สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

FINGERPRINT VERIFICATION

โดย

นายรพีศักดิ์ เลื่อนผลเจริญชัย 39014424

นายวรวุฒิ วัฒนเกียรติวงศ์ 39014461

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36927
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

ผู้จัดทำ

1. นายรพีศักดิ์ เลื่อนผลเจริญชัย 39014424
2. นายวรวุฒิ วัฒนเกียรติวงศ์ 39014461

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ เรื่องระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ
(Fingerprint Verification)

จัดทำโดย นายรพีศักดิ์ เลื่อนผลเจริญชัย 39014424
นายวรวุฒิ วัฒนเกียรติวงศ์ 39014461

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

นายรพีศักดิ์ เลื่อนผลเจริญชัย
นายวรวุฒิ วัฒนเกียรติวงศ์
ผศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาคเรียนที่ 2, ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้นำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งเป็นภาพสีเทา 256 ระดับ มาผ่านขั้นตอนการหาทิศทางของลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีออเรียนเทชั่น (orientation) การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ การทำภาพให้เป็นเรียบ (smooting) การทำภาพให้เป็นเส้นบาง การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง แล้วนำมาหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือซึ่งจะใช้จุดแยกเป็นลักษณะเด่น แล้วจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลหรือเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fingerprint Verification

Mr. Rapeesak Leuanpholjareanchai
Mr. Worowuth Wathanakiathiwong
Assist. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon
2st Semestry,Education Year 1999

Abstract

Fingerprint verification helps us verificate which fingerprint is very useful for managing a large fingerprint database. In this thesis , the work includes obtaining fingerprint images in the 256 grey level fashion, finding the direction of fingerprint by orientation method, detecting it's the center, smoothing thie image, thining the lines ,and eliminating excessive and unnecessary lines. Then the output from preprocessing is handled by a feature extraction method called bifurication, and finally the result will be stored in the database or compared to other instances.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือจาก ผศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณ พี่ศิริลักษณ์ ปล่องทอง พี่ประเสริฐ อัศวรุ่งสกุล นางสาวหัทยา โอฬาริ นายพฤฒิพงษ์ เลิศชัยมงคล ศันสนีย์ ซื่อตรง ตลอดจนเพื่อน ๆ ภาคอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขทฤษฎีในส่วนที่ผิดพลาดตลอดจนให้กำลังใจจนโครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ	2
2.1ลักษณะลายนิ้วมือ	2
2.2ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ	5
บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	10
3.1ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	11
3.2สแกนภาพลายพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .bmp	11
3.3การทำภาพให้เรียบ(smoothing)	11
3.4การทำให้เป็นภาพขาวดำ(Binarization)	11
3.5การทำภาพให้บาง(Thining)	12
3.6การกำจัดเส้นสะพาน(Elimination of bridges)	14
3.6.1ทฤษฎีในการกำจัดเส้นสะพาน	14
3.6.2อัลกอลิธึมในการเดินตามลายเส้น	19
3.7 การกำจัดเส้นกิ่ง(Elimination of branches)	23
3.7.1ทฤษฎีในการกำจัดเส้นกิ่ง	23
3.7.2 อัลกอลิธึมในการติดตามลายเส้นกิ่ง	23
3.8การหาจุดศูนย์กลางของภาพ	24
3.8.1การกำหนดทิศทางของภาพ	24
3.8.2การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ	27
3.9การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ(minutiaes)	28
3.10การตรวจเทียบลายนิ้วมือ	29
3.10.1การตรวจสอบแบบยืดหยุ่น	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.2คู่ของลักษณะเด่นที่สำคัญ 32
3.10.3อัลกอลิธึมของการจับคู่ 34
บทที่ 4 โปรแกรมการทำงาน **36**
5.1 การทำงานของโปรแกรม 36
5.2 โฟล์ชาร์ต(Flow Chart)การทำงานของโปรแกรม 36
บทที่ 5 ผลการทดลอง **49**
ภาพที่ 1 มัดหวายปัดซ้าย 50
ภาพที่ 2 ภาพโค้งกระโจม 54
ภาพที่ 3 ภาพก้นหอยธรรมดา 58
ภาพที่ 4 ภาพมัดหวายปัดขวา 62
ภาพที่ 5 ภาพมัดหวายคู่ 66
ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง 70
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ **71**
ภาคผนวก **VI**
เอกสารอ้างอิง **VII**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ 3

รูปที่ 2.1 เส้นขอบ 3

รูปที่ 2.2 เส้นคอน

รูปที่ 2.3 จุดใจกลาง 4

รูปที่ 2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน 5

รูปที่ 2.5 โค้งราบ 5

รูปที่ 2.6 โค้งกระโจม 5

รูปที่ 2.7 มัดหวายปัดขวา 6

รูปที่ 2.8 มัดหวายปัดซ้าย 6

รูปที่ 2.9 มัดหวายคู่ 7

รูปที่ 2.10 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา 7

รูปที่ 2.11 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย 8

รูปที่ 2.12 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา 8

รูปที่ 2.13 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย 8

รูปที่ 2.14 กลุ่มซับซ้อน 9

บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10

รูปที่ 3.1 โฟล์ชาร์ตระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ 11

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของ วินโดว์ขนาด 3*3 11

รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งของเทมเพลตของชาง และ ซวน 11

รูปที่ 3.4 การทำให้บาง 11

รูปที่ 3.5 ลักษณะการกำจัดในขั้นตอนที่ 3 12

รูปที่ 3.6 ลักษณะเส้นสะพาน 14

รูปที่ 3.7 วินโดว์ขนาด 3*3 และทิศทางในการสแกนจุดภาพ 15

รูปที่ 3.8 ตารางแสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพ 16

รูปที่ 3.9 เทมเพลต 3*3 ของจุดเชื่อมต่อแบบ 4 และแบบ 8 16

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยค่า Nc^4และNc^8 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 เทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อรวมทั้งสิ้น 12 กรณี 18
รูปที่ 3.12 แสดงเทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดเส้นกิ่ง 19
รูปที่ 3.13 เทมเพลตขนาดเมตริกซ์ 3*3 และการคำนวณดัชนีที่มีค่าน้ำหนักต่าง ๆ 19
รูปที่ 3.14 ลักษณะเส้นสะพาน 20
รูปที่ 3.15 ขั้นตอนในการติดตามลายเส้น 20
รูปที่ 3.16 เทมเพลตจุดแยกที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้น 22
รูปที่ 3.17 เทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดปลายรวมทั้งสิ้น 8 กรณี 23
รูปที่ 3.18 ลักษณะการติดตามลายเส้น 24
รูปที่ 3.19 แสดงภาพของลายนิ้วมือที่ผ่านการหาทิศทางของภาพ 26
รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะเด่นที่สำคัญของลายนิ้วมือ 29
รูปที่ 3.21 ภาพ 2 ภาพที่มาจากลายนิ้วมือเดียวกันและมีการวางทับกันของกลุ่มจุด 32
รูปที่ 3.22 การใช้งานของการเปลี่ยนรูปที่เหมือนกันไปยังจุดที่เป็นลักษณะเด่น 33
รูปที่ 3.23 อัลกอลิธึมของการลงทะเบียน 33
รูปที่ 3.24 ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ในการตรวจสอบลักษณะโดดเด่นของลายนิ้วมือ 35
รูปที่ 3.25 อัลกอลิธึมของการจับคู่ลายนิ้วมือแบบเป็นลำดับ 35
บทที่ 4 โปรแกรมการทำงาน **36**
รูปที่ 4.1 โฟล์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ 37
รูปที่ 4.2 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลภาพเบื้องต้น 39
รูปที่ 4.3 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้เป็นขาวดำ 40
รูปที่ 4.4 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้เป็นเส้นบาง 41
รูปที่ 4.5 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลภาพขั้นสุดท้าย 42
รูปที่ 4.6 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน 43
รูปที่ 4.7 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง 44
รูปที่ 4.8 บล็อคไดอะแกรมการหาจุดศูนย์กลางของภาพ 46
รูปที่ 4.9 โฟล์ชาร์ตของการตรวจเทียบลายนิ้วมือ 48
บทที่ 5 ผลการทดลอง **49**
รูปที่ 5.1 หน้าจอโปรแกรมระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ 49
รูปที่ 5.2 ภาพมัดหวายปิดซ้ายปกติ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เรียบ 50
รูปที่ 5.4 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง 51
รูปที่ 5.5 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ 51
รูปที่ 5.6 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง 52
รูปที่ 5.7 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง 52
รูปที่ 5.8 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายปัดซ้ายที่พบ 53
รูปที่ 5.9 ภาพโค้งกระโจมปกติ 54
รูปที่ 5.10 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เรียบ 54
รูปที่ 5.11 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง 55
รูปที่ 5.12 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ 55
รูปที่ 5.13 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง 56
รูปที่ 5.14 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง 56
รูปที่ 5.15 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพโค้งกระโจมที่พบ 57
รูปที่ 5.16 ภาพก้นหอยธรรมดาปกติ 58
รูปที่ 5.17 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เรียบ 58
รูปที่ 5.18 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง 59
รูปที่ 5.19 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ 59
รูปที่ 5.20 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง 60
รูปที่ 5.21 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง 60
รูปที่ 5.22 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพก้นหอยธรรมดาที่พบ 61
รูปที่ 5.23 ภาพมัดหวายปัดขวาปกติ 62
รูปที่ 5.24 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการทำให้เรียบ 62
รูปที่ 5.25 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง 63
รูปที่ 5.26 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการให้เป็นภาพขาวดำ 63
รูปที่ 5.27 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง 64
รูปที่ 5.28 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง 64
รูปที่ 5.29 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายปัดขวาที่พบ 65
รูปที่ 5.30 ภาพมัดหวายคู่ปกติ 66
รูปที่ 5.31 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เรียบ 66
รูปที่ 5.32 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.33 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ 67
รูปที่ 5.34 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง 68
รูปที่ 5.35 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง 68
รูปที่ 5.36 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายคู่ที่พบ 69
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้ประชากรมีจำนวนมากขึ้น. ต้องมีการติดต่อระหว่างบุคคลต่าง ๆ ถ้าเราสามารถมีระบบที่ จำแนกลักษณะบุคคลต่าง ๆ ก็จะทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปด้วยความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้นจึงมีการคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เช่น รหัสผ่าน(pasword)ลายเซ็นต์ดิจิตอล ลายนิ้วมือ เลนส์ตา เพื่อจำแนกบุคคล

การใช้จำแนกลายนิ้วมือเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้จำแนกบุคลซึ่งนอกจากจะใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยล้วยังสามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่นระบบค้นหาประวัติของบุคคลหรืออาชญากร ระบบฝากถอนโดยใช้เครื่องอัตโนมัติ(ATM) ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคาร ระบบทะเบียน

โครงงานนี้เป็นระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือโดยใช้สแกนเนอร์ เก็บภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคลมาประมวลผลแล้วเก็บลักษณะเด่นไว้ในฐานข้อมูลและสามารถตรวจเทียบลายนิ้วมือที่ต้องการจำแนกบุคคลกับฐานข้อมูลเพื่อระบุได้ว่าตรงกับลักษณะลายนิ้วมือของผู้ใดหรือไม่ใช่บุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. พิมพ์ลายนิ้วมือลงบนกระดาษโดยใช้หมึกพิมพ์ ใช้สแกนเนอร์เก็บภาพที่ได้ซึ่งภาพที่ได้จะเป็นภาพบิตแมบ(bitmap) ซึ่งมีนามสกุล .bmp เป็นภาพระดับเทา(grey-level) มีความสว่าง 256 ระดับ

2. การทำภาพให้เรียบ(smoothing) เป็นการปรับปรุงภาพโดยกำจัดส่วนประกอบของภาพซึ่งมีค่าอัตราความเปลี่ยนแปลงความสว่างสูงให้มีค่าใกล้เคียงกับบริเวณรอบ ๆ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น หมึกเลอะ

3. หาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ เพื่อเก็บไว้ใช้ตรวจเทียบลายนิ้วมือต่อไป

4. การทำให้เป็นภาพขาวดำ(binarization) เป็นการทำภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ

5. การทำภาพให้บาง(thining)เพื่อให้ภาพภาพนั้นภาพบางลงเป็นรูปเส้นโค้งร่าง ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ภาพได้ง่าย

6. การกำจัดเส้นสะพาน(Elimination of bridges) โดยเส้นสะพานจะมีลักษณะเป็นลายสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน ซึ่งเป็นส่วนที่เกินที่ต้องกำจัดออกไป

7. การกำจัดเส้นกิ่ง(Elimination of branches) ซึ่งเป็นเส้นสั้น ๆ ที่แยกออกมาจากลายนิ้วหลักซึ่งไม่นำมาใช้

8. เก็บลักษณะจุดเด่นของลายนิ้วมือ ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาการกระจายของจุดแยกจากจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูลเพื่อจำแนกบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

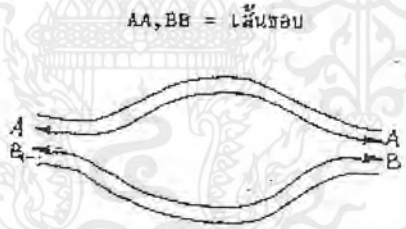
บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ

2.1ลักษณะลายนิ้วมือ

ผิวหนังบริเวณปลายนิ้วมือ ประกอบด้วยลายเส้นสองชนิด ชนิดหนึ่งเราเรียกว่าเส้นนูน (Ridges) อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า รอยร่อง หรือ เส้นร่อง (Furrows) จะอยู่สลับกันตลอดไป โดยถ้าเราใช้หมึกสีดำทาบบนนิ้วมือ และกดนิ้วมือลงบนกระดาษขาวจะได้ลายเส้นสีดำและสีขาวสลับกัน เราเรียกเส้นสีดำว่า เส้นนูน เราเรียกเส้นสีขาวว่า เส้นร่อง เราสามารถแยกลักษณะของลายนิ้วมือที่เป็นจุดสำคัญต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1เส้นขอบ (Type Line)

หมายถึง เส้นคู่ขนานคู่ในสุดซึ่งได้เดินขบวนกันมาพอสมควรแล้วแยกตัวออกจากกัน เพื่อโอบล้อมหรือพยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายในและเส้นขอบไม่จำเป็นจะต้องเป็นเส้นยาวและราบเรียบติดต่อกันตลอด อาจจะเป็นเส้นที่ขาดกลางเส้น แต่เราก็ยังจัดเป็นเส้นขอบด้วย

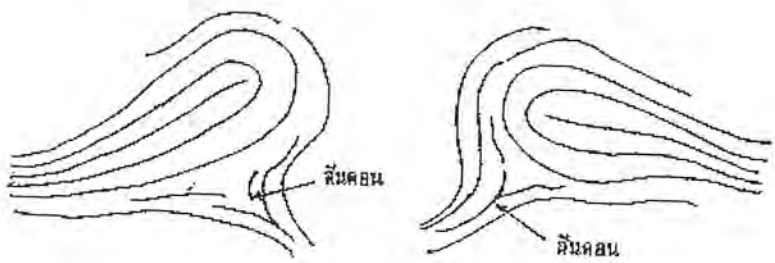


รูปที่ 2.1 เส้นขอบ

2.1.2เส้นดอน (Delta)

หมายถึง ลายเส้นในนิ้วมือ ซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางของปากทางแยกเส้นขอบ

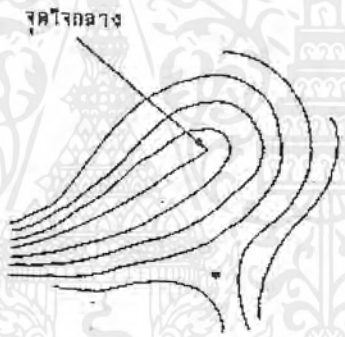
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เส้นดอน

2.1.3จุดใจกลาง (Core)

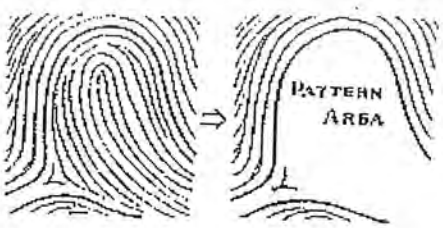
หมายถึง จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้น หรือไหล่ของเส้นวกกลับที่อยู่บนสุด



รูปที่ 2.3 จุดใจกลาง

2.1.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area)

หมายถึง พื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อมไว้



รูปที่ 2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

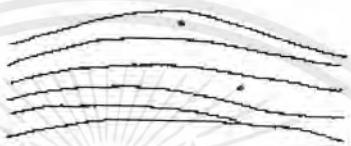
2.2ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ

เราสามารถจัดรูปแบบลายนิ้วมือออกเป็น 4 กลุ่มคือ

2.2.1 กลุ่มเส้นโค้ง (Arch)

2.2.1.1 โค้งราบ (Plain Arch =PA)

ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปข้างหนึ่ง ไม่เกิดมุมแหลมหรือเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง



รูปที่ 2.5 โค้งราบ

2.2.1.2 โค้งกระโจม (Tented Arch=TA)

ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอนเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก

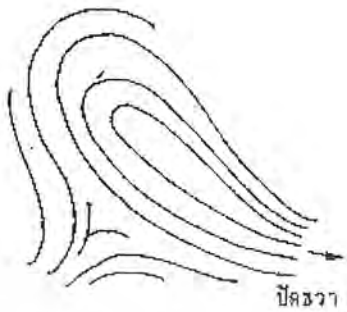
รูปที่ 2.6 โค้งกระโจม

2.2.2กลุ่มมัดหวาย (Loop)

2.2.2.1 มัดหวายปัดขวา (Right Slant Loop =RSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 มัดหวายปัดขวา

2.2.2.2 มัดหวายปัดซ้าย (Left Slant Loop=LSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านซ้าย

รูปที่ 2.8 มัดหวายปัดซ้าย

2.2.2.3มัดหวายคู่ (Double=D) มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวายข้างบนแต่มากอดหรือกล้ำกันจนเกิดมีสันดอน 2 จุด โดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

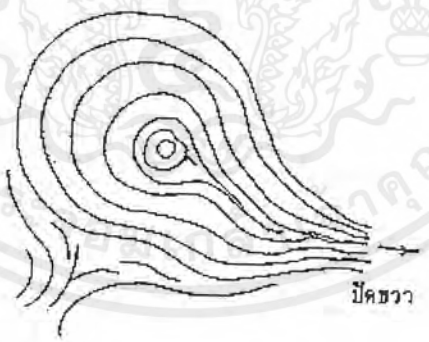
รูปที่ 2.9 มัดหวายคู่

2.2.3 กลุ่มก้นหอย (Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร ลักษณะคล้ายรูปไข่ วงกลม หรือมีลักษณะอื่น ๆ ประกอบด้วย

2.2.3.1 ก้นหอยธรรมดา(Plain Whorl=W)

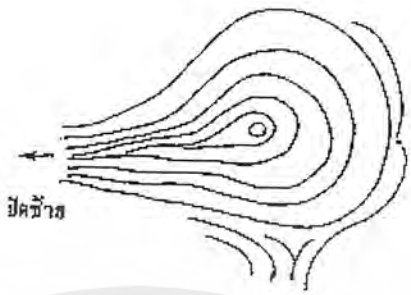
2.2.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา (Right Central Pocket=RCP)



รูปที่ 2.10 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา

2.2.3.3 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย (Left Central Pocket=LCP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

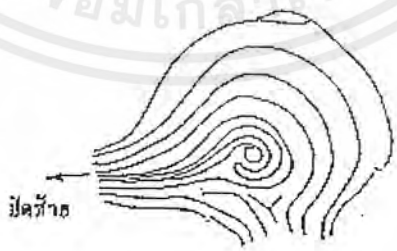


รูปที่ 2.11 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย

2.2.3.4ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา (Right Lateral Pocket=RLP)

รูปที่ 2.12 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา

2.2.3.5 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย (Left Lateral Pocket=LLP)



รูปที่ 2.13 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กลุ่มซับซ้อน (Acidental Whorl=AW)

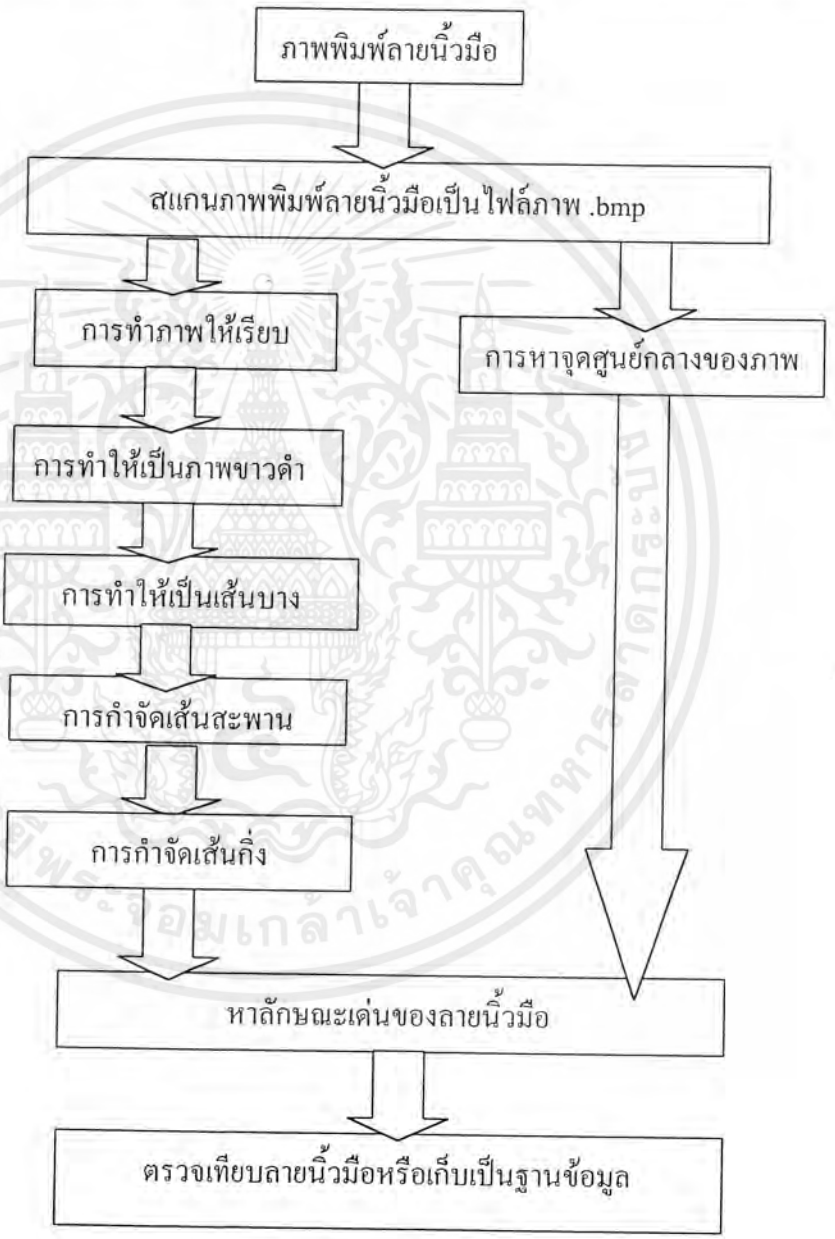
ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถจัดเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้มักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน

รูปที่ 2.14 กลุ่มซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงอัลกอลิธึมในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแผนภาพดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 โฟล์ชาร์ตระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

