สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือ

FINGERPRINT IDENTIFICATION

โดย

นาย ณัฐวุฒิ ตั้งสุภกิจวงศ์ 46010223

นาย ธงเฉลิม วงษ์จริต 46010269

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72185
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550

.b 11762518
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือ

FINGERPRINT IDENTIFICATION

ผู้จัดทำ นาย ณัฐวุฒิ ตั้งสุภกิจวงศ์ รหัสประจำตัว 46010223

นาย ธงเฉลิม วงษ์จริต รหัสประจำตัว 46010269

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. จงกล งามวิวิทย์)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร เบญจนราสุทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือ

นาย ณัฐวุฒิ ตั้งสุภกิจวงศ์
นาย ธงเฉลิม วงษ์จริต

รศ. ดร. จงกล งามวิวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. ถาวร เบญจนราสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำลายนิ้วมือที่สนใจไปตรวจสอบเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอนในการดำเนินการ ขั้นแรกจะใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือสแกนลายนิ้วมือของบุคคลที่สนใจ เพื่อนำรูปลายนิ้วมือที่ได้มาผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพและหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ ซึ่งจะเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละบุคคล แล้วจึงนำมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล ขั้นต่อไปตรวจเทียบลายนิ้วมือของบุคคลที่ต้องการตรวจสอบว่า มีคู่ของจุดสำคัญตรงกันกับลายนิ้วมือใดในฐานข้อมูลหรือไม่ โดยใช้โปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นมา จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมนี้สามารถระบุได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูล แต่ถ้าลายนิ้วมือมีลักษณะแบบเดียวกันและมีตำแหน่งของจุดสำคัญใกล้เคียงกัน โปรแกรมจะไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันหรือไม่ โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ปริมาณหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FINGERPRINT IDENTIFICATION

By

Mr. Nattawut Tangsupakitwong

Mr. Thongchalerm Wongjarit

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Jongkol Ngamwiwit

Asst. Prof. Taworn Benjanarasuth

Academic Year 2006

Abstract

In this thesis, basic concepts and related theories of fingerprint identification and verification are studied. The main objective is that the interested fingerprint can be compared and identified with the available fingerprints' data in the database.

The fingerprint identification procedure has been conducted as in the following steps. The fingerprint will be firstly scanned by fingerprint scanner. Necessary digital image processing algorithms are applied to the fingerprint image to classify its type and detect its set of important minutiae, which is the identity of each human individual. Then, the information will be compared with the available fingerprints' data in the database and the outcome of the verification is reported. The identification results show that the developed software can compare which fingerprint belongs to whom but still with some error .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ. ดร. จงกล งามวิวิทย์ และ ผศ.ถาวร เบญจนราสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ
นายณัฐวุฒิ ตั้งสุภกิจวงศ์
นายธงเฉลิม วงษ์จริต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน	1
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ	3
2.1 ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ	3
2.2 รูปแบบของลายนิ้วมือ	4
บทที่ 3 หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
3.1 การสแกนภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .bmp	9
3.2 การปรับปรุงภาพ	10
3.2.1 การลดสัญญาณรบกวน	10
3.2.2 การทำให้ภาพคมชัด	12
3.2.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ	14
3.2.4 การทำภาพให้บาง	15
3.2.5 การกำจัดเส้นกิ่ง	23
3.2.6 การกำจัดเส้นสะพาน	24
3.3 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของภาพ	27
3.4 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ	30
3.5 การตรวจเทียบลายนิ้วมือและเก็บเป็นฐานข้อมูล	31
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	32
4.1 การทดลอง	32
4.1.1 การลดสัญญาณรบกวน	32
4.1.2 การทำให้ภาพคมชัด	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ 34
4.1.4 การทำภาพให้บาง 35
4.1.5 การกำจัดเส้นกิ่ง 36
4.1.6 การกำจัดเส้นสะพาน 37
4.1.7 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ 38
4.1.8 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ 39
4.1.9 การตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล 40
4.2 ผลการทดลอง 41
4.2.1 การลดสัญญาณรบกวน 41
4.2.2 การทำให้ภาพคมชัด 41
4.2.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ 42
4.2.4 การทำภาพให้บาง 42
4.2.5 การกำจัดเส้นกิ่ง 43
4.2.6 การกำจัดเส้นสะพาน 43
4.2.7 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ 44
4.2.8 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ 44
4.2.9 ผลการทดลองการตรวจเทียบลายนิ้วมือ 45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 49
5.1 สรุปผลการทดลอง 49
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 49
5.3 ข้อเสนอแนะ 49
ภาคผนวก ก ทฤษฎีเบื้องต้นในการกำจัดเส้นสะพาน 51
ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงาน 54
เอกสารอ้างอิง 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 จุดเคลต้าและจุดคอร์ 3

2.2 จุดแยกของลายนูน จุดปลายของลายนูน และจุดพื้นที่ปิดล้อม 4

2.3 ลักษณะของกลุ่มเส้นโค้ง 5

2.4 ลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยว 5

2.5 ลักษณะของมัดหวายคู่ 6

2.6 ลักษณะของก้นหอย 6

2.7 ลักษณะลายนิ้วมือแบบซับซ้อน 7

3.1 โฟล์ชาร์ตแสดงหลักการทำงานของระบบ 8

3.2 รูปเครื่องสแกนลายนิ้วมือ 9

3.3 รูปโปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ .bmp 9

3.4 แสดงเทมเพลตของฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ย 10

3.5 แสดงการหาค่ากลางจากเทมเพลต 3x3 11

3.6 การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ากลาง 11

3.7 การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้เกาท์เซียนฟิลเตอร์ 12

3.8 กราฟแสดงเทคนิคการปรับภาพให้คมชัด 12

3.9 การทำให้ภาพคมชัดโดยใช้ฟังก์ชันพิเศษ unsharp 13

3.10 การทำให้เป็นภาพขาวดำ 15

3.11 พิกเซลที่ไม่สามารถลบได้เพราะทำให้เกิดหลุม 15

3.12 พิกเซลที่ไม่สามารถลบได้เพราะทำให้ขาดการเชื่อมต่อกับพิกเซลอื่น 16

3.13 หลักการหาค่า A(p), C(p) และ B(p) สำหรับตัวอย่างที่ 1 16

3.14 หลักการหาค่า A(p), C(p) และ B(p) สำหรับตัวอย่างที่ 2 17

3.15 ตัวอย่างการหาค่า A(p) โดยพิจารณาจากค่า X(p) 18

3.16 เทมเพลตที่ใช้ในการหาค่า X(p) ทาง Matlab 18

3.17 เทมเพลตที่ใช้ในการพิจารณาวิธีของชางและซวน 19

3.18 พิกเซลที่สามารถลบได้โดยวิธีชางและซวน 20

3.19 ตัวอย่างขั้นตอนการทำภาพให้บางโดยวิธีของชางและซวน 21

3.20 การทำภาพให้บางโดยวิธีของชางและซวน 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.21 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดปลาย รวมทั้งสิ้น 8 กรณี 23
3.22 การกำจัดเส้นกิ่ง 23
3.23 เทมเพลตแสดงค่าน้ำหนักของค่าดัชนีของจุดภาพ 24
3.24 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีของจุดภาพ 24
3.25 เทมเพลตของจุดแยก 25
3.26 การกำจัดเส้นสะพาน 26
3.27 ทิศทางของลายนิ้วมือ 28
3.28 แสดงจุด (i, j) ที่มีลักษณะแบบต่างๆ ตามหลักการ Pointcare 29
3.29 การหาจุดศูนย์กลางของภาพลายก้นหอย โดยการกำหนดค่ามุมเป็นช่วง 29
3.30 จุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ 30
3.31 จุดสำคัญของลายนิ้วมือ 30
4.1 โฟล์ชาร์ตการลดสัญญาณรบกวน 32
4.2 โฟล์ชาร์ตการทำให้ภาพคมชัด 33
4.3 โฟล์ชาร์ตการทำให้เป็นภาพขาวดำ 34
4.4 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้บาง 35
4.5 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง 36
4.6 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน 37
4.7 โฟล์ชาร์ตการหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ 38
4.8 โฟล์ชาร์ตการหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ 39
4.9 โฟล์ชาร์ตการตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล 40
4.10 ผลการทดลองการลดสัญญาณรบกวน 41
4.11 ผลการทดลองการทำภาพให้คมชัด 41
4.12 ผลการทดลองการทำให้เป็นภาพขาวดำ 42
4.13 ผลการทดลองการทำภาพให้บาง 42
4.14 ผลการทดลองการกำจัดเส้นกิ่ง 43
4.15 ผลการทดลองการกำจัดเส้นสะพาน 43
4.16 ผลการทดลองการหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ 44
4.17 ผลการทดลองการหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ 44
4.18 ลายนิ้วมือของบุคคลทั้ง 10 คน ที่นำมาทำการทดลอง 46
ก.1 เทมเพลตที่ใช้พิจารณาสมการหาค่าโทโปโลยี 51
ก.2 เทมเพลต 3x3 ของค่า Nc^4 และ Nc^8 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อ 53
ก.4 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดแยกหรือจุดเส้นกิ่ง 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลองการตรวจเทียบลายนิ้วมือตามกรณีที่ 1	48
4.2 ผลการทดลองการตรวจเทียบลายนิ้วมือตามกรณีที่ 2	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในอดีตโบราณคดีได้แสดงให้เห็นได้ชัดว่า การใช้ลายนิ้วมือกับมนุษย์ได้มีการกล่าวถึงตั้งแต่ยุคจีนโบราณ บาบิโลเนีย และแอ๊ซซีเรีย หรือตั้งแต่ 6000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช

ในปัจจุบันนี้ประชากรมีจำนวนมากขึ้น ต้องมีการติดต่อระหว่างบุคคลต่างๆ ถ้าเราสามารถมีระบบที่จำแนกลักษณะของบุคคลต่างๆได้ จะทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปด้วยความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้นจึงมีการคิดค้นวิธีการต่างๆ เช่น รหัสผ่าน ลายเซ็นดิจิตอล ลายนิ้วมือ เลนส์ตา เพื่อระบุบุคคล

การใช้ลายนิ้วมือระบุบุคคลเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ โดยการตรวจเทียบลายนิ้วมือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่น งานทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครอง งานอาชญากรรมของกรมตำรวจและงานด้านการรักษาความปลอดภัย เนื่องจากในปัจจุบันประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น การพิสูจน์แยกแยะมนุษย์จะทำให้เกิดความล่าช้า จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบจดจำลายนิ้วมือซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งหากสามารถตรวจสอบจุดสำคัญของลายนิ้วมือแต่ละบุคคลได้ ก็จะสามารถหาระบบมาระบุได้ว่าลายนิ้วมือดังกล่าวเป็นของบุคคลใดโดยเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. ทำการศึกษาและทดลองระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือ
2. สามารถนำลายนิ้วมือที่ได้มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการการปรับปรุงภาพ และสามารถนำไปตรวจเทียบและระบุบุคคลได้
3. สามารถเขียนโปรแกรมการทำงานของระบบลายนิ้วมือได้อย่างถูกต้อง

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน

โครงงานนี้คือระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ โดยใช้เครื่องสแกนเนอร์เก็บภาพพิมพ์ลายนิ้วมือของบุคคล จากนั้นนำมาประมวลผลภาพแล้วเก็บเป็นฐานข้อมูล และสามารถตรวจเทียบลายนิ้วมือที่ต้องการกับฐานข้อมูล เพื่อระบุได้ว่าตรงกับลักษณะลายนิ้วมือของผู้ใดหรือไม่ใช่บุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. สแกนภาพลายนิ้วมือจากเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้นใช้โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นภาพบิตแมพ (Bitmap) ซึ่งมีนามสกุล .bmp เป็นภาพระดับเทามีความสว่าง 256 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลดสัญญาณรบกวน และการทำภาพให้คมชัด
3. การทำให้เป็นภาพขาวดำ เป็นการทำภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ
4. การทำภาพให้บาง เพื่อให้ภาพนั้นเป็นภาพที่บางลง ซึ่งทำให้วิเคราะห์ภาพได้ง่าย
5. การกำจัดเส้นกิ่ง เส้นกิ่งเป็นเส้นสั้นๆ ที่แยกออกมาจากลายนิ้วมือหลัก ไม่นำมาพิจารณาในการตรวจเทียบ
6. การกำจัดเส้นสะพาน เส้นสะพานจะมีลักษณะเป็นลายสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน ซึ่งต้องกำจัดออก ไม่นำมาพิจารณาในการตรวจเทียบ
7. การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของภาพ โดยการกำหนดทิศทางของภาพจะแสดงถึงจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ และการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากลายนิ้วมือที่สแกนเข้ามาในแต่ละครั้งนั้น จะมีตำแหน่งที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะใช้จุดศูนย์กลางเป็นจุดอ้างอิงในการหมุนภาพ
8. การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ ในที่นี้จะพิจารณาการกระจายของจุดแยกและจุดปลายจากจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ
9. การตรวจเทียบลายนิ้วมือและเก็บเป็นฐานข้อมูล สามารถตรวจเทียบลายนิ้วมือที่ต้องการพิจารณาว่าตรงกับลายนิ้วมือใดในฐานข้อมูลหรือไม่

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงวัตถุประสงค์ หลักการ ขั้นตอนการศึกษา และการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ กล่าวถึงพื้นฐานที่สำคัญของลายนิ้วมือของมนุษย์ทุกคนที่จำเป็นต้องรู้ และนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นต่อไป

บทที่ 3 หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของระบบตรวจสอบลายนิ้วมือ ตั้งแต่การสแกนภาพที่ได้ นำมาปรับปรุงภาพ เก็บเป็นฐานข้อมูลและรวมทั้งการประมวลผลตรวจเทียบลายนิ้วมือ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง เป็นโฟล์ชาร์ตการทำงาน ตัวอย่างรูปภาพ และผลที่ได้จากการทดลอง

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ

บริเวณปลายนิ้วมือของมนุษย์โดยทั่วไปจะเห็นว่า นิ้วมือแต่ละนิ้วนั้นจะมีลักษณะเป็นลายอยู่ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่เป็นลายนูน (Ridges) และส่วนที่เป็นเส้นร่อง (Furrows) วิ่งวนเป็นเส้นโค้งไปรอบๆ ช่วงปลายนิ้วมือสลับกันไประหว่างร่องและลายนูนทำให้เกิดลายนิ้วมือขึ้นมา

2.1 ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือจะเป็นเอกลักษณ์ประจำตัวบุคคลซึ่งสามารถนำมาใช้ในการระบุบุคคลนั้นๆได้ ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือมีดังต่อไปนี้

1. จุดเดลตา (Delta) หมายถึง จุดบนลายนูนที่อยู่ตรงกลางของบริเวณที่มีลักษณะของลายเหมือนรูปสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 2.1
2. จุดคอร์ (Core) หมายถึง จุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ หรือจุดบนเส้นโค้งของลายนูนโดยที่เส้นโค้งนั้นต้องเป็นลักษณะที่โค้งขึ้นและเริ่มกลับตัวลง หรือโค้งขึ้นและกลับตัวลงสวนทางกันกับในตอนแรก เส้นโค้งลายนูนนี้จะต้องเป็นเส้นโค้งลายนูนที่อยู่ชั้นในสุดของบริเวณที่มีรูปแบบเป็นคอร์

รูปที่ 2.1 จุดเดลต้าและจุดคอร์

3. จุดสำคัญ (Minutiae) หมายถึง ลักษณะเฉพาะในลายนิ้วมือของแต่ละคนซึ่งประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) จุดแยกของลายนูน เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทาง
2) จุดปลายของลายนูน เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนในบริเวณปลายสุดของลายนูน
3) จุดพื้นที่ปิดล้อม เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางไปเป็นสองเส้นทาง แล้วสองเส้นทางนั้นกลับมาบรรจบเป็นหนึ่งเส้นทางอีกครั้งซึ่งทำให้เกิดพื้นที่ปิดล้อมที่ไม่มีลายนูนอยู่ภายในขึ้น

รูปที่ 2.2 จุดแยกของลายนูน จุดปลายของลายนูน และจุดพื้นที่ปิดล้อม

2.2 รูปแบบของลายนิ้วมือ

รูปแบบของลายนิ้วมือที่นำไปใช้ในการตรวจเทียบลายนิ้วมือบุคคล สามารถแบ่งกลุ่มของรูปแบบได้หลายรูปแบบดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเส้นโค้ง(Arch) มีลักษณะการวิ่งของลายนูนดังนี้ ลายนูนจะวิ่งในลักษณะที่ขนานกับพื้นราบแล้วพุ่งโค้งขึ้น จากนั้นจึงวิ่งขนานกับพื้นราบอีกครั้ง กลุ่มเส้นโค้งนี้สามารถแบ่งรูปแบบได้เป็น 2 รูปแบบ คือ
   1) กลุ่มเส้นโค้งราบ (Plain Arch) เป็นกลุ่มเส้นโค้งที่ลายเส้นวิ่งไหลออกไปข้างหนึ่งโดยไม่เกิดมุมแหลม หรือเส้นพุ่งขึ้นตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.3
   2) กลุ่มเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch) ลายเส้นตรงเกิดเป็นลายเส้นพุ่งขึ้นโดยเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. เส้นโค้งราบ

ข. เส้นโค้งกระโจม

รูปที่ 2.3 ลักษณะของกลุ่มเส้นโค้ง

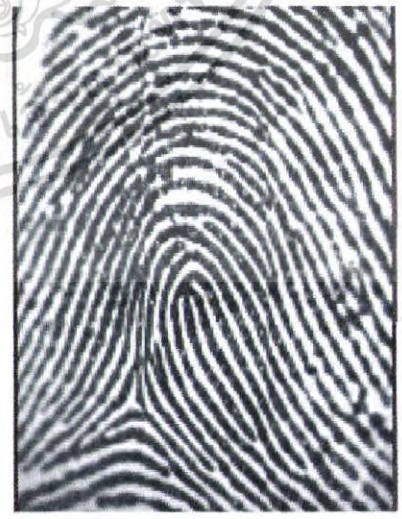
2. กลุ่มมัดหวาย (Loop) มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านใดด้านหนึ่งมาบริเวณกลางนิ้วมือ แล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบน จากนั้นจึงโค้งลงและวนกลับไปตามทางเดิมที่วิ่งมา โดยจะมีเดลตาอยู่ 1 จุด กลุ่มมัดหวายที่พบโดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ

1) กลุ่มมัดหวายเดี่ยว (Single loop) สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ

ก. มัดหวายซ้าย มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านซ้ายแล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบนแล้วจึงโค้งลง และวิ่งวนกลับไปทางเดิมที่ได้วิ่งมา

ข. มัดหวายขวา มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านขวามาบริเวณกลางนิ้วมือ แล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบนและโค้งลงและวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา

ก. มัดหวายซ้าย



ข. มัดหวายขวา

รูปที่ 2.4 ลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop) เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมตัวของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนูน อาจมาจากทางด้านเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่งจะมีรูปแบบเป็นลักษณะโค้งขึ้น และอีกกลุ่มจะมีลักษณะเป็นโค้งลง ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลักษณะของมัดหวายคู่

3. กลุ่มก้นหอย (Whorl) ลักษณะของการวิ่งของลายนูน มีรูปแบบเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปวงกลมวงใหญ่ ค่อยๆเล็กลงไปเรื่อยๆจนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุดอยู่ด้านใน กลุ่มก้นหอยนี้จะมีจำนวนเดลต้า มากกว่า 2 เดลต้าขึ้นไป

