สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจสอบลายนิ้วมือ

Fingerprint Identification

นายณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์
นายอดิศักดิ์ ศรีสุริยสวัสดิ์

วพ.
QA3211
เลขหมู่ 2543
เลขทะเบียน 42831
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2545
.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบลายนิ้วมือ

Fingerprint Identification

โดย

นายณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์

นายอดิศักดิ์ ศรีสุริยสวัสดิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. วรวัตน์ ลิ้มโภคา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การตรวจสอบลายนิ้วมือ

Fingerprint Identification

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์ รหัสประจำตัว 40010219
2. นายอดิศักดิ์ ศรีสุริยวัสดิ์ รหัสประจำตัว 40010932

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. วรวัตน์ ลิ้มโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบลายนิ้วมือ

นายณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์ 40010219
นายอดิศักดิ์ ศรีสุริยสวัสดิ์ 40010932
ดร. วรวัตน์ ลิ้มโภคา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การตรวจสอบลายนิ้วมือมีบทบาทมากขึ้น ในการแยกแยะลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานต่างๆ ได้มีประสิทธิภาพ เช่น การเก็บลายนิ้วมือก่อนการทำบัตรประชาชน เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพราะเมื่อเวลาผ่านไป หน้าตาอาจเปลี่ยนไป อายุมากขึ้น แต่ลายนิ้วมือจะคงทนไปเปลี่ยนแปลง ขณะเดียวกัน เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลและแยกแยะข้อมูลลายนิ้วมือสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยเฉพาะกับข้อมูลจำนวนมากๆ การใช้คอมพิวเตอร์ทำให้เหมาะสมกว่า ดังนั้น การตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยคอมพิวเตอร์จะต้องมีความรวดเร็วและแม่นยำถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fingerprint Identification

Nattakorn Tangsupakitwong

Adisak Srisuriyasavad

Dr. vallavat limpoka

Advisor

ABSTRACT

Now,Fingerprint Analysis has a important role in classifying each person features.That makes process operates efficiently,for example: collect fingerprint before making ID card, because when the person in older, so will the face, but fingerprint is more durable.While the technology of computer is advancely developed, process fingerprint analysis by computer is easier and faster especially for and large amount of data, the computer is more suitable. So fingerprint analysis by computer is designed to run accurately and quickly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบลายนิ้วมือ

นายณัฐกร ตั้งสุภกิจวงศ์ 40010219
นายอดิศักดิ์ ศรีสุริยสวัสดิ์ 40010932
ดร. วรวัตน์ ลิ้มโภคา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การตรวจสอบลายนิ้วมือมีบทบาทมากขึ้น ในการแยกแยะลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานต่างๆ ได้มีประสิทธิภาพ เช่น การเก็บลายนิ้วมือก่อนการทำบัตรประชาชน เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล เพราะเมื่อเวลาผ่านไป หน้าตาอาจเปลี่ยนไป อายุมากขึ้น แต่ลายนิ้วมือจะคงทนไปเปลี่ยนแปลง ขณะเดียวกัน เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลและแยกแยะข้อมูลลายนิ้วมือสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วโดยเฉพาะกับข้อมูลจำนวนมากๆ การใช้คอมพิวเตอร์ทำให้เหมาะสมกว่า ดังนั้น การตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยคอมพิวเตอร์จะต้องมีความรวดเร็วและแม่นยำถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fingerprint Identification

Nattakorn Tangsupakitwong

Adisak Srisuriyasavad

Dr. Vallavat Limpoka

Advisor

ABSTRACT

Now,Fingerprint Analysis has a important role in classifying each person features.That makes process operates efficiently,for example: collect fingerprint before making ID card, because when the person in older, so will the face, but fingerprint is more durable.While the technology of computer is advancely developed, process fingerprint analysis by computer is easier and faster especially for and large amount of data, the computer is more suitable. So fingerprint analysis by computer is designed to run accurately and quickly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

สารบัญ III

สารบัญตาราง V

สารบัญภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 จุดประสงค์ และขอบเขตของโครงงาน 1

1.3 ประวัติการทำระบบตรวจสอบลายนิ้วมือ 2

บทที่ 2 ระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ และทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ 3

2.1 ที่มาของทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ 3

2.2 ลักษณะของจุดต่างๆ บนลายนิ้วมือ 3

2.2.1 จุด Delta 3

2.2.2 จุด Core 4

2.2.3 จุดลักษณะเฉพาะ 5

2.3 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ 6

2.4 วิธีการแยกแยะลักษณะของลายนิ้วมือโดยอาศัยทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ 9

2.5 การใช้คอมพิวเตอร์กับการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือโดยใช้ทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ 9

2.6 การเปรียบเทียบวิธีการนับเส้น สาวเส้น โดยใช้สายตามนุษย์ กับการใช้เครื่องอัตโนมัติ 11

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น 13

3.1 การเกลี่ยภาพ และการกำจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing & Noise Reduction) 13

3.2 ปรับปรุงความสว่างของภาพโดยใช้ฮิสโทแกรม (Histogram) 14

3.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) 19

3.4 การทำการทำวัตถุในภาพให้บาง (Thinning) 20

3.5 การหาจุดลักษณะเฉพาะจากภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ 21

บทที่ 4 การปรับปรุงอัลกอริทึม 23

4.1 การเกลี่ยภาพ และการกำจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing & Noise Reduction) 23

4.2 การปรับภาพให้สว่างโดยใช้ฮิสโทแกรมอิควอไลเซชัน (Histogram Equalization) 24

4.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) 26

4.4 การทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้บาง (Thinning) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ (Image Restoration) 34
4.6 การหาจุดสำคัญ 35
4.7 การเปรียบเทียบลายนิ้วมือ 37
บทที่ 5 การทดลอง และผลการทดลอง 38
5.1 โปรแกรม 38
5.1.1 การเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งต่อหนึ่ง 38
5.1.2 การเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสารระบบ 40
5.2 ผลการทดลอง 42
5.2.1 รูปแบบในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความคล้ายกับภาพชนิดต่างๆ 42
5.2.2 การทดลองที่ 1 ทดสอบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Gausian 42
5.2.3 การทดลองที่ 2 ทดสอบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Salt & pepper 42
5.2.4 การทดลองที่ 3 ทดสอบกับภาพเดียวกันแต่มีมุมของภาพหมุนต่างกัน 43
5.2.5 การทดลองที่ 4 ทดสอบกับภาพลายนิ้วมือของหลายบุคคล 44
5.3 ข้อเสนอแนะ 45
บรรณานุกรม 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงความน่าชื่อถือของระบบตรวจสอบทางชิวภาพ 1
ตารางที่ 2 แสดงค่าการจำแนกของค่าคุณสมบัติทางโทโปโลยีของ X_0 22
ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างค่าฮิสโทแกรมของรูปที่มีค่าสีขนาด 3 บิต 25
ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของกระบวนการฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น 26
ตารางที่ 5 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Gausian 42
ตารางที่ 6 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Salt & Pepper 43
ตารางที่ 7 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีมุมของภาพหมุนในระดับต่างๆกัน 44
ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือกับภาพหลายๆ ภาพ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta และจุด Delta ในนิ้วมือ 3
รูปที่ 2 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta และจุด Delta ในนิ้วมือ 4
รูปที่ 3 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Core และจุด Core ในนิ้วมือ 4
รูปที่ 4 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Core และจุด Core ในนิ้วมือ 5
รูปที่ 5 ตัวอย่างของจุดลักษณะเฉพาะ 5
รูปที่ 6 แสดงลักษณะของโค้งราบ 6
รูปที่ 7 แสดงลักษณะของโค้งกระโจม 6
รูปที่ 8 แสดงลักษณะของมัดหวายซ้าย 7
รูปที่ 9 แสดงลักษณะของมัดหวายขวา 7
รูปที่ 10 แสดงลักษณะของมัดหวายคู่ 8
รูปที่ 11 แสดงลักษณะของก้นหอย 8
รูปที่ 12 แสดงลักษณะซับซ้อน 8
รูปที่ 13 ภาพแสดงลายพิมพ์นิ้วมือชนิดมัดหวาย 11
รูปที่ 14 แสดงจุดลักษณะเฉพาะบนลายพิมพ์นิ้วมือ 12
รูปที่ 15 แสดงหน้าต่างขนาด 3*3 13
รูปที่ 16 รูปแสดงฮิสโทแกรมของรูปในแบบต่างๆ 15
รูปที่ 17 แสดงกราฟการขยายค่าสีบางช่วง 17
รูปที่ 18 แสดงการตัดสีบางช่วง 17
รูปที่ 19 แสดงการปรับฮิสโทแกรม 18
รูปที่ 20 แสดงหน้าต่างขนาด 3*3 21
รูปที่ 21 ภาพ แสดงหน้ากากขนาด 3*3 23
รูปที่ 22 แสดงผลลัพธ์ของขั้นตอนการเกลี่ยภาพและการกำจัดสัญญาณรบกวน 24
รูปที่ 23 แสดงผลการทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น 27
รูปที่ 24 แสดงภาพและค่าฮิสโทแกรม 27
รูปที่ 25 ภาพเส้นโค้งเรียบ 27
รูปที่ 26 แสดงการแบ่งภาพเป็นส่วนเพื่อการการแปลงภาพให้เป็นสองระดับ 29
รูปที่ 27 แสดงการแบ่งพื้นที่เพื่อทำกระบวนการแปลงภาพให้เป็นสองระดับ 30
รูปที่ 28 แสดงผลลัพธ์จากกระบวนการปรับภาพให้เป็นสองระดับ 30
รูปที่ 29 แสดงรูปแบบในการทำเส้นบาง 31
รูปที่ 30 แสดงผลการขาดของเส้น(a) และเมื่อแก้ไขด้วยรูปแบบ(I-j) ได้ผลดังรูป (b) 32
รูปที่ 31 แสดงรูปแบบในการตัดให้เรียบ 32
รูปที่ 32 แสดงความหนาเป็นขั้นบันได 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 33 แสดงรูปแบบการกำจัดความเป็นขั้นบันได 33
รูปที่ 34 แสดงผลลัพธ์จากกระบวนการทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้บาง 34
รูปที่ 35 รูปแสดงการเกินของกิ่งเล็กๆ และเส้นขาด 34
รูปที่ 36 แสดงผลลัพธ์การคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ 35
รูปที่ 37 แสดงการหาจุดสำคัญ 36
รูปที่ 38 รูปแสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งต่อหนึ่ง 38
รูปที่ 39 ภาพแสดงการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้น 39
รูปที่ 40 ภาพแสดงการเปรียบเทียบเสร็จสิ้น 40
รูปที่ 41 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ 41
รูปที่ 42 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ 41
รูปที่ 43 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของโครงงาน

งานด้านการตรวจสอบลายนิ้วมือเป็นชนิดหนึ่งของการตรวจสอบยืนยันตัวบุคคล และหากพูดถึงการยืนยันตัวบุคคลก็อาจกล่าวได้หลายรูปแบบ เช่น บัตรประจำตัว (ID Card) แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียคือ บัตรหาย การทำบัตรปลอม การขโมยบัตร ฯลฯ หรือถ้าใช้รหัสผ่าน (Password) ก็อาจลืมได้ ดังนั้นเทคโนโลยีด้านระบบตรวจสอบทางชีวภาพจึงมีความจำเป็น เทคโนโลยีด้านระบบตรวจสอบทางชีวภาพเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วได้ดังนี้

ชนิด	ความแพร่หลาย	ความเป็นเอกลักษณ์	ความคงทน	การเก็บสะสม	ประสิทธิภาพ	การยอมรับ
หน้า	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	สูง
ลายนิ้วมือ	กลาง	สูง	สูง	กลาง	สูง	กลาง
ลายมือ	กลาง	กลาง	กลาง	กลาง	กลาง	กลาง
ม่านตา	สูง	สูง	สูง	กลาง	สูง	ต่ำ
เรตินา	สูง	สูง	กลาง	ต่ำ	สูง	ต่ำ
ลายเซ็น	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	สูง	ต่ำ	สูง
เสียง	กลาง	ต่ำ	ต่ำ	กลาง	ต่ำ	สูง
อุณหภูมิ	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	กลาง	สูง

ตารางที่ 1 แสดงความน่าเชื่อถือของระบบตรวจสอบทางชีวภาพ

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าลายนิ้วมือมีคุณสมบัติที่ดีในการบงชี้บุคคลและนอกจากนี้ ในปัจจุบันมีการนำระบบตรวจสอบชีวภาพไปใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น

1. ระบบรักษาความปลอดภัยของธนาคาร เช่นการถ่ายโอนเงินทางอิเล็คทรอนิกส์ และ ATM
2. ระบบรักษาความปลอดภัยทางสารสนเทศ เช่นการเข้าถึงฐานข้อมูล ที่ต้องการความเป็นส่วนตัว
3. ด้านการอพยพ เช่น Immigration and Naturalization Service Passenger Accelered Service System (INSPASS) ได้ยอมให้ผู้อพยพใช้หลักฐานเป็นลายมือ ในการระบุตัว
4. การเลือกตั้ง จะใช้ลายนิ้วมือเป็นตัวตรวจสอบ

จุดประสงค์ และขอบเขตของโครงงาน

1. หาวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจสอบลายนิ้วมือ
2. สร้างระบบที่สามารถแยกลักษณะเด่นขึ้นมาจากรูปลายนิ้วมือใดๆได้
3. สร้างระบบที่สามารถระบุความคล้ายของลายนิ้วมือสองอันได้
4. สร้างระบบที่สามารถระบุชื่อเจ้าของลายนิ้วมือจากข้อมูลในฐานข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการทำระบบตรวจสอบลายนิ้วมือ

ลายนิ้วมือ คือ รูปลายนูนที่ปรากฏบนนิ้วมือของมนุษย์ ลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นตั้งแต่เกิด ซึ่งมนุษย์ได้ใช้ลักษณะดังกล่าวเป็นตัวระบุบุคคลเป็นเวลานานมาก แต่ที่ค้นพบหลักฐานชิ้นแรกเริ่มต้นในศตวรรษที่ 16

ในปี 1684 นักวิทยาศาสตร์ด้านโครงสร้างสัตว์ และพืชชื่อ N, Grew ได้ตีพิมพ์รายงานเกี่ยวกับลายเส้นนูน และ ลายเส้นร่อง ของลายนิ้วมือ ซึ่งรายงานฉบับนี้ได้ถือว่าเป็นรายงานฉบับแรกของโลกที่เกี่ยวข้องกับลายนิ้วมือ หลังจากนั้น นักวิจัยจึงได้มุ่งความสนใจไปที่การศึกษาลายนิ้วมือมากขึ้น

ในปี 1788 Mayor ได้ให้ลายละเอียดด้านแบบจำลองกายวิภาคของโครงสร้างรายนิ้วมือ

ในปี 1809 T. Bewick เริ่มใช้ลายนิ้วมือของเขาแทนเครื่องหมายการค้า และได้เชื่อกันว่าผลในครั้งนั้นทำให้เกิดแรงกระตุ้นสำคัญในการใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคล

ในปี 1823 Purkinje เริ่มแบ่งกลุ่มลายนิ้วมือออกเป็น 9 ชนิด โดยแบ่งตามรูปร่างของรูปลายนูน

ในปี 1880 H. Fauld ได้เสนอความคิดถึงความเป็น เอกลักษณ์ และ โดดเด่นของลายนิ้วมือ ในเวลาเดียวกัน Herschel ได้เปิดเผยว่าเขาได้ทดลอง การระบุตัวบุคคลด้วยลายนิ้วมือได้สำเร็จแล้วโดยใช้เวลาทั้งสิ้น 20 ปี และการค้นพบของเขาก่อให้เกิดต้นแบบการระบุตัวคนด้วยลายนิ้วมือในสมัยใหม่

ปลายศตวรรษที่ 18 Sir F.Galton ได้บรรยายผลการศึกษาของลายนิ้วมือ และเขาได้นำเสนอว่าจุดขาดคือลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ ในปี 1888

ในปี1899 E. Henry ได้พัฒนากระบวนการตรวจสอบลายนิ้วมือขึ้น เขามีชื่อเสียงอย่างมากขึ้นมาจากการสร้างระบบ “Henry System” ในการทำการจำแนกกลุ่มของลายนิ้วมือ

ก่อนศตวรรษที่ 20 ได้มีความรู้ในลายนิ้วมือโดยสรุปได้ดังนี้

- มีความเป็นเอกลักษณ์ทั้งในแต่ละคน และแต่ละนิ้ว
- ในความหลากหลายของลายนิ้วมือนี้เราสามารถแบ่งกลุ่มได้
- ลักษณะของจุดขาดของเส้นนูนและเส้นร่องจะคงที่ได้เปลี่ยนแปลงไปตลอดชีวิต

และนอกจากนี้ การใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคลยังได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการว่าให้ผลที่น่าเชื่อถืออีกด้วย ในเวลาต่อมาก็ได้พัฒนามาใช้ในทาง กฎหมายอย่างเป็นทางการ และยังพัฒนาเพื่อการตรวจจับคนร้ายได้อีกด้วย

ก่อนปี 1960 Federal Bureau of Investigation (FBI) ได้ร่วมมือกับ กรมตำรวจจากปารีส ในการพัฒนาระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติ(Automatic Fingerprint Identification System) ได้เป็นผลสำเร็จ และได้ทำมาใช้แทนที่ระบบเดิมที่ใช้ในด้านกฎหมาย และการตรวจจับคนร้าย ระบบดังกล่าวทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและลดค่าจ้าง ค่าฝึกฝนพนักงานตรวจสอบ เป็นอย่างมาก และต่อมาจึงเป็นที่แพร่หลายไปสู่ประชาชนทั่วไป ทำให้การทำการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นได้แพร่หลายมากที่สุดในระบบตรวจสอบชีวภาพ

ถึงแม้ว่าระบบตรวจสอบแบบอัตโนมัติจะได้รับการพัฒนามาเป็นเวลา 30 ปีแล้วแต่ก็ยังไม่สามารถระบุกระบวนการที่ตายตัวได้ชัดเจนอันเนื่องมาจากปัจจัยด้านต่างๆ เช่น จำนวนรูปที่ตรวจสอบ คุณภาพรูปที่ตรวจสอบ ซึ่งก็ยังคงต้องพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ และทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ

2.1 ที่มาของทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ

ในระยะแรกเริ่มของการนำลายพิมพ์นิ้วมือมาใช้ประโยชน์ ทำโดยการนำลายพิมพ์นิ้วมือที่ได้ไปทำการให้ค่ารหัสลายพิมพ์นิ้วมือระบบ Henry System ต่อมาได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นตามระบบ FBI ซึ่งกระบวนการทั้งหมดก็ยังคงเป็นเพียงการจัดกลุ่มลายนิ้วมือของบุคคลจำนวนมากเข้าไว้ด้วยกัน แต่เมื่อเก็บสะสมไว้เป็นจำนวนหลาย ๆ ล้านคนก็เริ่มเกิดความยุ่งยากในการตรวจสอบค้นหา เพราะปริมาณงานที่มีเข้ามามากในวันหนึ่ง ๆ ทำให้ระบบการตรวจสอบด้วยมือคนเริ่มเกิดความผิดพลาดมากขึ้น ๆ คุณภาพของงานไม่คงที่แน่นอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอาลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาจากสถานที่เกิดเหตุเข้าตรวจสอบกับฐานข้อมูลซึ่งมีจำนวนนิ้วมือนับล้านนิ้วโดยระบบมือคนจึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากมาก

กรมตำรวจในเมืองใหญ่ ๆ ต่างก็ทราบถึงปัญหานี้และพยายามมองหาวิธีการในการพิสูจน์ตัวบุคคลในระบบใหม่ๆ จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ.2503 (ค.ศ.1960) Pierre Thibault ตำรวจชาวฝรั่งเศสได้คิดค้นทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ (Minutiae) คือ เส้นแยก เส้นแตก เส้นขาด บนลายนิ้วมือ โดยกำหนดจุดไหลเวียนของลายเส้นไว้พร้อมทั้งความสัมพันธ์ของจุดใกล้เคียงซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวคนโดยไม่มีการซ้ำกับบุคคลอื่น ได้สร้างระบบฐานข้อมูลขึ้นทดลองการใช้งานทฤษฎีนี้ ต่อมาในปี พ.ศ.2510 (ค.ศ.1967) หน่วยงานรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ได้แก่ US National Bureau of Standards ร่วมกับ FBI ค่อย ๆ พัฒนาทฤษฎีของฝรั่งเศสนี้จนเป็นที่รู้จักแพร่หลายใช้กันอยู่เรียกว่า The Minutiae Based System

2.2 ลักษณะของจุดต่างๆ บนลายนิ้วมือ

2.2.1 จุด Delta (หรือ Ridge Dot) หมายถึง จุดบนลายนูน ที่อยู่ตรงกลางของบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta ซึ่งคือบริเวณที่มีลักษณะของลายเหมือนรูปสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่เป็น Delta ซึ่งได้ถูกล้อมด้วยกรอบสี่เหลี่ยม และจุด Delta อยู่ตรงกลางของบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta

รูปที่ 1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta และจุด Delta ในนิ้วมือ

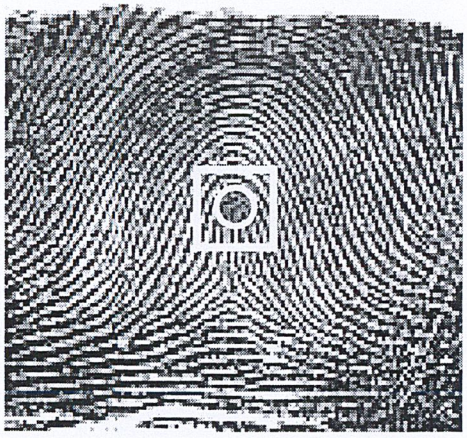
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Delta และจุด Delta ในนิ้วมือ

