สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองการจดจำลายนิ้วมือแบบประหยัด

Low Cost Model for Fingerprint Recognition

นวนิตย์ อินช่วย

อภิชาติ ระรวยทรง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42678
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOW COST MODEL FOR FINGERPRINT RECOGNITION

Mr. NAVANIT INCHUAY

Mr. APICHAT RARUAYSONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MACHELOR OF THE TECHNOLOGY ELECTRONICS

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แบบจำลองการจดจำลายนิ้วมือแบบประหยัด		
	Low Cost Model for Fingerprint Recognition		
นักศึกษา	นายนวนิตย์ อินช่วย	เลขประจำตัว	41013296
	นายอภิชาติ ระรวยทรง	เลขประจำตัว	41013318
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มยุรี เลิศเวชกุล		
	อาจารย์อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2543		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์มยุรี เลิศเวชกุล)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล)

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

สิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แบบจำลองการจดจำลายนิ้วมือแบบประหยัด Low Cost Model for Fingerprint Recognition		
นักศึกษา	นายนวนิตย์ อินช่วย	เลขประจำตัว	41013296
	นายอภิชาติ ระรวยทรง	เลขประจำตัว	41013318
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มยุรี เลิศเวชกุล		
	อาจารย์อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2543		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การตรวจสอบลายนิ้วมือมีบทบาทมากขึ้น ในการแยกแยะลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเก็บลายนิ้วมือก่อนทำบัตรประชาชน เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพราะเมื่อเวลาผ่านไปอายุมากขึ้น หน้าตาอาจจะเปลี่ยนแปลงไป แต่ลายนิ้วมือจะคงทนไม่เปลี่ยนแปลง ขณะเดียวกันเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้นการใช้คอมพิวเตอร์ ในเก็บข้อมูลและแยกแยะข้อมูลลายนิ้วมือสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยเฉพาะกับข้อมูลจำนวนมาก ๆ ดังนั้น การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือเพื่อพิสูจน์บุคคลจำเป็นจะต้องมีความรวดเร็วและถูกต้อง

โครงงานนี้จึงได้นำเสนอ แบบจำลองการจดจำลายนิ้วมือแบบประหยัด ที่อาศัยการเปรียบเทียบลักษณะจำเพาะที่ได้จากการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ คือ จุดกึ่งกลางและจุดแยกของลายนิ้วมือ เพียง 4-5 ตำแหน่ง ประสิทธิภาพของแบบจำลองนี้ สามารถเปรียบเทียบบุคคลได้ถูกต้องประมาณ 70% และจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าเพิ่มเติมโปรแกรมที่ใช้ในการเปรียบเทียบให้มีคุณสมบัติสามารถมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Low Cost Model for Fingerprint Recognition
Student	Mr. Navanit Inchuay ID 41013296
	Mr. Apichat Raruaysong ID 41013318
Advisor	Ms. Mayuree Lertwatechakul
	Mr. Attasit Lasakul
Academic Year	2000

ABSTRACT

Nowadays, Fingerprint recognition has an important role in personal identification. This is since, a person fingerprint will not be changed by time, but the face will. Today computer technology is sufficient to collect and classify personal fingerprint.

This thesis proposes a low cost model of fingerprint recognition. Which is identifying 4-5 characteristics of each fingerprint. The analytical characteristics will be compared to identify a person from the others. The proposed model show 70% efficiency and will be enhanced with an addition mapping algorithm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จาก อาจารย์มยุรี เลิศเวชกุล และอาจารย์อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและชี้แนวทางวิธีการ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณบิดามารดาของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา อบรม ดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ให้กำลังใจทั้งให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับลายนิ้วมือ อันเป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์เป็นอย่างมาก สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทางภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ไว้ ณ. ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมี จากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายนวนิตย์ อินช่วย
นายอภิชาติ ระรวยทรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 การรับภาพเข้ามา(input file)	1
1.2 การทำพรีโพรเซส(preprocessing)	1
1.3 การรู้จำลายนิ้วมือ(recognition)	2
2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ	3
2.1 ลักษณะลายนิ้วมือ	3
2.2 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ	5
2.2.1 กลุ่มเส้นโค้ง	5
2.2.1.1 โค้งราบ	5
2.2.1.2 โค้งกระโจม	6
2.2.2 กลุ่มมัดหวาย	6
2.2.2.1 มัดหวายปิดขวา	6
2.2.2.2 มัดหวายปิดซ้าย	6
2.2.2.3 มัดหวายคู่	7
2.2.3 กลุ่มก้นหอย	7
2.2.3.1 ก้นหอยธรรมดา	7
2.2.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลางปิดขวา	7
2.2.3.3 ก้นหอยกระเป๋ากลางปิดซ้าย	8
2.2.3.4 ก้นหอยกระเป๋าข้างปิดขวา	8
2.2.3.5 ก้นหอยกระเป๋าข้างปิดซ้าย	8
2.2.4 กลุ่มซับซ้อน	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	10
3.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	11
3.2 การสแกนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .raw	11
3.3 การลดสัญญาณรบกวนภายในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	11
3.4 การทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้เป็นภาพขาวดำ	11
3.4.1 การหาค่าขีดเปลี่ยนระดับสีเทาของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	11
3.5 การทำลายเส้นให้บาง	12
3.6 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	16
3.6.1 ทฤษฎีในการกำจัดเส้นสะพาน	16
3.6.2 ขั้นตอนวิธีในการติดตามลายเส้น	22
3.6.3 ทฤษฎีในการกำจัดเส้นกิ่ง	25
3.6.4 ขั้นตอนวิธีในการติดตามลายเส้นกิ่ง	27
3.7 ขั้นตอนการตรวจหาจุดศูนย์กลางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	28
3.7.1 การหาจุดศูนย์กลาง	28
3.7.2 ลักษณะของจุดศูนย์กลาง	29
3.7.3 การตรวจหาจุดศูนย์กลาง	30
3.7.4 การตรวจสอบจุดศูนย์กลาง	30
3.8 การจดจำลายนิ้วมือ	31
3.8.1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ	32
4. โปรแกรมการทำงาน	33
4.1 การทำงานของโปรแกรม	33
4.2 โฟล์ชาร์ตและบล็อคไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม	33
4.2.1 การประมวลผลขั้นต้น	34
4.2.2 การประมวลผลขั้นสุดท้าย	36
4.2.3 การหาจุดศูนย์กลางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	38
4.2.4 การจดจำลายนิ้วมือ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5. ผลการทดลอง	41
5.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	42
5.2 การทำให้เรียบ	42
5.3 การทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ	42
5.4 การทำเส้นให้บาง	43
5.5 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง	44
5.6 การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ	45
5.7 การตรวจสอบหาลักษณะเด่น	46
5.8 การจดจำลายนิ้วมือ	47
5.8.1 ฟังก์ชันและการใช้งานในโปรแกรม	47
เอกสารอ้างอิง	ฎ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพ	17
3.2 แสดงค่าโทโปโลยีที่ได้จากรูปที่ 3.12	20
3.3 ค่าโทโปโลยีของแม่แบบจุดแยก	24
3.4 ค่าโทโปโลยีของแม่แบบจุดปลาย	27
3.5 เงื่อนไขการเป็นจุดศูนย์กลาง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะสำคัญพิเศษแต่ละแบบ	3
2.2 ลักษณะของเส้นขอบ	4
2.3 สันคอนลักษณะต่าง ๆ	4
2.4 ลักษณะของจุดกลาง	5
2.5 ลักษณะของบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	5
2.6 ลักษณะโค้งราบ	5
2.7 ลักษณะโค้งกระโจม	6
2.8 ลักษณะมัดหวายปัดขวา	6
2.9 ลักษณะมักหวายปัดซ้าย	6
2.10 ลักษณะมัดหวายคู่	7
2.11 ลักษณะก้นหอยธรรมดา	7
2.12 ลักษณะก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา	7
2.13 ลักษณะก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย	8
2.14 ลักษณะก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา	8
2.15 ลักษณะก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย	8
2.16 ลักษณะกลุ่มซับซ้อน	9
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ	10
3.2 แสดงตำแหน่งของวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3	11
3.3 ตัวอย่างค่าในวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3	13
3.4 แสดงทิศทางของ $S(X_0)$	13
3.5 แสดงตัวอักษรจีนก่อนการทำให้บางตามทฤษฎีของ Zhang and Suen	15
3.6 แสดงตัวอักษรจีนหลังการทำให้บางตามทฤษฎีของ Zhang and Suen	15
3.7 แสดงเส้นสะพานในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	16
3.8 ลักษณะของเส้นสะพาน	16
3.9 แสดงวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3 และทิศทางในการสแกนจุดภาพ	17
3.10 แม่แบบที่ใช้แสดงโทโปโลยีของจุดภาพ	18
3.11 ตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้	19
3.12 แม่แบบวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดเชื่อมต่อ 12 กรณี	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 แม่แบบวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3 ที่แสดงถึงจุดแยก	21
3.14 ค่าน้ำหนักของตำแหน่งที่อยู่รอย X_0	22
3.15 เส้นสะพานก่อนและหลังการแก้ไข	22
3.16 การติดตามลายเส้นสะพาน	22
3.17 แม่แบบจุดแยก	24
3.18 แสดงเส้นกิ่ง	26
3.19 เส้นกิ่งก่อนและหลังการแก้ไข	26
3.20 แม่แบบจุดปลาย	27
3.21 การติดตามลายเส้นกิ่ง	28
3.22 การสแกนหาจุดศูนย์กลาง	29
3.23 ลักษณะการเกิดของจุดศูนย์กลาง	30
3.24 ทิศทางการตรวจหาจุดศูนย์กลาง	30
3.25 ตัวอย่างจุดศูนย์กลาง	31
3.26 แสดงทิศทางการเปรียบเทียบ	32
4.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบ	34
4.2 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลเบื้องต้น	35
4.3 โพล์ชาร์ตการทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ	35
4.4 โพล์ชาร์ตการทำลายเส้นให้บาง	36
4.5 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลขั้นสุดท้าย	37
4.6 โพล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน	37
4.7 โพล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง	38
4.8 โพล์ชาร์ตการตรวจหาจุดศูนย์กลาง	39
4.9 โพล์ชาร์ตกระบวนการจดจำลายนิ้วมือ	40
5.1 ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในโปรแกรม	41
5.2 การตัดรูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ	42
5.3 การทำภาพให้เรียบ	42
5.4 การทำเส้นให้บาง	43
5.5 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 การหาจุดศูนย์กลาง	45
5.7 การหาลักษณะเด่น	46
5.8 การประมวลผลขอผลโปรแกรม	47
5.9 แสดงการเปรียบเทียบ	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันเมื่อเกิดคดีทางอาชญากรรมต่างๆหลักฐานประกอบคดีที่พบในสถานที่เกิดเหตุโดยส่วนมากคือ ลายนิ้วมือ ซึ่งสามารถที่จะใช้เป็นหลักฐานได้อย่างดีในการสืบหาตัวผู้กระทำความผิดมาลงโทษ เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะสำคัญพิเศษของลายเส้นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต ซึ่งในปัจจุบันนั้น เทคโนโลยีการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นยังใช้ของต่างประเทศอยู่ (ที่ใช้อยู่ในกองพิสูจน์หลักฐานของกรมตำรวจนั้นใช้ของบริษัท NEC และกองทะเบียนประวัติใช้ของบริษัท COGENT) ดังนั้นจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในแต่ละปีเป็นจำนวนมากในการซื้อ หามาใช้หรือการบำรุงรักษา ไม่ว่าจะเป็นค่าลิขสิทธ์ ,ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต่างๆตลอดจนการจัดหางบประมาณค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างผู้ชำนาญต่างประเทศมาแก้ไขฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เหล่านั้น เมื่อเกิดปัญหาของการทำงานของระบบตรวจสอบลายนิ้วมือเกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อเป็นการขจัดปัญหาเหล่านั้นให้ลดน้อยลงไป จึงมีผู้คิดพัฒนาสร้างระบบตรวจสอบลายนิ้วมือขึ้นมาเพื่อทดสอบใช้งานในประเทศไทยเป็นจำนวนมากอย่างเช่น ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้ฮีสโตแกรมทิศทางและโครงข่ายนิวรอล

โครงงานนี้เป็นระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ โดยใช้สแกนเนอร์ในการสแกนเก็บภาพลายนิ้วมือของบุคคลมาประมวลผลแล้วเก็บลักษณะเด่นของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือนั้นไว้ในฐานข้อมูลและสามารถตรวจเทียบลายนิ้วมือที่ต้องการจำแนกบุคคลกับฐานข้อมูล เพื่อระบุได้ว่าตรงกับลักษณะลายนิ้วมือของผู้ใดหรือไม่ใช่บุคคลที่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูล โดยมีขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.1 การรับภาพเข้ามา(input file)

เป็นขั้นตอนแรกของโครงงานโดยการนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จะได้จากการนำนิ้วมือไปกดลงบนหมึกพิมพ์ก่อน แล้วจึงนำไปกดลงบนกระดาษขาว แล้วนำมาสแกนโดยใช้สแกนเนอร์เก็บภาพที่ได้จากการสแกนโดยใช้นามสกุลของภาพเป็น .raw เป็นภาพระดับเทา(grey-level)มีความสว่าง 256 ระดับซึ่งภาพที่ได้อาจจะเป็นภาพที่ไม่สมบูรณ์อันเนื่องมาจากการบิดตัวหรือโก่งตัวของผิวหนังในขณะที่ทำการพิมพ์ ภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็นลายเส้น ประกอบด้วย 2 เส้นคือเส้นสีขาวแทนเส้นร่อง เส้นสีดำแทนเส้นนูน เราจะนำภาพที่ได้ไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

1.2 การทำพรีโพรเซส(preprocessing)

