การรู้จำลายนิ้วมือโดยวิธีการจับคู่ลักษณะเด่น

FINGERPRINT RECOGNITION USING MINUTIAE MATCHING

นายธีธัช มังกรเพ็ชร์ รหัส 43370436

นายธีระยุทธ มาลัยบุตร รหัส 43370444

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 9 ส.ค. 2547
เลขทะเบียน 4700196
เลขเรียกหนังสือ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

โ 50669 ต.2
ฝร.
ต 619ก
2546

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2546

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	การรู้จำลายนิ้วมือโดยวิธีการจับคู่ลักษณะเด่น
ผู้ดำเนินโครงงาน	นาย ธีธัช มังกรเพ็ชร์ รหัส 43370436
	นาย ธีระยุทธ มาลัยบุตร รหัส 43370444
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ศิริพร เดชะศิลารักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2546

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

.....กรรมการ
(ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)

หัวข้อโครงงาน	การรู้จำลายนิ้วมือโดยวิธีการจับคู่ลักษณะเด่น
ผู้ดำเนินโครงงาน	นาย ธีธัช มังกรเพ็ชร์ รหัส 43370436
	นาย ธีระยุทธ มาลัยบุตร รหัส 43370444
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ศิริพร เดชะศิลารักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2546

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการรู้จำและการตรวจสอบลายนิ้วมือ ซึ่งในปัจจุบันการตรวจสอบลายนิ้วมือมีบทบาทมากขึ้น ในการแยกลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพราะเมื่อเวลาผ่านไปหน้าตาเปลี่ยนไป อายุมากขึ้น แต่ลายนิ้วมือจะคงทนไม่เปลี่ยนแปลง

โครงงานนี้ได้ทำการตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนคือ การประมวลผลภาพก่อน การแยกลักษณะเด่น และการจับคู่เปรียบเทียบ โครงงานเป็นพื้นฐานการประยุกต์ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย

Project Title	Fingerprint Recognition Using Minutiae Matching
Name	Mr. Theethut Mungronpet ID. 43370436
	Mr. Teerayut Malaibut ID. 43370444
Project Advisor	Miss Siriporn Dachasilaruk
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2003

.....

ABSTRACT

This project is study of the fingerprint recognition. Recently, fingerprint recognition has an important role to unique identification of people. The fingerprint of an individual is unique and remain unchanged over a lifetime.

The primary aim of this project is to implement three step for the fingerprint recognition. Preprocessing, Minutiae extraction and Matching. This project can apply to security system.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำเร็จได้ด้วยดีก็เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือ ท่านอาจารย์ ศิริพร เดชะศิลารักษ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำและเอาใจใส่เป็นอย่างดีระหว่างการดำเนินโครงงาน อีกทั้งยังตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น และ ท่านอาจารย์ พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน ที่กรุณารับเป็นกรรมการตรวจสอบโครงงานและให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขโครงงานทำให้โครงงานนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในโอกาสนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

นาย ธีธัช มังกรเพ็ชร์
นาย ธีระยุทธ มาลัยบุตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 งบประมาณที่ใช้ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 ลักษณะต่างๆของลายนิ้วมือ 5

2.2 การประมวลผลภาพ 6

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การกรองข้อมูลภาพ 20

3.2 การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น 21

3.3 การทำไดนามิคเทรสโฮลด์ 22

3.4 การทำลายเส้นให้บาง 23

3.5 การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ 24

3.6 การตรวจสอบลายนิ้วมือ 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ภาพลายนิ้วมือต้นแบบ 26

4.2 ผลการกรองข้อมูล 27

4.3 ผลการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น 28

4.4 ผลการทำไดนามิคเทรสโฮลด์ 29

4.5 ผลการทำลายเส้นให้บาง 30

4.6 การหาลักษณะเด่น 31

4.7 ผลการตรวจสอบลายนิ้วมือ 32

บทที่ 5 สรุปผลและวิเคราะห์ผล

5.1 สรุปผล 35

5.2 ข้อเสนอแนะ 35

5.3 ปัญหาที่พบ 36

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก 38

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 52

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 3

4.1 ตารางค่าความเหมือน 34

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปลายนิ้วมือแบบโค้งราบ 6
2.2 รูปลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม 7
2.3 รูปลายนิ้วมือแบบมัดหมาย 8
2.4 รูปลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา 9
2.5 รูปลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง 10
2.6 รูปลายนิ้วมือแบบก้นหอยมัดหวายแฝด 10
2.7 รูปลายนิ้วมือแบบมัดหวายแฝด 11
2.8 รูปลายนิ้วมือแบบก้นหอยสลับซับซ้อน 11
2.9 รูปการหาค่ามัธยฐาน 13
2.10 ลักษณะของข้อมูลที่เป็นขั้นตอนการทำลายเส้นให้บาง 15
2.11 รูปขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางในสมการที่2.4 15
2.12 รูปขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางในสมการที่2.5 16
2.13 ตัวอย่างลักษณะเด่นจุดแยกและจุดปลาย 16
2.14 รูปวินโดว์ 3x3 สำหรับการหาลักษณะเด่น 17
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการรู้จำลายนิ้วมือ 19
3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการกรองข้อมูลภาพ 20
3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของฮิสโตรแกรมอิควอไลเซชั่น 21
3.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของไดนามิคเทรสโฮลด์ 22
3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการทำลายเส้นให้บาง 23
3.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการหาลักษณะเด่น 24
3.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการตรวจสอบลายนิ้วมือ 25
4.1 รูปแสดงภาพลายนิ้วมือในลักษณะต่างๆ 26
4.2 รูปภาพที่ผ่านการกรองข้อมูล 27
4.3 รูปผลการทำฮิสโตรแกรมอิควอไลเซชั่นเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ 28
4.4 รูปผลการทำไดนามิคเทรสโฮลด์ เปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ 29
4.5 ผลการทำลายเส้นให้บางเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ 30
4.6 ผลการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ 31
4.7 รูปข้อมูลที่เลื่อนไปทางขวา 32

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันจำนวนประชากรของประเทศมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศชาติ โดยเฉพาะปัญหาด้านอาชญากรรม เพื่อให้เกิดความสะดวกและความปลอดภัยมากขึ้น จึงมีการคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เช่น รหัสผ่าน ลายเซ็นดิจิทัล การตรวจสอบลายนิ้วมือ เลนส์ตาเพื่อจำแนกบุคคล เป็นต้น การตรวจสอบลายนิ้วมือเป็นกระบวนการหนึ่งที่ตำรวจนำมาใช้เพื่อหาผู้ต้องสงสัยหรือผู้กระทำผิดมาลงโทษ โดยนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ทางเจ้าหน้าที่ได้รวบรวมไว้ ซึ่งแต่เดิมการตรวจสอบล่าช้า แต่ในปัจจุบันได้นำวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ เพื่อลดภาระของเจ้าหน้าที่ที่ทำการตรวจพิสูจน์ โดยเจ้าหน้าที่จะเหลืองานในขั้นตอนสุดท้ายคือการตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือที่คอมพิวเตอร์เลือกให้ ทำให้การตรวจพิสูจน์ทำได้เร็วมากขึ้น นอกจากนี้การตรวจสอบลายนิ้วมือสามารถนำไปใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยหรือด้านอื่นๆ เช่น ระบบค้นหาประวัติบุคคลหรืออาชญากร งานธนาคาร ระบบรักษาความปลอดภัยในอาคาร ระบบงานทะเบียนประชาชน เป็นต้น

สำหรับโครงงานนี้ได้มุ่งเน้นพัฒนาอัลกอริทึมในการตรวจสอบลายนิ้วมือ ว่าลายนิ้วมือที่ต้องการพิสูจน์เป็นของบุคคลใด โดยการทำงานของอัลกอริทึมสามารถแยกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. การประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing) เป็นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากภาพที่นำมาทำการประมวลผลเป็นภาพที่คุณภาพต่ำ จะทำให้กระบวนการตรวจสอบมีข้อผิดพลาดได้ง่าย จึงต้องมีการปรับปรุงภาพ เพื่อให้ภาพมีความชัดเจนและทำให้การดำเนินงานในขั้นต่อไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. การแยกลักษณะของภาพลายนิ้วมือ (Feature Extraction) การทำเส้นลายนิ้วมือให้บาง และการต่อลายเส้นให้สมบูรณ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริง เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์
3. การตรวจสอบ (Matching) โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลลายนิ้วมือที่ได้รวบรวมไว้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและหาอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing)
2. การแยกลักษณะของภาพลายนิ้วมือ (Feature Extraction) และการตรวจสอบลายนิ้วมือ(Matching)
3. เพื่อนำไปประยุกต์กับงานด้านอื่นๆ เช่น ระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้แทนกุญแจหรือบัตรผ่าน งานทะเบียนประชากร เป็นต้น

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing)
2. การแยกลักษณะของภาพลายนิ้วมือ (Feature Extraction)
3. เปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยวิธีการต่างๆ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4 กิจกรรมการดำเนินการ

กิจกรรม	ปี 2545		ปี 2546									
	พ.ย.	ธ.ค.	เม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.รวบรวมข้อมูลลายนิ้วมือต่างๆและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←		→									
2.ศึกษาวิธีการประมวลผลภาพก่อนและเขียนโปรแกรมการประมวลผลภาพก่อน			→		→							
3.ศึกษาวิธีการแยกลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือและเขียนโปรแกรมการแยกลักษณะของภาพลายนิ้วมือ					←		→					
4.ศึกษาการตรวจสอบลายนิ้วมือและเขียนโปรแกรมการตรวจสอบลายนิ้วมือ							←		→			
5.ทดสอบการใช้งานโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือ									←		→	
6.จัดทำรายงานและสรุปผล											←	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบลายพิมพ์นิ้วมือมากขึ้น
2. สามารถนำไปประยุกต์กับระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆได้
3. สามารถประยุกต์กับหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น งานด้านการแพทย์ งานทะเบียน เป็นต้น

1.6 งบประมาณ

1.	ค่าจ้างถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม	1000 บาท
2.	ค่าหนังสือวิธีการใช้ MATLAB	500 บาท
3.	ค่าจ้างพิมพ์เอกสารพร้อมแก้ไขสองครั้ง	500 บาท
	รวมทั้งสิ้น	2000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

บทที่2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะต่าง ๆ ของลายนิ้วมือ

2.1.1 ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือ [1]

ผิวหนังของลายนิ้วมือมนุษย์นี้ ถ้าพิจารณาดู จะเห็นเป็นรูปลักษณะต่าง ๆ กัน หรือถ้าเอานิ้วมือกดลงบนแท่นซึ่งได้ทาหมึกสีดำเอาไว้ แล้วกดลงบนกระดาษสีขาวก็จะเห็นเป็นรูปร่างลวดลายต่าง ๆ ของนิ้วมือนั้นๆ เป็นเส้นสีขาวบ้าง สีดำบ้างสลับกันไป ลวดลายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้ก็เพราะเหตุว่าบนผิวหนังของนิ้วมือของมนุษย์เรามีเส้นอยู่ 2 ชนิดปนกันอยู่ คือ เส้นนูน (Ridges) และเส้นร่อง (Furrows)

เส้นนูน คือ การเกิดของรอยนูน ซึ่งสูงขึ้นมาพ้นจากผิวหนังส่วนนอกของนิ้วมือ นิ้วเท้า ฝ่ามือ และ ฝ่าเท้า

เส้นร่อง คือ รอยลึกซึ่งอยู่ต่ำลงไปกว่าระดับของเส้นนูน

เส้นนูนเส้นร่องนี้ เมื่อได้กดนิ้วมือลงบนแท่นหมึกและนำไปกดลงบนกระดาษขาวจะเห็นเป็นลวดลายต่าง ๆ โดยเส้นดำและขาวสลับกันไปดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เส้นสีดำ คือ เส้นนูน และเส้นสีขาว คือ เส้นร่องนั่นเอง ที่เป็นเช่นนี้เพราะเหตุว่า เส้นนูนเป็นเส้นที่ติดหมึก ส่วนเส้นร่องนั้นอยู่ลึกลงกว่าระดับของเส้นนูน หมึกไม่สามารถจะติดลงไปได้ถึง จึงทำให้เกิดเป็นลวดลายดังกล่าว