รูปที่ 2.6 ลักษณะของก้นหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

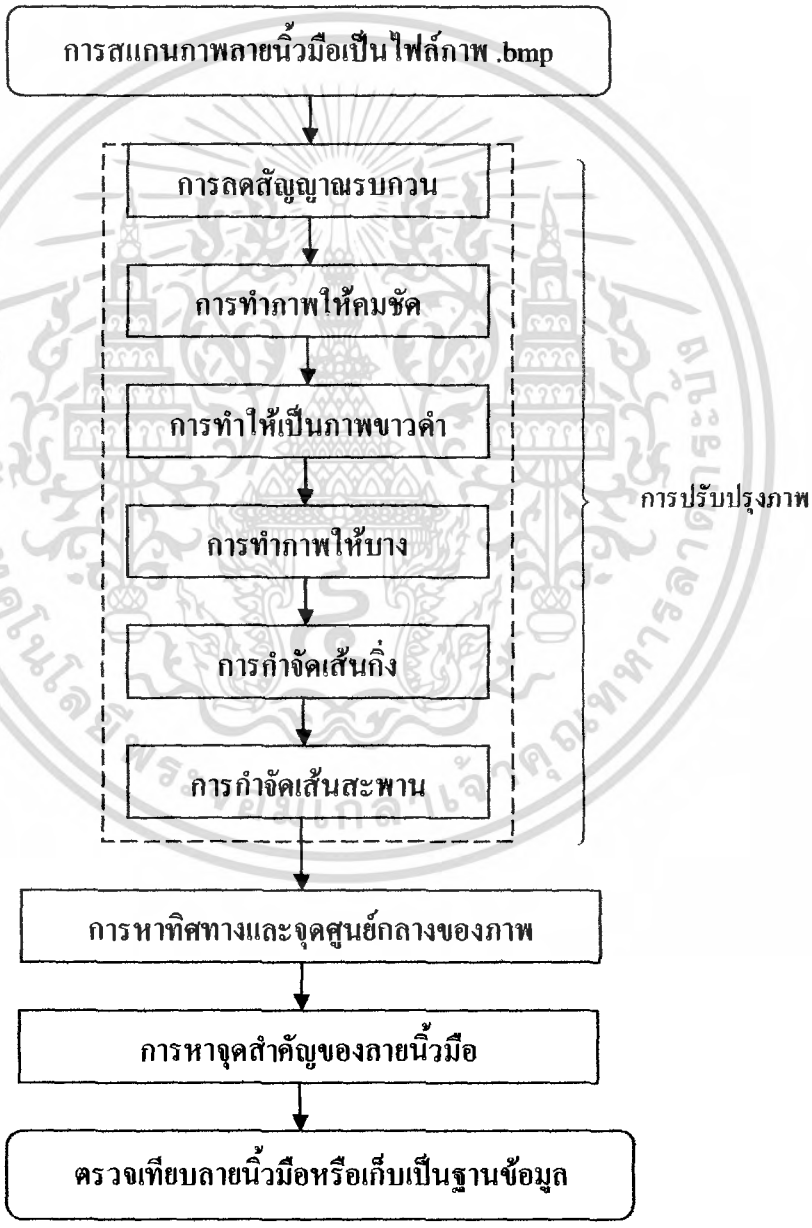
4. กลุ่มซับซ้อน (Accidental) เป็นลักษณะของลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้ ซึ่งมักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน

รูปที่ 2.7 ลักษณะลายนิ้วมือแบบซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำงานของระบบจะเริ่มต้นจากการสแกนภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ .bmp แล้วนำภาพที่ได้มาเข้ากระบวนการปรับปรุงภาพ ได้แก่ การลดสัญญาณรบกวน การทำให้ภาพคมชัด การทำให้เป็นภาพขาวดำ การทำภาพให้บาง การกำจัดเส้นกิ่ง การกำจัดเส้นสะพาน หลังจากนั้นจะนำภาพที่ปรับปรุงแล้วมาหาค่าทิศทางและจุดศูนย์กลาง เพื่อนำไปใช้หาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ ซึ่งจะใช้เป็นหลักในการตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล มีโฟล์ชาร์ตการทำงานดังนี้

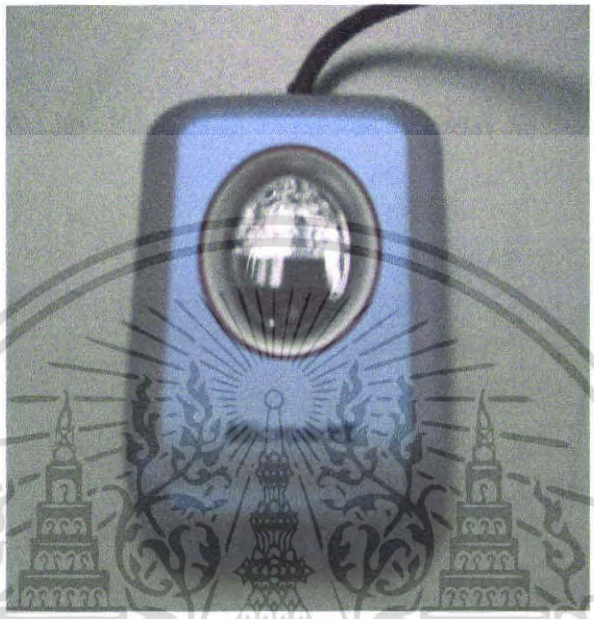


รูปที่ 3.1 โฟล์ชาร์ตแสดงหลักการทำงานของระบบ

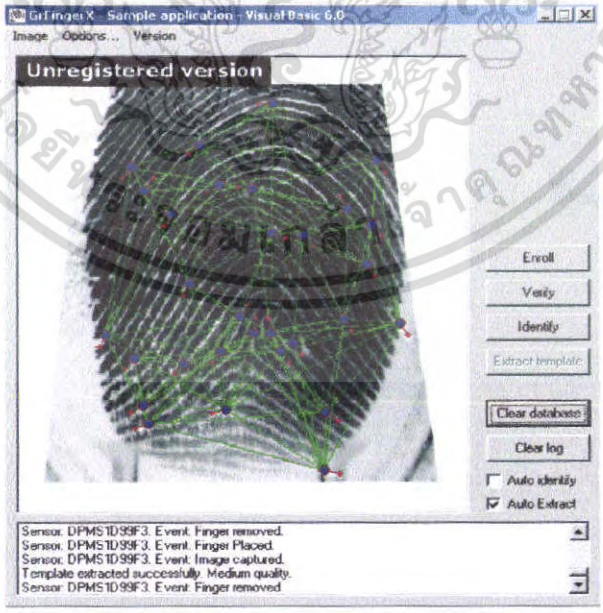
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การสแกนภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .bmp

เป็นขั้นตอนแรกในการทำงาน โดยนำลายนิ้วมือของบุคคลไปผ่านเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เพื่ออ่านลายนิ้วมือ จากนั้นใช้โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ .bmp ซึ่งหลังจากผ่านขั้นตอนนี้ จะได้ภาพลายนิ้วมือเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.2 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ



รูปที่ 3.3 โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ .bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การปรับปรุงภาพ

เนื่องจากการนำภาพที่ได้จากเครื่องสแกนลายนิ้วมือหรือเครื่องอ่านลายนิ้วมือนั้น ภาพที่ได้มายังไม่สามารถนำไปใช้งานและประมวลผลได้ เพราะว่าอาจมีสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมหรือความคมชัดไม่พอที่จะนำไปใช้ได้ ทำให้ภาพที่ได้ผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงและไม่สามารถตรวจเทียบได้ ดังนั้น จึงต้องมีกระบวนการในการปรับปรุงภาพเพื่อให้มีคุณสมบัติดีขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการปรับปรุงภาพที่สำคัญมีดังนี้

3.2.1 การลดสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนที่มีอยู่ในภาพลายนิ้วมือนั้น อาจเกิดจากความบกพร่องของภาพหรือเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการสแกนเข้าคอมพิวเตอร์ เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการช่วยลดสัญญาณรบกวนที่มีอยู่ภายในภาพนั้นมี 3 วิธี ซึ่งจะมีคุณสมบัติเป็นกรองความถี่ต่ำ ทำให้ภาพที่ออกมานั้นมีลักษณะมัวกว่าภาพตั้งต้น แต่จะช่วยลบสัญญาณรบกวน เช่น รูขุมขน ให้จางหายไป

วิธีแรกจะใช้หลักการของ ฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ย(Average Filter) ว่า "จุดใดๆในภาพต้องมีความสัมพันธ์กับจุดที่อยู่รอบๆ" นั่นคือวิธีการหาค่าเฉลี่ยรอบด้านโดยการแทนจุดใดๆในอะเรย์ของภาพด้วยค่าเฉลี่ยกับค่าของจุดรอบๆที่อยู่ภายในตัวกรอง โดยมีจุด X_0 เป็นจุดที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.4

X4	X3	X2
X5	X0	X1
X6	X7	X8

รูปที่ 3.4 แสดงเทมเพลตของฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ย

ซึ่งเป็นเทมเพลตของฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ย สำหรับจุด X_0 นี้จะเปลี่ยนค่าตามสมการที่ (3.1) แบบวนรอบไปจนครบทุกจุดภาพ

$$X_0 = \frac{1}{9}\sum_{i=0}^{8} X_i \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่สองที่นำมาใช้คือ ฟิลเตอร์ค่ากลาง (Median Filter) ซึ่งจะทำการลดสัญญาณรบกวนได้ดีวิธีหนึ่ง โดยจะใช้หลักการของตัวกรอง 3x3 ซึ่งภายในตัวกรองจะประกอบด้วยจุดต่างๆ และค่าที่จะนำมาใช้คือค่ากลางของจุด ดังรูปที่ 3.5 และภาพที่ผ่านฟิลเตอร์ค่ากลางแสดงได้ดังรูปที่ 3.6

50	65	52
63	255	58
61	60	57

→ 50 52 57 58 [60] 61 63 65 255 → 60

รูปที่3.5 แสดงการหาค่ากลางจากเทมเพลต 3x3

ก. ก่อนลดสัญญาณรบกวน ข. หลังลดสัญญาณรบกวน

รูปที่ 3.6 การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ฟิลเตอร์ค่ากลาง

วิธีที่สามที่สามารถนำมาใช้คือ เกาท์เซียนฟิลเตอร์ (Gaussian Filter) จะเป็นฟิลเตอร์พิเศษ (fspecial) ที่ทำให้ภาพขจัดสัญญาณรบกวนได้ดี มีสมการดังนี้

$$h_g(n_1,n_2) = e^{-(n_1^2+n_2^2)/(2\sigma^2)}$$

$$h(n_1,n_2) = \frac{h_g(n_1,n_2)}{\sum_{n_1}\sum_{n_2} h_g} \qquad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $h_g(n_1, n_2)$ คือ ภาพเริ่มต้น และ $h(n_1, n_2)$ คือ ภาพที่ได้หลังจากลดสัญญาณรบกวนโดยการใช้เกาท์เซียนฟิลเตอร์แล้ว ในที่นี้ n_1 และ n_2 คือ จำนวนแถวและหลัก

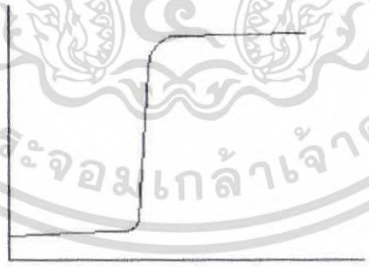
σ คือ ค่าที่กำหนดให้ ตั้งแต่ 0 – 1 โดยควรเลือกค่าที่ให้ภาพชัดเจนที่สุด

ก. ก่อนลดสัญญาณรบกวน ข. หลังลดสัญญาณรบกวน

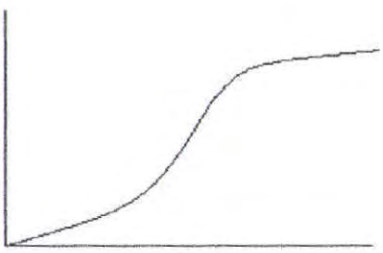
รูปที่ 3.7 การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้เกาท์เซียนฟิลเตอร์

3.2.2 การทำให้ภาพคมชัด

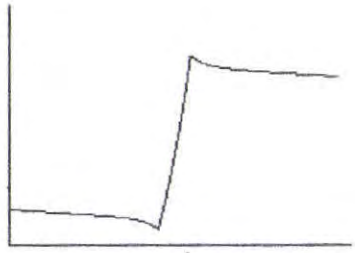
เมื่อได้ภาพที่ลดสัญญาณรบกวนเรียบร้อยแล้วแต่เป็นภาพที่ไม่ชัด จึงปรับภาพให้คมชัดขึ้น โดยนำภาพที่ไม่ชัดมาลบออกจากภาพเริ่มต้น ดังนั้นจะทำให้ได้ภาพที่คมชัดขึ้นและได้ภาพที่มีรายละเอียดสมบูรณ์ที่สุด



ก. ภาพเริ่มต้น



ข. ภาพที่ไม่ชัด



ค. ภาพที่คมชัด

รูปที่ 3.8 กราฟแสดงเทคนิคการทำให้ภาพคมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ทำให้ภาพคมชัดขึ้น คือ

$$f = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{k}\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

โดยที่ k คือ ค่าคงที่ที่สามารถปรับได้ เพื่อให้ภาพคมชัดที่สุด หรือใช้ฟังก์ชันพิเศษ (fspecial'unsharp') ซึ่งมีรูปแบบคือ

$$\frac{1}{\alpha+1}\begin{bmatrix} -\alpha & \alpha-1 & -\alpha \\ \alpha-1 & \alpha+5 & \alpha-1 \\ -\alpha & \alpha-1 & -\alpha \end{bmatrix}$$

ค่า α มีค่าตั้งแต่ 0 – 1 ซึ่งควรจะเลือกค่าที่ทำให้ได้ภาพชัดเจนที่สุด

ตัวอย่าง สมมุติค่า α =0.5 จะได้สมการดังนี้

$$\frac{1}{3}\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 11 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = 4\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - 3\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

ก. ก่อนปรับภาพให้คมชัด

ข. หลังปรับภาพให้คมชัด

รูปที่ 3.9 การทำให้ภาพคมชัดโดยใช้ฟังก์ชันพิเศษ unsharp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ

การทำให้เป็นภาพขาวดำเป็นการแยกความแตกต่างระหว่างเส้นนูนและเส้นร่อง โดยเปลี่ยนความสว่างของทุกจุดภาพให้เหลือเพียงสองระดับ จะใช้สมการดังนี้

$$G(x,y)=\begin{cases}1, & f(x,y)>T\\ 0, & f(x,y)\le T\end{cases} \tag{3.3}$$

โดยที่ $f(x,y)$ คือ ค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพเริ่มต้น ณ ตำแหน่ง x, y

T คือ ค่าสีที่เลือกจากภาพที่เข้ามาเพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบ

$G(x,y)$ คือ ค่าสีที่ผ่านการหาขีดค่าการเปลี่ยนระดับสีของภาพ ณ ตำแหน่ง x, y

การหาค่าเทรชโฮล (Threshold)

ค่าเทรชโฮล คือ ค่าสีที่เลือกจากภาพเพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นค่าที่ให้รายละเอียดต่างๆของภาพได้ชัดเจนที่สุด วิธีการหาค่าเทรชโฮลที่ดีจะใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยของระดับความสว่างในแต่ละส่วน คือนำความสว่างในแต่ละส่วนมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในส่วนนั้นๆ ก็จะได้ค่าเทรชโอล เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อทำภาพขาวดำต่อไป

ใน Matlab มีคำสั่งที่ใช้หาค่าเทรชโฮล ตามหลักการของ Otsu's method คือ

```
>>> w = graythresh(Image)
```

ซึ่งจะได้ค่าสีที่เหมาะสมที่สุดออกมาเลย โดยค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยและจะนำไปใช้ในสมการเปรียบเทียบต่อไป

นอกจากนี้มีฟังก์ชั่นพิเศษ im2bw ที่ใช้ทำให้เป็นภาพขาวดำโดยกำหนดค่าระดับสี ตามสมการ ค่าที่ใช้ควรจะเป็นค่าเทรชโฮล มีรูปแบบของคำสั่ง คือ

```
>>> im2bw(Image , level)
```

หลังจากทำให้เป็นภาพขาวดำแล้ว ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่มีความสว่างเพียงสองระดับ คือ สีขาว (1) และสีดำ (0)

ในการทำให้เป็นภาพขาวดำจะแบ่งรูปเป็นช่องๆทั้งแนวแกน X และ Y แล้วหาค่าเทรชโฮลของแต่ละช่อง และปรับภาพตามสมการทีละช่องๆ จากนั้นจึงนำภาพที่ปรับค่าแล้วของแต่ละช่องมาต่อกัน เพื่อให้ได้ภาพสองระดับที่มีความละเอียดสูงสุดและผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงน้อยที่สุด และเมื่อนำภาพที่ได้ไปทำภาพให้บาง จะทำได้ง่ายและเห็นลายนิ้วมือที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผลจากการทำภาพให้บางด้วยวิธีนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ข. ค.

ก. ก่อนทำให้เป็นภาพขาวดำ

ข. หลังทำให้เป็นภาพขาวดำโดยการหาค่าเทรชโฮลทั้งรูป

ค. หลังทำให้เป็นภาพขาวดำโดยการแบ่งรูปเป็นช่องๆ และหาค่าเทรชโฮลทีละช่อง

รูปที่ 3.10 การทำให้เป็นภาพขาวดำ

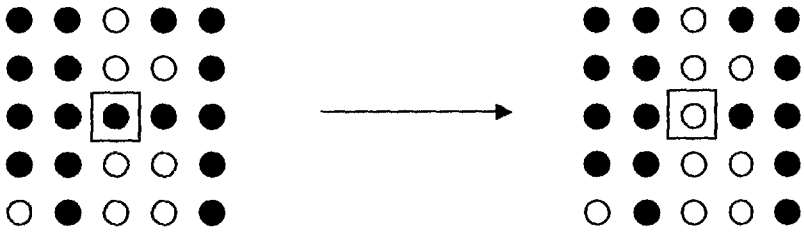
3.2.4 การทำภาพให้บาง

กระบวนการทำภาพให้บางนี้ ทำขึ้นเพื่อให้รายละเอียดของภาพลายนิ้วมือลดเหลือแต่เพียงลายเส้นที่จำเป็น เนื่องจากโดยข้อเท็จจริงแล้วลายนิ้วมือแต่ละเส้นจะมีลักษณะเป็นเส้นหนาและมีขนาดไม่เท่ากัน แต่ความหนาของเส้นลายนิ้วมือเป็นข้อมูลที่ไม่สนใจในการพิจารณา ต้องกำจัดความหนานั้นด้วยการลบพิกเซลที่สามารถลบออกได้ โดยจะต้องพิจารณา 2 กรณี

1. การลบพิกเซลนั้นจะต้องไม่ทำให้เกิดหลุม (Hole)
2. การลบพิกเซลจะต้องไม่ทำให้ภาพนั้นเปลี่ยนโครงสร้างหรือขาดการเชื่อมต่อกับพิกเซลอื่น

รูปที่ 3.11 พิกเซลที่ไม่สามารถลบได้เพราะทำให้เกิดหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 พิกเซลที่ไม่สามารถลบได้เพราะทำให้ขาดการเชื่อมต่อกับพิกเซลอื่น

พิกเซลที่สามารถลบได้นั้น จะพิจารณาจากเมตริกซ์ขนาด 3x3 ช่อง ซึ่งพิกเซลที่พิจารณานั้นเป็นพิกเซลที่อยู่ตรงกลาง โดยเบื้องต้นจำเป็นจะต้องทราบค่าดังนี้

<u>การหาค่า A(p) , C(p) , B(p)</u>

A(p) = จำนวนการเชื่อมต่อแบบ 4 ทิศทาง

C(p) = จำนวนการเชื่อมต่อแบบ 8 ทิศทาง

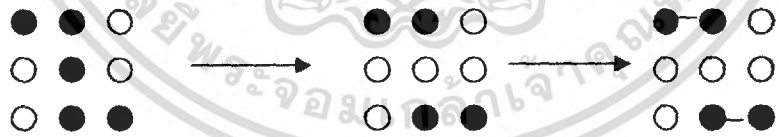
B(p) = จำนวนพิกเซล p=1ที่เหลือหลังจากลบพิกเซลกลางออกไปแล้ว

สำหรับตัวอย่างที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าการลบพิกเซลกลางจะทำให้อีก 2 พิกเซลที่เหลือแยกออกจากกันและลากเส้นเชื่อมต่อ จะได้ผลว่า

A(p) = 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อลากเส้นเชื่อมแบบ 4 ทิศทางจะได้ 2 เส้นไม่ติดต่อกัน

C(p) = 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อลากเส้นเชื่อมแบบ 8 ทิศทางจะได้ 2 เส้นไม่ติดต่อกัน

B(p) = 4 จำนวนพิกเซล p=1 ที่เหลือ ในที่นี้ = 4 พิกเซล



รูปที่ 3.13 หลักการหาค่า A(p), C(p) และ B(p) สำหรับตัวอย่างที่ 1

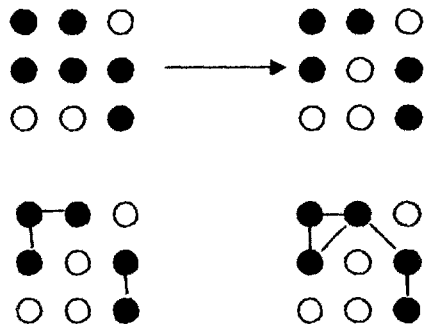
จากรูปที่ 3.14 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ 2 นั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อลบพิกเซลกลางแล้วลากเส้นเชื่อมต่อจะได้ผลว่า