เป็นการปรับแต่งภาพให้สมบูรณ์ที่สุด ก่อนที่จะนำภาพเหล่านั้นไปประมวลผลต่อไปโดยจะมีวิธีการต่างๆ เช่น การทำภาพให้เรียบ(smoothing) ,การทำเส้นให้บาง(thinning) ,การตัดเส้นกิ่ง (cutting branch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากผ่านขั้นตอนในการแปลงภาพระดับเทาไปเป็นภาพขาวดำแล้ว อาจจะมีสัญญาณรบกวนในภาพ(noise) ของภาพเกิดขึ้น ซึ่งเราจะต้องนำภาพที่มีสัญญาณรบกวนไปผ่านขั้นตอนการทำภาพให้เรียบ เพื่อทำการขจัดสัญญาณรบกวนในภาพนั้นออกไป หลังจากนั้นจึงนำภาพที่ได้ผ่านขั้นตอนขั้นตอนการทำเส้นให้บางต่อไป เพื่อเป็นการลดทอนขนาดข้อมูลลงและช่วยในการประหยัดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ จะทำให้การประมวลผลเร็วขึ้น โดยจะทำให้เกิดการสะดวกในการวิเคราะห์คุณลักษณะของภาพลายนิ้วมือและช่วยให้ประหยัดเวลาในการประมวลผล การทำเส้นให้บาง เป็นการลดขนาดความกว้างของลายเส้นที่หนาให้เหลือความกว้างของลายเส้นเพียงจุดเดียวเท่านั้น โดยไม่ให้มีการสูญเสียค่าความต่อเนื่องของลายเส้นไป ภาพที่ได้หลังจากการทำลายเส้นให้บางนี้เราเรียกว่า สเกลเลตัน(skeleton)

การกำจัดเส้นกิ่งและการกำจัดเส้นสะพาน โดยเส้นกิ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ ที่ แยกออกมาจากเส้นลายหลักซึ่งไม่นำมาใช้ในการประมวลผล เส้นสะพาน เส้นสะพานจะมีลักษณะเป็นลายสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน ซึ่งเป็นส่วนที่เกินที่จะต้องกำจัดออกไป

1.3 การรู้จำลายนิ้วมือ(recognition)

จากการพิจารณาภาพพิมพ์ลายนิ้วมือในแต่ละแบบ จะพบว่าแต่ละบุคคลจะมีลาย นิ้วมือที่เป็นลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป ซึ่งจะทำให้เราสามารถระบุได้ว่าลายนิ้วมือเป็นของใคร โดยในโครงงานนี้จะเริ่มจากการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือที่ต้องการเปรียบเทียบและเก็บลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ ซึ่งโครงงานนี้จะพิจารณา ระยะห่างของจุดแยกและทิศทางของจุดแยกโดยใช้จุดศูนย์กลางเป็นจุดอ่างอิงในการจับคู่เปรียบเทียบปรียบเทียบลายนิ้วมือกับที่ต้องการกับลายนิ้วมือที่ได้เก็บไว้เป็นฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ

2.1 ลักษณะลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือของบุคคล จะประกอบด้วยเส้นนูน(ridges) และเส้นร่องหรือรอยร่อง(furrows) ทั้งสองเส้นนี้จะอยู่สลับกันไปตลอด มีขนาดความกว้างคงที่เสมอ ประมาณ 0.2-0.4 มิลลิเมตร และจุดลักษณะสำคัญพิเศษ ตามที่จะกล่าวต่อไปนี้

เส้นนูน(Ridges) คือ การเกิดของรอยนูนที่อยู่สูงขึ้นมาจากผิวหนังส่วนนอก

เส้นร่อง(Furrows) คือ ร่องลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

จุดลักษณะสำคัญพิเศษ(Characteristics) เป็นตำหนิบนลายนิ้วมือ เช่น จุด ,เส้นแยก ,เส้นขาด ,เส้นทะเลสาป

ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะประกอบขึ้นมาเป็นลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละบุคคล โดยลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะไม่เหมือนกัน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะลายนิ้วมือไม่มีรูปแบบแน่นอนที่ตายตัว ไม่มีกฎเกณฑ์ว่าลายนิ้วมือของคนหนึ่งคนใดจะเป็นเช่นใด ลายนิ้วมือไม่ขึ้นอยู่กับอะไรทั้งสิ้น ไม่ขึ้นกับกรรมพันธุ์ หญิงหรือชาย เชื้อชาติ นอกจากนั้นรูปร่างของลายนิ้วมือจะไม่เปลี่ยนแปลงไปจนตลอดชีวิต จึงมีการใช้ลายนิ้วมือมาเป็นเครื่องมือช่วยในการให้พนักงานสอบสวนสามารถเข้าถึงตัวผู้กระทำความผิดและสามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลผู้กระทำความผิด

รูปที่ 2.1 ลักษณะของจุดสำคัญพิเศษแต่ละแบบ

วิธีการพิมพ์ลายนิ้วมือจะทำโดยใช้หมึกพิมพ์สีดำทาบบนนิ้วแล้วกดนิ้วมือลงไปบนกระดาษขาวจะได้ลายเส้นสีดำสลับกับสีขาว โดยเส้นสีดำที่ประกฏจะเป็นส่วนของเส้นนูน ส่วนสีขาวจะเป็นเส้นร่องเนื่องจากไม่ถูกกับน้ำหมึกและไม่ถูกกับกระดาษขาว ถ้าเป็นการถ่ายรูปหรือสแกนภาพเข้าไปต้องทำให้เป็นภาพ binary ก่อนจึงจะได้ลายเส้นสีดำกับสีขาวตามต้องการ

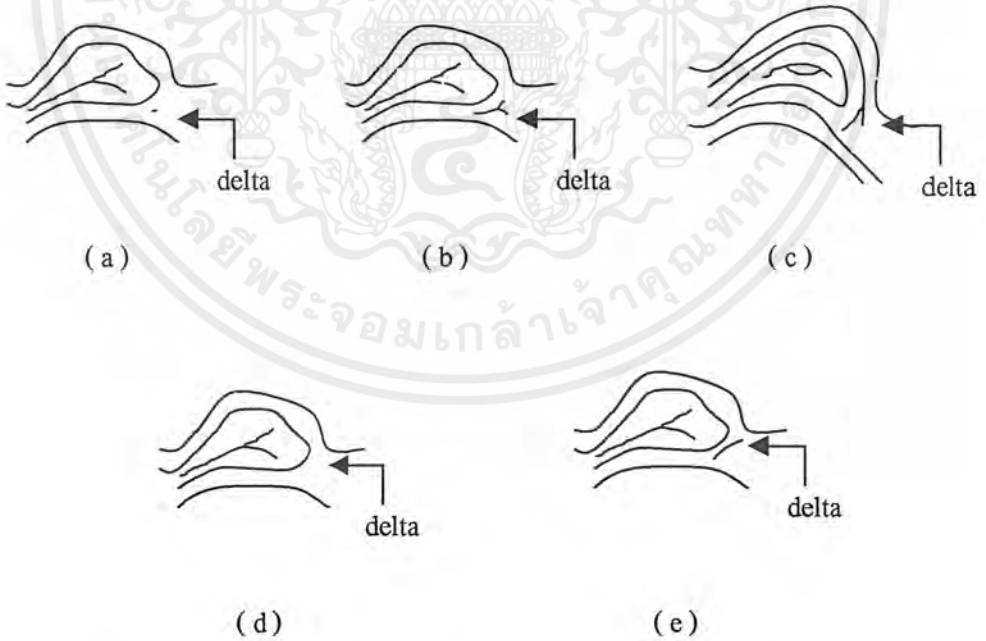
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาเรื่องการจำแนกลายนิ้วมือ มีคำจำกัดความที่ผู้ศึกษาควรรู้จักอยู่ 4 แบบ คือ

เส้นขอบ(Type Line) หมายถึง เส้นคู่ขนานคู่ในสุด ซึ่งได้เดินขนานกันมาพอสมควรแล้วแยกตัวออกจากกัน เพื่อที่จะได้โอบล้อม หรือพยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน โดยเส้นขอบไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นยาวราบเรียบติดกันตลอดไป อาจจะเป็นเส้นขาดห้วนกลางคัน โดยจะถือว่าเส้นที่อยู่ด้านนอกของเส้นที่ขาดห้วนลงไปนั้นเป็นที่เดินหรือไหลต่อเนื่องกันไป เสมือนกับว่าเส้นขอบนั้นไม่ได้ขาด

รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นขอบ

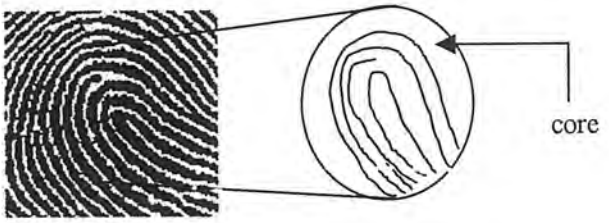
สันดอน(Delta) หมายถึง ลายเส้นในลายนิ้วมือซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางของปากทางแยกของเส้นขอบ



รูปที่ 2.3 สันดอนลักษณะต่างๆ a. จุด b. เส้นแตก c. ปลายเส้น
d. เส้นหักมุม e. จุดใดจุดหนึ่งบนเส้น

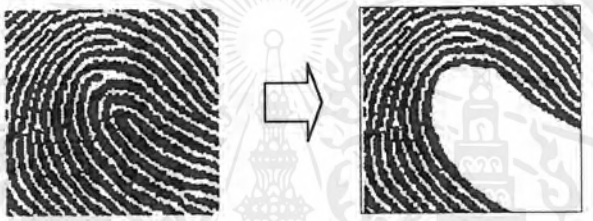
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดใจกลาง(Core) หมายถึง จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้นหรือบนบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับ



รูปที่ 2.4 ลักษณะของจุดใจกลาง

บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน(Pattern Area) หมายถึง พื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อม



รูปที่ 2.5 ลักษณะของบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

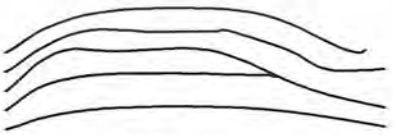
2.2 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ

ในการจำแนกรูปแบบของลายนิ้วมือนั้น ได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ และแบ่งย่อยได้ทั้งสิ้น 12 แบบ ดังต่อไปนี้

2.2.1 กลุ่มเส้นโค้ง(Arch)

2.2.1.1 โค้งราบ(Plain Arch = PA)

ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปข้างหนึ่ง ไม่เกิดมุมแหลมหรือเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง



รูปที่ 2.6 โค้งราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 โค้งกระโจม(Tented Arch = TA)

ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอนเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก

รูปที่ 2.7 โค้งกระโจม

2.2.2 กลุ่มมัดหวาย(Loop)

2.2.2.1 มัดหวายปัดขวา(Right Slant Loop = RSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านขวา

รูปที่ 2.8 มัดหวายปัดขวา

2.2.2.2 มัดหวายปัดซ้าย(Lift Slant Loop = LSL)

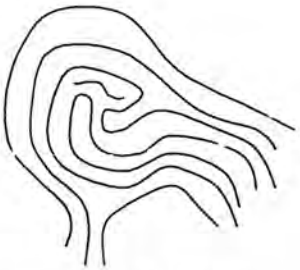
มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านซ้าย

รูปที่ 2.9 มัดหวายปัดซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 มัดหวายคู่(Double = D)

มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวายข้างบนแต่มากอดหรือกล้ำกันจนเกิดสันดอน 2 จุด โดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 2.10 มัดหวายคู่

2.2.3 กลุ่มก้นหอย(Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร ลักษณะคล้ายรูปไข่ วงกลม หรือมีลักษณะอื่น ๆ ประกอบด้วย

2.2.3.1 ก้นหอยธรรมดา(Plain Whorl = W)

รูปที่ 2.11 ก้นหอยธรรมดา

2.2.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา(Right Central Pocket = RCP)

รูปที่ 2.12 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

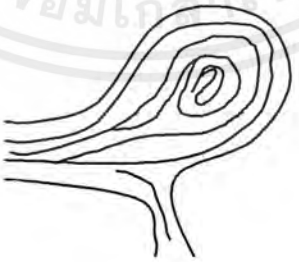
2.2.3.3 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย(Left Central Pocket = LCP)

รูปที่ 2.13 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย

2.2.3.4 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา(Right Lateral Pocket = RLP)

รูปที่ 2.14 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา

2.2.3.5 **ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย(Lift Lateral Pocket = LLP)**



รูปที่ 2.15 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กลุ่มซับซ้อน(Acidental Whorl = AW)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มกับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้มักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน

รูปที่ 2.16 กลุ่มซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงอัลกอลิธึมในขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

ใช้นิ้วมือข้างที่กำหนดที่จะเก็บเป็นฐานข้อมูลหรือที่จะใช้ตรวจเทียบกดลงบนหมึกพิมพ์แล้วนำไปกดพิมพ์ลงบนกระดาษขาว พยายามพิมพ์ให้ได้ภาพที่คมชัดมากที่สุดด้วยการควบคุมแรงที่กดเวลาพิมพ์ลายนิ้วมือ

3.2 สแกนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นไฟล์ภาพ .raw

ขั้นตอนนี้เป็นการนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้จากขั้นตอนที่แล้วมาทำการสแกนเพื่อเก็บเป็นไฟล์ภาพ ด้วยสแกนเนอร์กำหนดนามสกุลของไฟล์ภาพเป็นนามสกุล .raw โดยภาพที่ได้มีระดับความสว่าง 0-255 ระดับ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระดับเทา

3.3 การลดสัญญาณรบกวนภายในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

เป็นวิธีที่ใช้กำจัดสัญญาณที่ปน(noise)มากับลายนิ้วมือ ที่เป็นภาพระดับเทา วิธีการต่าง ๆ ที่มีใช้กันในปัจจุบันนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นการกรองความถี่ต่ำผ่าน(low pass filter)ซึ่งในที่นี้จะใช้หลักการหาค่ากลาง(median filtering)หลักการนี้จะใช้วินโดว์ขนาด 3*3 ภายในวินโดว์ดังกล่าวจะประกอบไปด้วยจุดต่าง ๆ ตั้งแต่ X_0-X_8 ดังรูปที่ 3.2 โดยมีจุด X_0 เป็นจุดที่เราพิจารณาถึง จุด X_0 นี้เปลี่ยนแบบวนรอบไปจนครบทุกจุดภาพ ขณะที่แต่ละจุดภาพที่ตำแหน่งเป็น X_0 ก็จะมีการหาค่า X_0 นั้นใหม่ด้วยสมการที่ 3.1

$$X0 = \sum_{i=1}^{n} |Xi - med| \rightarrow \min \quad \text{.....(3.1)}$$

X_4	X_3	X_2
X_5	X_0	X_1
X_6	X_7	X_8

รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งของวินโดว์ขนาด 3*3

3.4 การทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ

รูปภาพขาวดำ(binary image)จะสะดวกในการวิเคราะห์มากกว่ารูปภาพระดับเทา(grey scale image)แต่รูปภาพที่ได้มาส่วนมากมักจะไม่เป็นภาพขาวดำ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีจากภาพระดับเทาไปเป็นภาพขาวดำ โดยทำการแบ่งส่วนของภาพเป็นบริเวณของพื้นฉาก(background)และบริเวณของวัตถุในภาพ(foreground)