2.2.2 จุด Core หมายถึง จุดบนเส้นโค้งของลายนูน โดยที่ลักษณะของเส้นโค้งนั้นต้องเป็นลักษณะที่โค้งขึ้น และเริ่มกลับตัวลง หรือเริ่มจะกลายเป็นโค้งลง แล้วจึงวิ่งสวนทางกันกับในตอนแรกก่อนที่จะโค้งลง เส้นโค้งลายนูนนี้จะต้องเป็นเส้นโค้งลายนูนที่อยู่ชั้นในสุดของบริเวณที่มีรูปแบบเป็น Core ซึ่งเป็นลักษณะของบริเวณที่มีรูปแบบเป็นเส้นโค้งที่โค้งขึ้นมาซ้อนๆ กันหลายเส้น จากโค้งวงกว้างลดลงมาเรื่อยๆ จนโค้งเล็กที่สุด (เส้นที่อยู่ในที่สุดอาจไม่เป็นเส้นโค้งก็ได้)

รูปที่ 3 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Core และจุด Core ในนิ้วมือ

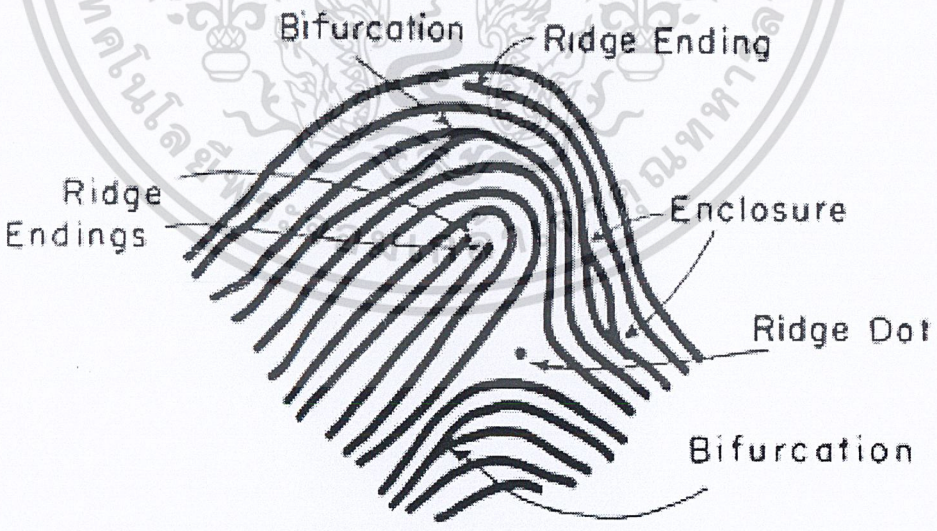
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงบริเวณที่มีลักษณะเป็น Core และจุด Core ในนิ้วมือ

2.2.3 *ลักษณะเฉพาะ (Minutiae)* เป็นลักษณะเฉพาะในลายนิ้วมือของแต่ละคน ซึ่งจะประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ 3 ชนิดคือ

1. *จุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation)* เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทาง
2. *จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending)* เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนในบริเวณปลายสุดของลายนูน
3. *จุดพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure)* เป็นจุดที่อยู่บนลายนูนที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทาง แล้วสองเส้นทางนั้นกลับมาบรรจบเป็นหนึ่งเส้นทางอีกครั้งซึ่งทำให้เกิดพื้นที่ปิดล้อม (Enclosure) ที่ไม่มีลายนูนอยู่ภายในขึ้น



รูปที่ 5 ตัวอย่างของจุดลักษณะเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ

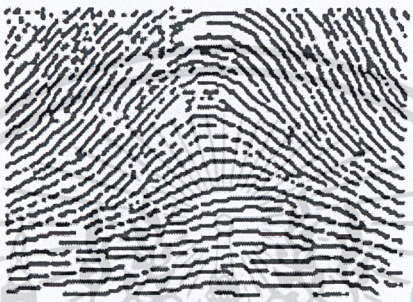
รูปแบบของลายนูนในภาพลายนิ้วมือ สามารถจัดรูปแบบออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ

1. *กลุ่มเส้นโค้ง (Arch)*

มีลักษณะการวิ่งของลายนูน จากลักษณะที่ขนานกับพื้นราบแล้วพุ่งโค้งขึ้นแล้วจึงมีการวิ่งในลักษณะขนานกับพื้นราบอีกครั้ง เส้นโค้งแบบ Arch นี้จะไม่มี Delta ให้เห็น

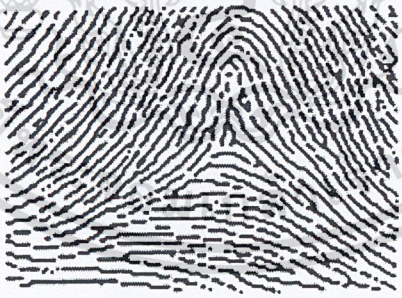
กลุ่มเส้นโค้งนี้สามารถแบ่งรูปแบบได้เป็น 2 รูปแบบคือ

1.1 โค้งราบ (Plane Arch) เป็นกลุ่มเส้นโค้งที่ ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปข้างหนึ่ง โดยไม่เกิดมุมแหลม หรือเส้นพุ่งขึ้นตรงกลาง



รูปที่ 6 แสดงลักษณะของโค้งราบ

1.2 โค้งกระโจม (Tented Arch) ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นลายเส้นพุ่งขึ้นโดยเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก



รูปที่ 7 แสดงลักษณะของโค้งกระโจม

2. *กลุ่มมัดหวาย (Loop)*

มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านใดด้านหนึ่งมาที่บริเวณกลางนิ้วมือ แล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบนแล้วจึงโค้งลง และวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา กลุ่มมัดหวายนี้จะมี Delta อยู่หนึ่งจุด

กลุ่มมัดหวายที่พบในลายนิ้วมือทั่วไป สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 กลุ่มมัดหวายเดี่ยว (Single Loop) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1.1 มัดหวายซ้าย (Left Loop) มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านซ้ายมาที่บริเวณกลางนิ้วมือ แล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบนแล้วจึงโค้งลง และวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา

รูปที่ 8 แสดงลักษณะของมัดหวายซ้าย

2.1.2 มัดหวายขวา (Right Loop) มีลักษณะของการวิ่งของลายนูนจากทางด้านขวามาที่บริเวณกลางนิ้วมือ จากนั้นวิ่งขึ้นไปด้านบนแล้วจึงโค้งลง และวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา

รูปที่ 9 แสดงลักษณะของมัดหวายขวา

2.2 กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop) เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมกันของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มรวมกันเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนูนอาจมาจากทางด้านเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่งจะมีรูปแบบเป็นลักษณะของโค้งขึ้นและอีกกลุ่มจะมีลักษณะโค้งลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 แสดงลักษณะของมัดหวายคู่

3. *กลุ่มก้นหอย (Whorl)*

ลักษณะการวิ่งของลายนูนมีรูปแบบเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปวงกลมจากวงใหญ่ ค่อยๆ เล็กลงไปเรื่อยๆ จนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุดอยู่ด้านใน กลุ่มก้นหอยนี้ จะมี Delta ตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป

รูปที่ 11 แสดงลักษณะของก้นหอย

4. *กลุ่มซับซ้อน (Accidental)*

เป็นลักษณะของลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถจัดเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้ ซึ่งมักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน

รูปที่ 12 แสดงลักษณะซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วิธีการแยกแยะลักษณะของลายนิ้วมือโดยอาศัยทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ

เป็นวิธีการกำหนดจุดตำแหน่งซึ่งเป็นลักษณะโดดเด่นของลายนิ้วมือ เนื่องจากเส้นลายนิ้วมือส่วนใหญ่จะเป็นเส้นเดี่ยวเริ่มที่ด้านหนึ่งของนิ้วมือ ลากผ่านไปออกที่ปลายอีกด้านหนึ่งของนิ้วมือ แต่จะมีบางลายเส้นที่ไม่ได้เริ่มต้นหรือสิ้นสุดที่ข้างใดข้างหนึ่งของนิ้วมือ หรือ เป็นเส้นสั้น ๆ หรือไม่ได้เป็นเส้นเดี่ยวตลอดลาย กล่าวคือ เป็นเส้นแยก เส้นแตก เส้นขาด หรือ จุดใจกลางของลายเส้นในลายนิ้วมือแต่ละนิ้ว จุดที่กำหนดขึ้นนี้คล้ายจุดลูกน้ำที่มีหัวและหาง แสดงการไหลเวียนของลายนิ้วมือ เรียกว่า "Minutiae" และต้องตั้งอยู่บนแกน X (เส้นนอน) และแกน Y (เส้นตั้ง)

ตำแหน่งของจุดลักษณะเฉพาะของแต่ละนิ้ว เมื่อลากเส้นตรงเข้าหากันจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของจุดใกล้เคียงและสามารถวัดได้เป็นองศาของมุมต่างๆ รอบๆ จุดใจกลาง เสมือนหนึ่งสร้างแผนที่ลายเส้นบนนิ้วมือ ซึ่งลายนิ้วมือของแต่ละนิ้วและของแต่ละคนจะไม่มีซ้ำกัน และสามารถกำหนดจุดได้ถึงประมาณ 150 จุดบนหนึ่งนิ้วมือคน

2.5 การใช้คอมพิวเตอร์กับการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือโดยใช้ทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ

2.5.1 การทำงานของเครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมือ

2.5.1.1 ส่วนประกอบหลัก

เครื่องตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ(AFIS) ประกอบด้วยระบบย่อย (Sub System) จำนวน 3 ส่วน โดยกรรมวิธีเริ่มต้นที่ระบบย่อยของการป้อนข้อมูล (Input Subsystem, I-SUB) Fingerprint Reader (FR) จะบันทึกภาพของลายพิมพ์นิ้วมือและสถิติข้อมูลต่าง ๆ เช่น จุดลักษณะตำหนิพิเศษ ซึ่งเรียกว่า "Minutiae" (จุดตรงที่ลายเส้นของลายพิมพ์นิ้วมือจบลง หรือจุดตรงที่ลายเส้นแยกออกจากกัน) และความสัมพันธ์ระหว่างจุดลักษณะเฉพาะต่าง ๆ FR สามารถอ่านลายพิมพ์นิ้วมือได้ด้วยความเร็วประมาณ 15 วินาทีต่อแผ่นลายนิ้วมือ 10 นิ้วรายละเอียดที่อ่านแล้วจะถูกส่งไปปรากฏบนจอภาพ Fingerprint Input Monitor (FIM) ซึ่งเป็นจุดที่เจ้าหน้าที่จะตรวจสอบความถูกต้องและตบแต่งแก้ไขภาพของลายพิมพ์นิ้วมือพร้อมทั้งป้อนรายละเอียดเกี่ยวกับเจ้าของลายพิมพ์นิ้วมือ