A(p) = 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อลากเส้นแบบ4 ทิศทางจะแยกออกได้เป็น 2 เส้นไม่ติดต่อกัน

C(p) = 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อลากเส้นแบบ 8 ทิศทางจะแยกออกได้เป็น 2 เส้นไม่ติดต่อกัน

B(p) = 5 จำนวนพิกเซล p =1 ที่เหลือ ในที่นี้ = 5 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 หลักการหาค่า A(p), C(p) และ B(p) สำหรับตัวอย่างที่ 2

พิกเซล p ที่พิจารณา ถ้า A(p) = 1 จะเรียกว่า 4-simple คือสามารถลบพิกเซล pได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างแบบ 4 ทิศทาง และถ้า C(p) = 1 เราจะเรียกว่า 8-simple คือสามารถลบพิกเซล pได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างแบบ 8 ทิศทาง

<u>การหาค่า A(p) โดยพิจารณาจากค่า X(p)</u>

สำหรับการหาค่า A(p) จะสนใจในกรณีที่ A(p) = 1 เท่านั้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการหาค่า X(p) โดยพิจารณาว่ามีการเปลี่ยนเลขจาก 0 ไป 1 ของพิกเซลไปกี่ครั้ง โดยจะใช้เทมเพลตดังนี้

p1	p2	p3
p8	p	p4
p7	p6	p5

→ p1 , p2 , p3 , p4 , p5 , p6 , p7 , p8 , p1

เมื่อนำค่ามาเรียงกัน X(p) คือจำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนเลขจาก 0 ไป 1 และถ้า X(p) เป็น 1 แล้ว A(p) จะเท่ากับ 1 ด้วย หรือพิกเซล p ที่พิจารณานั้นเป็น 4-simple ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

1	1	0
0	p	0
0	1	1

→ 1 , 1 , 0 , <u>0 , 1</u> , 1 , 0 , <u>0 , 1</u>

มีการเปลี่ยนจาก 0 ไป 1 จำนวน 2 ครั้ง X(p) = 2

ดังนั้นค่า A(p)ไม่เท่ากับ 1

72185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	1	1
1	p	1
1	0	0

→ 1 , 1 , 1 , 1 , 0 , 0 , 1 , 1 , 1

มีการเปลี่ยนจาก 0 ไป 1 จำนวน 1 ครั้ง X(p) = 1

ดังนั้น A(p) = 1 ด้วย หรือเป็น 4-simple

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการหาค่า A(p) โดยพิจารณาจากค่า X(p)

สำหรับใน Matlab แล้วการหาค่า X(p) จะใช้เทมเพลต 3x3 ดังแสดงในรูปที่ 3.16

a(1)	a(4)	a(7)
a(2)	a(5)	a(8)
a(3)	a(6)	a(9)

รูปที่ 3.16 เทมเพลตที่ใช้ในการหาค่า X(p) ทาง Matlab

และคำนวณหาค่า X(p) ได้โดยใช้

$$X(p) = crossnum = sum((1-p).*pp) \tag{3.4}$$

โดยที่ p = [a(1) a(4) a(7) a(8) a(9) a(6) a(3) a(2)]

pp = [p(2:8) p(1)]

ตัวอย่าง สมมุติว่ามีเทมเพลตที่พิจารณาดังรูป สามารถคำนวณหาค่า X(p) ได้ดังนี้

1	1	0
0	p	0
0	1	1

→

p = [1 1 0 0 1 1 0 0]

pp = [1 0 0 1 1 0 0 1]

1 − p = [0 0 1 1 0 0 1 1]

(1 − p).* pp = [0 0 0 1 0 0 0 1]

Crossnumber = 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 1 = 2 = X(p)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณ C(p) หาได้จากสมการ

$$C(p) = [\overline{p2} \wedge (p3 \vee p4)] + [\overline{p4} \wedge (p5 \vee p6)] + \overline{p7} \wedge (p8 \vee p9)] + [\overline{p8} \wedge (p1 \vee p2)] \quad (3.5)$$

โดยที่ $\overline{p_i}$ คือ คอมพลีเมนท์(Complement) ของ $p_i(1-p_i)$ และเครื่องหมาย $\wedge$ และ $\vee$ คือ AND และ OR ทางตรรกศาสตร์

สำหรับในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่ได้นำค่า C(p) มาใช้ในขั้นตอนการทำภาพลายนิ้วมือให้บางลง

การทำภาพให้บางโดยใช้วิธีของชางและซวน (Thinning using Zhang and Suen's method)

ในวิธีของชางและซวนจะเริ่มด้วยการใช้เทมเพลตเพื่อพิจารณาตำแหน่ง p ซึ่งเป็นจุดภาพสีขาว (จุด 1) ตรวจสอบจุด p ว่าจะเปลี่ยนเป็นสีดำ (จุด 0) ได้หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขดังนี้

p1	p2	p3
p8	p	p4
p7	p6	p5

รูปที่ 3.17 เทมเพลตที่ใช้ในการพิจารณาการทำให้บางด้วยของชางและซวน

1) $2 \le B(p) \le 6$

2) X(p) = 1,

3) ถ้า N เป็นเลขคี่ แล้ว

p2*p4*p6 = 0

p4*p6*p8 = 0

→ ถ้า N เป็นเลขคี่ จะได้ว่า p4 = 0 หรือ p6 = 0 หรือ p2 = p8 = 0

ถ้า N เป็นเลขคู่ แล้ว

p2*p4*p8=0

p2*p6*p8=0

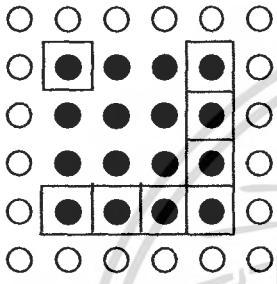
→ ถ้า N เป็นเลขคู่ จะได้ว่า p2 = 0 หรือ p8 = 0 หรือ p4 = p6 = 0

โดยที่ N คือจำนวนครั้งที่พิจารณา โดยเริ่มพิจารณาครั้งแรก คือ N=1 จะใช้สมการกรณีที่ N เป็นเลขคี่ และพิจารณาทุกจุดว่าจะลบทิ้งได้หรือไม่ จากนั้นเริ่มพิจารณาใหม่อีกครั้งโดย N = 2 และใช้

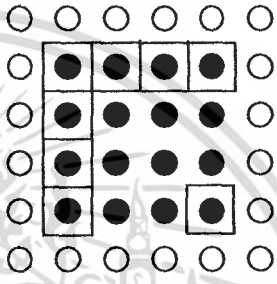
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการกรณีที่ N เป็นเลขคู่ ถ้าเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อเป็นจริงทั้งหมด จุดภาพนั้นจะถูกเปลี่ยนจากภาพสีดำเป็นภาพสีขาว โดยจะตรวจสอบจนไม่สามารถลบพิกเซลได้แล้ว

รูปตัวอย่างพิกเซลที่ลบได้ในกรณี N เป็นเลขคี่ และ N เป็นเลขคู่ แสดงได้ดังรูปที่ 3.18 ในกรณี N เป็นเลขคี่ พิจารณาจุดสีดำว่าสามารถทำการลบเป็นจุดสีขาวได้หรือไม่ ให้นำเทมเพลตมาครอบรอบจุดที่ต้องการพิจารณาเป็นจุด p และพิจารณาตามเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ ว่าเป็นจริงหรือไม่และต้องเป็นจริงทุกข้อ ตัวอย่างเช่น จุดดำซ้ายบน เมื่อนำเทมเพลตมาครอบจะพิจารณาได้ว่าเงื่อนไขเป็นจริงโดย B(p) = 3, X(p) = 1 และ p2 = p8 = 0 ซึ่งตรงตามเงื่อนไขทุกข้อจึงสามารถลบพิกเซลนี้ได้ ให้พิจารณาจนครบทุกพิกเซล และเริ่มทำใหม่ครั้งที่ 2 โดยให้ N เป็นเลขคู่ ดังรูปทางขวามือ



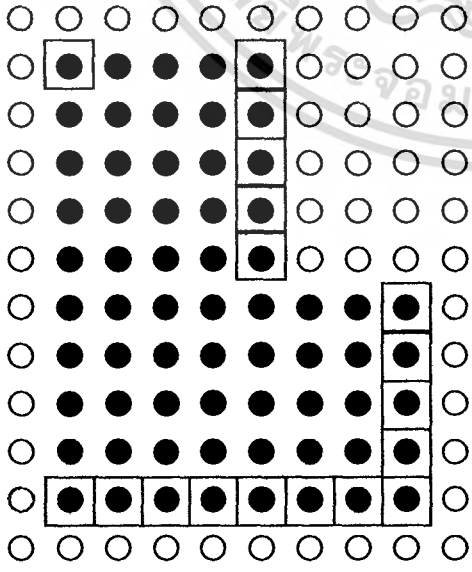
ก. กรณีที่ N เป็นเลขคี่



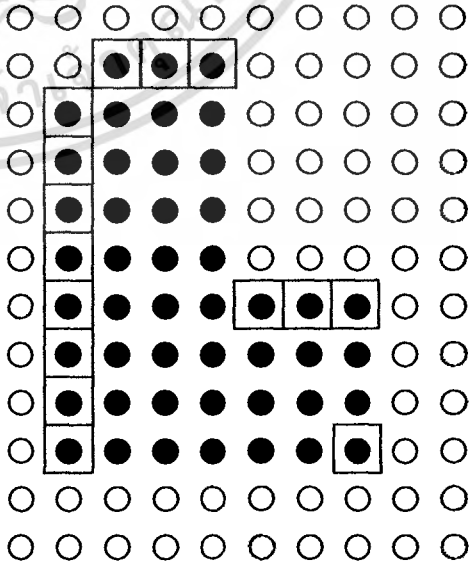
ข. กรณีที่ N เป็นเลขคู่

รูปที่ 3.18 พิกเซลที่สามารถลบได้โดยวิธีชางและชวน

ตัวอย่างของขั้นตอนในการทำภาพให้บางโดยวิธีของชางและชวน แสดงได้ดังรูปที่ 3.19 โดยเริ่มต้นพิจารณากรณี N เป็นเลขคี่ (N=1) และสลับไปเรื่อยๆ จนถึงกรณี N=5 จึงไม่สามารถลบพิกเซลได้อีกแล้วเป็นอันสิ้นสุดการทำให้บางโดยวิธีของชางและชวน

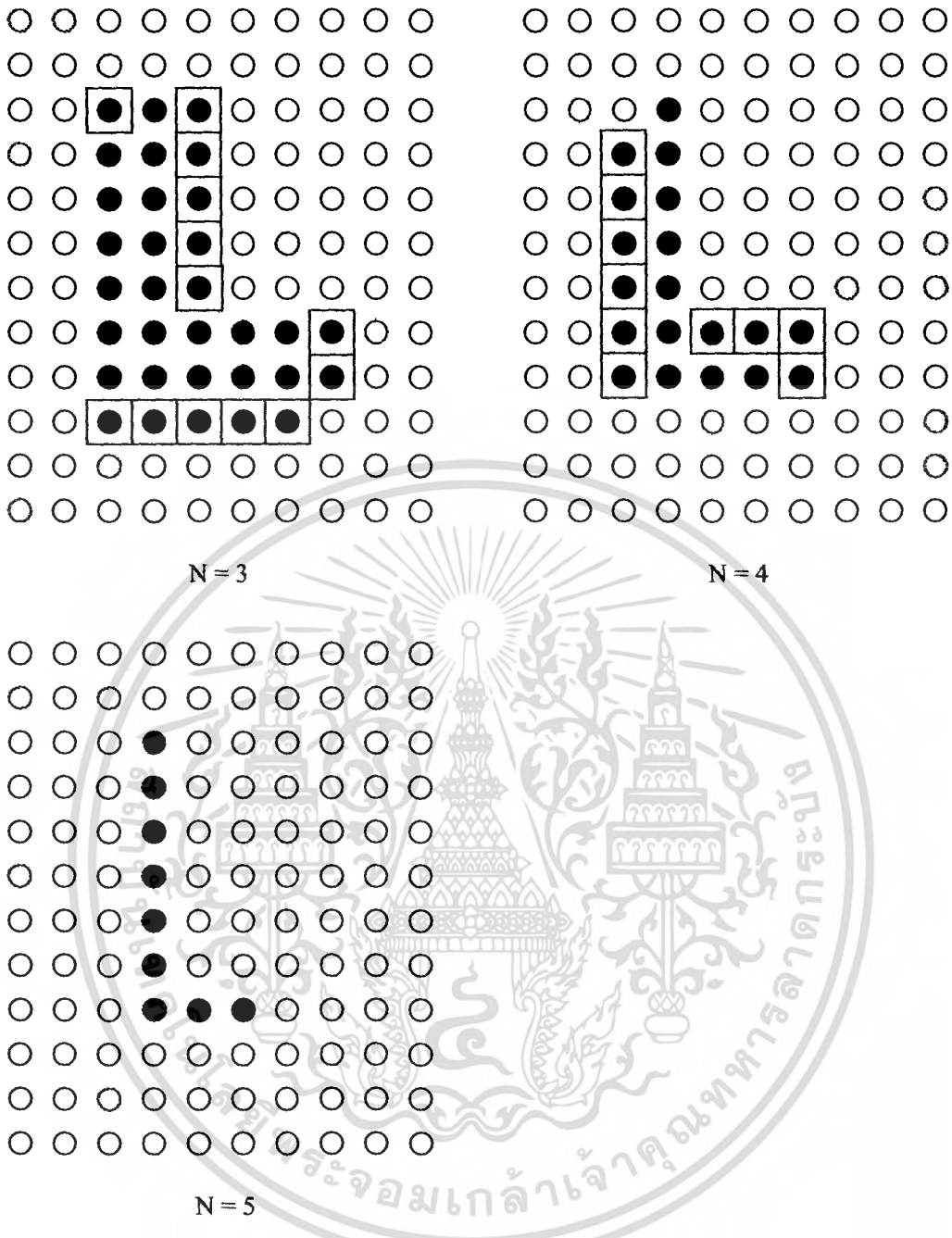


N = 1



N = 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างขั้นตอนการทำภาพให้บางโดยวิธีของชางและซวน

รูปตัวอย่างลายนิ้วมือดังแสดงในรูปที่ 3.20 นั้นได้ถูกทำให้บางโดยวิธีของชางและซวน โดยพิจารณาทั้งหมด 20 รอบ (N=20) จึงไม่มีพิกเซลที่สามารถลบทิ้งได้แล้ว เป็นการสิ้นสุดการทำภาพให้บาง มีข้อสังเกตว่า การทำภาพให้บางลงจะทำให้เห็นเส้นกิ่งและเส้นสะพานชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ก่อนการทำภาพให้บาง ข. หลังการทำภาพให้บาง (N=20)

รูปที่ 3.20 การทำภาพให้บางโดยวิธีของชางและซวน

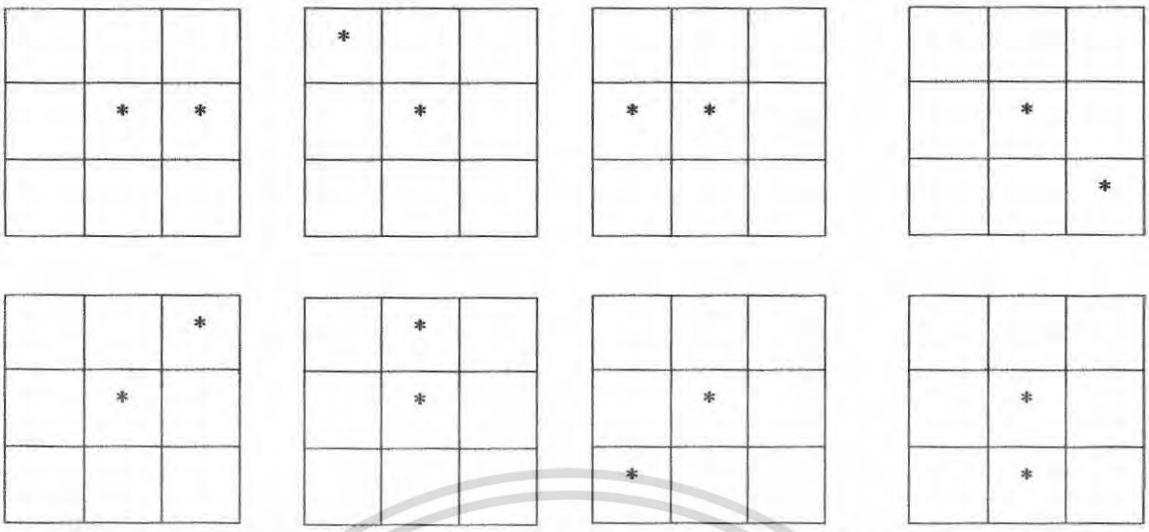
3.2.5 การกำจัดเส้นกิ่ง

จากการวิเคราะห์รูปภาพที่บางแล้ว จะเห็นได้ว่าพบเส้นกิ่งชัดเจนกว่าเดิม ซึ่งจะนิยามให้เป็นส่วนเกินที่จะต้องกำจัดออกโดยวิธีติดตามลายเส้น โดยจะต้องพิจารณาค่าโทโปโลยีของจุดภาพบนลายเส้นนั้นๆ เพื่อหาจุดปลาย แล้วใช้ขั้นตอนในการกำจัดเส้นกิ่งต่อไป

<u>ขั้นตอนของการกำจัดเส้นกิ่ง</u>

1. สแกนหาจุดปลายในภาพ โดยใช้เทมเพลตของจุดปลาย ดังแสดงในรูปที่ 3.21 ซึ่งเป็นเทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดปลายได้ทั้งหมด 8 กรณี
2. ตั้งค่าโคออร์ดิเนตของจุดปลาย ให้เป็นค่าของ x_0 และหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น
3. ติดตามลายเส้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบจุดแยก
4. หาผลต่างของจุดปลายกับจุดแยก ถ้ามีจำนวนจุดภาพน้อยกว่าจำนวนจุดภาพที่ได้กำหนดไว้ก็ให้ลบจุดภาพจากจุดปลายจนมาถึงจุดแยก แต่ถ้าผลต่างมีมากกว่าค่าที่ตั้งไว้ให้กลับไปทำข้อที่ 1 ข้อที่ 2 และข้อที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดปลายได้ทั้งหมด 8 กรณี

รูปที่ 3.22 เป็นภาพลายนิ้วมือที่ได้จากขั้นตอนของการกำจัดเส้นกิ่ง ซึ่งจะเห็นว่าขั้นตอนที่กล่าวถึงนั้นสามารถกำจัดเส้นกิ่งได้ แต่เส้นสะพานยังปรากฏให้เห็นชัดอยู่ซึ่งจำเป็นจะต้องกำจัดออกไปเพื่อให้ได้ภาพลายนิ้วมือที่เหลือแต่ลายเส้นที่นำไปใช้ในการตรวจเทียบ

ก. ก่อนการกำจัดเส้นกิ่ง ข. หลังการกำจัดเส้นกิ่ง

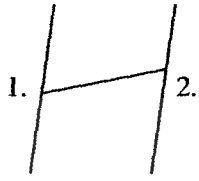
รูปที่ 3.22 การกำจัดเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

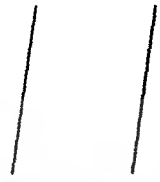
3.2.6 การกำจัดเส้นสะพาน

ภาพที่ผ่านการทำให้บาง จะพบว่าบางภาพมีเส้นสะพานเกิดขึ้น ซึ่งเป็นลายสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน และเป็นส่วนเกินที่ต้องกำจัดออกไปโดยใช้อัลกอลิธึมในการกำจัดเส้นสะพาน

<u>อัลกอลิธึมในการกำจัดเส้นสะพาน</u>



ลักษณะของเส้นสะพาน



หลังทำการตัดเส้นสะพานทิ้ง

การกำจัดเส้นสะพานโดยใช้อัลกอลิธึมในการกำจัดเส้นสะพานมีหลักการคือ เมื่อพบจุดที่ 1 ที่เป็นจุดแยก ให้ติดตามลายเส้นจนกว่าจะพบจุดแยกจุดที่ 2 และนับจุดที่อยู่ระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ถ้ามีจำนวนน้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้ ให้ลบเส้นสะพานนั้นทิ้ง ในการพิจารณาว่าจุดใดเป็นจุดแยกนั้น จะพิจารณาจากการหาค่าดัชนีของจุดภาพ