3.4.1 การหาค่าขีดเปลี่ยนระดับสีเทาของภาพ(thresholding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีเทาของภาพ คือ การเลือกค่าสีที่เหมาะสมค่าหนึ่งจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา เพื่อใช้เป็นค่ามาตราฐานในการเปรียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา เพื่อทำการจำแนกสาระจากภาพออกเป็นวัตถุและพื้นฉากในภาพ สมการที่ 3.2 เป็นนิยามการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีของภาพ

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

โดยกำหนดให้

f(x.y) คือ ค่าที่ได้จากการอ่านภาพเริ่มต้น

T คือ ค่าสีที่เลือกจากภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา เพื่อใช่เป็นค่ามาตราฐานในการเปรียบเทียบค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพระดับเทาที่อินพุทเข้ามา

g(x,y) คือ ค่าสีที่ผ่านจากการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนระดับสีของภาพ

จากสมการที่ 3.2 จะได้ว่าถ้าค่า f(x,y) มีค่ามากกว่า T แล้วจะได้ค่า g(x,y) เป็น 1 ซึ่งจะเป็นค่าสีของวัตถุในภาพและในทำนองเดียวกัน จะได้ว่าถ้าค่า f(x,y) มีค่าน้อยกว่า T แล้วจะได้ค่า g (x,y) เป็น 0 ซึ่งจะเป็นค่าของพื้นฉากในภาพ

3.5 การทำเส้นให้บาง(thinning)

ในขั้นตอนวิธีการทำเส้นให้บางในโครงงานนี้ใช้วิธีการของ Zhang and Suen และวิธีที่นำมาแสดงนี้กระทำกับภาพขาวดำ โดยให้ 1 แทนจุดภาพของวัตถุในภาพ และ 0 แทนจุดภาพของพื้นฉากในภาพ ขั้นตอนการทำเส้นให้บางวิธีนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่กระทำกับจุดคอนทัว(contour point)ของเนื้อวัตถุในภาพ โดยจุดคอนทัวเป็นจุดที่มีค่าเป็น 1 และมีจุดรอบข้างของ X_0 อย่างน้อย 1 จุดที่มีค่าเป็น 0 โดยโครงสร้างของจุดรอบข้างของจุด X_0 แสดงไว้ในภาพที่ 3.2

ขั้นตอนที่ 1 จุดคอนทัวของ X_0 จะถูกลบเมื่อมีเงื่อนไขดังนี้

(ก) $2 \le N(X_0) \le 6$

(ข) $S(X_0) = 1$

(ค) $X_1.X_3.X_7 = 0$

(ง) $X_1.X_5.X_7 = 0$

.....(3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $N(X_0)$ เป็นจำนวนจุดรอบข้างของ X_0 ที่ไม่เป็น 0 นั่นคือ

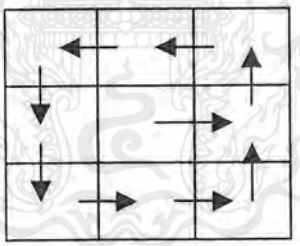
$$N(X_0) = X_1+X_2+X_3+X_4+X_5+X_6+X_7+X_8 \quad \text{.....(3.4)}$$

และ$S(X_0)$ เป็นจำนวนจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 ตามลำดับของ $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ ดังตัวอย่าง $N(X_0)=4$ และ $S(X_0)=3$ ข้างล่างนี้

0	0	1
1	X0	0
1	0	1

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างค่าในวินโดว์ 3*3

จากรูปที่ 3.3 แสดงเงื่อนไข (ก) และ (ข) ในสมการที่ 3.3 ในกรณีนี้ $N(X_0)=4$ และ $S(X_0)=3$ โดยเงื่อนไข (ค) เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $X_1.X_3.X_7 = 0$ ซึ่งเงื่อนไข (ค) และ (ง) จะเป็นจริง เมื่อมีค่าใดค่าหนึ่งตามนี้คือ $X_1=0$, or $X_7=0$ or ($X_3=0$ and $X_5=0$)



รูปที่ 3.4 แสดงทิศทางของ $S(X_0)$

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

$$\begin{aligned} &(\text{ก}') \ 2 \le N(X_0) \le 6 \\ &(\text{ข}') \ S(X_0) = 1 \\ &(\text{ค}') \ X_1.X_3.X_5 = 0 \\ &(\text{ง}') \ X_3.X_5.X_7 = 0 \end{aligned} \quad \text{.....(3.5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไข (ก′) และ (ข′) จะมีวิธีในการหาค่าเหมือนกับเงื่อนไข (ก) และ (ข) ในขั้นตอนที่ 1 โดยเงื่อนไขของ (ค′) เป็นการตรวจสอบผลคูณของ $X_1.X_3.X_5 = 0$ ซึ่งเงื่อนไข (ค′) และ (ง′) จะเป็นจริงเมื่อมีค่าใดค่าหนึ่งตามนี้คือ $X_3=0$, or $X_5=0$ or ($X_1=0$ and $X_7=0$)

โดยจะมีขั้นตอนในการทำงานอย่างคร่าว ๆ คือ

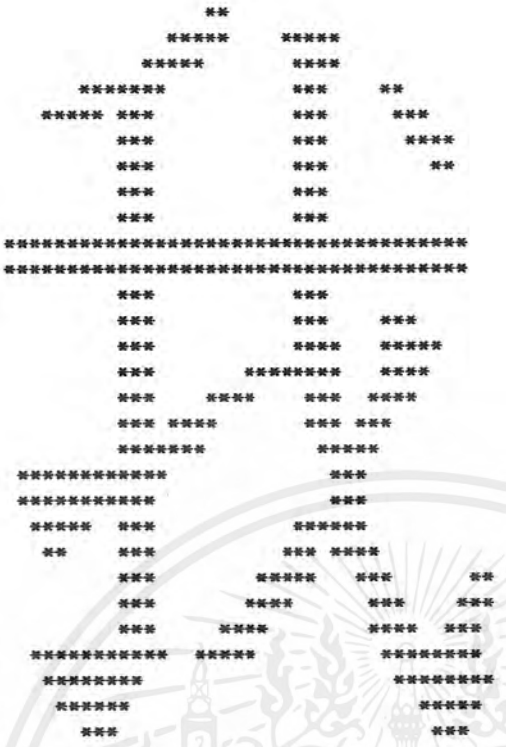
ในขั้นตอนที่ 1 จะประมวลผลกับจุดของภาพ(border point)ของเนื้อวัตถุในภาพขาวดำภายใต้การพิจารณา ถ้าไม่ตรงกับเงื่อนไขอันใดอันหนึ่ง ของ (ก)-(ง) จุดภาพที่พิจารณาอยู่นั้น จะไม่ถูกลบ แต่ถ้าถูกต้องตามเงื่อนไข (ก)-(ง) จุดภาพที่พิจารณาอยู่นั้นจะถูกลบ แต่จุดภาพที่ถูกพิจารณาทั้งหมดจะไม่ถูกลบจนกระทั่งจุดขอบภาพทั้งภาพถูกประมวลผล โดยจะทำเครื่องหมาย(flag)ของจุดที่จะถูกลบไว้ก่อน ซึ่งจะป้องกันการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลระหว่างการดำเนินการของขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen ภายหลังจากขั้นตอนที่ 1 ได้ถูกประมวลผลกับทุกจุดขอบภาพแล้ว จุดที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ จะถูกลบ(กล่าวคือเปลี่ยนค่าเป็น 0)จากนั้นขั้นตอนที่ 2 จะประมวลผลกับภาพที่ได้จากการประมวลผลในขั้นตอนที่ 1 แล้วด้วยวิธีการที่เหมือนกับขั้นตอนที่ 1

โดยพื้นฐานของขั้นตอนทำลายเส้นให้บางตามวิธีของ Zhang and Suen นี้ สังเกตได้ว่าประกอบด้วยขั้นตอนอย่างคร่าว ๆ ดังนี้

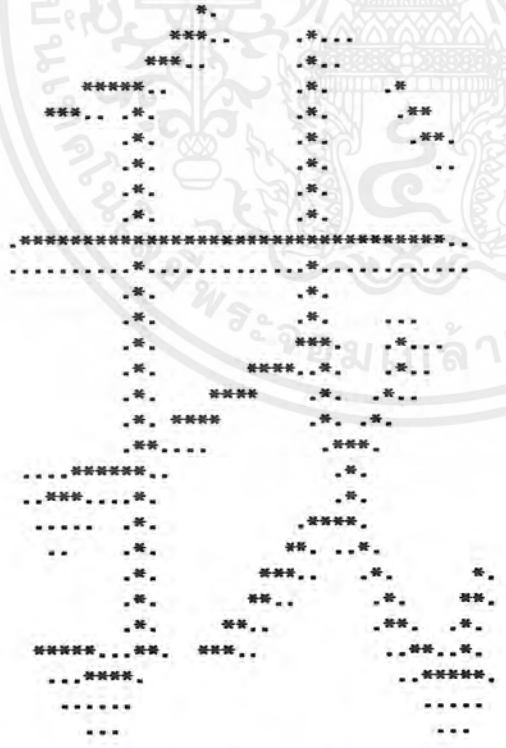
1. ทำตามขั้นตอนที่ 1
2. ลบจุดภาพ
3. ทำตามขั้นตอนที่ 2 กับจุดภาพที่ยังคงเหลือ
4. ลบจุดขอบภาพ

ซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอนนี้จะถูกกระทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีจุดภาพใด ๆ จะถูกลบอีก ซึ่งจะเป็นช่วงสิ้นสุดการทำงานของการทำลายเส้นให้บางของ Zhang and Suen ที่เราจะได้สเกลเลตันของเนื้อวัตถุในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ตัวอักษรจีนก่อนผ่านขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางของ Zhang and Suen



รูปที่ 3.6 ตัวอักษรจีนหลังผ่านขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางของ Zhang and Suen

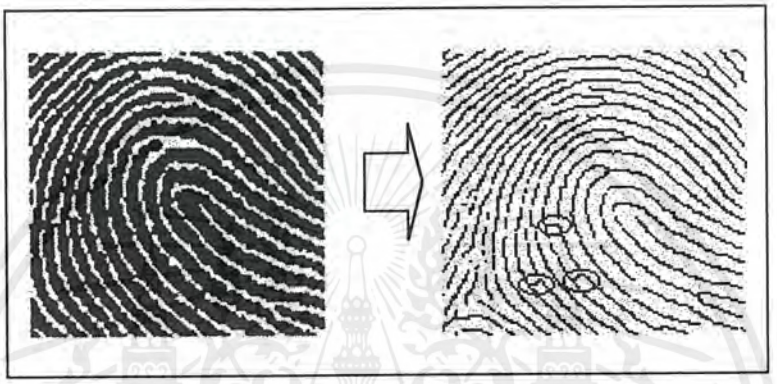
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

โดยจะขอแยกกล่าวในรายละเอียดเป็นส่วน ๆ ดังต่อไปนี้

3.6.1 ทฤษฎีในการกำจัดเส้นสะพาน

เมื่อพิจารณารูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ สังเกตจากในภาพที่ 3.7 จะเห็นได้ว่ามีเส้นสะพานเกิดขึ้น (สังเกตจากภาพจะใช้สัญญาลักษณ์ ⬭ ล้อมรอบบริเวณที่เกิดเส้นสะพาน) โดยเส้นสะพานจะมีลักษณะเป็นลายเส้นสองลายที่อยู่ใกล้กันถูกต่อถึงกัน ซึ่งเป็นส่วนเกินที่จะต้องกำจัดออกไป โดยอาศัยค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่พิจารณาอยู่



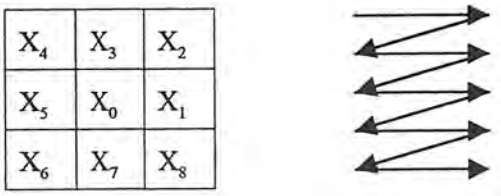
รูปที่ 3.7 แสดงรูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเมื่อผ่านขั้นตอนทำเส้นให้บางจะเกิดเส้นสะพานขึ้น

รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะเส้นสะพาน (a) ก่อนแก้ไข (b) หลังแก้ไข

ในการสแกนหาค่าโทโปโลยีของจุดภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จะทำการสแกนจากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านบนลงไปยังด้านล่างของรูปภาพ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.9 (b) โดยในการพิจารณาค่าโทโปโลยี ของจุดภาพที่พิจารณาอยู่ จะเป็นการจำแนกเฉพาะค่าการเชื่อมต่อ 4(4-connectivity) หรือการเชื่อมต่อแบบ 8(8-connectivity) เท่านั้น โดยใช้วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 3*3 ดังรูปที่ 3.9 (a) ครอบบริเวณจุดภาพที่ต้องการหา ซึ่งค่า $X_0, X_1, X_2, \ldots\ldots, X_8$ เป็นค่าของทางดิจิตอลที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งเราจะพิจารณาเมื่อ $X_0=1$ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.9 แสดง (a) วินโดว์ขนาด3*3 (b) ทิศทางในการสแกนจุดภาพ

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

$$Nc^4 = \sum_{i \in S_1} \left(X_i - X_i X_{i+1} X_{i+2} \right) \quad \text{.....(3.6)}$$

$$Nc^8 = \sum_{i \in S_1} \left(\overline{X}_i - \overline{X}_i \overline{X}_{i+1} \overline{X}_{i+2} \right) \quad \text{.....(3.7)}$$

