}^{K}\sum_{n=1}^{K} B_{mn} \cdot f_{raw}(m,n) \qquad (2.4)$$

โดยที่ $f_f(i, j)$ คือจุดภาพตำแหน่งที่ i, j ที่ประมวลผลได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวน

$f_{raw}(m, n)$ คือจุดภาพเริ่มต้นที่นำเข้ามาประมวลผลโดยรวมจุดภาพ i, j

B คือ มาสก์สัมประสิทธิ์ไบโนเมียลขนาด KxK

$$S_k = \sum_{m=1}^{K}\sum_{n=1}^{K} B_{mn}$$

ตัวกรองเกาส์เซียนที่ใช้มาสก์ขนาด 3×3 มีรูปแบบเป็นดังนี้

$$B_{mn} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเพิ่มมาสก์เป็นขนาด 5×5 จะได้ดังนี้

$$B_{mn} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 4 & 8 & 16 & 8 & 4 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

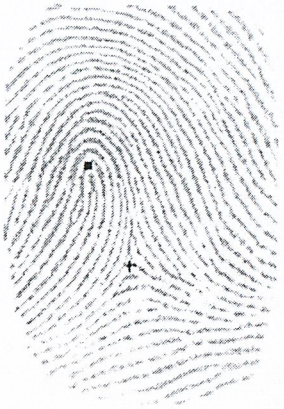
2.6.3 วิธีการระบุจุดศูนย์กลางภาพ

วิธีการระบุจุดศูนย์กลางของภาพสามารถทำได้โดยการใช้ฟิลเตอร์ที่มีคุณสมบัติสมมาตร ตัวอย่างเช่น เกาส์เซียนฟิลเตอร์แบบคอมเพลกซ์ ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 2.7 แต่การนำฟิลเตอร์ชนิดนี้ไปใช้จะต้องระวังว่าฟิลเตอร์ชนิดนี้ไม่ได้นำไปใช้กับภาพลายนิ้วมือโดยตรง แต่ต้องนำไปใช้กับค่าความหนาแน่นของทิศทางของจุดภาพ (Orientation Tensor Field) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2.8 โดยที่ค่าความหนาแน่นของทิศทางของภาพจะสามารถบอกได้ถึงทิศทางของจุดภาพเมื่อเทียบกับจุดข้างเคียง นั่นคือถ้าค่าความหนาแน่นของทิศทางของจุดภาพสูงหมายความว่าค่าความเปลี่ยนแปลงทิศทางของจุดภาพสูง ซึ่งจะสังเกตได้ว่าตรงจุดที่เป็นจุดศูนย์กลางภาพนั้นจะได้ค่าสูงสุด และเมื่อนำมาผ่านฟิลเตอร์ซึ่งให้ค่าน้ำหนักบริเวณจุดใจกลางสูงสุด (ดังรูปที่ 2.12) แล้ว จะถือว่าจุดที่มีค่าเอาท์พุทของฟิลเตอร์สูงสุดเป็นจุดศูนย์กลางภาพ

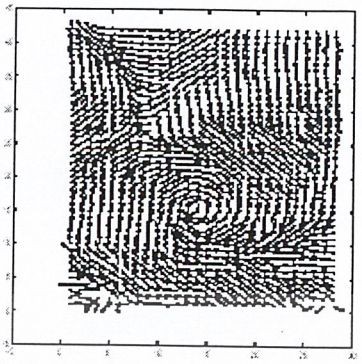
$$\text{Complex gaussian filter} = (x + iy) \cdot e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2\sigma}\right)} \quad (2.7)$$

$$\text{Oreintaion Tensor Field} = (f_x + if_y)^2 \quad (2.8)$$

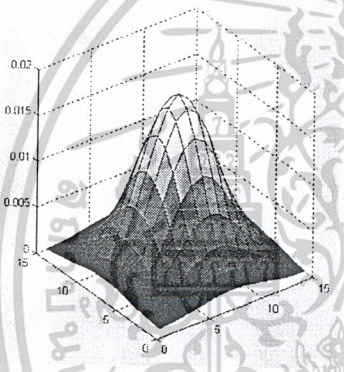
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



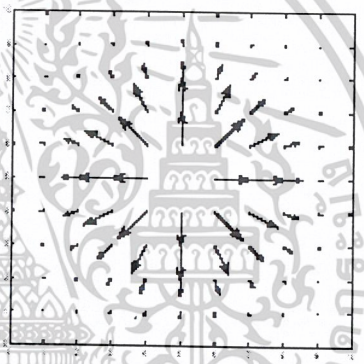
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2.12 (ก) แสดง ภาพลายนิ้วมือ

(ข) แสดงความหนาแน่นของทิศทางของจุดภาพของภาพลายนิ้วมือ (ก)

(ค),(ง) แสดงผลตอบสนองของคอมเพลกซ์เกาส์เซียนฟิลเตอร์ แบบสมมาตร

2.7 ขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสี (Thresholding)

รูปภาพขาวดำ (Binary Image) จะสะดวกในการวิเคราะห์มากกว่ารูปภาพระดับเทา (Gray Scale Image) แต่รูปภาพที่ได้รับมาส่วนมากมักจะไม่เป็นรูปภาพขาวดำ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีจากภาพระดับเทาไปเป็นภาพขาวดำโดยทำการแบ่งส่วนของภาพเป็นบริเวณของพื้นฉาก(Background) และบริเวณของวัตถุในภาพ (Foreground)

การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีเทาของภาพ คือ การเลือกค่าสีที่เหมาะสมค่าหนึ่งจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามาเพื่อทำการจำแนกสาระจากภาพออกเป็นวัตถุและพื้นฉากในภาพ เช่น นิยามการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีของภาพดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } f(x,y) > T \\ 0 & \text{ถ้า } f(x,y) <= T \end{cases} \qquad (2.9)$$

โดยกำหนดให้

$f(x,y)$ คือ ค่าสีที่ได้จากการอ่านจากภาพเริ่มต้น

T คือ ค่าสีที่เลือกจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา

$g(x,y)$ คือค่าสีที่ผ่านจากการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีของภาพ

จากสมการที่ (2.9) จะได้ว่า ถ้าค่า $f(x,y)$ มีค่ามากกว่า T แล้วจะได้ค่า $g(x,y)$ เป็น 1 ซึ่งจะเป็นค่าสีของวัตถุในภาพและในทำนองเดียวกัน จะได้ว่า ถ้าค่า $f(x,y)$ มีค่าน้อยกว่า T แล้วจะได้ค่า $g(x,y)$ เป็น 0 ซึ่งจะเป็นค่าสีของพื้นฉากในภาพ

2.8 การทำลายเส้นให้บาง

การทำลายเส้นให้บาง เป็นวิธีการลดทอนข้อมูลขนาดความกว้างของลายเส้นให้เหลือเพียง 1 จุดภาพ โดยที่ยังคงรักษาค่าการเชื่อมต่อของลายเส้นไว้เหมือนเดิม โดยภาพที่ได้จะเรียกว่า สเกลเลตัน (Skeleton) ซึ่งสเกลเลตันที่ได้เกิดจากการทำลายเส้นให้บาง จะถือว่าดีหรือเลวนั้น มีหลักการในการพิจารณาตามคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ยังคงรักษาค่าโทโปโลยีตามรูปแบบของวัตถุในภาพ
2. ควรจะยังคงรักษาค่าเชื่อมต่อของลายเส้น
3. ควรจะไม่มีการกัดเซาะมากเกินไป
4. ควรจะทำการลบจุดภาพได้อย่างสมมาตร
5. จะต้องเป็นเส้นแกนกลาง (Medial Axes)
6. จะต้องมีความหนาของลายเส้นเพียงจุดเดียว หรือบางที่สุดเท่าที่จะทำได้
7. ควรจะไม่ตอบสนองต่อลักษณะเด่นที่ผิดพลาดในภาพที่อยู่ตามขอบภาพที่ไม่ราบเรียบ หรือโผล่ยื่นออกมา
8. ถ้าเป็นไปได้ควรมีจำนวนรอบของการกระทำซ้ำของการทำลายเส้นให้บาง เพียง 2 - 3 รอบ

หากจะเขียนการทำลายเส้นให้บางเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$XOT = X/(X \otimes T) \tag{2.10}$$

โดยที่ตัวดำเนินการ XOT เป็นการทำลายเส้นให้บาง และตัวดำเนินการ $X \otimes T$ จะเป็นตำแหน่งของแม่แบบ T ที่เกิดขึ้นใน X ซึ่งจะมีการเปลี่ยนรูปแบบเติม-ลบ และตัวดำเนินการ (/) จะทำการกำจัดจุดออกจาก X ตามตำแหน่งที่เกิด $X \otimes T$ เพื่อทำให้ได้ X ที่มีความบางตามลายเส้นสมมาตร เมื่อกระบวนการทำลายเส้นให้บางเป็นการทำลายเส้นให้บางของ X ที่เป็นแบบเรียงตามลำดับ (Sequence-T^n) ซึ่งมีตัวดำเนินการต่อเนื่อง T^i โดยที่ i เป็นค่าของ 1 , 2 , 3 ,..., n แล้ว

$$XOT = (((XOT^1)\ OT^2)...OT^n) \tag{2.11}$$

ตัวอย่างอัลกอริทึมของการทำลายเส้นให้บาง ซึ่งการทำลายเส้นให้บางในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารายละเอียดของขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีที่แตกต่างกัน จำนวน 2 วิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีที่ 1. เป็นขั้นตอนวิธีของ Zhang and Suen และ วิธีที่ 2. เป็นขั้นตอนวิธีของ A.DATTA and S.K.PARUI

2.8.1 ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen

ในขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen ที่นำมาแสดงนี้กระทำกับภาพขาวดำ โดยให้ 1 แทนจุดภาพของวัตถุในภาพ และ 0 แทนจุดภาพของพื้นฉากในภาพขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางวิธีนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่กระทำกับจุดคอนทัว (contour point) ของเนื้อวัตถุในภาพ โดยจุดคอนทัวเป็นจุดที่มีค่าเป็น 1 และมีจุดรอบข้างของ x_0 อย่างน้อย 1 จุดที่มีค่าเป็น 0 โดยโครงสร้างของจุดรอบข้างของจุด x_0

ขั้นตอนที่ 1 จุดคอนทัวร์ของ x_0 จะถูกลบเมื่อมีเงื่อนไขดังนี้

$$\begin{aligned}
&\text{(ก) } 2 \leq N(x_0) \leq 6 \\
&\text{(ข) } S(x_0) = 1 \\
&\text{(ค) } x_1 . x_3 . x_7 = 0 \\
&\text{(ง) } x_1 . x_5 . x_7 = 0
\end{aligned} \tag{2.12}$$

โดยที่ $N(x_0)$ เป็นจำนวนจุดรอบข้างของ x_0 ที่ไม่เป็น 0 นั่นคือ

$$N(x_0) = x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8 \tag{2.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $S(x_0)$ เป็นจำนวนจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก 0 ⟶ 1 ตามลำดับของ $x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8$ ดังตัวอย่าง $N(x_0)=4$ และ $S(x_0)=3$ ข้างล่างนี้

0	0	1
1	x_0	0
1	0	1

แสดงเงื่อนไข (ก) และ(ข) ในสมการที่ (2.10) ในกรณีนี้ $N(x_0)=4$ และ $S(x_0)=3$

โดยเงื่อนไขของ (ค) เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $x_1.x_3.x_7=0$ และเงื่อนไขของ (ง) เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $x_1.x_5.x_7=0$ ซึ่งเงื่อนไขของ (ค) และ (ง) จะเป็นจริง เมื่อมีค่าใดค่าหนึ่งตามนี้คือ $x_1=0$ หรือ $x_5=0$ หรือ ($x_3=0$ หรือ $x_5=0$)

ขั้นตอนที่ 2 เงื่อนไข (ก) และ (ข) ยังคงเหมือนเดิม แต่เงื่อนไข (ค) และ (ง) จะถูกเปลี่ยนเป็น

(ก) $2 \leq N(x_0) \leq 6$

(ข) $S(x_0)=1$

(ค') $x_1.\ x_3.\ x_5=0$

(ง') $x_3.\ x_5.\ x_7=0$ (2.14)

เงื่อนไข (ก) และ (ข) จะมีวิธีการหาค่าเหมือนกับเงื่อนไข (ก) และ (ข) ที่อยู่ในขั้นตอนที่ 1 โดยเงื่อนไขของ (ค') เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $x_1.\ x_3.\ x_5=0$ และเงื่อนไขของ (ง')เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $x_3.\ x_5.\ x_7=0$ซึ่งเงื่อนไขของ (ค') และ (ง') จะเป็นจริง เมื่อมีค่าใดค่าหนึ่งตามนี้คือ $x_3=0$ หรือ $x_5=0$ หรือ ($x_1=0$ หรือ $x_7=0$)

โดยจะมีขั้นตอนคร่าวๆดังนี้

ในขั้นตอนที่ 1 จะประมวลผลกับจุดขอบภาพ (border point) ของเนื้อวัตถุในภาพขาวดำภายใต้การพิจารณา ถ้าไม่ตรงกับเงื่อนไขอันใดอันหนึ่งของ (ก)-(ง) จุดภาพที่พิจารณาอยู่ จะไม่ถูกลบแต่ถ้าถูกต้องตามเงื่อนไข (ก)-(ง) จุดภาพที่พิจารณานั้นจะถูกลบแต่จุดภาพที่ถูกพิจารณาทั้งหมดจะไม่ถูกลบจนกระทั่งจุดขอบภาพของทั้งภาพถูกประมวลผล โดยจะทำเครื่องหมาย (flag) ของจุดที่จะถูกลบไว้ก่อน ซึ่งจะป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลระหว่างการดำเนินการของขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บาง ตามวิธีของ Zhang and Suen ภายหลังจากขั้นตอนที่ 1 ได้ถูกประมวลผลกับทุกจุดขอบภาพแล้ว จุดที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ จะถูกลบ (กล่าวคือ เปลี่ยนเป็นค่า 0) จากนั้นขั้นตอนที่ 2 จะประมวลผลกับภาพที่ได้จากการประมวลผลในขั้นตอนที่ 1 แล้วด้วยวิธีการที่เหมือนในขั้นตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยพื้นฐานขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen นี้ สังเกตได้ว่าประกอบด้วยขั้นตอนอย่างคร่าวๆ ดังนี้ 1) ทำตามขั้นตอนที่ 1, 2) ลบจุดภาพ, 3) ทำตามขั้นตอนที่ 2 กับจุดขอบภาพที่ยังคงเหลือ, 4) ลบจุดขอบภาพซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 ข้อนี้จะถูกกระทำซ้ำไปเรื่อยๆจนกระทั่งไม่มีจุดภาพใดๆ จะถูกลบอีก ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาสิ้นสุดการทำงานของขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen ที่เราจะได้สเกลเลตันของเนื้อวัตถุในภาพ

2.8.2 ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ A.DATTA and S.K.PARUI

ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ A.DATTA and S.K.PARUI จะทำการลบจุดภาพชั้นนอกในรอบต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละรอบจะถูกนำไปใช้กับรอบถัดไปตามลำดับ ซึ่งจุดของขอบภาพจะไม่ถูกลบ ถ้ามีเงื่อนไขดังนี้

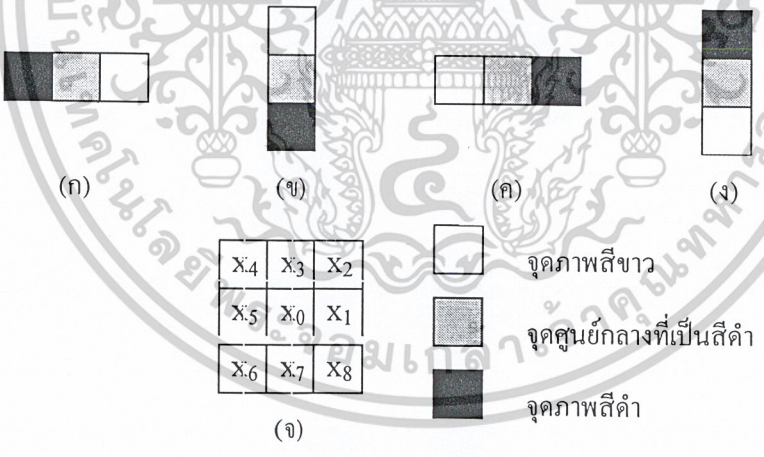
1.ถ้าถูกลบไปแล้วจะไปเปลี่ยนแปลงค่าความเชื่อมต่อกันของเส้น

2.ถ้าถูกลบแล้วจะทำให้เส้นของสเกลเลตันสั้นลง

3.เป็นส่วนที่เรียกว่าจุดวิกฤต

4.เป็นส่วนจุดปลายของเส้น

ขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ A.DATTA and S.K.PARUI นี้จะใช้ เมตริกซ์ต้นแบบขนาด 1x3 จำนวน 2 อัน, เมตริกซ์ต้นแบบขนาด 3x1 จำนวน 2 อัน และใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 อีก 1 อัน ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 (ก)-(ง) เมตริกซ์ต้นแบบที่ใช้ในการทำลายเส้นให้บาง
(จ) เมตริกซ์ตรวจสอบขนาด 3x3

โดยที่เราสามารถทราบได้ว่าจุดใดเป็นจุดวิกฤติ หรือ จุดปลายหรือไม่ จากการใช้เมตริกซ์ตรวจสอบขนาด 3x3 โดยเปรียบเทียบตามกรณีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62170

กรณีที่ 1 ถ้าตรวจพบว่าตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบแบบ (ก) – (จ) อันใดอันหนึ่งแล้ว พิจารณา x_0

- x_0 จะเป็นจุดวิกฤติถ้า ($x_3 = 0$ และ $x_2 = 1$) หรือ ($x_7 = 0$ และ $x_8 = 1$)
- x_0 จะเป็นจุดวิกฤติถ้า ($x_5 = 0$ และ $x_4 = 1$) หรือ ($x_1 = 0$ และ $x_2 = 1$)
- x_0 จะเป็นจุดวิกฤติถ้า ($x_3 = 0$ และ $x_4 = 1$) หรือ ($x_7 = 0$ และ $x_6 = 1$)
- x_0 จะเป็นจุดวิกฤติถ้า ($x_5 = 0$ และ $x_6 = 1$) หรือ ($x_1 = 0$ และ $x_8 = 1$)

กรณีที่ 2 ถ้าตรวจพบว่าตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบแบบ (ก) – (จ) อันใดอันหนึ่งแล้ว พิจารณา x_0

- x_0 จะเป็นจุดปลายถ้า $x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8$ เป็น 0
- x_0 จะเป็นจุดปลายถ้า $x_1, x_2, x_4, x_5, x_6, x_8$ เป็น 0
- x_0 จะเป็นจุดปลายถ้า $x_1, x_2, x_3, x_5, x_6, x_7$ เป็น 0
- x_0 จะเป็นจุดปลายถ้า $x_3, x_4, x_5, x_1, x_7, x_8$ เป็น 0

ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีนี้จะต้องทำซ้ำ โดยจะดำเนินการกำจัดจุดภาพที่ตรงกับแต่ละเมตริกซ์ต้นแบบ กล่าวคือ เมตริกซ์ต้นแบบ (ก) – (ง) จะถูกใช้ในการกำจัดจุดขอบภาพ และ เมตริกซ์ตรวจสอบขนาด 3x3 ในการตรวจสอบเงื่อนไขในการลบจุดภาพนั้นเพื่อให้ยังคงรักษาความเชื่อมต่อและไม่ให้ขาของสเกลเลตันหดสั้นลง ภายหลังสิ้นสุดกระบวนการทำซ้ำแล้ว รูปแบบของภาพจะเป็นภาพที่มีความหนาของเส้นเพียง 1 จุดภาพ

โดยขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีนี้ สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนคร่าวๆ 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 ทำการลบจุดภาพที่ตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบ (ก) – (ง) โดยแบ่งเป็น 4 รอบย่อย ๆ คือ

รอบที่ 1 ลบจุดภาพที่ตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบ (ก) (ต้องพิจารณากรณี ที่ 1 และ 2 ว่าตรงกับข้อใดข้อหนึ่งหรือไม่ ก่อนจะลบจุดภาพใด ๆ ทุกครั้ง)

รอบที่ 2 ลบจุดภาพที่ตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบ (ข)

รอบที่ 3 ลบจุดภาพที่ตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบ (ค)

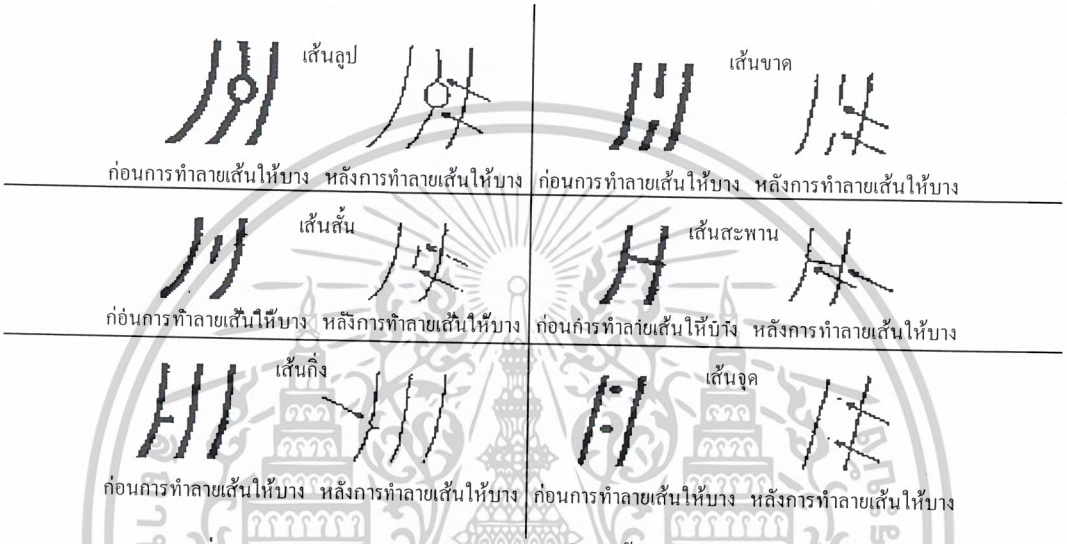
รอบที่ 4 ลบจุดภาพที่ตรงกับเมตริกซ์ต้นแบบ (ง)