<u>การหาค่าดัชนีของจุดภาพ</u>

การหาค่าดัชนีของจุดภาพที่พิจารณาอยู่ สามารถหาได้จากผลรวมของค่าน้ำหนักที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.23

1	2	4
8	0	16
32	64	128

รูปที่ 3.23 เทมเพลตแสดงค่าน้ำหนักของค่าดัชนีของจุดภาพ

และตัวอย่างการหาค่าดัชนีของจุดภาพ แสดงได้ดังรูปที่ 3.24

1		
	1	
		1

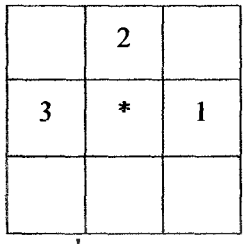
ตัวอย่าง การหาค่าดัชนี

ค่าดัชนี = 0+1+128 = 129

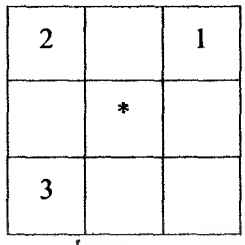
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีของจุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

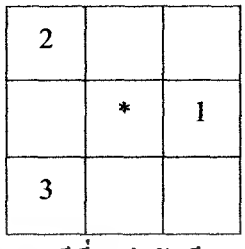
ค่าดัชนีของจุดภาพที่หาได้จะเป็นค่าหลักในการพิจารณาหาจุดแยก ซึ่งเทมเพลตของจุดแยกจะมีค่าดัชนีของจุดภาพทั้งหมด 16 กรณี ดังต่อไปนี้



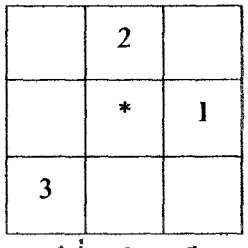
กรณีที่ 1 ค่าดัชนี 26



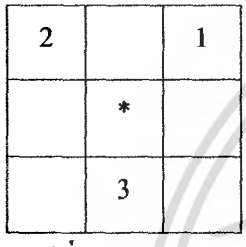
กรณีที่ 2 ค่าดัชนี 27



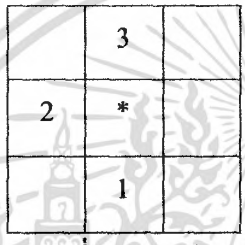
กรณีที่ 3 ค่าดัชนี 49



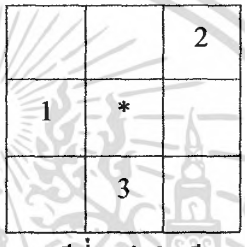
กรณีที่ 4 ค่าดัชนี 50



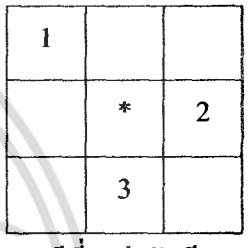
กรณีที่ 5 ค่าดัชนี 69



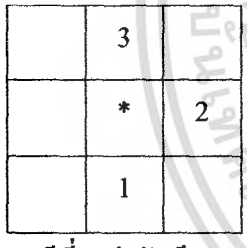
กรณีที่ 6 ค่าดัชนี 74



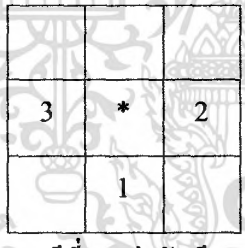
กรณีที่ 7 ค่าดัชนี 76



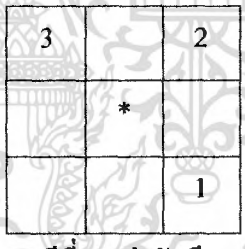
กรณีที่ 8 ค่าดัชนี 81



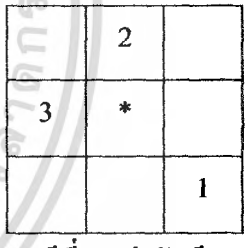
กรณีที่ 9 ค่าดัชนี 82



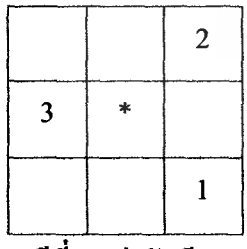
กรณีที่ 10 ค่าดัชนี 88



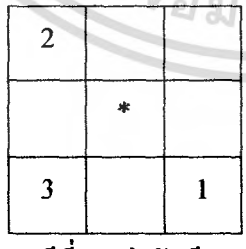
กรณีที่ 11 ค่าดัชนี 133



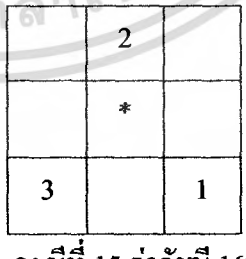
กรณีที่ 12 ค่าดัชนี 138



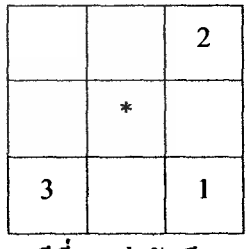
กรณีที่ 13 ค่าดัชนี 140



กรณีที่ 14 ค่าดัชนี 161



กรณีที่ 15 ค่าดัชนี 162



กรณีที่ 16 ค่าดัชนี 164

ในที่นี้ เลข 1 ในเทมเพลต หมายถึง ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 1
เลข 2 ในเทมเพลต หมายถึง ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2
เลข 3 ในเทมเพลต หมายถึง ตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มต้นติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 3

รูปที่ 3.25 เทมเพลตของจุดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการกำจัดเส้นสะพาน

รอบที่ 1 ติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 1

1. นำเทมเพลต 3x3 ไปแทนในภาพ พิจารณาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณี และติดตามแยกไปทางทิศที่ 1 กำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งที่ 1 เป็นค่า x_0 เพื่อหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น
2. ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น x_0 ในเทมเพลต 3x3 และหาจุดถัดไปเพื่อติดตามลายเส้นไปเรื่อยๆ
3. ทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 จนพบจุดแยกจุดที่ 2
4. นับจุดที่อยู่ระหว่างจุดแยกเริ่มต้นกับจุดแยกจุดที่ 2 ถ้ามีจำนวนจุดน้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้ ให้ลบเส้นสะพานนั้นทิ้ง ถ้ามีจำนวนจุดมากกว่าจำนวนที่กำหนดให้กลับไปเริ่มทำข้อที่ 1

รอบที่ 2 ติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2

ในการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2 ให้ทำตามข้อที่1 ข้อที่2 ข้อที่3 และข้อที่4 แต่จะกำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 2 เป็นตำแหน่ง x_0 และหาตำแหน่งจุดถัดไปเป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น

รอบที่ 3 ติดตามลายเส้นไปในทิศทางที่ 3

ในการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 3 ให้ทำตามข้อที่1 ข้อที่2 ข้อที่3 และข้อที่4 อีกครั้งแต่จะกำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 3 เป็นตำแหน่ง x_0 และหาตำแหน่งจุดถัดไปเป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น

ก. ก่อนการกำจัดเส้นสะพาน ข. หลังการกำจัดเส้นสะพาน

รูปที่ 3.26 การกำจัดเส้นสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

การหาทิศทางของภาพ

ทิศทางของภาพจะแสดงถึงรูปแบบของลายนิ้วมือ และตำแหน่งจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เมื่อกำหนดให้ภาพที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพแล้วเป็น L แล้ว ขั้นตอนในการพิจารณาหาทิศทางของภาพ จะมีดังต่อไปนี้

1. แบ่ง L เป็นบล็อกขนาด w x w (16x16)
2. คำนวณค่าเกรเดียนท์ $\nabla_x(i,j)$ และ $\nabla_y(i,j)$ ของแต่ละพิกเซล (i,j) โดยในการคำนวณค่าเกรเดียนท์ใน Matlab จะนำไปผ่านเกรเดียนท์ ฟิลเตอร์ (3x3) ดังรูปข้างล่าง

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

เกรเดียนท์ฟิลเตอร์

จากนั้นจึงคำนวณหาค่าเกรเดียนท์ทั้ง x และ y โดยใช้คำสั่ง

```
>>> filter_gradient = fspecial('sobel');
```

3. กำหนดทิศทางบริเวณใกล้เคียงของแต่ละศูนย์กลางของบล็อกที่พิกเซล (i,j) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\theta(i,j) = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{V_y(i,j)}{V_x(i,j)}\right) \tag{3.6}$$

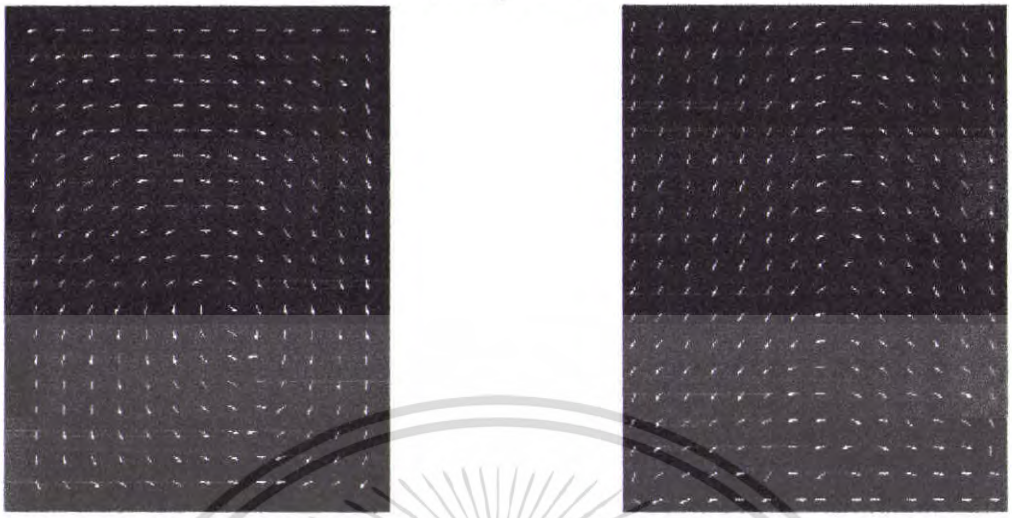
โดยที่ $V_x(i,j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2}\sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} 2\nabla_x(u,v)\nabla_y(u,v)$

$$V_y(i,j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2}\sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} (\nabla_x^2(u,v) - \nabla_y^2(u,v))$$

และ $\theta(i,j)$ เป็นค่ายกกำลังสองที่ต่ำที่สุดโดยประมาณของการกำหนดทิศทางของภาพ ณ ตำแหน่ง (i,j) ที่แสดงถึงทิศทางของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.27 จะเป็นภาพลายนิ้วมือแบบก้นหอยและแบบโค้งกระโจมที่ผ่านขั้นตอนในการหาทิศทางของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.27 ก. และรูปที่ 3.27 ข. ตามลำดับ



ก. ทิศทางของภาพลายก้นหอย ข. ทิศทางของภาพลายโค้งกระโจม

รูปที่ 3.27 ทิศทางของลายนิ้วมือ

การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ขั้นตอนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากลายนิ้วมือที่สแกนเข้ามาแต่ละครั้งนั้นจะมีตำแหน่งที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ต้องผ่านขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือภาพนั้นๆเสียก่อน เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการหมุนภาพ โดยมีหลักการกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือดังนี้

<u>หลักการ Poincare Method</u>

เมื่อทำการหาทิศทางของภาพได้แล้ว จะได้ทิศทางจากภาพเป็นเวกเตอร์ชี้ทิศทางต่างๆ กำหนดให้ G เป็นสนามเวกเตอร์และ C เป็นเส้นโค้งลายนิ้วมือที่อยู่ใน G โดยมีเวกเตอร์D คือ เวกเตอร์ทิศทางของภาพที่ทำการหาทิศทางแล้ว และจุด (i, j) เป็นจุดที่พิจารณา โดยจะคำนวณหาค่าผลต่างของเวกเตอร์ D จาก k = 0…7 จะได้ว่า

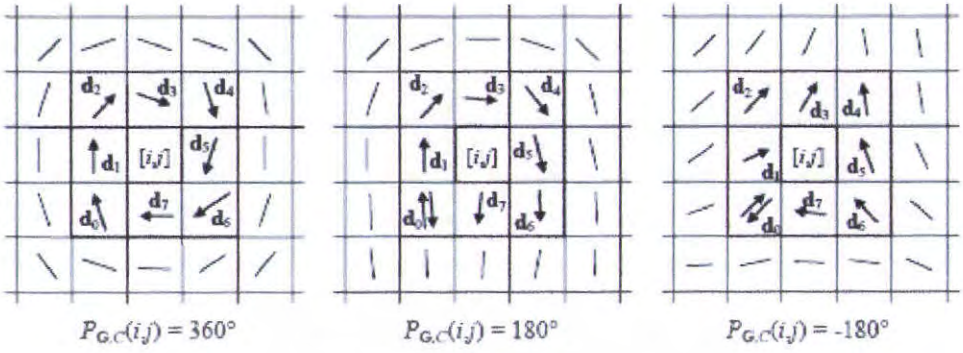
$$P_{G,C}(i,j) = \sum_{k=0..7} angle(d_k d_{(k+1)\bmod 8}) \tag{3.7}$$

โดยที่

$$P_{G,C}(i,j) = \begin{cases} 0^\circ & (i,j) \text{ ไม่เข้ากับลายนิ้วมือรูปแบบใด} \\ 360^\circ & (i,j) \text{ เป็นลักษณะแบบก้นหอย (Whorl)} \\ 180^\circ & (i,j) \text{ เป็นลักษณะแบบลูป (Loop)} \\ -180^\circ & (i,j) \text{ เป็นลักษณะแบบเดลต้า (Delta)} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 ก. ข. และ ค. เป็นรูปที่แสดงถึงจุดที่ใช้เป็นจุดศูนย์กลาง คือ จุด (i, j) ที่มีลักษณะเป็นแบบก้นหอย แบบลูป และแบบเดลต้า ตามลำดับ



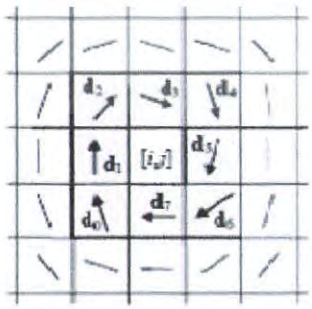
ก. ก้นหอย ข. ลูป ค. เดลตา

รูปที่ 3.28 แสดงจุด (i, j) ที่มีลักษณะแบบต่างๆ ตามหลักการ Pointcare

การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ จะบ่งบอกแบบของลายนิ้วมือได้ เช่น จุดศูนย์กลางแบบก้นหอยจะบ่งบอกได้ว่าเป็นลายนิ้วมือแบบก้นหอย จุดศูนย์กลางแบบลูปจะบ่งบอกได้ว่าเป็นลายนิ้วมือแบบมัดหวาย และจุดศูนย์กลางแบบเดลตาจะบ่งบอกว่าเป็นลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม ส่วนลายนิ้วมือแบบโค้งราบจะไม่มีจุดศูนย์กลางทั้งแบบลูปและเดลตา

การใช้หลักการของทฤษฎีดังกล่าวมาหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือนั้น จะต้องประยุกต์ใช้โดยกำหนดค่ามุมให้เป็นช่วงระหว่าง $0\text{-}360^0$ แบ่งเป็น 8 ช่วง ถ้ามุมของการหาทิศทาง มีอยู่ครบในทั้ง 8 ช่วง จะกำหนดให้เป็นจุดศูนย์กลางของภาพ

ตัวอย่าง การหาจุดศูนย์กลางแบบก้นหอย



พิจารณาค่ามุมของทิศทางที่อยู่รอบๆ จุด เช่นกำหนดให้ $150 > d_0 > 90$, $120 > d_1 > 70$, $90 > d_2 > 30$, $0 > d_3 > 30$, $90 > d_4 > 30$, $120 > d_5 > 70$, $150 > d_6 > 90$, $0 > d_7 > 30$ และคิดในกรณีกลับเฟสด้วย ถ้าจุดที่พิจารณามีทิศทางของมุมที่อยู่รอบจุด ตรงตามช่วงที่กำหนดทั้ง 8 ถือว่าเป็นจุดศูนย์กลางแบบก้นหอย ดังแสดงในรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 การหาจุดศูนย์กลางของภาพลายก้นหอย โดยการกำหนดค่ามุมเป็นช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.30 แสดงถึงจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือ โดยที่ภาพซ้ายมือแสดงถึงทิศทางที่บ่งถึงจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ และภาพขวามือเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางในลายนิ้วมือจริง

รูปที่ 3.30 จุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

3.4 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

ในลายนิ้วมือจะมีจุดปลาย จุดแยก จุดพื้นที่ปิดล้อม และจุดโดดเดี่ยว เป็นลักษณะเด่นที่ถูกนำมาใช้พิสูจน์ลายนิ้วมือ เรียกว่า "จุดสำคัญของลายนิ้วมือ" แต่จุดที่ให้ความสำคัญนั้นมีอยู่ 2 จุด คือ จุดปลายและจุดแยก ดังแสดงในรูปที่ 3.31 โดยจะใช้เทมเพลตในการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งเพื่อหาจุดแยกและจุดปลาย ในลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลนั้นจะมีตำแหน่งของจุดสำคัญของลายนิ้วมือไม่เหมือนกัน จึงสามารถนำไปเป็นจุดอ้างอิงในการจำแนกลายนิ้วมือต่อไปได้

□ แสดงถึงจุดแยก x แสดงถึงจุดปลาย

รูปที่ 3.31 จุดสำคัญของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การตรวจเทียบลายนิ้วมือและเก็บเป็นฐานข้อมูล

เมื่อหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือได้แล้ว ต่อไปเป็นขั้นตอนในการเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้เป็นฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการอ้างอิงและสามารถตรวจสอบได้ว่าลายนิ้วมือที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นของบุคคลใดในฐานข้อมูลหรือไม่ โดยใช้จุดศูนย์กลางที่หาได้เป็นจุดอ้างอิงในการหมุนภาพและตรวจเทียบจุดสำคัญของภาพลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบว่า ตรงกับจุดสำคัญของภาพลายนิ้วมือใดในฐานข้อมูล ซึ่งจะใช้อัลกอลิธึมของการจับคู่เพื่อตรวจเทียบจุดสำคัญของลายนิ้วมือ มีหลักการดังต่อไปนี้

อัลกอลิธึมของการจับคู่

ในการตรวจเทียบลายนิ้วมือสองลายว่าเป็นบุคคลเดียวกันหรือไม่ จะต้องใช้กลุ่มข้อมูลของจุดสำคัญ 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่อยู่ในฐานข้อมูลของลายนิ้วมือที่ 1 และกลุ่มที่ต้องการนำมาตรวจเทียบของลายนิ้วมือที่ 2 ดังสมการที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ สำหรับในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กำหนดให้จุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือให้เป็นจุดอ้างอิงซึ่งมีคู่ลำดับเป็น (0 , 0) แล้วจึงหาตำแหน่งของจุดสำคัญโดยคิดจากจุดศูนย์กลาง

$$T = \{m_1, m_2, ..., m_m\}, m_i = \{x_i, y_i, \theta_i\}, i = 1..m \tag{3.8}$$

$$I = \{m_1', m_2', ..., m_m'), m_j' = \{x_j', y_j', \theta_j'\}, j = 1..n \tag{3.9}$$

โดยที่ $m = \{x, y, \theta\}$ คือ รายละเอียดของจุดสำคัญ ณ ตำแหน่ง x , y และมุม θ จากนั้นนำจุดสำคัญของกลุ่ม T และ I มาตรวจเทียบกันโดยใช้สมการที่ 3.10

$$\begin{aligned} |x_j' - x_i| \le d_0 \text{ และ } |y_j' - y_i| \le d_0 \\ \min(|\theta_j' - \theta_i|, 360 - |\theta_j' - \theta_i|) \le \theta_0 \end{aligned} \tag{3.10}$$

เพื่อคำนวณหาว่า ความห่างของตำแหน่งและมุมของจุดสำคัญนั้นมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยที่ d_0 และ θ_0 คือ ค่าของความห่างของตำแหน่งและมุมของจุดสำคัญที่ได้กำหนดไว้ ความแม่นยำของการตรวจสอบลายนิ้วมือจะขึ้นอยู่กับจำนวนคู่ของจุดสำคัญที่ตรงกันว่ามีกี่คู่ ตามปกติควรจะต้องตรงกันมากกว่า 7 คู่ ซึ่งจะถือว่าลายนิ้วมือสองลายนี้เป็นลายนิ้วมือเดียวกัน (Matching)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