โดยที่ S_1={1,3,5,7}

ค่าของ X_i เป็นตำแหน่งของจุดภาพต่างๆที่อยู่ในวินโดว์ขนาด 3*3 ในภาพที่ 3.9 (a) โดยค่าของ i จะมีค่า 0 ถึง 8 แต่จากสมการที่ 3.6, 3.7 ค่าของ i จะมีค่าเป็นสมาชิกของ S_1 ซึ่ง i จะมีค่าได้ 4 ค่าคือ 1, 3, 5, 7 เมื่อค่าของ $X_i \geq X_9$ ค่าจะถูกเปลี่ยนเป็น X_{1-X} ส่วนค่าของ $\overline{X} = X - 1$ และค่าตัวยกทางขวาที่อยู่เหนือ Nc ซึ่งก็คือค่าของ 4 หรือ 8 จะเป็นค่าที่บอกให้รู้ว่า เป็นค่าของจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 8 ตามลำดับ โดยสมการทั้งสองสามารถแบ่งแยกค่าทางโทโปโลยีของ X_0 ได้ดังตารางที่ 3.1

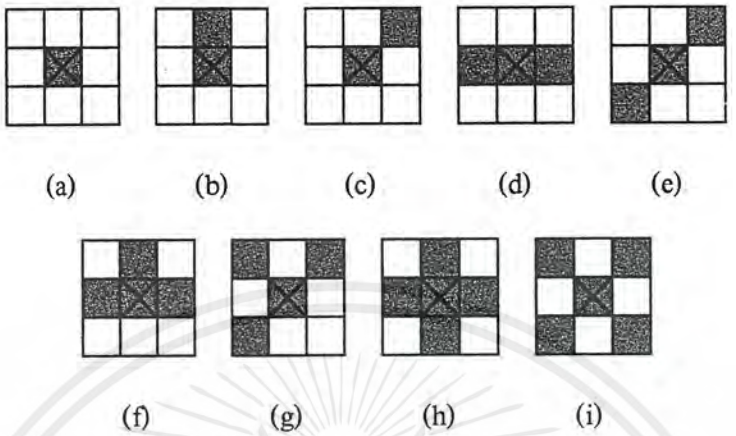
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าโทโปโลยีของจุดภาพ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42678

โดยที่จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวตั้ง และจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 8 จะเป็นการเชื่อมต่อของจุดภาพในแนวเส้นทะแยงมุมรวมกับจุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 ตามภาพที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงแม่แบบที่ใช้บอกโทโปโลยีต่าง ๆ ของจุดภาพ

(a) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 0$ หรือ $Nc^8 = 0$

(b), (c) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 1$ หรือ $Nc^8 = 1$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณี รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

(d), (e) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 2$ หรือ $Nc^8 = 2$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 1 กรณี รวมทั้งสิ้น 4 กรณี

(f), (g) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 3$ หรือ $Nc^8 = 3$ ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณี เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90° จะได้เพิ่มกรณีละ 3 กรณี รวมทั้งสิ้น 8 กรณี

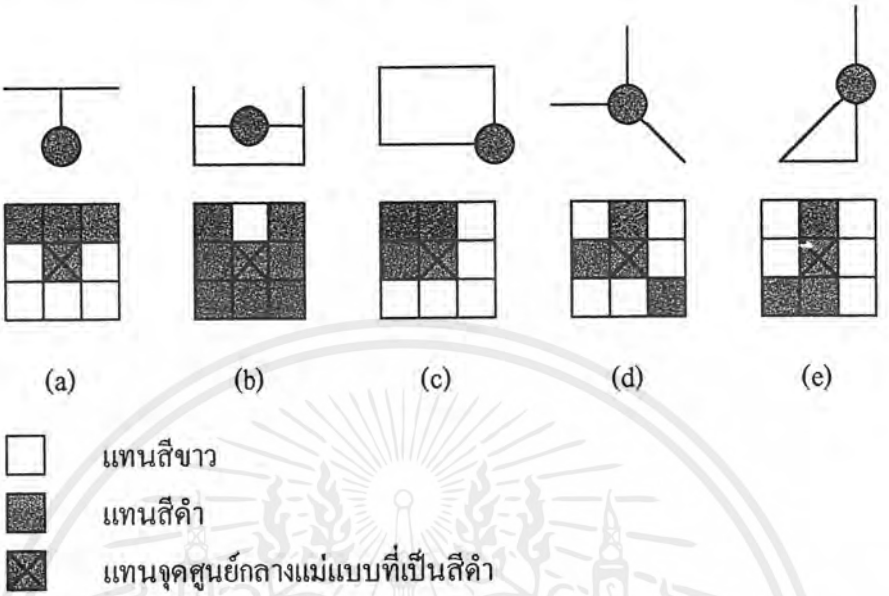
(h), (i) แม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ของจุดภาพที่มีค่า $Nc^4 = 4$ หรือ $Nc^8 = 4$

ในทางปฏิบัติแล้ว ภาพดิจิตอลจะประกอบด้วย จุดภาพที่ถูกเชื่อมต่อทั้ง 2 ชนิดจึงไม่สามารถที่จะจำแนกความแตกต่างออกได้ทุกกรณี ซึ่งขอให้พิจารณาภาพที่ 3.11

ค่าของ Nc^4 และ Nc^8 ของ X_0 ในภาพที่ 3.11 (a), (b), (c) คือค่าเดียวกัน กล่าวคือเป็นจุดปลายแต่ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ที่ได้จากการสังเกตของแม่แบบ ในภาพที่ 3.11 (a), (b), (c) แตกต่างกัน คือ ในภาพที่ 3.11 (a) ค่าโทโปโลยีของจุดปลาย แต่ค่าโทโปโลยีของ X_0 ในภาพที่ 3.11 (b), (c) คือจุดเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาภาพที่ 3.11 (d), (e) นั้นค่าของ Nc^4 และ Nc^8 คือจุดเชื่อมต่อแต่ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ทั้งสองต่างกัน ค่าโทโปโลยีจริงของ X_0 ที่ได้จากการสังเกตแม่แบบ ในภาพที่ 3.11 (d) คือจุดแยก แต่ค่าโทโปโลยีของ X_0 ในภาพที่ 3.11 (e) คือจุดเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างจุดภาพที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยค่า Nc^4 และ Nc^8

ในภาพที่ 3.11 (e) เป็นตัวอย่างหนึ่งของค่าที่ถูกเชื่อมต่อแบบผสมผสาน ซึ่งผสมเอาค่าที่ถูกเชื่อมต่อแบบ 4 และแบบ 8 ไว้ด้วยกันจึงมีสมการทางคณิตศาสตร์สมการใหม่ขึ้นมา โดยดัดแปลงมาจากสมการที่ 3.6, 3.7 โดยมีการเปลี่ยนค่าสมาชิกของ S_1 เป็น S_2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

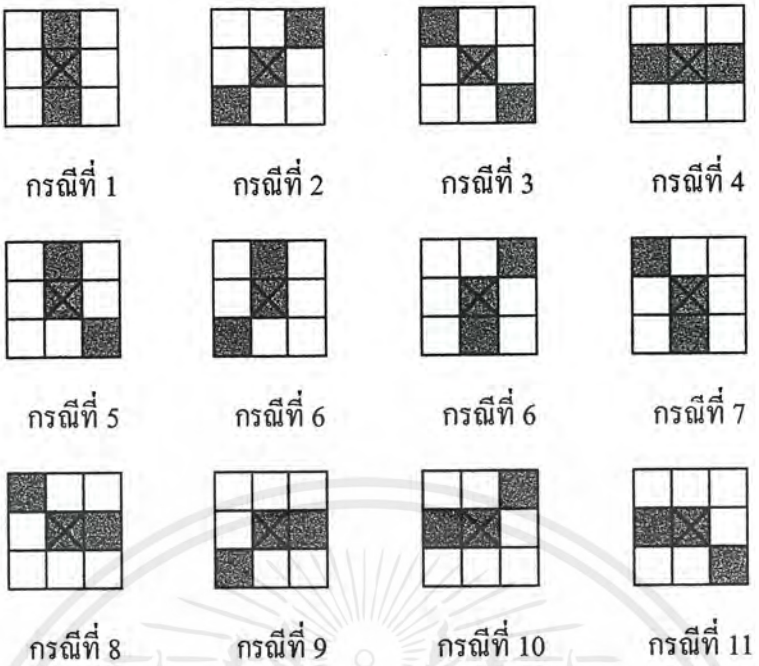
$$Nc^{4'} = \sum_{i \in S_2} \left(X_i - X_i X_{i+1} X_{i+2} \right) \quad \text{.....(3.8)}$$

$$Nc^{8'} = \sum_{i \in S_2} \left(\overline{X}_i - \overline{X}_i \overline{X}_{i+1} \overline{X}_{i+2} \right) \quad \text{.....(3.9)}$$

โดยที่ $S_2=\{2, 4, 6, 8\}$

โดยค่าโทโปโลยีของจุดภาพที่จะนำมาพิจารณามีอยู่ด้วยกัน 2 จุดคือ จุดแยก และ จุดเชื่อมต่อ ซึ่งจากผลการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ถ้าเราสังเกตจะเห็นแม่แบบของจุดต่าง ๆ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรแสดงการเชื่อมต่อแบบผสมผสานระหว่าง Nc^4, Nc^8, $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ที่แสดงถึงจุดเชื่อมต่อทั้งสิ้น 12 กรณี

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าของ Nc^{4}, Nc^{8}, $Nc^{4'}$และ $Nc^{8'}$ ทำได้จากรูปที่ 3.12

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.12 ในแต่ละกรณี สามารถหาค่าของ Nc^4, Nc^8, $Nc^{4'}$และ $Nc^{8'}$ ได้จากสมการที่ 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 ได้ค่าตารางที่ 3.2 จากค่าของ Nc^4, Nc^8, $Nc^{4'}$และ $Nc^{8'}$ ที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคุณลักษณะของแต่ละกรณี ได้ดังนี้

จุดเชื่อมต่อ = $((Nc^4 \neq 3 \text{ or } Nc^8 = 2) \text{and } Nc^8 \neq 3) \text{ or } Nc^{8'} = 2$ .....(3.10)

จากผลการทดสอบหลาย ๆ ครั้งจะสังเกตเห็นแม่แบบของจุดแยก ดังภาพที่ 3.13

4 case รูปแบบที่ 1 | 4 case รูปแบบที่ 2 | 4 case รูปแบบที่ 3 | 4 case รูปแบบที่ 4

แทนสีขาว
แทนสีดำ
แทนจุดศูนย์กลางแม่แบบที่เป็นสีดำ

รูปที่ 3.13 แสดงแม่แบบเมตริกซ์ขนาด 3*3ที่แสดงถึงจุดแยก ในแต่ละรูปเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกาทีละ 90 ° จะได้เพิ่มอย่างละ 4 กรณี รวมทั้งสิ้น 16 กรณี

จากรูปที่ 3.13 สามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ คือ

จุดแยก = $(Nc^4=2 \text{ and } Nc^{4'}=1 \text{ and } Nc^{8'}=3) \text{ or } (Nc^4=1 \text{ and } Nc^{4'}=2 \text{ and } Nc^8=3) \text{ or } (Nc^4=3 \text{ or } Nc^8=3 \text{ or } Nc^{8'}=3) \text{ or } (Nc^4=3 \text{ and } Nc^{4'}=0) \text{ or } (Nc^4<>0 \text{ and } (Nc^{8'}=2 \text{ and } Nc^{4'}=2))$ .....(3.11)

การหาดัชนีจุดภาพที่พิจารณาอยู่ สามารถหาได้จากผลรวมของค่าน้ำหนัก(1) ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.14 โดยจะทำการพิจารณา ในขณะที่ X_0=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	2	4
8	0	16
32	64	128

ค่าน้ำหนักในวินโดว์

(a)

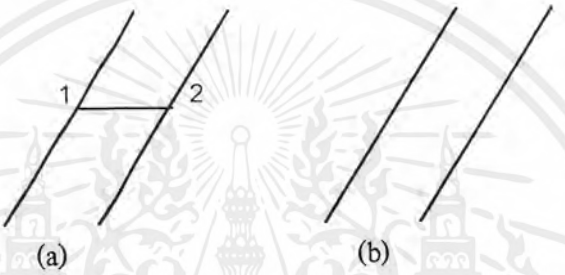
1		
	1	
		1

ค่าดัชนี=0+1+128=129

(b)

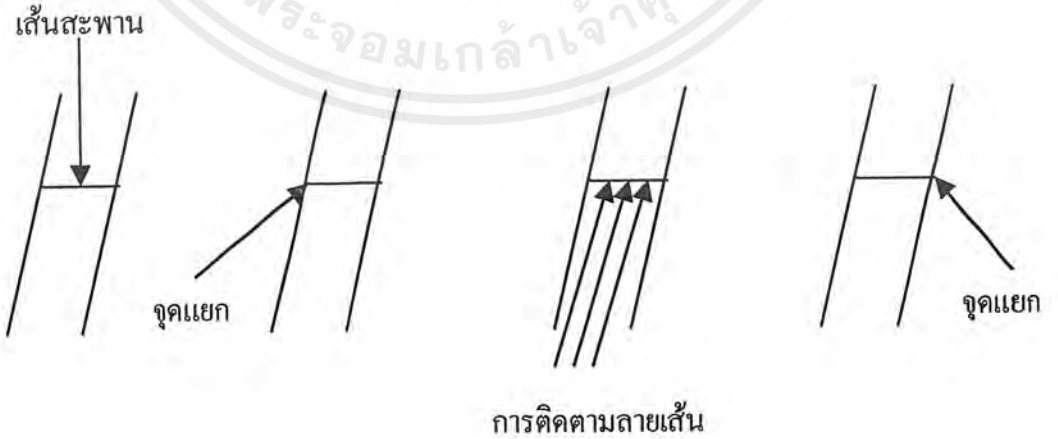
รูปที่ 3.14 (a) แสดงค่าน้ำหนักต่าง ๆ ตามตำแหน่งของจุดรอบข้าง X_1 (b) ตัวอย่างการหาค่าดัชนี

3.6.2 ขั้นตอนวิธีในการติดตามลายเส้น



รูปที่ 3.15 แสดงตำแหน่งของจุดแยกที่อยู่บนสะพาน (a) ก่อนแก้ไข (b) หลังแก้ไข

จากภาพที่ 3.15 จะสังเกตได้ว่า ที่ 1 และ 2 จะมีลักษณะเป็นจุดแยก ดังนั้นในการกำจัดเส้นสะพานโดยใช้วิธีการติดตามลายเส้น จะใช้วิธีการนับจำนวนจุดภาพที่อยู่บนเส้นสะพานระหว่างจุด 1 และ 2 ถ้ามีจำนวนน้อยกว่าที่กำหนด จะทำการลบเส้นสะพานนั้น โดยมีขั้นตอนในการติดตามลายเส้นอย่างคร่าว ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.16