เมื่อลายพิมพ์นิ้วมือได้ผ่านขั้นตอนการอ่านโดย FR และ FIM แล้วข้อมูลจะถูกส่งไปยังระบบย่อยของการเปรียบเทียบ Matching Subsystem (M-SUB) ใน M-SUB นี้ ลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรวจสอบจะถูกตรวจเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือที่เก็บอยู่ในสารบบข้อมูลพื้นฐานเครื่องมือหลักของ M-SUB คือ Fingerprint Matching Processor (FMP) ทำหน้าที่เปรียบเทียบจุดลักษณะเฉพาะของลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรวจสอบกับข้อมูลจุดลักษณะเฉพาะของลายพิมพ์นิ้วมือที่เก็บอยู่ในสารบบ และในที่สุดจะพิมพ์รายงานบัญชีที่ถูกเลือก (Candidate List) ซึ่งเป็นบัญชีการให้คะแนนของการเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือที่ตรงกับลายพิมพ์นิ้วมือตรวจสอบ (HIT) ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผู้ที่มีคะแนนสูงสุดในบัญชีที่ถูกเลือก ในการที่จะนำภาพลายพิมพ์นิ้วมือให้มาปรากฏบนจอภาพเพื่อความสะดวกในการที่ผู้ชำนาญลายพิมพ์นิ้วมือจะมาตรวจยืนยันความถูกต้องในครั้งสุดท้าย

ข้อมูลที่ได้รับจาก M-SUB จะถูกส่งต่อไปยังระบบย่อยของการนำกลับมาของภาพ Image Retrieval Subsystem (DIRS) ซึ่งเป็นจุดที่ลายพิมพ์นิ้วมือป้อนเข้าที่ I-SUB จะนำมาเก็บรักษาไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง (Optical Disks) และภาพเหล่านี้จะสามารถเรียกกลับมาได้ตลอดเวลาเมื่อต้องการ ในการบันทึกภาพลายพิมพ์นี้จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ซึ่งเรียกว่า Optical Disk Unit (ODU)

2.5.1.2 วิธีปฏิบัติงาน

การบันทึกข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วกระทำได้โดยนำแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วเข้าเครื่องอ่านอัตโนมัติครั้งละ 100 ฉบับ เครื่องจะประทับให้หมายเลขประจำแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือทีละแผ่นไว้ด้านหลังแล้วเลื่อนแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือผ่านเลนส์ของเครื่องกราดภาพ (Scanner) โดยลูกกลิ้งยางและเครื่องดูดลม (hopper) เครื่องจะแยกแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมือไว้เป็น 2 กอง กองที่เครื่องอ่านค่าจุดลักษณะไม่ได้เพราะลายเส้นต่ำพร่ามัว และกองที่เครื่องอ่านจุดลักษณะเฉพาะเสร็จแล้ว แต่ละครั้งที่เครื่องอ่านเสร็จเรียบร้อยเจ้าหน้าที่สามารถตรวจทานลายเส้นและพิมพ์รายละเอียดข้อความเช่นชื่อ ชื่อสกุล เชื้อชาติ สัญชาติ เพศ ฯลฯ และให้รหัสประเภทลายพิมพ์นิ้วมือ ตลอดจนตำแหน่งนิ้วที่บันทึก เช่น นิ้วที่ 1 (หัวแม่มือขวา ประเภท w (ก้นหอย) ฯลฯ ไปจนครบนิ้วทั้ง 10 นิ้ว

ค้นหา และกำหนดจุดลักษณะเฉพาะของลายเส้นในลายพิมพ์นิ้วมือแต่ละนิ้ว พร้อมแสดงทิศทางการไหลเวียนของลายเส้น แล้วกำหนดหรือให้ค่าของแต่ละจุดลักษณะเฉพาะที่ได้โดยเก็บไว้ในค่าของเลขฐานสอง (Binary Pattern Direction)

กำหนด โครงสร้างลายเส้นนิ้วมือเป็นสีแดงตัดกับพื้นสีน้ำเงินบนจอภาพ

ค้นหาและกำหนดจุดใจกลาง (Core) โดยการสร้างแกน x และแกน y ให้ผู้ตรวจสอบเลื่อนทเศทางให้แกน x ตรงกับจุดใจกลาง

ค้นหาและกำหนดจุดลักษณะเฉพาะตามตำแหน่ง เส้นแยก เส้นแตก เส้นขาด พร้อมกับลากเส้นความสัมพันธ์ระหว่างจุดลักษณะเฉพาะโดยที่เริ่มจากจุดใจกลาง (Core) เป็นลำดับ (Detection of Relationship between minutiae) การสร้างเส้นความสัมพันธ์ระหว่างจุดนี้มีลักษณะคล้ายกับเส้นแผนที่บนลายนิ้วมือของแต่ละนิ้ว ซึ่งจะไม่มีการซ้ำกันเลยในแต่ละคน

เก็บตัวเลขจุดลักษณะเฉพาะที่ตรวจพบไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

2.5.1.3 การบันทึกข้อมูลแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือแฝง

มีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกับลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว แต่เพิ่มขั้นตอนให้ละเอียดยิ่งขึ้น กล่าวคือ ลายพิมพ์นิ้วมือแผงที่เก็บมาจากสถานที่เกิดเหตุ ต้องนำมาถ่าย และขยายเป็น 5 เท่าด้วยกล้องถ่ายรูปคุณภาพสูงแล้วจึงนำเข้าเครื่องอ่าน (Reader) พร้อมกันนั้นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญทำการวาดต่อลายเส้นที่เลอะเลือน ขาดหาย พร่ามัว ให้ชัดเจนมากขึ้น (Tracing) เสร็จแล้วจึงทำการย่อส่วนให้เท่าเดิม จากนั้นจึงให้เครื่องอ่านจุดลักษณะเฉพาะบันทึกเก็บเป็นค่าตัวเลขไว้ในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป

หน่วยความจำ ลายพิมพ์นิ้วมือแฝงจะแยกเก็บไว้ต่างหากเฉพาะภาพสองระดับที่เป็นโครงลายเส้นในจานเก็บแบบแม่เหล็ก

ทั้งนี้ เครื่องอ่านลายพิมพ์นิ้วมือแฝง (Reader) และเครื่องพิมพ์ภาพ (Image Printer) จะต้องมีเพิ่มไว้ต่างหาก เพื่อแยกการใช้งานระหว่างพิมพ์ลายนิ้วมือ 10 นิ้ว กับพิมพ์ลายนิ้วมือนิ้วเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ขอบข่ายการทำงาน

2.5.2.1 ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ กับลายพิมพ์นิ้วมือสิบนิ้วของคนร้ายที่เก็บไว้ในสารระบบ การตรวจพิสูจน์ประเภทนี้ เรียกว่า Latent to Tenprint Inquiry (LI)

2.5.2.2 ตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือสิบนิ้ว ของอาชญากร หรือผู้ต้องสงสัยกับลายพิมพ์นิ้วมือแฝงที่เก็บไว้ในสารระบบ เรียกว่า Tenprint to Latent Inquiry (TLI)

2.5.2.3 ตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมือสิบนิ้วกับลายพิมพ์นิ้วมือสิบนิ้วในสารระบบ เป็นการตรวจยืนยันตัวบุคคล เพื่อตรวจสอบประวัติ วิธีการนี้เรียกว่า Tenprint to Tenprint Inquiry (TI)

2.5.2.4 ตรวจพิสูจน์ลายพิมพ์นิ้วมือแฝง ในคดีหนึ่งกับลายพิมพ์นิ้วมือแฝงในคดีอื่น ๆ ที่เก็บไว้ในสารระบบ เพื่อจะทราบว่าคดีต่างคดีกัน ได้เกิดขึ้นโดยบุคคลเดียวกันหรือไม่ การตรวจสอบประเภทนี้เรียกว่า Latent to Latent Inquiry (LLI)

2.6 การเปรียบเทียบวิธีการนับเส้น สาวเส้นโดยใช้สายตามนุษย์ กับการใช้เครื่องอัตโนมัติ

รูปที่ 13 ภาพแสดงลายพิมพ์นิ้วมือชนิดมัดหวาย

ในภาพที่ 13, 14 เป็นภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเดียวกัน การให้ค่ารหัสในภาพที่ 13 ด้วยการส่องดูภายในแว่นขยาย ด้วยสายตามนุษย์จะให้รายละเอียด 2 ประการด้วยกัน คือ

1. ภาพนี้จัดอยู่ในประเภท "มัดหวาย"
2. ถ้าลากเส้นจากจุดสันดอน (Delta) ถึงจุดใจกลาง (Core) จะนับเส้นได้ 18 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 14 แสดงจุดลักษณะเฉพาะบนลายพิมพ์นิ้วมือ

ในภาพที่ 13 ถ้าเข้าเครื่องอ่าน (Image Scanner) เครื่องจะไม่คำนึงถึงจุดใจกลาง หรือจุดสันดอน แต่เครื่องจะอ่านเฉพาะตำแหน่งที่มีเส้นแยก เส้นแตก (Bifurcation) หรือ เส้นขาด (Ridge Ending) และจุดตำแหน่งเหล่านี้เรียกว่า "Minutiae" ในภาพนี้จะนับจำนวนจุดลักษณะเฉพาะได้ถึง 115 จุด ซึ่งถือเป็นลักษณะพิเศษของลายนิ้วมือแต่ละนิ้วที่จะไม่มีการซ้ำกันเลย ในการเปรียบเทียบจริงในระบบพิมพ์ลายนิ้วมือ 10 นิ้ว จะใช้เพียง 8 จุด ก็เพียงพอที่จะใช้ยืนยันตัวบุคคลได้แล้ว โดยที่การเก็บภาพไว้นั้นแทนที่จะเก็บไว้ถึง 10 นิ้ว ซึ่งสิ้นเปลืองงบประมาณในทางปฏิบัติจะเก็บไว้เพียง 2 นิ้ว ได้แก่นิ้วชี้ซ้าย-ขวา หรือหัวแม่มือซ้าย - ขวา

สำหรับกรณีลายนิ้วมือแฝง (Latent Print) ที่เก็บมาจากสถานที่เกิดเหตุอาจจะได้มาไม่เต็มนิ้ว การตรวจสอบเรียบเทียบ อาจจะต้องใช้ถึง 20 จุด จึงจะยืนยันตัวบุคคลได้โดยไม่ผิดพลาด

เครื่องอ่านคอมพิวเตอร์จะไม่มองภาพลายเส้น แต่จะบันทึก "แผนที่ " ตั้งของลายเส้นแยก เส้นแตก เส้นขาด เรียกว่า จุดลักษณะเฉพาะ (Minutiae) ตามภาพที่ 14 พร้อมกันนั้นจะบอกทิศทางการไหลเวียนของลายเส้นและจับมุมองศา (Angle) ของจุดใกล้เคียงไว้ ดังนั้นในการอ่านพิมพ์ลายนิ้วมือของภาพที่ 13 เครื่องอ่านจะบอกให้ทราบ 3 ประการ คือ

1. นับจุดลักษณะเฉพาะได้ 115 จุด พร้อมแผนที่ตั้งของจุดเหล่านี้
2. บอกทิศทางการไหลเวียนของ จุดลักษณะเฉพาะแต่ละกลุ่ม
3. บอกความสัมพันธ์กันของแต่ละกลุ่มจุดลักษณะเฉพาะตามข้อ 2