ขั้นตอนต่าง ๆ ตามโฟล์ชาร์ตอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

ใช้นิ้วมือข้างที่กำหนดที่จะเก็บเป็นฐานข้อมูลหรือที่จะใช้ตรวจเทียบพิมพ์ลงบนกระดาษโดยใช้หมึกพิมพ์พยายามทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดด้วยการควบคุมแรงกดบนแป้นพิมพ์

3.2 สแกนภาพลายพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .bmp

ขั้นตอนนี้เป็นการสแกนภาพลายนิ้วมือโดยใช้หมึกพิมพ์ด้วยสแกนเนอร์ แล้วเก็บภาพเป็นไฟล์นามสกุล .bmp โดยภาพที่ได้มีระดับความสว่าง 0-255 ระดับ หรือเรียกว่าระดับสีเทา

3.3 การทำภาพให้เรียบ

เป็นวิธีที่ใช้กำจัดสัญญาณที่ปน(noise)มากับลายนิ้วมือ ที่เป็นภาพระดับเทา วิธีการต่าง ๆ ที่มีใช้กันนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นกรองความถี่ต่ำผ่าน(low pass filter)ซึ่งในที่นี้จะใช้หลักการของการหาค่าเฉลี่ย(average filtering) หลักการนี้จะใช้วินโดว์ขนาด 3*3 ภายในวินโดว์ดังกล่าวจะประกอบไปด้วยจุดต่าง ๆ ตั้งแต่ X0-X9 ดังรูปที่ 4.2 โดยมีจุด X0 เป็นจุดที่เราพิจารณาถึง จุด X0 นี้เปลี่ยนแบบวนรอบไปจนครบทุกจุดภาพ ขณะที่แต่ละจุดภาพมีตำแหน่งเป็น X0 ก็จะมีการหาค่า X0 นั้นใหม่ด้วยสมการ 3.1

$$X0=\left(\frac{1}{9}\right)\sum_{i=0}^{8}(x_i) \qquad \text{.....(3.1)}$$

X4	X3	X2
X5	X0	X1
X6	X7	X8

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของ วินโดว์ขนาด 3*3

3.4 การทำให้เป็นภาพขาวดำ (Binarization)

การทำให้เป็นภาพขาวดำ เป็นขั้นตอนการทำให้ภาพระดับเทา เป็นภาพ ขาวดำ โดยอาศัยค่าจากฮิสโทแกรม(histogram) เพื่อกำหนดจุดเทรชโฮล(threshold) ในการแปลงเป็นภาพ ขาวดำ ดังสมการ3.2

$$g(x,y)=\begin{cases}1; & f(x,y)>T\\ 0; & f(x,y)\le T\end{cases} \qquad \text{.....(3.2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f(x,y) คือ ค่าของระดับเทา ของตำแหน่ง x,y

T คือ ค่า เทรชโฮล

g(x,y)คือ ค่าใหม่ที่ได้ของจุด(x,y)

การหาค่าเทรชโฮล

อดีตการเลือกค่าเทรชโฮล นั้นยังต้องใช้มนุษย์ในการทำ กล่าวคือมนุษย์จะเป็นผู้สังเกตดูภาพที่ได้จากการทำภาพให้เป็นภาพขาวดำว่า ค่าเทรชโฮลค่าไหนที่ให้รายละเอียดต่าง ๆ ของภาพได้ชัดเจนที่สุด ก็จะเลือกค่านั้นไปใช้ เป็นที่สังเกตได้ว่ามนุษย์ในยุคต่อ ๆ มาเริ่มตระหนักถึงวิธีการดังกล่าวนั้นใช้เวลามาก อันเนื่องมาจากข้อมูลที่เป็นลายนิ้วมือเริ่มมีจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งยังความผิดพลาดจากการเลือกค่าเทรชโฮล เอง เช่น ปัญหาจากภาพลายนิ้วมือหนึ่ง ที่คนสองคนต่างให้ค่า threshold คนละค่าแล้วบอกว่าของตนเป็นค่าที่ถูกต้อง หรือ คนคนเดียวกันที่ให้ค่าเทรชโฮล มากกว่าหนึ่งค่าซึ่งตัวเขาเองก็ไม่รู้ว่าจะเลือกค่าไหนดี ฉะนั้นจึงเป็นการดีถ้ามีการหาค่าเทรชโฮล อย่างอัตโนมัติ โดยในโครงการนี้จะใช้วิธีการแบ่งภาพออกเป็น 256 ส่วนแล้วแต่ละส่วนจะหาค่าเทรชโฮล โดยการหาค่าเฉลี่ยของระดับความสว่างในแต่ละส่วนคือนำความสว่างในแต่ละส่วนมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในส่วนนั้น ๆ ก็จะได้ค่าเทรชโฮล 256 ค่าใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อทำภาพขาวดำต่อไป

3.5 การทำภาพให้บาง(Thining)

ภายหลังจากที่ได้ภาพขาวดำ(binary image) แล้ว ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยวีธีการจดจำลายนิ้วมือต่าง ๆ นั้นหลาย ๆ ระบบจะมีการทำภาพให้บาง เพื่อให้ภาพนั้นบางลงเป็นรูปเส้นโค้งร่าง(median axis)ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะทำให้วิเคราะห์ภาพได้ง่าย

การทำภาพให้บางโดยใช้วิธีของ ชางและซวน(Thining using Zhang and Suen's method)

ในวิธีของชาง และซวนจะเริ่มด้วยการใช้เทมเพลต(template)ดังรูปที่ 4.3เทมเพลตดังกล่าวจะใช้เพื่อการคอนโวลูชั่น(convolution) เราจะพิจารณาตำแหน่ง P0 และ P0 เป็นจุดภาพสีขาว (1) ในการตรวจสอบจุด P0 ว่าจะเปลี่ยนเป็นสีดำ (0) หรือไม่ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งของเทมเพลตของชาง และ ซวน

ขั้นตอนที่ 1

1. A(P0)=1 2. 1<B(P0)<7
3. P2*P4*P6=0 4. P4*P6*P8=0

ขั้นตอนที่ 2

1. A(P0)=1 2. 1<B(P0)<7
3. P2*P4*P8=0 4. P2*P6*P8=0

A(P0)=นับจุดภาพที่มีคู่ 01 ในทิศทางเดียวกัน

B(P0)=จำนวนจุดภาพที่เป็น 1

ถ้าเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อ ในแต่ละส่วนเป็นจริงทั้งหมด จุดภาพนั้นจะถูกเปลี่ยนจากภาพสีดำเป็นภาพสีขาว โดยจะทำการตรวจสอบจนไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการสิ้นสุดการทำภาพให้บางด้วยวิธีของ ชาง และ ซวน

การทำภาพให้บางดังกล่าวนั้นจะใช้เวลาน้อยเพราะเนื่องมาจากการมี สตรัคเจอร์ เทมเพลท เพียงเทมเพลตเดียว และให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

รูปที่ 3.4 a. การทำขั้นตอนที่ 1 b. การทำขั้นตอนที่ 2 c. ผลการทำให้บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อทำขั้นตอนที่ 1 และ 2 ซ้ำๆกันจนไม่มีจุดภาพกำจัดจึงทำให้ขั้นตอนนี้ ซึ่งมีวิธีเหมือนกับ 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา แต่มีเงื่อนไขดังนี้

1). $N(P_1) = 3$ เมื่อ $N(P_1) = P_2+P_4+P_6+P_8$

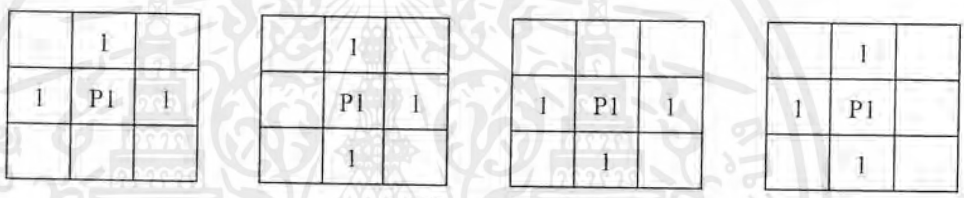
2). $(P_2.P_8 = 1)$ AND $(P_5 = 0)$

3). $(P_2.P_4 = 1)$ AND $(P_7 = 0)$

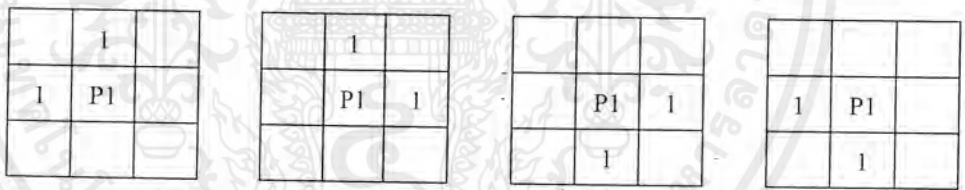
4). $(P_4.P_6 = 1)$ AND $(P_9 = 0)$

5). $(P_6.P_8 = 1)$ AND $(P_3 = 0)$

จุดภาพที่จะถูกกำจัดออกจะต้องตรงกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งขั้นตอนนี้จะกำจัดจุดภาพที่ซ้อนกันในลาย และทางแยก ดังรูปที่ 3.5 จุดภาพ P_1 จะถูกกำจัด



(a) ลักษณะลายช่วงทางแยก



(b) ลักษณะลายทั่วไป

รูปที่ 3.5 ลักษณะการกำจัดในขั้นตอนที่ 3

3.6 การกำจัดเส้นสะพาน(Elimination of bridges)

3.6.1 ทฤษฎีในการกำจัดเส้นสะพาน

ในการประมวลผลภาพที่ผ่านการทำให้บาง จะเห็นได้ว่ามีเส้นสะพานเกิดขึ้น โดยเส้นสะพานจะมีลักษณะเป็นลายสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน ซึ่งเป็นส่วนเกินที่ต้องทำการกำจัดออกไปโดยวิธีติดตามลายเส้นจากการพิจารณาค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่พิจารณาอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

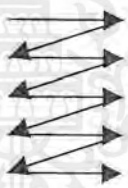
a. b.

รูปที่ 3.6 ลักษณะเส้นสะพาน a. ก่อนการแก้ไข b. หลังการแก้ไข

ในการสแกนหาค่าโทโปโลยีของจุดภาพในรูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จะทำการสแกนจากด้านซ้ายไปขวาและจากด้านบนไปยังด้านล่าง ในการพิจารณาจะเป็นการจำแนกค่าการเชื่อมต่อแบบ4 (4-connectivity) หรือการเชื่อมต่อแบบ 8(8-connectivity) โดยใช้วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3 ครอบบริเวณจุดที่ต้องการหา ซึ่งค่า x_0 , x_1 , x_2 ,... , x_8 มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งจะพิจารณาเมื่อ $x_0 = 1$ เท่านั้น

X4	X3	X2
X5	X0	X1
X6	X7	X8

a.



b.

รูปที่ 3.7 a. วินโดว์ขนาด 3*3

3.7 b. แสดงทิศทางในการสแกนจุดภาพ คือ ทำการสแกนจากด้านซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง

โดยสมการหาค่าโทโปโลยีของจำนวนจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อ มีดังนี้

$$Nc^4 = \sum_{i \in S_1} \left(x_i - x_i x_{i+1} x_{i+2} \right) \qquad \text{.....(3.3)}$$

$$Nc^8 = \sum_{i \in S_1} \left(\bar{x}_i - \bar{x}_i \bar{x}_{i+1} \bar{x}_{i+2} \right) \qquad \text{.....(3.4)}$$

โดยที่ $S_i = (1,3,5,7)$

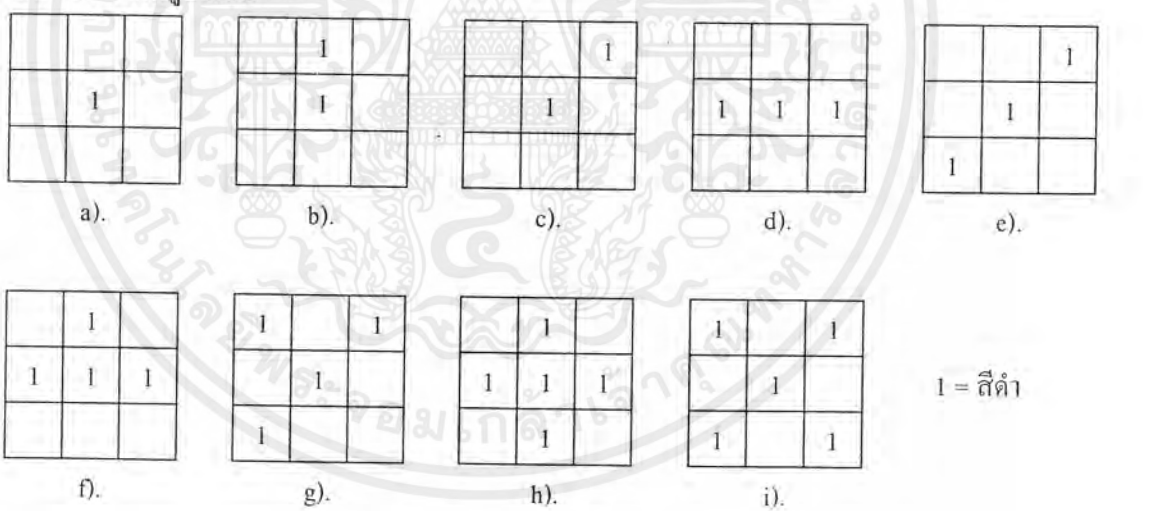
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่าi≥ 9 หรือ i≤ 0 จะถูกเปลี่ยนเป็น i – 8 หรือ i+ 8 ตามลำดับ โดยสามารถแบ่งแยกค่าทางโทโปโลยีได้ดังรูป

ค่าของ Nc^4 หรือNc^8	ค่าโทโปโลยีของจุดภาพ
0	internal(จุดภายใน) หรือ isolate(จุดโดดเดี่ยว)
1	end (จุดปลาย)
2	connect(จุดเชื่อมต่อ)
3	branch(จุดแยก)
4	cross(จุดตัด)

รูปที่ 3.8 ตารางแสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพ

สามารถจำแนกความแตกต่างได้ทุกกรณี โดยที่จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวตั้ง และจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 8 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวนอนตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 a. เทมเพลต 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า Nc^4=0 หรือ Nc^8=0

3.9 b. และ 3.9 c. เทมเพลต 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า Nc^4=1 หรือ Nc^8=1 ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณีรวมทั้งสิ้น 8 กรณี

3.9 d. และ 3.9 e. เทมเพลต 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า Nc^4=2 หรือ Nc^8=2 ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 1 กรณีรวมทั้งสิ้น 4 กรณี

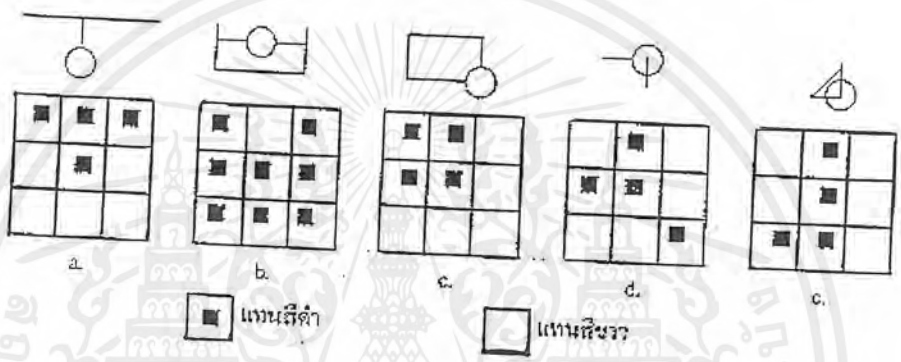
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.9 f. และ 3.9 g. เทมเพลต 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า Nc^4=3 หรือ Nc^8=3 ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณีรวมทั้งสิ้น 8 กรณี

3.9 h. และ 3.9 i. เทมเพลต 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า Nc^4=4 หรือ Nc^8=4 ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณีรวมทั้งสิ้น 8 กรณี

แต่ในทางปฏิบัติ ภาพทางดิจิตอลจะประกอบด้วย จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อทั้ง 2 แบบ จึงไม่สามารถแยกความแตกต่างออกได้ทุกกรณี



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยค่า Nc^4และNc^8

จึงต้องสร้างสมการขึ้นใหม่อีก 2 แบบ คือ

$$Nc^{4'} = \sum_{i \in S_1} \left(x_i - x_i x_{i+1} x_{i+2} \right) \qquad \text{.....(3.5)}$$

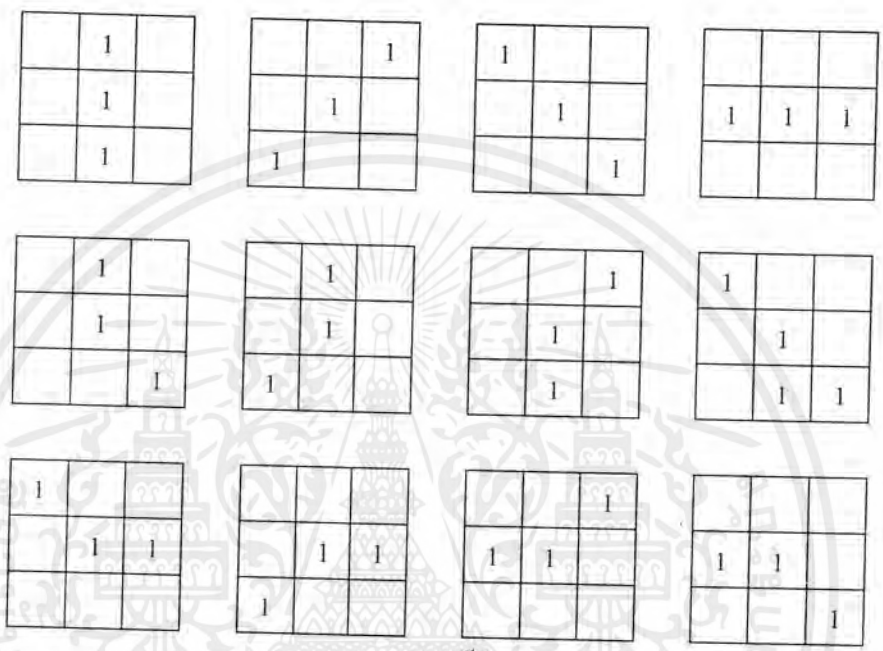
$$Nc^{8'} = \sum_{i \in S_1} \left(\bar{x}_i - \bar{x}_i \bar{x}_{i+1} x_{i+2} \right) \qquad \text{.....(3.6)}$$

โดยที่ S_2 = (2,4,6,8)

36927
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่จำนำมาพิจารณาจะมีอยู่ด้วยกัน 2 จุดคือ จุดแยก และ จุดเชื่อมต่อ ซึ่งจากผลการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ถ้าเราสังเกตจะเห็นเทมเพลตของจุดต่าง ๆซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรแสดงการเชื่อมต่อแบบผสมผสาน (Mixed Connectivity) ระหว่าง Nc^4,Nc^8,$Nc^{4'}$และ$Nc^{8'}$ ดังนี้

จากผลการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เราสังเกตจะเห็นเทมเพลตของจุดเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.11



1 = สีดำ

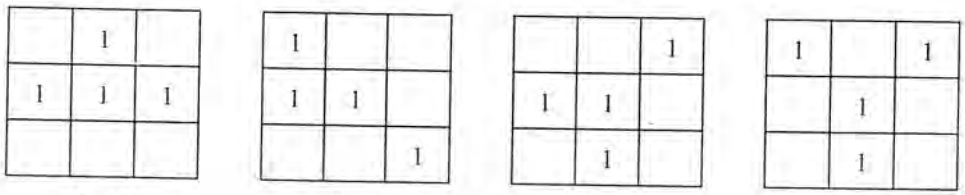
รูปที่ 3.11 เทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อรวมทั้งสิ้น 12 กรณี

จากรูปที่ 3.11 เราสามารถนำมาเขียนเป็นสูตรได้ คือ

จุดเชื่อมต่อ =((Nc^4<>3 and Nc^8=2) and Nc^8<>3)orNc$^{8'}$=2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ถ้าเราสังเกตจะเห็นเทมเพลตของจุดแยกดังรูปที่ 3.12



1= สีดำ

รูปที่ 3.12 แสดงเทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดเส้นกิ่ง ในแต่ละกรณีเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มอย่างละ 4 กรณี รวมทั้งสิ้น 16 กรณี

จากรูปที่ 3.12 สามารถเขียนเป็นสูตรได้ คือ

จุดแยก=(Nc^4=2 and $Nc^{4'}$=1 and $Nc^{8'}$=3) or (Nc^4=1and $Nc^{4'}$=2 and Nc^8=3) or (Nc^4=3 or Nc^8=3 or $Nc^{8'}$=3) or (Nc^4=3 and $Nc^{4'}$=0)or (Nc^4<>0 and ($Nc^{8'}$=2 and $Nc^{4'}$=2))

การหาดัชนีของจุดภาพที่พิจารณาอยู่ สามารถหาได้จากผลรวมของค่าน้ำหนัก(1) ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.13 โดยจะทำการพิจารณาในขณะที่ X_0=1

1	2	4
8	0	16
32	64	128

ค่าน้ำหนักในวินโดว์

a).

1		
	1	
		1

ค่าดัชนี = 0+1+128 = 129

b).