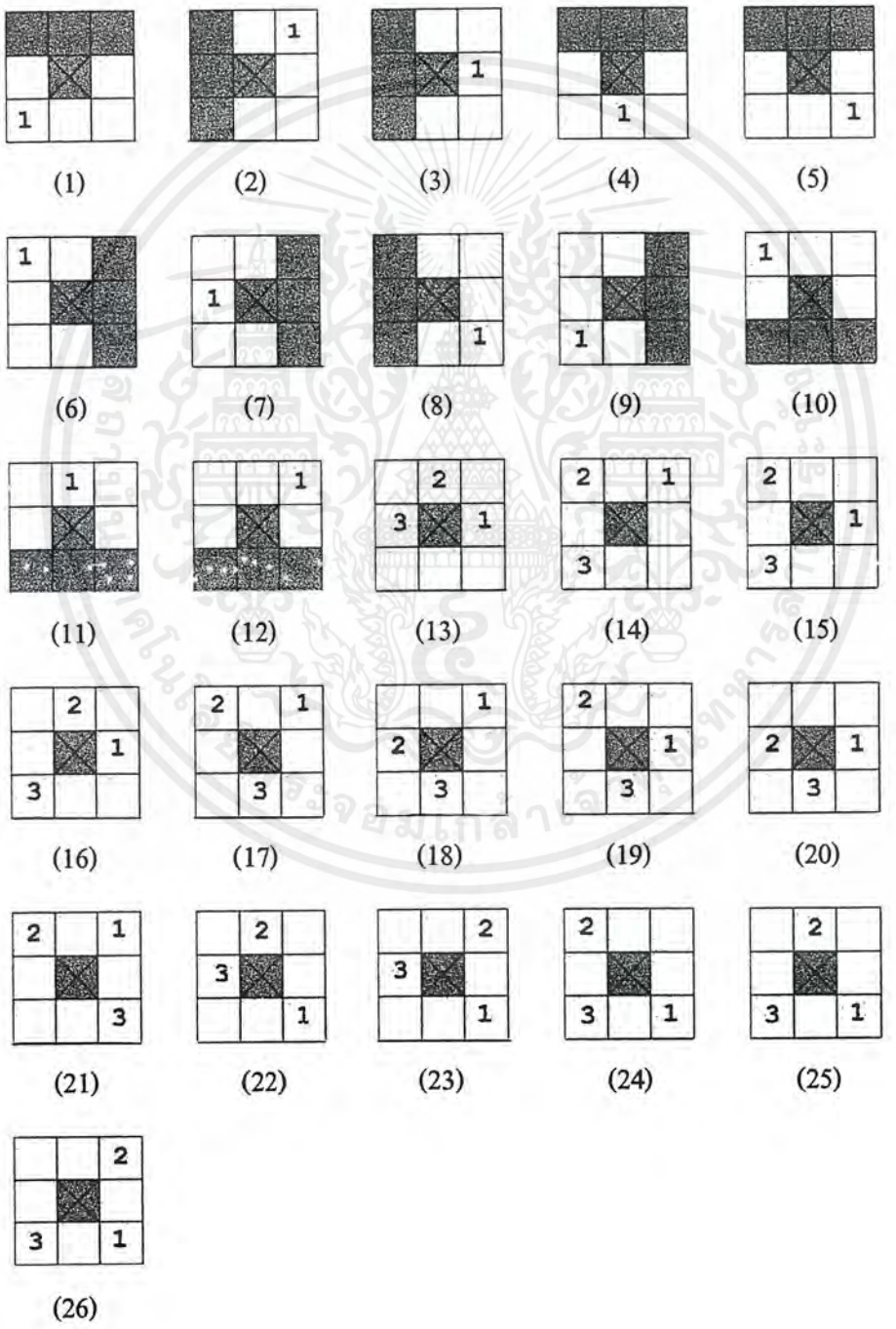


รูปที่ 3.16 ขั้นตอนในการติดตามลายเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตามลายเส้นนั้น ในขณะที่ทำการพิจารณาจุดภาพจุดหนึ่งที่เป็นจุดแยกนั้น จะทำการติดตามลายเส้นทั้ง 3 ทิศทาง ทั้งนี้เนื่องมาจากไม่สามารถทราบได้ว่าตำแหน่งที่จะเกิดเส้นสะพานจะเกิดขึ้นในทิศทางใดบ้าง

ในการติดตามลายเส้นนี้ เริ่มแรกจะทำการสแกนหาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามรูปที่ 3.17 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีเลข 1, 2 และ 3 โดยค่าตัวเลขเหล่านี้จะแสดงถึงทิศทางในการติดตามลายเส้นโดยจะมีทั้งหมด 3 ทิศทาง กล่าวคือ ทิศทางที่ 1, ทิศทางที่ 2 และ ทิศทางที่ 3 จากนั้นจึงแยกพิจารณาทีละทิศทาง โดยมีขั้นตอนในการติดตามลายเส้นสะพานอย่างคร่าว ๆ ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนสีดำ

แทนสีขาว

แทนจุดศูนย์กลางแม่แบบที่เป็นสีดำ

แทนตำแหน่งจุดภาพที่จะเริ่มติดตามลายเส้นทิศทางที่ 1

แทนตำแหน่งจุดภาพที่จะเริ่มติดตามลายเส้นทิศทางที่ 2

แทนตำแหน่งจุดภาพที่จะเริ่มติดตามลายเส้นทิศทางที่ 3

รูปที่ 3.17 แสดงแม่แบบจุดแยก ที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดภาพที่จะเริ่มติดตามลายเส้น

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าดัชนีของแม่แบบในกรณีต่าง ๆ

รูปที่	กรณีที่	ค่าดัชนี	รูปที่	กรณีที่	ค่าดัชนี
1	1	39	14	14	37
2	2	45	15	15	49
3	3	57	16	16	50
4	4	71	17	17	69
5	5	135	18	18	76
6	6	149	19	19	81
7	7	156	20	20	88
8	8	169	21	21	133
9	9	180	22	22	138
10	10	225	23	23	140
11	11	226	24	24	161
12	12	228	25	25	162
13	13	26	26	26	164

ขั้นตอนในการตัดเส้นสะพาน จะมีขั้นตอนแบ่งออกเป็น 3 รอบด้วยกันคือ

รอบที่ 1 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 1 เพื่อทำการตรวจสอบว่าเส้นสะพานเกิดขึ้นในทิศทางนี้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 หาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 1-26 ตามภาพที่ 3.17 กำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 1 ของแม่แบบเป็นค่าโคออร์ดิเนต X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น ตามรูปที่ 3.16

1.2 ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น X_0 ในวินโดว์ 3*3 เพื่อหาจุดถัดไป เพื่อทำการติดตามลายเส้นไปเรื่อย ๆ

1.3 ทำตามขั้นตอนที่ 1.2 ไปเรื่อย ๆ จนพบจุดแยก

1.4 หาผลต่างของจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2 ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าจำนวนครั้งที่กำหนดขึ้นเอง ให้ทำการลบจุดภาพที่อยู่ระหว่างตำแหน่งจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2

รอบที่ 2 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2 เพื่อทำการตรวจสอบว่าเส้นสะพานเกิดขึ้นในทิศ

1.1 หาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 13-26 ตามภาพที่ 3.17 กำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 2 ของแม่แบบเป็นค่าโคออร์ดิเนต X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น ตามรูปที่ 3.16

1.2 ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น X_0 ในวินโดว์ 3*3 เพื่อหาจุดถัดไป เพื่อทำการติดตามลายเส้นไปเรื่อย ๆ

1.3 ทำตามขั้นตอนที่ 1.2 ไปเรื่อย ๆ จนพบจุดแยก

1.4 หาผลต่างของจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2 ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าจำนวนครั้งที่กำหนดขึ้นเอง ให้ทำการลบจุดภาพที่อยู่ระหว่างตำแหน่งจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2

รอบที่ 3 ทำการติดตามลายเส้นในทิศทางที่ 2 เพื่อทำการตรวจสอบว่าเส้นสะพานเกิดขึ้นในทิศทางนี้หรือไม่

1.1 หาจุดแยกที่มีค่าดัชนีตามกรณีที่ 13-26 ตามภาพที่ 3.17 กำหนดค่าโคออร์ดิเนตที่ตำแหน่งเลข 3 ของแม่แบบเป็นค่าโคออร์ดิเนต X_0 ภายในวินโดว์ 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงในการติดตามลายเส้น ตามรูปที่ 3.16

1.2 ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น X_0 ในวินโดว์ 3*3 เพื่อหาจุดถัดไป เพื่อทำการติดตามลายเส้นไปเรื่อย ๆ

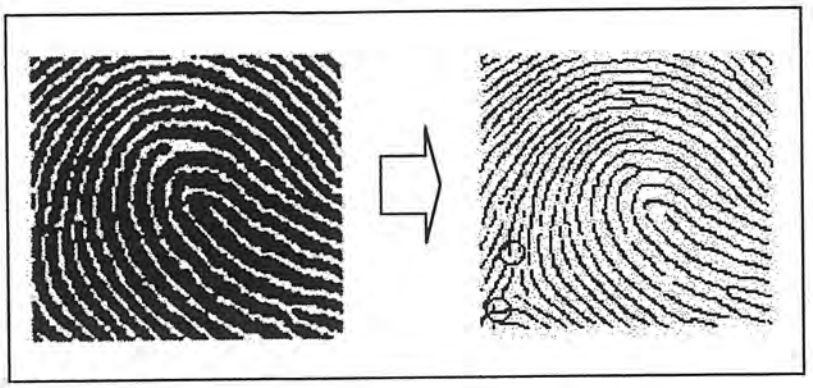
1.3 ทำตามขั้นตอนที่ 1.2 ไปเรื่อย ๆ จนพบจุดแยก

1.4 หาผลต่างของจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2 ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าจำนวนครั้งที่กำหนดขึ้นเอง ให้ทำการลบจุดภาพที่อยู่ระหว่างตำแหน่งจุดแยกที่เริ่มต้นกับจุดแยกที่พบครั้งที่ 2

3.6.3 ทฤษฎีในการกำจัดเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

เมื่อพิจารณารูปภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ สังเกตจากภาพที่ 3.18 จะเห็นว่ามีเส้นกิ่งเกิดขึ้น(สังเกตจากภาพจะใช้สัญญาณลักษณ์ ◯ ล้อมรอบบริเวณที่เกิดเส้นกิ่ง)เส้นกิ่งมีลักษณะเป็นเส้นสั้น ๆ ที่ยื่นออกมาจากเส้นปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนเกินที่ต้องการกำจัดออกไป

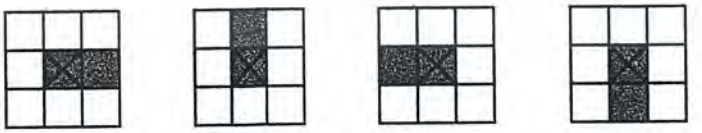
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



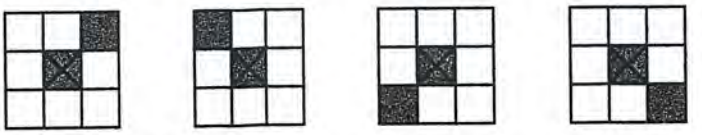
รูปที่ 3.18 แสดงเส้นกิ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะเส้นกิ่ง (a) ก่อนการแก้ไข (b) หลังการแก้ไข

เรานิยามให้เส้นกิ่งเป็นส่วนเกิน ที่เราจะต้องทำการกำจัดออกไปโดยวิธีติดตามลายเส้น โดยในระหว่างที่ทำการติดตามลายเส้น ก็จะพิจารณาคุณสมบัติทางโทโปโลยีของจุดภาพบนลายเส้นนั้น โดยการพิจารณาแม่แบบขนาดเมตริกซ์ 3*3 ที่ครอบจุดภาพนั้นไว้ โดยใช้โทโปโลยีเพื่อหาจุดปลาย เมื่อได้จุดปลายแล้วก็ใช้อัลกอลิธึมในการติดตามลายเส้นเพื่อกำจัดเส้นกิ่งต่อไป โดยมีแม่แบบของจุดปลายดังนี้



กรณีที่ 1 กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 กรณีที่ 4



กรณีที่ 5 กรณีที่ 6 กรณีที่ 7 กรณีที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนสีขาว

แทนสีดำ

แทนจุดศูนย์กลางแม่แบบที่เป็นสีดำ

รูปที่ 3.20 แสดงแม่แบบ ที่แสดงถึงจุดปลายรวมทั้งสิ้น 8 กรณี

จากรูปที่ 3.20ในแต่ละกรณี สามารถหาค่า Nc^4, Nc^8, $Nc^{4'}$ และ $Nc^{8'}$ ได้จากสมการที่ 3.6, 3.7, 3.8 และ 3.9 ได้ดังค่าตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าโทโปโลยี ที่หาได้จากแต่ละกรณีในรูปที่ 3.20

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

จากตารางที่ 3.4 นำมาเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของแต่ล่ะกรณีในภาพที่ 3.20

จุดปลาย = (Nc^4=1 and $Nc^{4'}$=0) or ($Nc^{4'}$=1 and Nc^4=0) .....(3.12)

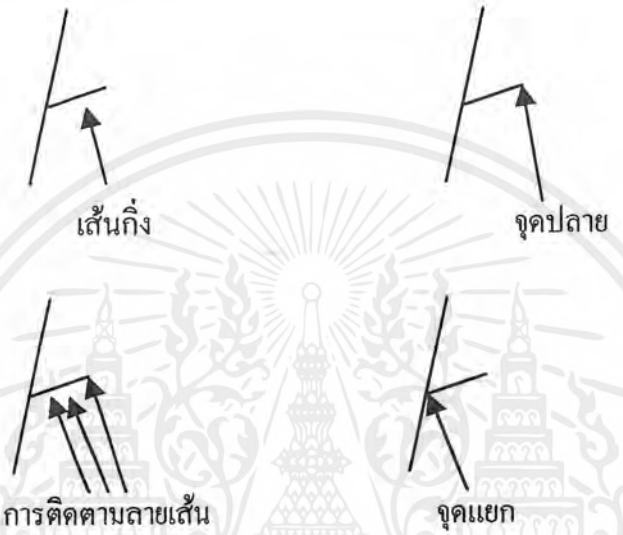
3.6.4 ขั้นตอนวิธีในการติดตามลายเส้นกิ่ง

ในการกำจัดเส้นกิ่งนี้ จะใช้บุคคลเป็นผู้กำหนดพื้นที่ของบริเวณที่เกิดเส้นกิ่ง จะใช้วิธีติดตามลายเส้น โดยการติดตามลายเส้นนี้ เริ่มแรกจะทำการสแกนหาจุดปลายให้ได้ก่อน โดยให้ตำแหน่ง X_0 อยู่ที่ตำแหน่งโคออร์ดิเนตของจุดปลายที่หาได้ จากนั้นจึงหาจุดถัดไปที่อยู่บนวินโดว์ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกซ์ 3*3 ในทิศทวนเข็มนาฬิกา จะทำการตรวจสอบจนกว่าจะพบจุดแยก จึงจะสิ้นสุดการติดตามลายเส้น สามารถเขียนเป็นขั้นตอนคร่าว ๆ ได้ดังนี้