ขั้นตอนที่ 2 ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 1 อีกครั้ง จนกว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นในภาพ (ไม่มีการลบจุดภาพใด ๆ เกิดขึ้นในภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การกำจัดลักษณะเด่นที่ผิดพลาดต่าง ๆ ในภาพ

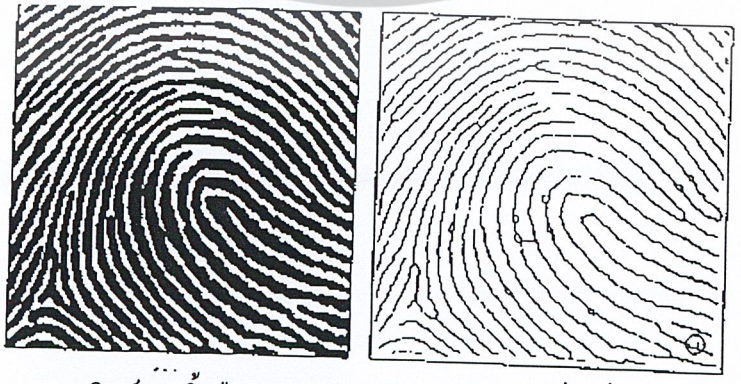
การพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้ภายหลังจากผ่านการทำลายเส้นให้บางแล้ว เมื่อสังเกตจากภาพพบว่า มีเส้นสะพาน , เส้นกิ่ง , จุด , เส้นลูป , เส้นขาด , เส้นสั้น เกิดขึ้น ซึ่งเราได้นิยามให้เป็นลักษณะเด่นที่ผิดพลาดในภาพหรือมินูเทียปลอมที่ต้องทำการกำจัดออกไป มินูเทียที่เกิดขึ้นในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ เกิดขึ้นจากในขณะที่เราทำการกดนิ้วมือของผู้กระทำความผิดลงบนหมึกพิมพ์ด้วยน้ำหนักมือของผู้กระทำการกดนิ้วมือที่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำนิ้วมือของผู้กระทำความผิดไปกลิ้งบนกระดาษขาวจึงทำให้เกิดมินูเทียปลอม ซึ่งได้แสดงลักษณะของมินูเทียปลอมไว้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะมินูเทียปลอมที่เกิดขึ้นในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

2.9.1 การกำจัดเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีติดตามลายเส้น

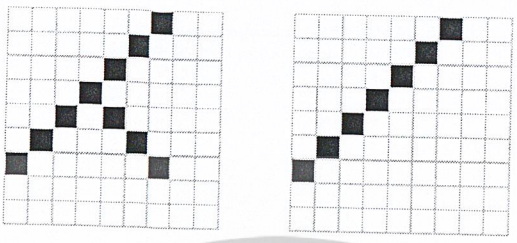
เมื่อพิจารณารูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ สังเกตจากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่ามีเส้นกิ่งเกิดขึ้น (สังเกตจากภาพจะใช้สัญลักษณ์ ⬭ ล้อมรอบบริเวณที่เกิดเส้นกิ่ง) โดยที่เส้นกิ่งจะมีลักษณะเป็นลายเส้นสั้น ๆ ที่ยื่นออกมาจากลายเส้นปกติ (ดูรูปที่ 2.16 ประกอบ) ซึ่งจะเป็นส่วนเกินที่จะต้องทำการกำจัดออกไป



รูปที่ 2.15 แสดง (ก) ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือแบบมัดหวายปัดขวา ตัวอย่างที่ 1 ซึ่งมีขนาดภาพกว้าง 256 จุดภาพ ยาว 256 จุดภาพ

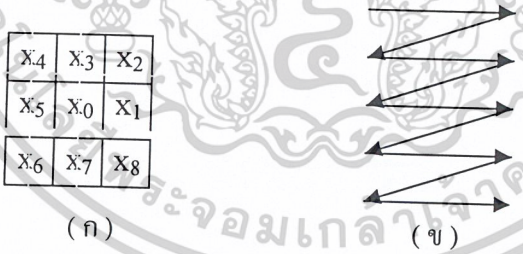
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ภาพที่ผ่านขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ FRANK Y. SHIH and WAI TAK WONG ที่มีเส้นกิ่งเกิดขึ้น



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะเส้นกิ่ง (ก) ก่อนการแก้ไข (ข) หลังการแก้ไข

ในการสแกนหาค่าโทโปโลยีของจุดภาพในรูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จะทำการสแกนจากด้านซ้ายไปยังด้านขวา และจากด้านบนไปยังด้านล่างของรูปภาพ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 (ข) โดยในการพิจารณาค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่พิจารณาอยู่จะเป็นการจำแนกเฉพาะค่าการเชื่อมต่อแบบ 4 (4-connectivity) หรือการเชื่อมต่อแบบ 8(8-connectivity) เท่านั้น โดยใช้วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ดังรูปที่ 2.17 (ก) ครอบบริเวณจุดภาพที่ต้องการหา ซึ่งค่า X_0 , X_1 , X_2 , ... , X_8 เป็นค่าของทางดิจิตอลที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งเราจะพิจารณา เมื่อ $X_0 = 1$ เท่านั้น



รูปที่ 2.17 แสดง (ก) วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 และ (ข) ทิศทางในการสแกนจุดภาพ

โดยสมการที่ใช้ในการหาค่าโทโปโลยีของจำนวนจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อ (Connected Number -Nc) ของ $X_0 = 1$ มีดังนี้

$$Nc^4 = \sum_{i \in S_1} (x_i - x_i x_{i+1} x_{i+2}) \qquad (2.15)$$

$$Nc^8 = \sum_{i \in S_1} (\bar{x}_i - \bar{x}_i \bar{x}_{i+1} \bar{x}_{i+2}) \qquad (2.16)$$

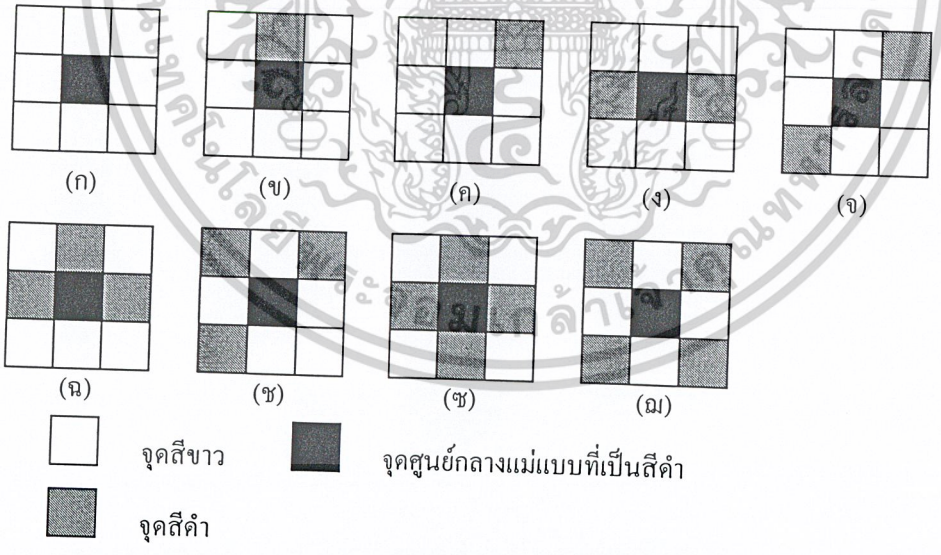
โดยที่ $S_1 = \{1,3,5,7\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของ X_i เป็นตำแหน่งของจุดภาพต่าง ๆ ที่อยู่ในวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ในรูปที่ 2.16 (ก) โดยค่าของ i จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 8 แต่จากสมการที่ (2.15) , (2.16) ค่าของ i จะมีค่าเป็นสมาชิกของ S_1 ซึ่ง i จะมีค่าได้ 4 ค่า คือ 1,3,5,7 เมื่อค่าของ $x_i \geq x_9$ ค่าจะถูกเปลี่ยนเป็น x_{i-8} ส่วนค่าของ $\bar{x} = 1 - x$ และค่าตัวยกทางขวาที่อยู่เหนือ Nc ซึ่งก็คือค่าของ 4 หรือ 8 จะเป็นค่าที่บอกให้รู้ว่า เป็นค่าของจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 หรือ 8 ตามลำดับ โดยสมการทั้งสองสามารถแบ่งแยกค่าโทโปโลยีของ X_0 ได้ดังตารางที่ 2.1

ค่าของ Nc^4 หรือ Nc^8	ค่าโทโปโลยีของจุดภาพ
0	Internal (จุดภายใน) หรือ Isolate (จุดโดดเดี่ยว)
1	End (จุดปลาย)
2	Connect (จุดเชื่อมต่อ)
3	Branch (จุดแยก)
4	Cross (จุดตัด)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพโดยที่จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวตั้ง และจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 8 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวเส้นทแยงมุมรวมกับจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 ตามรูปที่ 2.17



รูปที่2.18 แสดงแม่แบบที่ใช้บอกโทโปโลยีต่างๆของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3x 3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 0$ หรือ $Nc^8 = 0$

(ข) , (ค) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3x 3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 1$ หรือ $Nc^8 = 1$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 องศา จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณี รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

(ง) , (จ) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3x 3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 2$ หรือ $Nc^8 = 2$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 องศา จะได้เพิ่มกรณีละ 1 กรณี รวมทั้งสิ้น 4 กรณี

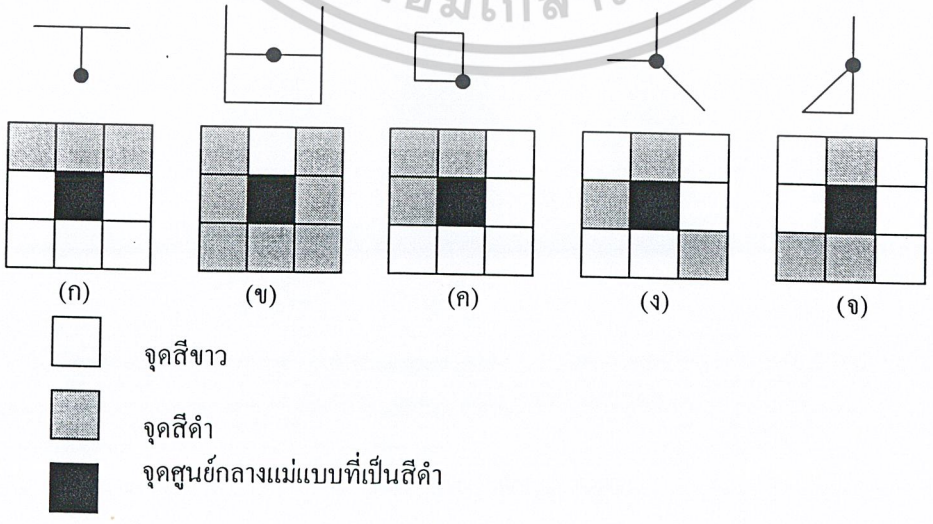
(ฉ) , (ช) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3x 3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 3$ หรือ $Nc^8 = 3$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 องศา จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณี รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

(ซ) , (ฌ) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3x 3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 4$ หรือ $Nc^8 = 4$ ตามลำดับ

ในทางปฏิบัติแล้ว ภาพดิจิตอลจะประกอบด้วย จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อทั้ง 2 ชนิด จึงไม่สามารถที่จะจำแนกความแตกต่างออกได้ทุกกรณี ซึ่งขอให้พิจารณาในรูปที่ 2.19

ค่าของ Nc^4 และ Nc^8 ของ X_0 ในรูปที่ 2.19 (ก) , 2.19 (ข) , 2.19 (ค) คือค่าเดียวกัน กล่าวคือ เป็นจุดปลาย แต่ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ที่ได้จากการสังเกตของแม่แบบในรูปที่ 2.19 (ก) , 2.19 (ข) , 2.19 (ค) แตกต่างกัน คือ ในรูปที่ 2.19 (ก) ค่าโทโปโลยีของจุดปลาย แต่ค่าโทโปโลยีของ X_0 ในรูปที่ 2.19 (ข) , 2.19(ค) คือจุดเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.19 (ง) , 2.19 (จ) นั้น ค่าของ Nc^4 และ Nc^8 คือ จุดเชื่อมต่อ แต่ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ทั้งสองต่างกัน ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ที่ได้จากการสังเกตของแม่แบบใน รูปที่ 2.19 (ง) คือ จุดแยก แต่ค่าโทโปโลยีของ X_0 ในรูปที่ 2.19 (จ) คือ จุดเชื่อมต่อ



รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยค่า Nc^4 และ Nc^8

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.19 (ง) เป็นตัวอย่างหนึ่งของค่าที่ถูกเชื่อมต่อแบบผสมผสาน (Mixed Connectivity) ซึ่งผสมเอาค่าที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 และแบบ 8 ไว้ด้วยกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา ซึ่งดัดแปลงมาจากสมการที่ 2.15 , 2.16 โดยมีการเปลี่ยนค่าสมาชิกของ S_1 เป็น S_2 ซึ่งมีรายละเอียดคือ

$$Nc^{4'} = \sum_{i \in S_2} (x_i - x_i x_{i+1} x_{i+2}) \tag{2.17}$$

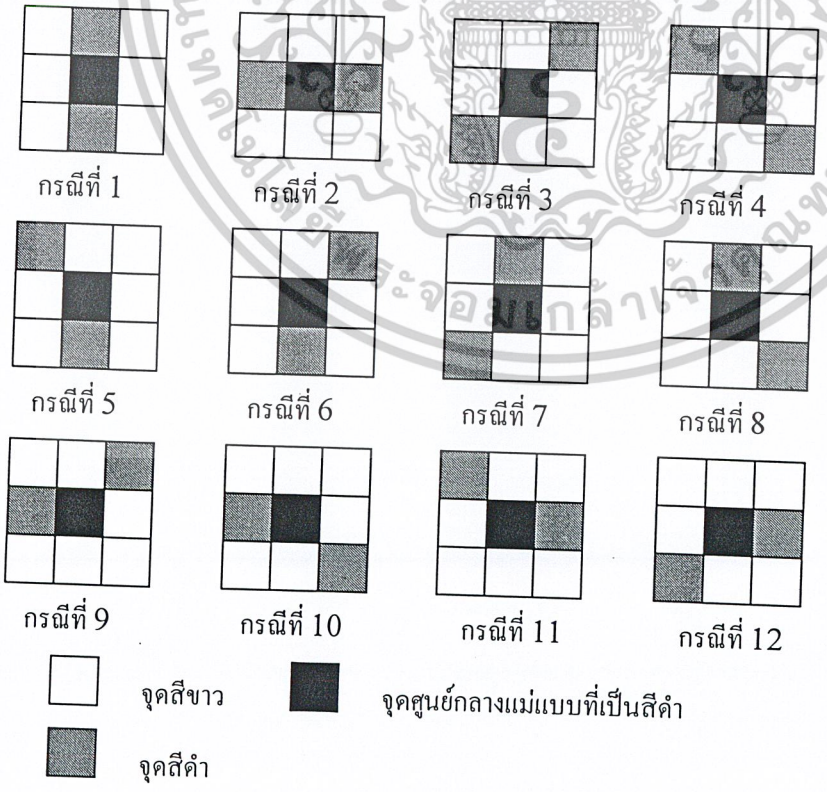
$$Nc^{8'} = \sum_{i \in S_2} (\bar{x}_i - \bar{x}_i \bar{x}_{i+1} \bar{x}_{i+2}) \tag{2.18}$$

โดยที่ $S_2 = \{2,4,6,8\}$

ค่าของ x_i เป็นตำแหน่งของจุดภาพต่างๆที่อยู่ในวินโดว์ขนาด 3x3 ในรูปที่ 2.19 (ก) โดยค่าของ i จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 8 แต่จากสมการที่ 2.9 , 2.10 ค่าของ i จะมีค่าเป็นสมาชิกของ S_2 ซึ่ง i จะมีค่าได้ 4 ค่า คือ 2 , 4 , 6 ,8 ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ตามมุมทั้ง 4 ของวินโดว์ 3 x 3 เมื่อค่าของ $x_i \geq x_9$ ค่าจะถูกเปลี่ยนเป็น x_{i-8} ส่วนค่าของ $\bar{x} = 1 - x$ และค่าตัวยกทางขวาที่อยู่เหนือ Nc' ซึ่งก็คือค่าของ $4'$ หรือ $8'$ จะเป็นค่าที่บอกให้รู้ว่า เป็นค่าของจุดภาพที่ถูกพิจารณาตามแนวทางการเชื่อมต่อแบบ 4 หรือ 8 ตามลำดับ

โดยค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่จะนำมาพิจารณาจะมีอยู่ด้วยกัน 2 จุดคือ จุดแยก และจุดเชื่อมต่อ ซึ่งจากผลการทดสอบหลายๆครั้ง จะสังเกตเห็นแม่แบบของจุดต่างๆ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรแสดงการเชื่อมต่อแบบผสมผสาน (Mixed Connectivity) ระหว่าง Nc^4 , Nc^8 , $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ดังนี้

จากการทดสอบหลายๆครั้ง จะสังเกตเห็นแม่แบบของจุดเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อ รวมทั้งสิ้น 12 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.20 ในแต่ละกรณี สามารถหาค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ได้จากสมการที่ 2.15 , 2.16 , 2.17 , 2.18 ได้ค่าตารางที่ 2.2

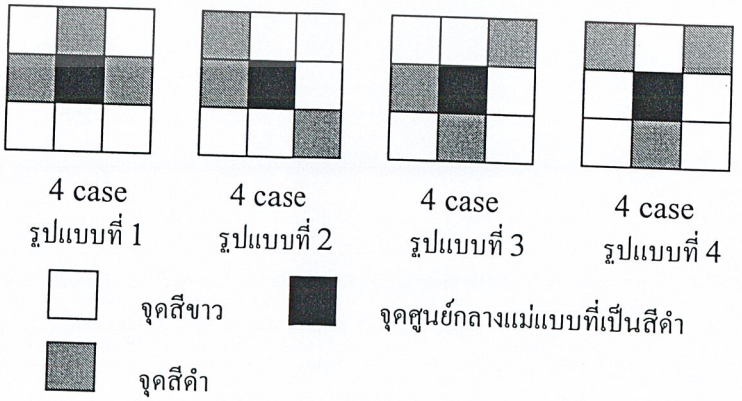
กรณีที่	Nc^4	Nc^8	$Nc^{4'}$	$Nc^{8'}$
1	2	2	0	2
2	0	2	2	2
3	0	2	0	2
4	2	2	0	2
5	1	2	1	2
6	1	2	1	2
7	1	2	1	2
8	1	2	1	2
9	1	2	1	2
10	1	2	1	2
11	1	2	1	2
12	1	2	1	2

ตารางที่ 2.2 ค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}, Nc^{8'}$

จากค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}, Nc^{8'}$ ที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเขียนฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละกรณี ในรูปที่ 2.20 จะได้ดังนี้

$$\text{จุดเชื่อมต่อ} = ((Nc^4 \neq 3 \text{ or } Nc^8 = 2) \text{ and } Nc^8 \neq 3) \text{ or } Nc^{8'} = 2 \qquad (2.19)$$

จากผลการทดสอบหลายๆครั้ง จะสังเกตเห็นแม่แบบของจุดแยก ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดแยก ในแต่ละรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 องศา จะได้เพิ่มอย่างละ 4 กรณี รวมทั้งสิ้น 16 กรณี

จากรูปที่ 2.21 ในแต่ละรูปแบบ สามารถหาค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ได้จากสมการที่ 2.15, 2.16 , 2.17, 2.18 ได้ค่าตามตารางที่ 2.3

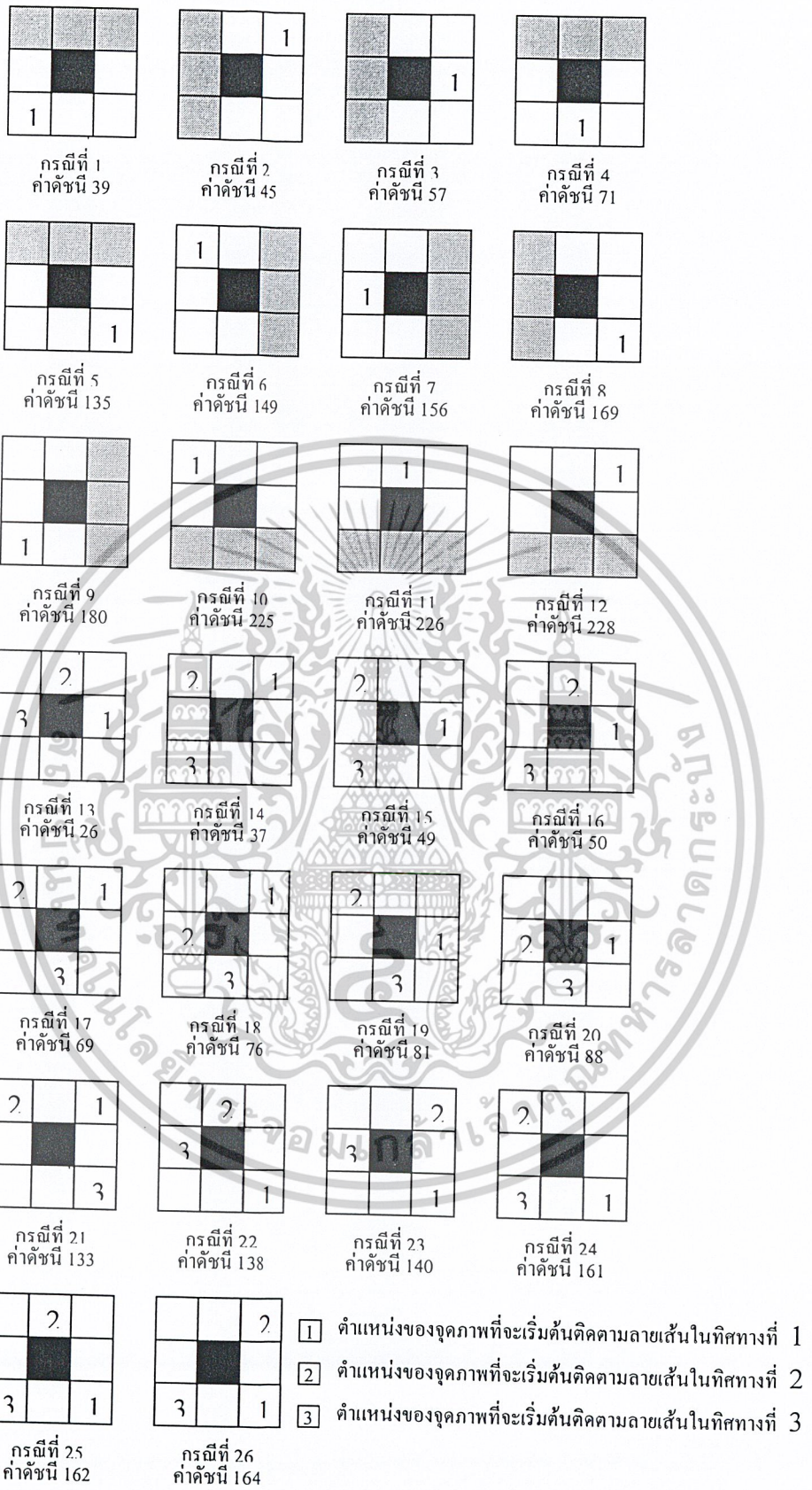
รูปแบบที่	Nc^4	Nc^8	$Nc^{4'}$	$Nc^{8'}$
1	3	1	0	4
2	1	3	2	2
3	2	2	1	3
4	1	3	2	2