รูปที่ 3.13 a. เทมเพลตขนาดเมตริกซ์ 3*3 ที่มีค่าน้ำหนักต่าง ๆตามตำแหน่งของจุดรอบข้าง X_0=1

3.13 b. ตัวอย่างของการคำนวณหาค่าดัชนี

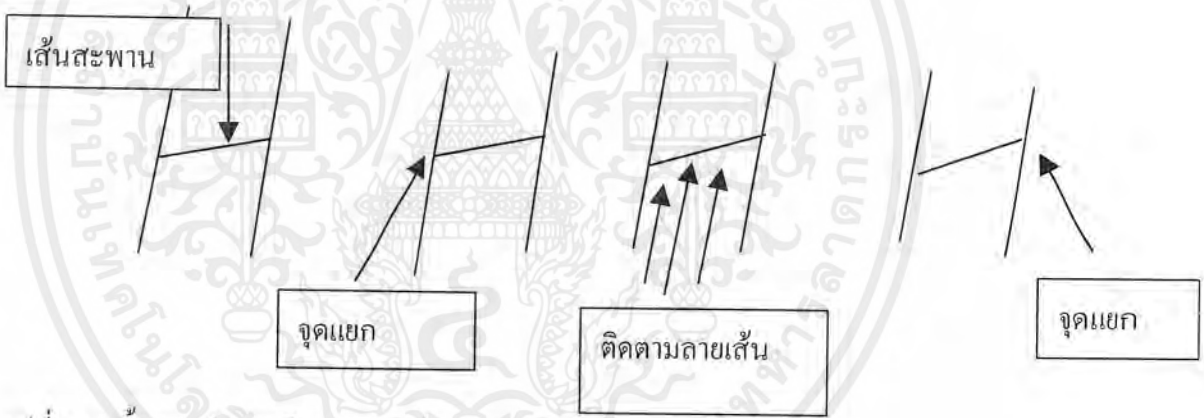
3.6.2 อัลกอลิธึมในการเดินตามลายเส้น

เส้นสะพาน เป็นเส้นที่เชื่อมต่อเส้นสองเส้นที่อยู่ใกล้กัน ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ลักษณะเส้นสะพาน a.ก่อนการแก้ไข b.หลังการแก้ไข

จากรูปที่ 3.14 เราจะสังเกตได้ว่า ที่1. และ 2. จะมีลักษณะเป็นจุดแยก ดังนั้นเราสามารถตัดเส้นสะพานโดยใช้วิธีติดตามลายเส้นโดยนับจำนวนจุดที่อยู่ระหว่างจุด 1 และ 2 ถ้ามีจำนวนน้อยกว่าจำนวนที่กำหนด ให้ลบเส้นสะพานนั้น โดยมีขั้นตอนในการติดตามลายเส้นอย่างคร่าว ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.15

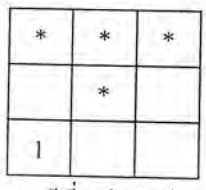


รูปที่ 3.15 ขั้นตอนในการติดตามลายเส้น

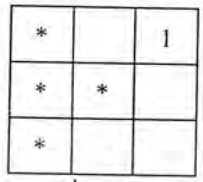
ในการเดินตามลายเส้นนี้ เริ่มแรกเราจะสแกนหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามรูปที่ 3.15 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าจะมีเลข 1, 2 และ 3 โดยค่าตัวเลขเหล่านี้จะแสดงถึงทิศทางที่ใช้ในการติดตามลายเส้น โดยจะมีทั้งหมด 3 ทิศทาง กล่าวคือ ทิศทางที่ 1, ทิศทางที่ 2 และทิศทางที่ 3 หลังจากนั้นจึงแยกพิจารณาทีละทิศทาง โดยมีขั้นตอนในการติดตามลายเส้นสะพานอย่างคร่าว ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

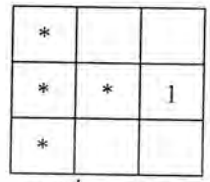
อัลกอลิธึมในการตัดเส้นสะพาน จะมีขั้นตอนแบ่งเป็น 3 รอบด้วยกัน คือ



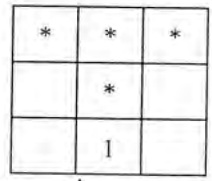
กรณีที่1 ค่าดัชนี 39



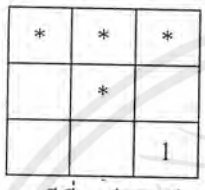
กรณีที่2 ค่าดัชนี 45



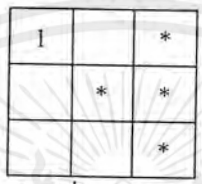
กรณีที่ 3 ค่าดัชนี 57



กรณีที่ 4 ค่าดัชนี 71

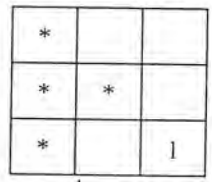


กรณีที่ 5 ค่าดัชนี 135

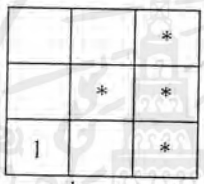


กรณีที่ 6 ค่าดัชนี 145

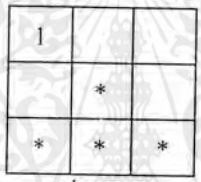
กรณีที่ 7 ค่าดัชนี 156



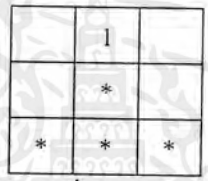
กรณีที่ 8 ค่าดัชนี 169



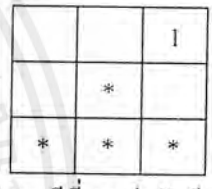
กรณีที่ 9 ค่าดัชนี 180



กรณีที่ 10 ค่าดัชนี 225



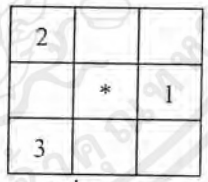
กรณีที่ 11 ค่าดัชนี 226



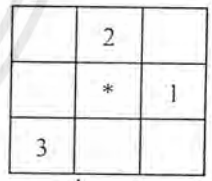
กรณีที่ 12 ค่าดัชนี 228

กรณีที่ 13 ค่าดัชนี 26

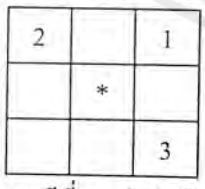
กรณีที่ 14 ค่าดัชนี 27



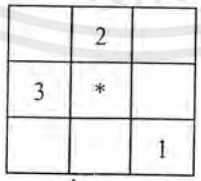
กรณีที่ 15 ค่าดัชนี 49



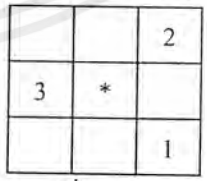
กรณีที่ 16 ค่าดัชนี 50



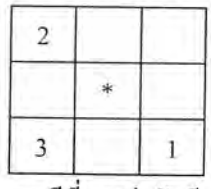
กรณีที่ 17 ค่าดัชนี 69



กรณีที่ 18 ค่าดัชนี 76

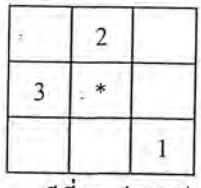


กรณีที่ 19 ค่าดัชนี 81

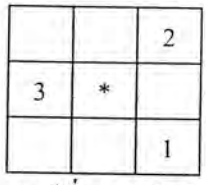


กรณีที่ 20 ค่าดัชนี 88

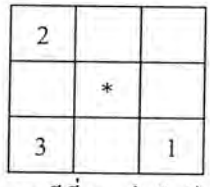
กรณีที่ 21 ค่าดัชนี 133



กรณีที่ 22 ค่าดัชนี 138

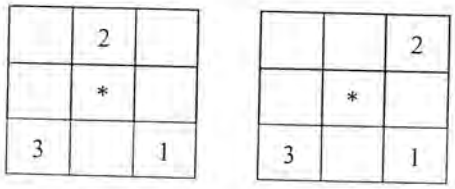


กรณีที่ 23 ค่าดัชนี 140



กรณีที่ 24 ค่าดัชนี 161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* = สีของวัตถุ

1 = ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 1

2 = ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2

3 = ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 3

รูปที่ 3.16 เทมเพลตจุดแยกที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้น

3.6.2.1 รอบที่ 1 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 1

3.6.2.1.1 หาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 1-26 ตามรูปที่ 3.16 กำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่ง 1 ของเทมเพลตเป็นค่าโคออร์ดิเนต X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น (line following)ตามรูปที่ 3.15

3.6.2.1.2 ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น X_0 ในวินโดว์ 3*3 เพื่อหาจุดถัดไปเพื่อทำการติดตามลายเส้นไปเรื่อย ๆ

3.6.2.1.3 ทำตามขั้นตอนที่ 1, 2 ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งพบจุดแยก

3.6.2.1.4 หาผลต่างของจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2 ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าจำนวนครั้งที่กำหนด ให้ทำการลบจุดภาพในตำแหน่งจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2 ถ้าผลต่างมีค่ามากกว่าจำนวนครั้งที่ได้กำหนดไว้ให้กลับไปเริ่มทำข้อที่ 3.6.2.1

3.6.2.1.5 ให้กระทำจนครบทุกจุดภาพในภาพ

3.6.2.2รอบที่ 2 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2

ทำตามข้อที่ 3.6.2.1.1-3.6.2.1.5 แต่เปลี่ยนข้อที่ 3.6.2.1.1 จากการหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 1-26 ตามรูปที่ 3.16 มาเป็นการหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามรูปที่ 13-26 ตามรูปที่ 3.16 และกำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 2 ของเทมเพลต เป็นค่า X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 แล้วทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น ส่วนข้อที่ 3.6.2.1.2-3.6.2.1.5 นั้นคงเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

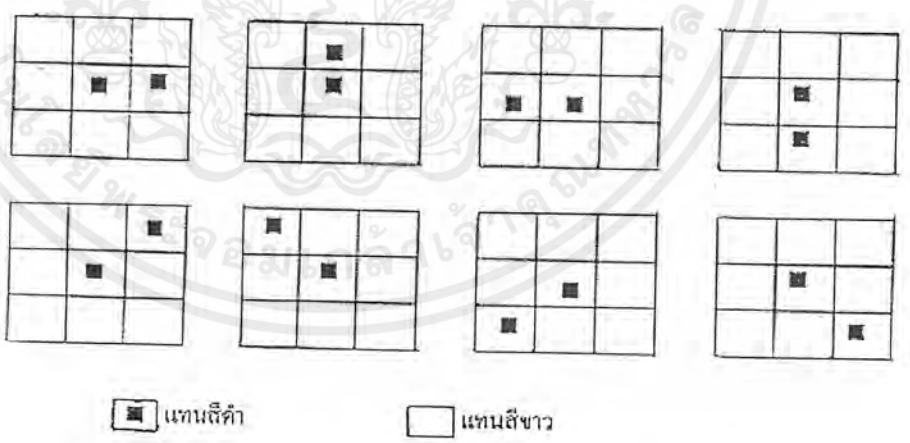
3.6.2.3รอบที่ 3 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 3

ทำตามข้อที่ 3.6.2.3.1-3.6.2.3.5 แต่เปลี่ยนข้อที่ 3.6.2.3.1 จากการหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 1-26 ตามรูปที่ 12 มาเป็นการหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 13-26 ตามรูปที่ 3.16 และกำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 3 ของเทมเพลตเป็นค่า X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 แล้วทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น ส่วนข้อที่ 3.6.2.3.2-3.6.2.3.5 นั้นคงเดิม

3.7 การกำจัดเส้นกิ่ง(Elimination of branches)

3.7.1ทฤษฎีในการกำจัดเส้นกิ่ง

ในการประมวลผลรูปภาพโดยทั่วไป จากการวิเคราะห์รูปภาพที่ได้จากการผ่านการทำลายเส้นให้บางจากอัลกอลิธึมแบบต่าง ๆ จะได้เห็นได้ว่ามีเส้นกิ่งเกิดขึ้น ซึ่งเส้นกิ่งนี้ เราจะนิยามให้เป็นส่วนเกิน ที่เราจะต้องทำการกำจัดออกไปโดยวิธีติดตามลายเส้น โดยในระหว่างที่ทำการติดตามลายเส้น ก็จะพิจารณาคุณสมบัติทางโทโปโลยีของจุดภาพบนลายเส้นนั้น โดยการพิจารณาเทมเพลตขนาดเมตริกซ์ 3*3 ที่ครอบจุดภาพนั้นไว้ โดยโทโปโลยีในการกำจัดเส้นกิ่งดูได้จากเรื่องการกำจัดเส้นสะพาน โดยใช้โทโปโลยีเพื่อหาจุดปลายเมื่อได้จุดปลายแล้วก็ใช้อัลกอลิธึมในการติดตามลายเส้นเพื่อกำจัดเส้นกิ่งต่อไป โดยมีเทมเพลตของจุดปลายดังนี้



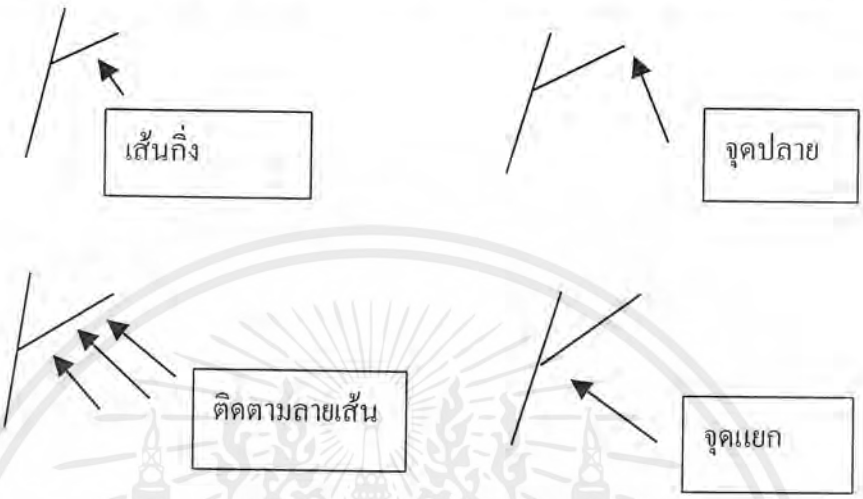
รูปที่ 3.17 เทมเพลต 3*3 ที่แสดงถึงจุดปลายรวมทั้งสิ้น 8 กรณี

3.7.2 อัลกอลิธึมในการติดตามลายเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.1 สแกนหาจุดปลายในภาพ

3.7.2.2 ตั้งค่าโคออร์ดิเนตของจุดปลาย เป็นค่าของ X0 ที่อยู่ภายในวินโดว์ 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น (line following) ตามรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 3.18 ลักษณะการติดตามลายเส้น

3.7.2.3 กลับไปทำตามขั้นตอนที่ 3 ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งพบจุดแยก

3.7.2.4 หาผลต่างของจุดปลายกับจุดแยก ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งค่าการนับจุด (ในที่นี้ ค่าการนับจุด เป็นค่าที่กำหนดจำนวนจุดที่ใช้ในการติดตามลายเส้นของจุดภาพที่อยู่ระหว่างจุดแยกกับจุดปลาย) ให้ทำการลบจุดภาพในตำแหน่งจุดปลายจนมาถึงจุดแยก ถ้าผลต่างมีค่ามากกว่าค่าที่ ตั้งค่าไว้ให้กลับไปทำข้อที่ 3.7.2.1

3.7.2.5 ให้กระทำจนครบทุกจุดภาพในภาพ

3.8 การหาจุดศูนย์กลางของภาพ

3.8.1 ขั้นตอนการกำหนดทิศทางของภาพ (Orientation Image)

การกำหนดทิศทางของภาพจะแสดงถึงลักษณะที่สำคัญของภาพลายนิ้วมือและการกำหนดค่าตำแหน่งที่คงที่สำหรับสันและร่องในบริเวณใกล้เคียง โดยการพิจารณารายละเอียดของทิศทางของภาพลายนิ้วมือ จากการทดลองได้ศึกษาถึงอัลกอลิธึมโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดยกกำลังสองโดยประมาณของการกำหนดทิศทาง โดยให้ภาพที่ผ่านการนอร์มัลไลซ์แล้วเป็น G ขั้นตอนหลักของอัลกอลิธึมแสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1.1 แบ่ง G เป็นบล็อกขนาด w x w (16 x 16)

3.8.1.2 คำนวณค่าแกรเดียนท์ $\partial_x(i,j)$ และ $\partial_y(i,j)$ ของแต่ละพิเซล (i,j) ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการในการคำนวณ

3.8.1.3 ทำการประมาณการกำหนดทิศทางบริเวณใกล้เคียงของแต่ละศูนย์กลางของบล็อกที่พิเซล (i,j) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$_x(i,j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2}\sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} 2\partial_x(u,v)\partial_y(u,v), \qquad (3.7)$$

$$_y(i,j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2}\sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} (\partial_x{}^2(u,v) - \partial_y{}^2(u,v)), \qquad (3.8)$$

$$\theta(i,j) = \frac{1}{2}tan^{-1}\left(\frac{V_y(i,j)}{V_x(i,j)}\right), \qquad (3.9)$$

โดยที่ $\theta(i,j)$ เป็นค่ายกกำลังสองที่ต่ำที่สุดโดยประมาณของการกำหนดทิศทางใกล้เคียงของสันที่ศูนย์กลางของบล็อก ณ.ตำแหน่ง (i,j) ซึ่งแสดงถึงทิศทางและเป็นอัลกอลิธึมในการกำหนดทิศทางที่สำคัญของฟูเรียร์สเปกตรัมของบล็อค w x w

3.8.1.4 เนื่องจากมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นกับลายนิ้วมือ ได้แก่ โครงสร้างของสันและร่องมีส่วนที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น, ลักษณะลายอื่นๆ ทำให้การประมาณทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียง $\theta(i,j)$ ไม่ถูกต้องเสมอไป เนื่องจากการกำหนดทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆในบริเวณที่ใกล้เคียงโดยไม่มีจุดเด่นปรากฏขึ้น ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถที่จะใช้ในการปรับปรุงทิศทางที่ไม่ถูกต้องของสันบริเวณใกล้เคียงได้ ในการใช้ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านนั้น ภาพที่กำหนดทิศทางแล้วจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกลับไปในรูปแบบของเวกเตอร์ที่ต่อเนื่อง ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

$$\Phi_x(i,j) = cos(2\theta(i,j)), \text{ and} \qquad (3.10)$$
$$\Phi_y(i,j) = sin(2\theta(i,j)), \qquad (3.11)$$

โดยที่ δ_x และ δ_y คือ ส่วนประกอบ x และ y ของพื้นที่ที่แสดงเวกเตอร์ตามลำดับ โดยใช้ผลจากพื้นที่ของเวกเตอร์ ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถเขียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Phi_x'(i,j) = \sum_{u=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{v=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} W(u,v)\Phi_x(i-uw, j-vw) \qquad (3.12)$$

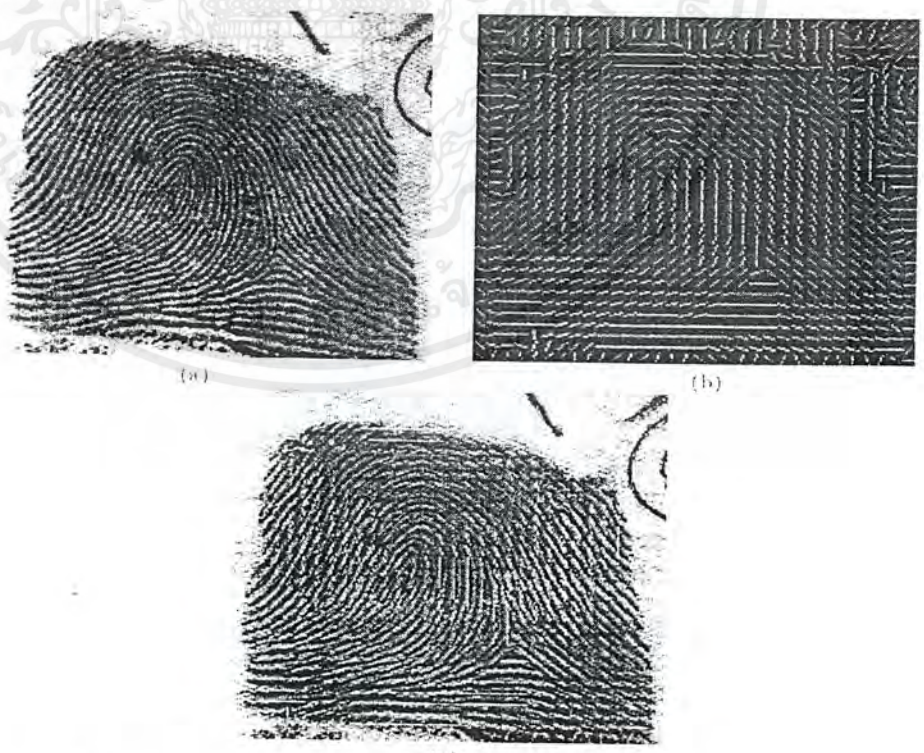
$$\Phi_y'(i,j) = \sum_{u=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{v=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} W(u,v)\Phi_y(i-uw, j-vw) \qquad (3.13)$$

โดยที่ W คือฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านแบบ 2 มิติโดยจำนวนเต็มและ $\omega_\Phi \times \omega_\Phi$ คือขนาดของฟิลเตอร์ เพื่อให้การใช้งานทำให้ภาพออกมาเรียบที่สุด ขนาดของฟิลเตอร์ที่ใช้ควรจะเป็น 5 x 5

3.8.1.5 คำนวณทิศทางของสันที่อยู่ใกล้กัน ณ. ตำแหน่ง (i,j) โดยใช้

$$O(i,j) = \frac{1}{2}\tan\left(\frac{\Phi'_y(i,j)}{\Phi'_x(i,j)}\right) \qquad (3.14)$$

จากอัลกอลิธึมนี้ ทำให้การประมาณค่าของพื้นที่ที่มีการกำหนดทิศทางทำได้ดีขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 3.19 เป็นตัวอย่างของภาพที่ผ่านการหาทิศทางโดยใช้อัลกอลิธึมนี้



รูปที่ 3.19 แสดงภาพของลายนิ้วมือที่ผ่านการหาทิศทางของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ขั้นตอนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากลายนิ้วมือที่สแกนเข้ามาแต่ละครั้งนั้นจะมีตำแหน่งที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ต้องผ่านขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือภาพนั้นๆเสียก่อนเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการหมุนภาพเพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าลายนิ้วมือแต่ละรูปนั้นเป็นลายเดียวกันหรือไม่

ซึ่งในขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือนั้น ได้พิจารณารูปโครงสร้างของลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการทำทินนิ่งแล้ว โดยพิจารณาค่าในเมตริกซ์ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.8.2.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือ (Center Point)

เราจะกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือเป็นจุดที่มีความโค้งมากที่สุดของภาพลายนิ้วมือ ในการหาจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือ (x_c,y_c)จะใช้อัลกอลิธึมในการหาจุดคอร์ (Core) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

3.8.2.1.1ทำการประมาณพื้นที่ในการกำหนดทิศทาง O โดยใช้อัลกอลิธึมการประมาณค่าการกำหนดทิศทางโดยใช้พื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีค่าน้อยที่สุด พื้นที่ที่ใช้ในการกำหนดทิศทาง O ถูกกำหนดเป็นภาพขนาด N x N โดยที่ O(i,j) คือการกำหนดทิศทางสันของภาพในบริเวณใกล้เคียงที่ตำแหน่งของพิเซล(i,j) โดยภาพจะถูกแบ่งออกเป็นบล็อคที่มีขนาด w x w โดยไม่มีการซ้อนทับกันและเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละหน้าต่าง

3.8.2.1.2ทำให้พื้นที่ที่มีการกำหนดทิศทางในบริเวณใกล้เคียงนั้นมีความเรียบมากขึ้นโดยแสดงค่าได้เป็น O'

3.8.2.1.3กำหนดค่าเริ่มต้น A เป็นภาพที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งจุดคอร์ของภาพ

3.8.2.1.4สำหรับแต่ละพิเซล (i,j) ใน O' คำนวณค่าดัชนีของจุดที่เราสนใจ (Point Care)และกำหนดให้ตำแหน่งพิเซลที่เหมือนกันใน A มีค่าเป็น 1 ถ้าดัชนีของจุดที่สนใจทีค่าเป็น ½ ดัชนีของจุดที่เราสนใจ ณ.พิเซล (i,j) ประกอบไปด้วยเส้นโค้งดิจิตอลซึ่งทำการคำนวณค่าได้ดังนี้
โดยที่ $\Psi_x(.)$ และ $\Psi_y(.)$ คือ โคออร์ดิเนต x และ y ของเส้นโค้งดิจิตอลแบบปิดด้วย N_Ψ พิเซล

$$Point\ care'(i,j) = \frac{1}{2\pi}\sum_{k=0}^{N_\Psi}\Delta(k), \qquad (3.15)$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \delta(k), & if\ |\delta(k)| < \frac{\pi}{2} \\ \pi + \delta(k), & if\ \delta(k) \le -\frac{\pi}{2} \\ \pi - \delta(k), & otherwise, \end{cases} \qquad (3.16)$$

$$\delta(k) = O'(\Psi_x(i'),\Psi_y(i')) - O'(\Psi_x(i),\Psi_y(i)) \qquad (3.17)$$

$$i' = (i+1) \bmod N_\Psi \qquad (3.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2.1.5หาองค์ประกอบที่ต่อถึงกันใน A ถ้าพื้นที่ขององค์ประกอบที่ต่อถึงกันมีค่ามากกว่า 7 แล้ว จะพบจุดคอร์ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางขององค์ประกอบที่ต่อถึงกัน แต่ถ้าพื้นที่ขององค์ประกอบที่ต่อถึงกันมีค่ามากกว่า 20 แล้วจุดคอร์ 2 จุดจะพบ ณ.ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางขององค์ประกอบที่ต่อถึงกัน