1. ใช้บุคคลเป็นผู้กำหนดของพื้นที่บริเวณที่เกิดเส้นกิ่ง
2. สแกนหาจุดปลายในภาพ
3. ตั้งค่าโคออร์ดิเนตของจุดปลาย เป็นค่า X_0 ที่อยู่ในวินโดว์ขนาด 3*3 ทำการหาตำแหน่งจุดถัดไปที่ใช้อ้างอิงในการติดตามลายเส้น ตามรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะการติดตามลายเส้น

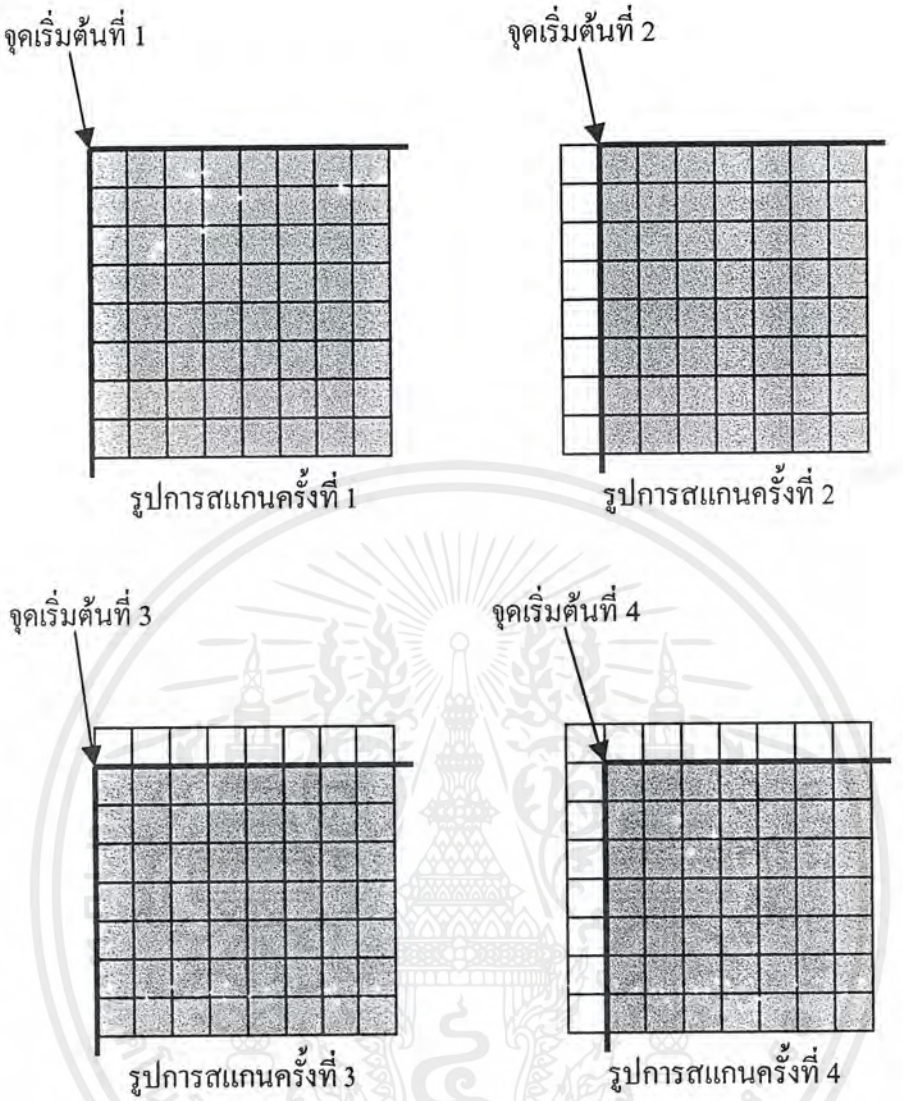
4. ตั้งค่าจุดถัดไปให้เป็น X_0 ในวินโดว์ขนาด 3*3 เพื่อหาจุดถัดไปเพื่อทำการติดตามลายเส้นไปเรื่อย ๆ
5. กลับไปทำตามข้อ 3 ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบจุดแยก
6. ลบจุดปลายและจุดทุก ๆ จุดภาพที่อยู่ระหว่างจุดปลายและจุดแยกที่ได้ตามการกระทำตามขั้นตอนที่ 2-6

3.7 ขั้นตอนการตรวจหาจุดศูนย์กลางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

3.7.1 การหาจุดศูนย์กลาง

จุดศูนย์กลางเป็นจุดที่มีความโค้งมากที่สุด ในที่นี้จะสแกนด้วยวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 10*10 โดยสแกนไล่จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างจนครบทั้งภาพทั้งหมด 4 ครั้ง ในแต่ละครั้ง จะมีจุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันดังรูปที่ 3.22

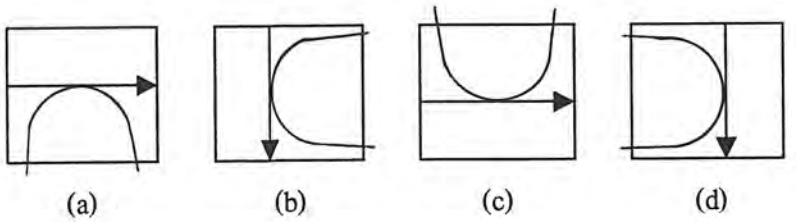
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



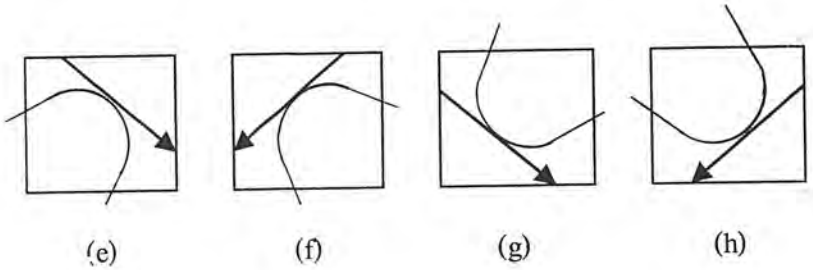
รูปที่ 3.22 แสดงการสแกนหาจุดศูนย์กลาง

3.7.2 ลักษณะของจุดศูนย์กลาง

ในวินโดว์ขนาดเมตริก 10*10 จะมีลักษณะการเกิดของจุดศูนย์อยู่ทั้งหมด 8 แบบด้วยกัน คือ



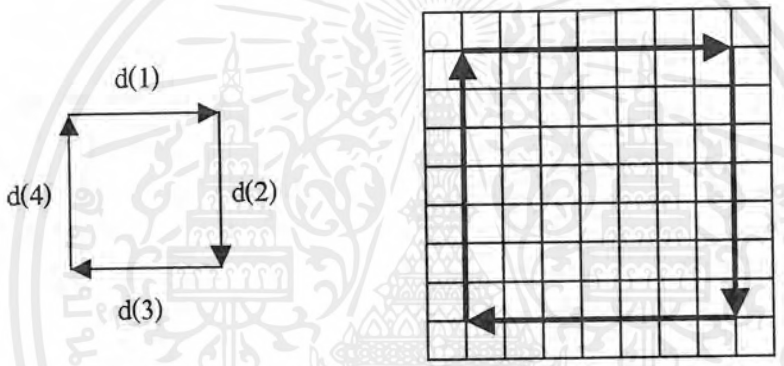
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะการเกิดจุดศูนย์กลาง

3.7.3 การตรวจหาจุดศูนย์กลาง

มีทิศทางการหาทั้งหมด 4 ทิศทางด้วยกันและทิศทางการตรวจสอบมีทิศทางตามลูกศร



รูปที่ 3.24 แสดงทิศทางการตรวจหาจุดศูนย์กลาง

3.7.4 ตรวจสอบจุดศูนย์กลาง

แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนใหญ่ตามการสแกนของวินโดว์ขนาดเมตริกซ์ ใช้10*10 ขนาดเมตริกซ์

ขั้นที่ 1ใช้10*10 ใช้วินโดว์ขนาดเมตริกซ์ 10*10 สแกนโดยมีจุดเริ่มต้นที่ 1

1.1 หาค่าของ d(1) โดยค่าของ d(1) จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1

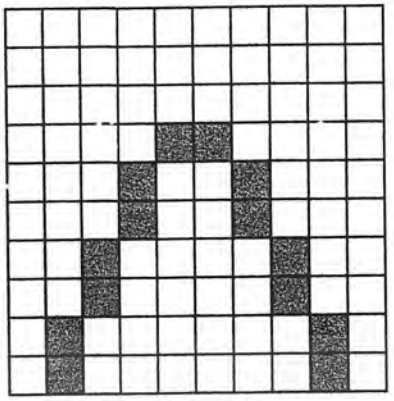
1.2 หาค่าของ d(2) โดยค่าของ d(2) จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1

1.3 หาค่าของ d(3) โดยค่าของ d(3) จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1

1.4 หาค่าของ d(4) โดยค่าของ d(4) จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1

ขั้นที่ 2, 3, และ 4 กระทำเหมือนขั้นตอนที่ 1 เพียงแต่เปลี่ยนจุดเริ่มต้นไปตำแหน่งที่ 2, 3, และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปจะได้ d(1)=0, d(2)=0, d(3)=2, d(4)=0

รูปที่ 3.25 แสดงตัวอย่างลักษณะของจุดศูนย์กลาง

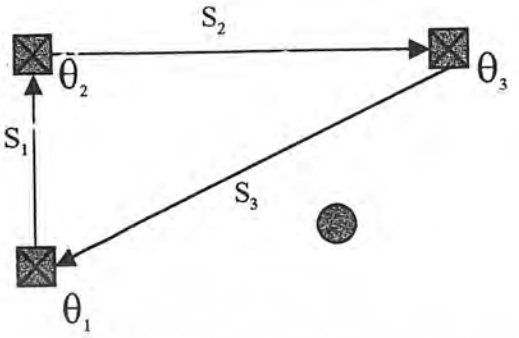
ตารางที่ 3.5 แสดงเงื่อนไขการเป็นจุดศูนย์กลาง

รูป/ทิศทาง	d(1)	d(2)	d(3)	d(4)
a	0	0	2	0
b	0	2	0	0
c	2	0	0	0
d	0	0	0	2
e	0	0	1	1
f	0	1	1	0
g	1	1	0	0
h	1	0	0	1

3.8 การจดจำลายนิ้วมือ

เป็นการเปรียบเทียบลายนิ้วมือที่อ่านเข้ามา กับข้อมูลที่ได้เก็บไว้แล้ว ว่ามีในฐานข้อมูลหรือไม่ และเป็นของผู้ใด ในการตรวจสอบในที่นี้อาศัย ระยะห่างของจุดแยก ที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางจำนวน 3 จุด และอาศัยทิศทางของจุดแยกเหล่านั้นมาใช้ในการตรวจสอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แทนตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง

แทนตำแหน่งของจุดแยก

θ แทนมุมของจุดแยก 2 จุด

S แทนระยะห่างของจุดแยก 2 จุด

รูปที่ 3.26 แสดงทิศทางการเปรียบเทียบ

3.8.1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

3.8.1.1 หาตำแหน่งจุดแยกของลายนิ้วมือทั้งหมดในรูปภาพ

3.8.1.2 หาตำแหน่งของจุดศูนย์ เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง

3.8.1.3 ทำการเปรียบเทียบระยะห่างของจุดแยกต่าง ๆ กับจุดศูนย์กลาง เพื่อหาจุดแยกที่อยู่ใกล้จุดศูนย์ จำนวน 3 จุด

3.8.1.4 หาระยะระหว่างจุดแยก ของจุดแยก 3 จุด ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.8.1.3

3.8.1.5 หาทิศทางระหว่างจุดแยก ของจุด 3 จุด ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.8.1.3

3.8.1.6 นำระยะห่างและทิศทางมาทำการเปรียบเทียบ กับฐานข้อมูลที่ได้เก็บระยะห่างและทิศทางไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โปรแกรมการทำงาน

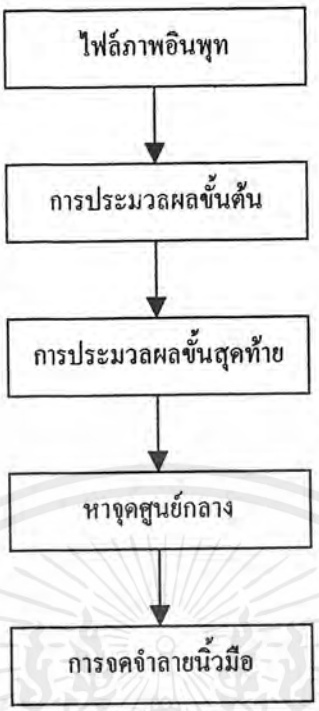
4.1 การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมนี้จะเริ่มต้นเมื่อผู้ใช้ทำการสแกนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ต้องการและเก็บเป็นไฟล์ภาพที่มีนามสกุล .raw จากนั้นนำภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งเป็นการปรับแต่งภาพให้สมบูรณ์ที่สุด ก่อนที่จะนำภาพที่ผ่านกระบวนการนี้แล้วไปประมวลผลต่อ กระบวนการเบื้องต้นนี้จะประกอบไปด้วย การกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งในโปรแกรมการทำงานนี้ใช้หลักการ การหาค่ากลาง(median filtering) จากนั้นนำภาพที่ผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณนี้มาผ่านกระบวนการ การทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ เนื่องจากรูปภาพขาวดำ (binary image)จะสะดวกในการวิเคราะห์มากกว่ารูปภาพระดับเทา(grew scale image) ในที่นี้จะใช้หลักการ การหาค่าขีดเปลี่ยนระดับสีเทาของภาพ(thresholding) จากนั้นนำภาพที่ผ่านกระบวนการทำภาพให้เป็นภาพขาวดำมาผ่านกระบวนการ การทำลายเส้นให้บาง(thinning) เพื่อเป็นการลดทอนขนาดของข้อมูล และช่วยในการประหยัดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยในการประมวลผลให้เร็วขึ้น จากนั้นนำภาพที่ได้จากกระบวนการทำลายเส้นให้บางมาผ่านกระบวนการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง หลังจากทำการประมวลผลต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วจึงสามารถนำไฟล์ข้อมูลของลายนิ้วมือนี้ไปทำการหาลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลหรือตรวจเทียบ

4.2 โฟล์ชาร์ตและบล็อคไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมมีโฟล์ชาร์ตและบล็อคไดอะแกรมการทำงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

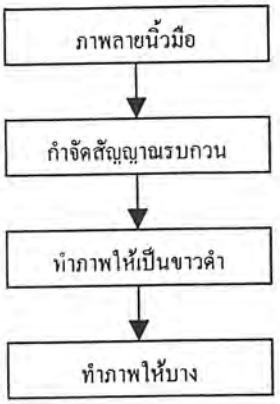


รูปที่ 4.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

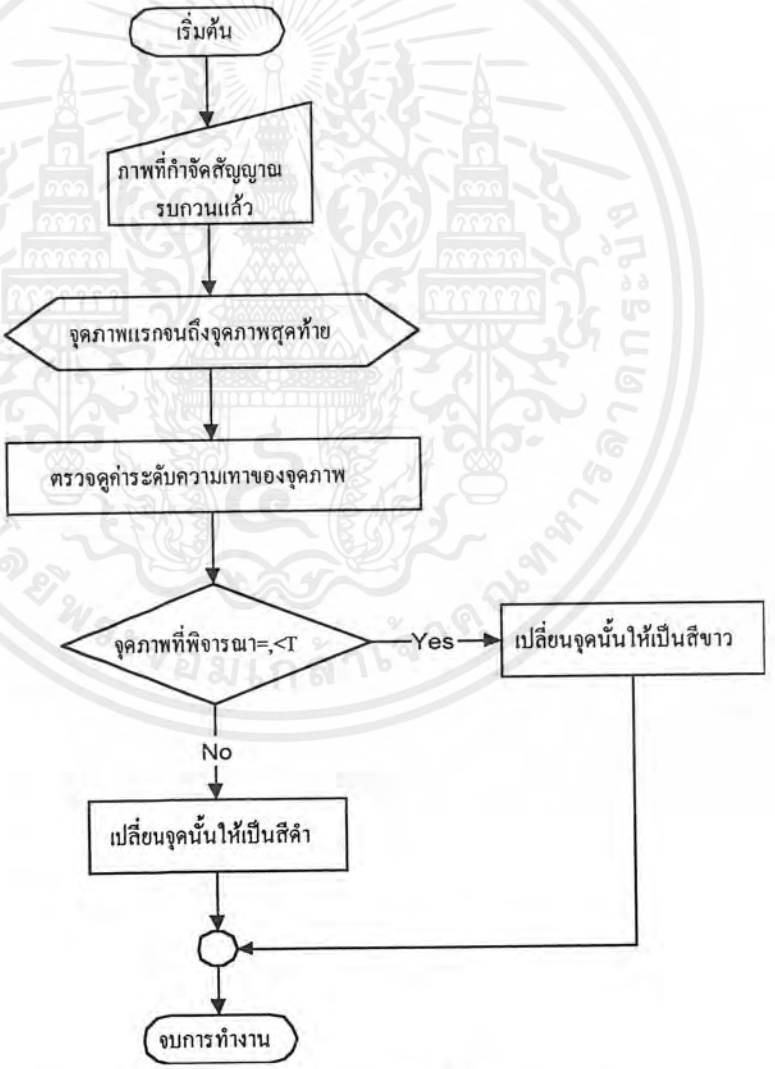
4.2.1 การประมวลผลภาพขั้นต้น

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการประมวลผลเพื่อเป็นการปรับแต่งภาพให้สมบูรณ์ที่สุด ก่อนที่จะนำภาพเหล่านั้นไปประมวลผลต่อ โดยมีการนำข้อมูลไปผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนภายที่ปนมากับสัญญาณภาพโดยใช้วิธีการหลักการ การหาค่ากลาง(median filtering) ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว จะถูกนำไปผ่านกระบวนการแปลงภาพให้เป็น 2 ระดับหรือกำหนดให้ชัดเจนว่าเป็นสีขาวดำ หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านกระบวนการ การทำลายเส้นให้บาง(thinning) จะเป็นการลดทอนขนาดของข้อมูล และช่วยประหยัดหน่วยความจำ ทั้งยังช่วยในการประมวลผลให้เร็วขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

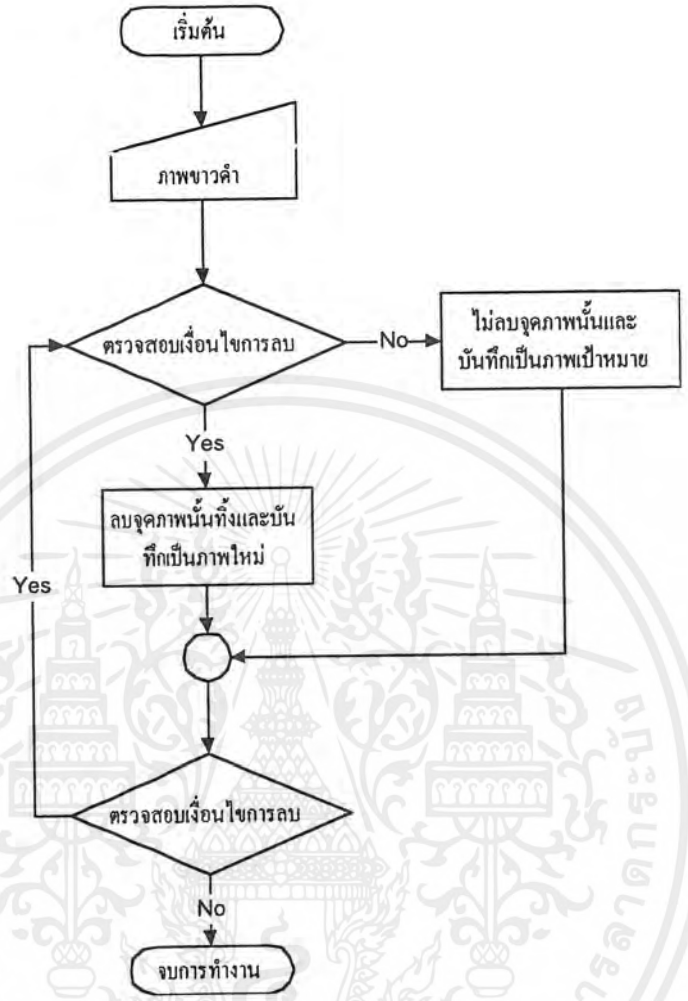


รูปที่ 4.2 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลเบื้องต้น



รูปที่ 4.3 โฟล์ชาร์ตกระบวนการทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

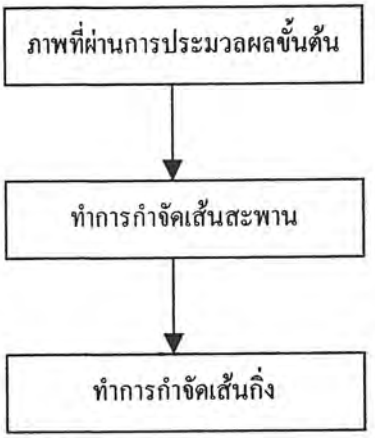


รูปที่ 4.4 โฟล์ชาร์ตกระบวนการทำภาพให้บาง

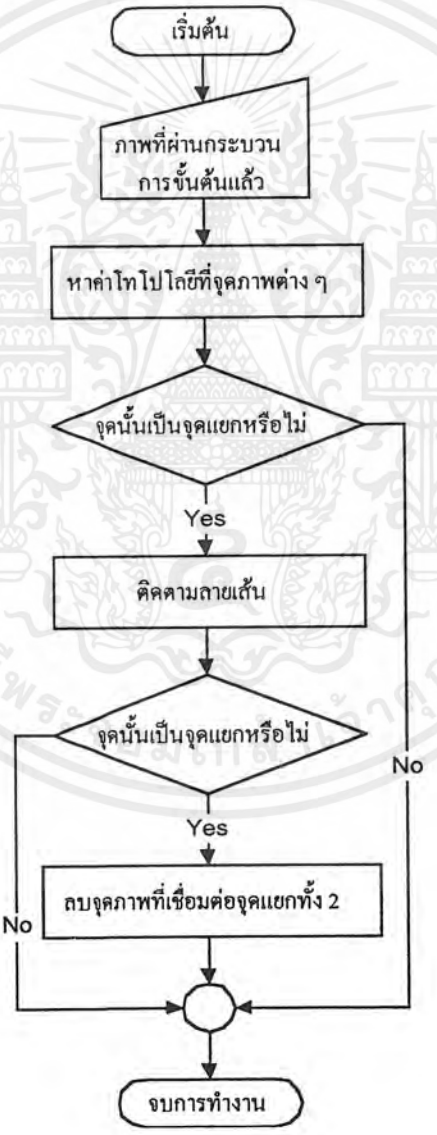
4.2.2 การประมวลผลขั้นสุดท้าย

เริ่มจากกระบวนการประมวลผลเพื่อแก้ไขปรับปรุงข้อมูลให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยผ่านกระบวนการกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่งที่เกิดจากการทำลายเส้นให้บาง หลังจากผ่านกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ภาพที่ได้จะมีความสวยงามและยังคงรักษาคุณสมบัติเดิมของภาพต้นฉบับเอาไว้ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการเก็บคุณลักษณะจำเพาะของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

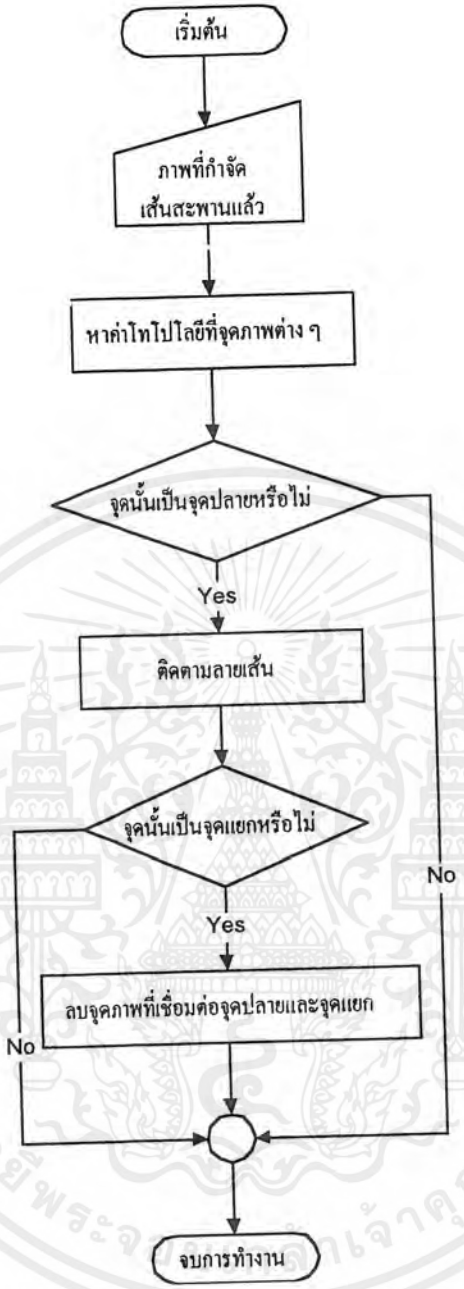


รูปที่ 4.5 บล็อคไดอะแกรมการประมวลผลขั้นสุดท้าย



รูปที่ 4.6 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นสะพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

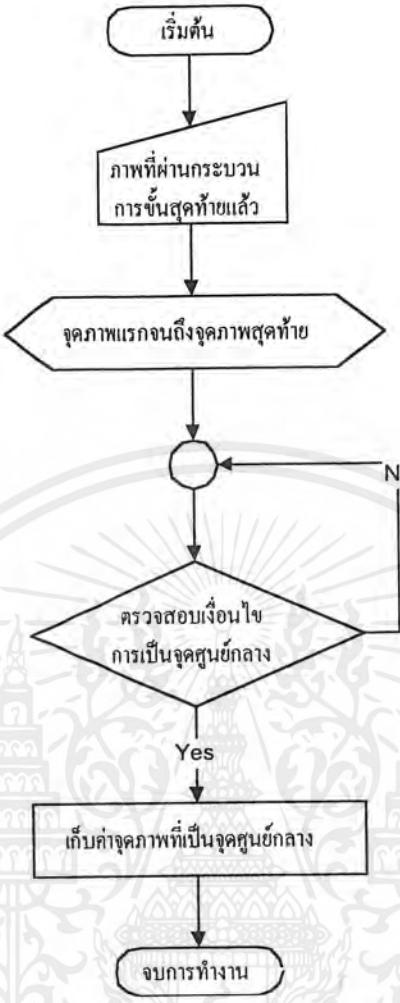


รูปที่ 4.7 โฟล์ชาร์ตการกำจัดเส้นกิ่ง

4.2.3 การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ในขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางนี้ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะนำจุดศูนย์กลางที่ได้มาเป็นจุดอ้างอิง ในกระบวนการตรวจเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นกระบวนการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