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่หาได้จากแต่ละรูปแบบในรูปที่ 2.19

จากค่าของ $Nc^4, Nc^8, Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเขียนฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของแต่ละกรณีในรูปที่ 2.20 จะได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
\text{จุดแยก} = {} & (Nc^4 = 2 \text{ and } Nc^{4'} = 1 \text{ and } Nc^{8'} = 3) \text{ or} \\
& (Nc^4 = 1 \text{ and } Nc^{4'} = 2 \text{ and } Nc^8 = 3) \text{ or} \\
& (Nc^4 = 3 \text{ or } Nc^8 = 3 \text{ or } Nc^{8'} = 3) \quad \text{or} \\
& (Nc^4 = 3 \text{ and } Nc^{4'} = 0) \text{ or } (Nc^4 \neq 0 \text{ and } (Nc^{8'} = 2 \text{ and } Nc^{4'} = 2))
\end{aligned}
\qquad (2.20)
$$

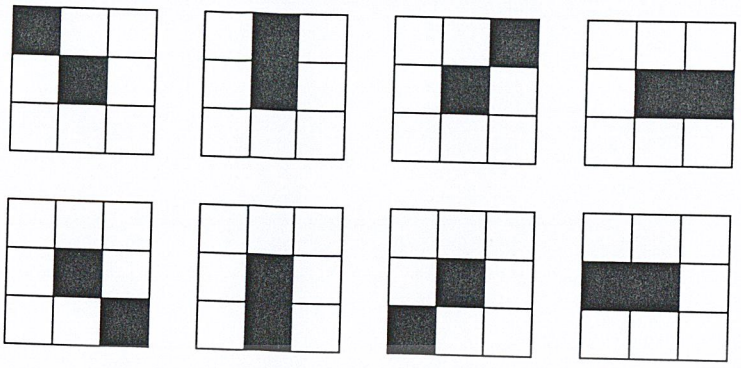
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงแม่แบบจุดแยก (ที่ได้จากการสังเกตภาพลายเส้น แล้วจัดเก็บทุกรูปแบบไว้) ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดภาพที่สิ้นสุดการติดตามลายเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบหลายๆครั้ง จะเห็นแม่แบบของจุดปลาย ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3 x 3 ที่แสดงถึงจุดปลาย รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

จากรูปที่ 2.23 ในแต่ละกรณี สามารถหาค่าของ Nc^4 , Nc^8 , $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ได้จากสมการที่ 2.15 , 2.16 , 2.17 , 2.18 ได้ค่าตามตารางที่ 2.4

กรณีที่	Nc^4	Nc^8	$Nc^{4'}$	$Nc^{8'}$
1	1	1	0	1
2	1	1	0	1
3	1	1	0	1
4	1	1	0	1
5	0	1	1	1
6	0	1	1	1
7	0	1	1	1
8	0	1	1	1

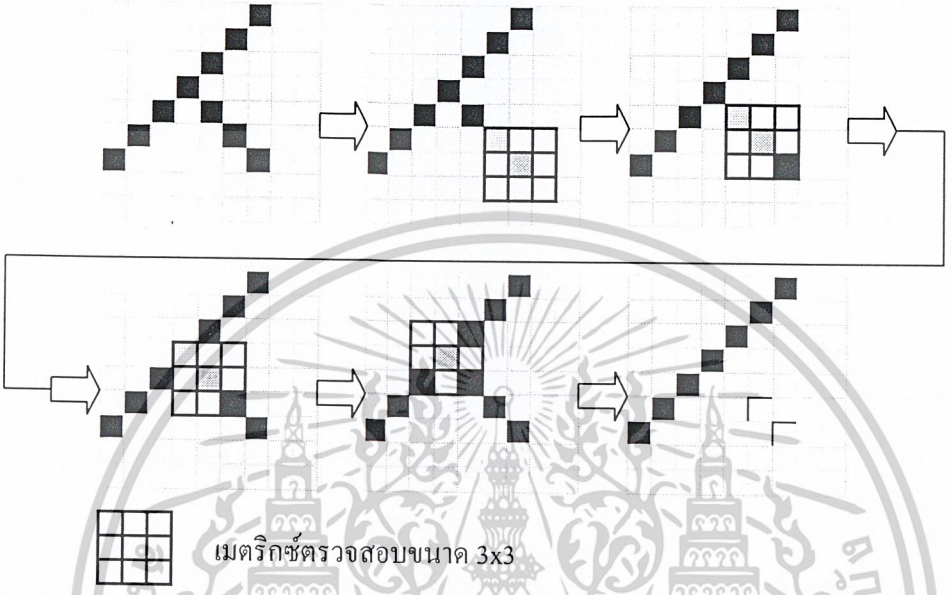
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของ Nc^4 , Nc^8 , $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่หาได้จากแต่ละกรณีในรูปที่ 2.23

จากค่าของ Nc^4 , Nc^8 , $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า จากตารางที่ 2.4 จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียง 2 ค่า เท่านั้น กล่าวคือ ค่าของ Nc^4 , $Nc^{4'}$ ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าของ 0 ไปเป็น 1 และจากค่า 1 ไปเป็น 0 ดังนั้นจึงนำลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ นำมาเขียนฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละกรณีในรูปที่ 2.23 จะได้ดังนี้

$$\text{จุดปลาย} = (\ Nc^4 = 1 \text{ and } Nc^{4'} = 0\ ) \text{ or } (\ Nc^{4'} = 1 \text{ and } Nc^4 = 0\ ) \qquad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

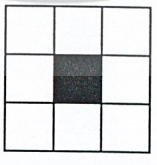
จากนั้นจึงพิจารณาความยาวของเส้นกิ่งดังกล่าวโดยใช้อัลกอริทึมการตามลายเส้น จนกว่าจะพบกับรอยแยก จึงหยุดการตามลายเส้น และจะได้ความยาวของเส้นกิ่งนั้นมา หากพบว่าเส้นกิ่งมีความยาวน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่ง จะถือว่าเป็นเส้นกิ่ง และจะทำการลบเส้นกิ่งนั้นออก โดยที่ค่าคงที่นี้จะได้มาจากอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างเส้นลายนิ้วมือ



รูปที่ 2.24 แสดงขั้นตอนของอัลกอริทึมการตามลายเส้น เพื่อทำการลบเส้นกิ่ง

2.9.2 การกำจัดจุด

สามารถทำได้โดยการตรวจสอบหาบริเวณที่มีรูปแบบตรงกับรูปที่ 2.25 จากนั้นทำการกำจัดจุดนั้นทิ้ง

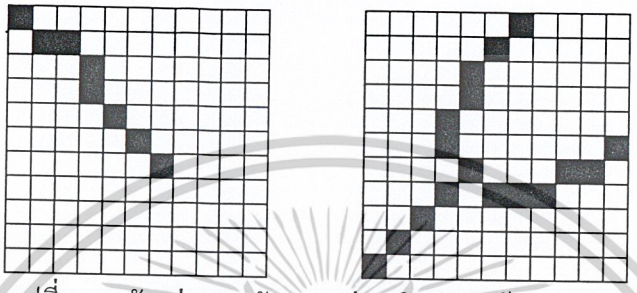


รูปที่ 2.25 รูปแบบของบริเวณที่มีลักษณะเป็นจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

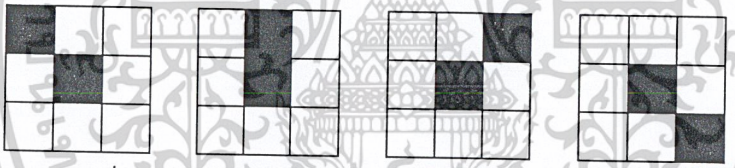
ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ (Minutiae) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือ มีหลายรูปแบบ แต่ที่พบเห็นทั่วไปได้แก่ ปลายเส้น (ending), รอยแยก (bifurcation), หลุม(hole) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีลักษณะเด่นอื่น ๆ ที่อาจจะพบได้ไม่บ่อยนัก เช่น รอยแยกรูปเอ็กซ์ , รอยแยกแบบสามเส้น (Trifurcation) เป็นต้น แต่ในที่นี้เราจะสนใจลักษณะเด่นเพียง 2 แบบเท่านั้น คือ ปลายเส้น และรอยแยก เนื่องจากลักษณะเด่น 2 แบบนี้พบได้บ่อยที่สุด ซึ่งการหาลักษณะเด่นดังกล่าวใช้หลักการดังนี้



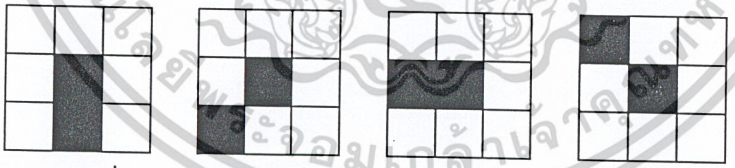
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างของลักษณะเด่นชนิดปลายเส้น และ รอยแยก

2.10.1 ตรวจสอบภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3

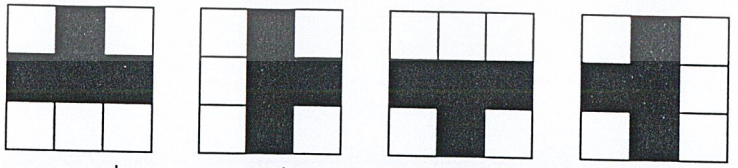
โดยตรวจสอบจากบนลงล่าง และ จากซ้ายไปขวา โดยจะสนใจกรณีที่เมตริกซ์ที่มีรูปแบบดังนี้



รูปแบบที่ 1 รูปแบบที่ 2 รูปแบบที่ 3 รูปแบบที่ 4

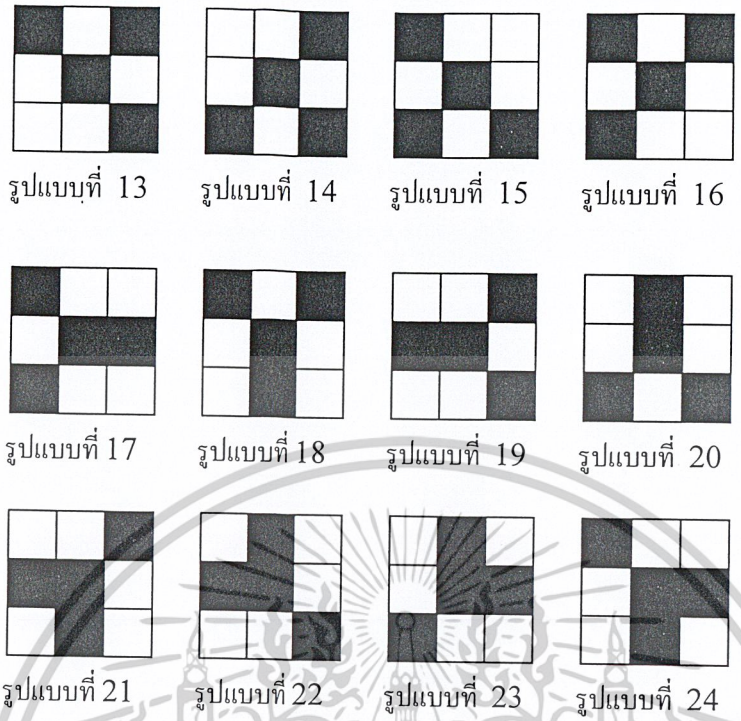


รูปแบบที่ 5 รูปแบบที่ 6 รูปแบบที่ 7 รูปแบบที่ 8



รูปแบบที่ 9 รูปแบบที่ 10 รูปแบบที่ 11 รูปแบบที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 รูปแบบของเมตริกซ์ที่สนใจในการตรวจสอบ

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าแต่ละรูปแบบเช่นรูปแบบที่ 1-8 จะเป็นรูปแบบของปลายเส้น ส่วนรูปแบบที่ 9-24 จะเป็นรูปแบบของรอยแยก เมื่อตรวจพบรูปแบบที่สนใจแล้วจะทำการสร้างเมตริกซ์ขนาดใหญ่กว่าเดิม เช่น 7x7 หรือ 11x11 ขึ้นโดยใช้จุดศูนย์กลางเดิม โดยหลักการพิจารณาว่าจะเลือกใช้เมตริกซ์ขนาดเท่าใดนั้นจะพิจารณาจากระยะห่างของเส้นลายนิ้วมือ และ ความละเอียดของมุมที่ต้องการเป็นหลัก ดังรูปที่ 2.28 และ 2.29

135	126	117	108	99	90	81	72	63	54	45
144										36
153										27
162										18
171										9
180										0
189										351
198										242
207										333
216										324
225	234	243	252	261	270	279	288	297	306	315

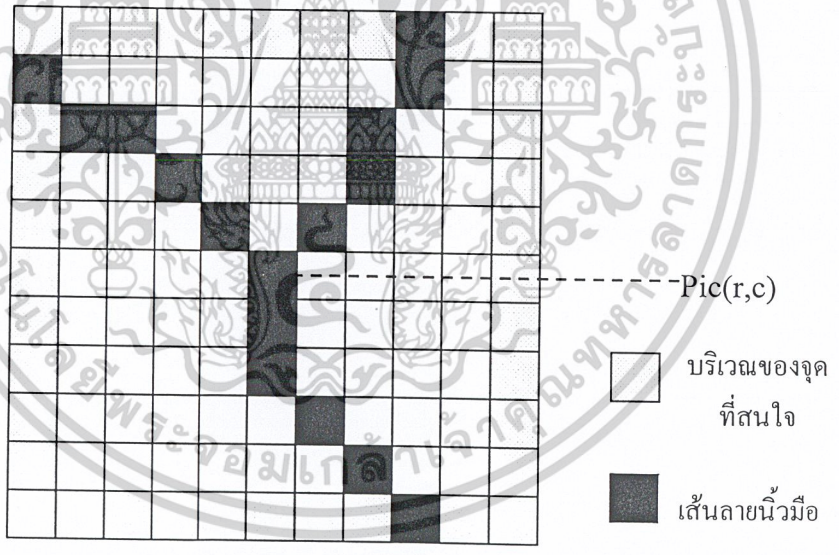
รูปที่ 2.28 ความละเอียดของมุมที่สามารถเก็บได้จากเมตริกซ์ขนาด 11x11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

135	120	105	90	75	60	45
150						30
165						15
180						0
195						345
210						330
225	240	255	270	285	300	315

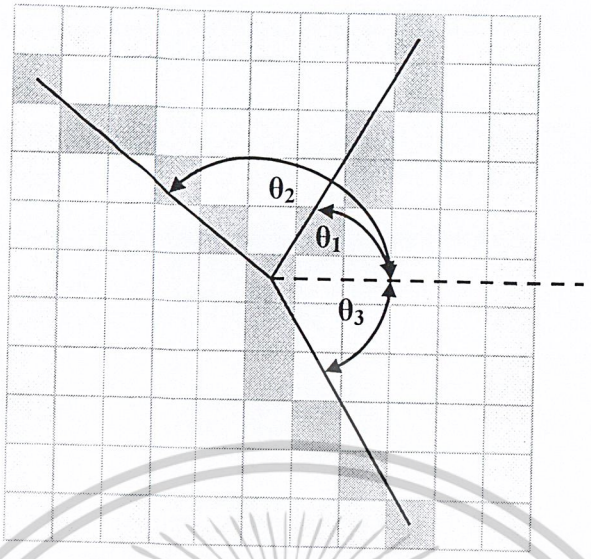
รูปที่ 2.29 ความละเอียดของมุมที่สามารถเก็บได้จากเมตริกซ์ขนาด 7x7

โดยจะยกตัวอย่างการพิจารณาขอบของเมตริกซ์ขนาด 11x11 เพื่อใช้ในการคำนวณหาทิศทางของปลายเส้น หรือรอยแยก ดังรูป



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างเมตริกซ์ขนาด 11x11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 การหามุมจากจุดบริเวณขอบของเมตริกซ์ขนาด 11x11 ที่นำมาพิจารณา

จะเห็นว่ากรณีของปลายเส้นจะได้ค่ามุมออกมามุมเดียว สามารถนำไปจัดเก็บได้เลย แต่กรณีที่เป็นรอยแยกจะได้ค่ามุมออกมาทั้งหมด 3 มุม ซึ่งต้องนำมาพิจารณาเพื่อหามุมที่จะใช้จัดเก็บ ในขั้นตอนต่อไป

2.10.2 ตรวจสอบมุมทั้ง 3 มุมเพื่อเลือกมุมที่จะใช้กำหนดทิศทาง (กรณีของรอยแยก)

การเลือกมุมที่จะใช้กำหนดทิศทางของรอยแยกนั้น ทำได้โดยการเลือกมุมของเส้นที่ตรงกันข้ามกับด้านผลต่างของมุมที่น้อยที่สุด ตัวอย่างจากรูปที่ 2.31 จะสังเกตได้ว่า รอยแยกนั้นจะมีมุมของเส้นทั้งหมด 3 มุมด้วยกัน คือ θ_1, θ_2 และ θ_3 จะเห็นว่า $\theta_2 - \theta_1 < \theta_3 - \theta_2 < \theta_3 - \theta_1$ ดังนั้นจะเลือกเก็บมุม θ_3

2.11 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

หลังจากกระบวนการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ แล้วทำการเปรียบเทียบลักษณะเด่นที่ได้กับลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่มีอยู่ในฐานข้อมูลโดยมีหลักในการเปรียบเทียบดังนี้

2.11.1 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของลักษณะเด่น สามารถทำได้โดยการพิจารณาระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของลักษณะเด่นนั้น โดยจะทำการจับคู่ของลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูลกับภาพลายนิ้วมือที่จะทำการตรวจสอบที่มีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางใกล้เคียงกัน จากนั้นจึงพิจารณาผลต่างมุมของคู่ลักษณะเด่นนั้น ๆ เพื่อทำการหาค่าผลต่างของมุมที่ซ้ำกันมากที่สุด โดยจะถือว่าผลต่างมุมที่ซ้ำกันมากที่สุด เป็นมุมที่คลาดเคลื่อนของภาพลายนิ้วมือที่จะตรวจสอบ กับภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 การหมุนจุดภาพ

หลังจากทำการพิจารณามุมที่คลาดเคลื่อนของภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูลกับ ภาพลายนิ้วมือที่จะทำการตรวจสอบแล้ว จะนำมุมที่คลาดเคลื่อนนั้นไปทำการหมุนตำแหน่งของลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูลโดยใช้หลักการของการหมุนจุดรอบแกน Z

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.22}$$

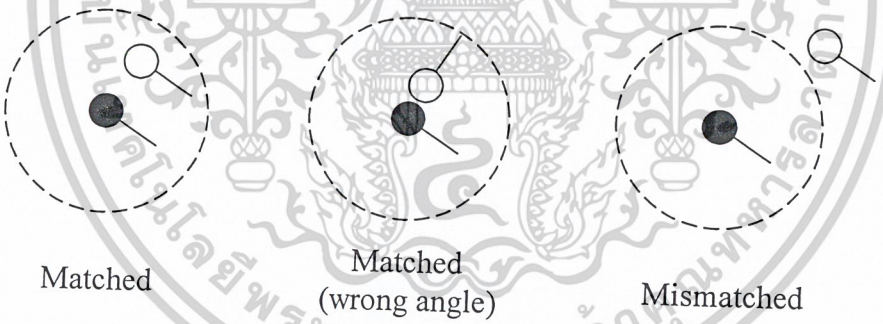
โดยที่ θ คือ มุมที่จะทำการหมุนจุดภาพ

x, y คือ พิกัดก่อนทำการหมุน

x', y' คือ พิกัดหลังทำการหมุน

2.11.3 การจับคู่ของลักษณะเด่น

หลังจากกระบวนการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนแล้วจะทำการจับคู่ของลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่จะทำการตรวจสอบ กับลักษณะเด่นของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล โดยคู่ของลักษณะเด่นนั้นจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของความผิดพลาดของระยะทางสูงสุดที่กำหนดไว้



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างการจับคู่ลักษณะเด่น

โดยที่ค่าความผิดพลาดทางระยะทางสูงสุดจะถูกกำหนดขึ้นจากค่าความกว้างของสันของลายนิ้วมือ และ ระยะห่างระหว่างเส้นลายนิ้วมือเฉลี่ย โดยเมื่อได้จำนวนของคู่ลักษณะเด่นที่ผ่านกระบวนการจับคู่เรียบร้อยแล้ว จะนำไปคิดค่าความถูกต้อง จากสมการที่ 2.15