3.8.2.1.6ถ้าพบจุดคอร์มากกว่า 2 จุด ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 3.8.2.1.2 ใหม่

3.8.2.1.7ถ้ามีจุดคอร์มากกว่า 2 จุด จุดศูนย์กลางจะกำหนดให้เป็นตำแหน่งของจุดคอร์ที่มีค่า x ต่ำกว่า (คอร์ที่อยู่ด้านบน) ถ้ามีจุดคอร์แค่จุดเดียว จุดศูนย์กลางก็จะกำหนดเป็นตำแหน่งของจุดคอร์จุดนั้น

8.ถ้าไม่มีจุดคอร์ถูกค้นพบ ทำการคำนวณเมตริกซ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยกันของพื้นที่เวกเตอร์ในบริเวณใกล้เคียง (q x q) ณ. แต่ละจุดในพื้นที่ที่มีการกำหนดทิศทาง กำหนดรูปแบบของภาพเป็น *F* ด้วยค่าที่มากที่สุดของเมตริกซ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยกันสำหรับแต่ละพิเซลในภาพที่ทำการกำหนดทิศทาง จุดคอร์ที่ถูกค้นพบ ณ. จุดศูนย์กลางขององค์ประกอบที่ต่อถึงกันที่ใหญ่ที่สุดของภาพที่มีการจัดระดับเทรดโฮลด์ (Thresholded) ของ *F* และจุดศูนย์กลางจะถูกกำหนดเป็นตำแหน่งของจุดคอร์

3.9 ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ (Minutiaes)

คุณลักษณะหรือลักษณะเด่นซึ่งถูกใช้สำหรับการพิสูจน์ลายนิ้วมือ เรียกว่า "ลักษณะโดดเด่น" ของลายนิ้วมือ (Minutiae) ซึ่งลักษณะโดดเด่นดังกล่าวนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ที่พบเห็นโดยส่วนมากได้แก่ End , Bifurcation , Island , Lake และ Dot นอกจากนี้ ยังมีลายอื่นๆที่พบเห็นได้ไม่บ่อยนัก ได้แก่ Back , Bridge , Diagonal , X หรือ Trifurcation , Hook , Break , Diversion , Delta หรือ Double bifurcation แต่สำหรับลายที่เราจะให้ความสำคัญนั้น มีอยู่ 2 ลายเท่านั้น คือ Bifurcation ทั้งนี้ก็เพราะว่าเป็นลายที่พบเห็นได้บ่อยมากที่สุดและตำแหน่งของการเกิดลายนิ้วมือที่สำคัญของแต่ละบุคคลนั้นแน่นอนว่าจะไม่เกิดที่ตำแหน่งเดียวกัน จึงได้ทำการหาตำแหน่งของลายที่สำคัญนี้เพื่อนำไปทำการอ้างอิงในการจำแนกลายนิ้วมือต่อไป ซึ่งหลักการในการหาลักษณะเด่น **จุดแยก** = ($Nc^4 = 2$ and $Nc^{4'} = 1$ and $Nc^{8'} = 3$) or ($Nc^4 = 1$ and $Nc^{4'} = 2$ and $Nc^8 = 3$) or ($Nc^4 = 3$ or $Nc^8 = 3$ or $Nc^{8'} = 3$) or ($Nc^4 = 3$ and = $Nc^{4'} = 0$) or ($Nc^4 \neq 0$ and ($Nc^{8'} = 2$ and $Nc^{4'} = 2$))

โดยลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่พบเห็นแสดงได้ดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 12: Three ridge tracking directions.

รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะเด่นที่สำคัญของลายนิ้วมือ

3.10 ขั้นตอนการตรวจเทียบลายนิ้วมือ

เมื่อทำการหาลักษณะโดดเด่นของลายนิ้วมือและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือได้แล้ว ต่อไปก็เป็นขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการอ้างอิง และทำการตรวจสอบลายนิ้วมือออกมาว่า ลายนิ้วมือที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์นั้นเป็นของบุคคลใด โดยใช้จุดศูนย์กลางที่ได้เป็นจุดอ้างอิงภาพ แล้วทำการเปรียบเทียบลักษณะโดดเด่นของภาพแต่ละภาพที่หาได้ว่าตรงกับฐานข้อมูลซึ่งเป็นภาพลายนิ้วมือของบุคคลใด โดยมีหลักการในการตรวจสอบดังนี้ คือ

3.10.1การตรวจสอบแบบยืดหยุ่น

การตรวจสอบข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบกับฐานข้อมูลนั้น ทำได้โดยการจับคู่กลุ่มของลักษณะโดดเด่นที่หาไว้แล้ว แต่ละลักษณะเด่นของลายนิ้วมือจะถูกตรวจสอบกับฐานข้อมูลซึ่งมี 3 ขั้นตอนในการที่จะทำการเปรียบเทียบข้อมูล นั่นคือ การลงทะเบียน การจับคู่ลักษณะโดดเด่น และการตรวจสอบคะแนนที่ได้ทำการคำนวณเอาไว้ ซึ่งทั้ง 3 ขั้นตอน จะมีรายละเอียดดังนี้

การลงทะเบียน

เพื่อที่จะทำการตรวจสอบกลุ่มของจุด 2 จุดกับทิศทาง , สเกล และการเปลี่ยนแปลงซึ่งยังไม่ทราบค่า กลุ่มจุด 2 จุดนั้นจะต้องถูกทำการลงทะเบียนก่อนเป็นขั้นตอนแรก ทิศทาง , สเกล และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรจะถูกประมาณค่าขึ้นโดยการใช้รูปแบบโดยทั่วไปของฮิ้วก์ทรานสฟอร์ม (Hough Transform)

อินพุทที่จะใช้ในอัลกอลิธึมของการลงทะเบียนนั้นประกอบด้วยกลุ่มของจุดลักษณะโดดเด่นที่สำคัญ 2 กลุ่มด้วยกัน นั่นก็คือ P และ Q ซึ่งได้มาจากภาพลายนิ้วมือ โดยมีสมการที่ใช้ดังนี้ คือ

$$P = \{(p_x^1, p_y^1, \alpha^1), \ldots (p_x^P, p_y^P, \alpha^P)\},\ Q = \{(q_x^1, q_y^1, \beta^1), \ldots (q_x^Q, q_y^Q, \beta^Q)\}, \qquad (3.19)$$

โดยที่ $|P| = P$, $|Q| = Q$ และ $\{(p_x^i, p_y^i, \alpha^i)$ คือ รายละเอียด 3 อย่าง (ตำแหน่งที่บอกถึงระยะทาง , การกำหนดทิศทาง) ที่สัมพันธ์กันกับลักษณะเด่นที่ i^{th} ในกลุ่ม P ซึ่งเรากำหนดให้ภาพลายนิ้วมือภาพที่ 2 สามารถแสดงได้ในลักษณะของการเปลี่ยนรูป (การหมุน , สกล และการเปลี่ยนแปลง) ไปยังภาพแรก กลุ่มของจุดที่ 2 นั่นคือ Q จะถูกหมุน , ถูกกำหนดระยะทางและถูกเปลี่ยนค่าจากกลุ่ม P โดยที่จุดอาจจะถูกเลื่อนค่าโดยสัญญาณรบกวนแบบอิสระ บางจุดอาจจะถูกเพิ่มและบางจุดอาจจะถูกลบออกไป รูปที่ 3.21 แสดงถึงภาพที่แตกต่างกัน 2 ภาพซึ่งมาจากลายนิ้วมือเดียวกันและกลุ่มลักษณะเด่นที่ได้ปรากฏอยู่ในแต่ละภาพ สิ่งที่ยากสำหรับการลงทะเบียนก็คือ การที่จะกู้การเปลี่ยนแปลงที่ไม่ทราบมาก่อนนี้กลับคืนมา ขณะที่ยังไม่ทราบว่าทั้งสองภาพนั้นเป็นภาพเดียวกันหรือไม่ (นั่นคือ ภาพนั้นมาจากลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่) เราต้องพยายามหาการเปลี่ยนแปลงที่ดีที่สุด ซึ่งเมื่อมีการใช้การเปลี่ยนรูปเป็นจุดลักษณะเด่นที่สำคัญของกลุ่ม P ซึ่งเหมือนกับกลุ่มเหล่านี้ ที่อาจจะมีการซ้อนทับกันกับจุดลักษณะเด่นจากกลุ่ม Q จุด 2 จุดที่ซ้อนทับกันถูกพิจารณาว่าตรงกันถ้ามีทิศทางเดียวกัน ซึ่งอาจจะมีจุดเด่นในแต่ละกลุ่มซึ่งไม่ตรงกันกับจุดในกลุ่มอื่นๆ

โดยปกติแล้ว ฮิ้วก์ทรานสฟอร์มสำหรับทิศทางของเส้นสามารถครอบคลุมไปถึงจุดที่จะทำการตรวจสอบได้ การแยกกลุ่มที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงและสำหรับแต่ละการเปลี่ยนแปลงนั้นคะแนนสำหรับการตรวจสอบจะถูกคำนวณขึ้น โดยที่การเปลี่ยนแปลงของคะแนนสูงสุดจะถือเป็นตำแหน่งที่ถูกต้อง ซึ่งทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ $F_s,\theta,\Delta x, \Delta y : R^2 \rightarrow R^2$ ได้ดังนี้

$$F_{s,\theta,\Delta x,\Delta y}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = s\begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}, \qquad (3.20)$$

โดยที่ s , θ, และ $(\Delta x, \Delta y)$ คือระยะทาง , การหมุน และการเลื่อนของตัวแปรตามลำดับ ที่ว่างของการเปลี่ยนรูปซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ $(s,\theta,\Delta x, \Delta y)$ โดยที่แต่ละตัวแปรจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

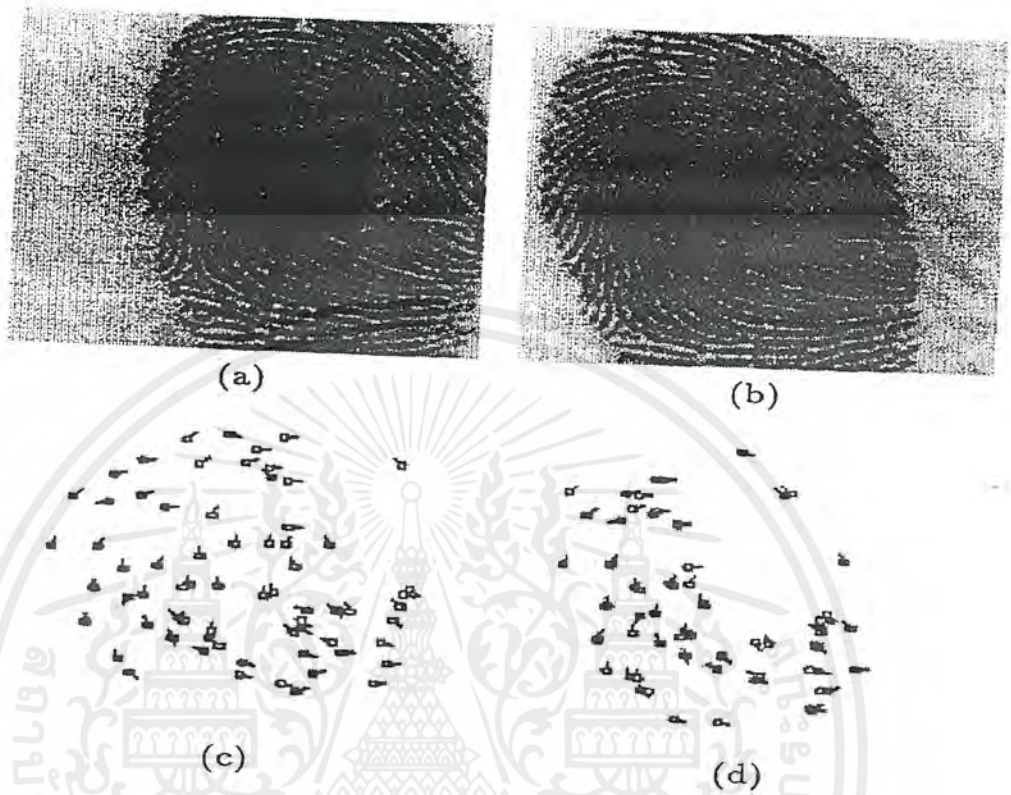
แยกไปเป็นกลุ่มที่มีค่าที่จำกัด : $s \in \{s_1,...,s_K\}$, $\theta \in \{\theta_1,..., \theta_L\}$, $\Delta x \in \{\Delta x_1,..., \Delta x_M\}$ และ $\Delta y \in \{\Delta y_1,..., \Delta y_N\}$

คะแนนที่เกิดจากการตรวจสอบสำหรับการเปลี่ยนรูปจะถูกสะสมในรูปของอาร์เรย์ A โดยที่ $A(k,l,m,n)$ จะถูกนับอย่างชัดเจนสำหรับการเปลี่ยนรูป $Fs_k\theta_l, \Delta x_m, \Delta y_n$ อาร์เรย์ A จะถูกใส่ค่าดังนี้ คือ สำหรับแต่ละคู่ (p,q) โดยที่ $p = (p_x^i, p_y^i)$ คือจุดในกลุ่ม P และ $q = (q_x^j, q_y^j)$ คือ จุดในกลุ่ม Q ซึ่งสามารถที่จะหาการเปลี่ยนรูปที่เป็นไปได้จาก p ไปยัง q และการเพิ่มขึ้นของหลักฐานสำหรับการเปลี่ยนรูปในอาร์เรย์ A (ดูรูปที่ 3.22) สำหรับทุกๆคู่ของค่า (s_k, θ_l) ซึ่งเป็นการเลื่อนของเวกเตอร์ $(\Delta x, \Delta y)^t$ ซึ่ง $Fs_k\theta_l, \Delta x_m, \Delta y_n (p) = q$ และหาได้จาก

$$\begin{pmatrix}\Delta x \\ \Delta y\end{pmatrix} = q - s_k \begin{pmatrix}\cos\theta_l & \sin\theta_l \\ -\sin\theta_l & \cos\theta_l\end{pmatrix} p \qquad (3.21)$$

ค่า Δx และ Δy จำเป็นต้องถูกทำการควอนไตซ์ไปยังค่าที่ใกล้เคียงที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับ Δx_m และ Δy_n ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาสำหรับการเปลี่ยนรูปแบบฮิวก์ทรานสฟอร์มเพื่อที่จะคำนวณการลงคะแนนเสียงซึ่งไม่เฉพาะรูปแบบที่ถูกต้อง $A(k,lm,n)$ เท่านั้นแต่ยังรวมไปถึงบริเวณที่ใกล้เคียงที่สุดด้วย ผลของการนำอัลกอลิธึมการลงทะเบียนไปใช้งานโดยกลุ่มของลักษณะเด่นของรูปที่ 3.21 (c). ถูกแสดงในรูปที่ 3.21 (d). ในรายละเอียดข้างบน เราจะไม่สนใจทิศทางของจุดที่เป็นลักษณะเด่นซึ่งสามารถที่จะแยกกันได้โดยการตรวจสอบถ้าทิศทางของ p, เมื่อถูกหมุนโดย θ_l องศา , คือทิศทางเดียวกันกับ q อัลกอลิธึมที่สมบูรณ์แสดงในรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ภาพ 2 ภาพที่มาจากลายนิ้วมือเดียวกันและมีการวางทับกันของกลุ่มจุดที่เป็นลักษณะเด่น

a). ภาพแรก b). ภาพที่สอง

c). การวางทับกันของจุดที่เป็นลักษณะเด่นก่อนการลงทะเบียน

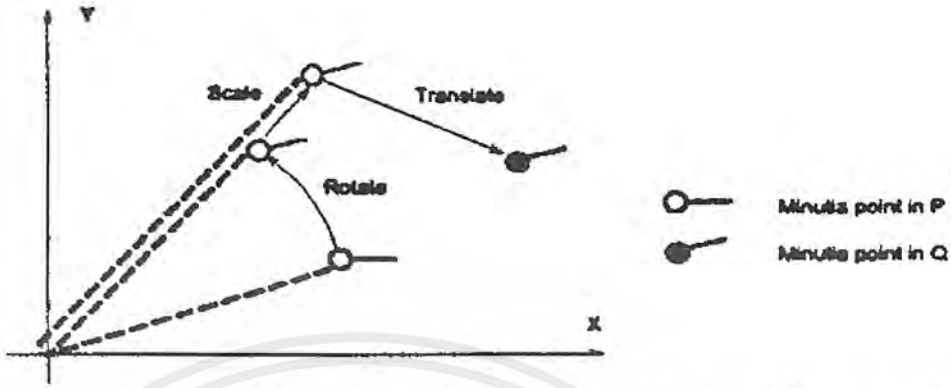
d).การวางทับกันของจุดที่เป็นลักษณะเด่นหลังการลงทะเบียน

3.10.2 คู่ของลักษณะเด่นที่สำคัญ

หลังจากการลงทะเบียนกลุ่มของจุด 2 จุดแล้ว ลักษณะเด่นจะต้องถูกจับคู่ 2 ลักษณะเด่นนี้หมายถึง การจับคู่หรือการตรวจสอบถ้าส่วนประกอบหรือรายละเอียด (x,y, θ) เท่ากันหลังจากการลงทะเบียน ผลจาก 3 สถานการณ์นี้แสดงในรูปที่ 3.24

1.ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่เป็นฐานข้อมูลตรงกับลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่สอบถามในทุกๆองค์ประกอบ (การจับคู่ลักษณะเด่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การใช้งานของการเปลี่ยนรูปที่เหมือนกันไปยังจุดที่เป็นลักษณะเด่น

PROCEDURE Hough

$A(k,l,m,n) := 0,\ k=1,\ldots,K;\ l=1,\ldots,L;\ m=1,\ldots,M;\ n=1,\ldots,N$

FOR $(p_x, p_y, \alpha) \in P$ DO

FOR $(q_x, q_y, \beta) \in Q$ DO

FOR $\theta \in \{\theta_1, \ldots, \theta_L\}$ DO

IF $\alpha + \theta = \beta$ THEN

FOR $s \in \{s_1, \ldots, s_L\}$ DO

$$\begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} q_x \\ q_y \end{pmatrix} - s_k \begin{pmatrix} \cos\theta_l & \sin\theta_l \\ -\sin\theta_l & \cos\theta_l \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix}$$

Add evidence for $Fs_k, \theta_l, \Delta x, \Delta y$

END FOR

END IF

END FOR

END FOR

END FOR

Result := $\arg\max_{k,l,m,n} A(k,l,m,n)$

END PROCEDUR

รูปที่ 3.23 อัลกอลิธึมของการลงทะเบียน

2.ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่เป็นฐานข้อมูลตรงกับลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่สอบถามในโคออร์ดิเนต x และ y แต่ไม่ตรงกันในทิศทาง (ลักษณะเด่นไม่ตรงกับมุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม่มีลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่เป็นฐานข้อมูลตรงกับลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่สอบถาม (ลักษณะเด่นไม่ตรงกัน)

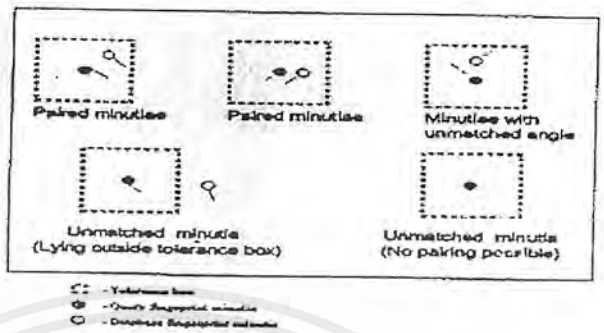
จากรายละเอียดทั้ง 3 ข้างบน ลักษณะเด่นหมายถึงเฉพาะการจับคู่ในกรณีแรก

3.11.3 อัลกอลิธึมของการจับคู่

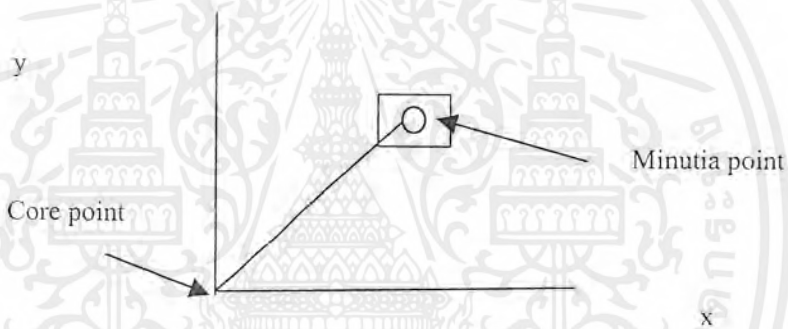
รายละเอียดต่อไปนี้ถูกใช้ในการอธิบายอัลกอลิธึมการจับคู่แบบลำดับและแบบขนานที่จะอธิบายต่อไปนี้ โดยให้ลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบถูกแสดงเป็นกลุ่มของจุดที่เป็นลักษณะเด่น n_q $f^q = (f^q_1, f^q_2, \ldots, fn^q_q)$ และแต่ละองค์ประกอบ n_q เป็นรายละเอียดของเวกเตอร์ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ , $f^q_i = (f^q_i(x), f^q_i(y), f^q_i(\theta))$ องค์ประกอบของรายละเอียดของเวกเตอร์แสดงในรูปที่ 3.24 โดยให้ r^{th} อ้างอิงถึง (ฐานข้อมูล) ภาพลายนิ้วมือที่ถูกแสดงเป็นกลุ่มของจุดที่เป็นลักษณะเด่นที่สำคัญ n_r $f^r = (f^r_1, f^r_2, \ldots, fn_r)$ โดยให้ (x^t_q, y^t_q) และ (x^b_q, y^b_q) แสดงถึงกล่องที่มีขอบเขตสำหรับลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบ โดยที่ x^t_q คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนต x ของมุมซ้ายด้านบนของกล่อง และ x^b_q คือ ตำแหน่งโคออร์ดิเนต x ของมุมซ้ายด้านล่างของกล่อง ความยาวของ y^t_q และ y^b_q ถูกกำหนดไว้ในลักษณะเดียวกันกัน โดยมีรูปแบบที่เหมือนกล่องที่มีขอบเขตนี้คือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เล็กที่สุดซึ่งครอบคลุมจุดที่เป็นรายละเอียดทั้งหมด