ในการแยกประเภทของลายพิมพ์นิ้วมือ การคำนวณเลขหมาย การนับเส้น การสาวเส้นลายพิมพ์ลายนิ้วมือ ตลอดจนการตรวจสอบ เปรียบเทียบและการเก็บลายพิมพ์นิ้วมือนั้น จะใช้เส้นสีดำ คือเส้นนูนเป็นหลัก เส้นสีขาวหรือเส้นร่องนั้นไม่ใช้เลย รูปลักษณะของเส้นที่ประกอบกันเป็นลายนิ้วมือ ในลายนิ้วมือหนึ่ง ๆ แต่ละนิ้วจะมีเส้นต่าง ๆ ผสมกันอยู่ดังนี้ คือ

เส้นตรงธรรมดา (Ridge)

เส้นโค้ง (Arch Ridge)

เส้นวกกลับ (Return)

เส้นเวียน (Continuous Ridge)

เส้นแตก (Bifucation)

เส้นสั้น ๆ หรือเส้นขาด (Short ridge)

เส้นเกาะ หรือเส้นทะเลสาบ (Enclosure)

2.1.2 ประเภทของลายพิมพ์นิ้วมือ

ลายพิมพ์นิ้วมือนั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทโค้ง (ARCH)

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทโค้งนี้ มีอยู่ในลายนิ้วมือของมนุษย์ประมาณ 5% ในรายวิชาพิมพ์ลายนิ้วมือได้แบ่งประเภทโค้งออกเป็น 2 ชนิด คือ

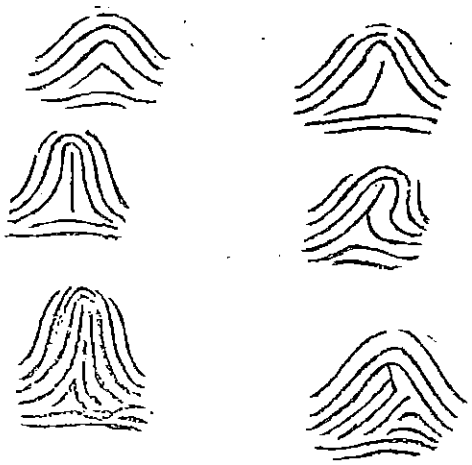
1) โค้งราบ (PLAIN ARCH)

ลายพิมพ์นิ้วมือชนิดโค้งราบนี้ เป็นลายพิมพ์นิ้วมือที่สังเกตได้ง่ายมาก ไม่มีกฎเกณฑ์ที่จะต้องจดจำเหมือนดังลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายที่ได้เรียนมาแล้วในบทก่อน ลายพิมพ์นิ้วมือชนิดโค้งราบ ได้แก่ ลายพิมพ์นิ้วมือที่มีเส้นไหล หรือวิ่ง เข้ามาจากขอบเล็บด้านหนึ่ง แล้วโค้งหรือนูนขึ้นตอนกลางของลายนิ้วมือและไหลหรือวิ่งออกไปยังขอบเล็บอีกด้านหนึ่ง โดยเส้นที่วิ่งหรือไหลนั้นไม่วกกลับเข้ามาอีกเลย หรืออาจจะเป็นเส้นที่ไหลหรือวิ่งเข้ามาอย่างเรียบ ๆ จากขอบเล็บด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งก็ได้ ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือชนิดโค้งราบ

2) โค้งกระโจม (TENTED ARCH)

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทโค้งประโจม คือ ลายนิ้วมือที่ลายเส้นส่วนใหญ่ไหลผ่านเข้าจากด้านหนึ่งและออกไปอีกด้านหนึ่งเช่นเดียวกับโค้งราบ แต่ภายในตอนกลางของลายนิ้วมือมีเส้น ๆ หนึ่ง หรือมากกว่า ไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง แต่พุ่งขึ้นไปด้านบนของลายนิ้วมือหรือมีเส้นหักมุมฉาก หรือเส้น 2 เส้น มาพบกัน ทำให้เกิดเป็นมุมขึ้นประมาณ 90 องศา หรือน้อยกว่า นอกจากนี้ยังมีโค้งกระโจมอีกประเภทหนึ่ง ดังตัวอย่างรูปลายพิมพ์นิ้วมือชนิดโค้งกระโจมรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างรูปลายพิมพ์นิ้วมือชนิดโค้งกระโจม

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวาย (LOOP)

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายนี้ มีลวดลายและรูปร่างเป็นที่สังเกตได้ไม่ยากนัก ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทนี้ มีอยู่ 65% ของลายนิ้วมือมนุษย์เรา ซึ่งนับว่ามีเป็นจำนวนมากกว่าลายพิมพ์นิ้วมือประเภทอื่น ๆ ฉะนั้น จึงมีกฎของการเป็นลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายนี้ เพื่อความสะดวกในการจดจำได้ง่าย ดังนี้ มีสันดอนข้างใดข้างหนึ่ง มีเส้นวกกลับที่สมบูรณ์เห็นได้ชัดเจนอย่างน้อย 1 รูป อยู่หน้าสันดอนนั้น และ เมื่อลากเส้นสมมติจากสันดอนถึงจุดใจกลาง จะต้องตัดสัมผัส หรือผ่านเส้นวกกลับที่สมบูรณ์นั้น และต้องนับเส้นได้อย่างน้อย 1 เส้น โดยเส้นที่นับนั้นจะต้องเป็นเส้นวกกลับที่สมบูรณ์

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายมีอยู่ 2 ชนิด คือ มัดหวาย (ULNAR) หรือมัดหวาย U และมัดหวาย (RADIAL) หรือมัดหวาย R สาเหตุที่ที่ให้เกิดมีมัดหวาย ULNAR และ RADIAL นั้นเนื่องจากธรรมชาติได้สร้างสรรค์ให้เรามีกระดูกเกิดขึ้นที่ปลายแขน 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งอยู่ทางนิ้วก้อยเรียกว่า RADIAL BONE อีกชิ้นหนึ่งอยู่ทางหัวแม่มือ เรียกว่า RADIAL BONE

ดังนั้นในวิชาลายพิมพ์นิ้วมือ จึงได้ตั้งชื่อรูปมัดหวายขึ้นตามชื่อกระดูก 2 ชิ้น ดังได้กล่าวแล้ว โดยถือหลักว่า ถ้าปลายของลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายเอนลาดไปทางนิ้วก้อยของมือนั้น ๆ มัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย ULNAR หรือ U ถ้าปลายของลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายเอนลาดไปทางนิ้วหัวแม่มือของมือนั้น มัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R

การที่จะทราบได้ว่าลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายรูปใดจะเป็น ULNAR หรือ RADIAL (U หรือ R) นั้น ก็โดยดว่ำฝ่ามือลงบนแบบฟอร์มที่ได้พิมพ์ลายนิ้วมือของนิ้วมือนั้น ๆ ไว้ดังนี้

(a)

(b)

รูปที่2.3 ตัวอย่างรูปลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวาย

รูปที่ 2.3(a) นี้ ถ้าเป็นลายพิมพ์มือของมือขวา ก็เป็นมัดหวาย ULNAR หรือ U แต่ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือซ้าย ก็เป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R ดังรูปที่ 2.3(b)

รูปที่ 2.3(b) นี้ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือขวา ก็เป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R แต่ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือซ้าย ก็เป็นมัดหวาย ULNAR หรือ U

ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือขวาก็คว่ำฝ่ามือลงไป ปลายของรูปมัดหวายรูปใดเอนลาดไปทางนิ้วก้อยของมือขวา มัดหวายรูปนั้นก็เป็นมัดหวาย ULNAR หรือ U แต่ถ้าปลายของรูปมัดหวายในมือขวาเอนลาดไปทางนิ้วหัวแม่มือ มัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R

ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือขวา สันดอนของมัดหวายรูปใดอยู่ด้านขวามือของรูปมัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย ULNAR หรือ U เสมอไป แต่ถ้าสันดอนอยู่ด้านขวามือของรูปมัดหวายรูปใดอยู่ด้านซ้ายมือของรูปมัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R ดังรูปที่ 2.3(b)

ถ้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือของมือซ้าย ก็เช่นกันโดยคว่ำฝ่ามือของมือซ้ายลงไป และถือหลักเช่นเดียวกันคือ ถ้าปลายมัดหวายรูปใดเอนลาดไปทางนิ้วก้อยซ้าย มัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย

ULNAR หรือ U และปลายของรูปมัดหวายใดในมือซ้ายเอนลาดไปทางนิ้วหัวแม่มือ มัดหวายรูปนั้นเป็นมัดหวาย RADIAL หรือ R

แต่ในกรณีลายพิมพ์นิ้วมือซ้ายนั้น ต้องใช้ความระมัดระวัง เพราะเหตุว่าแบบฟอร์มสำหรับลายพิมพ์นิ้วมือนั้นสลับกับนิ้วมือของเรา โดยพิมพ์จากนิ้วหัวแม่มือไปหานิ้วก้อย มิใช่จากนิ้วก้อยไปหาหัวแม่มือตามมือซ้ายของเรา ฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดพลาดไปได้ จึงขอให้จำหลักง่าย ๆ ดังคำอธิบาย

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทก้นหอย (WHORL)

ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทก้นหอยนี้ มีรูปลักษณะที่มีกฎเกณฑ์วางไว้เป็นหลักซึ่งจำได้ง่ายและสังเกตได้ง่าย ลายพิมพ์นิ้วมือประเภทนี้มีอยู่ในลายนิ้วมือมนุษย์เราประมาณ 30 % และได้แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

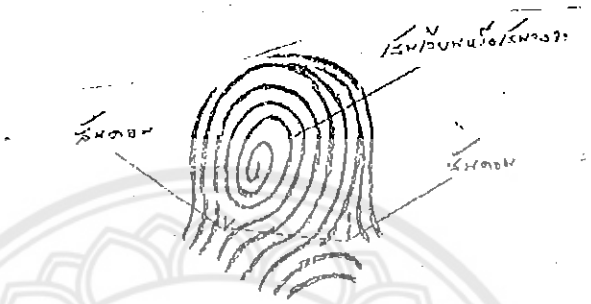
1) ก้นหอยธรรมดา (PLAIN WHORL)

องค์ประกอบมีสันดอน 2 ข้าง หรือ 2 แห่ง มีลายเส้นเป็นรูปวงจร หรือเส้นเวียน ซึ่งอาจจะเหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม เหมือนลานนาฬิกา หรือเหมือนวงกลมลักษณะมน ๆ อยู่หน้าสันดอนทั้ง 2 ข้าง นั้น อย่างน้อย 1 เส้น หรือ 1 วง เมื่อลากเส้นสมมติจากสันดอนข้างหนึ่งไปยังสันดอนอีกข้างหนึ่งแล้ว สมมตินั้นจะต้องตัดสัมผัส หรือผ่านเส้นเวียน หรือเส้นรูปวงจรทั้งสองด้านอย่างน้อย 1 วง หรือ 1 รูป ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือชนิด ก้นหอยธรรมดา

2) <u>ก้นหอยกระเป๋ากลาง</u> (CENTRAL POCKET LOOP)

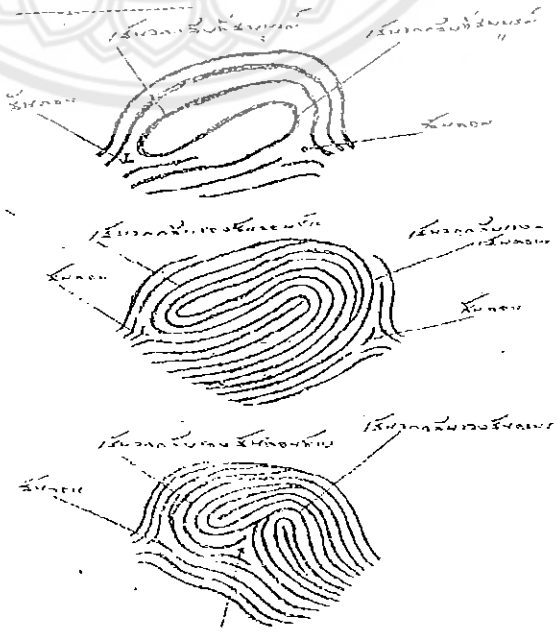
องค์ประกอบมีสันดอน 2 ข้าง หรือ 2 แห่งมีเส้นรูปวงจร หรือเส้นเวียน ซึ่งอาจจะเหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม เหมือนลานนาฬิกาหรือเหมือนวงกลมลักษณะอื่น ๆ ซึ่งอยู่หน้าสันดอนทั้งสองข้างนั้น อย่างน้อย 1 รูป เมื่อลากเส้นสมมติจากสันดอนข้างหนึ่งไปหาสันดอนอีกข้างหนึ่งแล้ว เส้นสมมตินั้นจะไม่ตัดหรือแตะเส้นเวียน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือชนิดก้นหอยกระเป๋ากลาง