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนคู่ของลักษณะเด่นที่ผ่านการจับคู่}}{\text{จำนวนลักษณะเด่นของลายนิ้วมือต้นแบบในฐานข้อมูล}} \tag{2.23}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

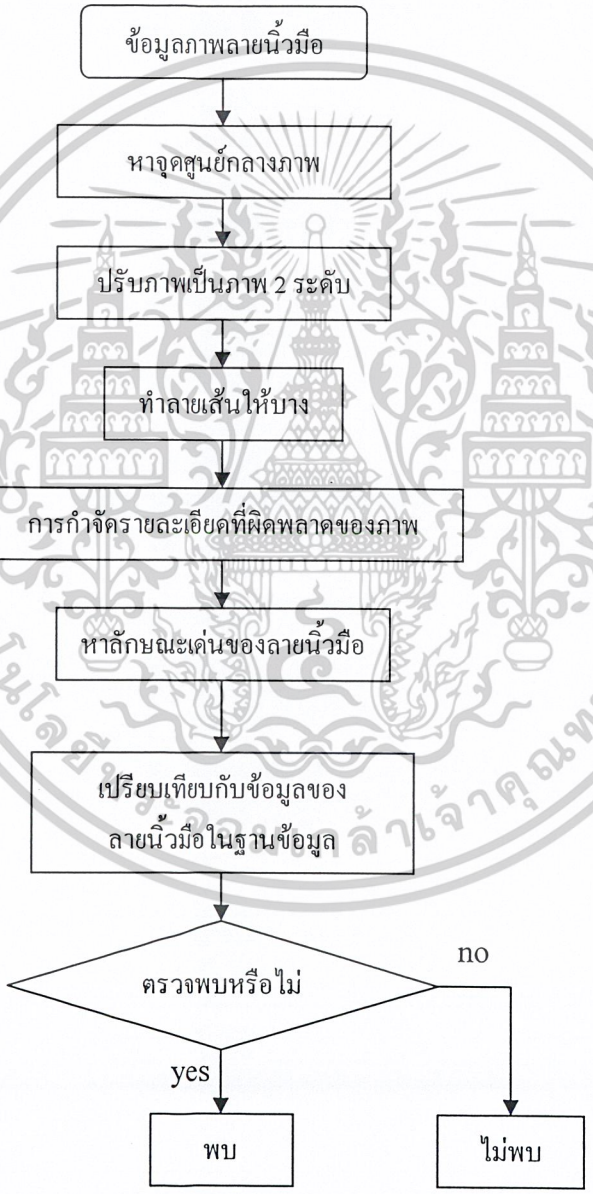
หากว่าได้ค่าความถูกต้องสูงสุดที่ได้มาจากการเปรียบเทียบกับทุกภาพในฐานข้อมูลแล้ว จะนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความถูกต้องที่ตั้งไว้ หากมากกว่าจะถือว่าผ่านการจับคู่กับภาพนั้น แต่หากน้อยกว่าจะถือว่าไม่พบข้อมูลของลายนิ้วมือนั้นในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ในการจำแนกลายนิ้วมือจะประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ คือ การหาจุดศูนย์กลางภาพ, การปรับภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพ 2 ระดับ, การทำลายเส้นให้บาง, การกำจัดข้อผิดพลาดในภาพต่าง ๆ เช่น จุด , เส้นกิ่ง, เส้นสะพาน, เส้นขั้นบันได และ ต่อเส้นที่ขาดเพื่อให้ได้ภาพลายนิ้วมือที่สมบูรณ์ จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการหาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือ คือ ปลายเส้น และรอยแยก จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบว่ามีข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่



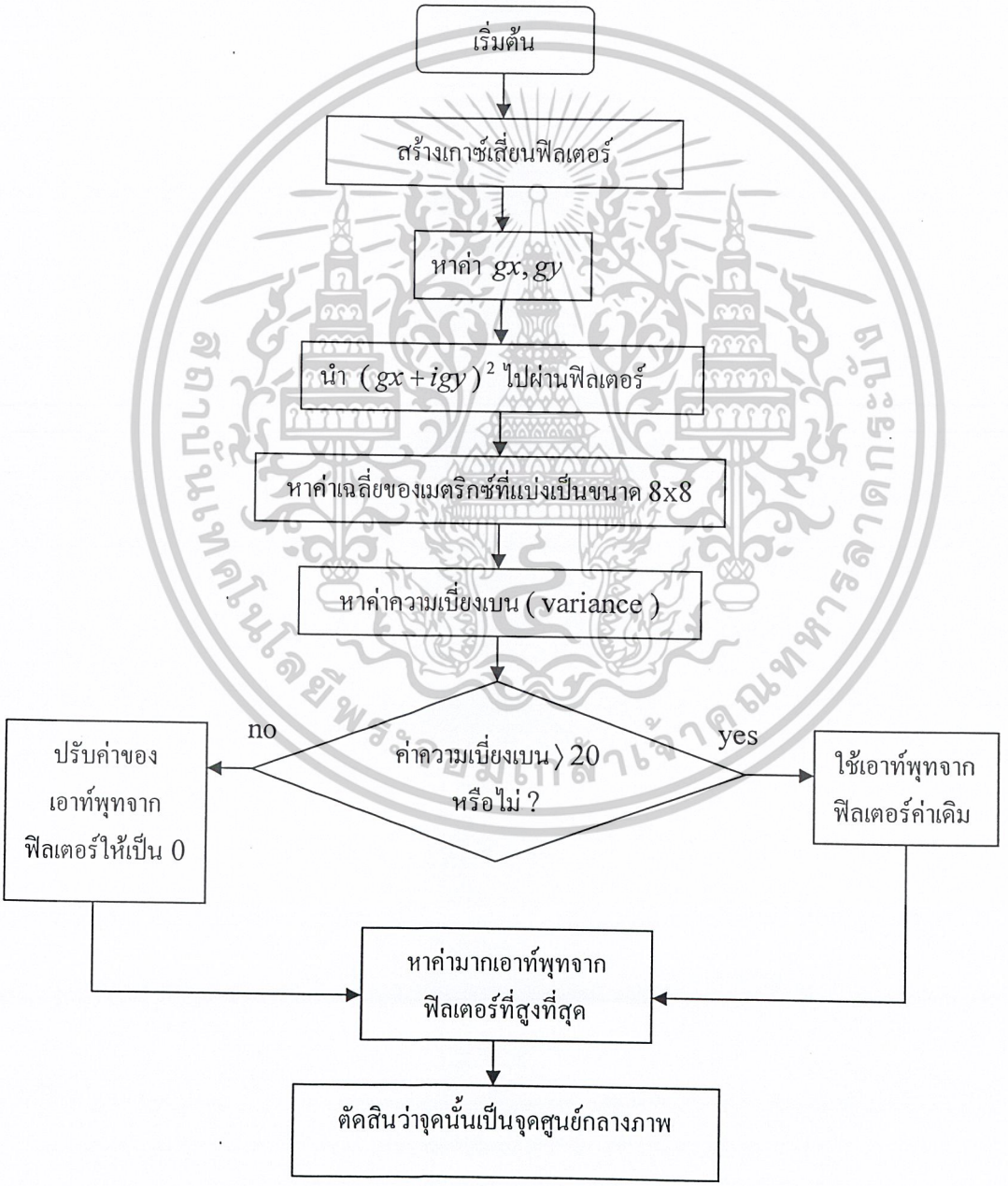
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมการจดจำลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การหาจุดศูนย์กลางภาพ

การหาจุดศูนย์กลางภาพสามารถทำได้โดยการใช้ เกาซ์เสี่ยนฟิลเตอร์ (Gaussian Filter) เนื่องจากเป็นฟิลเตอร์ที่ช่วยทำให้ภาพเรียบขึ้น แต่ไม่ได้นำภาพไปผ่านเกาซ์เสี่ยนฟิลเตอร์โดยตรง แต่จะนำค่า ทิศทางของกลุ่มของจุดภาพ (Orientaion tensor field) ซึ่งอยู่ในรูปของเดริเวทีฟ ในแนวแกน X และ Y

หลังจากผ่านฟิลเตอร์แล้ว จะนำภาพมาแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ส่วนละ 8x8 จุดภาพ เพื่อพิจารณาหาค่าเฉลี่ย และ ค่าความเบี่ยงเบนเพื่อนำไปตัดสินว่าบริเวณใดที่มีจุดศูนย์กลางภาพอยู่ จากนั้นจะกลับไปพิจารณาภาพหลังจากที่ผ่านฟิลเตอร์แล้วในบริเวณดังกล่าว โดยจะตัดสินว่าจุดภาพที่มีค่ามากที่สุดเป็นจุดศูนย์กลางภาพ

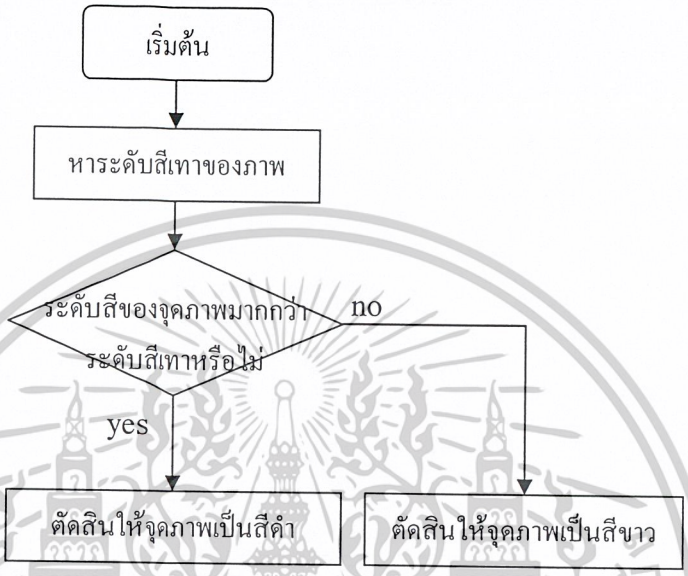


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การปรับภาพให้เป็นภาพ 2 ระดับ

ทำได้โดยการหาระดับสีเทาของภาพ จากนั้นนำไปเป็นค่าที่ใช้ เปรียบเทียบ โดยที่ถ้าระดับสีของจุดภาพใด ๆ มีค่ามากกว่าระดับสีเทาจะถือว่าเป็นสีดำ และ ระดับสีของจุดภาพใด ๆ มีค่าน้อยกว่าระดับสีเทาจะถือว่าเป็นสีขาว



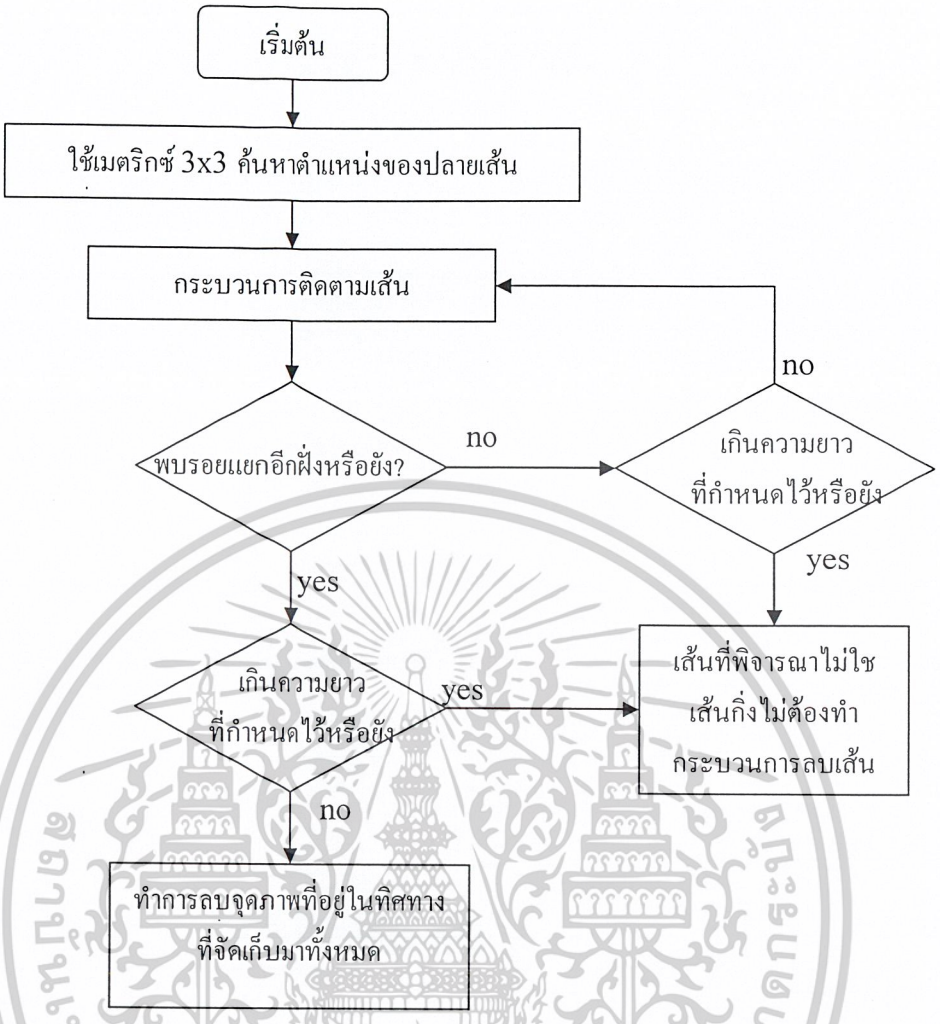
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมปรับภาพเป็น 2 ระดับ

3.4 การกำจัดรายละเอียดที่ผิดพลาดของภาพ

3.4.1 การกำจัดเส้นกิ่ง

กระบวนการการกำจัดเส้นกิ่งนั้นจะใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 ในการค้นหาตำแหน่งของปลายเส้นตามรูปแบบของปลายเส้นดังรูปที่ 2.22 จากนั้นจะใช้กระบวนการติดตามลายเส้นไปจนกระทั่งพบรอยแยก โดยจะเก็บตำแหน่งของจุดที่เป็นองค์ประกอบของเส้นไว้เช่นกัน เมื่อพบรอยแยกแล้วจะนำความยาวของเส้นกิ่งที่ได้มาเปรียบเทียบว่าน้อยกว่าความยาวสูงสุดที่กำหนดไว้หรือไม่ หากยังไม่เกินความยาวสูงสุดที่กำหนดไว้ จะทำการลบเส้นกิ่งนั้น

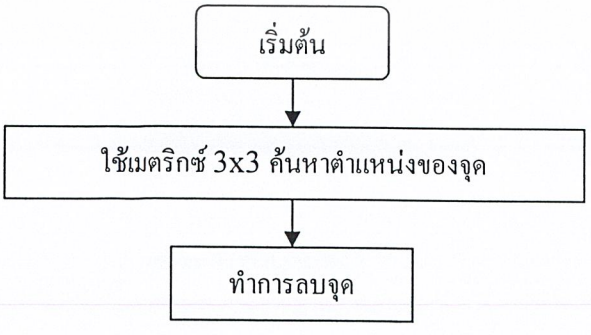
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม กำจัดเส้นกิ่ง

3.4.2 การกำจัดจุด

กระบวนการการกำจัดจุดนั้นจะใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 ในการค้นหาตำแหน่งของจุดตามรูปแบบของปลายเส้นดังรูปที่ 2.24 จากนั้นจะจะทำการลบจุดๆนั้น



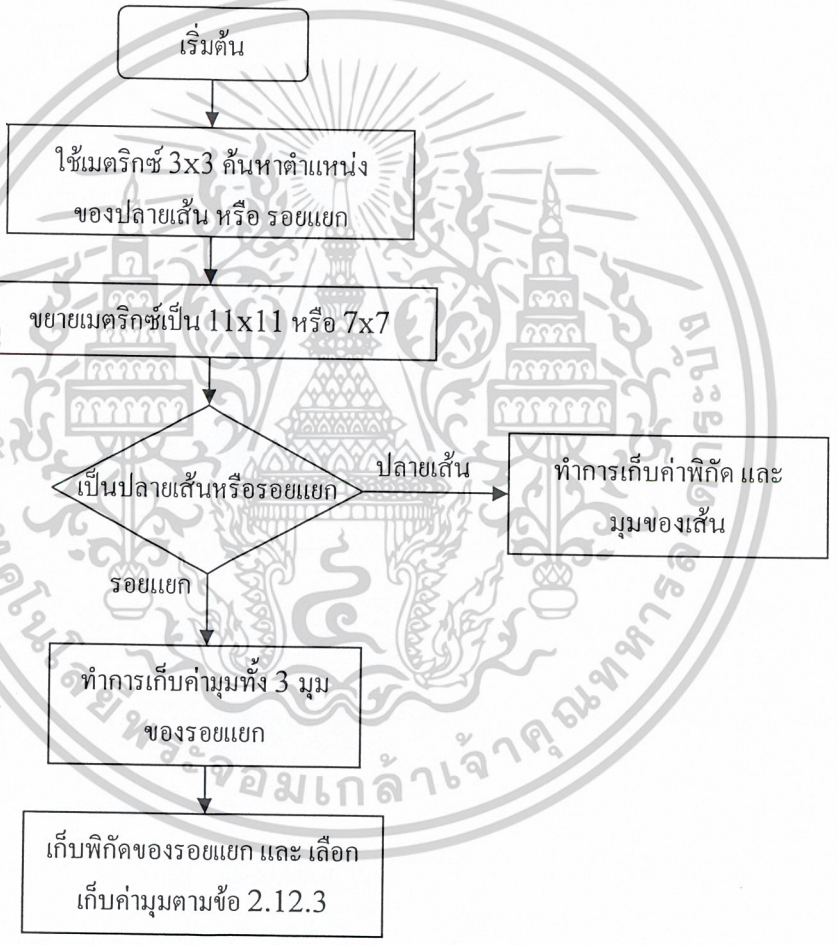
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม กำจัดจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

3.5.1 การเก็บตำแหน่ง และ ทิศทางของลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

จะทำการตรวจสอบตำแหน่งที่ควรจะเกิดปลายเส้น และ รอยแยก โดยใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 เช่นเดียวกับกระบวนการกำจัดเส้นสะพาน และกำจัดเส้นกิ่ง เมื่อพบตำแหน่งของปลายเส้นหรือ รอยแยก จะทำการสร้างเมตริกซ์ขนาด 7x7 ที่มีศูนย์กลางอยู่ที่จุดปลายของปลายเส้น หรือ ศูนย์กลางของรอยแยกนั้น และทำการตรวจสอบบริเวณขอบของเมตริกซ์ขนาด 7x7 นั้น เพื่อให้ทราบถึงทิศทาง(มุม) ของลักษณะเด่น



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมหา ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะเด่นของภาพกับข้อมูลในฐานข้อมูล

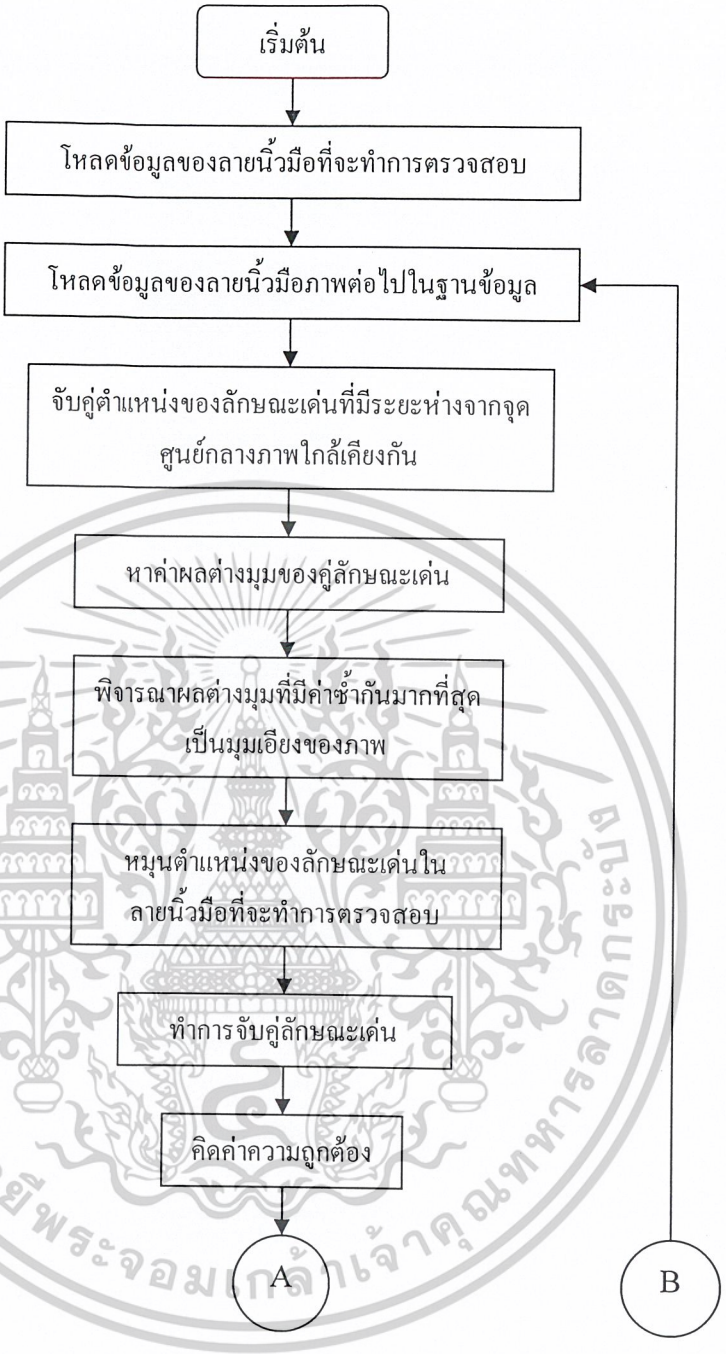
ลักษณะของข้อมูลที่เก็บได้จากภาพโดยกระบวนการที่ 3.5.1 จะมีรูปแบบดังนี้