อัลกอลิธึมการจับคู่นี้ อยู่บนพื้นฐานของการหาจำนวนของลักษณะเด่นที่ถูกจับคู่ระหว่างแต่ละลายนิ้วมือที่เป็นฐานข้อมูลและลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบ กล่องที่มีลักษณะกว้างนี้แสดงในรูปที่ 3.25 เพื่อที่จะลดจำนวนของการคำนวณ อัลกอลิธึมของการจับคู่นำไปสู่คำอธิบายเฉพาะลักษณะเด่นของลายนิ้วมือซึ่งอยู่ในกล่องที่มีขอบเขตสำหรับการตรวจสอบและการอ้างถึง (ฐานข้อมูล) ของลายนิ้วมือ หนึ่งในจำนวนของของการจับคู่ลักษณะเด่นที่ได้มานั้น คะแนนของการจับคู่จะถูกคำนวณขึ้น ซึ่งคะแนนของการจับคู่จะถูกคำนวณขึ้นสำหรับการตัดสินใจองศาของการจับคู่ตรวจสอบ อันดับสุดท้าย กลุ่มของคะแนนที่เป็นหนึ่งในสิบนั้นอ้างถึงลายนิ้วมือที่ได้รับซึ่งเป็นผลของการจับคู่ตรวจสอบ โดยที่ลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบ f^q อาจจะขึ้นอยู่กับฐานข้อมูลของลายนิ้วมือ f^D หรือไม่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ในการตรวจสอบลักษณะโดดเด่นของลายนิ้วมือ



รูปที่ 3.25 อัลกอลิธึมของการจับคู่ลายนิ้วมือแบบเป็นลำดับ

เพื่อที่จะให้เหมาะกับการเลื่อนในรายละเอียดของลักษณะเด่น กล่องที่มีลักษณะกว้างนี้จะถูกสร้างขึ้นรอบๆแต่ละลักษณะที่สำคัญ (ดูในรูปที่ 3.24) ขนาดของกล่องจะขึ้นอยู่กับความกว้างของสันและระยะทางจากจุดคอร์ในลายนิ้วมือ อัลกอลิธึมการจับคู่แบบลำดับนี้ได้ถูกอธิบายในรูปที่ 3.25 ซึ่งขึ้นอยู่กับความแน่นอนในการจับคู่ที่ต้องการมากกว่าลายนิ้วมือที่จะถูกใช้ในการจับคู่ ในกรณีนี้ คะแนนที่ประกอบกันขึ้นจะถูกคำนวณสำหรับแต่ละกลุ่มของลายนิ้วมือสำหรับแต่ละบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โปรแกรมการทำงาน

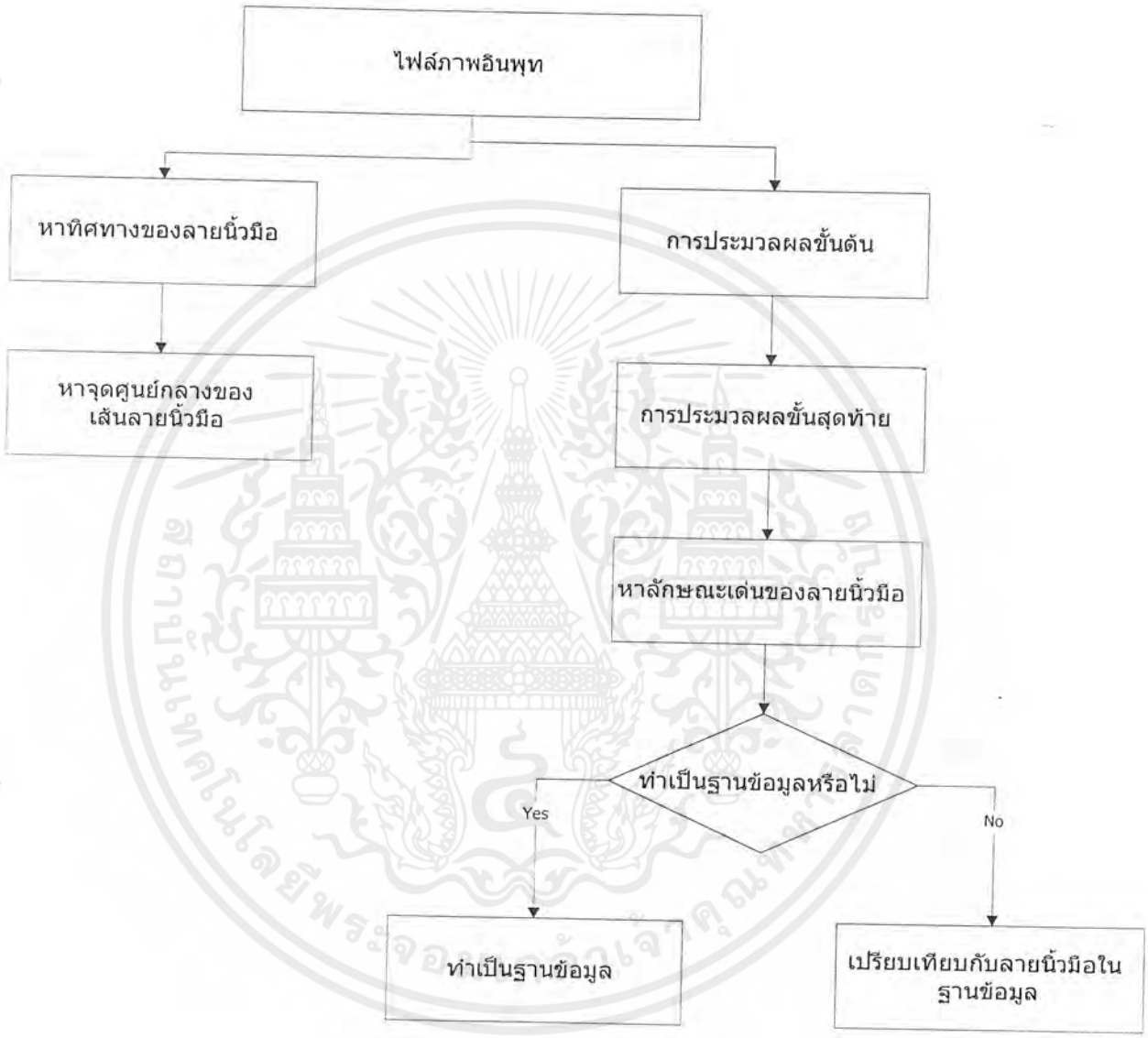
4.1การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมนี้จะเริ่มต้นเมื่อผู้ใช้ทำการสแกนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของตนแล้วเลือกระหว่างทำเป็นฐานข้อมูลหรือตรวจเทียบลายนิ้วมือ เมื่อผู้ใช้เลือกแล้วโปรแกรมนี้จะนำเอาไฟล์นี้มาหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือแล้วเก็บไว้ในฐานข้อมูลและทำการปรับปรุงภาพโดยจะทำการเปลี่ยนภาพแบบระดับเทามาผ่านขบวนการทำให้เรียบเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วมาทำการเปลี่ยนภาพเป็นภาพขาวดำ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและตรวจเทียบข้อมูล แต่ภาพขาวดำที่ได้มานี้จะยังไม่สามารถทำการตรวจเทียบได้ทันที เนื่องจากไฟล์ข้อมูลนี้เป็นภาพของลายนิ้วมือที่มีความละเอียดอ่อนมากกว่าไฟล์ข้อมูลชนิดอื่นมาก ๆ ดังนั้นจึงจะต้องทำการปรับปรุงไฟล์ข้อมูลนี้ ให้อยู่ในสภาพที่ทำการตรวจสอบได้ เช่น การต่อเส่น การลบเส้นกิ่ง การลบจุดที่ไม่จำเป็นต่อเส้นของลายนิ้วมือ เป็นต้น หลังจากการทำการประมวลผลต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถนำไฟล์ข้อมูลของลายนิ้วมือนี้ไปทำหาลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือ แล้วนำข้อมูลที่ได้เก็บไปไว้ในฐานข้อมูลหรือตรวจเทียบ

4.2 โฟล์ชาร์ต(Flow Chart) และ บล็อคไดอะแกรม(Block diagram)การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมมีโฟล์ชาร์ตและบล็อคไดอะแกรมการทำงานต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



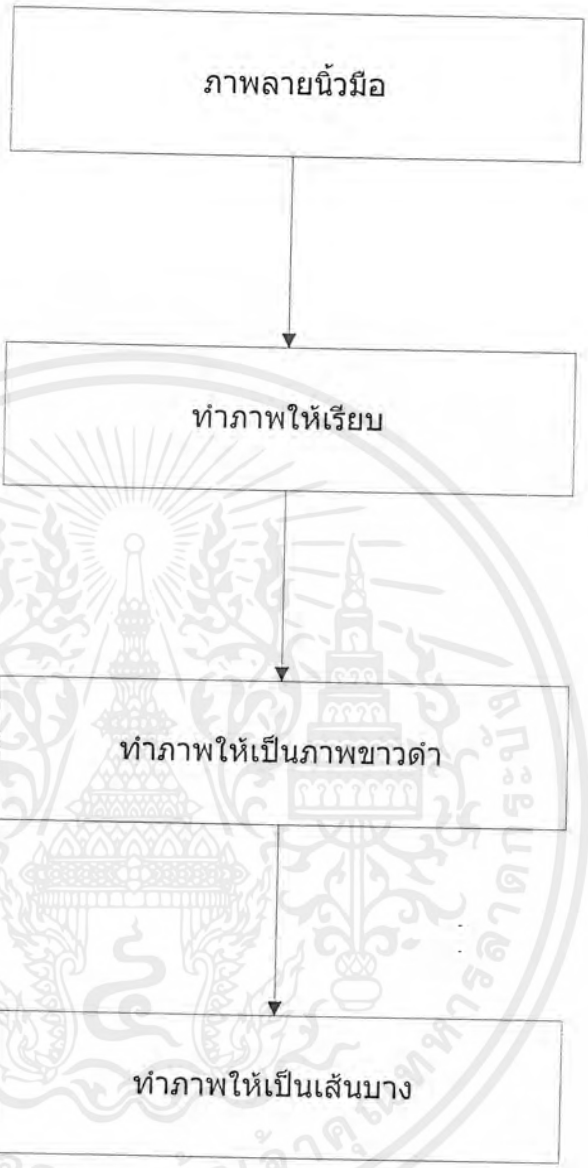
รูปที่ 4.1 โฟล์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การประมวลผลภาพขั้นต้น (Pre-process)

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นมีการประมวลผลเพื่อเป็นการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปที่พร้อมที่จำทำการรู้จำ โดยมีการนำข้อมูล ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ(Low pass filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน แล้วข้อมูลนี้จะถูกไปผ่านขบวนการแปลงสัญญาณรบกวน แล้วข้อมูลนี้จะถูกนำไปผ่านขบวนการแปลงให้เป็น 2 ระดับหรือกำหนดให้ชัดเจนว่าเป็นสีขาวหรือดำ หลังจากนั้นข้อมูลจะผ่านขบวนการทำให้เส้นบาง (Thinning) เพื่อหาตำแหน่งที่แท้จริงของเส้น และเส้นที่มีความหนามากกว่า 1 พิกเซลก็จะถูกกำหนดตำแหน่งที่ควรจะเป็นด้วยพิกเซลใดพิกเซลหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

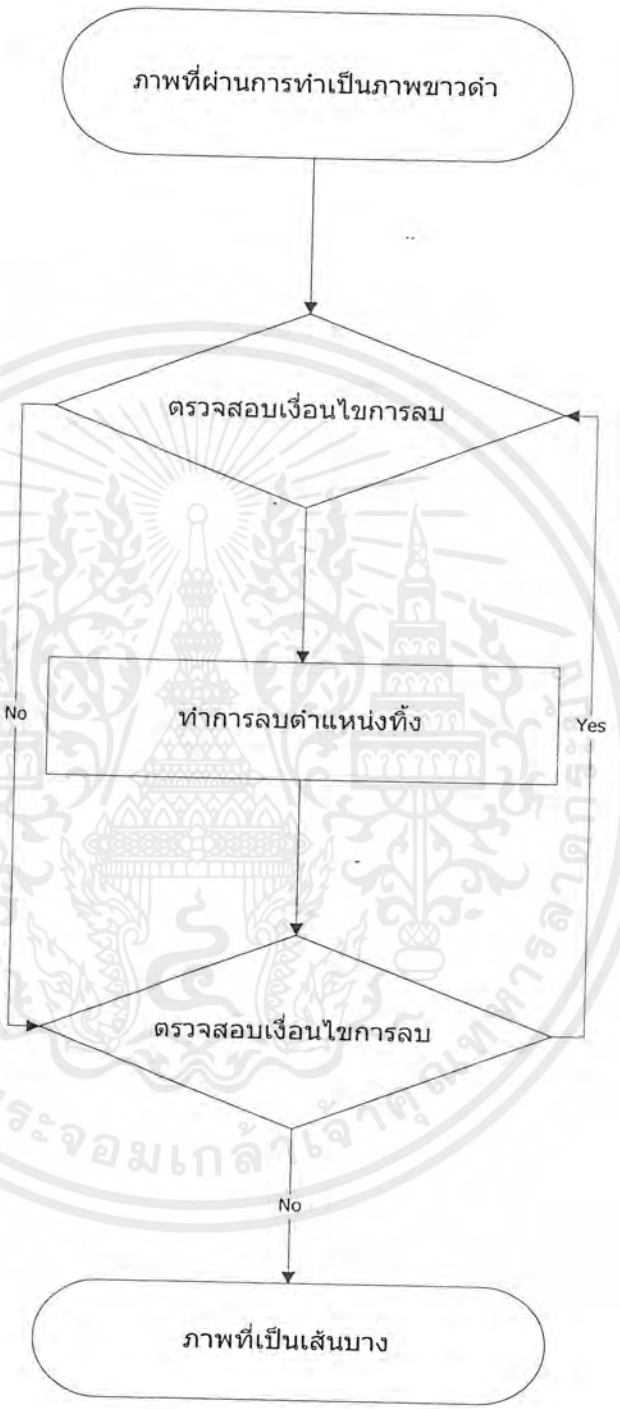


รูปที่ 4.2 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลภาพเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.3 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้เป็นขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

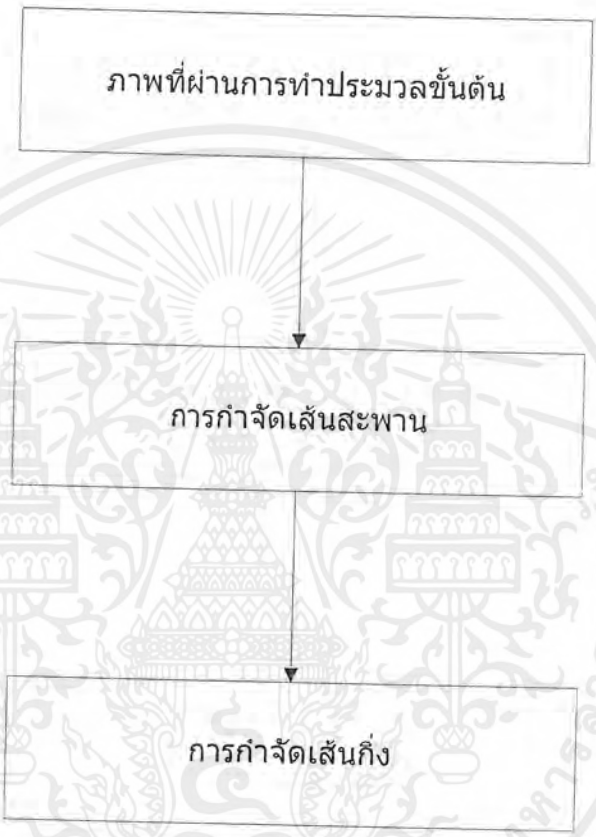


รูปที่ 4.4 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้เป็นเส้นบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

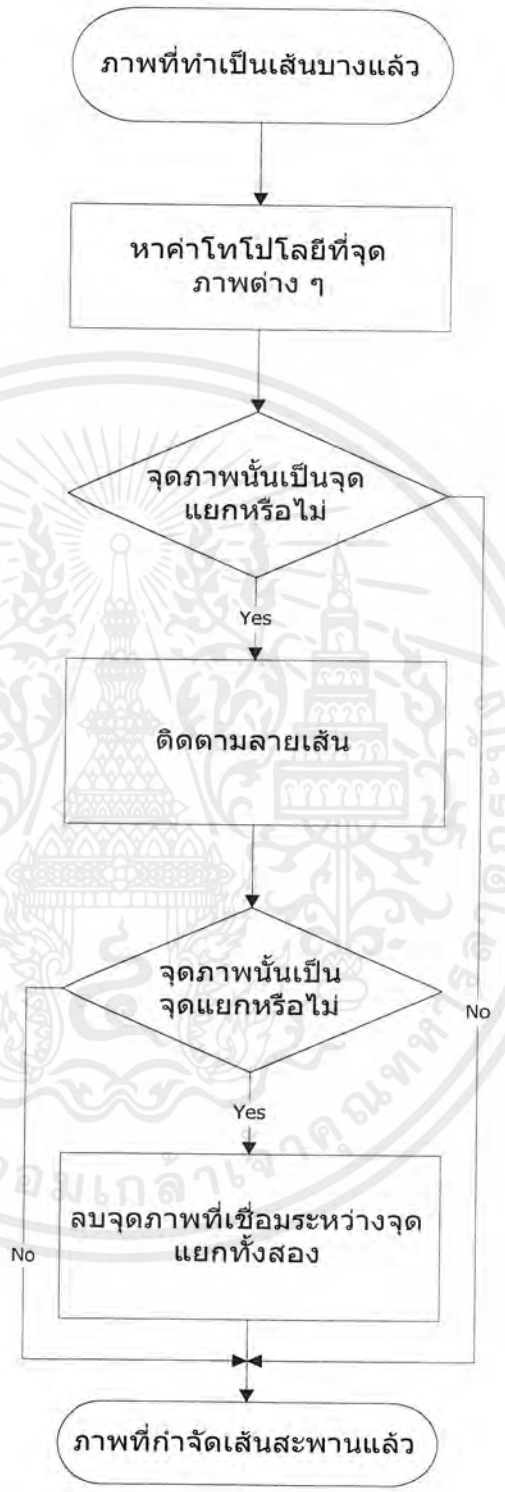
4.2.2 การประมวลผลภาพขั้นสุดท้าย(Post-process)

เริ่มจากการประมวลผลเพื่อปรับข้อมูลให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีการกำจัดเส้นกิ่งที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นจะผ่านขบวนการกำจัดเส้นสะพานเพื่อให้ภาพมีความสวยงามขึ้นและยังคงรักษาลักษณะจำเพาะที่สำคัญของรูปภาพนั้นไว้



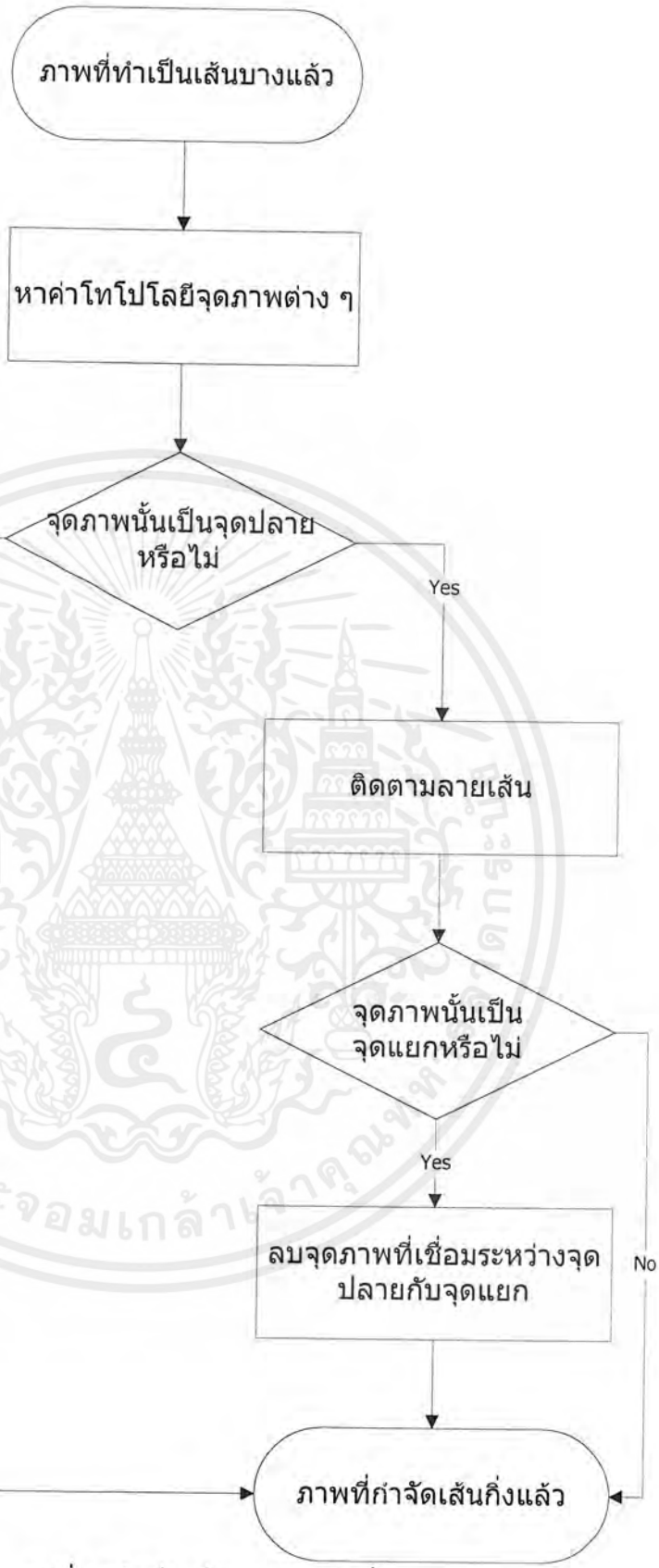
รูปที่ 4.5 บล็อกไดอะแกรมการประมวลผลภาพขั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การหาทิศทางของภาพลายนิ้วมือ

จุดประสงค์ของการกำหนดทิศทางของภาพก็คือ เพื่อที่จะพิจารณารายละเอียดของทิศทางของภาพลายนิ้วมือและสามาถที่จะนำข้อมูลส่วนนี้มาใช้ในการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของภาพต่อไป โดยจากการทดลองครั้งนี้ การหาทิศทางของภาพลายนิ้วมือเริ่มต้นที่การแบ่งภาพออกพิจารณาเป็นบล็อคๆซึ่งมีขนาด 8x8 พิเซลศึกษาถึงอัลกอลิธึมโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดยกกำลังสองโดยประมาณของการกำหนดทิศทาง

4.2.4 การหาจุดศูนย์กลางของภาพ

ในขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของภาพนี้ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะนำจุดศูนย์กลางของภาพที่ได้มาเป็นจุดอ้างอิงของฐานข้อมูลกับภาพลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบ โดยมีหลักการในการหาจุดศูนย์กลางดังนี้ คือ จากการผ่านภาพลายนิ้วมือไปยังขั้นตอนการหาทิศทางของภาพโดยพิจารณาที่ละบล็อคซึ่งมีขนาด 8x8 พิเซล แล้วแทนค่ามุมที่หาได้ในแต่ละบล็อคนั้นด้วยเส้นตรงที่ลากทำมุมกับแนวนอน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าของมุมระหว่างบล็อค 2 บล็อคที่อยู่ติดกันเพื่อหาค่าของมุมที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เมื่อสามารถหาได้แล้วว่าบล็อค 2 บล็อคไหนที่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมมากที่สุดก็แทนค่าโคออร์ดิเนตที่อยู่กึ่งกลางของบล็อค 2 บล็อคนั้นเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 บล็อคไดอะแกรมการหาจุดศูนย์กลางของภาพ