3) <u>ก้นหอยมัดหวายแฝด</u> (DOUBLE LOOP)

องค์ประกอบสันดอนสองข้างหรือ 1แห่ง หน้าสันดอนแต่ละแห่งมีเส้นวกกลับที่สมบูรณ์เห็นได้ชัดเจนอย่างน้อยแห่งละ 1 รูป อยู่หน้าสันดอนทั้งสองนั้น มีลักษณะของลายเส้นรูปมัดหวาย 2 รูปแฝดกัน หรือติดกันอยู่ และสามารถแยกรูปออกได้ชัดเจนแต่ไม่จำเป็นจะต้องมีลายเส้นที่จะนับรวมอยู่ด้วยก็ได้ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือชนิดก้นหอยมัดหวายแฝด

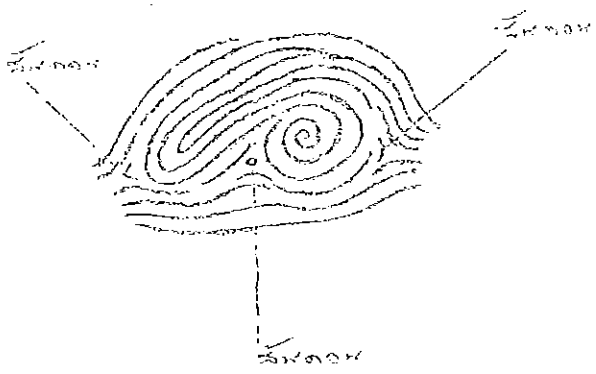
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวาย

รูปลายนิ้วมือรูปที่ 2.7 นี้ จะเห็นว่าบริเวณบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับด้านซ้ายมือ มีเส้นทำลายมาเชื่อมหรือต่ออยู่ด้วยทำให้เส้นวกกลับต้องเสียไป คงเหลือแต่เส้นวกกลับหน้าสันดอนขวาเท่านั้นที่ยังสมบูรณ์อยู่ และมีองค์ประกอบของลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายครบถ้วนทั้งฉะนั้นรูปลายพิมพ์นิ้วมือรูปนี้ จึงต้องจัดให้เข้าอยู่ในประเภทมัดหวาย

4) <u>ก้นหอยซับซ้อน</u> (ACCIDENTAL)

ลายพิมพ์นิ้วมือก้นหอยซับซ้อนนี้ เป็นลายพิมพ์นิ้วมือที่ไม่เหมือนลายพิมพ์นิ้วมือชนิดอื่นใด คือลักษณะเป็นพิเศษเห็นได้ง่าย จะจัดเข้าเป็นลายพิมพ์นิ้วมือชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะไม่ได้ เพราะเหตุว่า ลายพิมพ์นิ้วมือชนิดนี้ เป็นลายพิมพ์นิ้วมือประกอบด้วยลายนิ้วมือ 2 อย่างหรือ 2 ชนิด รวมกันหรือผสมกันอยู่ ดังนั้นจึงได้หลักเกณฑ์ของการเป็นก้นหอยชนิดซับซ้อนดังนี้

องค์ประกอบ มีสันดอน 2 แห่ง หรือมากกว่า เป็นลายพิมพ์นิ้วมือ 2 ชนิดรวมกัน อาจจะเป็นลายพิมพ์นิ้วมือประเภทมัดหวายผสมกับโค้งกระโจม มัดหวายผสมกับ ก้นหอยธรรมดา มัดหวายผสมกับก้นหอยกระเป๋ากลาง มัดหวายผสมกับก้นหอยมัดหวายแฝดหรือเป็นลายพิมพ์นิ้วมือผสมชนิดอื่น ๆ ยกเว้น โค้งราบ ตัวอย่างดังรูปที่ 2.8 ลายพิมพ์นิ้วมือก้นหอย ซับซ้อน



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างลายพิมพ์นิ้วมือชนิดก้นหอยสลับซับซ้อน

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพลายนิ้วมือ คือ การปรับแต่งภาพให้มีการเหมาะสมกับลักษณะของงานแต่ละงาน การประมวลผลภาพได้แบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง ระดับสูง ตามลำดับ เพื่อให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด

การประมวลผลภาพระดับต่ำ จะจัดการกับภาพขาว-ดำ โดยปกติจะทำการสร้างภาพขึ้นมาโดยให้มีข้อมูลเฉพาะที่ต้องการ ส่วนไหนที่ไม่ต้องการทำการตัดทิ้งไป

การประมวลผลภาพระดับกลาง เป็นการประมวลเกี่ยวกับการบ่งบอกว่าภาพมีลักษณะรูปร่าง พื้นที่ หรือจุดของภาพจากการประมวลผลระดับต่ำ

การประมวลผลภาพระดับสูง เป็นการรู้ลักษณะทั่วๆไป ที่จำเป็นของภาพ เช่น มีการเชื่อมต่อกันของรูปร่างอะไรบ้าง เพื่อที่จะให้รู้รูปร่างที่แท้จริงของวัตถุ ผลการประมวลผลนี้นำไปสู่การวิเคราะห์ภาพด้วย

เนื่องจากลายพิมพ์นิ้วมือเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีความละเอียด ซับซ้อน และใช้เป็นหลักฐานประกอบในการแยกความแตกต่างระหว่างบุคคล ถ้ามองดูด้วยตาเปล่าจะไม่สามารถบอกได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น เพื่อความถูกต้องในการประมวลผล จึงมีวิธีการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อแยกแยะความแตกต่างของลายเส้นของลายพิมพ์นิ้วมือ และบอกได้อย่างถูกต้องว่าเป็นลายนิ้วมือรูปแบบใด

2.2.1 การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering)

การกรองข้อมูลภาพ คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพ คือ การปรับปรุง (Enhance) หรือลดทอน (Attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

การกรองข้อมูลภาพคือการประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่จำเป็นมากเนื่องจากในการใช้งานจริง ภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median filter) [2]

วิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับ (sort) จากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย

วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัดการหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐานทำได้โดยการนำค่าทั้งหมดในตารางมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก(หรือจากมากไปหาน้อยก็ได้) จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางของลำดับเป็นค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หากจำนวนจุดในหน้าต่างเป็นจำนวนคู่ ผลลัพธ์จะคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าระหว่างจุดกึ่งกลางทั้งสองจากตัวอย่างในรูปที่ 2.9 เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 1 2 0 2 3) ค่าที่อยู่ตรงกลางคือ 1 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 1

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการหาค่ามัธยฐาน

2.2.2 การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น (Histrogram Equalization) [3]

การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่นเพื่อทำให้ภาพมีความชัดเจนขึ้นเนื่องจากภาพลายนิ้วมือมีบางส่วนที่จาง ควรทำการปรับให้ได้ภาพที่จางเห็นลายนิ้วมือชัดขึ้น สมการฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น มีดังนี้

$$C(i) = \sum_{k=0}^{i} H(k) \tag{2.1}$$

$$I = C(i) \times \frac{M}{N} \tag{2.2}$$

โดยที่ $H(k)$ คือจำนวนพิกเซลของระดับเทาในภาพลายนิ้วมือที่จาง

$C(i)$ คือ ค่าความถี่สะสมของภาพลายนิ้วมือที่จาง เมื่อ $0 \le i \le 255$ และ $0 \le k \le 255$

M คือค่าระดับเทาสูงสุดในที่นี้มีค่าเท่ากับ 255

N คือจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพลายพิมพ์นิ้วมือ

I คือภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

2.2.3 การทำไดนามิคเทรสโฮลด์ (Dynamic Threshold) [3]

คือการตัดระดับภาพของจุดข้อมูลภาพทั้งหมดที่มีค่าระดับเทามากกว่าค่าระดับเทาเฉลี่ยของภาพที่ทำการแบ่งภาพออกเป็นขนาด 8x8 จากนั้นคำนวณหาค่าเค่าระดับเทาของแต่ละพิกเซลที่มากกว่าค่าระดับเทาเฉลี่ยจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 255 (สีขาว) และค่าของพิกเซลที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับเทาเฉลี่ยกำหนดมีค่าให้เป็น 0 (สีดำ) สมการไดนามิคเทรสโฮลด์มีดังนี้

$$T = \frac{1}{P}\sum_{i=1}^{p} X(i) \tag{2.3}$$

$$X(i) = \begin{cases} 255 & if\ X(i) \geq T \\ 0 & if\ X(i) < T \end{cases}$$

โดยที่ p คือจำนวนพิกเซลของ Windows ขนาด 8x8

X(i) คือค่าระดับเทาของภาพ

T คือค่าตัดระดับของ Windows ขนาด 8x8

2.2.4 การทำลายเส้นให้บาง (Thinning) [2]

การทำลายเส้นให้บางสามารถทำได้โดยอาศัยกฎ 2 ข้อคือ P1 และ P2 ขั้นตอนแรกจะใช้ กฎ P1 โดยการนำ Windows ขนาด 3x3 สแกนไปตามข้อมูลภาพและทำการพิจารณาพิกเซลบริเวณขอบภาพว่าเป็นไปตามกฎ P1 ถ้าเป็นไปตามกฎ P1 สามารถลบพิกเซลได้ ถ้าไม่เป็นไปตามกฎ P1p ไม่สามารถลบได้ ถ้าลบได้ให้หมายเหตุไว้แต่ยังไม่ต้องลบ หลังจากที่สแกนทั่วทั้งภาพก็ให้ทำการลบข้อมูลภาพดังที่ได้หมายเหตุไว้ ขั้นตอนสองใช้กฎ P2 และดำเนินการเหมือนการใช้กฎข้อที่ P1 เมื่อทำการลบข้อมูลภาพที่มีไว้ในหมายเหตุแล้ว ก็ให้ทำซ้ำต่อไปเรื่อย ๆ จนไม่สามารถลบข้อมูลภาพออกได้อีก

ลักษณะของข้อมูลที่นำมาพิจารณาจะมีขนาดเท่ากับ 3x3 ดังรูป 2.10 โดยที่พิกเซลปัจจุบันคือพิกเซลตรงกลางดังนี้คือ

P 8	P 1	P 2
P 7	P 0	P 3
P 6	P 5	P 4

รูปที่ 2.10 ลักษณะของข้อมูลที่เป็นขั้นตอนการทำลายเส้นให้บาง

กำหนดให้ $N(p_0)=\sum_{i=1}^{8} p_i$ เป็นจำนวนของพิกเซลรอบ p_0 เมื่อ p_0 = 0,1 และ i=0,1,2...,8 $T(p_0)$ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจาก 0 ไปเป็น 1 เมื่อพิจารณาข้อมูลใน $p_1, p_2, p_3, \ldots p_8, p_1$ ตามลำดับ

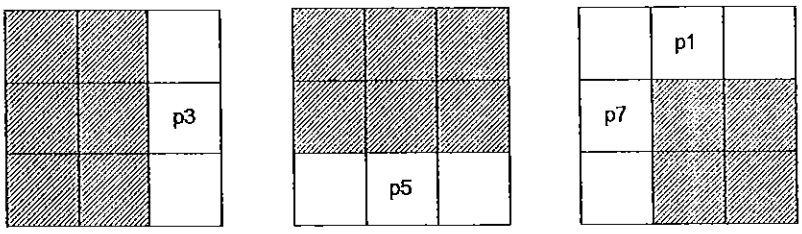
สำหรับกฎ P1 และ P2 จะมีลอจิกดังนี้คือ

P1: $(2 <= N(p_0) <= 6) \&\& (T(p_0)=1) \&\& (p1.p3.p5=0) \&\& (p3.p5.p7=0)$ (2.4)

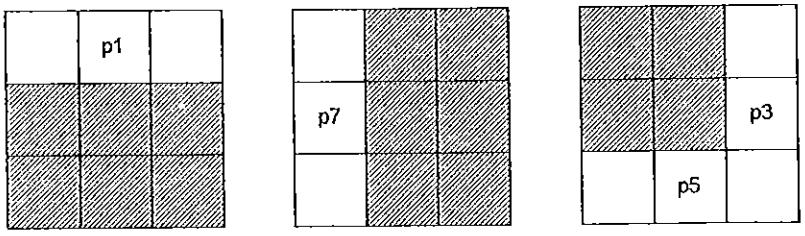
P2: $(2 <= N(p_0) <= 6) \&\& (T(p_0)=1) \&\& (p1.p3.p7=0) \&\& (p1.p5.p7=0)$ (2.5)