ตามภาพที่ 14 เครื่องคอมพิวเตอร์จะบันทึก จุดลักษณะเฉพาะ และสร้างแผนที่จุดลักษณะเฉพาะ และสร้างแผนที่จุดลักษณะเฉพาะ พร้อมทั้งทิศทางการไหลเวียนของลายเส้นตามทิศทางของหัวลูกศรแผนที่ที่สร้างจะเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบ (Matching) ในคราวต่อไปโดยไม่ผิดพลาดเพราะเป็นคุณลักษณะพิเศษของลายพิมพ์นิ้วมือที่ไม่มีการซ้ำกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่นำมาประยุกต์ นำมาปรับปรุงใช้ในการทำทำโครงงานนี้

3.1 การเกลี่ยภาพ และการกำจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing & Noise Reduction)

เทคนิคที่ใช้ในการเกลี่ยภาพ สามารถช่วยลดสัญญาณรบกวนซึ่งอยู่ภายในภาพ ซึ่งสัญญาณรบกวนนี้อาจเกิดจากความบกพร่องของภาพเอง หรือเกิดจากสัญญาณรบกวนในขั้นตอนที่สแกนภาพเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับการทำงานของกระบวนการเหล่านี้อาศัยหลักการที่ว่า จุดใดๆ ในภาพจะต้องมีความสว่างสัมพันธ์กับจุดที่อยู่รอบๆ สำหรับวิธีการที่ใช้ทั่วไปคือ วิธีการเฉลี่ยค่ารอบย่าน (Average Filtering) โดยทำการแทนจุดใดๆ ในอะเรย์ของภาพ ด้วยค่าเฉลี่ยกับค่าของจุดรอบๆ ที่อยู่ภายในตัวกรอง (Filter Mask)

ตัวอย่างเมื่อใช้ตัวกรองขนาด 3*3 จุด ซึ่งภายในตัวกรองดังกล่าวจะประกอบไปด้วยจุดต่างๆ ตั้งแต่ X_0-X_8 ดังรูปที่ 15 โดยมีจุด X_0 เป็นจุดที่ต้องการพิจารณา

X_4	X_3	X_2
X_5	X_0	X_1
X_6	X_7	X_8

*รูปที่ 15 แสดงหน้าต่างขนาด 3*3*

ค่าของ X0 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นค่าที่ได้จากสมการ

$$X_0 = \frac{1}{9}\sum_{i=0}^{8} x_i$$

กระบวนการนี้จะทำกับทุกๆ จุดในรูปภาพ แต่ผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการจากกระบวนการนี้คือ บางครั้งผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะเบลอไม่ชัดเจน

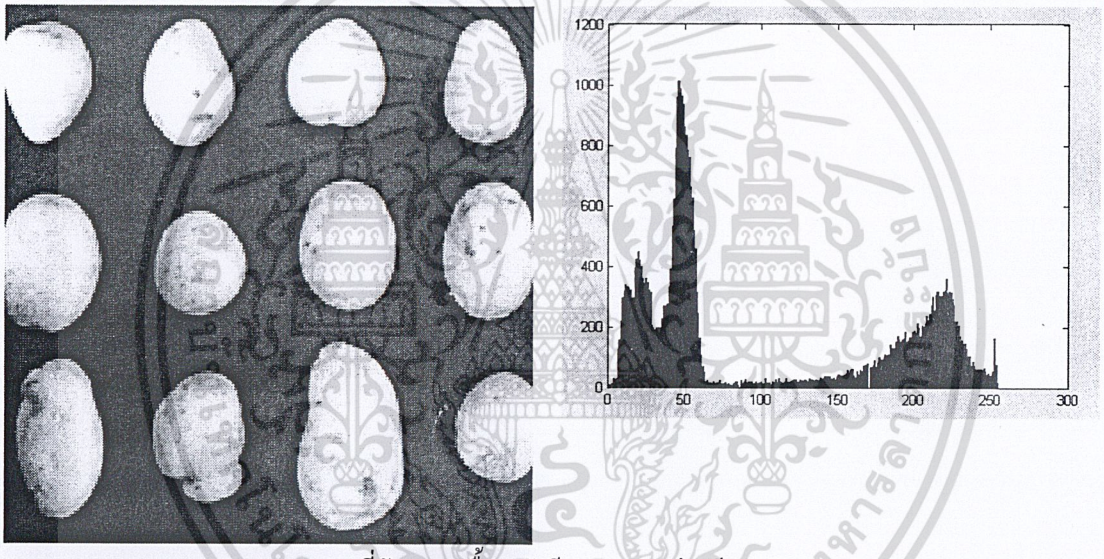
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปรับปรุงความสว่างของภาพโดยใช้ฮิสโทแกรม (Histogram)

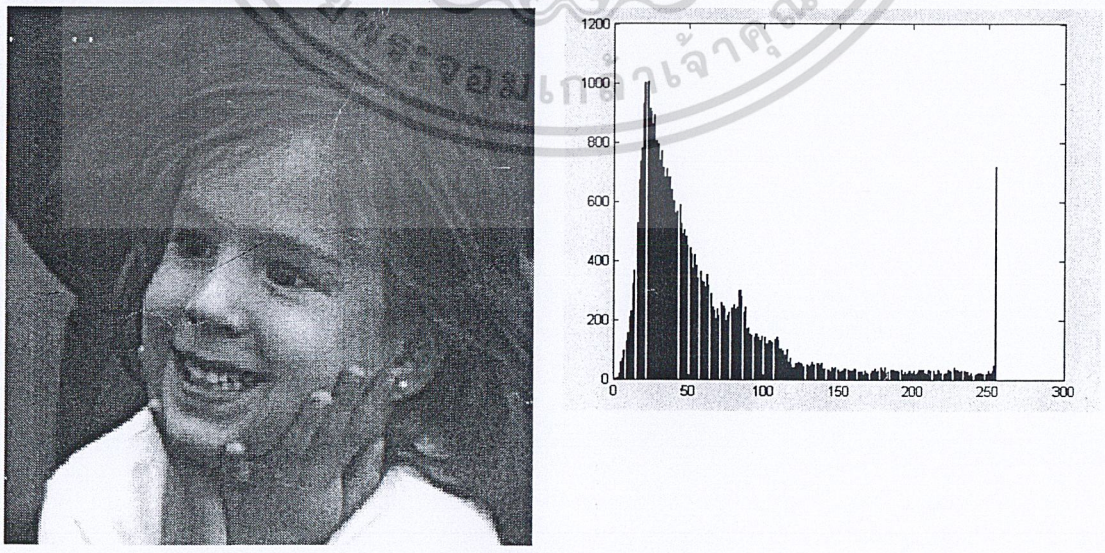
ภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่สแกนมาจะอยู่ในรูปแบบขาวดำเทา (gray scale) ซึ่งค่าของสีแบ่งเป็น 256 ระดับ แต่เนื่องจากรูปที่เราได้มาจากการสแกนอาจมีความต่างของระดับไม่ชัดเจน ดังนั้นเราจึงแก้ปัญหาด้วยหลักการของฮิสโทแกรมดังนี้

3.2.1 ฮิสโทแกรม

ฮิสโทแกรมของรูป คือกราฟแสดงค่าสีต่อจำนวนจุดที่มีค่าสีนั้นๆ ระดับของฮิสโทแกรมให้ข้อมูลที่เป็นธรรมชาติของรูป หรือบางส่วนของรูป ถ้าเราพิจารณาวัตถุข้างในรูป ตัวอย่างรูปที่มีความชัดเจนต่ำจะมีกราฟฮิสโทแกรมในลักษณะแคบมาก นอกจากนั้นถ้ากราฟมีแนวโน้มส่วนใหญ่ไปทางขวาทำให้ภาพที่ได้สว่าง ในทางตรงกันข้ามถ้ากราฟมีแนวโน้มส่วนใหญ่ไปทางซ้ายทำให้ภาพที่ได้มืด และถ้ามีแนวโน้มสูงทั้งสองข้างหมายถึงรูปที่ได้มีส่วนวัตถุและส่วนภาพพื้นหลัง

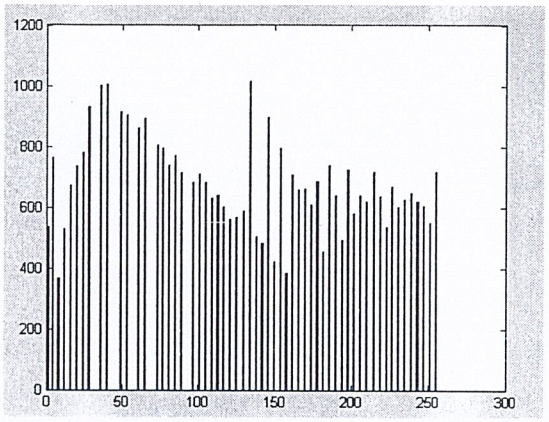


ภาพที่วัตถุและพื้นหลังมีความแตกต่างสีมากๆ



ภาพก่อนการปรับความสว่างภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพหลังการทำฮิสโทแกรม

รูปที่ 16 รูปแสดงฮิสโทแกรมของรูปในแบบต่างๆ

รูปร่างของฮิสโทแกรมนั้นเราสามารถพิจารณาเป็นรูปร่างคงที่ ฮิสโทแกรมถูกใช้เพื่อบ่งบอกลักษณะของความหลากหลายของระดับสี เรากำหนดค่าอัตราส่วนขั้นที่หนึ่ง (first-order histogram probability) ดังสูตร

$$P(g) = \frac{N(g)}{M}$$

เมื่อ

M คือจำนวนจุดทั้งหมดในรูป

N(g) คือจำนวนจุดที่มีค่าสี g ที่ค่า g ใดๆ

เราพบว่าค่า $P(g)$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 รูป นอกจากนี้เราสามารถวัดผลจากการหาค่าต่างๆ จากรูปฮิสโทแกรม ดังเช่น ค่าเฉลี่ย ค่าอัตราส่วน(standard deviation) ค่าเบี่ยงเบน และพลังงาน

การหาค่าเฉลี่ยใช้ในการบอกเกี่ยวกับค่าความสว่างทั่วไปของรูป รูปที่สว่างจะได้ค่าเฉลี่ยที่สูง กว่ารูปที่มืด ถ้าเราให้ค่า L เป็นจำนวนสีที่ใช้ ซึ่งทำให้ค่าระดับสีมีตั้งแต่ 0 ไปจนถึง L –1 ยกตัวอย่างเช่น รูป 8 บิต มีค่า L เป็น 256 มีช่วงระหว่าง 0-255 เรากำหนดค่า เฉลี่ยได้จาก

$$\overline{g} = \sum_{g=0}^{L-1} (g - \overline{g}) P(g) = \sum_{r} \sum_{c} \frac{I(r,c)}{M}$$

ถ้าเราใช้สมการในส่วนหลัง เป็นการรวมทั้งแถว และหลักที่มีผลตอบสนองกับจุดในรูปที่พิจารณา