แถว(r)	หลัก(c)	มุม(ทิศทาง)	ชนิดของลักษณะเด่น	ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง

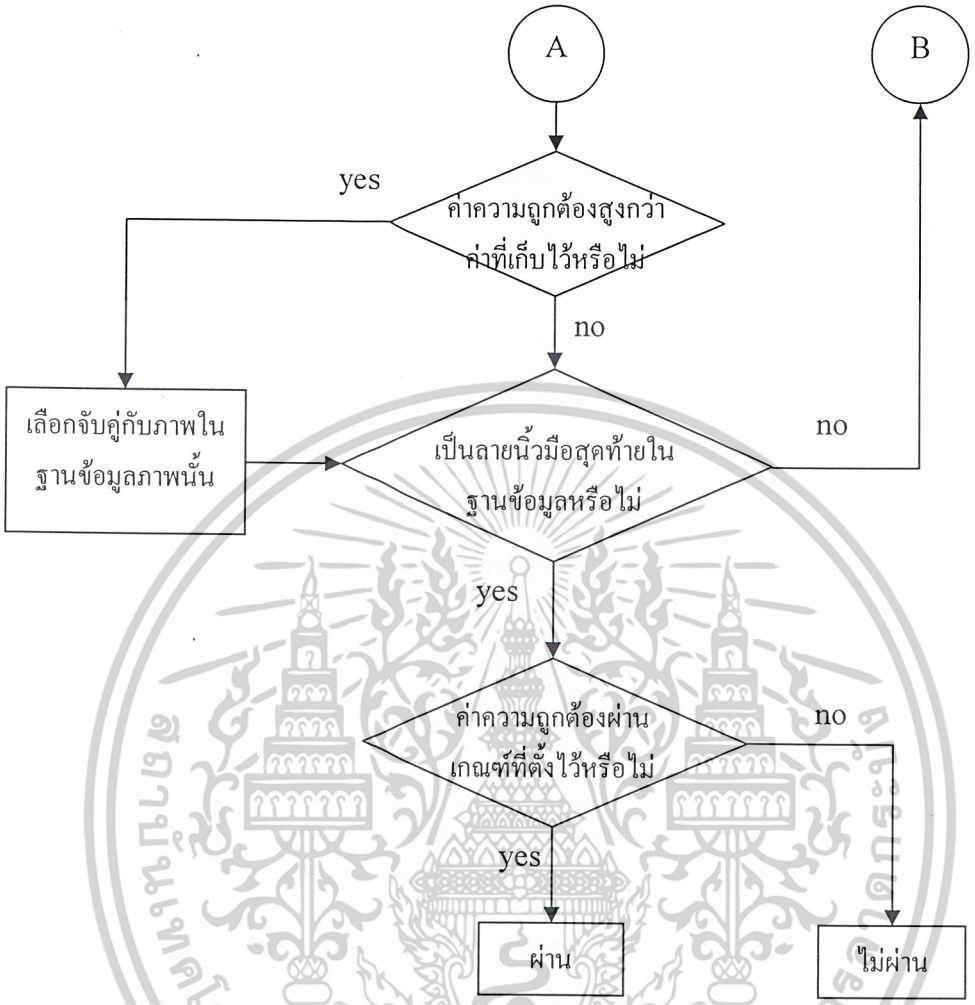
รูปที่ 3.7 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลของลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือ

โดยที่จะจัดเก็บตำแหน่งของแถว และ หลักของจุดศูนย์กลางของเมตริกซ์ขนาด 7x7 ที่ผ่านการพิจารณาแล้วว่าเป็นปลายเส้น หรือ รอยแยก ตามด้วยทิศทางของลักษณะเด่นนั้น ๆ และชนิดของลักษณะเด่น โดยในที่นี้จะให้ค่า “1” แทนปลายเส้น และ “2” แทนรอยแยก จากนั้นจะนำไปเปรียบเทียบกับชุดของข้อมูลของลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่ในฐานข้อมูล เพื่อทำการค้นหาภาพที่มีคุณสมบัติตรงกัน โดยที่กระบวนการเปรียบเทียบจะมีหลักการทำงานคือ จะนำข้อมูลของภาพลายนิ้วมืออินพุต เช่น ตำแหน่งของลักษณะเด่น และ มุม มาเปรียบเทียบกับข้อมูลของภาพภายในฐานข้อมูลโดยที่จะทำการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ เช่น ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง, มุม และ ชนิดของลักษณะเด่น ของทุกจุดภาพแล้วทำการตัดสินว่าเป็นภาพเดียวกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการทำงานการทำงานของกระบวนการเปรียบเทียบลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่จะตรวจสอบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

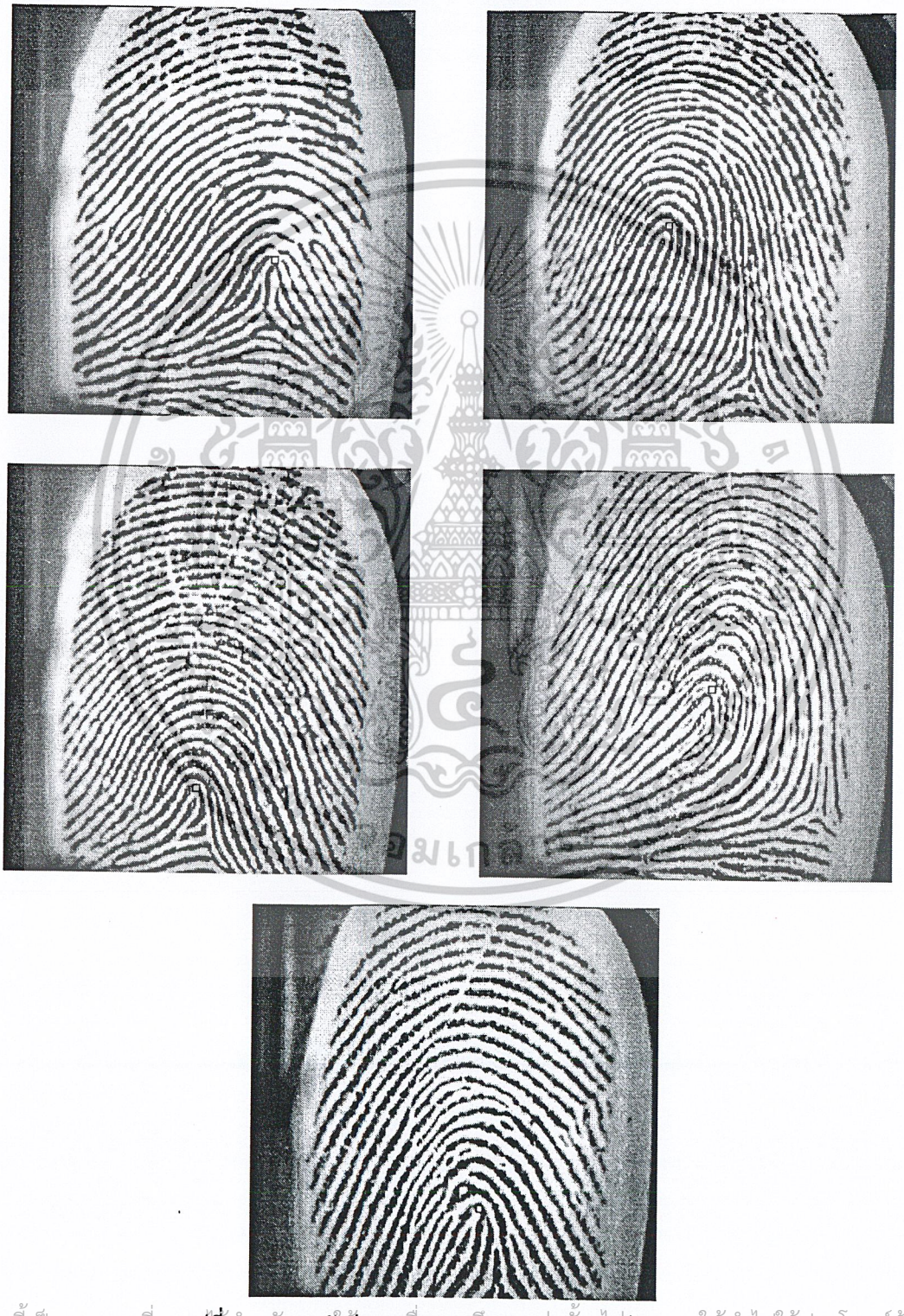
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

4.1 การหาจุดศูนย์กลางภาพ

ผลจากการนำภาพลายนิ้วมือไปผ่านกระบวนการการหาจุดศูนย์กลางภาพ โดยจะใช้เครื่องหมายสี่เหลี่ยมแสดงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางภาพ

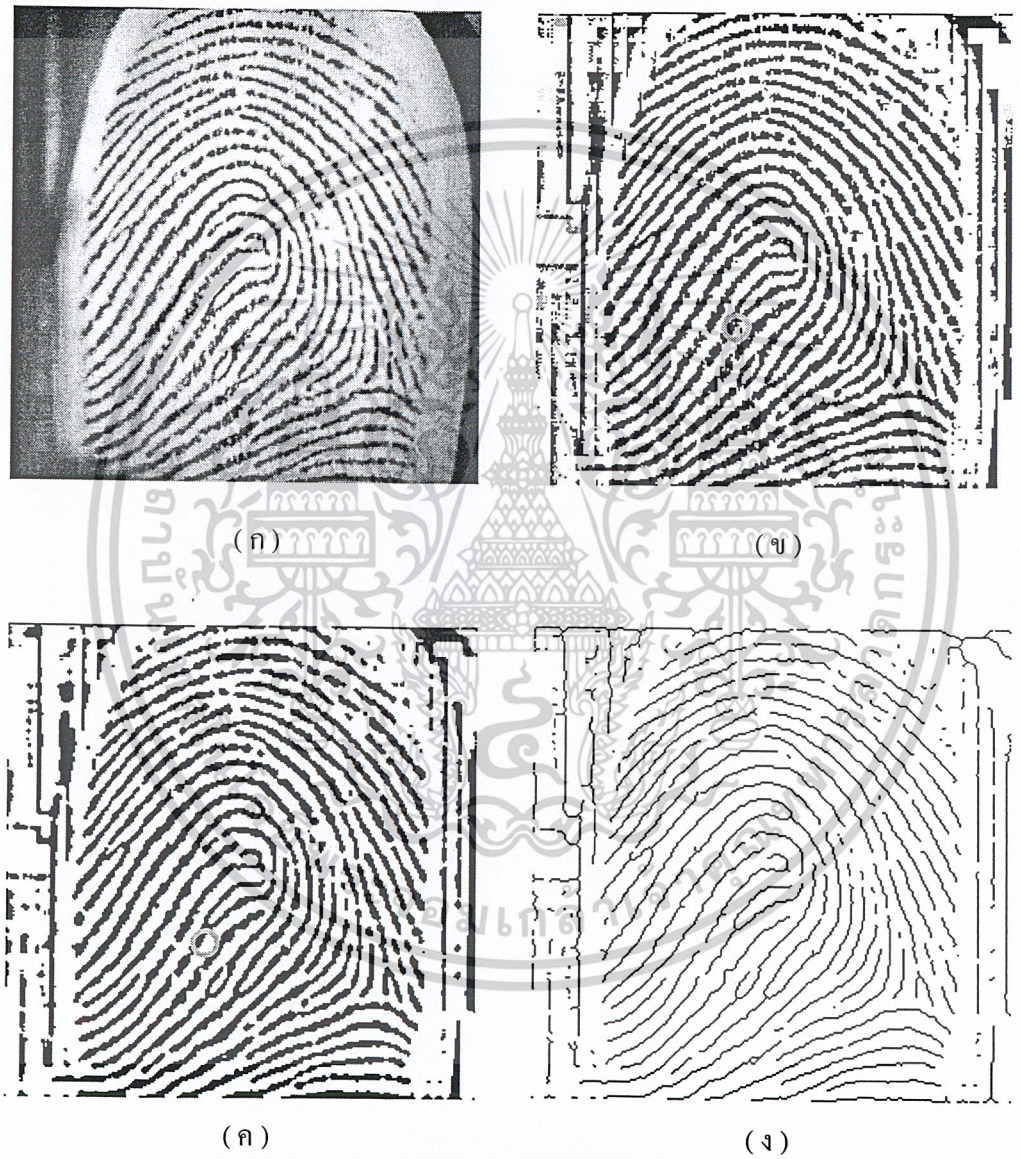


รูปที่ 4.1 ภาพหลังผ่านกระบวนการการหาจุดศูนย์กลางภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การปรับปรุงภาพ

ผลจากการนำภาพลายนิ้วมือไปผ่านกระบวนการการปรับปรุงภาพ ซึ่งจะเห็นว่าภาพ ที่นำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพแล้วจะมีระดับค่าความเข้มของสีในบริเวณที่เป็นเส้นลายนิ้วมือ สูงขึ้น ในขณะที่บริเวณที่เป็นเส้นร่องจะมีค่าความเข้มลดลงทำให้สามารถมองเห็นเส้นลายนิ้วมือได้ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่อาจเกิดจุดที่จะทำให้เกิดเส้นวงกลมหลังจากผ่านกระบวนการทำลายเส้นให้บางซึ่งเราไม่ต้องการขึ้นด้วย ดังภาพที่ 4.2 (ข) ซึ่งเมื่อนำไปผ่านกระบวนการกำจัดจุดแล้วจะทำให้ภาพที่ได้มีความสมบูรณ์มากขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดงภาพภายในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพลายนิ้วมือ

(ก) ภาพก่อนกระบวนการการปรับปรุงภาพ

(ข) ภาพหลังกระบวนการการปรับปรุงภาพ

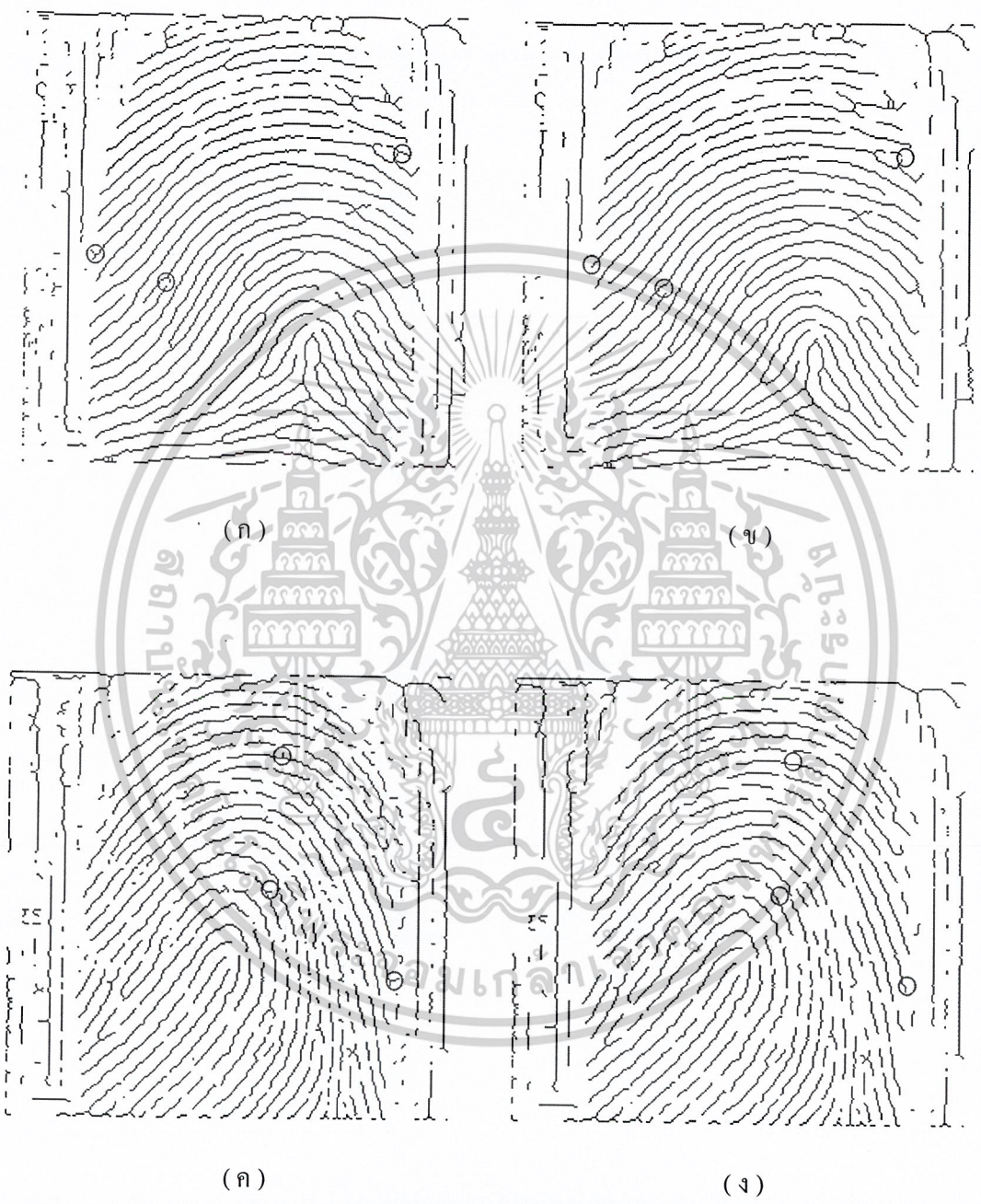
(ค) ภาพหลังกระบวนการกำจัดจุด

(ง) ภาพหลังกระบวนการทำลายเส้นให้บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การกำจัดเส้นกิ่ง

ผลจากการนำภาพลายนิ้วมือไปผ่านกระบวนการการกำจัดเส้นกิ่ง



(ก) (ข)

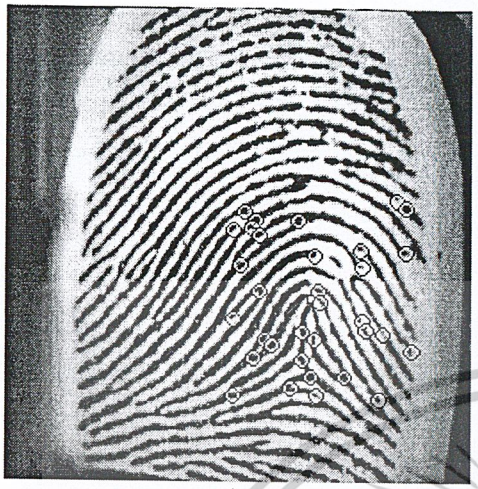
(ค) (ง)

รูปที่ 4.3 (ก) , (ค) ภาพลายนิ้วมือก่อนกระบวนการกำจัดเส้นกิ่ง
(ข) , (ง) ภาพลายนิ้วมือหลังกระบวนการกำจัดเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือ

ผลจากการนำภาพลายนิ้วมือไปผ่านกระบวนการการหาลักษณะเด่น



(ก)

R	C	ANG	TYPE	Distance
7	107	135	1	70.937
11	112	315	1	71.421
13	24	210	2	60.605
18	30	30	2	53.009
18	53	15	2	43.738
22	28	60	2	51.088
23	18	225	1	57.385
26	32	15	2	45.453
34	87	345	1	37.483
35	112	150	1	57.245
37	62	180	1	24.021
42	22	240	2	43.382
43	88	150	1	32.45
56	32	45	2	29.428
56	64	0	1	5.831
62	65	330	1	4.1231
71	18	60	1	44.147
72	88	135	1	29.155
77	90	285	1	33.121
78	55	75	2	18.028
79	99	105	1	42.048
82	35	75	2	33.422
82	62	270	1	21.024
85	39	45	2	32.558
88	115	105	1	60.374
92	29	225	2	44.553
93	55	90	2	32.558
102	60	345	2	41.012
102	78	315	2	44.385
108	49	210	2	48.508
112	18	210	2	66.708
112	63	165	1	51.039
114	97	135	1	64.07

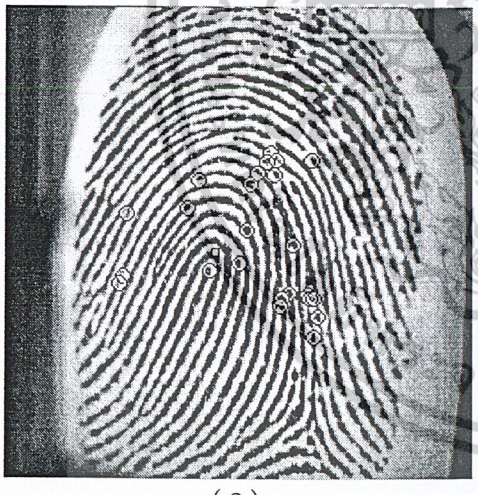
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข)

R	C	ANG	TYPE	Distance
7	107	324	2	70.937
11	112	315	2	71.421
13	24	198	2	60.605
37	62	180	1	24.021
42	22	234	2	43.382
43	88	135	2	32.45
56	32	45	2	29.428
56	64	351	1	5.831
77	90	288	2	33.121
79	99	108	2	42.048
92	29	216	2	44.553
93	55	90	2	32.558
102	60	342	2	41.012
102	78	306	2	44.385
108	49	198	2	48.508
112	63	45	2	51.039

รูปที่ 4.4 (ก) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 7*7

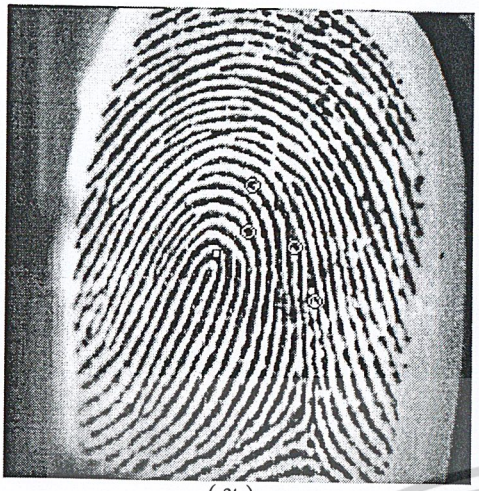
(ข) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 11*11



(ก)