สำหรับเงื่อนไขแรกของ P1 และ P2 คือพิกเซลตรงกลาง (p0) สามารถลบได้ก็ต่อเมื่อค่าของ p1 ถึง p8 มีค่าเท่ากับ 1(เป็นสีดำ) มากกว่า 1 ตำแหน่งและต้องไม่มากกว่า 6 ตำแหน่ง สำหรับเงื่อนไขที่ 2 กำหนดให้ $T(p_0)=1$ หมายถึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจาก 0 ไปเป็น 1 ของข้อมูล $p_1, p_2, p_3, \ldots p_8, p_1$ เพียงครั้งเดียวเท่านั้น และในเงื่อนไขที่ 3 และ 4 คือ $(p1.p3.p5=0)$ และ $(p3.p5.p7=0)$ จะใช้ได้สำหรับเงื่อนไขที่ p3=0 หรือ p5=0 หรือ ถ้า p1=0 และ p7

ตามตัวอย่างดังกล่าวนี้แสดงไว้ดังรูปที่2.11 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ p3=0 จะเป็นลักษณะของขอบด้านขวา เมื่อ p5=0 จะเป็นขอบด้านล่าง และเมื่อ p1=0 และ p7=0 จะเป็นมุมบนซ้าย สำหรับใน P2 นั้นเราสามารถลบพิกเซล p0 ได้ก็ต่อเมื่อ p1=0 หรือ p7=0 หรือ (p3 และ p5=0) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ p1=0 จะเป็นขอบบน p7=0 จะเป็นขอบด้านซ้าย และเมื่อ (p3=0 และ p5=0) จะเป็นมุมล่างขวา



รูปที่ 2.11 รูปภาพขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางในสมการที่ 2.4



รูปที่ 2.12 รูปภาพขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางในสมการที่ 2.5

2.2.5 การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ (Feature Extraction) [4]

ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือนั้นใช้สำหรับการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือซึ่งลักษณะเด่นดังกล่าวนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ที่พบเห็นโดยส่วนมากคือ จุดแยก เส้นสะพาน เส้นตัดกัน เส้นทะเลสาบ เกาะ จุดปลาย เป็นต้น แต่สำหรับลายที่เราให้ความสำคัญนั้นคือ จุดแยก(Bifurcation) และจุดปลาย(Ridge Ending) ทั้งนี้ก็เพราะว่าเป็นลายที่พบเห็นได้มากที่สุด และตำแหน่งการเกิดลายนิ้วมือที่สำคัญของแต่ละบุคคลนั้นแน่นอนว่า จะไม่เกิดที่เดียวกัน จึงได้ทำการหาตำแหน่งของลายที่สำคัญนี้ เพื่อนำไปทำการอ้างอิงในการจำแนกลายนิ้วมือต่อไป

จุดปลาย(Ridge Ending) จุดแยก(Bifurcation)

รูปที่2.13 ตัวอย่างลักษณะเด่นจุดแยก(Bifurcation)และจุดปลาย(Ridge Ending)

ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นนั้นจะนำ Windows ขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.14

X_1	X_2	X_3
X_8	M	X_4
X_7	X_6	X_5

รูปที่ 2.14 windows ขนาด 3x3 ของการหาลักษณะเด่น

มาเข้าสมการที่(2.6)

$$Cn = \sum_{k=1}^{8} \left| R(k+1) - R(k) \right| \qquad (2.6)$$

โดยที่ $R(k)$ คือค่าพิกเซลของ Windows ขนาด 3x3

k คือค่าตำแหน่งของพิกเซลที่อยู่รอบๆ พิกเซล M ในที่นี้กำหนด k=1,2,3,...,8

Cn คือค่าผลรวมของ Windows ถ้ามีค่าเท่ากับ 6 แสดงว่า M เป็นจุดแยก (Bifurcation) และมีค่าเท่ากับ 2 จุดปลาย(Ridge Ending)

2.2.6 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

ในขั้นตอนนี้จะนำลักษณะเด่นที่หามาได้มาทำการตรวจสอบ โดยการนำจุดที่คล้ายกัน โดยผ่านสมการที่ (2.7),(2.8),(2.9) ตามลำดับ

TYPE(f1) = TYPE(f2) (2.7)

DIST(f1,f2) $\leq$ Df โดยที่ Df มีค่าเท่ากับ 60 พิกเซล (2.8)

ANGLE(f1,f2) $\leq$ Af โดยที่ Af มีค่าเท่ากับ pi/6 (2.9)

โดยที่ f1 คือภาพต้นแบบที่เก็บลักษณะเด่นไว้

f2 คือภาพที่นำมาทดสอบที่ลักษณะเด่นไว้

TYPE คือการเปรียบเทียบว่าเป็นจุดชนิดเดียวกันหรือไม่

DIST คือค่าระยะห่างระหว่างจุดที่เป็นลักษณะเด่นของภาพ f1 และ f2

ANGLE คือผลต่างของมุมของภาพทั้งสองที่พิจารณา

ทำการตรวจสอบเงื่อนไขโดยผ่านสมการ(2.7) (2.8) และ (2.9) ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมด จะทำการให้คะแนน ทำไปจนครบทุกจุดที่เป็นลักษณะเด่นของภาพและทำกับภาพทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

โดยที่แต่ละภาพเมื่อทำการจับคู่แล้วก็จะมีค่าคะแนนเท่ากับ Sm คือค่าที่ทำการจับคู่กันระหว่างภาพที่ต้องการทดสอบและภาพต้นแบบที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด จากค่า Sm ที่ได้ทำการหาค่า Smax ซึ่งเป็นค่าที่คะแนนการจับคู่ที่มากที่สุด

ภาพที่ได้จากการจับคู่มากที่สุด จะนำมาหาค่าความเหมือนของภาพ(Similarity Measure) เพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันว่าภาพลายพิมพ์นิ้วมือทั้งสองเป็นภาพเดียวกันโดยมีสมการดังนี้

$$M = \sqrt{\frac{N_m \times N_m}{N_1 \times N_2}} \qquad (2.10)$$

โดยที่ N_m คือค่าคะแนนที่จับคู่กันได้มากที่สุดหรือค่า Smax

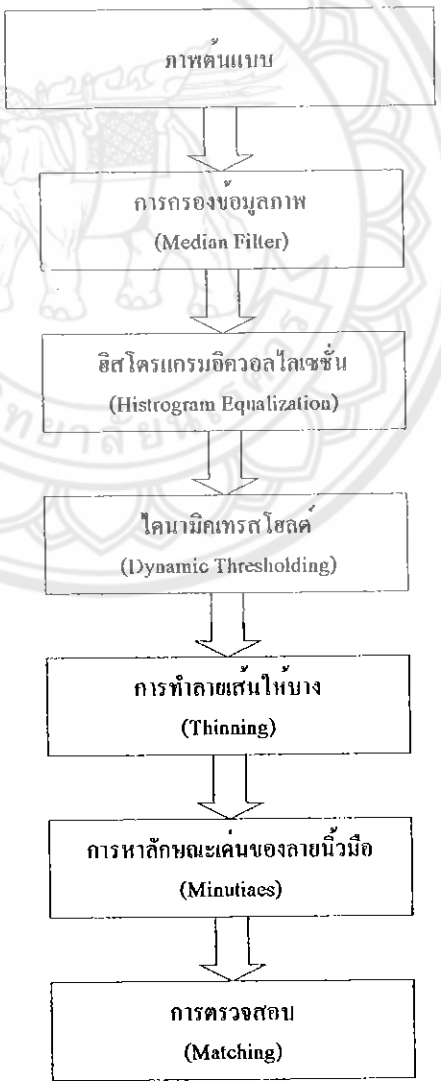
N_1 คือจำนวนลักษณะเด่นในภาพต้นแบบ

N_2 คือจำนวนลักษณะเด่นในภาพที่ต้องการทดสอบ

ค่า M ที่ได้จากสมการ (2.10) ถ้ามีค่าใกล้ 1 แสดงว่าภาพลายพิมพ์นิ้วมือทั้งสองภาพมาจากลายนิ้วมือเดียวกัน

บทที่ 3
การออกแบบโปรแกรมการตรวจสอบลายนิ้วมือ

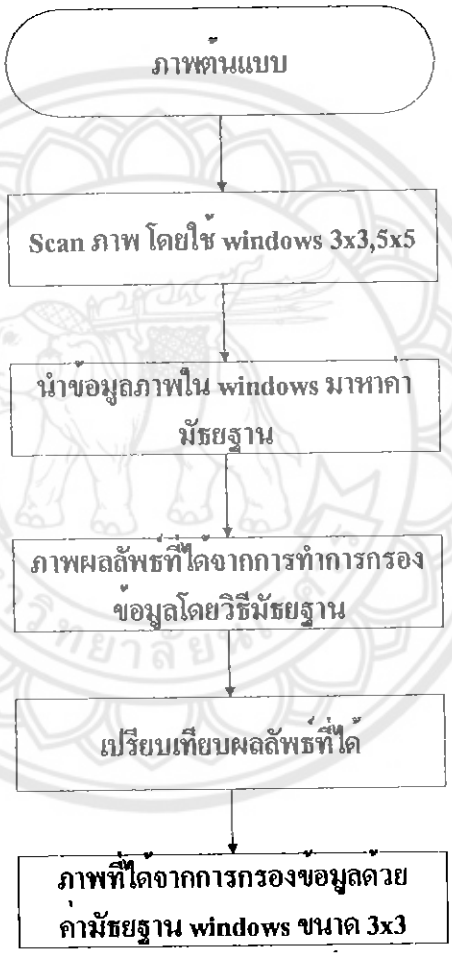
ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโปรแกรมการตรวจสอบลายนิ้วมือโดยเริ่มจากมีภาพต้นแบบเป็นข้อมูล .TIF ขนาด 256x256 พิกเซล และนำมากรองข้อมูลภาพโดยวิธีการกรองแบบมัธยฐาน(Median Filter)จากนั้นก็มาทำให้เห็นลายเส้นให้ชัดขึ้นโดยใช้ฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่นแล้วนำภาพที่ได้มาปรับระดับภาพให้เป็นภาพขาวดำโดยใช้วิธีการทำไดนามิคเทรสโฮลด์ จากนั้นนำภาพที่ได้จากการหาไดนามิคเทรสโฮลด์มาทำลายเส้นให้บาง หาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ ซึ่งลักษณะเด่นของภาพที่ได้จะนำไปทำการตรวจสอบลายนิ้วมือว่าเป็นลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่ สามารถแสดงขั้นตอนการรู้จำลายนิ้วมือได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการรู้จำลายนิ้วมือ

3.1 การกรองข้อมูลภาพด้วย Median Filter

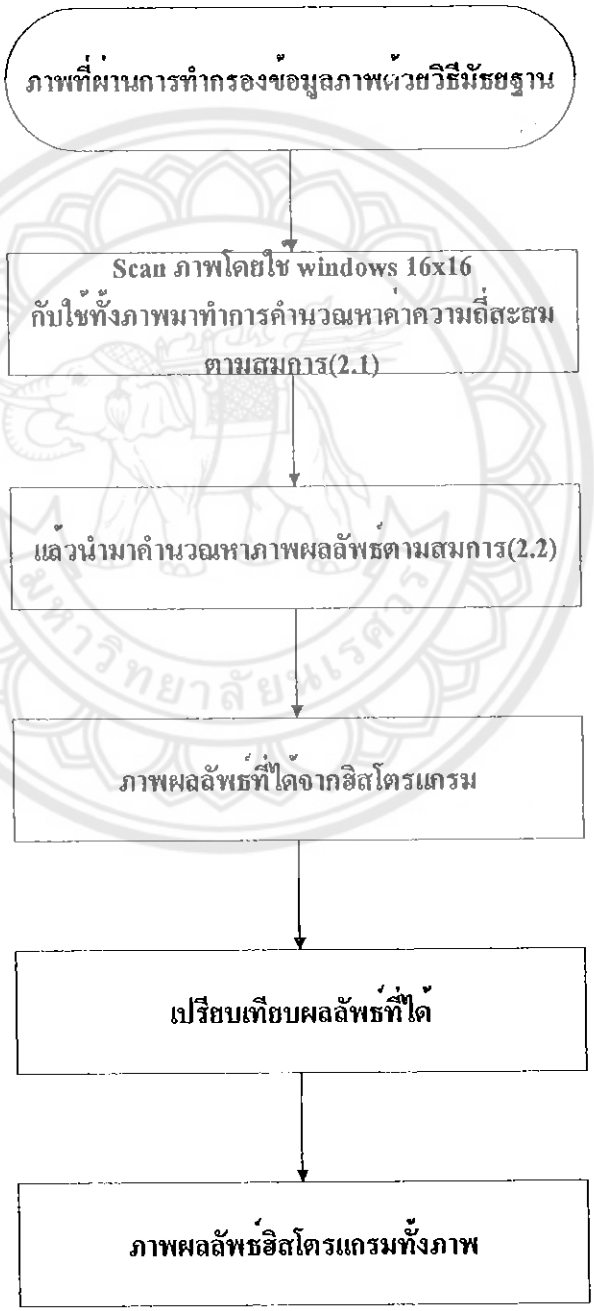
การกรองข้อมูลภาพนั้น คือการนำภาพต้นแบบไปผ่านตัวกรองสัญญาณ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ออกมานั้นจะแตกต่างกับภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์ของการกรองข้อมูลภาพนั้น เพื่อปรับปรุงหรือลดทอน คุณสมบัติบางประการของภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของการกรองข้อมูลภาพดังรูปข้างล่าง โดยกำหนดใช้ windows ขนาดต่างกันเช่น 3x3 , 5x5 เป็นต้น