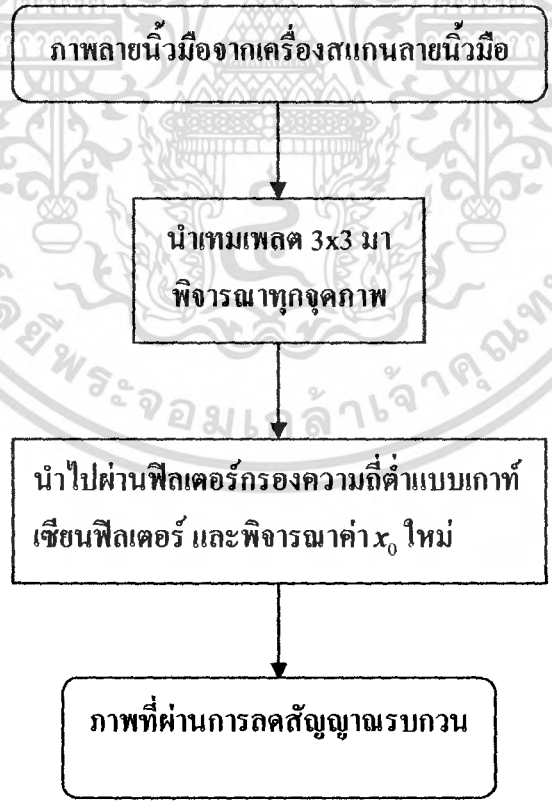
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองตามขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจสอบลายนิ้วมือดังรูปที่ 3.1 ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 โดยเริ่มต้นจากการสแกนภาพลายนิ้วมือและใช้โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นไฟล์ .bmp จากนั้นจึงทดลองตามโฟล์ชาร์ตย่อยๆ ที่แสดงถึงการทดลองในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้ โดยจะเริ่มต้นจากการลดสัญญาณรบกวนในภาพลายนิ้วมือหลังจากที่สแกนภาพลายนิ้วมือ

4.1.1 การลดสัญญาณรบกวน

ในการทดลองเพื่อลดสัญญาณรบกวน จะเริ่มต้นโดยนำภาพลายนิ้วมือมาจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือแล้วนำไปผ่านฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำแบบเกาท์เซียนฟิลเตอร์ ซึ่งมีโฟล์ชาร์ตที่แสดงขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวน ดังนี้

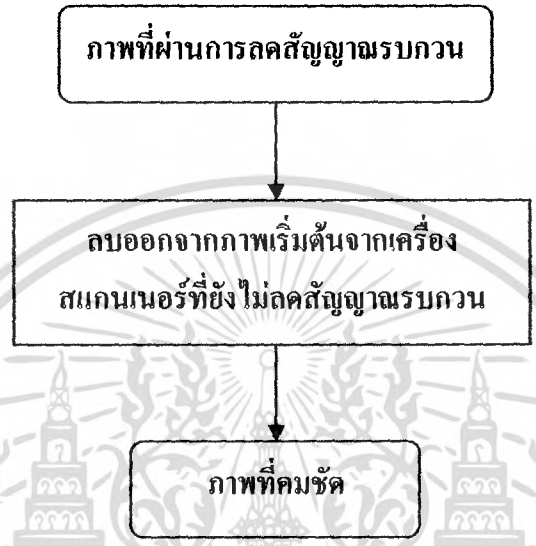


รูปที่ 4.1 โฟล์ชาร์ตการลดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทำให้ภาพคมชัด

หลังจากผ่านขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวนโดยผ่านฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำแล้ว ภาพที่ได้มาจะเป็นภาพที่ไม่ชัดเจนเท่าภาพจริง จึงนำภาพเริ่มต้นจากเครื่องสแกนเนอร์มาลบด้วยภาพที่ลดสัญญาณรบกวนแล้ว จะทำให้ได้ภาพที่คมชัดขึ้น โดยมีโฟล์ชาร์ตการทำให้ภาพคมชัด ดังนี้

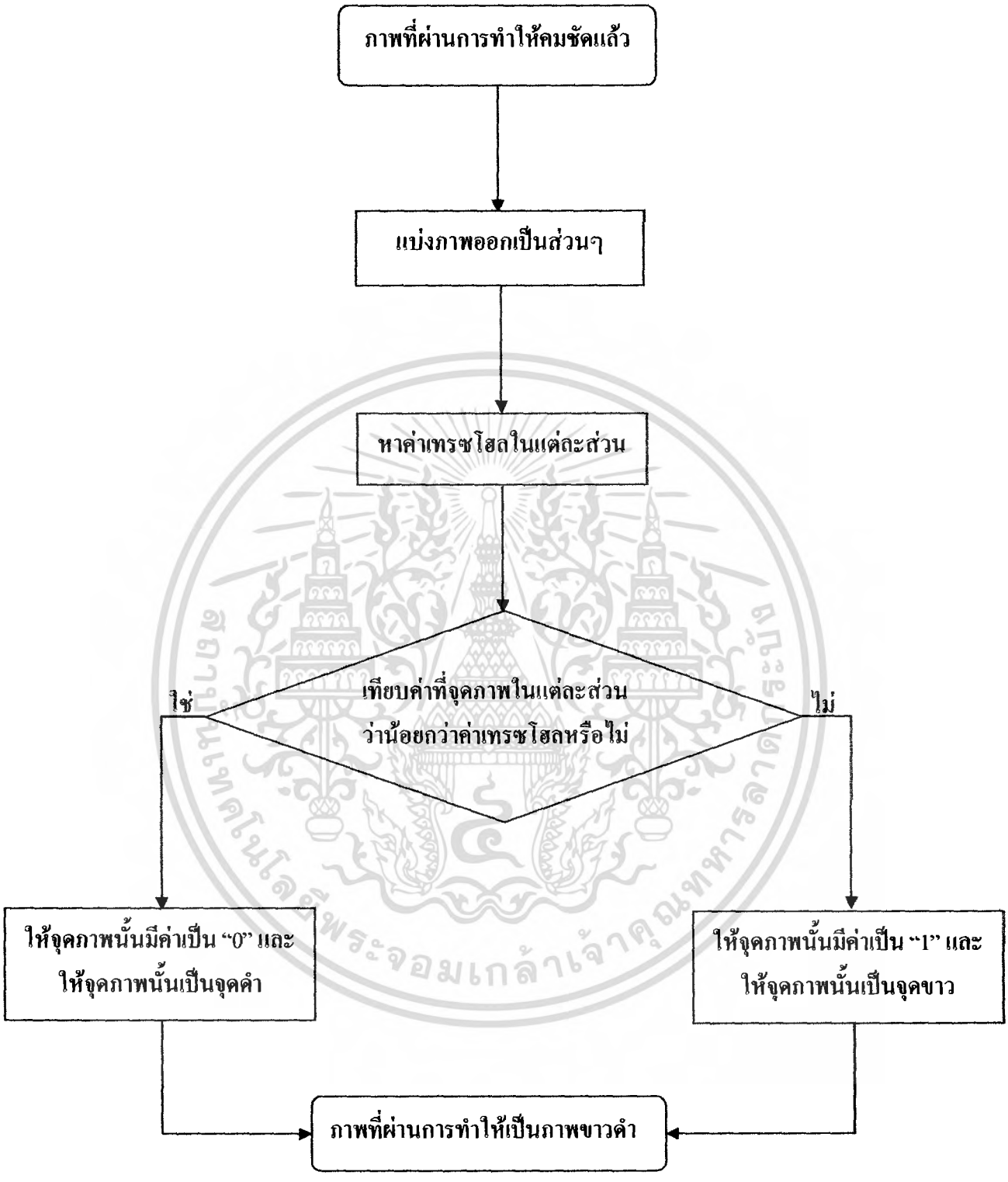


รูปที่ 4.2 โฟล์ชาร์ตการทำให้ภาพคมชัด

4.1.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ

การทำให้เป็นภาพขาวดำ จะนำภาพที่ทำให้คมชัดแล้วมาแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ แล้วจึงหาค่าเทรชโฮลในแต่ละส่วนว่ามีค่าเท่าไหร่ จากนั้นจึงเทียบค่าสีที่จุดภาพต่างๆ ว่า มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเทรชโฮล ถ้าจุดภาพนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮล ให้กำหนด จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 0 หรือสีดำ ถ้าจุดภาพนั้นมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 1 หรือสีขาว มีโฟล์ชาร์ตการทำให้เป็นภาพขาวดำ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

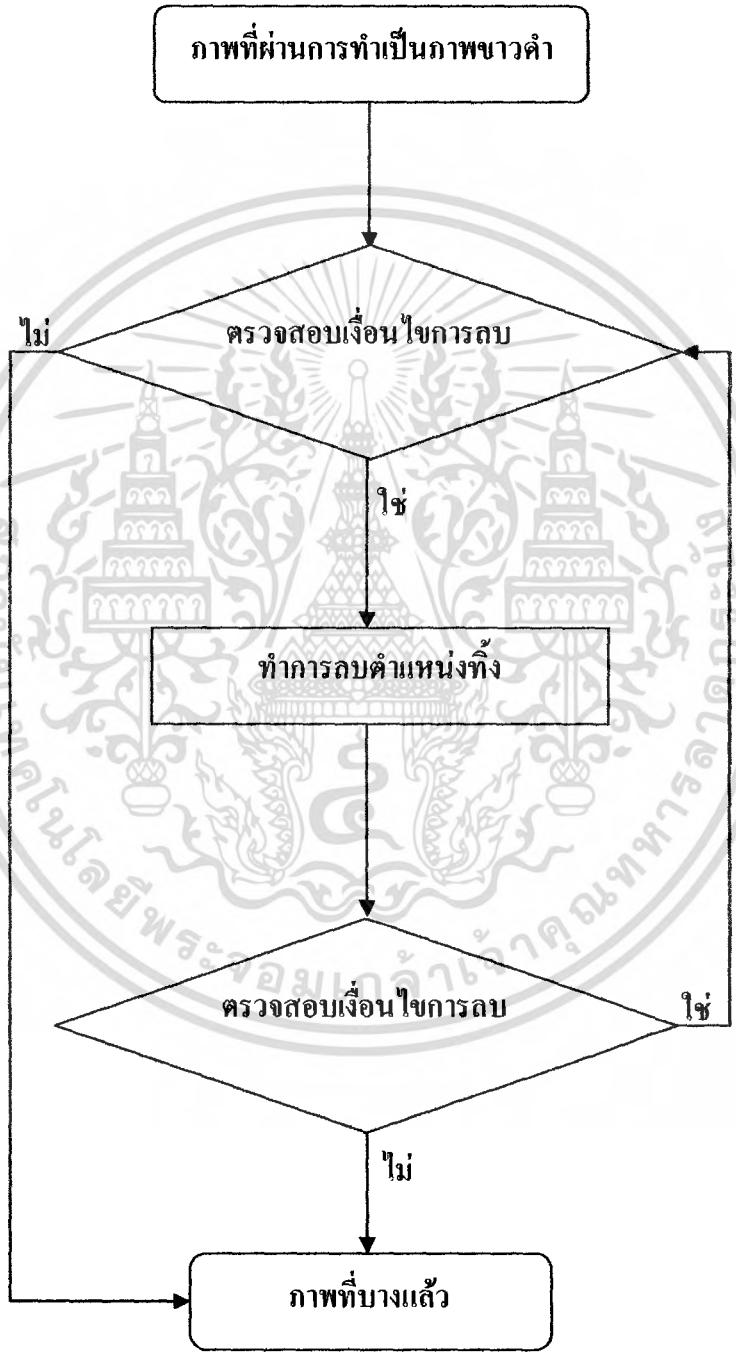


รูปที่ 4.3 โฟล์ชาร์ตการทำให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การทำภาพให้บาง

การทำภาพให้บาง จะเริ่มต้นจากนำภาพที่เป็นภาพขาวดำแล้วมาพิจารณาเงื่อนไข ตามหลักของชางและซวน ถ้าเทมเพลต 3x3 ที่พิจารณาตรงตามเงื่อนไขในการลบ ให้ลบตำแหน่งนั้นทิ้ง ทำให้ได้ภาพที่บางลง มีโฟล์ชาร์ตการทำให้บาง ดังนี้

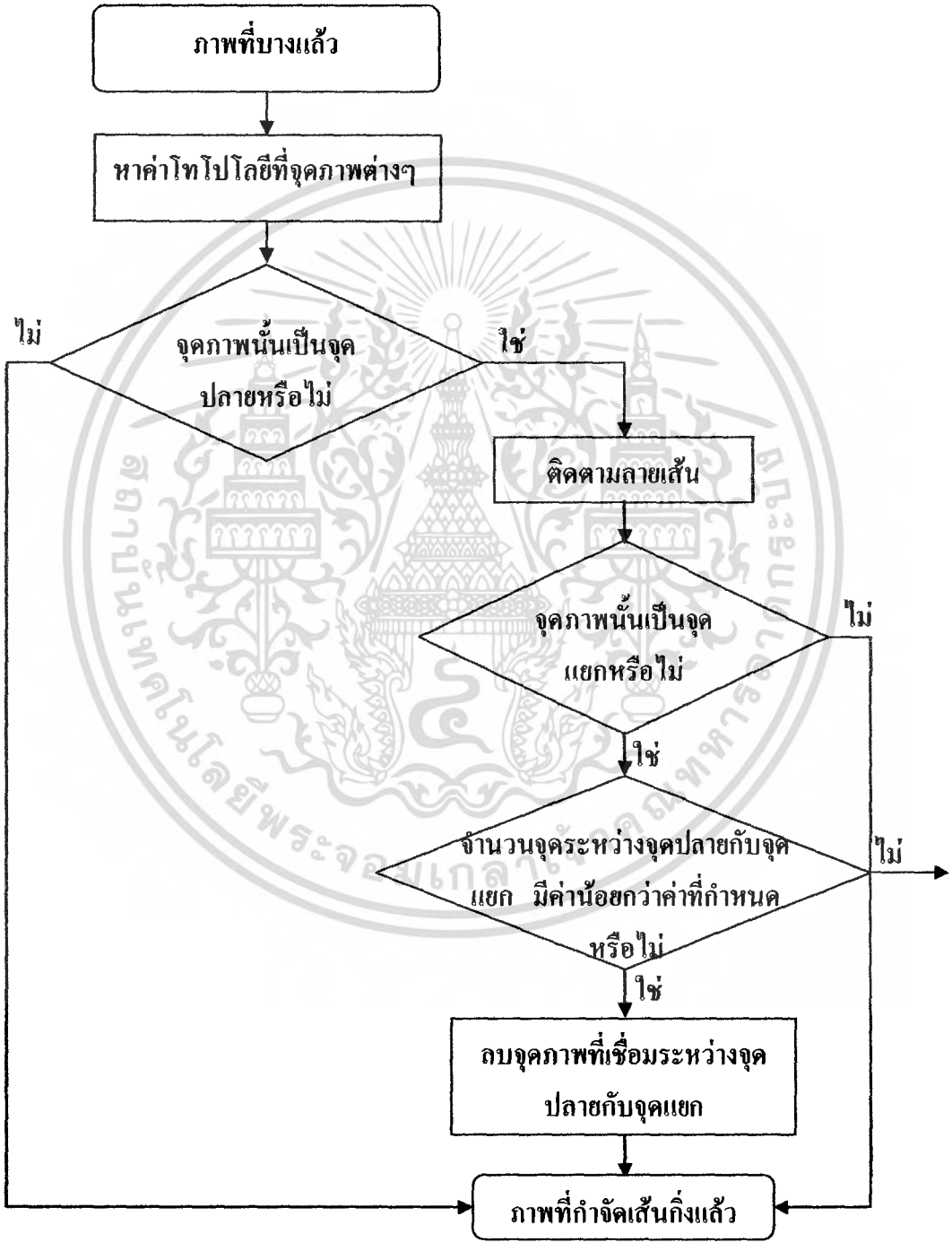


รูปที่ 4.4 โฟล์ชาร์ตการทำภาพให้บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การกำจัดเส้นกิ่ง

การกำจัดเส้นกิ่งจะเริ่มต้นจากการนำภาพที่บางแล้ว มาพิจารณาหาค่าโทโปโลยีของจุดภาพทุกจุดว่าเป็นจุดปลายหรือไม่ ถ้าจุดใดเป็นจุดปลายให้ติดตามลายเส้นไปเรื่อยๆจนพบจุดแยก ถ้าจำนวนจุดระหว่างจุดปลายจนถึงจุดแยกมีค่าน้อยกว่าจำนวนที่กำหนด ให้ลบจุดภาพระหว่างจุดปลายและจุดแยกออก โดยมีโฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง ดังนี้

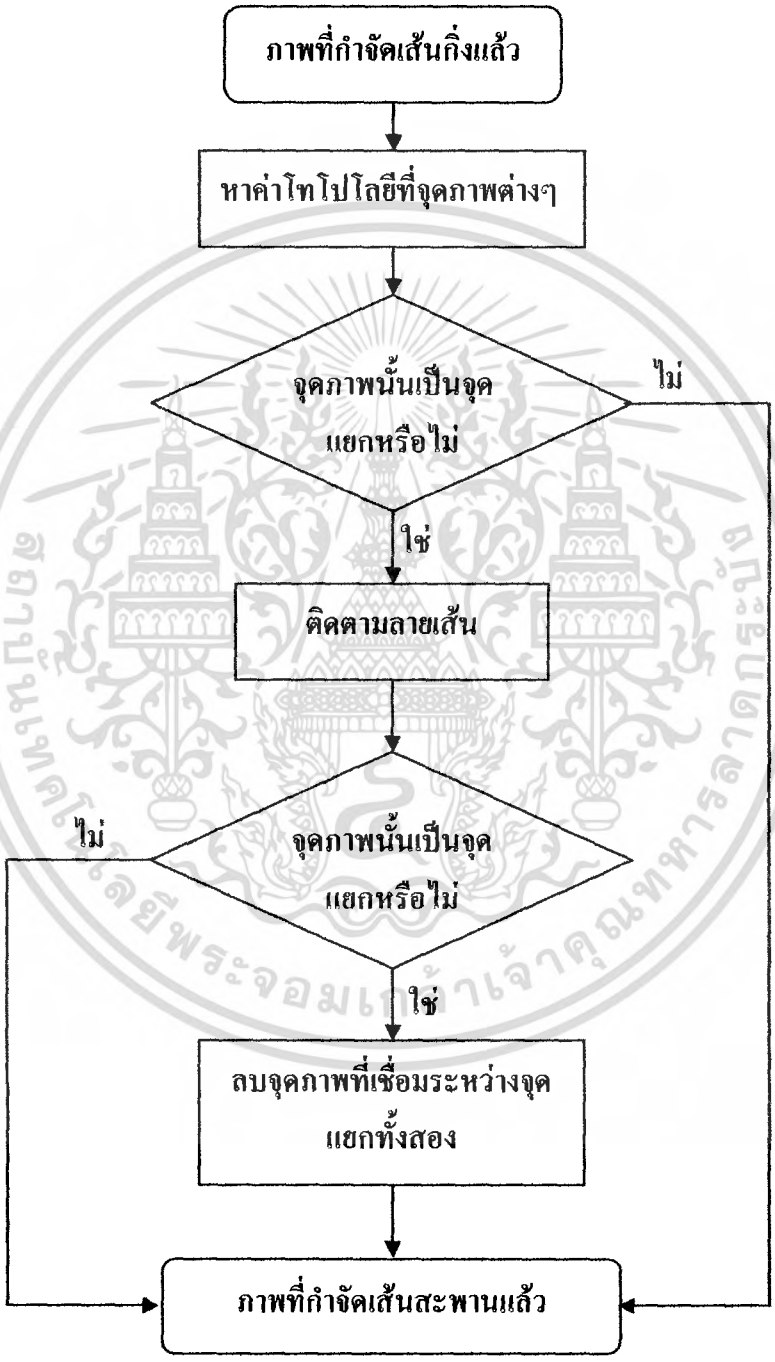


รูปที่ 4.5 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การกำจัดเส้นสะพาน