การหาค่าอัตราส่วน อันที่รู้จักกันในนามรากของความหลากหลาย ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความสว่างที่อธิบายถึงการกระจายในข้อมูลซึ่งรูปที่มีความชัดเจนสูงจะมีค่าความหลากหลายสูงด้วย และรูปที่มีความชัดเจนต่ำก็จะมีความหลากหลายต่ำด้วย ดังสมการข้างล่างนี้

$$\sigma_g = \sqrt{\sum_{g=0}^{L-1} (g - \overline{g}) P(g)}$$

การหาค่าเบี่ยงเบนคือความไม่สมมาตรระหว่างค่าเฉลี่ย และค่ากลางของสีหาได้โดย

$$SKEW = \frac{1}{\sigma_g^3} \sum_{g=0}^{L-1} (g - \overline{g})^3 P(g)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการอื่นๆ ในการหาค่าเบี่ยงเบนคือ การใช้ค่าเฉลี่ย ค่าฐานนิยม และค่าอัตราส่วน (ค่าฐานนิยมคือค่าสีที่มีจุดมากที่สุด) ดังสมการข้างล่างนี้

$$SKEW' = \frac{\overline{g} - \mathrm{mod}\, e}{\sigma_g}$$

วิธีนี้จะทำให้การคำนวณมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยและค่าอัตราส่วนได้นำมาคำนวณด้วย

การวัดค่าพลังงานบอกการแพร่กระจายของสี

$$ENERGY = \sum_{g=0}^{L-1} [P(g)]^2$$

ค่าพลังงานมีค่ามากที่สุดคือ 1 และสำหรับรูปที่มีความชัดเจนสูงจะได้ค่าผลังงานน้อยลงตามลำดับความชัดเจน(จำไว้ว่าค่า P(g) ใดๆ มีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 1) ถ้าค่าพลังงานสูงมันบอกว่าจำนวนระดับสีมีค่าน้อยนั้นหมายถึงการกระจายมีค่าน้อย

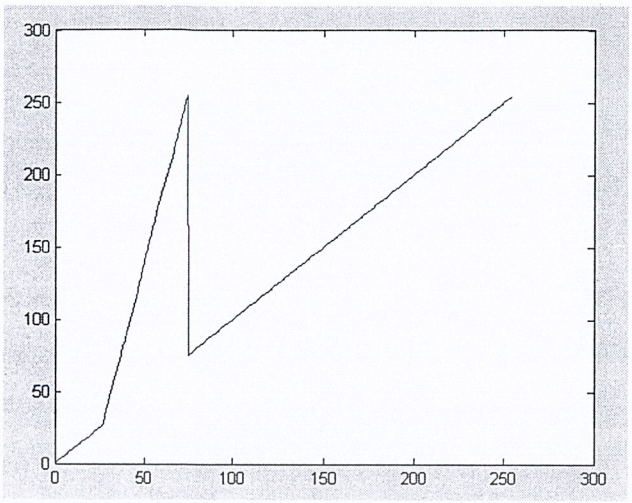
3.2.2 การแก้ไขค่าระดับสี (gray scale modification)

การแก้ไขค่าระดับสี วิธีเป็นการจัดการกับจุดโดยการเปลี่ยนค่าจุด (ที่เป็นรูปขาวดำเทา) โดยการเทียบค่ากับสมการ การเทียบค่ากับสมการโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสมการแบบสมการเส้นตรง และสมการจะเทียบจากค่าสีของรูปเดิมไปเป็นค่าสีที่ระบุให้ใหม่ โดยทั่วไปแล้วประโยชน์ของการแก้ไขค่าระดับสีคือการปรับความสว่างของรูป และการปรับรูปร่างของรูป

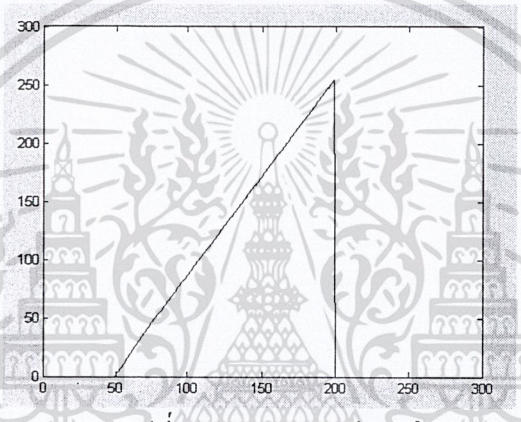
การทำงานหลัก ๆของการแก้ไขค่าระดับสีคือ การแก้ไขระดับสีให้กว้างออก หรือแคบเข้า โดยทั่วไปแล้วการบีบอัดระดับสีจะไม่ค่อยมีประโยชน์เท่ากับการขยายระดับสี จากรูป 17 แกน x แสดงข้อมูลรูปต้นฉบับและแกน y แสดงข้อมูลที่ถูกเปลี่ยนไป สมการเส้นตรงที่แสดงเส้นในรูปหมายถึงสมการแทนที่ค่าสี ถ้าความชันของเส้นมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 จะเรียกว่าการบีบอัดค่าระดับสี และถ้ามากกว่า 1 จะเป็นการขยายค่าระดับสี ในรูป a จะเห็นว่าสีในช่วง 28 ถึง 75 ถูกขยายขณะที่สีอื่นยังปกติอยู่ผลลัพธ์ที่ได้จากผลลัพธ์ดังกล่าวเราสามารถมองเห็นค่าวัตถุที่ถูกซ้อนอยู่ได้ ในกรณีเดียวกันเราอาจจะต้องการขยายค่าระดับสีเป็นบางช่วงที่ระดับสีในขณะที่เรากำจัดค่าระดับสีเริ่มแรก และสิ้นสุดได้ดังรูปที่ 18 แสดงฟังก์ชันเส้นตรงที่ขยายระดับระหว่าง 50-200 และไม่สนใจระดับสี 0-50 และ 200-255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 17 แสดงกราฟการขยายค่าสีบางช่วง



รูปที่ 18 แสดงการตัดสีบางช่วง

การประยุกต์ใช้ในรูปแบบอื่นๆ เช่นการดึงส่วนสำคัญของรูป หลักการคือการเลือช่วงสีของวัตถุที่สนใจออกมาและเทียบค่าเป็นค่ามากๆ จะพบว่าวัตถุที่สนใจมีค่าในช่วง 150-200 การใช้การเทียบค่าเพื่อดึงรูปที่สนใจออกมา และหากต้องการเราสามารถเปลี่ยนสีของพื้นหลังให้กลายเป็นสีดำเพื่อเน้นรูปให้ดีขึ้นก็ได้

3.2.3 การเปลี่ยนค่าฮิสโทแกรม

การเปลี่ยนค่าฮิสโทแกรมมีลักษณะใกล้เคียงกับการเปลี่ยนค่าระดับสี ค่าฮิสโทแกรมของรูปคือการกระจายระดับสีของรูป โดยทั่วไปแล้ว ฮิสโทแกรมที่มีอัตราการกระจายต่ำหมายถึงรูปที่ได้มีความชัดเจนต่ำด้วย และการกระจายกว้างหมายถึงความชัดเจนของรูปมีสูง ถ้าฮิสโทแกรมมีการรวมกลุ่มกันทางฝั่งซ้ายหมายถึงรูปที่ได้จะมืด และถ้ารวมกันในฝั่งขวารูปที่ได้จะสว่างมาก ค่าฮิสโทแกรมสามารถเปลี่ยนได้ด้วยการเทียบค่า การเทียบค่านั้นทำได้ทั้งการขยาย บีบอัด หรือเลื่อนตำแหน่ง ของฮิสโทแกรม การขยาย หรือบีบอัดฮิสโทแกรมมีลักษณะเช่นเดียวกับการแก้ไขค่าระดับสี ทำให้บางครั้งจึงเรียกว่า การปรับระดับฮิสโทแกรม (Histogram scaling) เราจะเห็นการแสดงกราฟของการกระทำด้านฮิโทแกรมแบบต่างๆ

การเทียบค่าสำหรับการขยายฮิสโทแกรมสามารถพบดังสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42831

$$Stretch(I(r,c)) = \left[\frac{I(r,c) - I(r,c)_{\min}}{I(r,c)_{\max} - I(r,c)_{\min}}\right][\max - \min] + \min$$

โดยที่

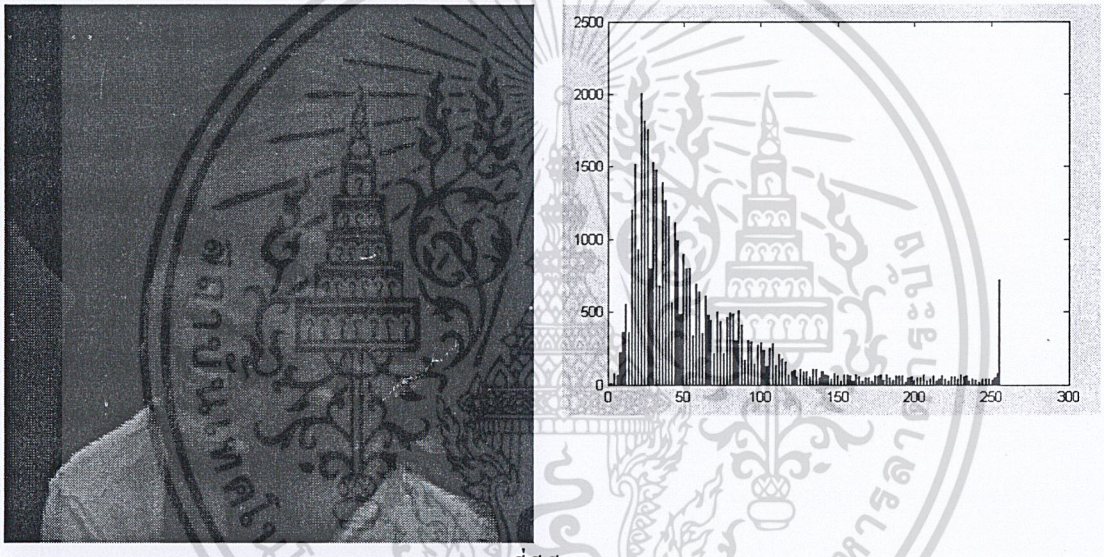
ค่า $I(r,c)_{\max}$ คือค่าสีมากที่สุดของรูปต้นฉบับ