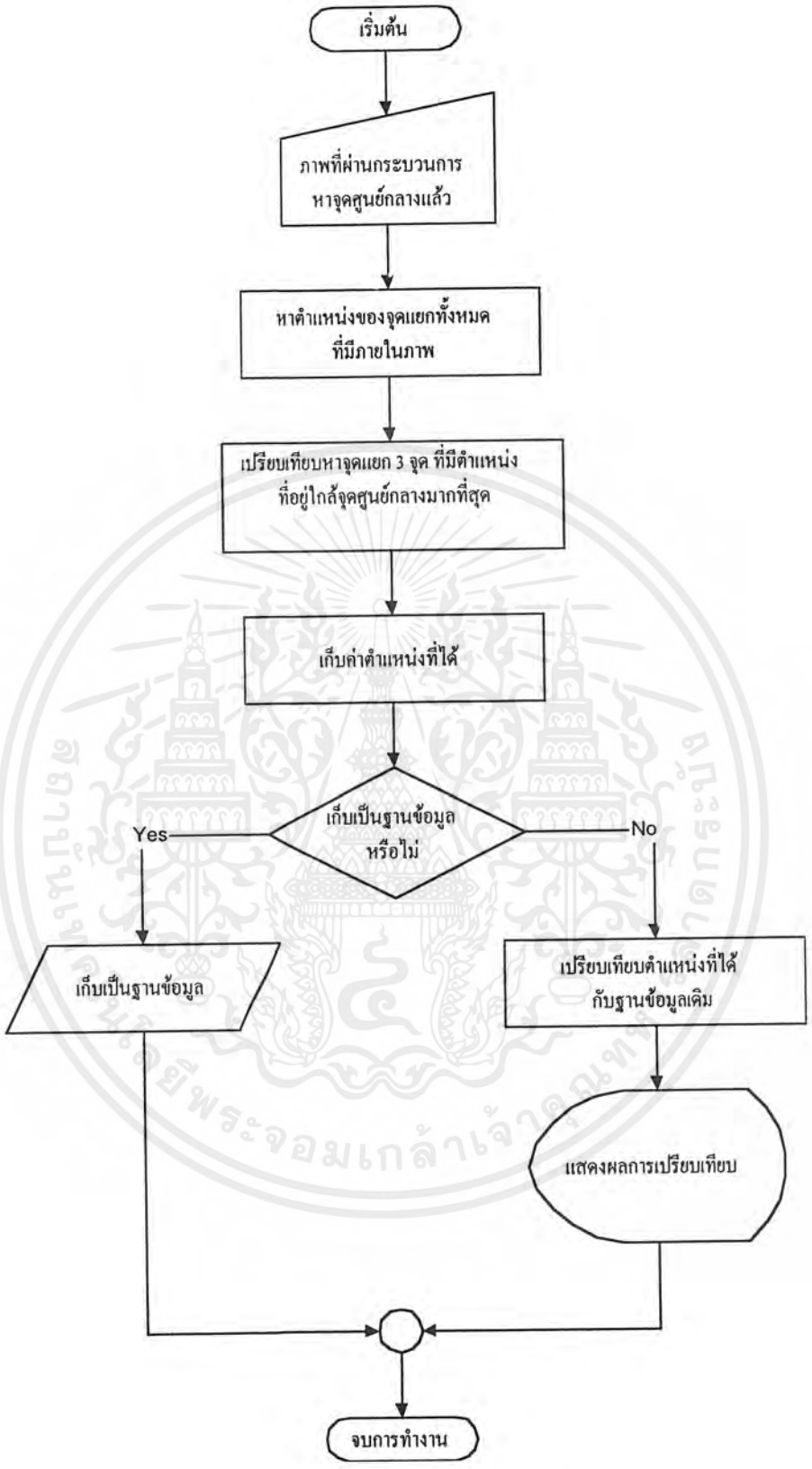


รูปที่ 4.8 โฟล์ชาร์ตการตรวจหาจุดศูนย์กลาง

4.2.4 การจดจำลายนิ้วมือ

เป็นการเปรียบเทียบลายนิ้วมือที่เข้ามาทาง อินพุทของกระบวนการและทำการเก็บลักษณะเด่นของลายนิ้วมือนั้น ๆ ไว้ใช้ในการเปรียบเทียบ การจดจำในที่นี้ใช้หลักการ จดจำจุดแยกที่ใกล้กับจุดศูนย์กลาง จำนวน 3 จุด อาศัยจุดแยกนี้ในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 โฟล์ชาร์ตกระบวนการจดจำลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองของขั้นตอนต่าง ๆ ในโปรแกรมการทำงานโดยแยกออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ได้จากการสแกนภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่พิมพ์ลงบนกระดาษขาว และทำการเก็บเป็นไฟล์ภาพที่มีนามสกุล .raw จากนั้นทำการตัดภาพ โดยในโครงงานนี้ใช้โปรแกรม Photoshop ในการตัดภาพ โดยภาพที่ใช้มีขนาดเท่ากับ 130×130 pixels การตัดภาพจะสังเกตให้บริเวณกึ่งกลางของลายนิ้วมืออยู่ตรงกลางภาพ

(a) (b)

รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการตัดภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ (a) มัดหวายปัดซ้าย (b) ก้นหอยธรรมดา

5.2 การทำภาพให้เรียบ

การทำภาพให้เรียบเป็นการกำจัดสัญญาณรบกวน ที่ปะปนมากับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยในโครงงานนี้ใช้วิธีหาค่ากลาง(median filter)

(a) (b)

รูปที่ 5.3 แสดงภาพพมพ์ลายนิ้วมือ (a) ก่อนการทำให้เรียบ (b) ทำการกำจัด noise แล้ว

5.3 การทำภาพให้เป็นภาพขาวดำ

เนื่องจากภาพอินพุทส่วนมากที่ได้มาเป็นภาพระดับเทา ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนภาพเหล่านั้นให้เป็นภาพขาวดำ เพื่อที่เป็นการง่ายในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทำเส้นให้บาง

จากการทำเส้นให้บางตามกระบวนการของ Zhang and Suen จะได้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นเส้นบาง ดังแสดงในรูปที่ 5.4

(a) มัดหวายปัดขวา

(b) ก้นหอยธรรมดา

(c) กลุ่มซับซ้อน

รูปที่ 5.4 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือตัวอย่าง ก่อนและหลังผ่านการทำเส้นให้บาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

หลังจากภาพผ่านขั้นตอนการทำเส้นให้บางแล้ว จะเกิดเส้นสะพานหรือเส้นกิ่งขึ้นในภาพด้วย ซึ่งเส้นสะพานและเส้นกิ่งที่ว่านี้ไม่มีความจำเป็นในการประมวลผลดังนั้นจึงต้องกำจัดทิ้ง

(a) มัดหวายปัดซ้าย

(b) ก้นหอยธรรมดา

(c) กลุ่มซับซ้อน

รูปที่ 5.5 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ก่อนและหลังผ่านขั้นตอนกำจัดเส้นสะพานและเส้นกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

จากรูปจะทำสัญลักษณ์ตรงที่เป็นจุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือ เนื่องจากเวลาแสดงผลทางจอภาพจะสามารถเห็นได้ชัดเจน

(a) มัดหวายปัดซ้าย

(b) ก้นหอยธรรมดา

(c) แบบซับซ้อน

รูปที่ 5.6 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ก่อนและหลังผ่านขั้นตอนหาจุดศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การตรวจสอบหาลักษณะเด่น

ลักษณะเด่นในโครงงานนี้ หมายถึงจุดแยก โดยจะทำการตรวจสอบหาตำแหน่งจุดแยก และทำสัญลักษณ์เพื่อแสดงผลทางจอภาพ

(a) มัดหวายปัดซ้าย

(b) ก้นหอยธรรมดา

(c) แบบซับซ้อน

รูปที่ 5.7 แสดงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ก่อนและหลังผ่านขั้นตอนการหาลักษณะเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 การจดจำลายนิ้วมือ

การจดจำลายนิ้วมือ เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบข้อมูลที่ต้องการกับฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้ว หรือเป็นการบันทึกข้อมูลที่ต้องการเก็บเป็นฐานข้อมูล

5.8.1 ฟังก์ชันและการใช้งานในโปรแกรม

Create data คือการประมวลผลข้อมูลที่ต้องการก่อนที่จะเลือกว่าจะนำข้อมูลนั้นมาทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่หรือจะเก็บเป็นฐานข้อมูลเพิ่มเติม

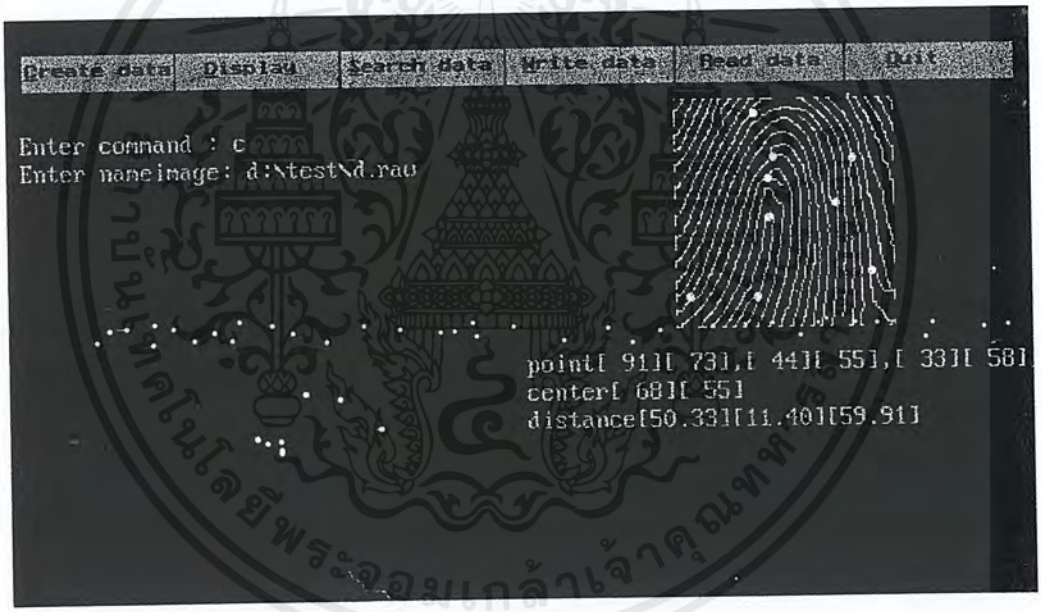
Display คือการแสดงผลของข้อมูลที่ถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลทั้งหมด

Search data คือการนำข้อมูลที่ต้องการมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล

Write data คือการเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูล

Read data คือการอ่านข้อมูลออกมาจากฐานข้อมูลที่ได้เก็บไว้ก่อนแล้ว

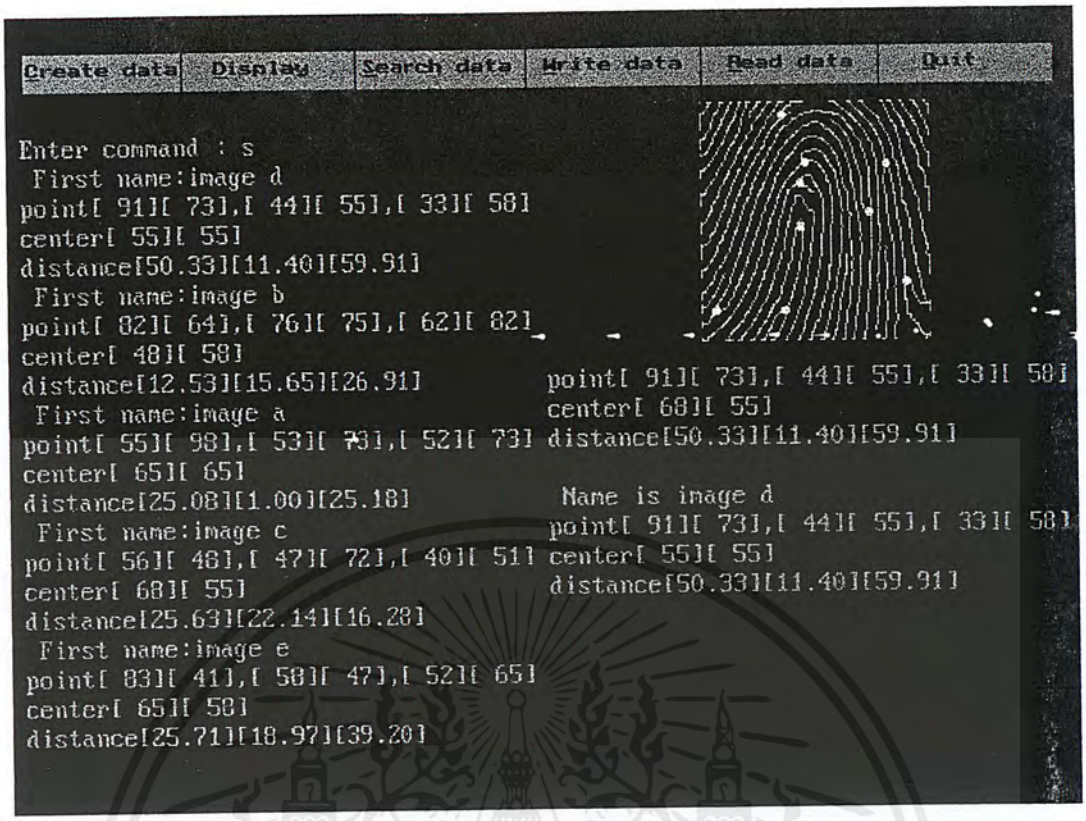
Quit คือการออกจากโปรแกรมการทำงาน



รูปที่ 5.8 แสดงการประมวลผลของโปรแกรม

จากรูปที่ 5.8 แสดงการหาจุดศูนย์กลางและจุดแยก ข้อมูลที่อยู่ด้านล่างของภาพลายนิ้วมือแสดงตำแหน่งของจุด 3 จุด ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง ,ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง และระยะห่างระหว่างจุด 3 จุดที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบ

จากรูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือกับฐานข้อมูล ทางด้านซ้ายแสดงข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ทางด้านขวาแสดงผลการเปรียบเทียบที่ได้กับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Aristotle University of Thessalomiki , pp. 9-14, 118-134, 331-337
2. Se Hyun Park, Sang Kyoon Kim and Hang Joon Kim," A Fully Parallel Thinning Algorithm using a weighted Template" , IEE TENCON Digital Singnal Processing Applications, pp. 300-303,1996
3. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์, "การจดจำลายนิ้วมือโดยวิธีเข้าถึงระบบทรี", โครงการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , หน้าที่ 14-18, 26-30
4. เอกรัตน์ จุลวรรณ์, "การประเมินผลของขั้นต้นวิธีการทำลายเส้นให้บางเพื่อนำไปใช้กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ", สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2541, หน้าที่ 35-40, 71-84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้