R	C	ANG	TYPE	Distance
6	90	150	1	62.177
10	93	330	1	60.208
10	112	315	1	72.125
11	88	165	1	56.824
17	83	330	2	49.193
18	92	315	1	53.009
21	51	30	1	41.231
23	79	315	2	42.048
36	45	15	2	29.682
39	12	60	2	53.712
48	77	300	2	20.616
56	102	105	2	41.304
66	73	270	1	13
70	57	255	1	9.8489
73	10	60	1	52.393
77	8	255	1	55.362
82	100	75	2	44.294
83	110	330	2	53.712
85	96	255	2	42.438
85	111	210	1	55.462
85	113	60	2	57.271
89	95	90	2	44.045
95	115	75	2	63.812
106	113	270	1	68.768

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

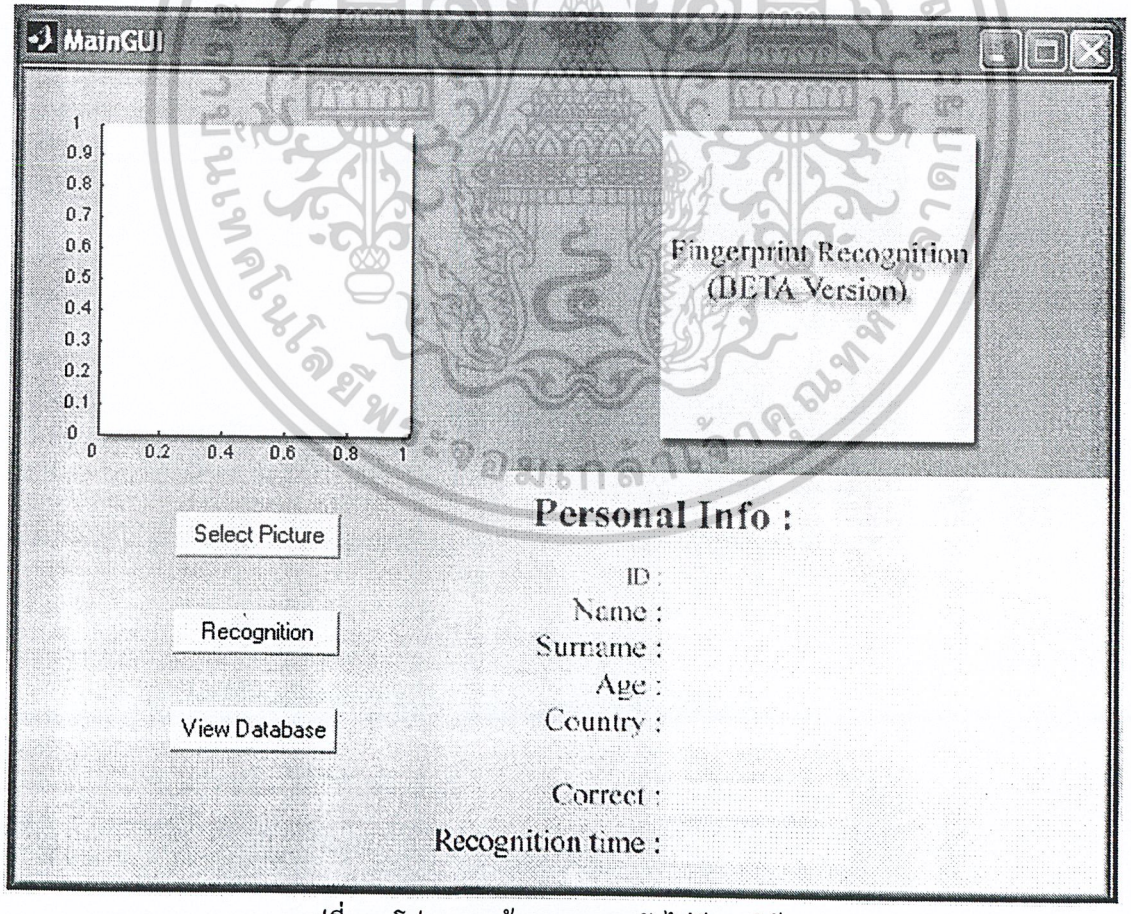


R	C	ANG	TYPE	Distance
23	79	315	2	42.048
48	77	297	2	20.616
56	102	99	2	41.304
85	113	72	2	57.271

(ข)

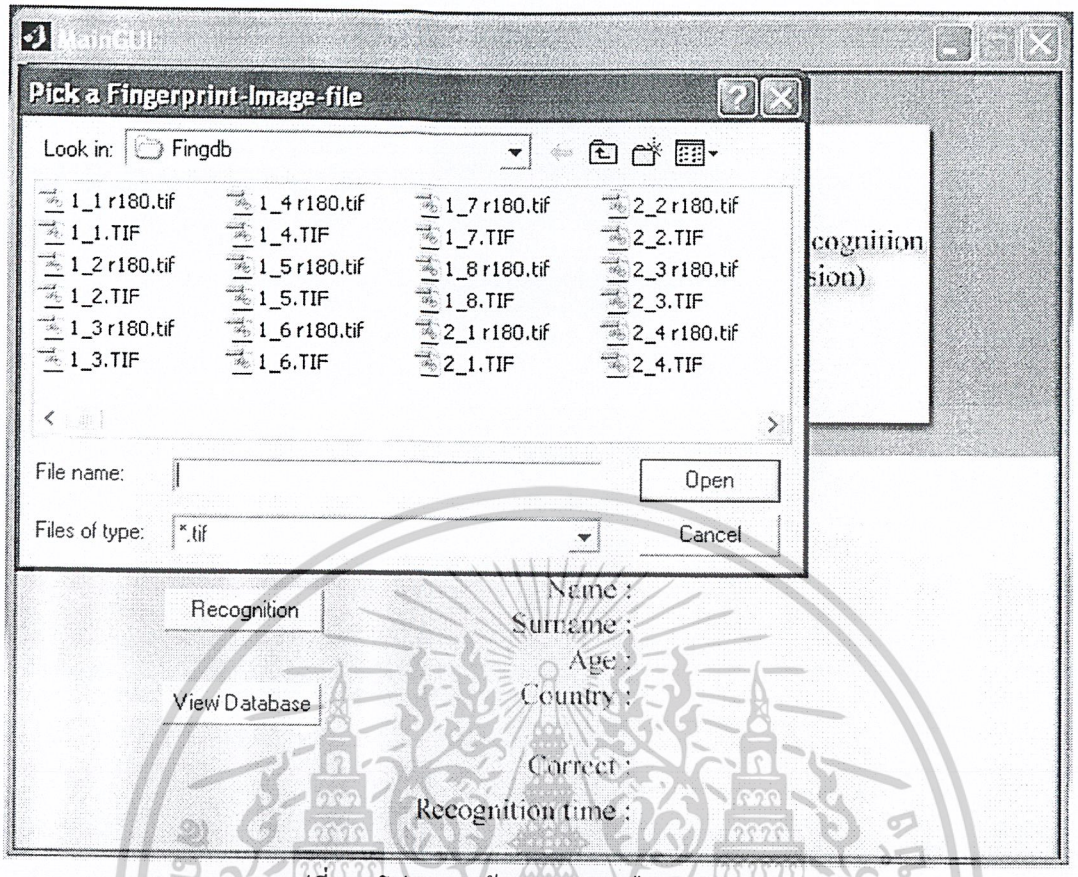
รูปที่ 4.5 (ก) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 7*7
(ข) การหาลักษณะเด่นในภาพลายนิ้วมือโดยใช้เมตริกซ์ขนาด 11*11

4.5 โปรแกรมต้นแบบ

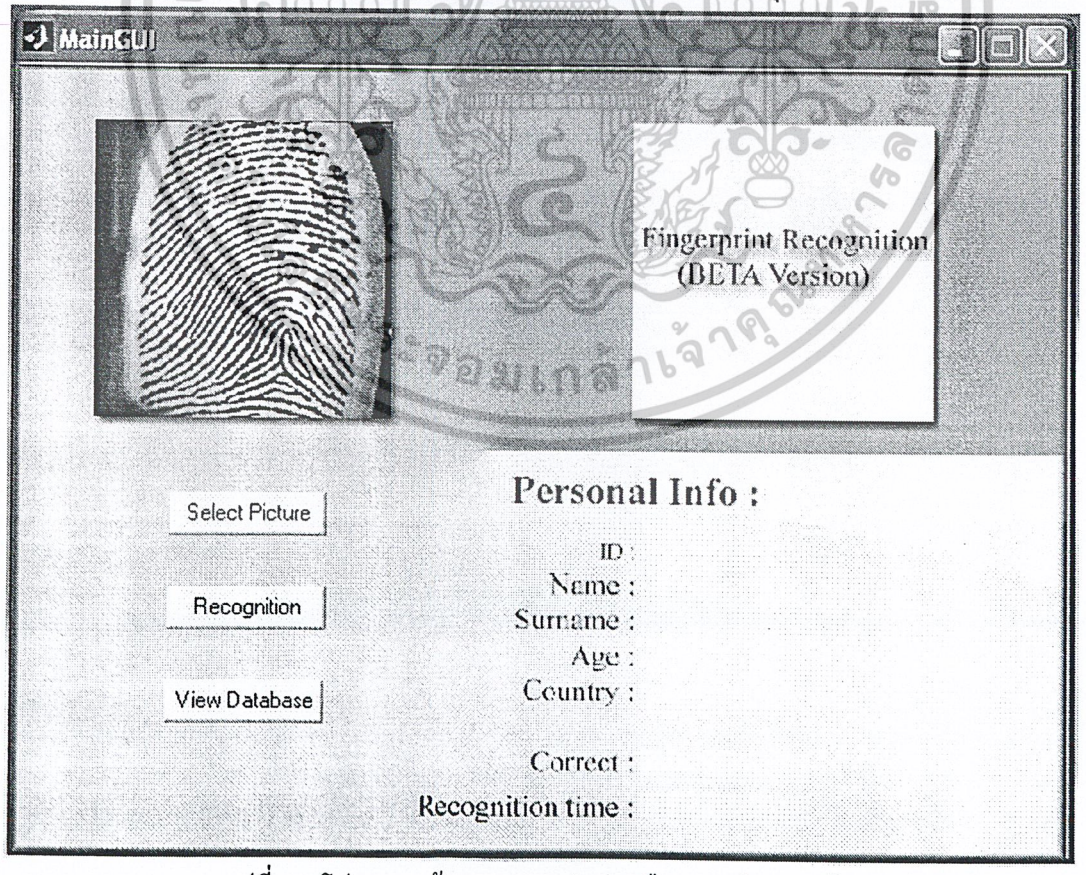


รูปที่ 4.6 โปรแกรมต้นแบบขณะยังไม่มีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

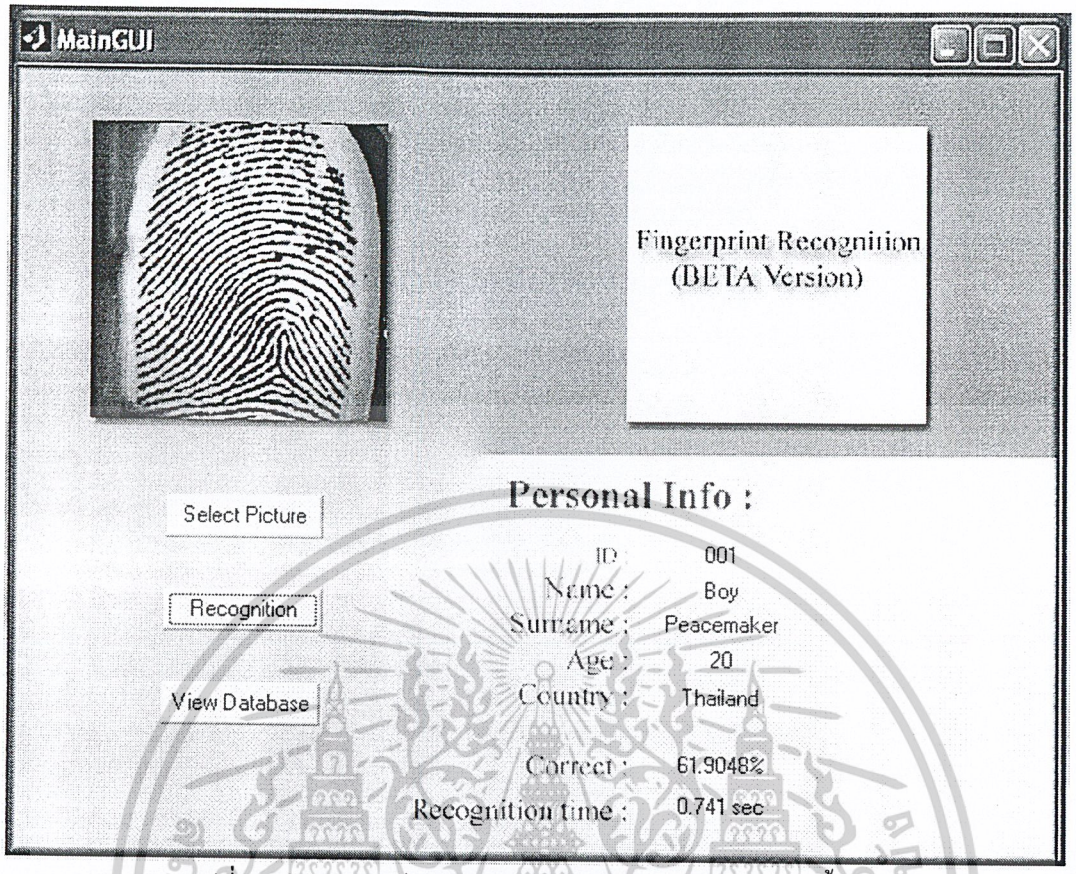


รูปที่ 4.7 โปรแกรมต้นแบบขณะเลือกภาพอินพุต

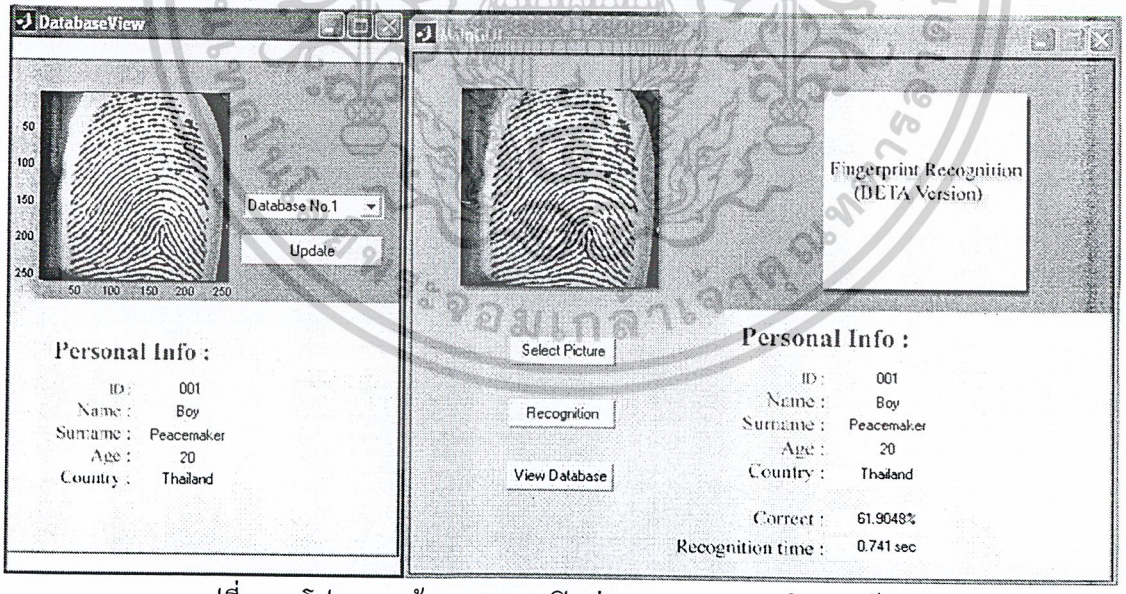


รูปที่ 4.8 โปรแกรมต้นแบบขณะทำการเลือกภาพอินพุตแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

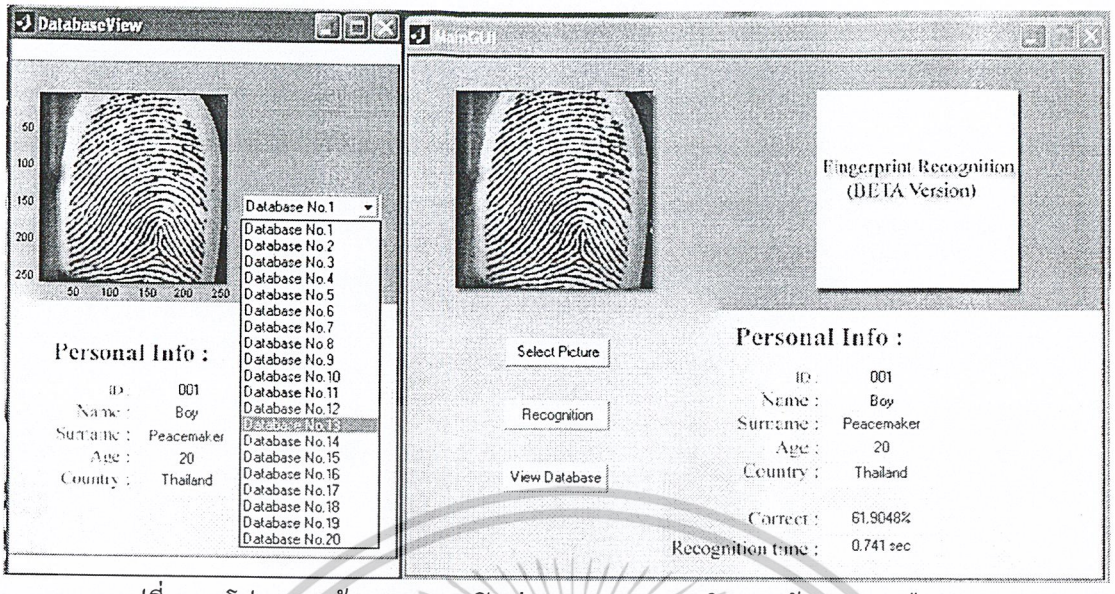


รูปที่ 4.9 โปรแกรมต้นแบบขณะทำการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือ



รูปที่ 4.10 โปรแกรมต้นแบบขณะเปิดส่วนการแสดงภาพในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 โปรแกรมต้นแบบขณะเปิดส่วนการแสดงภาพในฐานข้อมูลและเลือกภาพ

4.6 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือ

4.6.1 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมปกติ

รูปที่ใช้	รูปที่จับคู่ได้	ค่าความถูกต้อง (%)	รูปที่ควรจะเป็น
1_1	1	66	1
1_2	1	76	1
1_3	1	67	1
1_4	1	48	1
1_5	1	100	1
1_6	1	66	1
1_7	1	90	1
1_8	1	57	1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างผลการทดลองการจับคู่ภาพชุดที่ 1

รูปชุดที่ 1 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%

รูปชุดที่ 2 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%

รูปชุดที่ 3 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%

รูปชุดที่ 4 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%

รูปชุดที่ 5 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปชุดที่ 6 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 7 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 8 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 9 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 10 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 11 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 12 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 13 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%
รูปชุดที่ 14 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 15 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 16 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 17 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%
รูปชุดที่ 18 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 19 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 20 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%

4.6.2 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมเอียง 180°

รูปชุดที่ 1 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 2 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 3 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 4 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 5 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%
รูปชุดที่ 6 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 7 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 8 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%
รูปชุดที่ 9 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%
รูปชุดที่ 10 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 11 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 12 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 13 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%
รูปชุดที่ 14 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%
รูปชุดที่ 15 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%
รูปชุดที่ 16 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 17 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปชุดที่ 18 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 19 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%
รูปชุดที่ 20 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%

จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องของการจับคู่ที่ผิดพลาดนั้นจะมีค่าโดยรวมไม่เกิน 30% ดังนั้นหากตั้งค่าวามผิดพลาดต่ำสุดไว้ที่ 30% จะได้จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องเป็นดังนี้

4.6.3 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมปกติหลังจากคิดค่าความถูกต้องแล้ว

รูปชุดที่ 1 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 2 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 3 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 4 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 5 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%
รูปชุดที่ 6 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%
รูปชุดที่ 7 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 8 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 9 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%
รูปชุดที่ 10 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 11 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 12 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%
รูปชุดที่ 13 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%
รูปชุดที่ 14 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 15 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 16 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%
รูปชุดที่ 17 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%
รูปชุดที่ 18 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%
รูปชุดที่ 19 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%
รูปชุดที่ 20 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.4 ผลการทดลองการตรวจสอบลายนิ้วมือที่มีค่ามุมเอียง 180° หลังจากคิดค่าความถูกต้องแล้ว

รูปชุดที่ 1 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%

รูปชุดที่ 2 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%

รูปชุดที่ 3 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%

รูปชุดที่ 4 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 87.5%

รูปชุดที่ 5 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%

รูปชุดที่ 6 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 50%

รูปชุดที่ 7 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%

รูปชุดที่ 8 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%

รูปชุดที่ 9 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%

รูปชุดที่ 10 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 62.5%

รูปชุดที่ 11 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%

รูปชุดที่ 12 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 100%

รูปชุดที่ 13 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%

รูปชุดที่ 14 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 25%

รูปชุดที่ 15 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 37.5%

รูปชุดที่ 16 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%

รูปชุดที่ 17 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 0%

รูปชุดที่ 18 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 75%

รูปชุดที่ 19 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%

รูปชุดที่ 20 : จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องคิดเป็น 12.5%

จะเห็นว่าเมื่อทำการคิดค่าความถูกต้องแล้วชุดของลายนิ้วมือในมุมปกติจะมีจำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องเฉลี่ย 63.125% และที่มุมเอียง 180° จะได้จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องเฉลี่ย 46.25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์ และ บทสรุป