รูปที่3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการกรองข้อมูลภาพ

3.2 การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น (Histrogram Equalization)

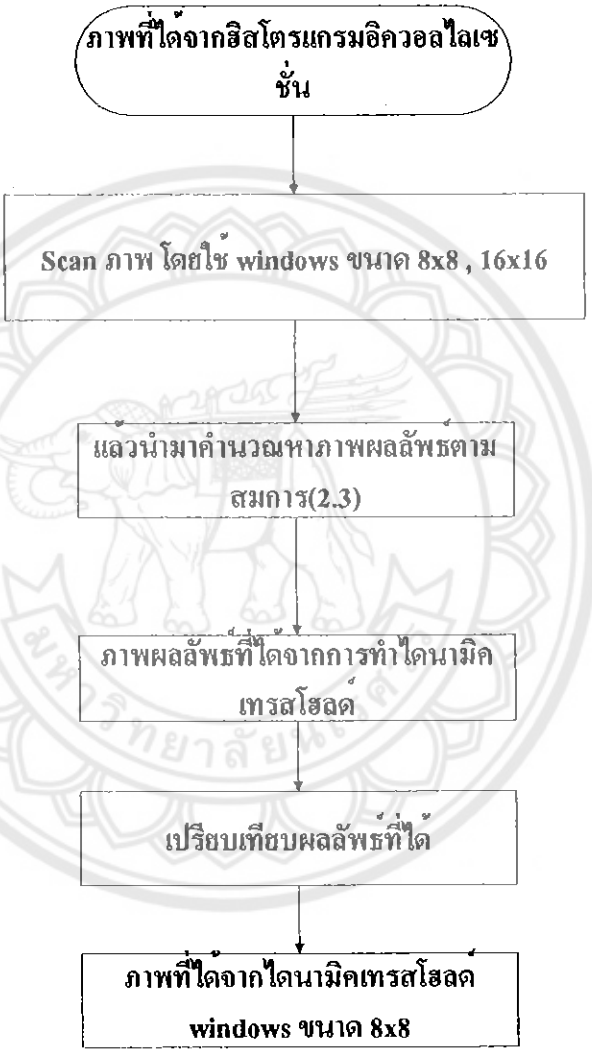
หลังจากที่ได้ผ่านการทำการกรองข้อมูลภาพแล้ว จะนำภาพมาทำในส่วนของฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่นนั้นคือการทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้น โดยการปรับค่าระดับเทาของข้อมูลภาพ เมื่อภาพบางส่วนที่ได้จากการแสกนอาจมีลายเส้นที่ไม่คมชัด ทำให้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของลายเส้นได้ จึงทำการเพิ่มแสงเน้นย้ำไปยังส่วนนั้นซึ่งภาพที่เราใช้จะเป็นภาพต้นแบบ



รูปที่3.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

3.3 การทำไดนามิคเทรสโฮลด์ (Dynamic Threshold)

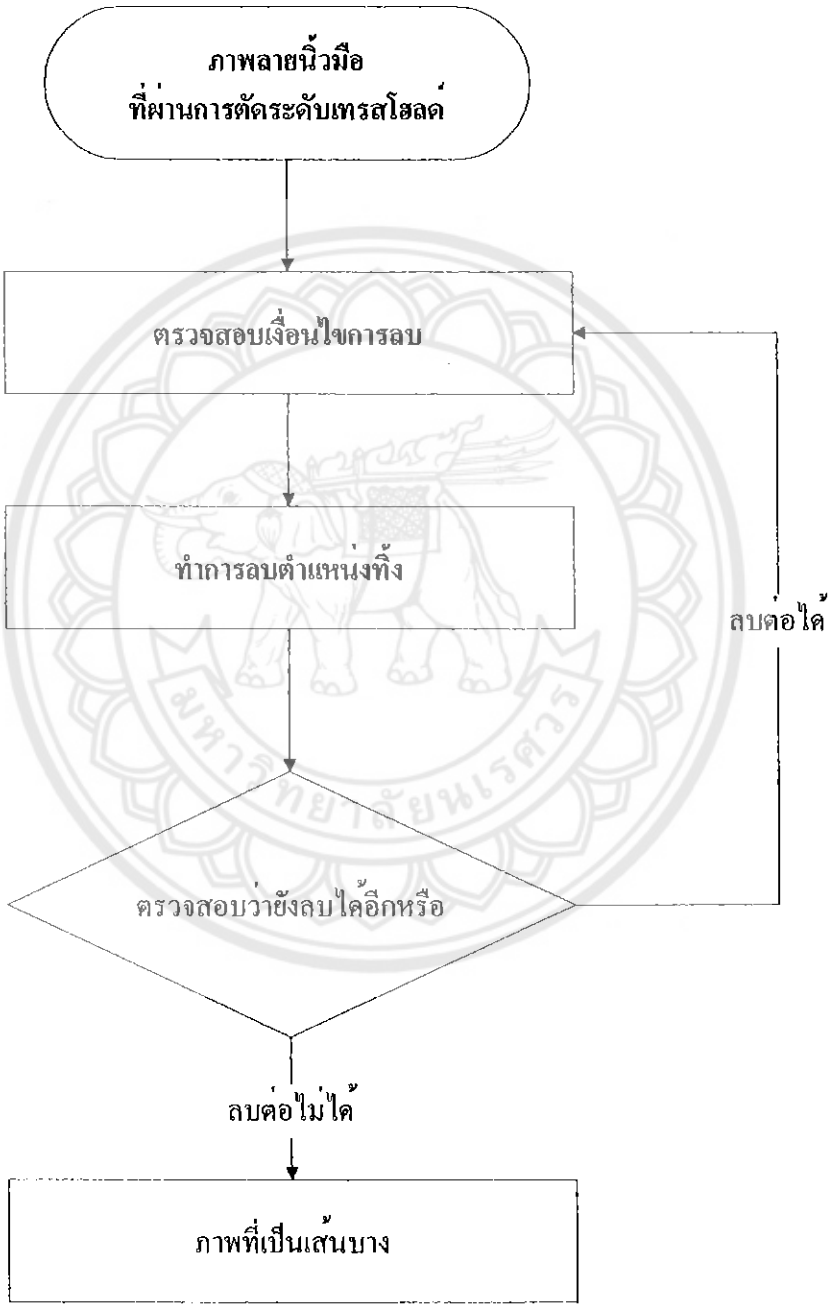
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดค่าเปลี่ยน (Threshold value) ที่เหมาะสม แล้วใช้ค่าดังกล่าวในการกำหนดความสว่างของแต่ละพิกเซลให้เป็นขาวหรือดำ 2 ค่าเท่านั้น ทำให้เกิดความแน่ชัดของค่าความสว่างในแต่ละพิกเซลและสะดวกในการประมวลผล



รูปที่3.4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของไดนามิคเทรสโฮลด์

3.4 การทำลายเส้นให้บาง (Thinning)

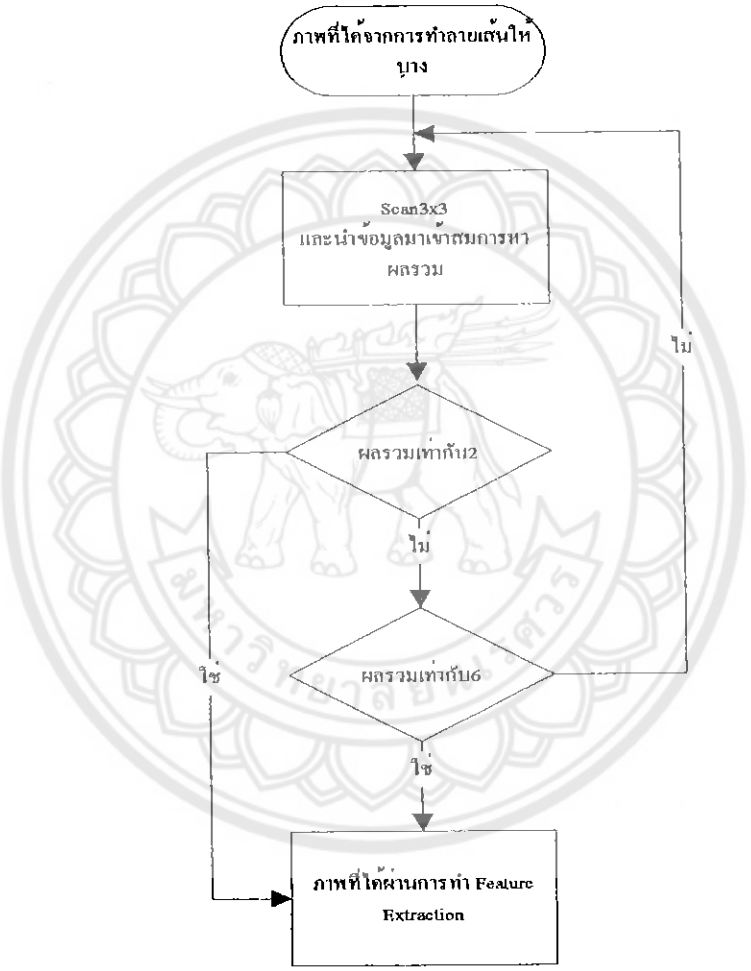
การทำลายเส้นให้บางนั้นเป็นการทำให้ลายเส้นที่มีความหนาตั้งแต่ 2 พิกเซลขึ้นไป มีความบางลงโดยให้เหลือเพียง 1 พิกเซล เพื่อทำให้เห็นโครงร่างของลายเส้นนิ้วมือ โดยกำหนดให้พิกเซลที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของเส้นนั้น



รูปที่3.5 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการทำลายเส้นให้บาง

3.5 การหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ(Feature Extraction)

ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือนั้นใช้สำหรับการตรวจสอบลายนิ้วมือ ซึ่งลักษณะเด่นดังกล่าวนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ที่พบเห็นโดยส่วนมากคือ จุดแยก เส้นสะพาน เส้นตัดกัน เส้นทะเลสาบ เกาะ จุดปลาย เป็นต้น แต่สำหรับลักษณะเด่นที่โครงงานนี้ให้ความสำคัญนั้นคือ จุดแยก(Bifurcation) และจุดปลาย (Ridge Ending)



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการหาลักษณะเด่น

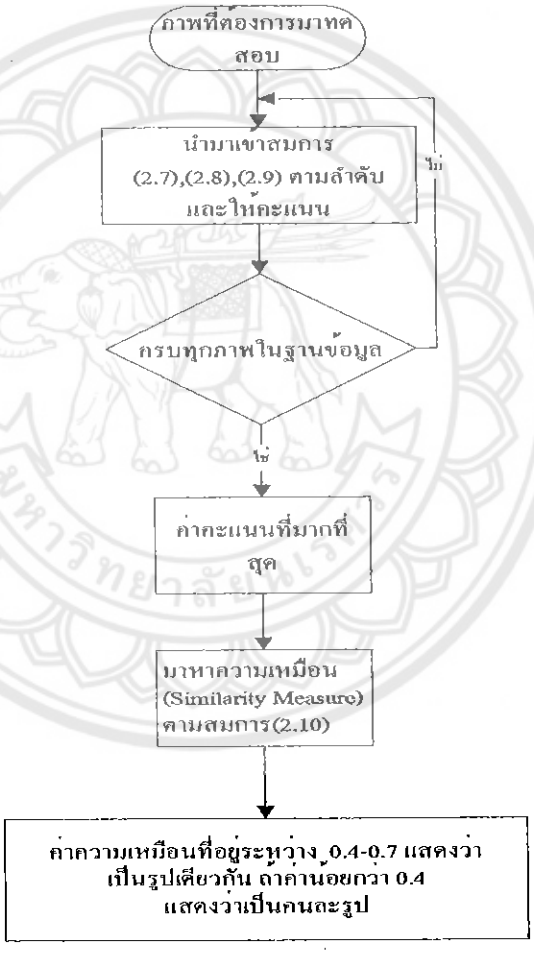
ท 9 S.A. 2547 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ 4700196