4.2.5 การหาลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือ

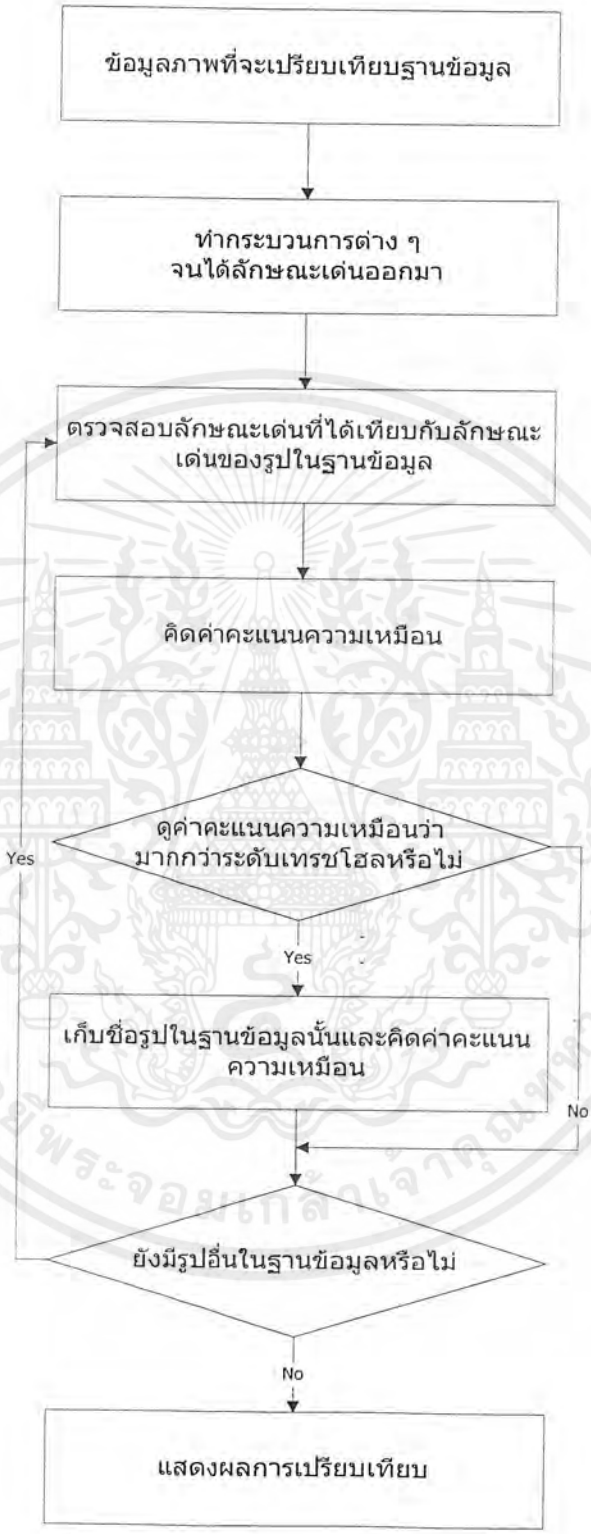
เนื่องจากภาพลายนิ้วมือแต่ละภาพจะมีลักษณะเด่นของลายและตำแหน่งที่แตกต่างกัน จึงนำเอาคุณสมบัตินี้มาใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือ จากภาพที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลางแล้วได้เขียนโปรแกรมเพื่อหาลักษณะเด่นของภาพซึ่งที่พบเห็นเป็นประจำได้แก่ จุดแยกของลายเส้น (Bifurcation) จุดปลายของเส้น (Ending) จุดเดลต้าร์หรือส่วนที่ลายเส้นมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยม และจุดคอร์หรือจุดที่เป็นส่วนโค้งด้านในสุดของลายเส้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เราได้พิจารณาเฉพาะลักษณะเด่นที่เป็นทางแยกแบบ 2 ทางในการตรวจสอบลายนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

ในการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้น เริ่มต้นจากการใช้จุดศูนย์กลางที่หาได้เป็นจุดอ้างอิงในการเปรียบเทียบตำแหน่งของลักษณะเด่นที่พบของลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบกับฐานข้อมูลที่เก็บเอาไว้ โดยที่ถ้าตำแหน่งของลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบตรงกับตำแหน่งของลักษณะเด่นของฐานข้อมูลที่เก็บเอาไว้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลักษณะเด่นที่ค้นพบในภาพลายนิ้วมือภาพนั้นก็สามารถสรุปได้ว่าบุคคลคนนั้นเป็นคนๆเดียวกับฐานข้อมูลที่เก็บเอาไว้ โดยที่มีบล็อคไดอะแกรมของการตรวจสอบลายนิ้วมือดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 โฟล์ชาร์ตของการตรวจเทียบลายนิ้วมือ

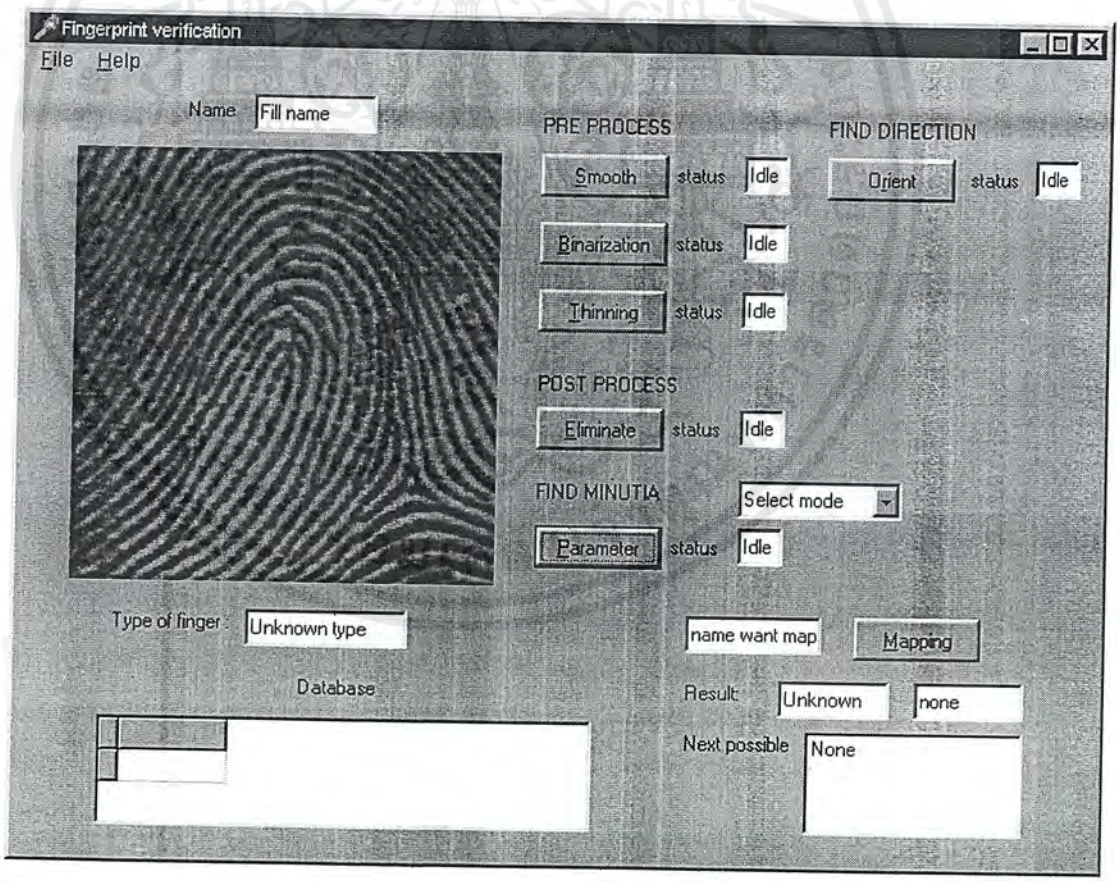
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์จะเป็นการตรวจสอบไฟล์ของภาพลายนิ้วมือโดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ

1. การสร้างฐานข้อมูลของลายนิ้วมือ
2. การเปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูลลายนิ้วมือ

การทำงานของทั้ง 2 แบบจะเริ่มจากการเลือกไฟล์เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อผู้ใช้เลือกไฟล์ที่ต้องการนำมาประมวลเรียบร้อยแล้ว แล้วจึงทำการสั่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลตามฟังก์ชันที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งมีหน้าจอการทำงานดังรูป



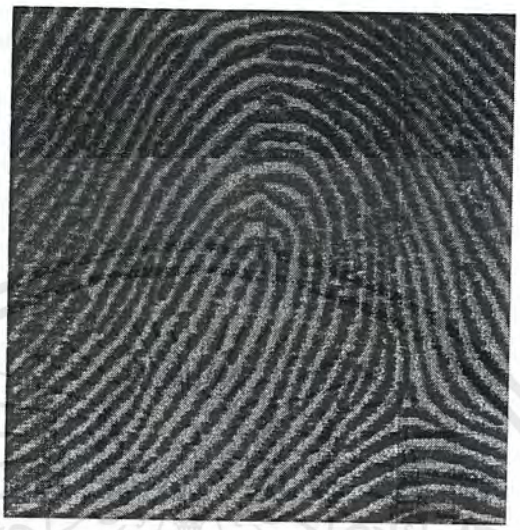
รูปที่ 5.1 หน้าจอโปรแกรมระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการทดลองกับภาพลายนิ้วมือหลายแบบ ในที่นี้จะแสดงเพียงบางแบบเท่านั้น

ภาพที่ 1 ภาพมัดหวายปัดซ้าย



รูปที่ 5.2 ภาพมัดหวายปัดซ้ายปกติ

รูปที่ 5.3 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง

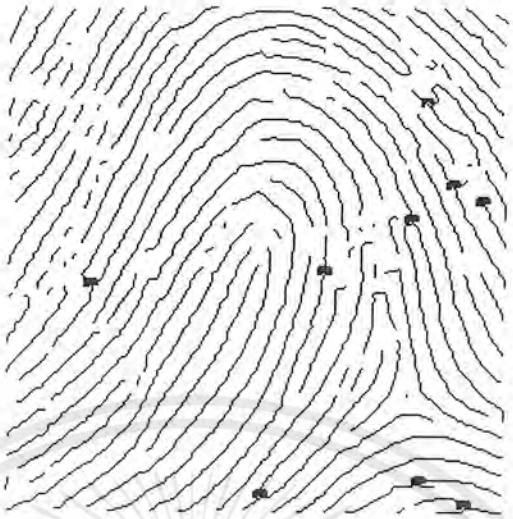
รูปที่ 5.5 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 5.7 ภาพมัดหวายปัดซ้ายที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายปัดซ้ายที่พบ

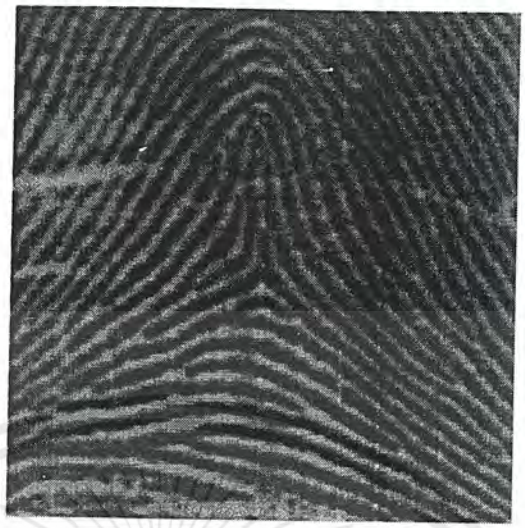
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 ภาพโค้งกระโจม

รูปที่ 5.9 ภาพโค้งกระโจมปกติ

รูปที่ 5.10 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เรียบ

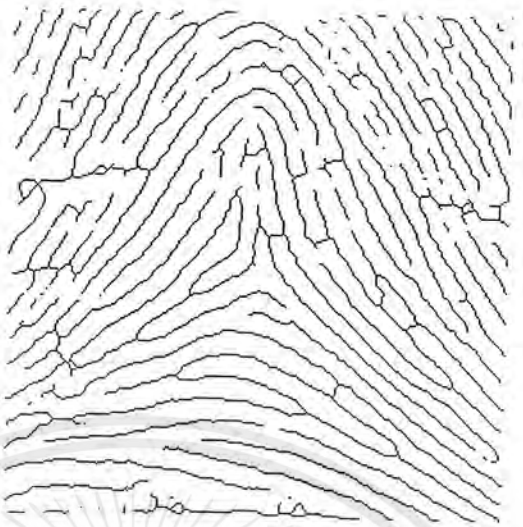
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 5.12 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ

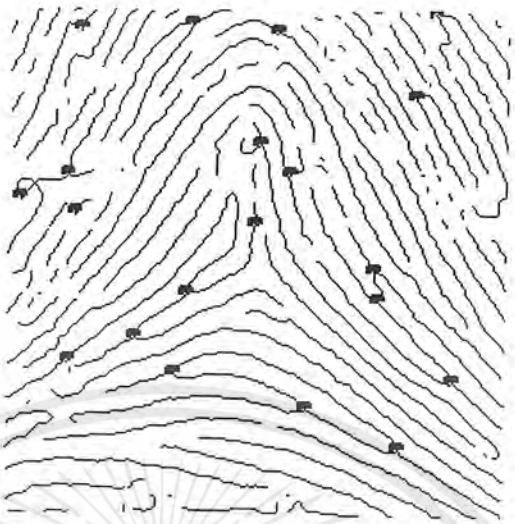
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 5.14 ภาพโค้งกระโจมที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพโค้งกระโจมที่พบ

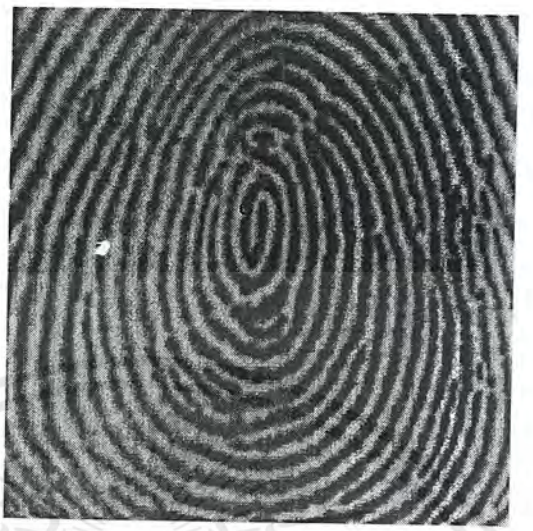
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 ภาพก้นหอยธรรมดา

รูปที่ 5.16 ภาพก้นหอยธรรมดาปกติ

รูปที่ 5.17 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง

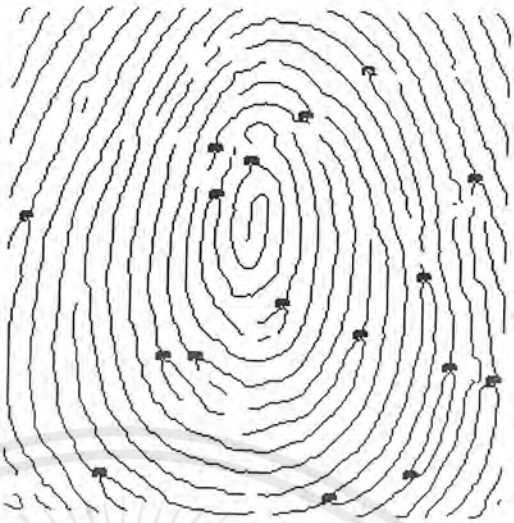
รูปที่ 5.19 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.20 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 5.21 ภาพก้นหอยธรรมดาที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพก้นหอยธรรมดาที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ภาพมัดหวายปัดขวา

รูปที่ 5.23 ภาพมัดหวายปัดขวาปกติ

รูปที่ 5.24 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการทำให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.25 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 5.26 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.27 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 5.28 ภาพมัดหวายปัดขวาที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.29 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายปัดขวาที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 มัดหวายคู่

รูปที่ 5.30 ภาพมัดหวายคู่ปกติ

รูปที่ 5.31 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.32 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการหาจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 5.33 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่5.34 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 5.35 ภาพมัดหวายคู่ที่ผ่านการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.36 ลักษณะเด่น(จุดแยก)ของภาพมัดหวายคู่ที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการหาลักษณะจุดแยกของภาพลายนิ้วมือมาทำการเปรียบเทียบกัน แล้วหาภาพที่สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องและภาพที่วิเคราะห์ผิดพลาด โดยการทดลองนี้มีภาพลายนิ้วมือของบุคคลที่นำมาทำฐานข้อมูลจำนวน 20 คนซึ่งได้ผลดังนี้ คือ

วิเคราะห์ถูกต้อง	วิเคราะห์ผิดพลาด
13	7

จากผลการทดลองที่ได้ คิดเป็นเปอร์เซนต์ความถูกต้องได้ 65 เปอร์เซ็นต์

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากในฐานข้อมูลมีภาพลายนิ้วมือของบุคคลที่มีการกระจายตัวของจุดแยกใกล้เคียงกัน ทำให้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วทำให้ได้ผลที่ผิดพลาดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์

การตรวจสอบลายนิ้วมือมีขั้นตอนเริ่มจากการประมวลผลขั้นต้น เพื่อปรับภาพให้อยู่ในรูปที่พร้อมจะทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยจะนำภาพไปผ่านการทำภาพให้เรียบ การทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ การทำภาพให้เป็นเส้นบาง ซึ่งจะทำให้มีเส้นสะพานและเส้นกิ่งเกิดขึ้นด้วย

หลังจากนั้นจะนำภาพมาผ่านการประมวลผลขั้นสุดท้าย เพื่อกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งออก เพื่อจะให้ภาพเหลือแต่ลักษณะเด่นที่มีอยู่จริงแต่จะมีเส้นลายนิ้วมือบางส่วนที่ขาดไปบ้าง

การหาทิศทางของภาพทำโดยแบ่งภาพเป็นบล็อคขาน 8X8 พิกเซลแล้วหาขนาดมุมในแต่ละบล็อคซึ่งจะนำไปใช้หาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือที่พิจารณาที่รอยต่อของบล็อคที่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมมากที่สุด จากการทดลองจะได้ตำแหน่งศูนย์กลางลายนิ้วมือที่ค่อนข้างแม่นยำคลาดเคลื่อนไม่เกิน 8 พิกเซล

จากนั้นจะทำการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ โดยเปรียบเทียบมาที่ตำแหน่งศูนย์กลางลายนิ้วมือ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล หรือทำเป็นฐานข้อมูลต่อไป

การเปรียบเทียบจะพิจารณาจากการที่ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือตรงกัน แล้วทำการให้คะแนน โดยจะมีค่าที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง ถ้ามีคะแนนมากกว่าก็แสดงว่ามีโอกาสเป็นรอยนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน โดยจะวนทำไปจนครบฐานข้อมูล

จากการทดลองจะมีข้อผิดพลาดสำคัญที่เกิดจากการที่ภาพลายนิ้วมือที่นำมาวิเคราะห์มีคุณภาพต่ำ ซึ่งเกิดจากปริมาณหมึกพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม มากเกินไปหรือน้อยเกินไป อีกสาเหตุก็คือในฐานข้อมูลมีบุคคลที่มีลักษณะเด่นใกล้เคียงกันทำให้เกิดการวิเคราะห์ที่ผิดพลาดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ครรชิต ไมตรี,"การกำจัดเส้นสะพานในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีการติดตามลายเส้น", วิศวกรรมสาร,4 เมษายน 2541,หน้าที่ 61-66
2. ดร. โกสินทร์ จำนงไทย และ ชัยชาญ,"วิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ตำแหน่งแยก",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,หน้าที่ 641-645
3. J.H. Wegstein and J.F. Rafferty. "Matching fingerprint by computer," NBS Tech.Note 466,U.S.,Government Printing Office, 1968
4. W.J. Hankley and J.T. Tou,"Automatic fingerprint interpretation and classification via contentual analysis and topological coding,"in Pictorial Pattern Recognition,G.C. Cheng R.S Ledley,D.K.,Pollack,and A.Rosenfeld,Eds. Washington,DC:Thompson,1968,p.411-456
5. B. Moayer and K.S. Fu,"A syntactic approach to fingerprint pattern recognition,"Pattern Recognition,vol.7 , pp. 1-23 ,1975
6. A. Grasselli ,"On the automatic classfication of fingerprint Some considerations of the linguistic interpretation of picture,"in Nethodolo9gies of Pattern Recognition,S.Qatanabe.Ed. New York Academic,1969,pp. 253-273
7. B. Kruse,"A parallel picture processing machjine,"IEE Trans. Comput, vol. C-22, pp. 1075-1087,Dec. 1973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit source;
interface
uses
  Windows, Messages. SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  Menus,jpeg, ExtDlgs, ExtCtrls, StdCtrls, Math, DBTables, Db, Grids,
  DBGrids;
type
  TForm1 = class(TForm) Image1: TImage;
  MainMenu1: TMainMenu; OpenPictureDialog1: TOpenPictureDialog;
  File1: TMenuItem: Open1: TMenuItem; Exit1: TMenuItem;
  Help1: TMenuItem: SmButton: TButton; BiButton: TButton;
  Edit1: TEdit; Label1: TLabel; ThButton: TButton;
  SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
  Save1: TMenuItem: ElButton: TButton; PaButton: TButton; OrButton: TButton;
  Button1: TButton: Label4: TLabel; Label2: TLabel; Label3: TLabel;
  Label5: TLabel; Label6: TLabel; Edit2: TEdit; Edit6: TEdit;
  Edit5: TEdit; Edit4: TEdit; Edit3: TEdit; Table1: TTable;
  Database1: TDatabase; Edit7: TEdit; DataSource1: TDataSource;
  DBGrid1: TDBGrid; Label7: TLabel; Edit8: TEdit; ComboBox1: TComboBox;
  Edit9: TEdit; Label8: TLabel; Label9: TLabel; Edit10: TEdit; Edit11: TEdit;
  ListBox1: TListBox; Label10: TLabel; Label11: TLabel; Label12: TLabel;
  Label13: TLabel; Label14: TLabel; Label15: TLabel;
  procedure Exit1Click(Sender: TObject);
  procedure Open1Click(Sender: TObject);
  procedure Save1Click(Sender: TObject);
  procedure SmButtonClick(Sender: TObject);
  procedure BiButtonClick(Sender: TObject);
  procedure ThButtonClick(Sender: TObject);
  procedure ElButtonClick(Sender: TObject);
  procedure PaButtonClick(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure OrButtonClick(Sender: TObject);
    procedure Mabuttonclick(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1 : TForm1; th : word;
  illuarray,sedarray,divarray: array[0..500,0..500] of integer;
  smarray,dudarray  : array[0..500,0..500] of byte;
  fatarray,tharray,bidarray : array[0..500,0..500] of shortint;
  elarray,yakarray : array[0..500,0..500] of shortint;
  ceny,cenx,yakjud,prapade : byte;
  seta       :array[0..40,0..40] of real;
  xpa,ypa : array[0..60] of byte;
  arcpa   : array[0..60]of real;
  pikud   :array [0..60] of string;
implementation