การกำจัดเส้นสะพานจะเริ่มต้นจากภาพที่ได้กำจัดเส้นกิ่งแล้ว จึงนำมาพิจารณาค่าดัชนีของจุดภาพทุกจุดว่าเป็นจุดแยกหรือไม่ ถ้าเป็นจุดแยกให้ติดตามลายเส้นจนกว่าจะพบจุดแยกอีกครั้ง จากนั้นพิจารณาจำนวนจุดระหว่างจุดแยกทั้งสองว่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้ลบจุดภาพที่เชื่อมระหว่างจุดแยกทั้งสอง โดยมีโฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน ดังนี้

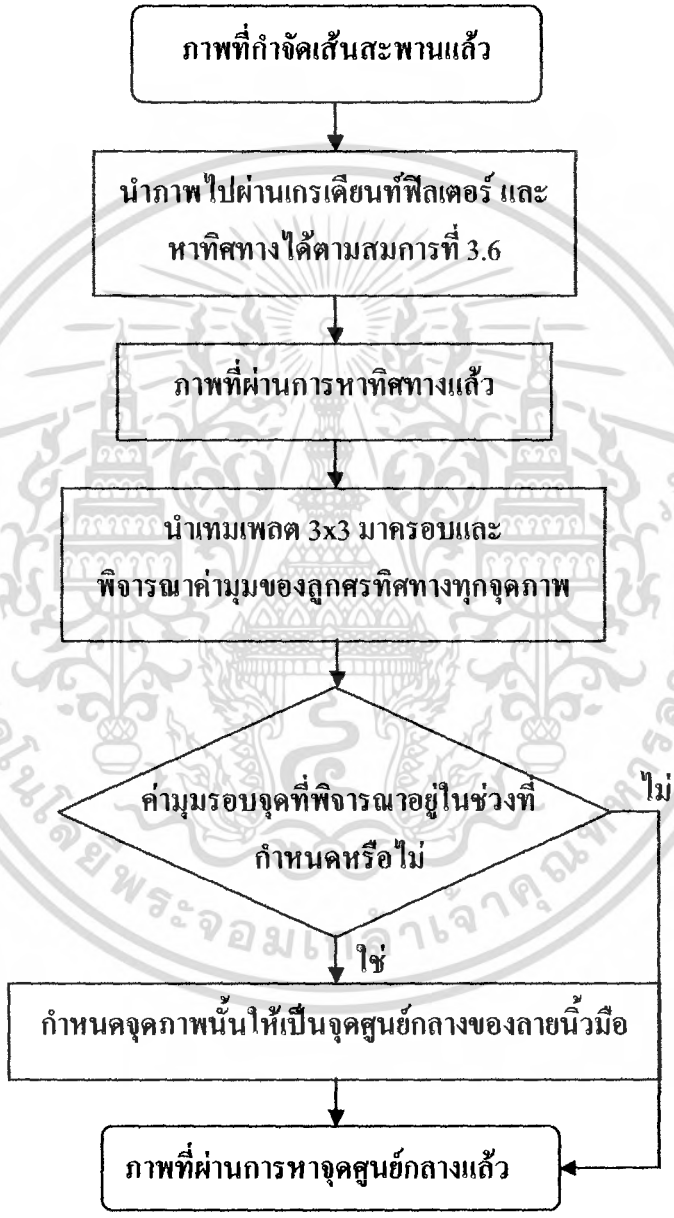


รูปที่ 4.6 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ในขั้นตอนนี้จะนำภาพไปผ่านเกรเดียนท์ฟิลเตอร์ เพื่อหาทิศทางของภาพโดยใช้สมการที่ 3.6 จากนั้นจึงใช้เทมเพลต 3x3 ครอบทุกจุดภาพ แล้วหาค่ามุมของทิศทางที่อยู่รอบๆจุด ว่าเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าอยู่ในช่วงที่กำหนดจะให้จุดภาพนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ มีโฟล์ชาร์ตการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ดังนี้

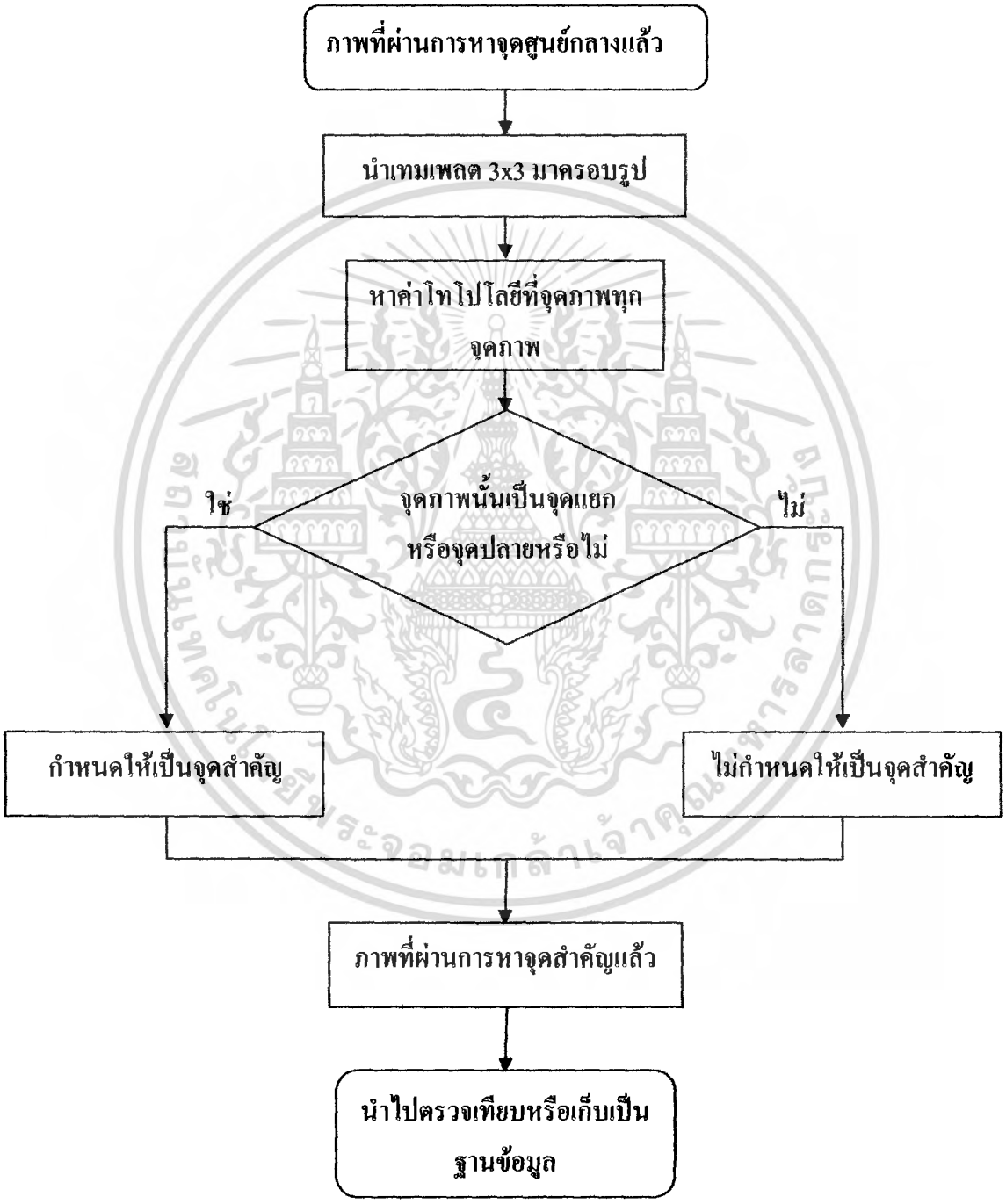


รูปที่ 4.7 โฟล์ชาร์ตการหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

การหาจุดสำคัญของภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการตรวจเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งจะต่อจากขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของภาพ โดยจะนำเทมเพลต 3x3 ครอบจุดที่พิจารณาและหาค่าโทโปโลยีของจุดภาพทุกจุดของลายนิ้วมือว่า จุดใดเป็นจุดปลายหรือจุดแยกซึ่งจะเป็นจุดสำคัญและจะนำภาพที่ผ่านการหาจุดสำคัญแล้วไปตรวจเทียบหรือเก็บเป็นฐานข้อมูล

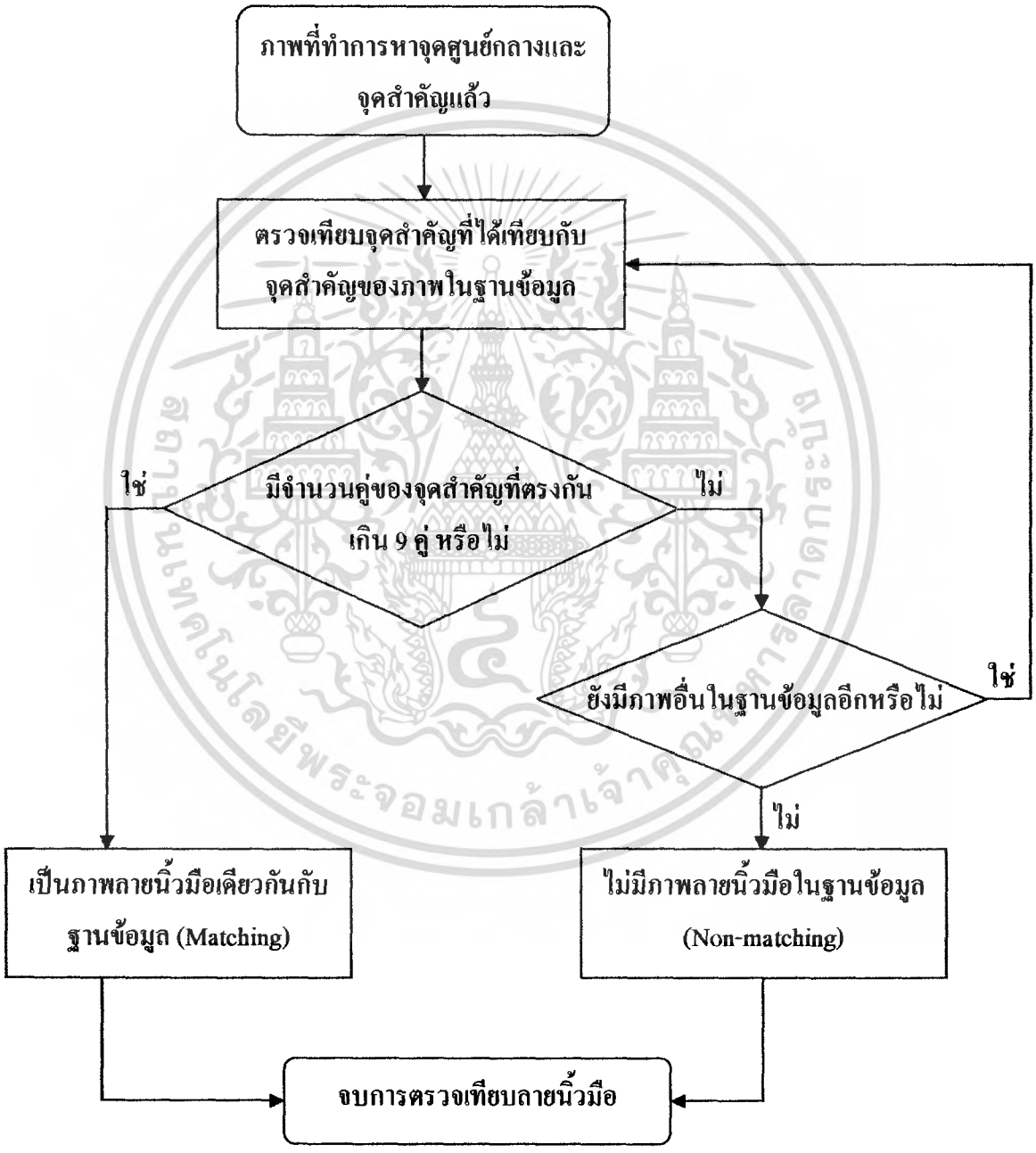


รูปที่ 4.8 โฟล์ชาร์ตการหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 การตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

การตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูลนั้น ภาพที่จะนำมาตรวจเทียบต้องผ่านการหาจุดศูนย์กลางและหาจุดสำคัญแล้ว จากนั้นตรวจสอบจุดสำคัญของภาพที่ต้องการตรวจสอบกับจุดสำคัญของภาพในฐานข้อมูล ถ้าทั้งสองภาพมีคู่ของจุดสำคัญที่ตรงกันเกิน 9 คู่ จะแสดงว่าภาพลายนิ้วมือที่นำมาตรวจเทียบกับภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูลเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน มีโฟล์ชาร์ตการตรวจเทียบลายนิ้วมือ ดังนี้



รูปที่ 4.9 โฟล์ชาร์ตการตรวจเทียบลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การลดสัญญาณรบกวน

เมื่อได้ภาพลายนิ้วมือที่สแกนมาแล้ว จากนั้นใช้เกาท์เซียนฟิลเตอร์ลดสัญญาณรบกวน จะเห็นได้ว่า รูขุมขนจะหายไป ทำให้ภาพมีลักษณะที่ดีขึ้นและง่ายต่อกระบวนการขั้นต่อไป แต่ภาพจะมีลักษณะมัวกว่าภาพตั้งต้น

ก. ก่อนลดสัญญาณรบกวน ข. หลังลดสัญญาณรบกวน

รูปที่ 4.10 ผลการทดลองการลดสัญญาณรบกวน

4.2.2 การทำให้ภาพคมชัด

จากผลการทดลองพบว่า หลังจากผ่านกระบวนการทำให้ภาพคมชัด ภาพที่มัวจะเป็นภาพที่มีความคมชัดโดยจะมีลายเส้นที่ชัดเจนขึ้น

ก. ก่อนปรับภาพให้คมชัด ข. หลังปรับภาพให้คมชัด

รูปที่ 4.11 ผลการทดลองการทำภาพให้คมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทำให้เป็นภาพขาวดำ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพที่ผ่านขั้นตอนการทำให้ภาพคมชัดจะเป็นภาพสีเทาที่มีระดับความสว่าง 256 ระดับ หลังจากทำให้เป็นภาพขาวดำแล้ว ภาพที่ได้จะเป็นภาพขาวดำ โดยมีความสว่างสองระดับ

ก. ก่อนทำให้เป็นภาพขาวดำ ข. หลังทำให้เป็นภาพขาวดำ

รูปที่ 4.12 ผลการทดลองการทำให้เป็นภาพขาวดำ

4.2.4 การทำภาพให้บาง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ภาพที่ผ่านการทำให้เป็นภาพขาวดำแล้วลายนิ้วมือจะหนามาก ซึ่งจะต้องกำจัดความหนาของลายนิ้วมือออกไป เพราะเป็นข้อมูลที่ไม่นำมาพิจารณา

ก. ก่อนทำให้เป็นเส้นบาง ข.หลังทำให้เป็นเส้นบาง

รูปที่ 4.13 ผลการทดลองการทำภาพให้บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การกำจัดเส้นกิ่ง

จากการทดลองพบว่า ลายนิ้วมือในรูปซ้ายมือจะมีเส้นกิ่งแยกออกมาจากเส้นหลัก ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่พิจารณาและต้องกำจัดออกไปให้เหลือเฉพาะเส้นหลัก ดังแสดงในรูปขวามือซึ่งผ่านการกำจัดเส้นกิ่งแล้ว ทำให้ง่ายต่อการกำหนดจุดสำคัญและตรวจเทียบต่อไป

ก. ก่อนการกำจัดเส้นกิ่ง ข. หลังการกำจัดเส้นกิ่ง

รูปที่ 4.14 ผลการทดลองการกำจัดเส้นกิ่ง

4.2.6 การกำจัดเส้นสะพาน

เนื่องจากนิยามให้เส้นสะพานเป็นส่วนเกินไม่นำมาพิจารณาในการตรวจเทียบลายนิ้วมือจึงต้องกำจัดออก รูปขวามือเป็นลายนิ้วมือที่ไม่มีเส้นสะพานทำให้ง่ายต่อการกำหนดจุดสำคัญและตรวจเทียบลายนิ้วมือ

ก. ก่อนการกำจัดเส้นสะพาน ข. หลังการกำจัดเส้นสะพาน

รูปที่ 4.15 ผลการทดลองการกำจัดเส้นสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 การหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

จากผลการทดลองในการหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ จะพบว่ารูป ก. เป็นรูปที่แสดงทิศทางของภาพ ซึ่งจะใช้ทิศทางของภาพเป็นตัวกำหนดจุดศูนย์กลางของภาพตำแหน่งของจุดศูนย์กลางที่ได้จากการพิจารณาค่ามุมของทิศทาง จะแสดงดังรูป ข.

ก. ทิศทางของภาพ ข. จุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ

รูปที่ 4.16 ผลการทดลองการหาทิศทางและจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

4.2.8 การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

จากการทดลองจะ ได้จุดแยกและจุดปลาย ซึ่งเป็นจุดสำคัญของลายนิ้วมือที่นำไปใช้ในการตรวจเทียบ เพราะลายนิ้วมือเดียวกันจะมีจุดสำคัญตรงกัน จากรูปที่ 4.17 บริเวณที่เป็นจุดแยกและจุดปลาย จะแสดงด้วยสี่เหลี่ยมสีเขียวและกากบาทสีแดง ตามลำดับ

รูปที่ 4.17 ผลการทดลองการหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9 ผลการทดลองการตรวจเทียบลายนิ้วมือ

ในการทดลองนี้จะใช้ลายนิ้วมือของบุคคลดังแสดงในรูปที่ 4.18 จำนวน 10 คน โดยจะมีลักษณะลายนิ้วมือเป็นแบบก้นหอย 4 คน แบบมัดหวาย 5 คน และแบบโค้งกระโจม 1 คน จากนั้นนำภาพลายนิ้วมือทั้งหมดมาเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อใช้ตรวจเทียบ โดยผ่านขั้นตอนต่างๆที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

คนที่ 1 คนที่ 2 คนที่ 3

คนที่ 4 คนที่ 5 คนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่ 7

คนที่ 8

คนที่ 9

คนที่ 10

รูปที่ 4.18 ลายนิ้วมือของบุคคลทั้ง 10 คน ที่นำมาทำการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้นำลายนิ้วมือของบุคคลจำนวน 10 คนนั้น มาตรวจเทียบคนละ 10 ครั้ง เพื่อตรวจเทียบว่าสามารถระบุเป็นบุคคลใดในฐานข้อมูลได้ถูกต้องหรือไม่ โดยผลการทดลองจะแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 นำลายนิ้วมือของบุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลมาตรวจเทียบ ซึ่งผลที่ถูกต้องนั้นจะต้องระบุได้ถูกว่า เป็นลายนิ้วมือของบุคคลนั้นในฐานข้อมูล

กรณีที่ 2 นำลายนิ้วมือของบุคคลจำนวน 10 คนที่มีลักษณะลายนิ้วมือเป็นแบบก้นหอย 4 คน แบบมัดหวาย 5 คน และแบบโค้งกระโจม 1 คน และไม่มีในฐานข้อมูล โดยนำมาตรวจเทียบกับลายนิ้วมือของบุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งผลที่ถูกต้องนั้นจะต้องระบุไม่ได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการทดลองในตรวจเทียบลายนิ้วมือในกรณีที่ 1 สามารถสรุปผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.1 พบว่า จำนวนครั้งที่สามารถระบุได้ถูกต้องว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูลนั้น มีจำนวน 63 ครั้ง และจำนวนครั้งที่ไม่สามารถระบุว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูลหรือระบุบุคคลผิดนั้น มีจำนวน 37 ครั้ง ซึ่งมีค่าผิดพลาด 37% และเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง

ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นบุคคลใดในฐานข้อมูล อาจเกิดจากภาพลายนิ้วมือที่เก็บเป็นฐานข้อมูลบางภาพนั้นมีลายนิ้วมือบางหรือมีรอยบากของลายนิ้วมือมาก จึงทำให้ไม่สามารถตรวจเทียบได้ถูกต้อง สำหรับค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบุตัวบุคคลผิด อาจเกิดจากแบบของลักษณะลายนิ้วมือเป็นแบบที่ใกล้เคียงกัน หรืออาจมีสาเหตุจากการสแกนภาพลายนิ้วมือของบุคคลบิดเบี้ยวไป

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองในการตรวจเทียบลายนิ้วมือตามกรณีที่ 1