ค่า $I(r,c)_{\min}$ คือค่าสีน้อยที่สุดของรูปต้นฉบับ

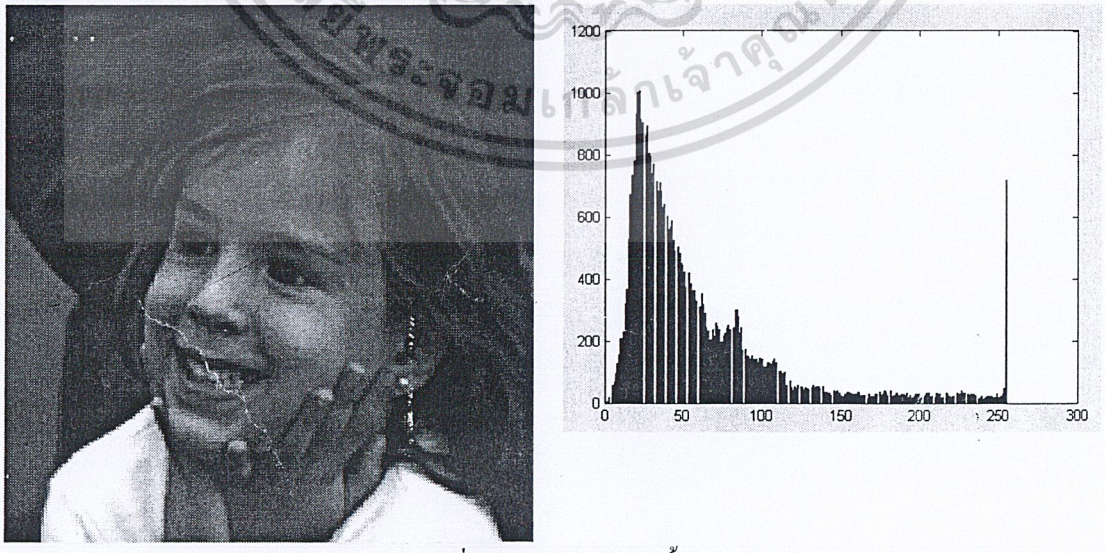
ค่า max และ min คือค่าสีมากที่สุด และค่าสีน้อยที่สุดของค่าที่ต้องการขยายไปตามลำดับ

สมการนี้จะทำการขยายการกระจายระดับสีรูปทั้งหมด จะมีผลโดยตรงกับรูปที่มีความชัดเจนต่ำทำให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ถ้าค่าสีส่วนใหญ่รูปตกในช่วงเล็กๆ แต่มีบางส่วนที่ตกในที่ห่างไปกระจายทั้งช่วง ถ้าใช้การขยายฮิสโทแกรมเพียงอย่างเดียวจะทำให้รูปที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงพอดังนั้นในกรณีนี้เราจึงต้องใช้การตัดสีออกบางช่วงตามอัตราส่วน ดังรูป 19



ภาพที่มีสีดำมาก



ภาพที่มีการปรับให้สว่างขึ้น

รูปที่ 19 แสดงการปรับฮิสโทแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้ามกับการขยายฮิสโทแกรมคือการบีบอัดฮิสโทแกรม ซึ่งเป็นวิธีการลดความชัดเจนของรูปสามารถทำโดยโดยสมการดังนี้

$$Shrink(I(r,c)) = \left[\frac{Shrink_{\max} - Shrink_{\min}}{I(r,c)_{\max} - I(r,c)_{\min}}\right]\left[I(r,c) - I(r,c)_{\min}\right] + Shrink_{\min}$$

โดยที่

ค่า $I(r,c)_{\max}$ คือค่าสีมากที่สุดของรูปต้นฉบับ

ค่า $I(r,c)_{\min}$ คือค่าสีน้อยที่สุดของรูปต้นฉบับ

ค่า $Shrink_{\max}$ และ $Shrink_{\min}$ คือค่าสีมากที่สุด และค่าสีน้อยที่สุดของค่าที่ต้องการบีบอัดตามลำดับ

การบีบอัดรูป โดยทั่วไปแล้วการบีบอัดรูปทำเพื่อการลดความชัดเจนของรูป และเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงรูป อย่างไรก็ตามเราพบว่าการทำรูปให้คมขึ้นอาศัยการบีบอัดฮิสโทแกรมนี้ช่วยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ

การเลื่อนฮิสโทแกรมสามารถใช้ในการเปลี่ยนรูปให้สว่างขึ้นหรือ มืดลงได้ด้วยความสัมพันธ์กับค่าระดับสี วิธีนี้สามารถทำได้ด้วยการบวก หรือลบค่าสีเดิมกับค่าคงที่ ซึ่งแสดงระยะการเลื่อนฮิโทแกรมดังสูตร

$$Slide(I(r,c)) = I(r,c) + OFFSET$$

โดยที่

OFFSET คือค่าการเลื่อนสีของฮิสโทแกรม

ในสมการนี้เรากำหนดว่าค่าสีใดๆ ที่มากกว่าหรือน้อยกว่า ค่ สีที่เป็นไปได้ จะถูกลบเป็นค่าสีที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ตามลำดับ ค่าที่เป็นบวกของ OFFSET จะเพิ่มความสว่างของรูป ในทำนองเดียวกัน ค่าลบของ OFFSET จะให้รูปที่มืดลงดังรูปที่ 111118

3.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

การแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับนี้ เป็นกระบวนการที่ทำขึ้นเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างเส้นนูนและเส้นร่อง หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นกระบวนการที่แยกความแตกต่างระหว่างลายนิ้วมือ และภาพหลัง เพราะภายหลังการกระทำจะเหลืออยู่แค่ส่วนที่เป็นลายพิมพ์นิ้วมือเท่านั้น โดยกระบวนการที่นำมาใช้เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนความสว่างทุกจุดภาพให้เหลือเพียงสองระดับ (Binary Patern) ซึ่งสามารถเขียนนิยามการแปลงภาพเป็นสองระดับได้ดังนี้

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

กำหนดให้

f(x,y) : ค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพเริ่มต้น ณ ตำแหน่ง x,y

T : ค่าสีที่ใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบ

g(x,y) : ค่าสีที่ผ่านการหาค่าขีดการเปลี่ยนระดับสีของภาพ ณ ตำแหน่ง x,y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะได้ว่า ถ้าค่า f(x,y) มีค่ามากกว่า T แล้วจะได้ค่า g(x,y) เป็น 1 และในทำนองเดียวกันจะได้ว่า ถ้าค่า f(x,y) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ T ก็จะได้ค่า g(x,y) เป็น 0 ดังนั้นหลักการที่สำคัญของวิธีการนี้คือการใช้การตัดค่าเทรสโชลด์นั่นเอง

3.4 การทำการทำวัตถุในภาพให้บาง (Thinning)

การทำลายเส้นให้บางเป็นขั้นตอนพื้นฐานเริ่มแรกที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบ อย่างเช่นการตรวจสอบชิ้นส่วนในทางอุตสาหกรรม (industrial parts inspection), การรู้จำลายนิ้วมือ (fingerprint recognition), การรู้จำตัวอักษร (optical character recognition-OCR และการวินิจฉัยทางชีวภาพ (biomedical diagnosis) ภาพที่ได้หลังจากการทำลายเส้นให้บางคือ การลดทอนพื้นที่หน่วยความจำที่จะใช้ในการเก็บค่าข้อมูลโครงสร้างของรูปแบบที่จะแสดงและทำให้โครงสร้างข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบนั้นดูง่ายขึ้น

จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้เพื่อทำให้รายละเอียดของภาพลายนิ้วมือ เหลือแต่ลายเส้นที่จำเป็น ไม่ให้มีรายละเอียดมากเกินความจำเป็น เนื่องจากโดยข้อเท็จจริง ลายนิ้วมือแต่ละเส้นจะมีลักษณะเป็นเส้นหนา และความหนาของแต่ละลายไม่เท่ากันทุกเส้น แต่ความหนาของลายเส้นเป็นข้อมูลที่กระบวนการวินิจฉัยไม่สนใจพิจารณา ดังนั้นเราจึงลดข้อมูลให้น้อยลงได้โดยการแทนเส้นลายนิ้วมือด้วยลายเส้น ซึ่งนั่นคือ การกำจัดความแตกต่างของความหนา

เนื่องจากผลที่ได้จากกระบวนการเป็นการทำให้ภาพเดิมเหลือแต่ส่วนที่เป็นแกนจริงๆ บางครั้งจึงเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า Skelectonizing ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีสำหรับการดำเนิการกับภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงเป็นไบนารีแล้ว แต่ละวิธีการต่างก็มีข้อดีและข้อเสียของมันในเรื่องของความเร็วและความถูกต้อง โดยแต่ละวิธีจะมีหลักการพื้นฐานเหมือน ๆกัน แตกต่างกันเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวกับเงื่อนไขในการวนรอบและการกำจัดเท่านั้น ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการที่ซับซ้อนมีรายละเอียดมากขึ้น และมีความเหมาะสมต่อภาพลายพิมพ์นิ้วมือโดยเฉพาะเจาะจง

3.4.1 สเกลเลตัน

สเกลเลตัน เป็นวิธีการที่จะนำเสนอโครงสร้างของรูปร่างของขอบเขตพื้นระนาบ (plane region) โดยการลดทอนให้เป็นกราฟเชิงเส้น ซึ่งการลดทอนนี้สามารถทำได้โดยผ่านการทำสเกลเลตันของขอบเขตพื้นระนาบ โดยผ่านขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บาง สเกลเลตันของแต่ละขอบเขตจะถูกสร้างขึ้นมาโดยใช้การเปลี่ยนรูปเส้นแกนกลาง (median axis transformation-MAT) ตามทฤษฎีของบัม(Blum, 1967) โดยการเปลี่ยนรูปเส้นแกนกลางของขอบเขตพื้นระนาบ R ที่มีขอบภาพ B หาค่าได้ตามนี้ สำหรับจุดภาพใดๆ P ที่อยู่ใน R ซึ่งเราจะพบว่าจุดP นี้อยู่ใกล้ชิด (closet) R มากที่สุด แต่ถ้ามีจุด P หลายๆ จุดที่อยู่ใกล้ชิด R นี้เรียงซ้อนตัวเข้าไปสู่ด้านใน เราจะเรียกจุดเหล่านี้ว่า เส้นแกนกลาง(medial axis)หรือ สเกลเลตันของ R ซึ่งค่าใกล้ชิดนี้ขึ้นอยู่กับการนิยามของระยะทาง

สเกลเลตันที่ได้จากขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางจะต้องยังคงรักษาค่าโทโปโลยีของวัตถุไว้และแสดงข้อมูลรูปทรงของรูปแบบไว้ สเกลเลตันที่ได้ควรมีความกว้างเพียง 1 จุดภาพและเป็นเส้นแกนกลางตามแนวระนาบของวัตถุ ซึ่งขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางหลายวิธีมักจะมีการกระทำซ้ำเป็นจำนวนรอบ n รอบ วิธีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันจะให้สเกลเลตันที่แตกต่างกัน ซึ่งตามปกติขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบตามลำดับ(sequential) และ แบบขนาน(parallel) ซึ่งมักเชื่อกันว่า ขั้นตอนวิธีแบบตามลำดับจะทำงานได้เร็วกว่าขั้นตอนวิธีแบบขนาน เมื่อขั้นตอนวิธีทั้ง 2 แบบถูกใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ แบบอนุกรม และขั้นตอนวิธีแบบขนานจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อถูกใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนาน (parallel computer) หรือเครื่องคอมพิวเตอร์แบบไฟฟ์ไลน์ (pipeline computer)