{$R *.DFM}
{$M 16384,9048576}
////////////////////////////////////
procedure TForm1.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Open1Click(Sender: TObject);
var current:shortstring;
begin
    if  OpenPictureDialog1.Execute then
    begin
        current:=OpenPictureDialog1.Filename;
        image1.picture.LoadFromFile(current);
        edit1.text:='Idle'; edit2.text:='Idle'; edit3.text:='Idle';
        edit4.text:='Idle'; edit5.text:='Idle'; edit6.text:='Idle';
        edit7.Text:='Fill name'; edit8.text:='Unknown type';
        edit9.Text:='name want map'; edit10.Text:='Unknown';
        edit11.Text:='none'; combobox1.Text:='Select mode';
        table1.active:=False; ListBox1.Clear;
        Listbox1.items.Add('None')
    end;
end;
procedure TForm1.Save1Click(Sender: TObject);
begin
    if savepicturedialog1.execute then
    begin
        image1.picture.savetofile(savepicturedialog1.filename);
    end;
end;
////////////////////////////////////////
procedure TForm1.SmButtonClick(Sender: TObject);
var   color : integer; a,b : shortint; c : smallint; x,y: word ;
begin
   for y:=0 to (image1.Height-1) do
    begin
     for x:=0 to (image1.Width-1) do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
      color:= image1.Canvas.Pixels[x,y];
      illuarray[x,y]:= ((color)mod 256);
      divarray[x,y]:=(color div 256);
      end;
    end;
  for y:=0 to (image1.Height-1) do
   begin
    for x:=0 to (image1.Width-1) do
     begin
      if ((1<=x) and (x<=(image1.Width-2)) and (1<=y)
       and (y<=(image1.Height-2)))
      then
       begin
        color :=0 ;
        for a :=-1 to 1 do
         begin
          for b:=-1 to 1 do
           begin
           color:=color + illuarray[x+a,y+b];
           end;
         end;
        smarray[x,y]:= (color div 9); sedarray[x,y]:= (color mod 9);
        if sedarray[x,y]>= 5
        then smarray[x,y]:= smarray[x,y]+1;
      end
      else smarray[x,y]:=illuarray[x,y];
     end;
   end;
  for y:=0 to (image1.Height-1) do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
       for x:= 0 to (image1.Width-1) do
        begin
         c:= smarray[x,y]-illuarray[x,y];
         divarray[x,y]:= divarray[x,y]+257*c;
         image1.canvas.pixels[x,y]:=(smarray[x,y]+(divarray[x,y]*256));
        end;
      end;
    edit1.text:='ok';
end;
////////////////////////////////
procedure TForm1.OrButtonClick(Sender: TObject);
var   xa,xb,count,nub,nub1,skip,kerp,row,column,kerp1,pob,derm,k : byte;
    c,e,f,x,y,von  : word; a,b,xx,yy : smallint; u,v : real;
    gx,gy : array [0..2,0..2]of shortint;
    ax,ay : array [0..400,0..400]of smallint;
    xv,yv : real; xcen,ycen  :integer;
    fly,freex,freey : array [0..65,0..65]of real;
    g0,g1,g2,g3,g4,g5,g6,g7 :array[0..32,0..32] of real;
    setax,setay,diff,total,xvalue,yvalue : real;
    seta1,seta2,sum  : array [0..15]of real;
    orn ,d     : array [0..65,0..65]of real;
    orntype    : array [0..65]of real;
begin
 gx[0,0]:= -1; gx[1,0]:= -2; gx[2,0]:= -1;
 gx[0,1]:= 0;  gx[1,1]:= 0;  gx[2,1]:= 0;
 gx[0,2]:= 1;  gx[1,2]:= 2;  gx[2,2]:= 1;
 gy[0,0]:= -1; gy[1,0]:= 0;  gy[2,0]:= 1;
 gy[0,1]:= -2; gy[1,1]:= 0;  gy[2,1]:= 2;
 gy[0,2]:= -1; gy[1,2]:= 0;  gy[2,2]:= 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for xa:=0 to ((image1.Height div 8)-1)do
 begin
  for xb:= 0 to ((image1.Width div 8)-1)do
   begin
    if (xb>0)and(xb<((image1.Width div 8)-1))
      and (xa>0)and(xa<((image1.Height div 8)-1))
    then
     begin //9
      for y:= 8*xa to (8*(xa+1)-1)do
       begin
        for x:= 8*xb to (8*(xb+1)-1)do
         begin
          a:=(x-8*xb); b:=(y-8*xa);
          ax[x,y]:= illuarray[x-1,y-1]*gx[0,0]
                +illuarray[x-1,y+1]*gx[0,2]
                +illuarray[x,y-1]*gx[1,0]
                +illuarray[x,y+1]*gx[1,2]
                +illuarray[x+1,y-1]*gx[2,0]
                +illuarray[x+1,y+1]*gx[2,2];