จำนวนคน 10 คน	ลาย	ถูก	ผิด
คนที่ 1	ก้นหอย	7	3
คนที่ 2	มัดหวาย	6	4
คนที่ 3	ก้นหอย	6	4
คนที่ 4	มัดหวาย	5	5
คนที่ 5	มัดหวาย	8	2
คนที่ 6	มัดหวาย	7	3
คนที่ 7	มัดหวาย	4	6
คนที่ 8	ก้นหอย	6	4
คนที่ 9	ก้นหอย	5	5
คนที่ 10	โค้งกระโจม	9	1
TOTAL		63	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการทดลองในตรวจเทียบลายนิ้วมือในกรณีที่ 2 สามารถสรุปผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.1 ซึ่งจะพบว่า จำนวนครั้งที่ไม่สามารถระบุว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูลได้ถูกต้องนั้น มีจำนวน 57 ครั้ง และจำนวนครั้งที่สามารถระบุได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลใดในฐานข้อมูลซึ่งระบุผิดนั้นมีจำนวน 43 ครั้ง หรือมีค่าผิดพลาด 43% ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าผลการทดลองในกรณีที่ 1

ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 2 ที่มีค่าค่อนข้างสูงนั้น อาจจะเกิดจากภาพลายนิ้วมือที่มีตำแหน่งของจุดสำคัญของลายนิ้วมือใกล้เคียงกันเกินจำนวน 9 คู่ หรืออาจเกิดจากการนำลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกันและมีส่วนโค้งที่ใกล้เคียงกันมาตรวจเทียบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูลจึงอาจทำให้ระบบระบุผิดได้เพราะอาจจะมีจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.2 ผลการในทดลองการตรวจเทียบลายนิ้วมือตามกรณีที่ 2

จำนวนคน 10 คน	ลาย	ถูก	ผิด
คนที่ 1	ก้นหอย	7	3
คนที่ 2	ก้นหอย	3	7
คนที่ 3	ก้นหอย	8	2
คนที่ 4	ก้นหอย	3	7
คนที่ 5	มัดหวาย	4	6
คนที่ 6	มัดหวาย	6	4
คนที่ 7	มัดหวาย	4	6
คนที่ 8	มัดหวาย	7	3
คนที่ 9	มัดหวาย	7	3
คนที่ 10	โค้งกระโจม	8	2
TOTAL		57	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือที่ได้ศึกษาและพัฒนาขึ้นมานี้ มีจุดประสงค์ในการนำลายนิ้วมือมาเก็บเป็นฐานข้อมูล แล้วนำลายนิ้วมือที่สนใจมาตรวจเทียบว่าเป็นบุคคลใดที่อยู่ในฐานข้อมูล จากการศึกษาระบบตรวจสอบและยืนยันบุคคลด้วยลายนิ้วมือที่นำเสนอในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้เข้าใจหลักการทำงานและการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจเทียบโดยผ่าน Matlab

ในการตรวจเทียบลายนิ้วมือนั้น จะใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือเพื่ออ่านลายนิ้วมือของบุคคลที่สนใจ แล้วนำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพเบื้องต้น ได้แก่ การลดสัญญาณรบกวน การทำให้ภาพคมชัด การทำให้เป็นภาพขาวดำ การทำภาพให้บาง การกำจัดเส้นกิ่งและการกำจัดเส้นสะพาน หลังจากนั้น นำภาพที่ได้มาหาทิศทางของภาพ เพื่อหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ซึ่งจะใช้เป็นจุดอ้างอิงในการหมุนภาพ เพราะภาพลายนิ้วมือที่สแกนเข้ามาอาจจะไม่อยู่ในแนวเดิมเสมอไป

ขั้นตอนต่อไปคือ การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือและเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล เมื่อต้องการที่จะตรวจเทียบภาพลายนิ้วมือของบุคคลใดบุคคลหนึ่งกับภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูลว่า เป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยพิจารณาจากจุดสำคัญของลายนิ้วมือของบุคคลนั้นว่ามีตำแหน่งและมุมของจุดสำคัญตรงกันกับจุดสำคัญของลายนิ้วมือในฐานข้อมูลหรือไม่

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการตรวจเทียบลายนิ้วมือทั้งสองกรณีพบว่า สามารถระบุลายนิ้วมือของบุคคลที่ต้องการตรวจสอบได้ว่าเป็นของบุคคลใดในฐานข้อมูล โดยมีค่าผิดพลาดในการตรวจเทียบค่อนข้างมาก อาจมีสาเหตุมาจากภาพลายนิ้วมือที่มีลักษณะลายเส้นบางหรือมีรอยบากของลายนิ้วมือมาก หรือเกิดจากลักษณะแบบที่คล้ายกันและตำแหน่งของจุดสำคัญของลายนิ้วมือที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งการสแกนลายนิ้วมือแล้วได้ภาพลายนิ้วมือที่บิดเบี้ยวหรือเอียงไปมาก ทำให้จุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือไม่ตรงกันกับจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในการทดลองยังมีค่าผิดพลาดค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถลดค่าผิดพลาดลงได้ ดังนี้

1. ควรสแกนลายนิ้วมือให้มีลักษณะชัดเจนที่สุดและไม่บิดเบี้ยวหรือเอียงมากเกินไป
2. ควรหาวิธีการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือให้แม่นยำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] รพีศักดิ์ เลื่อนผลเจริญชัย , วรวุฒิ วัฒนเกียรติวงศ์. "ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ." ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

[2] James Wayman , Anil Jain , Davide Maltoni , Dario Maio. **Biometric Systems. Technology, Design and Performance Evaluation**. Springer. 2004.

[3] Alasdair McAndrew. Introduction To Digital Image Processing With Matlab. United States of America :Thomson Course Technology. 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ทฤษฎีเบื้องต้นในการกำจัดเส้นสะพาน

ในการกำจัดเส้นสะพานจะใช้ทฤษฎีเบื้องต้นซึ่งจะใช้เป็นหลักการในการหาค่าจุดแยกโดยพิจารณาจากค่าดัชนีในบทที่ 3 ดังนี้

X4	X3	X2
X5	X0	X1
X6	X7	X8

รูปที่ ก.1 เทมเพลตที่ใช้พิจารณาสมการหาค่าโทโปโลยี

โดยสมการหาค่าโทโปโลยีของจำนวนจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อ มีดังนี้

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

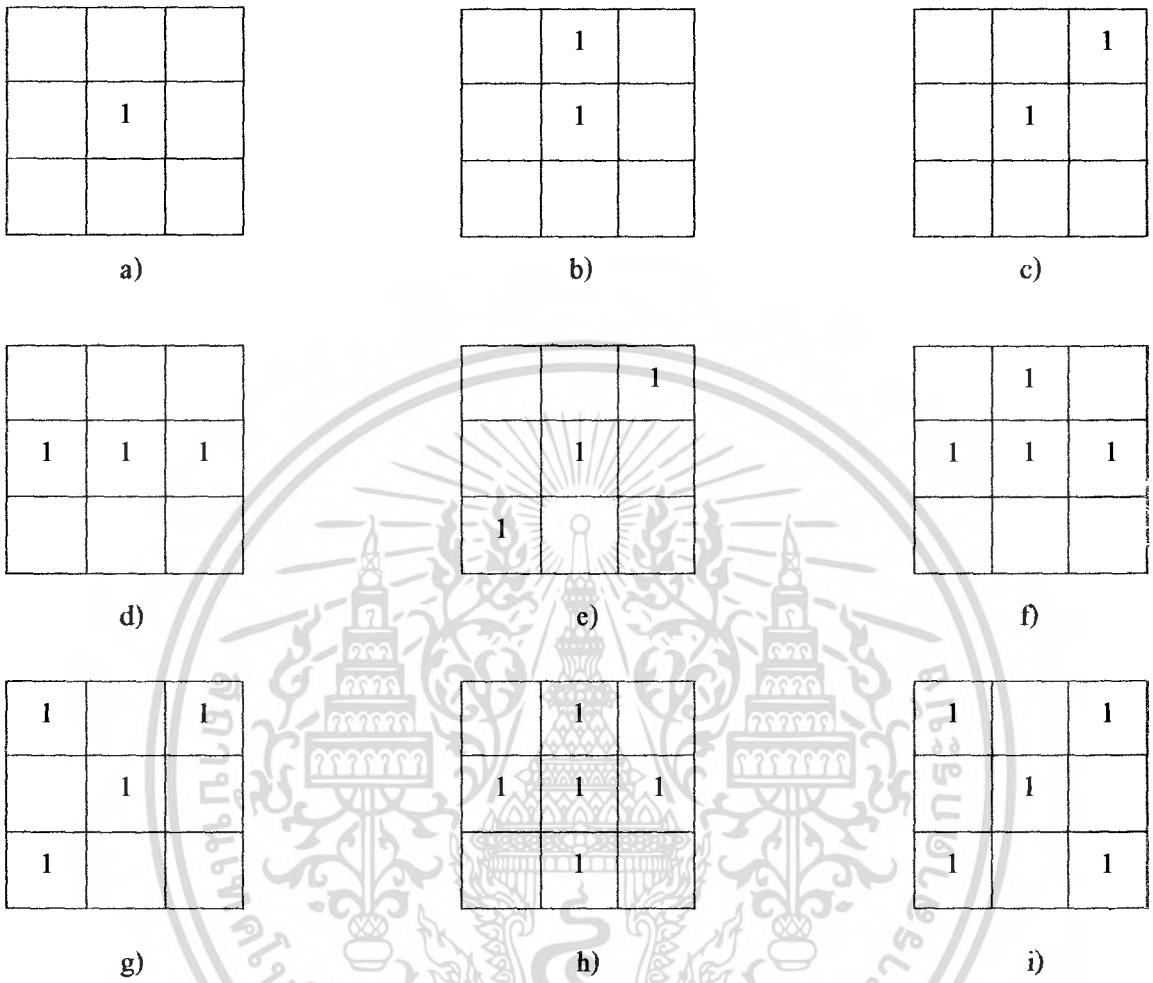
$$Nc^8 = \sum_{i \in s_i} (\overline{x_i} - \overline{x_i x_{i+1} x_{i+2}})$$

โดยที่ $s_i = (1,3,5,7)$ และสามารถแบ่งแยกค่าทางโทโปโลยีได้ดังตาราง

ค่าของ Nc^4 หรือ Nc^8	ค่าโทโปโลยีของจุดภาพ
0	จุดภายใน(Internal) หรือ จุดเดี่ยว (Isolate)
1	จุดปลาย
2	จุดเชื่อมต่อ
3	จุดแยก
4	จุดตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าของ Nc^4 และ Nc^8 จะทำให้ทราบว่าจุดที่พิจารณามีลักษณะเป็นแบบใดมีรูปแบบทั้งหมดแสดงได้ในเทมเพลตดังนี้



รูปที่ ก.2 เทมเพลต 3x3 ของค่า Nc^4 และ Nc^8

a) เทมเพลต 3x3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 0$ หรือ $Nc^8 = 0$

b) และ c) เทมเพลต 3x3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 1$ หรือ $Nc^8 = 1$ โดยเมื่อหมุนทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

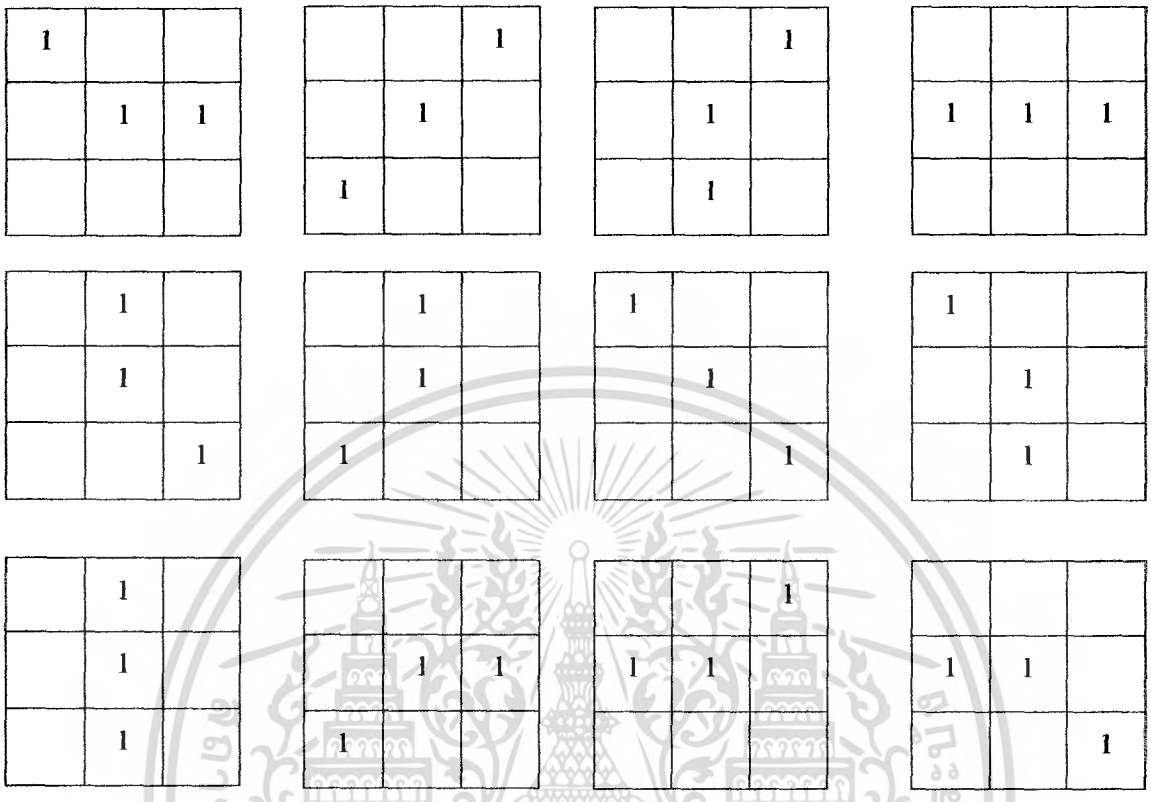
d) และ e) เทมเพลต 3x3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 2$หรือ $Nc^8 = 2$ โดยเมื่อหมุนทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 1 รวมทั้งสิ้น 4 กรณี

f) และ g) เทมเพลต 3x3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 3$ หรือ $Nc^8 = 3$ โดยเมื่อหมุนทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

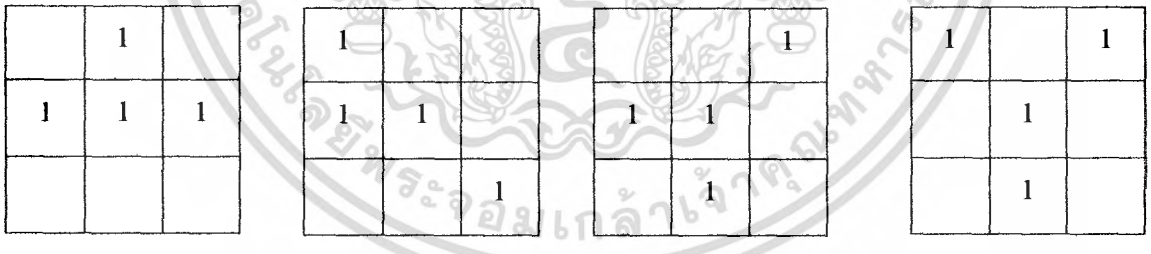
h) และ i) เทมเพลต 3x3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 4$ หรือ $Nc^8 = 4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่เราจะนำมาพิจารณามีด้วยกัน 2 จุดคือ จุดแยกและจุดเชื่อมต่อ และจากการทดสอบหลายๆครั้ง จะเห็นเทมเพลตของจุดเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ ก.3 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อรวมทั้งสิ้น 12 กรณี



รูปที่ ก.4 เทมเพลต 3x3 ที่แสดงถึงจุดแยกหรือจุดเส้นกิ่ง โดยในแต่ละกรณีเมื่อหมุนวน 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 4 กรณี รวมทั้งสิ้น 16 กรณี

สามารถเขียนเป็นสูตรได้คือ

จุดเชื่อมต่อ = $((Nc^4 <> 3 \ and \ Nc^8 = 2) \ and \ Nc^8 <> 3) or Nc^8 = 2)$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดงโปรแกรมการทำงาน

โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือเป็นฐานข้อมูล

```
function mark=autosave(image)
im=proc(image);
im1=zs(im);
im2=rbranch(im1);
im3=bridge2(im2);
[blk,cen]=direction(im3,16);
co=core2(im3,blk,cen);
prompt1 = {'Are you sure to use this picture :'};
dlg_title1 = 'Y/N';
num_lines1 = 1;
def1 = {'Y/N'};
gg = inputdlg(prompt1,dlg_title1,num_lines1,def1);
ss=char(gg);
if ss=='Y'
mark=minutia(im3);
[bab,point]=realp2(mark,co,im3);
prompt2 = {'Enter name:'};
dlg_title2 = 'Profile';
num_lines2 = 1;
def2 = {'Name'};
answer = inputdlg(prompt2,dlg_title2,num_lines2,def2);
name=char(answer);
load num
num=[num; 1];
pp=length(num);
save 'num.mat' num
s=['f' num2str(pp)];
sa=char(s);
save (sa, 'bab', 'point', 'name')
else
    'Try again'
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมตรวจเทียบลายนิ้วมือที่สนใจกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูล

```
function count=autofind(image)
im=proc(image);
im1=zs(im);
im2=rbranch(im1);
im3=bridge2(im2);
[blk,cen]=direction(im3,16);
co=core2(im3,blk,cen);
mark=minutia(im3);
[bab1,point1]=realp(mark,co);
load num
pp=length(num);
for i=1:pp
    s=['f' num2str(pp)]
    load(s)
    count=match2(bab1,point1,bab,point);
    if count>8
        name
    end;
end;
if count<=8
    'Not found'
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมปรับปรุงภาพและทำให้เป็นภาพขาวดำ

```
function out=proc(F)
F2=F(40:350,70:290);
F2=medfilt2(F2);
[w,h]=size(F2);
f=fspecial('gaussian',[w,h],0.9);
xf=filter2(f,F2);
xc=xf/max(max(xf));

N=zeros(300,220);
for i=1:10:310
   a=i+9;
   for j=1:10:220
      b=j+9;
      x=xc(i:a,j:b);
      x1=histeq(x);
      g=graythresh(x1);
      p=im2bw(x1,g);
      N(i:a,j:b)=p;
   end;
end;
out=N;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทำภาพให้บาง

```
function out=zs(im)
luteven=makelut('zseven',3);
lutodd=makelut('zsodd',3);
done=0;
N=2;
last=im;
previous=applylut(last,lutodd);
current=applylut(previous,luteven);
while done==0,
    if all(current(:)==last(:)),
        done=1;
    end;
    N=N+1;
    last=previous;
    previous=current;
    if mod(N,2)==0,
        current=applylut(current,luteven);
    else
        current=applylut(current,lutodd);
    end;
end;
 out=current;

function out=zsodd(nbhd);
s=sum(nbhd(:))-nbhd(5);
temp1=(2<=s)&(s<=6);
p=[nbhd(1) nbhd(4) nbhd(7) nbhd(8) nbhd(9) nbhd(6) nbhd(3) nbhd(2)];
pp=[p(2:8) p(1)];
xp=sum((1-p).*pp);
temp2=(xp==1);
prod1=nbhd(4)*nbhd(8)*nbhd(6);
prod2=nbhd(8)*nbhd(6)*nbhd(2);
temp3=(prod1==0)&(prod2==0);
if temp1&temp2&temp3&nbhd(5)==1
    out=0;
else
    out=nbhd(5);
end;

function out=zseven(nbhd);
s=sum(nbhd(:))-nbhd(5);
temp1=(2<=s)&(s<=6);
p=[nbhd(1) nbhd(4) nbhd(7) nbhd(8) nbhd(9) nbhd(6) nbhd(3) nbhd(2)];
pp=[p(2:8) p(1)];
xp=sum((1-p).*pp);
temp2=(xp==1);
prod1=nbhd(4)*nbhd(8)*nbhd(2);
prod2=nbhd(4)*nbhd(6)*nbhd(2);
temp3=(prod1==0)&(prod2==0);
if temp1&temp2&temp3&nbhd(5)==1
    out=0;
else
    out=nbhd(5);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการกำจัดเส้นกิ่ง

```
function out=rbranch(image)
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
image1=zeros(w,h);

for i=1:w1
    a=i+2;
    for j=1:h1
        b=j+2;
        z=zeros(3,3);
        z=image(i:a,j:b);
        s=sum(sum(z));
        if (z(1)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb1(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(2)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb2(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(3)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb3(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(4)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb4(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(6)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb5(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(7)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb6(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(8)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb7(i,a,j,b,image,image1);
        elseif (z(9)==1) & (z(5)==1) & (s==2)

            image1=rb8(i,a,j,b,image,image1);
        end;
    end;
end;
figure,imshow(image);
im=image-image1;
im1=bwmorph(im,'clean');
figure,imshow(im1);
out=im1;

function out=rb1(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=2; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(z);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;

function out=rb2(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)

                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;

L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;

function out=rb3(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;

function out=rb4(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
z=zeros(3,3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;

function out=rb5(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;

function out=rb6(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,1)==1
        x=x+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end;
end;
out=image1;

function out=rb7(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(1,1)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1; j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;


function out=rb8(i,a,j,b,image,image1)
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
z=zeros(3,3);
z=image(i:a,j:b);
tx=i+1;
ty=j+1;
x=0; p3=1; s=0; y=0;
while (x<10)&((p3~=0)|(s~=4))&((p3~=1)|(s~=5))&(s~=2)&(y~=1)
    if z(2,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,1)==1
        x=x+1;
        j=j-1; b=b-1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(3,2)==1
        x=x+1;
        i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    elseif z(3,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i+1; a=a+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(2,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,3)==1
        x=x+1;
        j=j+1; b=b+1; i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    elseif z(1,2)==1
        x=x+1;
        i=i-1; a=a-1;
            if (b<=h) & (a<=w) & (i>0) & (j>0)
                z=image(i:a,j:b);
                tx=[tx,i+1];
                ty=[ty,j+1];
            end;
    else y=1;
    end;
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum(p.*p1);
        s=sum(sum(z));
end;
L=length(tx);
if (x<10)&((s>=4)|(s==2))&(y~=1)
        for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
elseif (x<5)&(s==2)&(y~=1)
        for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
        end;
end;
out=image1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการกำจัดเส้นสะพาน