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า โปรแกรมต้นแบบที่ใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นไม่ได้ให้ค่าความถูกต้องออกมาเป็น 100% เนื่องจากชุดภาพที่ใช้ในการทดลองในแต่ละชุดเป็นภาพที่มาจากลายนิ้วมือเดียวกัน แต่ทำการสแกนหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้เหมือนกับการใช้งานจริง จึงเกิดข้อผิดพลาดบางประการขึ้นกับโปรแกรม เช่น ไม่สามารถหาจุดศูนย์กลางภาพบางภาพได้, ภาพที่มีมุมเอียงมีค่าความถูกต้องในการจับคู่น้อยกว่าในมุมปกติ, เวลาในการจับคู่ภาพแต่ละภาพค่อนข้างสูง แต่โดยรวมแล้วสามารถทำการเปรียบเทียบภาพได้ค่อนข้างดีนั่นคือได้จำนวนรูปที่ทำการจับคู่ถูกต้องโดยเฉลี่ยมากกว่า 50% และสามารถจับคู่รูปที่มีมุมเอียงได้มากถึง 180 องศาได้แม้จะได้ค่าความถูกต้องไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับมุมปกติ ซึ่งหากผู้ใช้งานต้องการความเร็วในการทำงานที่สูงขึ้น จะสามารถทำได้โดยการลดกระบวนการบางส่วนลงหรือ ลดความละเอียดในการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือลง แต่ค่าความถูกต้องก็จะลดลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. L. Hong, Y. Wan, and A. Jain, Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 20, pp. 777-789, 1998
2. D. F. Rogers, Procedural Elements for Computer Graphics 2nd ed., pp. 79-88, WCB McGraw-Hill, Boston, 1998
3. คมสัน คงสมลาภ. , "การหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือและการทำ postprocessing" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2535
4. ณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์. "การตรวจสอบลายนิ้วมือ" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2543
5. ปริญญา ดิษฐจร. "ระบบฐานข้อมูลลายนิ้วมือโดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Linepat.m

```
pat1 = [1,0,1
        1,0,1
        1,0,1];

pat2 = [1,1,0
        1,0,1
        0,1,1];

pat3 = [0,1,1
        1,0,1
        1,1,0];

pat4 = [1,1,1
        0,0,0
        1,1,1];

pat5 = [1,0,1
        1,0,1
        1,1,0];

pat6 = [1,0,1
        1,0,1
        0,1,1];

pat7 = [1,1,0
        1,0,1
        1,0,1];

pat8 = [0,1,1
        1,0,1
        1,0,1];

pat9 = [0,1,1
        1,0,0
        1,1,1];

pat10 = [1,1,1
         1,0,0
         0,1,1];

pat11 = [1,1,0
         0,0,1
         1,1,1];

pat12 = [1,1,1
         0,0,1
         1,1,0];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Loadpat.m

```
juncpat1 =  [0,0,0
             1,0,1
             0,1,1];

juncpat2 =  [0,1,0
             0,0,1
             0,1,1];

juncpat3 =  [0,1,1
             0,0,0
             0,1,1];

juncpat4 =  [0,0,0
             1,0,1
             1,0,1];

juncpat5 =  [0,0,0
             1,0,1
             1,1,0];

juncpat6 =  [0,1,0
             1,0,0
             1,1,0];

juncpat7 =  [1,1,0
             0,0,0
             1,1,0];

juncpat8 =  [0,1,1
             0,0,1
             0,1,0];

juncpat9 =  [1,1,0
             1,0,0
             0,1,0];

juncpat10 = [0,1,1
             1,0,1
             0,0,0];

juncpat11 = [1,0,1
             1,0,1
             0,0,0];

juncpat12 = [1,1,0
             1,0,1
             0,0,0];

juncpat13 = [1,0,1
             0,0,0
             1,1,1];

juncpat14 = [0,1,0
             1,0,1
             0,1,1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
juncpat15 = [0,1,1
             1,0,0
             0,1,1];

juncpat16 = [1,0,1
             1,0,0
             0,1,1];

juncpat17 = [0,1,0
             1,0,1
             1,0,1];

juncpat18 = [1,1,0
             0,0,1
             1,0,1];

juncpat19 = [0,1,1
             1,0,0
             1,0,1];

juncpat20 = [1,1,1
             0,0,0
             1,0,1];

juncpat21 = [0,1,0
             1,0,1
             1,1,0];

juncpat22 = [1,0,1
             0,0,1
             1,1,0];

juncpat23 = [1,1,0
             0,0,1
             1,1,0];

juncpat24 = [0,1,1
             1,0,1
             0,1,0];

juncpat25 = [1,0,1
             1,0,1
             0,1,0];

juncpat26 = [1,1,0
             1,0,1
             0,1,0];

juncpat27 = [1,0,1
             1,0,0
             1,0,1];

juncpat28 = [1,0,1
             0,0,1
             1,0,1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Endpat.m

```
endpat1 = [1,1,1
           1,0,1
           1,0,1];

endpat2 = [1,1,1
           1,0,1
           0,1,1];

endpat3 = [1,1,1
           0,0,1
           1,1,1];

endpat4 = [0,1,1
           1,0,1
           1,1,1];

endpat5 = [1,0,1
           1,0,1
           1,1,1];

endpat6 = [1,1,0
           1,0,1
           1,1,1];

endpat7 = [1,1,1
           1,0,0
           1,1,1];

endpat8 = [1,1,1
           1,0,1
           1,1,0];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MainGUI.m

```
function varargout = MainGUI(varargin)
%MAINGUI M-file for MainGUI.fig
%  MAINGUI, by itself, creates a new MAINGUI or raises the existing
%  singleton*.
%
%  H = MAINGUI returns the handle to a new MAINGUI or the handle to
%  the existing singleton*.
%
%  MAINGUI('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%  function named CALLBACK in MAINGUI.M with the given input
arguments.
%
%  MAINGUI('Property','Value',...) creates a new MAINGUI or raises
the
%  existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs
   are
%  applied to the GUI before MainGUI_OpeningFunction gets called.  An
%  unrecognized property tag or invalid value makes property
   application
%  stop.  All inputs are passed to MainGUI_OpeningFcn via varargin.
%
%  *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only
one
%  instance to run (singleton)".
%
%See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

%Edit the above text to modify the response to help MainGUI

%Last Modified by GUIDE v2.5 10-Mar-2005 14:20:26

%Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @MainGUI_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @MainGUI_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin & isstr(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
 [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%End initialization code - DO NOT EDIT


%--- Executes just before MainGUI is made visible.
function MainGUI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
%This function has no output args, see OutputFcn.
%hObject    handle to figure
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
%handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
%varargin   command line arguments to MainGUI (see VARARGIN)

background = imread('F:\Project_Finale\BackGND2.jpg');
axes(handles.background);
axis off;
imshow(background, [0,255]);
axes(handles.pic1);

%Choose default command line output for MainGUI
handles.output = hObject;

%Update handles structure
guidata(hObject, handles);

%UIWAIT makes MainGUI wait for user response (see UIRESUME)
%uiwait(handles.figure1);


%--- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = MainGUI_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
%varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
%hObject    handle to figure
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
%handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;


%--- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
%handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%--- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)


%---Executes during object creation, after setting all properties.
function pushbutton2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
%hObject    handle to pushbutton2(see GCBO)
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
%handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
 called

%---Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
%hObject    handle to pushbutton5(see GCBO)
%eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
%handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

Browsefile.m

```
clear all;
[filename, pathname, filterindex] =
uigetfile('F:\Project_Finale\Fingdb\*.tif', 'Pick a Fingerprint-
Image-file');
pic3 = imread([pathname , filename]);
pic = image(imread([pathname , filename]));
colormap gray;
axis off;
imshow(pic3,[0,255]);
linepat
endpat                                  % load line pattern    %
loadpat                                 % load Endings pattern %

fingerprint = pic3;


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%
%                               Orientation
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%

x=[-16:1:16];
y=[-16:1:16];
dimx=size(x,2);
dimy=size(y,2);

variance=sqrt(55);
order=1;
gamma=2;
filter_core=zeros(dimx,dimy);
%filter_delta=zeros(dimx,dimy);
for ii=1:dimx
    for jj=1:dimy
        exponent=exp(-(x(ii)^2+y(jj)^2)/(2*variance^2));
        factor  =x(ii)+i*y(jj);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            filter_core(ii,jj)=exponent*factor^order;
        end
    end

    img=fingerprint;
    img=double(img);

    [gx,gy]=gradient(img);
    tensor=(gx+i*gy).^2;
    dev=abs((gx+i*gy).^2);
    pos=find(dev);
    tensor(pos)=tensor(pos)./dev(pos);
    z=zeros(size(img,1),size(img,2));
    z(pos)=tensor(pos);
    pos=find(dev==0);
    z(pos)=1;

    angle=0;
    bxv=8;
    byv=8;
    bxc=64;
    byc=64;
    threshold_var=20;
    dimseclose=10;
    dimseerode=44;
    maxcore=200;
    [dimx,dimy]=size(fingerprint);

    temp=z;
    [temp,dimxt,dimyt]=mirror(temp);
    z_f=conv2fft(temp,filter_core,'same');
    z_f=recrop(z_f,dimxt,dimyt);
    z_f=abs(z_f);

    %------------------resize--------------------
    imgd=double(fingerprint);
    dimxr=dimx-mod(dimx,bxv);
    dimyr=dimy-mod(dimy,byv);
    imgr=imgd(1:dimxr,1:dimyr);
    %--------------------------------------------
    nbx=dimxr/bxv;
    nby=dimyr/byv;
    mat_var=zeros(dimxr,dimyr);
    for ii=1:nbx
        for jj=1:nby
            block=imgr((ii-1)*bxv+1:ii*bxv,(jj-1)*byv+1:jj*byv);
            median=sum(sum(block))/(bxv*byv);
            variance=1/(bxv*byv)*sum(sum(abs(median.^2-block.^2)));
            mat_var((ii-1)*bxv+1:ii*bxv,
                    (jj-1)*byv+1:jj*byv)=sqrt(variance);
        end
    end
    mat_ok =zeros(dimxr,dimyr);
    pos    =find(mat_var>threshold_var);
    mat_ok(pos)=1;
    mat_ok(dimx,dimy)=0;
    mat_ok =imclose(mat_ok,ones(dimseclose));
    mat_ok =imerode(mat_ok,ones(dimseerode));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    dimxr  =dimx-mod(dimx,bxc);
    dimyr  =dimy-mod(dimy,byc);
    imgr   =imgd(1:dimxr,1:dimyr);
    matrix_final=z_f.*mat_ok;
    [Amp_vector,Position_vector]=max(matrix_final);
    [Amp,Position] = max(Amp_vector);
    Y_core = Position;
    x_core = Position_vector(Position);

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %
```

```
    img=fingerprint;
    img=double(img);
    Dir_Mat = zeros(256,256);

    M0   = 13;
    VAR0 = 130;

    Enchant = zeros(256,256);

    for ii=1:32
        for jj=1:32
            block=img((ii-1)*8+1:ii*8,(jj-1)*8+1:jj*8);
            mean=sum(sum(block))/64;
            mat_mean((ii-1)*8+1:ii*8,(jj-1)*8+1:jj*8)=mean;
            variant=1/(64)*sum(sum(abs(mean.^2-block.^2)));
            mat_var((ii-1)*8+1:ii*8,(jj-1)*8+1:jj*8)=sqrt(variant);
        end
    end

    for ii=1:256,
        for jj=1:256,
            if mat_var(ii,jj) ~= 0
                if img(ii,jj) > mat_mean(ii,jj)
                    Enchant(ii,jj) = M0 + sqrt(VAR0*((img(ii,jj)-
                                     mat_mean(ii,jj))^2)/mat_var(ii,jj));
                else
                    Enchant(ii,jj) = M0 - sqrt(VAR0*((img(ii,jj)-
                                     mat_mean(ii,jj))^2)/mat_var(ii,jj));
                end
            else
                Enchant(ii,jj) = M0 + 1;
            end
        end
    end
    %figure, imshow(Enchant);

    level = graythresh(Enchant);
    fingerprintBW = im2bw(Enchant,level);
    %fingerprintBW = bwmorph(fingerprintBW,'clean',Inf);
    fingerprintBW = medfilt2(fingerprintBW);

    %figure, imshow(fingerprintBW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%Invert black & white --- 0 = white --- 1 = black
%Normally 0 is black and 1 is white
for r = 1:256,
for c = 1:256,
    if fingerprintBW(r,c) == 1
         fingerprintBW(r,c) = 0;
    else fingerprintBW(r,c) = 1;
    end
end
end
```

```
%Thinning%
%fingerprintBW = bwmorph(fingerprintBW,'majority',Inf);
%figure, imshow(fingerprintBW);
fingerprintBW = bwmorph(fingerprintBW,'hbreak',Inf);
fingerprintBW = bwmorph(fingerprintBW,'thin',Inf);

%Invert color again%
for r = 1:256,
for c = 1:256,
    if fingerprintBW(r,c) == 1
         fingerprintBW(r,c) = 0;
    else fingerprintBW(r,c) = 1;
    end
end
end

%figure, imshow(fingerprintBW);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%                               Spur-Removal
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%for r = 14:243
    for c = 14:243,
        if fingerprintBW(r,c) == 0
            chkmat = [fingerprintBW(r-1,c-1) , fingerprintBW(r-1,c) ,
fingerprintBW(r-1,c+1)
                      fingerprintBW(r  ,c-1) , fingerprintBW(r  ,c) ,
fingerprintBW(r  ,c+1)
                      fingerprintBW(r+1,c-1) , fingerprintBW(r+1,c) ,
fingerprintBW(r+1,c+1)];
            sw = 0;
            r0 = r;
            c0 = c;

            if chkmat == endpat1          % If match ending pattern
1
            r1 = r0+1; c1 = c0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat2        % If match ending pattern
2
            r1 = r0+1; c1 = c0-1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat3        % If match ending pattern
3
            r1 = r0; c1 = c0-1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat4        % If match ending pattern
4
            r1 = r0-1; c1 = c0-1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat5        % If match ending pattern
5
            r1 = r0-1; c1 = c0;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat6        % If match ending pattern
6
            r1 = r0-1; c1 = c0+1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat7        % If match ending pattern
7
            r1 = r0; c1 = c0+1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == endpat8        % If match ending pattern
8
            r1 = r0+1; c1 = c0+1;
            sw = 1;
        elseif chkmat == [1,1,1         % Dot Removed Here %
                          1,0,1
                          1,1,1];
            fingerprintBW(r,c) = 1;
            sw = 0;
        else
            sw = 0;
        end

        if sw == 1
            erase = zeros(11,2);
            i = 2;
            j = 2;
            erase(1,1) = r0;            % erase(,) store the co-
                                        % ordinate of following line
            erase(1,2) = c0;
            erase(2,1) = r1;
            erase(2,2) = c1;
            for n = 1:5,
                v = [fingerprintBW(r1-1,c1-1) ,
                     fingerprintBW(r1-1,c1)   ,
                     fingerprintBW(r1-1,c1+1)
                     fingerprintBW(r1  ,c1-1) ,
                     fingerprintBW(r1  ,c1)   ,
                     fingerprintBW(r1  ,c1+1)
                     fingerprintBW(r1+1,c1-1) ,
                     fingerprintBW(r1+1,c1)   ,
                     fingerprintBW(r1+1,c1+1)];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%                   if v == pat1                          % Line pattern 1

                        if (r1-1 == r0) && (c1 == c0)
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1+1; c1=c1;
                        else
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1-1; c1=c1;
                        end
                        i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
                        j = 2;          erase(i,j)=c1;
                    elseif v == pat2                      % Line pattern 2

                        if (r1-1 == r0) && (c1+1 == c0)
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1+1; c1=c1-1;
                        else
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1-1; c1=c1+1;
                        end
                        i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
                        j = 2; erase(i,j)=c1;

%                   elseif v == pat3                      % Line pattern 3

                        if (r1-1 == r0) && (c1-1 == c0)
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1+1; c1=c1+1;
                        else
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1-1; c1=c1-1;
                        end
                        i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
                        j = 2; erase(i,j)=c1;
                    elseif v == pat4                      % Line pattern 4

                        if (r1 == r0) && (c1-1 == c0)
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1; c1=c1+1;
                        else
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1; c1=c1-1;
                        end
                        i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
                        j = 2; erase(i,j)=c1;
                    elseif v == pat5                      % Line pattern 5

                        if (r1-1 == r0) && (c1 == c0)
                            r0 = r1; c0 = c1;
                            r1=r1+1; c1=c1+1;
                        else
                            r0 = r1; c0 = c1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                r1=r1-1; c1=c1;
            end
            i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
            j = 2; erase(i,j)=c1;
        elseif v == pat6                    % Line pattern 6

            if (r1-1 == r0) && (c1 == c0)
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1+1; c1=c1-1;
            else
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1-1; c1=c1;
            end
            i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
            j = 2; erase(i,j)=c1;
        elseif v == pat7                    % Line pattern 7

            if (r1-1 == r0) && (c1+1 == c0)
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1+1; c1=c1;
            else
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1-1; c1=c1+1;
            end
            i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
            j = 2; erase(i,j)=c1;

        elseif v == pat8                    % Line pattern 8

            if (r1-1 == r0) && (c1-1 == c0)
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1+1; c1=c1;
            else
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1-1; c1=c1-1;
            end
            i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
            j = 2; erase(i,j)=c1;
        elseif v == pat9                    % Line pattern 9

            if (r1-1 == r0) && (c1-1 == c0)
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1; c1=c1+1;
            else
                r0 = r1; c0 = c1;
                r1=r1-1; c1=c1-1;
            end
            i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
            j = 2; erase(i,j)=c1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
elseif v == pat10                    % Line pattern 10
%
    if (r1+1 == r0) && (c1-1 == c0)
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1; c1=c1+1;
    else
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1+1; c1=c1-1;
    end
    i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
    j = 2; erase(i,j)=c1;
elseif v == pat11                    % Line pattern 11
%
    if (r1 == r0) && (c1-1 == c0)
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1-1; c1=c1+1;
    else
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1; c1=c1-1;
    end
    i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
    j = 2; erase(i,j)=c1;
elseif v == pat12                    % Line pattern 12
%
    if (r1 == r0) && (c1-1 == c0)
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1+1; c1=c1+1;
    else
        r0 = r1; c0 = c1;
        r1=r1; c1=c1-1;
    end
    i = i+1; j = 1; erase(i,j)=r1;
    j = 2; erase(i,j)=c1;
```

```
else
    epass = 0;
    if v == juncpat1 epass=1;
    elseif v == juncpat2 epass=1;
    elseif v == juncpat3 epass=1;
    elseif v == juncpat4 epass=1;
    elseif v == juncpat5 epass=1;
    elseif v == juncpat6 epass=1;
    elseif v == juncpat7 epass=1;
    elseif v == juncpat8 epass=1;
    elseif v == juncpat9 epass=1;
    elseif v == juncpat10 epass=1;
    elseif v == juncpat11 epass=1;
    elseif v == juncpat12 epass=1;
    elseif v == juncpat13 epass=1;
    elseif v == juncpat14 epass=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                elseif v == juncpat15 epass=1;
                elseif v == juncpat16 epass=1;
                elseif v == juncpat17 epass=1;
                elseif v == juncpat18 epass=1;
                elseif v == juncpat19 epáss=1;
                elseif v == juncpat20 epass=1;
                elseif v == juncpat21 epass=1;
                elseif v == juncpat22 epass=1;
                elseif v == juncpat23 epass=1;
                elseif v == juncpat24 epass=1;
                elseif v == juncpat25 epass=1;
                elseif v == juncpat26 epass=1;
                elseif v == juncpat27 epass=1;
                elseif v == juncpat28 epass=1;
                elseif v == endpat1 epass=1;
                elseif v == endpat2 epass=1;
                elseif v == endpat3 epass=1;
                elseif v == endpat4 epass=1;
                elseif v == endpat5 epass=1;
                elseif v == endpat6 epass=1;
                elseif v == endpat7 epass=1;
                elseif v == endpat8 epass=1;
                else
                end
                    if epass == 1
                     for i = 1 : 11,
                       er = erase(i,1);
                       ec = erase(i,2);
                       if er ~= 0
                          fingerprintBW(er,ec) = 1;
% delete the co-ordinate which specified on matrix erase(,) %
                       end
                     end
                   end
                 end
              end
           end
        end
    end
end
%figure, imshow(fingerprintBW);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%
%                              Core_Viewing
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%

% pic2 = imread([pathname,filename]);
% pic2(x_core   , y_core  ) = 255;
% pic2(x_core-1 , y_core-1) = 255;
% pic2(x_core   , y_core-1) = 255;
% pic2(x_core-1 , y_core  ) = 255;
% pic2(x_core+1 , y_core+1) = 255;
% pic2(x_core   , y_core+1) = 255;
% pic2(x_core+1 , y_core  ) = 255;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% pic2(x_core+1 , y_core-1) = 255;
% pic2(x_core-1 , y_core+1) = 255;
%
% pic2(x_core-2 , y_core-2) = 0;
% pic2(x_core-2 , y_core-1) = 0;
% pic2(x_core-2 , y_core  ) = 0;
% pic2(x_core-2 , y_core+1) = 0;
% pic2(x_core-2 , y_core+2) = 0;
% pic2(x_core-1 , y_core+2) = 0;
% pic2(x_core   , y_core+2) = 0;
% pic2(x_core+1 , y_core+2) = 0;
% pic2(x_core+2 , y_core+2) = 0;
% pic2(x_core+2 , y_core+1) = 0;
% pic2(x_core+2 , y_core  ) = 0;
% pic2(x_core+2 , y_core-1) = 0;
% pic2(x_core+2 , y_core-2) = 0;
% pic2(x_core+1 , y_core-2) = 0;
% pic2(x_core   , y_core-2) = 0;
% pic2(x_core-1 , y_core-2) = 0;


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%
%                       Core_Recognition 7x7
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%

x_new1 = x_core-60;
x_new2 = x_core+60;
y_new1 = y_core-60;
y_new2 = y_core+60;

if x_new1 < 1
    x_new1 = 1;
end
if x_new2 > 256
    x_new2 = 256;
end
if y_new1 < 1
    y_new1 = 1;
end
if y_new2 > 256
    y_new2 = 256;
end



pic = zeros(121,121);
r1 = 1;
c1 = 1;
for r = x_new1:x_new2,
    for c = y_new1:y_new2,
        pic(r1,c1)=fingerprintBW(r,c);
        c1 = c1+1;
    end
    r1 = r1+1;
    c1 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end

circ = zeros(7,7);  % Matrix that stored sampling circle
echk = zeros(3,3)   % Matrix that used to check if it is endings
pos = zeros(50,5);  % Matrix that stored the Pos(X,Y),Ang and
                    % type("1" means endings or "2" means
                    % bifurcations)
delta = zeros(3,1)  % Matrix that stored diff of the bifurcations
angle
type = 1;           % Type ("1" means endings or "2" means
bifurcations)
n = 1;              % Number of ending of Bifurcaion
nb = 0;             % Number of BLACK POINT in 1 circ sampling
epass = 0;          % Endings checked pass 0=Failed 1=Endings
                    % 2=Bifurcations
for r = 6:115,
    for c = 6:115,
        epass = 0;          % Endings checked pass
        if pic(r,c)==0
            echk = [ pic(r-1,c-1) , pic(r-1,c) , pic(r-1,c+1)
                     pic(r  ,c-1) , pic(r  , c) , pic(r  ,c+1)
                     pic(r+1,c-1) , pic(r+1,c) , pic(r+1,c+1) ];

            if (echk == endpat1) epass=1;
            elseif (echk == endpat2)   epass=1;
            elseif (echk == endpat3)   epass=1;
            elseif (echk == endpat4)   epass=1;
            elseif (echk == endpat5)   epass=1;
            elseif (echk == endpat6)   epass=1;
            elseif (echk == endpat7)   epass=1;
            elseif (echk == endpat8)   epass=1;
            elseif (echk == juncpat13) epass=2;
            elseif (echk == juncpat14) epass=2;
            elseif (echk == juncpat15) epass=2;
            elseif (echk == juncpat16) epass=2;
            elseif (echk == juncpat17) epass=2;
            elseif (echk == juncpat18) epass=2;
            elseif (echk == juncpat19) epass=2;
            elseif (echk == juncpat20) epass=2;
            elseif (echk == juncpat21) epass=2;
            elseif (echk == juncpat22) epass=2;
            elseif (echk == juncpat23) epass=2;
            elseif (echk == juncpat24) epass=2;
            elseif (echk == juncpat25) epass=2;
            elseif (echk == juncpat26) epass=2;
            else epass = 0;
            end
        end

        if epass ~= 0
            circ = ones(11,11);
            circ(1,1)   = pic(r-3,c-3);
            circ(1,2)   = pic(r-3,c-2);
            circ(1,3)   = pic(r-3,c-1);
            circ(1,4)   = pic(r-3,c  );
            circ(1,5)   = pic(r-3,c+1);
            circ(1,6)   = pic(r-3,c+2);
            circ(1,7)   = pic(r-3,c+3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
circ(2,7)  = pic(r-2,c+3);
circ(3,7)  = pic(r-1,c+3);
circ(4,7)  = pic(r  ,c+3);
circ(5,7)  = pic(r+1,c+3);
circ(6,7)  = pic(r+2,c+3);
circ(7,7)  = pic(r+3,c+3);

circ(7,6)  = pic(r+3,c+2);
circ(7,5)  = pic(r+3,c+1);
circ(7,4)  = pic(r+3,c  );
circ(7,3)  = pic(r+3,c-1);
circ(7,2)  = pic(r+3,c-2);
circ(7,1)  = pic(r+3,c-3);

circ(6,1)  = pic(r+2,c-3);
circ(5,1)  = pic(r+1,c-3);
circ(4,1)  = pic(r  ,c-3);
circ(3,1)  = pic(r-1,c-3);
circ(2,1)  = pic(r-2,c-3);

nb=1;
angbif = 0;
if circ(1,1)   == 0  angbif(nb)=135; nb=nb+1; end
if circ(1,2)   == 0  angbif(nb)=120; nb=nb+1; end
if circ(1,3)   == 0  angbif(nb)=105; nb=nb+1; end
if circ(1,4)   == 0  angbif(nb)=90;  nb=nb+1; end
if circ(1,5)   == 0  angbif(nb)=75;  nb=nb+1; end
if circ(1,6)   == 0  angbif(nb)=60;  nb=nb+1; end
if circ(1,7)   == 0  angbif(nb)=45;  nb=nb+1; end
if circ(2,7)   == 0  angbif(nb)=30;  nb=nb+1; end
if circ(3,7)   == 0  angbif(nb)=15;  nb=nb+1; end
if circ(4,7)   == 0  angbif(nb)=0;   nb=nb+1; end
if circ(5,7)   == 0  angbif(nb)=345; nb=nb+1; end
if circ(6,7)   == 0  angbif(nb)=330; nb=nb+1; end
if circ(7,7)   == 0  angbif(nb)=315; nb=nb+1; end
if circ(7,6)   == 0  angbif(nb)=300; nb=nb+1; end
if circ(7,5)   == 0  angbif(nb)=285; nb=nb+1; end
if circ(7,4)   == 0  angbif(nb)=270; nb=nb+1; end
if circ(7,3)   == 0  angbif(nb)=255; nb=nb+1; end
if circ(7,2)   == 0  angbif(nb)=240; nb=nb+1; end
if circ(7,1)   == 0  angbif(nb)=225; nb=nb+1; end
if circ(6,1)   == 0  angbif(nb)=210; nb=nb+1; end
if circ(5,1)   == 0  angbif(nb)=195; nb=nb+1; end
if circ(4,1)   == 0  angbif(nb)=180; nb=nb+1; end
if circ(3,1)   == 0  angbif(nb)=165; nb=nb+1; end
if circ(2,1)   == 0  angbif(nb)=150; nb=nb+1; end
angbif = sort(angbif,1);
for z = 2 : size(angbif,1),
    delt = abs(angbif(z) - angbif(z-1));
    if delt > 180
        delt = 360-delt;
    end
    if delt <= 30
        angbif(z) = 1300;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            angbif = sort(angbif,1);
            [nb,nc] = find(angbif ~= 1300);
            [nc,nb] = size(nb);

            if nb == 1
                type = 1;
                pos(n,1) = r;
                pos(n,2) = c;
                pos(n,3) = angbif(nb);
                pos(n,4) = type;
                pos(n,5) = sqrt(((r-61)^2) + ((c-61)^2));
                n=n+1;
            end

            if nb == 3
                type = 2;
                pos(n,1) = r;
                pos(n,2) = c;
                pos(n,4) = type;
                pos(n,5) = sqrt(((r-61)^2) + ((c-61)^2));
                ang1 = angbif(1);
                ang2 = angbif(2);
                ang3 = angbif(3);
                delta(1) = abs(ang1-ang2);
                delta(2) = abs(ang2-ang3);
                delta(3) = abs(ang3-ang1);
                if delta(1) > 180
                    delta(1)=360-delta(1);
                end
                if delta(2) > 180
                    delta(2)=360-delta(2);
                end
                if delta(3) > 180
                    delta(3)=360-delta(3);
                end

                if min(delta) == delta(1)
                    pos(n,3) = ang3;
                end
                if min(delta) == delta(2)
                    pos(n,3) = ang1;
                end
                if min(delta) == delta(3)
                    pos(n,3) = ang2;
                end
                n=n+1;
            end
        end

    end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%
%                               Test_Pos
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% for i = 1:50,
%     if (pos(i,1) ~= 0)
%      r = pos(i,1) + x_core - 60;
%      c = pos(i,2) + y_core - 60;
%
%      pic2(r-3,c  ) = 255;
%      pic2(r-3,c+1) = 255;
%      pic2(r-2,c+2) = 255;
%      pic2(r-1,c+3) = 255;
%      pic2(r  ,c+3) = 255;
%      pic2(r+1,c+3) = 255;
%      pic2(r+2,c+2) = 255;
%      pic2(r+3,c+1) = 255;
%      pic2(r+3,c  ) = 255;
%      pic2(r+3,c-1) = 255;
%      pic2(r+2,c-2) = 255;
%      pic2(r+1,c-3) = 255;
%      pic2(r  ,c-3) = 255;
%      pic2(r-1,c-3) = 255;
%      pic2(r-2,c-2) = 255;
%      pic2(r-3,c-1) = 255;
%
%      pic2(r-4,c  ) = 0;
%      pic2(r-4,c+1) = 0;
%      pic2(r-3,c+2) = 0;
%      pic2(r-2,c+3) = 0;
%      pic2(r-1,c+4) = 0;
%      pic2(r  ,c+4) = 0;
%      pic2(r+1,c+4) = 0;
%      pic2(r+2,c+3) = 0;
%      pic2(r+3,c+2) = 0;
%      pic2(r+4,c+1) = 0;
%      pic2(r+4,c  ) = 0;
%      pic2(r+4,c-1) = 0;
%      pic2(r+3,c-2) = 0;
%      pic2(r+2,c-3) = 0;
%      pic2(r+1,c-4) = 0;
%      pic2(r  ,c-4) = 0;
%      pic2(r-1,c-4) = 0;
%      pic2(r-2,c-3) = 0;
%      pic2(r-3,c-2) = 0;
%      pic2(r-4,c-1) = 0;
%
%    end
% end
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%


  HH = findobj(gcf,'Tag','iid');
    set(HH,'String',['']);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HH = findobj(gcf,'Tag','name');
  set(HH,'String',['']);

  HH = findobj(gcf,'Tag','surname');
  set(HH,'String',['']);

  HH = findobj(gcf,'Tag','age');
  set(HH,'String',['']);

  HH = findobj(gcf,'Tag','nation');
  set(HH,'String',['']);

 HH = findobj(gcf,'Tag','percent');
 set(HH,'String',['']);
```