ว706979 ค.2

3.6 การตรวจสอบลายนิ้วมือ

ในขั้นตอนนี้จะนำลักษณะเด่นที่หาได้มาทำการตรวจสอบลายนิ้วมือ ภาพลายนิ้วมือที่ต้องการทดสอบจะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลต้นแบบของภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่ในฐานข้อมูล จากนั้นนำจุดที่เป็นลักษณะเด่นของภาพทั้งสองมาทำการตรวจสอบ ถ้าจุดที่ตรวจสอบนั้นเป็นชนิดเดียวกันคือจุดแยกหรือจุดปลาย มีระยะห่างและมุมตามเงื่อนไขที่กำหนด จะให้คะแนนการจับคู่ คะแนนที่ได้จากการจับคู่ของภาพจะนำไปหาค่าความเหมือนของภาพทั้งสอง เพื่อยืนยันว่าภาพลายนิ้วมือทั้งสอนมาจากลายนิ้วมือเดียวกัน

ว5.
ช619ก
2546



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการตรวจสอบลายนิ้วมือ

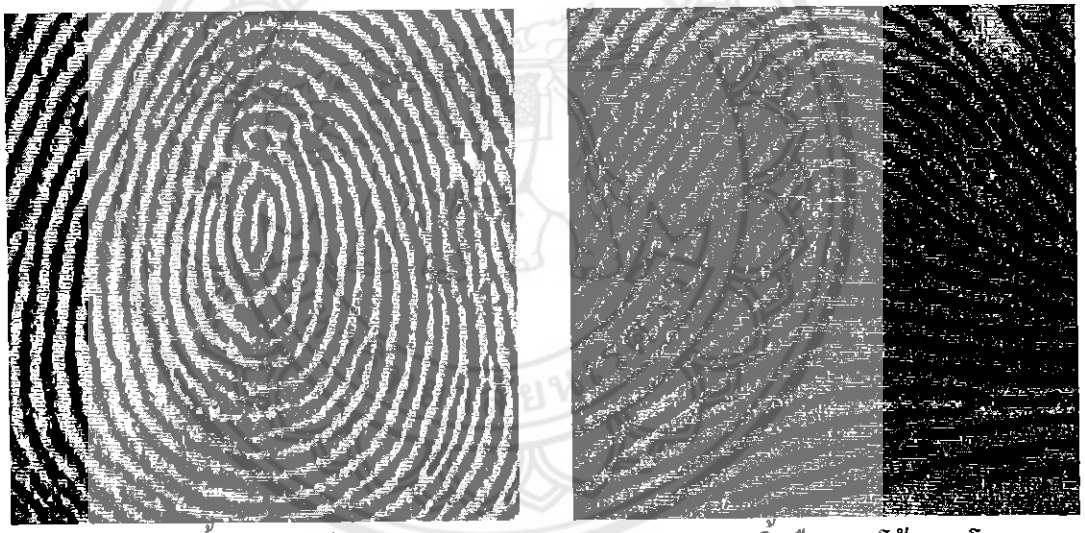
บทที่4

ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถแสดงผลภาพที่ได้จากการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์ลายนิ้วมือในแต่ละขั้นตอน โดยทำการทดลองกับข้อมูลภาพลายนิ้วมือหลายรูปแบบ จะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ภาพลายนิ้วมือต้นแบบ

สำหรับภาพลายนิ้วมือที่ใช้เป็นอินพุทนั้นคือภาพขนาด 256x256 พิกเซลและเก็บเป็นไฟล์ภาพนามสกุล.TIF ซึ่งตัวอย่างของภาพแสดงดังรูปที่ 4.1



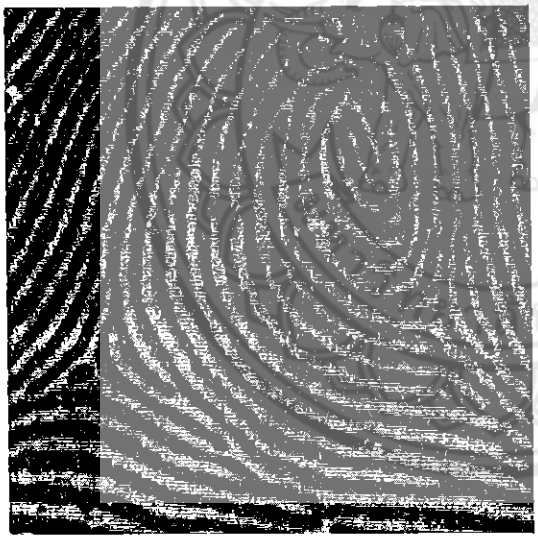
a) ภาพลายนิ้วมือแบบก้นหอย b) ภาพลายนิ้วมือแบบโค้งกระโจม

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือในลักษณะต่างๆ ที่ใช้เป็นภาพต้นแบบ

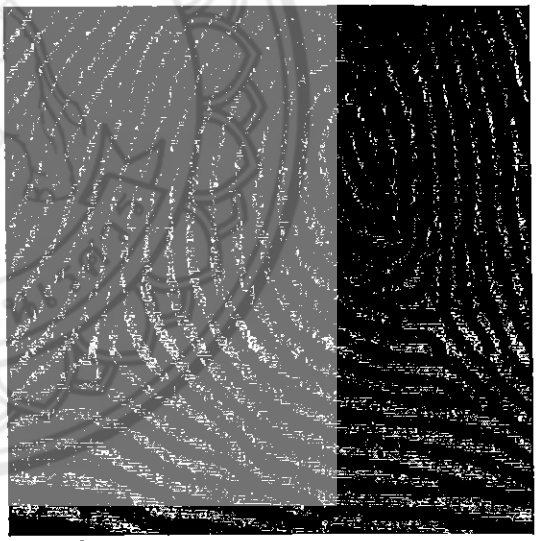
4.2 ผลการกรองข้อมูลภาพด้วย Median Filter

ภาพต้นแบบ

ภาพที่ผ่านการกรองข้อมูลด้วย Median Filter



ภาพต้นแบบ



ภาพที่ผ่านการกรองข้อมูลด้วย Median Filter

รูปที่ 4.2 ผลการกรองข้อมูลภาพด้วย Median Filter โดยใช้ windows ขนาด 3x3 พิกเซล

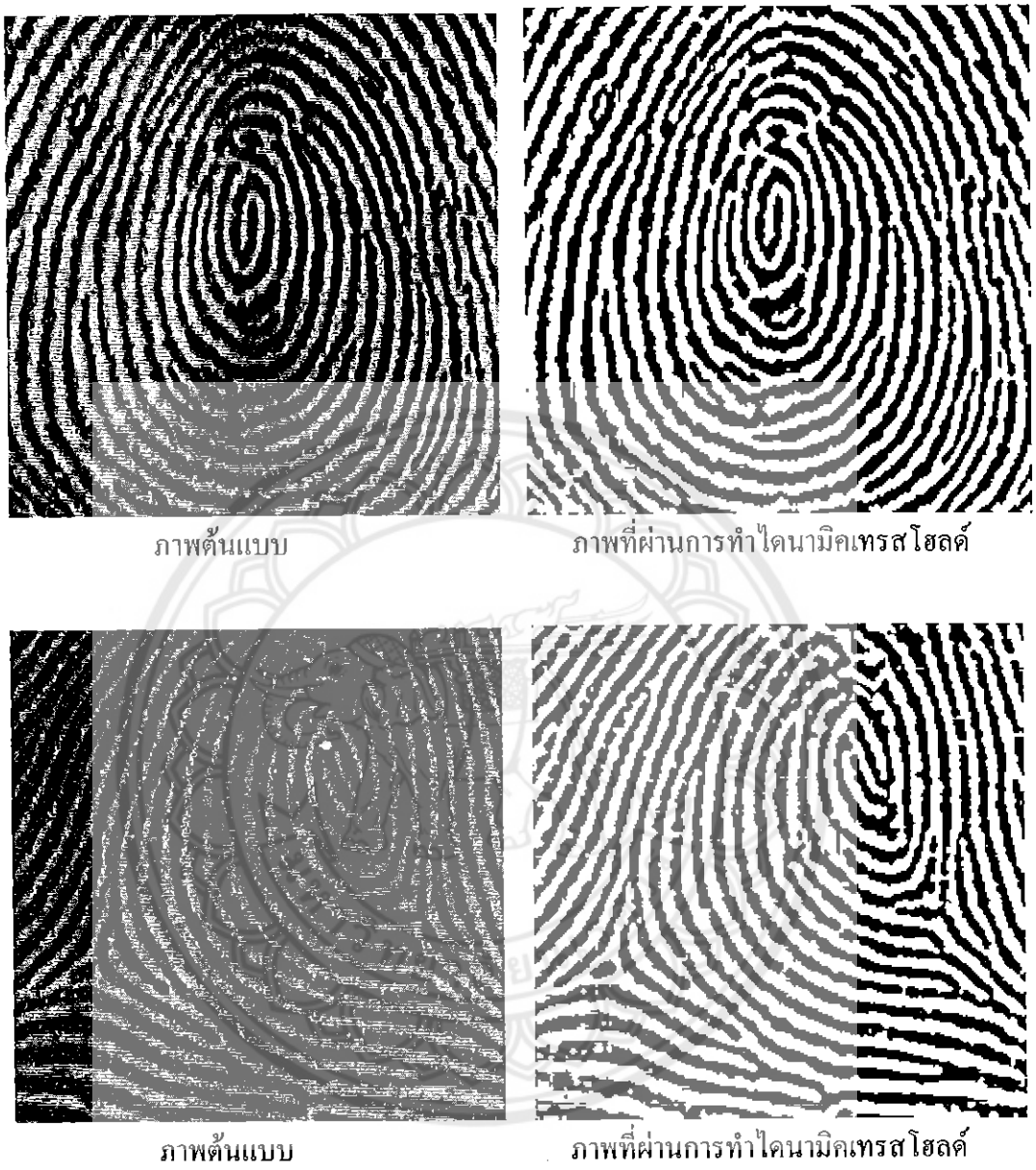
4.3 ผลการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

รูปที่ 4.3 ผลการทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่น

4.4 ผลการทำไดนามิคเทรสโฮลด์



ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำไดนามิคเทรสโฮลด์

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำไดนามิคเทรสโฮลด์

รูปที่4.4 ผลการทำไดนามิคเทรสโฮลด์โดยใช้ windows ขนาด 8x8 พิกเซล

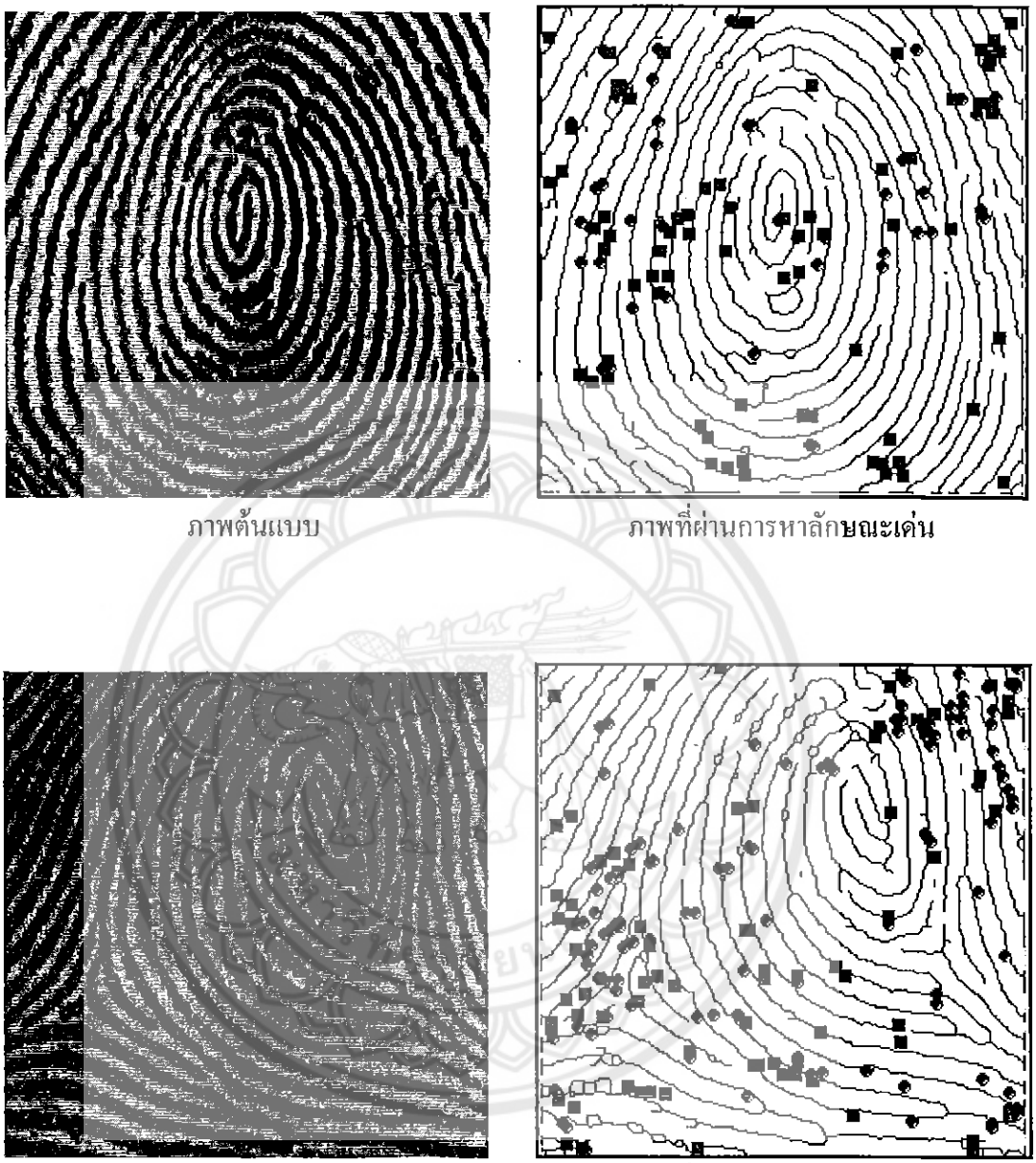
4.5 ผลการทำลายเส้นให้บาง (Thinning)