```
function  out=bridge2(image)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
image1=zeros(w,h);

for i=1:w1
    a=i+2;
    for j=1:h1
        b=j+2;
        d=0;
        z=zeros(3,3);
        z=image(i:a,j:b);
        if z(2,2)==1
            d=sum(sum(z.*x));
        end;
        x1=0;
        if d==26
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==37
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==49
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==50
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
            [image1,d]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==69
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==74
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==76
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==81
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==82
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==88
            image1=right(image,i,a,j,b,image1);
            image1=under(image,i,a,j,b,image1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        elseif d==133
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==138
            [image1,d]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==140
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            image1=left(image,i,a,j,b,image1);
        elseif d==161
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==162
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            image1=above(image,i,a,j,b,image1);
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
        elseif d==164
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1);
            [image1,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1);
        end;
    end;
end;
figure,imshow(image1)
im=image-image1;
figure,imshow(image)
out=im;

function out=right(image,i,a,j,b,image1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
x1=0; d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

        if g(2,3)==1
            x1=x1+1;
            j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif g(1,3)==1
            [image1,d,x1]=rightup(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif g(3,3)==1
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function out=left(image,i,a,j,b,image1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
x1=0; d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

        if g(2,1)==1
            x1=x1+1;
            j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
              g=image(i1:a1,j1:b1);
              tx=[tx,i1+1];
              ty=[ty,j1+1];
              d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif g(1,1)==1
            [image1,d,x1]=leftup(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif g(3,1)==1
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)

    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function out=above(image,i,a,j,b,image1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
x1=0; d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

        if g(1,2)==1
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif g(1,3)==1
            [image1,d,x1]=rightup(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif g(1,1)==1

            [image1,d,x1]=leftup(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function out=under(image,i,a,j,b,image1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
x1=0; d=0; y=0; aa=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

        if g(3,2)==1
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif g(3,3)==1
            [image1,d,x1]=rightdown(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif g(3,1)==1
            [image1,d,x1]=leftdown(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)

    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=rightup(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

         if (g(1,2)==1)
            [image1,d,x1]=ruau(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            aa=1;
        elseif (g(2,3)==1)
            [image1,d,x1]=ruar(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(1,3)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)

    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=rightdown(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

         if (g(3,2)==1)
            [image1,d,x1]=rdad(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;

        elseif (g(2,3)==1)
            [image1,d,x1]=rdar(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(3,3)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=leftdown(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)

        if (g(3,2)==1)
            [image1,d,x1]=ldad(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(2,1)==1)
            [image1,d,x1]=ldal(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(3,1)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)

    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=leftup(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)&(aa~=1)
         if (g(1,2)==1)
            [image1,d,x1]=luau(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(2,1)==1)

            [image1,d,x1]=lual(image,i1,a1,j1,b1,image1,x1);
            aa=1;
        elseif (g(1,1)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)

    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L<3)&(aa==1)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==8
1|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=lual(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)
         if (g(2,1)==1)
            x1=x1+1;
            j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif (g(1,1)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=luau(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while
(x1<10)&(d~=[,26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])
&(y~=1)

          if (g(1,2)==1)
             x1=x1+1;
             i1=i1-1; a1=a1-1;
             if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                 g=image(i1:a1,j1:b1);
                 tx=[tx,i1+1];
                 ty=[ty,j1+1];
                 d=sum(sum(g.*x));
             else y=1;
             end;
         elseif (g(1,1)==1)
             x1=x1+1;
             i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1-1; b1=b1-1;
             if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                 g=image(i1:a1,j1:b1);
                 tx=[tx,i1+1];
                 ty=[ty,j1+1];
                 d=sum(sum(g.*x));
             else y=1;
             end;
         else y=1;
         end;

end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=ldad(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

          if (g(3,2)==1)
             x1=x1+1;
             i1=i1+1; a1=a1+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif (g(3,1)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=ldal(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

         if (g(2,1)==1)
            x1=x1+1;
            j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif (g(3,1)==1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1-1; b1=b1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=ruar(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

            if (g(2,3)==1)
            x1=x1+1;
            j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
            elseif (g(1,3)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            end;

        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=ruau(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

         if (g(1,2)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif (g(1,3)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1-1; a1=a1-1; j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(1),ty(1))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=rdad(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

        if (g(3,2)==1)
           x1=x1+1;
           i1=i1+1; a1=a1+1;
           if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
              g=image(i1:a1,j1:b1);
              tx=[tx,i1+1];
              ty=[ty,j1+1];
              d=sum(sum(g.*x));
           else y=1;
           end;
        elseif (g(3,3)==1)
           x1=x1+1;
           i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1+1; b1=b1+1;
           if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
              g=image(i1:a1,j1:b1);
              tx=[tx,i1+1];
              ty=[ty,j1+1];
              d=sum(sum(g.*x));
           else y=1;
           end;
        else y=1;
        end;
end;

L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;

function [out,d,x1]=rdar(image,i,a,j,b,image1,x1)
x=[1 2 4;8 0 16;32 64 128];
d=0; y=0; aa=0;
i1=i; a1=a; j1=j; b1=b;
g=zeros(3,3);
g=image(i1:a1,j1:b1);
[w,h]=size(image);
tx=i1+1;
ty=j1+1;
x2=x1;
while
(x1<10)&(d~=[26,37,49,50,69,74,76,81,82,88,133,138,140,161,162,164])&
(y~=1)

         if (g(2,3)==1)
            x1=x1+1;
            j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        elseif (g(3,3)==1)
            x1=x1+1;
            i1=i1+1; a1=a1+1; j1=j1+1; b1=b1+1;
            if (b1<=h) & (a1<=w) & (i1>0) & (j1>0)
                g=image(i1:a1,j1:b1);
                tx=[tx,i1+1];
                ty=[ty,j1+1];
                d=sum(sum(g.*x));
            else y=1;
            end;
        else y=1;
        end;
end;
L=length(tx);
if
(x2>1)&(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81
|d==82|d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=1:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
elseif
(L>2)&(x1<10)&(d==26|d==37|d==49|d==50|d==69|d==74|d==76|d==81|d==82|
d==88|d==133|d==138|d==140|d==161|d==162|d==164)
    for l=2:L-1
        image1(tx(l),ty(l))=1;
    end;
end;
out=image1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการหาทิศทางของลายนิ้วมือ

```
function [block,center] = direction(image,blocksize,noshow)
[w,h] = size(image);
direct = zeros(w,h);
gradient_times_value = zeros(w,h);
gradient_sq_minus_value = zeros(w,h);
gradient_for_bg_under = zeros(w,h);

W = blocksize;
theta = 0;
sum_value = 1;
bg_certainty = 0;

blockIndex = zeros(ceil(w/W),ceil(h/W));

 times_value = 0;
minus_value = 0;

center = [];

filter_gradient = fspecial('sobel');
%to get x gradient
I_horizontal = filter2(filter_gradient,image);

%to get y gradient
filter_gradient = transpose(filter_gradient);
I_vertical = filter2(filter_gradient,image);

 gradient_times_value=I_horizontal.*I_vertical;
gradient_sq_minus_value=(I_vertical-
I_horizontal).*(I_vertical+I_horizontal);
gradient_for_bg_under = (I_horizontal.*I_horizontal) +
(I_vertical.*I_vertical);

 for i=1:W:w
    for j=1:W:h
      if j+W-1 < h & i+W-1 < w
            times_value = sum(sum(gradient_times_value(i:i+W-1,
j:j+W-1)));
          minus_value = sum(sum(gradient_sq_minus_value(i:i+W-1,
j:j+W-1)));
          sum_value = sum(sum(gradient_for_bg_under(i:i+W-1, j:j+W-
1)));

          bg_certainty = 0;
          theta = 0;

          if sum_value ~= 0 & times_value ~=0

             bg_certainty = (times_value*times_value +
minus_value*minus_value)/(W*W*sum_value);

             blockIndex(ceil(i/W),ceil(j/W)) = 1;

             tan_value = atan2((2*times_value),minus_value);

                 theta = (tan_value)/2 ;
                theta = theta+pi/2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                center = [center;[round(i + (W-1)/2),round(j + (W-
1)/2),theta]];

            end;
        end;
                times_value = 0;
              minus_value = 0;
              sum_value = 0;

    end;
end;
block=blockIndex;
[ww,hh]=size(block);
num=0;
pcen=center(:,3);
for i1=1:ww
    for j1=1:hh
        if block(i1,j1)==1
            num=num+1;
            block(i1,j1)=pcen(num);
        end;
    end;
end;

if nargin == 2
    imshow(direct);

    hold on;
    [u,v] = pol2cart(center(:,3),5);
   quiver(center(:,2),center(:,1),u,v,0,'w');
   hold off;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

```
function out=core2(image,block,center)
cx=center(:,1);
cy=center(:,2);
ff=0;
z=block;
[w,h]=size(z);
xx=zeros(w,h);
yy=zeros(w,h);
for i=1:w
    for j=1:h
        if z(i,j)~=0
            ff=ff+1;
            yy(i,j)=cy(ff);
            xx(i,j)=cx(ff);
        end;
    end;
end;
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
final=[];
figure,imshow(image)
for k=1:w1
    for l=1:h1
        whorl=0; loop=0; delta=0;
        z1=zeros(3,3);
        z1=z(k:k+2,l:l+2);
        bbb=rad2deg(z1);
        bb=[bbb(3) bbb(2) bbb(1) bbb(4) bbb(7) bbb(8) bbb(9) bbb(6)
bbb(3)];
        w11=((bb(1)>0 & bb(1)<90)|(bb(1)>180 & bb(1)<270));
        w12=((bb(2)>35 & bb(2)<120)|(bb(2)>240 & bb(2)<300));
        w13=((bb(3)>60 & bb(3)<170)|(bb(3)>250 & bb(3)<350)|(bb(3)>=0
& bb(3)<30));
        w14=((bb(4)>0 & bb(4)<50)|(bb(4)>150 & bb(4)<280));
        w15=((bb(5)>20 & bb(5)<110)|(bb(5)>200 & bb(5)<300));
        w16=((bb(6)>50 & bb(6)<130)|(bb(6)>230 & bb(6)<310));
        w17=((bb(7)>90 & bb(7)<180)|(bb(7)>270 & bb(7)<360));
        w18=((bb(8)>120 & bb(8)<215)|(bb(8)>325 &
bb(8)<360)|(bb(8)>=0 & bb(8)<50));
        whorl=w11*w12*w13*w14*w15*w16*w17*w18;
        if whorl==1
            final=[final; whorl,loop,delta,xx(k+1,l+1),yy(k+1,l+1)];
            hold on; plot(yy(k+1,l+1),xx(k+1,l+1),'og')
        end;
        lp1=((bb(1)>45 & bb(1)<140)|(bb(1)>225 & bb(1)<315));
        lp2=((bb(2)>45 & bb(2)<145)|(bb(2)>225 & bb(2)<315));
        lp3=((bb(3)>115 & bb(3)<160)|(bb(3)>280 & bb(3)<350));
        lp4=((bb(4)>=0 & bb(4)<43)|(bb(4)>155 & bb(4)<215)|(bb(4)>325
& bb(4)<360));
        lp5=((bb(5)>25 & bb(5)<90)|(bb(5)>210 & bb(5)<270));
        lp6=((bb(6)>40 & bb(6)<135)|(bb(6)>225 & bb(6)<315));
        lp7=((bb(7)>40 & bb(7)<135)|(bb(7)>225 & bb(7)<315));
        lp8=((bb(8)>53 & bb(8)<135)|(bb(8)>225 & bb(8)<315));
        loop=lp1*lp2*lp3*lp4*lp5*lp6*lp7*lp8;
        if loop==1
            final=[final; whorl,loop,delta,xx(k+1,l+1),yy(k+1,l+1)];
            hold on; plot(yy(k+1,l+1),xx(k+1,l+1),'sg')
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        dt1=((bb(1)>90 & bb(1)<180)|(bb(1)>270 & bb(1)<360));
        dt2=((bb(2)>90 & bb(2)<180)|(bb(2)>270 & bb(2)<360));
        dt3=((bb(3)>90 & bb(3)<180)|(bb(3)>270 & bb(3)<360));
        dt4=((bb(4)>80 & bb(4)<170)|(bb(4)>260 & bb(4)<350));
        dt5=((bb(5)>30 & bb(5)<120)|(bb(5)>210 & bb(5)<300));
        dt6=((bb(6)>0 & bb(6)<90)|(bb(6)>180 & bb(6)<270));
        dt7=((bb(7)>0 & bb(7)<90)|(bb(7)>180 & bb(7)<270));
        dt8=((bb(8)>150 & bb(8)<210)|(bb(8)>330 &
bb(8)<360)|(bb(8)>=0 & bb(8)<30));
        delta=dt1*dt2*dt3*dt4*dt5*dt6*dt7*dt8;
        if delta==1
            final=[final; whorl,loop,delta,xx(k+1,l+1),yy(k+1,l+1)];
            hold on; plot(yy(k+1,l+1),xx(k+1,l+1),'^y')
        end;
    end;
end;
out=final;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ

```
function mark=minutia(image)
[w,h]=size(image);
w1=floor(w/3)*3-2;
h1=floor(h/3)*3-2;
a=0; b=0;
branch0=[];
triangle=[];
for i=1:w1
    a=i+2;
    for j=1:h1
        b=j+2;
        z=zeros(3,3);
        z=image(i:a,j:b);
        p=[z(1) z(4) z(7) z(8) z(9) z(6) z(3) z(2)];
        p1=[p(2:8) p(1)];
        p3=sum((1-p).*p1);
        pp=sum(sum(z));
        temp1=(pp==3);
        temp2=(pp==4);
        temp3=(pp==2);
        pp1=sum(p.*p1);
        if (temp1==1 & z(5)==1 & p3==1)|(temp3==1 & z(5)==1)
            branch0=[branch0; i+1,j+1];


        end;
        if pp1==0 & z(5)==1 & temp2==1
            triangle=[triangle; i+1,j+1];
        end;
    end;
end;
branch=[];
pp=[];
L=length(branch0(:,1));
imshow(image);
for n=1:L
    t1=branch0(n,:);
    for m=1:L
        t2=branch0(m,:);
        def1=((t2(1)-20<t1(1) & t1(1)<t2(1)+20) & (t2(2)-20<t1(2) &
t1(2)<t2(2)+20));
        def2=(t1(1)==t2(1) & t1(2)==t2(2));
        if def1==1 & def2~=1
            branch0(n,:)=[0 0];
        end;
    end;
end;
for v=1:L
    sss=sum(branch0(v,:));
    dot=branch0(v,:);
    if sss~=0
        branch=[branch; branch0(v,:)];
        hold on; plot(dot(2),dot(1),'xr')
    end;
end;
L1=length(triangle(:,1));
for n1=1:L1
    r1=triangle(n1,:);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for m1=1:L1
        r2=triangle(m1,:);
        defe1=((r2(1)-20<r1(1) & r1(1)<r2(1)+20) & (r2(2)-20<r1(2) &
r1(2)<r2(2)+20));
        defe2=(r1(1)==r2(1) & r1(2)==r2(2));
        if defe1==1 & defe2~=1
            triangle(n1,:)=[0 0];
        end;
    end;
end;
for v1=1:L1
    sss1=sum(triangle(v1,:));
    dot1=triangle(v1,:);
    if sss1~=0
        pp=[pp; triangle(v1,:)];
        hold on; plot(dot1(2),dot1(1),'sg')
    end;
end;
mark=[branch;pp];

function [bab,out]=realp2(mark,core,image)
lx=length(core(:,1));
bab=0; l=0;
while bab~=1 & bab~=2 & bab~=3
    l=l+1;
    c=core(:,l);
    if l==1
        for k=1:lx
            if c(k)==1
                f=core(k,:);
                x=f(4);
                y=f(5);
                bab=1;
            end;
        end;
    elseif l==2
        for k=1:lx
            if c(k)==1
                f=core(k,:);
                x=f(4);
                y=f(5);
                bab=2;
            end;
        end;
    elseif l==3
        for k=1:lx
            if c(k)==1
                f=core(k,:);
                x=f(4);
                y=f(5);
                bab=3;
            end;
        end;
    end;
end;
lon=length(mark(:,1));
[w,h]=size(image);
direct = zeros(w,h);
gradient_times_value = zeros(w,h);
gradient_sq_minus_value = zeros(w,h);
gradient_for_bg_under = zeros(w,h);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
W = 6;
theta = 0;
sum_value = 1;
bg_certainty = 0;

blockIndex = zeros(ceil(w/W),ceil(h/W));

 times_value = 0;
minus_value = 0;
center = [];
filter_gradient = fspecial('sobel');
%to get x gradient
I_horizontal = filter2(filter_gradient,image);

%to get y gradient
filter_gradient = transpose(filter_gradient);
I_vertical = filter2(filter_gradient,image);

 gradient_times_value=I_horizontal.*I_vertical;
gradient_sq_minus_value=(I_vertical-
I_horizontal).*(I_vertical+I_horizontal);
gradient_for_bg_under = (I_horizontal.*I_horizontal) +
(I_vertical.*I_vertical);
poi=[];

for i=1:lon
   pp=mark(i,:);
   x1=pp(1)-2;
   x2=pp(1)+2;
   y1=pp(2)-2;
   y2=pp(2)+2;
   if x1>0 & x2<w & y1>0 & y2<h
            times_value =
sum(sum(gradient_times_value(x1:x2,y1:y2)));
          minus_value =
sum(sum(gradient_sq_minus_value(x1:x2,y1:y2)));
          sum_value = sum(sum(gradient_for_bg_under(x1:x2,y1:y2)));

          theta = 0;

          if sum_value ~= 0 & times_value ~=0
                                  tan_value =
atan2((2*times_value),minus_value);

                theta = (tan_value)/2 ;
                theta = theta+pi/2;
                ang=rad2deg(theta);
                poi=[poi;pp(1) pp(2) ang];

           end;
   end;
 end;
  xx1=x-(poi(:,1));
yy1=y-(poi(:,2));
out=[xx1,yy1,poi(:,3)];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหาจำนวนจุดสำคัญที่ตรงกันของรูปลายนิ้วมือ 2 รูป

```
function count=match(bab1,point1,bab2,point2)
last=0;
count=0;
while last~=1
    if bab1~=bab2
        count=0;
        last=1;
    elseif bab1==bab2
        L1=length(point1(:,1));
        L2=length(point2(:,1));
        for i=1:L1
            g1=point1(i,:);
            for j=1:L2
                g2=point2(j,:);
                mat1=((g1(1)-15)<g2(1))&(g2(1)<(g1(1)+15));
                mat2=((g1(2)-15)<g2(2))&(g2(2)<(g1(2)+15));
                mat3=((g1(3)-20)<g2(3))&(g2(3)<(g1(3)+20));
                if mat1==1 & mat2==1 & mat3==1
                    count=count+1;
                end;
            end;
        end;
        last=1;
    end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้