          ay[x,y]:= illuarray[x-1,y-1]*gy[0,0]
                +illuarray[x-1,y]*gy[0,1]
                +illuarray[x-1,y+1]*gy[0,2]
                +illuarray[x+1,y-1]*gy[2,0]
                +illuarray[x+1,y]*gy[2,1]
                +illuarray[x+1,y+1]*gy[2,2];
         end;
       end;
     end;
   xv:=0; yv:=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for y:= 8*xa to (8*(xa+1)-1)do
         begin
          for x:= 8*xb to (8*(xb+1)-1)do
           begin
            xx:= ax[x,y]; yy := ay[x,y]; xv:=xv+(2*xx*yy);
            yv:=yv+(xx*xx- yy*yy);
           end;
         end;
        xv:= xv/10000; yv:= yv/10000;
        fly[xa,xb]:= 0.5*(arctan2(xv,yv));
        freex[xa,xb]:=cos(2*fly[xa,xb]);
        freey[xa,xb]:=sin(2*fly[xa,xb]);
      end;
    end;
  for xa:= 0 to((image1.Height div 8)-1)do
   begin
    for xb:= 0 to((image1.Width div 8)-1)do
     begin
      if (xa>=2)and(xa<=((image1.Height div 8)-3))
       and (xb>=2) and (xb<=((image1.Width div 8)-3))
      then
       begin
        setax:=0; setay:=0;
        for a:=-2 to 2 do
         begin
          for b:=-2 to 2 do
           begin
            setax:=setax + (freex[xa+a,xb+b]/25);
            setay:=setay + (freey[xa+a,xb+b]/25);
           end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
            seta[xa,xb]:=0.5*(arctan2(setay,setax));
          end
        else
          begin
            setax:=freex[xa,xb]; setay:=freey[xa,xb];
            seta[xa,xb]:=0.5*(arctan2(setay,setax));
          end;
      end;
  end;
for xa:= 0 to((image1.Height div 8)-1)do
 begin
   for xb:= 0 to((image1.Width div 8)-1)do
    begin
     if (xa>=3)and (xa<=((image1.Height div 8)-4))
      and (xb>=3)and (xb<=((image1.Width div 8)-4))
     then
      begin
       seta1[0]:=seta[xa,xb-3]; seta1[1]:=seta[xa+1,xb-3];
       seta1[2]:=seta[xa+2,xb-2]; seta1[3]:=seta[xa+3,xb-1];
       seta1[4]:=seta[xa+3,xb]; seta1[5]:=seta[xa+3,xb+1];
       seta1[6]:=seta[xa+2,xb+2]; seta1[7]:=seta[xa+1,xb+3];
       seta1[8]:=seta[xa,xb+3]; seta1[9]:=seta[xa-1,xb+3];
       seta1[10]:=seta[xa-2,xb+2]; seta1[11]:=seta[xa-3,xb+1];
       seta1[12]:=seta[xa-3,xb]; seta1[13]:=seta[xa-3,xb-1];
       seta1[14]:=seta[xa-2,xb-2]; seta1[15]:=seta[xa-1,xb-3];
       seta2[0]:=seta[xa+1,xb-3]; seta2[1]:=seta[xa+2,xb-2];
       seta2[2]:=seta[xa+3,xb-1]; seta2[3]:=seta[xa+3,xb];
       seta2[4]:=seta[xa+3,xb+1]; seta2[5]:=seta[xa+2,xb+2];
       seta2[6]:=seta[xa+1,xb+3]; seta2[7]:=seta[xa,xb+3];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            seta2[8]:=seta[xa-1,xb+3]; seta2[9]:=seta[xa-2,xb+2];
            seta2[10]:=seta[xa-3,xb+1]; seta2[11]:=seta[xa-3,xb];
            seta2[12]:=seta[xa-3,xb-1]; seta2[13]:=seta[xa-2,xb-2];
            seta2[14]:=seta[xa-1,xb-3]; seta2[15]:=seta[xa,xb-3];
            total:=0;
            for a:=0 to 15 do
             begin
              diff:=(seta2[a]-seta1[a]);
              if (diff)< -(Pi/2)
              then sum[a]:= Pi + diff;
              if  (diff)> (Pi/2)
              then sum[a]:= Pi - diff;
              if (abs(diff)<= (Pi/2))
              then sum[a]:= diff;
              total:=total+sum[a];
             end;
            d[xa,xb]:= total ;
           end
          else d[xa,xb]:= 0 ;
        end;
      end;
    for xa:= 0 to((image1.Height div 8)-1)do
     begin
      for xb:= 0 to((image1.Width div 8)-1)do
       begin
        if (xa>=3)and(xa<=((image1.Height div 8)-4))
          and (xb>=3)and(xb<=((image1.Width div 8)-4))
        then
         begin
          orn[xa,xb]:=d[xa,xb];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          if (orn[xa,xb]>=(Pi-0.1))and (orn[xa,xb]<=(Pi+0.1))
          then orn[xa,xb]:=1 else orn[xa,xb]:=0;
         end;
       end;
    end;
  count:=0; setax:=0;  setay:=0;
  for xa:= 3 to((image1.Height div 8)-4)do
   begin
    for xb:= 3 to((image1.Width div 8)-4)do
     begin
      if orn[xa,xb]= 1
      then
       begin
        count:=count+1; setax:=setax+xb; setay:=setay+xa;
       end;
     end;
   end;
  if count > 0
  then
   begin
    xvalue :=  (setax/count)*8; yvalue :=  (setay/count)*8;
    row:=0; pob:=0; kerp:=((image1.Width div 8)-4); nub:=0;nub1:=0;
    column:=0; kerp1:=((image1.Height div 8)-4);
    for xa:=3 to ((image1.Height div 8)-4) do
     begin
      for xb:=3 to ((image1.Width div 8)-4) do
       begin
        if (kerp<>xb)
        then
         orntype[xb]:=orn[xa,xb]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      else
       begin
        orntype[xb]:=orn[xa,xb]; derm:=row; von:=0; k:=0;
        while ((von<kerp)and (k=0)) do
         begin
          if orntype[von]=1 then k:=1;
          von:=von+1;
         end;
        if (k=1)
        then
         row:=1
        else
         row:=0;
        if ((row xor derm)=1) then nub:=nub+1;
       end;
     end;
  end;
 if (nub=4)or (nub=5)
 then
  begin
   pob:=1; prapade:=1; edit8.text:='Whorl';
  end;
 if (pob=0)
 then
  begin
   nub1:=0; column:=0; k:=0;
   for xb:=3 to ((image1.Height div 8)-4) do
    begin
     for xa:=3 to ((image1.Width div 8)-4) do
      begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (kerp1<>xa)
            then
             orntype[xa]:=orn[xa,xb]
            else
          begin
            orntype[xa]:=orn[xa,xb]; derm:=column; von:=0;k:=0;
            while ((von<kerp)and(k=0)) do
             begin
              if orntype[von]=1 then k:=1;
              von:=von+1;
             end;
            if (k=1)
            then
             column:=1
            else
             column:=0;
            if ((column xor derm)=1) then nub1:=nub1+1;
          end;
      end;
  end;
if (nub1=4)or(nub1=5)
then
 begin
  prapade:=1; edit8.text:='Whorl';
 end
else
 begin
  if ((nub=2)and(nub1=2))or((nub=3)and(nub1=2))or ((nub=2)and (nub1=3))
  then
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        prapade:=0; edit8.text:=' Arch tented';
       end
       else
       begin
        if (nub=0)or(nub1=0)
        then
         begin
          prapade:=4; edit8.text:='loop';
         end
        else
         begin
          prapade:=3; edit8.text:='Not sure';
         end;
      end;
    end;
  end;
end
else
 begin
  for xa:= 3 to((image1.Height div 8)-4)do
   begin
    for xb:= 3 to((image1.Width div 8)-4)do
     begin
      if abs(d[xa,xb])>0.1
      then orn[xa,xb]:= 1 else orn[xa,xb]:= 0;
     end;
   end;
  nub:=0; setax:=0;  setay:=0;
  for xa:= 3 to((image1.Height div 8)-4)do
   begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          for xb:= 3 to((image1.Width div 8)-4)do
           begin
            if orn[xa,xb]= 1
            then
             begin
               nub:=nub+1; setax:=setax+xb; setay:=setay+xa;
             end;
           end;
        end;
       xvalue :=(setax/nub)*8; yvalue :=(setay/nub)*8; prapade:= 2;
       edit8.text:='Arch' ;
     end;
    if count<6
    then
     begin
      edit8.text:='Arch'; prapade:=2;
     end;
    cenx := round(xvalue); ceny := round(yvalue);
    image1.canvas.Arc(cenx-3,ceny-3,cenx+3,ceny+3,cenx+3,ceny,cenx+3,ceny);
    image1.canvas.pen.Width:=2;
    image1.canvas.pen.color:=clred;
    edit2.text:='ok';
    end;
////////////////////////////////////////
procedure TForm1.BiButtonClick(Sender: TObject);
var   a,b,xa,xb,sa,sb,count,o,nub,t : byte;
      c,x,y  : word;
begin
  a:= image1.Height div 16; b:= image1.Width div 16; c:=0;
  sa:= image1.Height mod 16; sb:= image1.Width mod 16;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for xa :=1 to 16 do
 begin
  for xb:= 1 to 16 do
   begin
    for y:= (a*(xa-1)) to ((a*xa)-1)do
     begin
      for x:= (b*(xb-1)) to ((b*xb)-1)do
       begin
        c:= c + smarray[x,y];
       end;
     end;
    th:= c div (a*b);
    for y:= (a*(xa-1)) to ((a*xa)-1)do
     begin
      for x:= (b*(xb-1)) to ((b*xb)-1)do
       begin
        if smarray [x,y] <= th*1.05
        then smarray [x,y]:=0
        else smarray [x,y]:=1;
       end;
     end;
   c:=0;
   end;
 end;
if sa > 0
then
 begin
  for xb := 1 to 16 do
   begin
    for y:= (a*16) to (image1.Height-1)do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          begin
            for x:= (b*(xb-1)) to ((b*xb)-1)do
             begin
              c:= c + smarray[x,y];
             end;
          end;
        th:= c div (sa*b);
        for y:= (a*16) to (image1.Height-1)do
         begin
          for x:= (b*(xb-1)) to ((b*xb)-1)do
           begin
            if smarray [x,y] <= th*1.05
            then smarray [x,y]:=0 else smarray [x,y]:=1;
           end;
         end;
       c:=0;
      end;
  end;
if sb > 0
then
 begin
  for xa := 1 to 16 do
   begin
    for y:= (a*(xa-1)) to ((a*xa)-1)do
     begin
      for x:= (b*16) to (image1.Width-1)do
       begin
        c:= c + smarray[x,y];
       end;
     end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        th:= c div (a*sb);
        for y:= (a*(xa-1)) to ((a*xa)-1)do
         begin
          for x:= (b*16) to (image1.Width-1)do
           begin
            if smarray [x,y] <= th*1.05
            then smarray [x,y]:=0 else smarray [x,y]:=1;
           end;
         end;
       c:=0;
       end;
  end;
if ((sa > 0) and (sb > 0))
then
 begin
  for y:= (a*16) to (image1.Height-1)do
   begin
    for x:= (b*16) to (image1.Width-1)do
     begin
      c:= c + smarray[x,y];
     end;
   end;
  th:= c div (a*sb);
  for y:= (a*16) to (image1.Height-1)do
   begin
    for x:= (b*16) to (image1.Width-1)do
     begin
      if smarray [x,y] <= th*1.05
      then smarray [x,y]:=0 else smarray [x,y]:=1;
     end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end;
    end;
   for y:=0 to (image1.Height-1) do
    begin
     for x:=0 to (image1.Width-1) do
      begin
       if smarray[x,y]= 1
       then image1.canvas.pixels[x,y]:= 0
       else image1.canvas.pixels[x,y]:= 16777215
      end;
    end;
  edit3.text:='ok';
end;
////////////////////////////////
procedure TForm1.ThButtonClick(Sender: TObject);
var x,y,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,m1,m2,n,s : smallint;
   a,b,c  :word;
begin
 a:=0;
 for y:=0 to (image1.Height-1) do
  begin
   for x:=0 to (image1.Width-1) do
    begin
     fatarray[x,y]:= smarray[x,y];
     if fatarray[x,y]< 1 then a:= a+1;
    end;
  end;
b:=a;
repeat
 begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
c:= b;
for y:=0 to (image1.Height-1) do
 begin
  for x:=0 to (image1.Width-1) do
   begin
    if ((x>0) and (x<image1.Width-2) and (y>0) and
    (y<image1.Height-2) and fatarray[x,y]=1))
    then
     begin
      p2:= fatarray[x,y-1]; p3:= fatarray[x+1,y-1];
      p4:= fatarray[x+1,y]; p5:= fatarray[x+1,y+1];
      p6:= fatarray[x,y+1]; p7:= fatarray[x-1,y+1];
      p8:= fatarray[x-1,y]; p9:= fatarray[x-1,y-1];
      n:= p2+p3+p4+p5+p6+p7+p8+p9;
      m1:=p2+p4+p6; m2:=p4+p6+p8; s:=0;
      if (p3-p2)>0 then s:= s+1;
      if (p4-p3)>0 then s:= s+1;
      if (p5-p4)>0 then s:= s+1;
      if (p6-p5)>0 then s:= s+1;
      if (p7-p6)>0 then s:= s+1;
      if (p8-p7)>0 then s:= s+1;
      if (p9-p8)>0 then s:= s+1;
      if (p2-p9)>0 then s:= s+1;
      if ((m1<3) and (m2<3) and (s=1) and (n>1)
       and (n<7))
      then
       begin
        tharray[x,y]:= 0;
       end
      else tharray[x,y]:= 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end
       else
        begin
         tharray[x,y]:= 0;
        end;
      end;
    end;
for y:=0 to image1.Height-1 do
 begin
  for x:=0 to image1.Width-1 do
   begin
    fatarray[x,y]:= tharray[x,y];
   end;
 end;
////////////////////////////////////
for y:=1 to image1.Height-2 do
 begin
  for x:=1 to image1.Width-2 do
   begin
    if fatarray[x,y]= 1
    then
     begin
      p2:= fatarray[x,y-1]; p3:= fatarray[x+1,y-1];
      p4:= fatarray[x+1,y]; p5:= fatarray[x+1,y+1];
      p6:= fatarray[x,y+1]; p7:= fatarray[x-1,y+1];
      p8:= fatarray[x-1,y]; p9:= fatarray[x-1,y-1];
      n:= p2+p3+p4+p5+p6+p7+p8+p9;
      m1:=p2+p4+p8; m2:=p2+p6+p8; s:=0;
      if (p3-p2)>0 then s:= s+1;
      if (p4-p3)>0 then s:= s+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (p5-p4)>0 then s:= s+1;
            if (p6-p5)>0 then s:= s+1;
            if (p7-p6)>0 then s:= s+1;
            if (p8-p7)>0 then s:= s+1;
            if (p9-p8)>0 then s:= s+1;
            if (p2-p9)>0 then s:= s+1;
            if ((m1<3) and (m2<3) and (s=1) and (n>1)
              and (n<7))
            then
             begin
              tharray[x,y]:= 0;
             end
            else tharray[x,y]:= 1;
           end;
         end;
       end;
     b:=0;
     for y:=0 to image1.Height-1 do
      begin
       for x:=0 to image1.Width-1 do
        begin
         fatarray[x,y]:= tharray[x,y];
         if tharray[x,y]<1
         then b:= b+1;
        end;
      end;
   end;
until  b = c ;
for y:=1 to image1.Height-2 do
 begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for x:=1 to image1.Width-2 do
     begin
      if tharray [x,y]=1
      then
       begin
        p2:= tharray[x,y-1]; p3:= tharray[x+1,y-1];
        p4:= tharray[x+1,y]; p5:= tharray[x+1,y+1];
        p6:= tharray[x,y+1]; p7:= tharray[x-1,y+1];
        p8:= tharray[x-1,y]; p9:= tharray[x-1,y-1];
        n:=p2+p4+p6+p8;
        if (n=3) or((p2*P8=1)and(p5=0)) or ((p2*P4=1)and(p7=0))
         or ((p4*P6=1)and(p9=0)) or ((p6*P8=1)and(p3=0))
        then tharray[x,y]:=0;
       end;
     end;
   end;
   for y:=0 to image1.Height-1 do
   begin
    for x:=0 to image1.Width-1 do
     begin
      if tharray[x,y]<1
      then image1.canvas.Pixels[x,y]:=16777215;
     end;
   end;
   edit4.text:='ok';
end;
////////////////////////////////////////
procedure TForm1.ElButtonClick(Sender: TObject);
var p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,nc41,nc81,nc42,nc82,fx,fy,tid,lob,yak,kern :byte;
   count,sx,sy,e,f,x,y : word; xx,yy : integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  px,py      : array[0..13] of byte ;
  temparray  : array[0..255,0..255] of byte;
begin
 for y:=1 to image1.Height-2 do
  begin
   for x:=1 to image1.Width-2 do
    begin
     yakarray[x,y]:=0;
     bidarray[x,y]:= tharray[x,y];
     if bidarray[x,y] =1
     then
      begin
       p1:=tharray[x+1,y]; p2:=tharray[x+1,y-1];
       p3:=tharray[x,y-1]; p4:=tharray[x-1,y-1];
       p5:=tharray[x-1,y]; p6:=tharray[x-1,y+1];
       p7:=tharray[x,y+1]; p8:=tharray[x+1,y+1];
       dudarray[x,y] := (p1*16)+(p2*4)+(p3*2)+(p4*1)+(p5*8)
                +(p6*32)+(p7*64)+(p8*128);
       nc41 := ((p1-(p1*p2*p3))+(p3-(p3*p4*p5))+
            (p5-(p5*p6*p7))+(p7-(p7*p8*p1)));
       nc81 := ((1-p1)-((1-p1)*(1-p2)*(1-p3)))+
            ((1-p3)-((1-p3)*(1-p4)*(1-p5)))+
            ((1-p5)-((1-p5)*(1-p6)*(1-p7)))+
            ((1-p7)-((1-p7)*(1-p8)*(1-p1)));
       nc42 := ((p2-(p2*p3*p4))+(p4-(p4*p5*p6))+
            (p6-(p6*p7*p8))+(p8-(p8*p1*p2)));
       nc82 := ((1-p2)-((1-p2)*(1-p3)*(1-p4)))+
            ((1-p4)-((1-p4)*(1-p5)*(1-p6)))+
            ((1-p6)-((1-p6)*(1-p7)*(1-p8)))+
            ((1-p8)-((1-p8)*(1-p1)*(1-p2)));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if ((nc41=2) and (nc42=1) and (nc82=3))or
          ((nc41=1) and (nc42=2) and (nc81=3))or
          ((nc41=3) or (nc81=3) or (nc82=3))or
          (((nc41=3) and (nc42=0))or
          ((nc41<>0) and ((nc82=2) and (nc42=2))))
        then yakarray[x,y] :=1;
       end;
    end;
 end;
for y:=1 to image1.Height-2 do
 begin
  for x:=1 to image1.Width-2 do
   begin
    if yakarray[x,y]=1
    then
     begin
      fx :=x; fy :=y; lob:=0;
      case dudarray[fx,fy] of
       39: begin
            fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
           end;
       45: begin
            fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
           end;
       57: begin
            fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=8;
           end;
       71: begin
            fx:= fx;    fy:= fy+1; lob:=2;
           end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
135: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
149: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy-1; lob:=128;
    end;
156: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=16;
    end;
169: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
180: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
225: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy-1; lob:=128;
    end;
226: begin
      fx:= fx;   fy:= fy-1; lob:=64;
    end;
228: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy-1; lob:=32;
    end;
26: begin
     fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=9;
   end;
37: begin
     fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
   end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 49: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=8;
    end;
 50: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=9;
    end;
 69: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
    end;
 76: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
    end;
 81: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=40;
    end;
 88: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy;   lob:=40;
    end;
133: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy-1; lob:=32;
    end;
138: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
140: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
161: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  162: begin
        fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
       end;
  164: begin
        fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
       end;
end;
count:= 0;  yak:=0; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
while (count <10) and (yak = 0) do
 begin
  if yakarray[fx,fy]>0
  then
   begin
    yak:=1; px[count]:=0; py[count]:=0;
   end
  else
   begin
    tid := dudarray[fx,fy]- lob;
    case tid of
     0: begin
          count:=12;
        end;
     1: begin
          fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:=128;
        end;
     2: begin
          fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:=64;
        end;
     4: begin
          fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
          8: begin
              fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:=16;
            end;
          16: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
            end;
          32: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
            end;
          64: begin
              fx:= fx;   fy:= fy+1; lob:=2;
            end;
          128: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
            end;
          144: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
            end;
          44: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=16;
            end;
          9: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy-1;   lob:=128;
            end;
        end;
      end;
      count:= count+1; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
    end;
  if (count < 10) or (count > 12)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          then
           begin
            if count < 10
            then
             begin
              while count > 0 do
               begin
                count :=count-1; fx:=px[count]; fy:=py[count];
                bidarray[fx,fy]:=0;
               end;
             end
            else
             begin
              fx:=px[13]; fy:=py[13]; bidarray[fx,fy]:=0;
             end;
           end;
        end;
     end;
  end;
for y:=1 to image1.Height-2 do
 begin
  for x:=1 to image1.Width-2 do
   begin
    if yakarray[x,y] = 1
    then
     begin
      fx :=x; fy :=y; lob:=0;
      case dudarray[fx,fy] of
       26: begin
            fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:=224;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;
  37: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:= 128;
    end;
  49: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:= 128;
    end;
  50: begin
      fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:= 192;
    end;
  69: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy-1; lob:= 128;
    end;
  76: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:= 144;
    end;
  81: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:= 128;
    end;
  88: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:= 144;
    end;
 133: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy-1; lob:= 128;
    end;
 138: begin
      fx:= fx;   fy:= fy-1; lob:= 96;
    end;
 140: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy-1; lob:= 32;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end;
    161: begin
          fx:= fx-1; fy:= fy-1; lob:= 128;
         end;
    162: begin
          fx:= fx;   fy:= fy-1; lob:=64;
         end;
    164: begin
          fx:= fx+1; fy:= fy-1; lob:=32;
         end;
  end;
  count:=0; yak:=0; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
  while (count <10) and (yak = 0) do
   begin
    if yakarray[fx,fy]>0
    then
     begin
      yak:=1; px[count]:=0; py[count]:=0;
     end
    else
     begin
      tid := dudarray[fx,fy]- lob;
      case tid of
       0: begin
            count:=12;
          end;
       1: begin
            fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:=128;
          end;
       2: begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:=64;
      end;
    4: begin
        fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
      end;
    8: begin
        fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:=16;
      end;
   16: begin
        fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
      end;
   32: begin
        fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
      end;
   64: begin
        fx:= fx;   fy:= fy+1; lob:=2;
      end;
  128: begin
        fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
      end;
  144: begin
        fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
      end;
   44: begin
        fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=16;
      end;
   9: begin
        fx:= fx-1; fy:= fy-1;   lob:=128;
      end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
            count:= count+1; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
          end;
        if (count < 10) or (count>12)
        then
         begin
          if count <10
          then
           begin
            while count > 0 do
             begin
              count :=count-1; fx:=px[count]; fy:=py[count];
              bidarray[fx,fy]:=0;
             end;
           end
          else
           begin
            fx:=px[13]; fy:=py[13]; bidarray[fx,fy]:=0;
           end;
        end;
      end;
    end;
  end;
for y:=1 to image1.Height-2 do
 begin
  for x:=1 to image1.Width-2 do
   begin
    if yakarray[x,y] = 1
    then
     begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fx :=x;
fy :=y;
lob:=0;
case dudarray[fx,fy] of
 26: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:=20;
    end;
 37: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
 49: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
 50: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
 69: begin
      fx:= fx;    fy:= fy+1; lob:=2;
    end;
 76: begin
      fx:= fx;    fy:= fy+1; lob:=3;
    end;
 81: begin
      fx:= fx;    fy:= fy+1; lob:=6;
    end;
 88: begin
      fx:= fx;    fy:= fy+1; lob:=7;
    end;
 133: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;
  138: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=20;
    end;
  140: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=16;
    end;
  161: begin
      fx:= x-1; fy:= y+1;  lob:=4;
    end;
  162: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
  164: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
 end;
count:=0;  yak:=0; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
while (count <10) and (yak = 0) do
 begin
  if yakarray[fx,fy]>0
  then
   begin
    yak:=1; px[count]:=0; py[count]:=0;
   end
  else
   begin
    tid := {myarray3}dudarray[fx,fy]- lob;
    case tid of
     0: begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      count:=12;
    end;
  1: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:=128;
    end;
  2: begin
      fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:=64;
    end;
  4: begin
      fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
    end;
  8: begin
      fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:=16;
    end;
 16: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
    end;
 32: begin
      fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
    end;
 64: begin
      fx:= fx;   fy:= fy+1; lob:=2;
    end;
128: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
    end;
144: begin
      fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
    end;
 44: begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                fx:= fx-1; fy:= fy;  lob:=16;
              end;
            9: begin
                fx:= fx-1; fy:= fy-1;  lob:=128;
              end;
          end;
        end;
        count:=count+1; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
      end;
    if (count < 10) or (count>12)
    then
     begin
      if count<10
      then
       begin
        while count > 0 do
         begin
          count :=count-1; fx:=px[count]; fy:=py[count];
          bidarray[fx,fy]:=0;
         end;
       end
      else
       begin
        fx:=px[13]; fy:=py[13]; bidarray[fx,fy]:=0;
       end;
     end;
   end;
  end;
 end;
for y :=0 to image1.Height-1 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
 for x :=0 to image1.Width-1 do
  begin
   yakarray[x,y]:=0;
   if bidarray[x,y]= 1
   then
    begin
     p1:=bidarray[x+1,y]; p2:=bidarray[x+1,y-1];
     p3:=bidarray[x,y-1]; p4:=bidarray[x-1,y-1];
     p5:=bidarray[x-1,y]; p6:=bidarray[x-1,y+1];
     p7:=bidarray[x,y+1]; p8:=bidarray[x+1,y+1];
     dudarray[x,y] := (p1*16)+(p2*4)+(p3*2)+(p4*1)+(p5*8)
                +(p6*32)+(p7*64)+(p8*128);
     nc41 := ((p1-(p1*p2*p3))+(p3-(p3*p4*p5))+
          (p5-(p5*p6*p7))+(p7-(p7*p8*p1)));
     nc81 := ((1-p1)-((1-p1)*(1-p2)*(1-p3)))+
          ((1-p3)-((1-p3)*(1-p4)*(1-p5)))+
          ((1-p5)-((1-p5)*(1-p6)*(1-p7)))+
          ((1-p7)-((1-p7)*(1-p8)*(1-p1)));
     nc42 := ((p2-(p2*p3*p4))+(p4-(p4*p5*p6))+
          (p6-(p6*p7*p8))+(p8-(p8*p1*p2)));
     nc82 := ((1-p2)-((1-p2)*(1-p3)*(1-p4)))+
          ((1-p4)-((1-p4)*(1-p5)*(1-p6)))+
          ((1-p6)-((1-p6)*(1-p7)*(1-p8)))+
          ((1-p8)-((1-p8)*(1-p1)*(1-p2)));
     if ((nc41=2) and (nc42=1) and (nc82=3))or
       ((nc41=1) and (nc42=2) and (nc81=3))or
       ((nc41=3) or (nc81=3) or (nc82=3))or
       (((nc41=3) and (nc42=0))or
       ((nc41<>0) and ((nc82=2) and (nc42=2))))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        then yakarray[x,y]:=1;
        if (((nc41=1)and(nc42=0)) or ((nc41=0)and(nc42=1)))
        then yakarray[x,y]:=2;
       end;
    end;
 end;
for y :=0 to image1.Height-1 do
 begin
  for x :=0 to image1.Width-1 do
   begin
    if yakarray[x,y]=2
    then
     begin
      fx:=x; fy:=y; lob:=0;
      case dudarray[fx,fy] of
       1 : begin
          fx:=fx-1; fy:=fy-1; lob:=128;
          end;
       2 : begin
          fx:=fx; fy:=fy-1; lob:=64;
          end;
       4 : begin
          fx:=fx+1; fy:=fy-1; lob:=32;
          end;
       8 : begin
          fx:=fx-1; fy:=fy; lob:=16;
          end;
       16 : begin
          fx:=fx+1; fy:=fy; lob:=8;
          end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 32 : begin
    fx:=fx-1; fy:=fy+1; lob:=4;
    end;
 64 : begin
    fx:=fx; fy:=fy+1; lob:=2;
    end;
 128 : begin
    fx:=fx+1; fy:=fy+1; lob:=1;
    end;
end;
count:=0; yak:=0; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
while (count <6) and (yak = 0) do
 begin
  if yakarray[fx,fy]=1
  then
   begin
    yak:=1; px[count]:=0; py[count]:=0;
   end
  else
   begin
    tid := dudarray[fx,fy]- lob;
    case tid of
     1: begin
         fx:= fx-1;  fy:= fy-1; lob:=128;
        end;
     2: begin
         fx:= fx;    fy:= fy-1; lob:=64;
        end;
     4: begin
         fx:= fx+1;  fy:= fy-1; lob:=32;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;
          8: begin
              fx:= fx-1;  fy:= fy;   lob:=16;
             end;
          16: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
             end;
          32: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy+1; lob:=4;
             end;
          64: begin
              fx:= fx;   fy:= fy+1; lob:=2;
             end;
          128: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy+1; lob:=1;
             end;
          144: begin
              fx:= fx+1; fy:= fy;   lob:=8;
             end;
          44: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy;   lob:=16;
             end;
          9: begin
              fx:= fx-1; fy:= fy-1;  lob:=128;
             end;
        end;
      end;
      count:= count+1; px[count]:=fx; py[count]:=fy;
    end;
  if count < 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          then
           begin
            while count > 0 do
             begin
              count :=count-1; fx:=px[count]; fy:=py[count];
              bidarray[fx,fy]:=0;
             end;
           end;
         end;
       end;
     end;
  for y :=0 to image1.Height-1 do
   begin
    for x :=0 to image1.Width-1 do
     begin
      if bidarray[x,y]= 1
      then
       begin
        p1:=bidarray[x+1,y]; p2:=bidarray[x+1,y-1];
        p3:=bidarray[x,y-1]; p4:=bidarray[x-1,y-1];
        p5:=bidarray[x-1,y]; p6:=bidarray[x-1,y+1];
        p7:=bidarray[x,y+1]; p8:=bidarray[x+1,y+1];
        dudarray[x,y] := (p1*16)+(p2*4)+(p3*2)+(p4*1)+(p5*8)
                  +(p6*32)+(p7*64)+(p8*128);
        if dudarray[x,y]=0
        then bidarray[x,y]:= 0;
       end;
     end;
   end;
  for y :=0 to image1.Height-1 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 begin
  for x :=0 to image1.Width-1 do
   begin
    elarray[x,y]:=bidarray[x,y];
   end;
 end;
kern:=0; e:=0; f:=0;
for sy:= 0 to 255 do
 begin
  yy:=((ceny-127)+sy);
  if (yy<0) or (yy>(image1.Height-1)) then kern:=1;
  for sx:= 0 to 255 do
   begin
    xx:=((cenx-127)+sx);
    if (xx<0) or (xx>(image1.Width-1)) then kern:=1;
    if kern=1
    then
     begin
     temparray[e,f]:=0;
     end
    else
     begin
     temparray[e,f]:=elarray[xx,yy];
     end;
    e:=e+1;
    kern:=0;
    if e=256
    then
     begin
      f:=f+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            c:=0;
          end;
        end;
      end;
    for f:=0 to 255 do
     for e:=0 to 255 do
      elarray[e,f]:=temparray[e,f];
    for y :=0 to image1.Height-1 do
    begin
      for x :=0 to image1.Width-1 do
       begin
        if elarray[x,y]>0
        then image1.canvas.pixels[x,y]:=0
        else image1.canvas.pixels[x,y]:=16777215;
       end;
    end;
    edit5.text:='ok';
end;
////////////////////////////////////////////////////////////////
procedure TForm1.PaButtonClick(Sender: TObject);
var
   p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,nc41,nc81,nc42,nc82,n,a,b : byte ;
   fx,fy,tid,lob,yak,ox,oy,xc,yc,rob,xa,xb : byte ;
   count,x,y :word; px1,py1,px2,py2 :  byte ;
   sx,sy,tx,ty: single; TEle:real; starc,stpik:string;
   harn ,subcount,FEle,SEle: integer;
   TempStrPikud,FirstElement,SecondElement,ThirdElement:String;
begin
 for y :=0 to 255 do
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for x :=0 to 255 do
     begin
      if yakarray[x,y]=1
      then
       begin
         for b :=0 to 255 do
          begin
            for a :=0 to 255 do
             begin
              if (yakarray[a,b]=1)and(((a=x)and(b<>y))
               or((a<>x)and(b=y))or((a<>x)and(b<>y)))
              then
               begin
                if (sqrt(sqr(x-a)+sqr(y-b))) <1.5
                then yakarray[a,b]:=0;
               end;
             end;
          end;
       end;
    end;
  end;
count:=0;
for y :=0 to 255 do
 begin
  for x :=0 to 255 do
   begin
    if elarray[x,y]>0 then image1.canvas.pixels[x,y]:=0
    else image1.canvas.pixels[x,y]:=16777215;
    if yakarray[x,y]=1
    then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          begin
            xa:= (y div 8)-(16-(ceny div 8));
            xb:= (x div 8)-(16-(cenx div 8));
            count:=count+1; xpa[count]:=x; ypa[count]:=y;
            arcpa[count]:=seta[xa,xb]; str(arcpa[count]:0:6,starc);
            pikud[count]:=(inttostr(xpa[count])+','+inttostr(ypa[count])
                    +','+starc);
            image1.canvas.Arc(x-3,y-3,x+3,y+3,x+3,y,x+3,y);
            image1.canvas.pen.Width:=3;
            image1.canvas.pen.color:=clred;
          end
        end;
      end;
    yakjud:=count;
    if (combobox1.text = 'database')//and(prapade<>2)
    then
     begin
      table1.Active:=true; table1.first; table1.insert;
      table1.fieldvalues['NAME']:=edit7.text;
      table1.fieldvalues['YAKNO']:=yakjud;
      table1.fieldvalues['PRAPADE']:=prapade;
      for rob:=1 to yakjud do
       begin
         table1.FieldValues['PIKUD'+inttostr(rob)]:= pikud[rob];
       end;
      table1.post;
     end;
    edit6.text:='ok';
  end;
  ////////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Mabuttonclick(Sender: TObject);
var  a,b,check,datap,a,xb,p,q,option : byte ;
    r,s : shortint; sx,sy,tx,ty: single;
    parc,nay,qarc,score,special,temp  : real;
    count,datayak,x,y,mappoint :word;
    px,py,qx,qy,pob,chai,nub,kuang ,numyak,rob,subrob,pos :  byte ;
    qxarray,qyarray :array [0..60] of integer;
    datax,datay,mummaparray  : array[0..60] of byte;
    dataarc,mumarray,damumarray     : array[0..60] of real;
    tangarray    : array[0..60] of shortint;
    pikud        : array[0..60] of string;
    xst,yst,arcst,tempst,dataname,eang: string;
    mapscore     : array[0..5] of real;
    mapname      : array[0..5] of string;
begin
 option:=0; score:=0;
 if combobox1.Text='mapping'
 then
  begin
   if edit9.text= 'name want map'
   then
    begin
     option:=1; table1.Active:=True; table1.First; mappoint:=0;
     while  not table1.Eof do
      begin
       datap:= table1.FieldValues['PRAPADE'];
       datayak:=table1.FieldValues['YAKNO'];
       dataname:=table1.FieldValues['NAME'];
       xst:=''; yst:=''; arcst:='';
       for rob:=1 to datayak do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
 pikud[rob]:= table1.FieldValues['PIKUD'+inttostr(rob)] ;
 subrob:=1; tempst:=pikud[rob]+',';
 if tempst<>','
 then
  begin
   xst:=''; yst:=''; arcst:='';
   while tempst[subrob]<>',do
    begin
     xst:=xst+tempst[subrob]; subrob:=subrob+1;
    end;
   datax[rob]:=strtoint(xst); subrob:=subrob+1;
   while tempst[subrob]<>',do
    begin
     yst:=yst+tempst[subrob]; subrob:=subrob+1;
    end;
   datay[rob]:=strtoint(yst); subrob:=subrob+1;
   while tempst[subrob]<>',do
    begin
     arcst:=arcst+tempst[subrob]; subrob:=subrob+1;
    end;
   dataarc[rob]:=strtofloat(arcst);
  end;
 end;
table1.Next; pob:=0;
if ((yakjud/datayak)<=2) and((datayak/yakjud)>=0.5)
 and ((datap=prapade) or (prapade=3))
then
 begin
  for p := 1 to yakjud do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
 count:=0; px:= xpa[p]; py:=ypa[p]; parc:=arcpa[p];
 for q:=1 to datayak do
  begin
   qx:= datax[q]; qy:=datay[q]; qarc:=dataarc[q];
   for r:= -45 to 45 do
    begin
     nay:=0.0087266*r ;  //40 degree
     if ((parc+nay)<(qarc+0.0043633))and
      ((parc+nay)>(qarc-0.0043633))
     then
      begin
       s:=-4;        //8 pixel
       check:=0;
       while (s<5) and (check=0) do
        begin
         if (qx-s*(px*cos(nay))-s*(py*sin(nay)))<=2
         then
          begin
           if (qy+s*(px*sin(nay))-s*(py*cos(nay)))<=2
           then
            begin
             count:=count+1;
             mumarray[count]:=nay;
             tangarray[count]:=s;
             damumarray[count]:=qarc;
             qxarray[count]:=qx;
             qyarray[count]:=qy;
             check:=1;
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                end;
                s:=s+1;
              end;
            end;
          end;
        end;
      nub:=0;
      for kuang:=1 to count do
      begin
       if abs(damumarray[kuang]-parc)<=(0.08725) //tolerance
       then
        begin
          nub:=nub+1; mummaparray[nub]:= kuang;
        end;
      end;
      if nub>1
       then
       begin
        for chai:=1 to nub do
         begin
         qxarray[1]:= 1000; qyarray[1]:= 1000;
         if chai=1 then pob:=pob+1;
        end;
       end
      else
       if nub=1
       then
        begin
        qxarray[1]:=1000; qyarray[1]:=1000; pob:=pob+1;
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          end;
        end;
        if (prapade=3)
        then
         begin
           special:=0.05*(pob*pob/(datayak*yakjud));  //weightting
         end;
         score:=(pob*pob/(datayak*yakjud)-special);
        if (score>0.09)
        then
         begin
          mappoint:=mappoint+1;
          mapname[mappoint]:=dataname;
          mapscore[mappoint]:=score;
         end;
       end;
    end;
end;
if (mappoint=0)
then
 begin
 mapscore[0]:=0; mapname[0]:='cannot find';
 end
else
begin
 ListBox1.clear; mapscore[0]:=0;
 for p:=1 to mappoint do
 begin
  if mapscore[p]>mapscore[0]
  then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
        mapscore[0]:=mapscore[p]; mapname[0]:=mapname[p];
      end;
    end;
    Edit10.text:=mapname[0]; Edit11.text:=(floattostr(mapscore[0]));
    for p:=1 to mappoint do
    begin
      temp:=0; pos:=0;
      for q:=1 to mappoint do
      begin
       if mapscore[q]>temp
       then
        begin
          pos:=q; temp:=mapscore[q];
        end;
      end;
      if ((mapscore[0]<>temp) and (mapname[pos]<>mapname[0]))
      then
       begin
         ListBox1.items.Add(mapname[pos]+' : '+floattostr(temp));
       end;
      mapscore[pos]:=0;
    end;
  end;
  table1.IndexFieldNames := 'NAME' ; table1.open;
  if ((table1.findkey([(edit9.text)]))and (option=0))
  then
   begin
   ////////////////////read value/////////////////
    mappoint:=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pob:=0;
if ((yakjud/datayak)<=2) and((datayak/yakjud)>=0.5)
   and((datap=prapade)or (prapade=3))
then
 begin
  for p := 1 to yakjud do
   begin
    count:=0;
    px:= xpa[p]; py:=ypa[p]; parc:=arcpa[p];
    for q:=1 to datayak do
     begin
     qx:= datax[q]; qy:=datay[q]; qarc:=dataarc[q];
     for r:= -45 to 45 do
      begin
       nay:=0.0087366*r ;  //40 degree
       if ((parc+nay)<(qarc+0.0043633))and
         ((parc+nay)>(qarc-0.0043633))
       then
        begin
        s:=-4;
        check:=0;
        while (s<5) and (check=0) do
          begin
           if (qx-s*(px*cos(nay))-s*(py*sin(nay)))<=2
           then
            begin
             if (qy+s*(px*sin(nay))-s*(py*cos(nay)))<=2
             then
              begin
               count:=count+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mumarray[count]:=nay;
                tangarray[count]:=s;
                damumarray[count]:=qarc;
                qxarray[count]:=qx;
                qyarray[count]:=qy;
                check:=1;
               end;
             end;
            s:=s+1;
           end;
         end;
       end;
      end;
     nub:=0;
     for kuang:=1 to count do
      begin
       if abs(damumarray[kuang]-parc)<=(0.08725)
       then
        begin
         nub:=nub+1; mummaparray[nub]:= kuang;
        end;
      end;
    if nub>1
    then
     begin
      for chai:=1 to nub do
      begin
       qxarray[1]:= 1000; qyarray[1]:= 1000;
       if chai=1 then pob:=pob+1;
      end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end
           else
            begin
             if nub=1
             then
              begin
               qxarray[1]:=1000; qyarray[1]:=1000; pob:=pob+1;
              end;
            end;
       end;
     end;
    if (prapade=2)
    then
      begin
       special:=0.05*(pob*pob/(datayak*yakjud));
      end;
    score:=(pob*pob/(datayak*yakjud)-special);
    if (score>0.09)
    then
     begin
      edit10.text:='possible'; edit11.text:=floattostr(score);
     end
    else
     begin
      edit10.text:='impossible'; edit11.text:=floattostr(score);
     end;
   end
else
 begin
  if (option=0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        then
         begin
           edit10.text:='impossible'; edit11.text:=floattostr(score);
         end;
       end;
     end;
end.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้