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำลายเส้นให้บาง

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการทำลายเส้นให้บาง

รูปที่ 4.5 ผลการทำลายเส้นให้บาง

4.6 ผลการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ



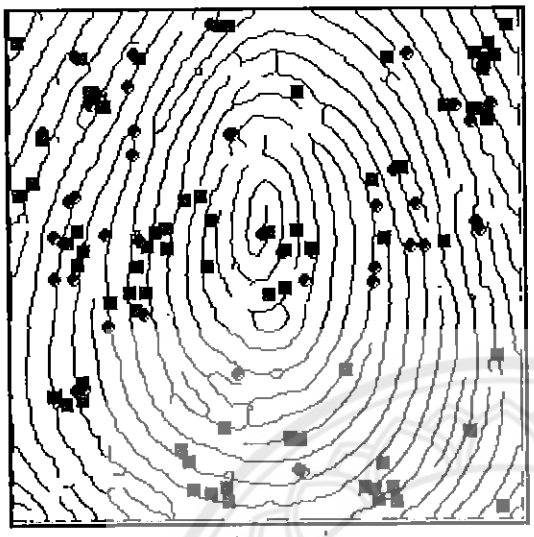
ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการหาลักษณะเด่น

ภาพต้นแบบ ภาพที่ผ่านการหาลักษณะเด่น

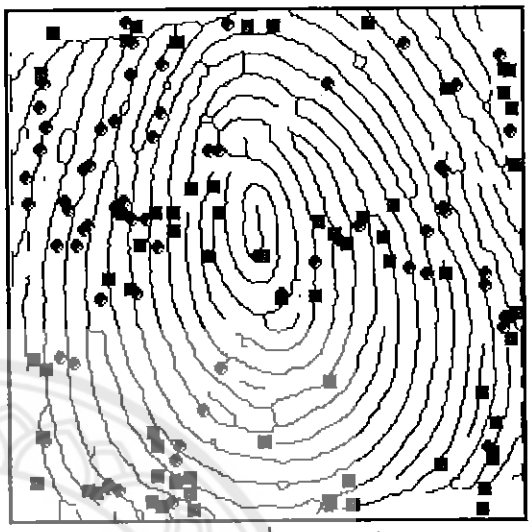
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ

กำหนดให้ จุด □ เป็น จุดปลาย (Ridge Ending) และ จุด O เป็นจุดแยก (Bifurcation)

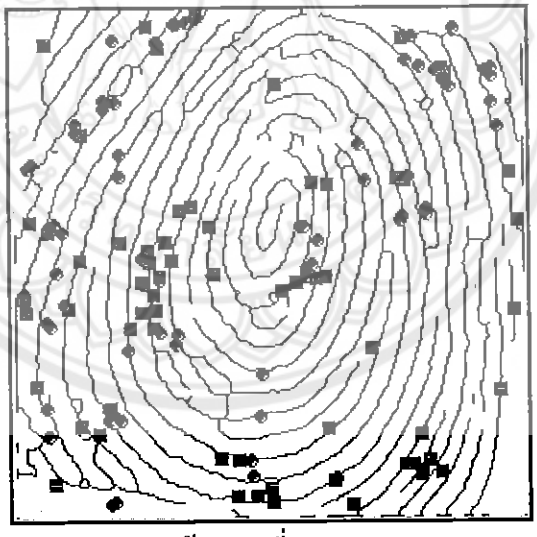
4.7 ผลการตรวจสอบลายนิ้วมือ



ภาพต้นแบบที่ 1



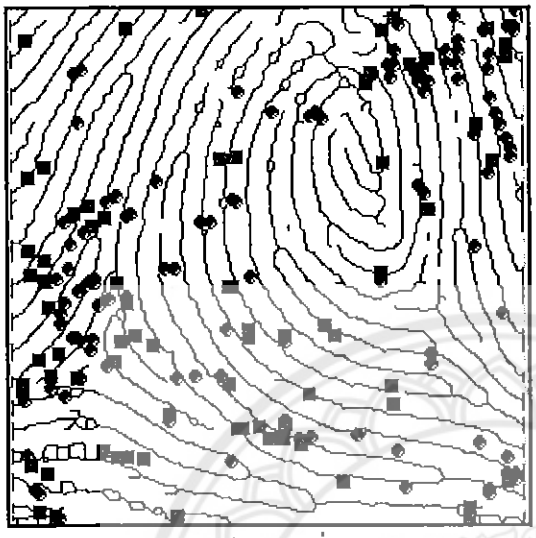
ภาพต้นแบบที่ 1 หมุนซ้าย



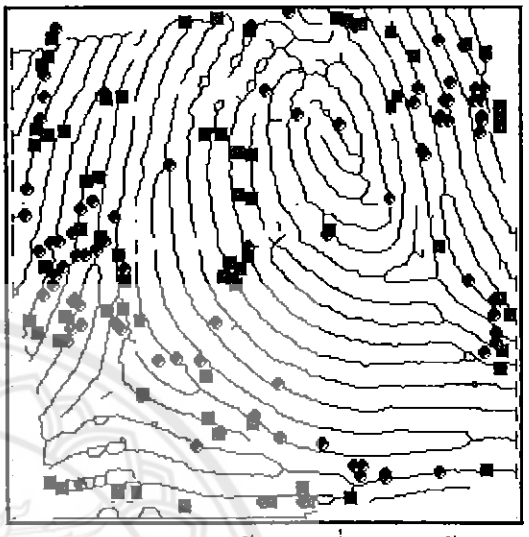
ภาพต้นแบบที่ 1 หมุนขวา

รูปที่4.7 รูปที่นำมาทำการตรวจสอบลายนิ้วมือ

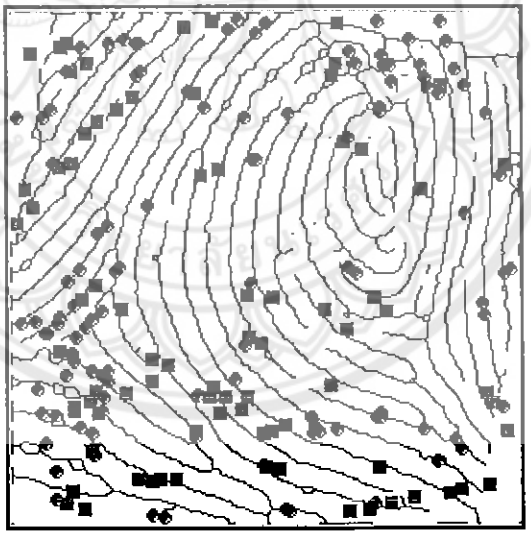
เมื่อกำหนด จุด □ เป็น จุดปลาย (Ridge Ending) และ จุด O เป็นจุดแยก (Bifurcation)



ภาพต้นแบบที่ 2



ภาพต้นแบบที่ 2 หมุนซ้าย



ภาพต้นแบบที่ 2 หมุนขวา

รูปที่4.7 รูปที่นำมาทำการตรวจสอบลายนิ้วมือ (ต่อ)

เมื่อกำหนด จุด □ เป็น จุดปลาย (Ridge Ending) และ จุด O เป็นจุดแยก (Bifurcation)

ตารางที่ 4.1ตารางการวัดค่าความเหมือน(Similarity Measure)

	ภาพต้นแบบ 1	ภาพต้นแบบ 2	ภาพต้นแบบ 3	ภาพต้นแบบ 4
ภาพต้นแบบ 1 หมุนซ้าย	0.56	0.04	0.27	0.37
ภาพต้นแบบ 1 หมุนขวา	0.63	0.09	0.27	0.32
ภาพต้นแบบ 2 หมุนซ้าย	0.31	0.62	0.06	0.21
ภาพต้นแบบ 2 หมุนขวา	0.36	0.57	0.09	0.12

บทที่ 5
สรุปผลและวิเคราะห์ผล

5.1 สรุปผล

ในการที่จะตรวจสอบลายนิ้วมือนั้น จะต้องผ่านขั้นตอนต่างๆ เพื่อที่จะได้ภาพที่มีคุณสมบัติที่ดีพอ สำหรับที่จะนำมาตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งขั้นตอนต่างๆนั้นก็ได้เริ่มจากขั้นตอนแรก คือ

การกรองข้อมูลแบบมัธยฐานเพื่อที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็น จุดในลายนิ้วมือโดยใช้ Windows ขนาด 3x3 พิกเซลเพราะถ้าใช้ Windows ขนาด 5x5 พิกเซลจะทำให้ภาพเห็นภาพลายนิ้วมือไม่ชัด

การทำฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชั่นเพื่อที่จะทำให้เห็นลายนิ้วมือชัดขึ้น ในการปรับระดับเทา ได้เลือกกระทำกับทั้งภาพเพราะว่าถ้าใช้ Windows ขนาด 16x16 พิกเซล จะทำให้เห็นขอบของบล๊อค ซึ่งทำให้ภาพที่ได้ออกมามีคุณภาพที่ไม่ดี

การทำไดนามิคเทรสโฮลด์นั้นได้เลือกใช้ Windows ขนาด 8x8 พิกเซลเพื่อหาค่าเฉลี่ยมาเป็นค่าตัดระดับเทา เพราะว่าลายนิ้วมือในหนึ่งรูปนั้นอาจประกอบไปด้วยบริเวณที่มีหมึกมากเกินไปผสมกับบริเวณที่หมึกจางดังนั้นจึงควรหาค่าตัดระดับเทา เป็นบริเวณไปเพื่อที่จะทำให้ภาพมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

การหาลักษณะเด่นนั้นยังมีลักษณะเด่นที่ผิดพลาดอยู่ เพราะว่าทางผู้จัดทำโครงงานศึกษาอยู่ในสปาเชียลโดเมน (Spatial Domain) จึงทำให้สัญญาณรบกวนบางชนิดยังเหลืออยู่ในภาพลายนิ้วมือจึงทำให้การหาลักษณะเด่นเกิดข้อผิดพลาดและลักษณะเด่นที่หาได้นั้นบางจุดอาจไม่ใช่ลักษณะเด่นที่แท้จริง

การตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นค่าที่ได้จากการทดลองพบว่าถ้าภาพมาจากลายนิ้วมือเดียวกันจะมีค่าความเหมือนอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.7 และถ้าลายนิ้วมือคนละชนิดกันจะมีค่าน้อยกว่า 0.4

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานวิจัยในขั้นแรก ถ้ามีผู้ที่ต้องการพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป ทางผู้ทำโครงงานวิจัยในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะนำดังต่อไปนี้

5.2.1 ในการเก็บภาพลายนิ้วมือที่จะมาทำการประมวลผล ภาพลายนิ้วมือที่ได้มานั้นมีคุณภาพไม่ดีพอ ทำให้เป็นอุปสรรคในการประมวลผลและในการเก็บภาพลายนิ้วมือนั้นควรจะมีเครื่องสแกนลายนิ้วมือโดยตรงเพื่อที่จะทำให้ลายนิ้วมือนั้นมีความชัดเจนและคุณภาพดี

5.2.2 ในขั้นตอนการกรองข้อมูลภาพ ถ้าจะให้ภาพมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นควรจะใช้การกรองแบบแกเบอร์ฟิลเตอร์ (Gabor filter)

5.2.3 ในขั้นตอนการตรวจสอบ ยังใช้ การตรวจสอบลายนิ้วมือที่ยังไม่แม่นยำและถูกต้องพอ

5.3 ปัญหาที่พบ

5.3.1 ภาพลายนิ้วมือที่ได้มามีคุณภาพที่ไม่ดีพอ ทำให้การประมวลผลได้คุณภาพที่ไม่ดีนัก

5.3.2 เครื่องสแกนเนอร์มีคุณภาพต่ำ ทำให้ภาพลายนิ้วมือไม่ชัดเจน

5.3.3 ภาพที่ได้นำมาประมวลผลนั้นยังมีน้อยทำให้เก็บเป็นฐานข้อมูลได้ไม่มากพอ

5.3.4 ยังขาดประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

[1] อุทัย สินธุสาร. สารานุกรมไทย เล่ม 5. กรุงเทพฯ: มูลนิธิเผยแพร่ความรู้สาขาวิทยาศาสตร์และสังคม.2522.