GUImatch
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ra = 0;
NMax = [-1, -1, -1]; %(Number , PicNumber)
xx = 0;
load('F:\Project_Finale\database3.dat','-mat');

for r = 1 : 50,
    Dist(r,1) = pos(r,5);
End

for r = 1 : fp_number,
    posDB = data{r,6};
    posDB2 = zeros(50,5);
    posDB2NoZero = zeros(1,5);
    pair    = zeros(1,5);
    pair2   = zeros(1,5);
    pairNoZero = zeros(1,5);
    pairNoZero2 = zeros(1,5);
%   MostAng = 0;
    xx = zeros(1,1);
    n = 0;
    MostAng = [0,0];
    pair = zeros(1,13);
    for rr = 1 : 50,
        DistDB = posDB(rr,5);
        minp = DistDB-3;
        maxp = DistDB+3;
        clear ra;
        [ra,ca] = find((Dist > minp) & (Dist < maxp));
        [exr , exc] = size(ra);

        if exr ~= 0
            for row = 1:exr,
                rowz = ra(row,1);
                type = pos(rowz,4);
                typeDB = posDB(rr,4);
                RowCHK = pos(rr,1);
                if RowCHK ~= 0
                if type == typeDB          % If same type of
minutiae

                    n = n+1;
                    pair(n,1)  = pos(rowz,1);
                    pair(n,2)  = pos(rowz,2);
                    pair(n,3)  = pos(rowz,3);
                    pair(n,4)  = pos(rowz,4);
                    pair(n,5)  = pos(rowz,5);
                    pair(n,6)  = 000;
                    pair(n,7)  = posDB(rr,1);
                    pair(n,8)  = posDB(rr,2);
                    pair(n,9)  = posDB(rr,3);
                    pair(n,10) = posDB(rr,4);
                    pair(n,11) = posDB(rr,5);

                    ang = pos(rowz,3);
                    angDB = posDB(rr,3);
                    diff = angDB - ang;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    if diff > 180
                        diff = 360-diff;
                    elseif diff < -180
                        diff = -1*(360+diff);
                    elseif diff == -180
                        diff = 180
                    else
                    end

                    pair(n,12) = 000;
                    pair(n,13) = diff;
                end
                end
            end
        end
    end

    [rz ,cz] = size(pair);

    for i = 1:rz,
        if pair(i,1) ~= 0
            for j = 1:cz,
                pairNoZero(i,j) = pair(i,j);
                xx(i,1) = pair(i,cz);
            end
        end
    end

    [rz ,cz] = size(xx);
    num = 0;
    for i = 1:rz,
        diff = xx(i,1);
        [ra , ca] = find( xx == diff );
        [ra1,ca1] = find( xx == (diff-15));
        if (diff == 180)
            [ra2,ca2] = find( xx == (-165));
        else
            [ra2,ca2] = find( xx == (diff+15));
        end
        num = size(ra,1) + size(ra1,1) + size(ra2,1);
        if (num > MostAng(1,2)) && ( num >= 2 )
            MostAng(1,1) = diff;
            MostAng(1,2) = num;
        end
    end

    MostAngRad = MostAng(1,1) * pi / 180;

    for row = 1:50,
        if posDB(row,1) ~= 0
            ro = posDB(row,1);
            co = posDB(row,2);
            co = co - 61;
            ro = ro - 61;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if      (ro<0) && (co>0)
                ro = -ro;
            elseif (ro<0) && (co<0)
                co = -co;
            elseif (ro>0) && (co>0)
                co = -co;
            elseif (ro>0) && (co<0)
                ro = -ro;
            else
            end

            cref = (-1*ro*sin(MostAngRad)) + (co*cos(MostAngRad));
            rref = (ro*cos(MostAngRad)) + (co*sin(MostAngRad));

            if      (rref > 0) && (cref > 0)
                rref = -rref;
            elseif (rref < 0) && (cref > 0)
                cref = -cref;
            elseif (rref > 0) && (cref < 0)
                cref = -cref;
            elseif (rref < 0) && (cref < 0)
                rref = -rref;
            else
            end

                    rref = rref + 61;
            cref = cref + 61;

            posDB2(row,1) = rref;
            posDB2(row,2) = cref;
            a = posDB(row,3)+MostAng(1,1);
            if a >= 360
                a = a - 360;
            end
            posDB2(row,3) = a;
            posDB2(row,4) = posDB(row,4);
            posDB2(row,5) = posDB(row,5);
        end
    end

    n=0;

    for rr = 1 : 50,
        DistDB = posDB2(rr,5);
        minp = DistDB-3;
        maxp = DistDB+3;

        [ra,ca] = find((Dist > minp) & (Dist < maxp));

        [exr , exc] = size(ra);

        if exr ~= 0
            for row = 1:exr,
                rowz = ra(row,1);
                r1 = pos(rowz,1);
                r2 = posDB2(rr,1);
                c1 = pos(rowz,2);
                c2 = posDB2(rr,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ang1 = pos(rowz,3);
                ang2 = posDB2(rr,3);
                err = abs(r1-r2);
                erc = abs(c1-c2);
                era = abs(ang1-ang2);
            if [(err <= 13) && (erc <= 13) && (era <= 15) && (r2 ~= 0)]
            n= n+1;
                    pair2(n,1)  = pos(rowz,1);
                    pair2(n,2)  = pos(rowz,2);
                    pair2(n,3)  = pos(rowz,3);
                    pair2(n,4)  = pos(rowz,4);
                    pair2(n,5)  = pos(rowz,5);
                    pair2(n,6)  = 000;
                    pair2(n,7)  = posDB2(rr,1);
                    pair2(n,8)  = posDB2(rr,2);
                    pair2(n,9)  = posDB2(rr,3);
                    pair2(n,10) = posDB2(rr,4);
                    pair2(n,11) = posDB2(rr,5);

                    ang = pos(rowz,3);
                    angDB = posDB(rr,3);
                    diff = angDB - ang;

                    if diff > 180
                        diff = 360-diff;
                    elseif diff < -180
                        diff = -1*(360+diff);
                    else
                    end

                    pair2(n,12) = 000;
                    pair2(n,13) = diff;
                end
            end
        end
    end

    [rz,cz] = size(pair2);
    if rz ~= 0
        for i = 1:rz,
            if pair2(i,1) ~= 0
                for j = 1:cz,
                    pairNoZero2(i,j) = pair2(i,j);
                end
            end
        end

        [rn,cn] = size(posDB2);
            for i = 1:rn,
            if (posDB2(i,1) ~= 0)
                for j = 1:cn,
                    posDB2NoZero(i,j) = posDB2(i,j);
                end
            end
        end

        [rz,cz] = size(pairNoZero2);
        [rn,cn] = size(posDB2NoZero);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            errorP = rz/rn;

        if (rz ~= 0) && (rz > NMax(1,1)) && (rz >= 2) && (errorP
        >NMax(1,3))
                        NMax(1,1) = rz;
                        NMax(1,2) = r;
                       NMax(1,3) = errorP;
         else
         end

      end
  end

  row = NMax(1,2);
  errorP = NMax(1,3)*100;
  hv  = exist('row');
  if  (hv ~= 0) && (row ~= -1) && (errorP >= 30)
        name    = data{row,1};
        surname = data{row,2};
        age     = data{row,3};
        nation  = data{row,5};
        errorP = num2str(errorP);
         iid = data{row,7};

        HH = findobj(gcf,'Tag','iid');
        set(HH,'String',[iid]);

        HH = findobj(gcf,'Tag','name');
        set(HH,'String',[name]);

        HH = findobj(gcf,'Tag','surname');
        set(HH,'String',[surname]);

        HH = findobj(gcf,'Tag','age');
        set(HH,'String',[age]);

        HH = findobj(gcf,'Tag','nation');
        set(HH,'String',[nation]);

        HH = findobj(gcf,'Tag','percent');
        set(HH,'String',[errorP,'%']);

else

        HH = findobj(gcf,'Tag','iid');
        set(HH,'String',['Not found']);

        HH = findobj(gcf,'Tag','name');
        set(HH,'String',['-']);

        HH = findobj(gcf,'Tag','surname');
        set(HH,'String',['-']);

        HH = findobj(gcf,'Tag','age');
        set(HH,'String',['-']);

       HH = findobj(gcf,'Tag','nation');
       set(HH,'String',['-']);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
```

DatabaseView.m

```
function varargout = DatabaseView(varargin)
% DATABASEVIEW M-file for DatabaseView.fig
%      DATABASEVIEW, by itself, creates a new DATABASEVIEW or raises
       the existing
%      singleton*.
%
%      H = DATABASEVIEW returns the handle to a new DATABASEVIEW or
       the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      DATABASEVIEW('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
       the local
%      function named CALLBACK in DATABASEVIEW.M with the given
     input
       arguments.
%
%      DATABASEVIEW('Property','Value',...) creates a new
       DATABASEVIEW or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value
       pairs are
%      applied to the GUI before DatabaseView_OpeningFunction gets
       called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property
       application
%      stop.  All inputs are passed to DatabaseView_OpeningFcn via
       varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows
       only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help DatabaseView

% Last Modified by GUIDE v2.5 10-Mar-2005 15:16:20

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @DatabaseView_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @DatabaseView_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin & isstr(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before DatabaseView is made visible.
function DatabaseView_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to DatabaseView (see VARARGIN)

background = imread('F:\Project_Finale\BackGNDView.jpg');
axes(handles.BG);
axis off;
imshow(background,[0,255]);
axes(handles.picview);

% Choose default command line output for DatabaseView
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

load('F:\Project_Finale\database3.dat','-mat');
picname = data(1,4);
picname = char(picname);
picpath = 'F:\Project_Finale\Fingdb\';
axes(handles.picview);
picshow = image(imread([picpath,picname]));
colormap gray;
% handles.image = image(picshow,'parent',handles.picview)
% colormap gray;
% axes(handles.background);
% axis off;
% imshow(background,[0,255]);
% axes(handles.pic1);

a = data(1,7);
HH = findobj(gcf,'Tag','iid2');
set(HH,'String',[a]);
a = data(1,1);
HH = findobj(gcf,'Tag','name');
set(HH,'String',[a]);
a = data(1,2);
HH = findobj(gcf,'Tag','surname');
set(HH,'String',[a]);
a = data(1,3);
HH = findobj(gcf,'Tag','age');
set(HH,'String',[a]);
a = data(1,5);
HH = findobj(gcf,'Tag','country');
set(HH,'String',[a]);

guidata(hObject,handles);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% UIWAIT makes DatabaseView wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);



% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = DatabaseView_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
axes(handles.picview);
cla;

popup_sel_index = get(handles.popupmenu1, 'Value');
switch popup_sel_index
    case 1
        num = 1;
    case 2
        num = 2;
    case 3
        num = 3;
    case 4
        num = 4;
    case 5
        num = 5;
    case 6
        num = 6;
    case 7
        num = 7;
    case 8
        num = 8;
    case 9
        num = 9;
    case 10
        num = 10;
    case 11
        num = 11;
    case 12
        num = 12;
    case 13
        num = 13;
    case 14
        num = 14;
    case 15
        num = 15;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 16
            num = 16;
        case 17
            num = 17;
        case 18
            num = 18;

        case 19
            num = 19;
        case 20
            num = 20;
    end
        load('database3.dat','-mat');
        a = data(num,7);
        a = char(a);
          HH = findobj(gcf,'Tag','iid2');
          set(HH,'String',[a]);
        a = data(num,1);
        a = char(a);
          HH = findobj(gcf,'Tag','name');
          set(HH,'String',[a]);
          a= data(num,2);
        a = char(a);
          HH = findobj(gcf,'Tag','surname');
          set(HH,'String',[a]);
          a = data(num,3);
        a = char(a);
          HH = findobj(gcf,'Tag','age');
          set(HH,'String',[a]);
          a = data(num,5);
        a = char(a);
          HH = findobj(gcf,'Tag','country');
          set(HH,'String',[a]);
        picname = data(num,4);
          picname = char(picname);
          picpath = 'C:\Downloads\Fingdb\';
          picshow = imread([picpath,picname]);
          pict    = imagesc(picshow)
        colormap gray
        picview
        plot(rand(10));


% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on
Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if ispc
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
else

set(hObject,'BackgroundColor',get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor
'));
end


set(hObject, 'String', {'Database No.1', 'Database No.2',
                        'Database No.3', 'Database No.4',
                        'Database No.5', 'Database No.6',
                        'Database No.7', 'Database No.8',
                        'Database No.9', 'Database No.10',
                        'Database No.11', 'Database No.12',
                        'Database No.13', 'Database No.14',
                        'Database No.15', 'Database No.16',
                        'Database No.17', 'Database No.18',
                        'Database No.19', 'Database No.20'});
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้