[2] I Emiroglu.**Pre-Processing of fingerprint Images.**England : University of Hertfordshire.1997

[3] A Wahab., S H Chin.,E C Tan. "**Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition**" IEEE Proc.Image Signal Process. Vol. 145 no.3.June.1998.

[4] Xiao Sun.,Zhuming Ai. "**Automatic Feature Extraction And Recognition of Fingerprint Images**".China:Southeast University,Nanjing. 1996.

[5] Antl Jain ., Fellow."**On-Line Fingerprint Verification**" IEEE Tran.On Pattern Analysis and Machine.Vol.19,No.4,April.1997.

ภาคผนวก

ฟังก์ชันการกรองข้อมูลภาพ(Median Filter)

```
function  out = meanfilter(in);
[row,col]  = size(in);
total_pixel= 3*3;
out = in;
data= zeros(3,3);
for i=2:row-1;
   for j=2:col-1;
      data     = in(i-1:i+1,j-1:j+1);
      mean_data = median(median(data));
      out(i,j)  = mean_data;
   end
end
```

ฟังก์ชันฮิสโตรแกรมอิควอลไลเซชัน

ฟังก์ชันการนับค่าระดับเท่าของฮิโตรแกรมอิควอลไลเซชัน

```
function out=counthis_mj(in)
%variable
[m,n]=size(in);
counts=zeros(256,1);
out=zeros(256,1);
%count number in histogram 8 bit
        for i=1:m;
           for j=1:n;
              for x=0:255;
                 if in(i,j)==x;
                    counts(x+1,1)=counts(x+1,1)+1;
                 end
              end
```

```
                end
            end
             out=counts;
            %%%%%%%%%%%end count histrogram eq%%%%%%
%%%start function histrogram%%%%%%
function out=histeq_mj(in)
% count number in metric
i =counthis_mj(in);
[m,n] = size(in);
[a,b]=size(i);
out=zeros(m,n);
out1=zeros(m,n);
data=zeros(a,b);
sum =0;
%calculate sum and normalized
for x=1:a;
   for y=1:b;
    sum=sum+i(x,y);
    data(x,y)=sum*(255/(m*n));
   end
end
% put number in metric (output)
for h=1:m;
   for k=1:n;
      for z=0:255;
         if in(h,k)==z;
            out1(h,k)=data(z+1,1)+0.5;
         end
      end
   end
end
   out=fix(out1);
```

ฟังก์ชันไดนามิคเทรสโฮลด์

```
function out = dynathreshold_mj(in);
% variable
[row,col]  = size(in);
sum=0;
out = in;
% sum all image
for i=1:row;
   for j=1:col;
      sum=sum+in(i,j);
   end
end
% average image
aver=sum/(row*col);
%put threshold in output
for i=1:row;
   for j=1:col;
     if in(i,j) >= aver;
        out(i,j)= 255;
     end
      if in(i,j)< aver;
        out(i,j) =0;
     end
   end
end
```

ฟังก์ชันการทำลายเส้นให้บาง

```
function out1=thinning(in);
[row,col] = size(in);
for c=1:35;
   out = in;
      for i=2:row-1;
         for j=2:col-1;
            if in(i,j)==1
               sum=0;
               pn=0;
               data= in(i-1:i+1,j-1:j+1);
               p8=data(1,1);
               p1=data(1,2);
               p2=data(1,3);
               p7=data(2,1);
               p0=data(2,2);
               p3=data(2,3);
               p6=data(3,1);
               p5=data(3,2);
               p4=data(3,3);
               sum=p1+p2+p3+p4+p5+p6+p7+p8;
                  if [sum > 1]&[sum <= 6];
                     if (p8==0&p1==1);
                        pn=pn+1;
                     end
                     if (p2==0&p3==1);
                        pn=pn+1;
                     end
                     if(p4==0&p5==1);
```

```
                pn=pn+1;
              end
              if(p6==0&p7==1);
                pn=pn+1;
              end
              if(p1==0&p2==1);
                pn=pn+1;
              end
              if(p3==0&p4==1);
                pn=pn+1;
              end
              if(p5==0&p6==1);
                pn=pn+1;
              end
              if(p7==0&p8==1);
                pn=pn+1;
              end
                if pn==1;
                  if (p3==0)|(p5==0)|(p1==0&p7==0);
                    out(i,j)=0;
                  end
                end
            end
          end
        end
      end
  out;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
[a,b]=size(out);
out1=out;
```

```
for x=2:a-1;
   for y=2:b-1;
      if out(x,y)==1;
         sum1=0;
         tn=0;
         data1= out(x-1:x+1,y-1:y+1);
         t8=data1(1,1);
         t1=data1(1,2);
         t2=data1(1,3);
         t7=data1(2,1);
         t0=data1(2,2);
         t3=data1(2,3);
         t6=data1(3,1);
         t5=data1(3,2);
         t4=data1(3,3);
         sum1=t1+t2+t3+t4+t5+t6+t7+t8;
           if [sum1 > 1]&[sum1 <= 6];
             if (t8==0&t1==1);
                tn=tn+1;
             end
             if (t2==0&t3==1);
                tn=tn+1;
             end
             if(t4==0&t5==1);
                tn=tn+1;
             end
             if(t6==0&t7==1);
                tn=tn+1;
             end
             if(t1==0&t2==1);
                tn=tn+1;
             end
```

```
                if(t3==0&t4==1);
                  tn=tn+1;
                end
                if(t5==0&t6==1);
                  tn=tn+1;
                end
                if(t7==0&t8==1);
                  tn=tn+1;
                end
                  if tn==1;
                    if (t1==0)|(t7==0)|(t3==0&t5==0);
                      out1(x,y)=0;
                    end
                  end
              end
          end
      end
    end
    out1;
    in=out1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end
```

ฟังก์ชันการหาลักษณะเด่น

```
function out=ex_test(in);
  [row,col] = size(in);
  out = zeros(row,col);
    for i=2:row-1;
      for j=2:col-1;
        if in(i,j)==1;
          sum=0;
          data= in(i-1:i+1,j-1:j+1);
          p1=double(data(1,1));
          p2=double(data(1,2));
          p3=double(data(1,3));
          p8=double(data(2,1));
          p4=double(data(2,3));
          p7=double(data(3,1));
          p6=double(data(3,2));
          p5=double(data(3,3));
          sum= (abs(p2-p1))+(abs(p3-p2))+(abs(p4-p3))+(abs(p5-p4))+(abs(p6-p5))+(abs(p7-
p6))+(abs(p8-p7))+(abs(p1-p8));
          if sum == 2;
            out(i,j)=2;
          elseif sum == 6;
            out(i,j)=6;
          end
        end
      end
    end
    out;
```

ฟังก์ชันการตรวจสอบลายนิ้วมือ

```
%function out=match(in);
[data5,map] = imread('2_ccw_thinning.tif');
data_test=~data5;
data_test1=double(data_test);
in=ex_test1(data_test1);

%%%load variable
[test_x1,test_y1]=find(in==2);
[test_x2,test_y2]=find(in==6);
x_test=length(test_x1);
%y_test=length(test_x2);
%%%%%%database%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Test data1
[data1,map]=imread('1_thinning.tif');
data11=~data1;
data111=double(data11);

m1=ex_test1(data111);

[m1_x1,m1_y1]=find(m1==2);
[m11_x2,m11_y2]=find(m1==6);

s1=length(m1_x1);
%s11=length(m11_x2);

p1=min(s1,x_test);
%p11=min(s11,y_test);
```

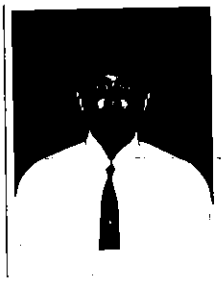
```
sm1=0;
for i=1:p1;
   z1=abs(m1_x1(i,1)-test_x1(i,1));
   u1=abs(m1_y1(i,1)-test_y1(i,1));
   an1=atan(u1/z1);
   if(z1<60)&(u1<60)&(an1<=(pi/6));
    sm1=sm1+1;
   end
end
k1=sqrt((sm1*sm1)/(s1*x_test));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Test data2
[data2,map]=imread('2_thinning.tif');
data22=~data2;
data222=double(data22);

m2=ex_test1(data222);

[m2_x1,m2_y1]=find(m2==2);
[m22_x2,m22_y2]=find(m2==6);

s2=length(m2_x1);
%s11=length(m11_x2);

p2=min(s2,x_test);
%p11=min(s11,y_test);

sm2=0;
for i=1:p2;
   z2=abs(m2_x1(i,1)-test_x1(i,1));
```

```
   u2=abs(m2_y1(i,1)-test_y1(i,1));
   an2=atan(u2/z2);
   if(z2<60)&(u2<60)&(an2<=(pi/6));
    sm2=sm2+1;
   end
end
k2=sqrt((sm2*sm2)/(s2*x_test));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%Test data3
[data3,map]=imread('3_thinning.tif');
data33=~data3;
data333=double(data33);

m3=ex_test1(data333);

[m3_x1,m3_y1]=find(m3==2);
[m33_x2,m33_y2]=find(m3==6);

s3=length(m3_x1);
%s11=length(m11_x2);

p3=min(s3,x_test);
%p11=min(s11,y_test);

sm3=0;
for i=1:p3;
   z3=abs(m3_x1(i,1)-test_x1(i,1));
   u3=abs(m3_y1(i,1)-test_y1(i,1));
   an3=atan(u3/z3);
   if(z3<60)&(u3<60)&(an3<=(pi/6));
    sm3=sm3+1;
```

```
   end
 end
 k3=sqrt((sm3*sm3)/(s3*x_test));

 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
 %%%Test data4
 [data4,map]=imread('4_thinning.tif');
 data44=~data4;
 data444=double(data44);

 m4=ex_test1(data444);

 [m4_x1,m4_y1]=find(m4==2);
 [m44_x2,m44_y2]=find(m4==6);

 s4=length(m4_x1);
 %s11=length(m11_x2);

 p4=min(s4,x_test);
 %p11=min(s11,y_test);

 sm4=0;
 for i=1:p4;
    z4=abs(m4_x1(i,1)-test_x1(i,1));
    u4=abs(m4_y1(i,1)-test_y1(i,1));
    an4=atan(u4/z4);

    if(z4<60)&(u4<60)&(an4<=(pi/6));
     sm4=sm4+1;
    end
 end
 k4=sqrt((sm4*sm4)/(s4*x_test));
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
out(1,1)=k1;
out(1,2)=k2;
out(1,3)=k3;
out(1,4)=k4;
out
a= max(out);
figure;imshow(data5,map);
hold on;
plot(test_x1,test_y1,'rs','MarkerFaceColor','r','MarkerSize',5);
plot(test_x2,test_y2,'bo','MarkerFaceColor','b','MarkerSize',5);
hold off;
```

ประวัติผู้เขียนโครงงาน



ชื่อ นาย ธีรัช มังกรเพ็ชร์

ภูมิลำเนา 147/4 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail : Ampmj23@hotmail.com

ชื่อ นาย ธีระยุทธ มาลัยบุตร

ภูมิลำเนา 48/3 ม.3 ต.คลองมะพลับ อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) จาก สถาบันเทคโนโลยี ราชมงคล วิทยาเขตตาก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail :Kotaroz0444 @hotmail.com