สเกลเลตันดิจิตอล (digital skeleton) จะเกิดขึ้นภายหลังใช้ขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางซึ่งมักจะใช้แสดงวัตถุในภาพขาวดำดิจิตอล (binary digital image) ของการวิเคราะห์รูปทรงและการจำแนกประเภท (classification) มีขั้นตอนวิธีการทำลายเส้นให้บางเป็นจำนวนมากที่ได้ถูกตั้งขึ้นโดยทั่วไป แต่ละขั้นตอนวิธีจะแตกต่างกันเนื่องจากการนิยามสเกลเลตันดิจิตอลและข้อบกพร่องของเครื่องมือต่างๆ

3.5 การหาจุดลักษณะเฉพาะจากภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

3.5.1 โทโปโลยี

โทโปโลยี เป็นสาขาหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของรูปลักษณ์ทางเรขาคณิต ลักษณะเฉพาะทางโทโปโลยีที่จะใช้จำแนกกลุ่มของจุดภาพในการประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการประมวลผลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จะมีจุดปลาย, จุดตัด, จุดแยก, จุดเชื่อมต่อ เป็นต้น

การหาค่าคุณสมบัติทางโทโปโลยีนี้ได้จากการกำหนดหน้าต่าง 3*3 ครอบบิทที่ต้องการหา ซึ่งค่าของ X_0, X1,..., X8 เป็นบิททางดิจิตอลมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งเราจะพิจารณาเฉพาะเมื่อ X_0 มีค่าเป็น 1 เท่านั้น

X_4	X_3	X_2
X_5	X_0	X_1
X_6	X_7	X_8

*รูปที่ 20 แสดงหน้าต่างขนาด 3*3*

จากการหาค่าคุณสมบัติทางโทโปโลยี ค่าตัวเลขการเชื่อมต่อ (Connected Number – NC) ของ X_0 คำนวณได้จากสมการ

$$NC^{(4)} = \sum_{k \in S1} (X_k - X_k X_{k+1} X_{k+2})$$

$$NC^{(8)} = \sum_{k \in S1} (\overline{X}_k - \overline{X}_k \overline{X}_{k+1} \overline{X}_{k+2})$$

$$S1 = \{1, 3, 5, 7\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

ตัวห้อย $k \geq 9$ หรือ $k \leq 0$ แล้วค่าของ k จะเป็น k - 8 หรือ k + 8 ตามลำดับ

$\overline{X}$ หมายถึง (1 - X)

$NC^{(4)}$ หมายถึง ค่าการเชื่อมต่อแบบ 4

$NC^{(8)}$ หมายถึง ค่าการเชื่อมต่อแบบ 8

สมการทั้งสองสามารถแยกคุณสมบัติทางโทโปโลยีของ X_0 ได้ดังตารางที่ 2

ค่าของ $NC^{(4)}$ หรือ $NC^{(8)}$	คุณสมบัติของ X_0
0	จุดภายใน (internal) หรือจุดโดดเดี่ยว (isolate)
1	จุดปลาย (end)
2	จุดต่อเนื่อง (connect)
3	จุดแยก (branch)
4	จุดตัด (cross)

ตารางที่ 2 แสดงค่าการจำแนกของค่าคุณสมบัติทางโทโปโลยีของ X_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การปรับปรุงอัลกอริทึม

4.1 การเกลี่ยภาพ และการกำจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing & Noise Reduction)

ผลข้างเคียงที่ไม่ต้องการจากการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการดำเนินการตามวิธีการเฉลี่ยรอบย่าน (Average Filtering) คือการเกิดความเบลอของภาพ และรายละเอียดสัญญาณรบกวนที่ชัดเจนขึ้น ดังนั้นจึงควรใช้ฟิลเตอร์แบบมัธยฐานแทนการใช้วิธีเฉลี่ยรอบย่าน

ตัวกรองมัธยฐาน (Median Filtering) เป็นฟิลเตอร์ชนิดยอมให้ความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ทำได้โดยการกำหนดกรอบครอบไปทุกๆ จุดในภาพ หลังจากนั้น ทำการเรียงชุดข้อมูลจากน้อยไปหามาก แล้วจึงหาค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่งตรงกลางของชุดข้อมูล แล้ว นำมาแทนในตำแหน่งที่พิจารณา ซึ่งลักษณะการดำเนินการจะเป็นเช่นเดียวกับวิธีการเฉลี่ยรอบย่าน (Average Filtering) แต่แตกต่างกันที่วิธีการที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าที่จะนำมาแทนค่าในจุดที่พิจารณา โดยมีขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1 เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปหามาก

ขั้นที่ 2 หาค่ามัธยฐานที่จะนำมาแทนค่า ณ จุดที่พิจารณา

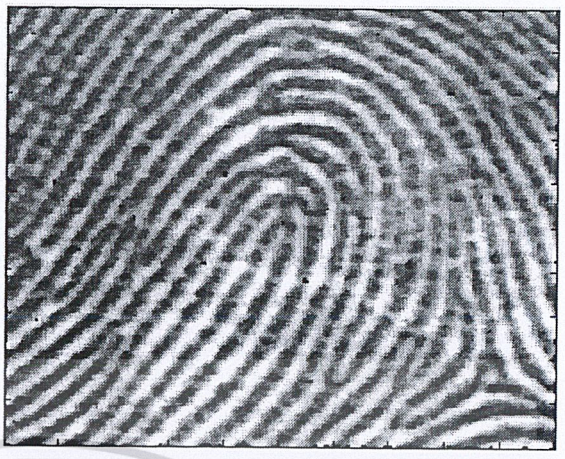
X_4	X_3	X_2
X_5	X_0	X_1
X_6	X_7	X_8

*รูปที่ 21 ภาพ แสดงหน้ากากขนาด 3*3*

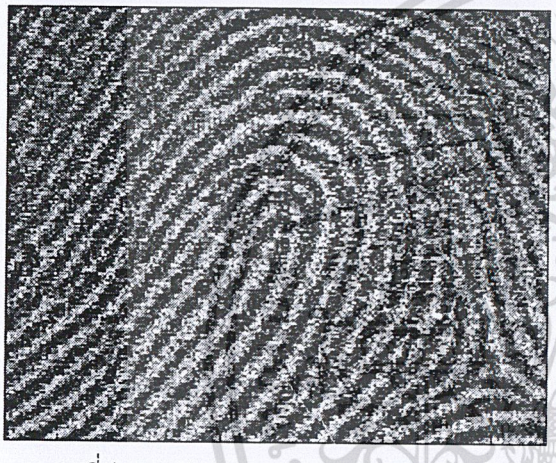
จากภาพที่ 21 มีวิธีการดำเนินการโดย ให้นำค่าจาก x0-x8 มาเรียงจากน้อยไปหามาก แล้วจึงหาค่ามัธยฐานที่จะนำมาแทนที่ x0 ซึ่งก็คือค่าของข้อมูลที่อยู่ ณ ตำแหน่งที่ (n+1)/2 สำหรับในที่นี้มีข้อมูลอยู่ 9 ค่า ดังนั้นค่าที่จะนำมาแทนที่ x0 คือค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่ง (9+1)/2 ซึ่งก็คือตำแหน่งที่ 5 เมื่อเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

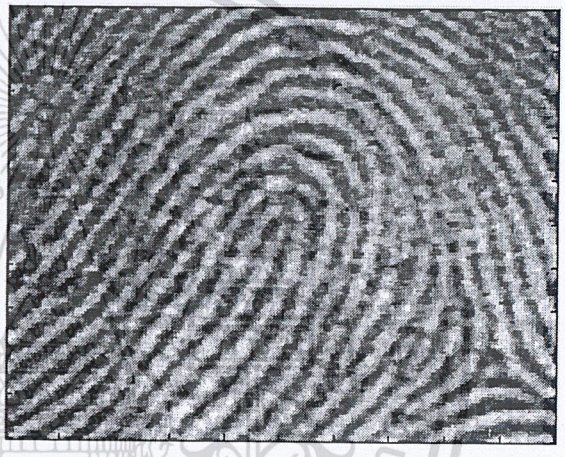
ภาพที่ปรากฏสัญญาณรบกวนชนิด Salt &Copper



ภาพหลังการแก้ไข



ภาพที่ปรากฏสัญญาณรบกวนชนิด Gausian



ภาพหลังการแก้ไข

รูปที่ 22 แสดงผลลัพธ์ของขั้นตอนการเกลี่ยภาพและการกำจัดสัญญาณรบกวน

จากรูปที่ 22 จะเห็นได้ว่ากระบวนการเกลี่ยภาพ สามารถลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพได้ดีพอสมควร แต่ผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการจากกระบวนการนี้คือ ภาพที่ได้จะมีความเบลออย่างเห็นได้ชัด

4.2 การปรับภาพให้สว่างโดยใช้ฮิสโทแกรมอิควอไลเซชัน (Histogram Equalization)

รูปที่เราได้จากการสแกนเข้าไปมีลักษณะเป็นขาวดำเทาซึ่งบางครั้งความเข้มที่มากเกินของหมึกในการพิมพ์ลายนิ้วมือครั้งแรก กับการจางไปในการพิมพ์ครั้งที่สองให้ภาพที่แตกต่างกันมากดังนั้นเราจึงต้องมีการปรับรูปให้มีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นในโครงงานของเราจึงเลือกใช้การทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่นในการทำรูปให้สว่างในระดับที่พอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่นเป็นเทคนิคที่ใช้บ่อยมากสำหรับการเพิ่มค่าเด่นให้รูปที่ไม่ดี การทำดังกล่าวใกล้เคียงกันกับการขยายฮิสโทแกรม แต่ให้มุมมองในช่วงที่กว้างกว่า ฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น คือเทคนิคที่ทำให้ฮิสโทแกรมของผลลัพธ์แบนราบมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ (หากเป็นการขยายค่าจำนวนสียังคงเดิม)

หลักการทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น มี4 ขั้นตอนดังนี้

1. หาค่าผลรวมฮิสโทแกรมที่ระดับสีต่างๆ
2. นำค่าจากข้อ 1. หารด้วยจำนวนจุดทั้งหมด
3. นำค่าสีมากที่สุดของช่วงที่ใช้ได้กับผลลัพธ์ข้อ 2. แล้วปัดเศษ
4. เปลี่ยนค่าสีของรูปโดยการเทียบจากค่าฮิโทแกรมเดิมกับค่าในข้อที่ 3 แบบ 1-1

ตัวอย่าง การคิดฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น

ถ้าเรามีรูปขนาด 3 บิต (ค่าสีที่ได้ มีตั้งแต่ 0 – 7) และมีค่า ฮิสโทแกรมดังนี้

ค่าสี	จำนวนจุด
0	10
1	8
2	9
3	2
4	14
5	1
6	5
7	2

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างค่าฮิสโทแกรมของรูปที่มีค่าสีขนาด 3 บิต

ขั้นที่หนึ่ง: หาค่าผลรวมฮิสโทแกรมที่ระดับสีต่างๆ ได้จากการบวกกันของสีระดับต่างๆ ค่าแรก คือ 10 ค่าที่สอง คือ 10 + 8 = 18 ค่าที่สามคือ 10+8+9 = 27 และต่อๆไปเป็น 29,43,44,49,51

ขั้นที่สอง: นำค่าจากข้อ 1. หารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดนำค่าจุดทั้งหมด คือ 10+8+9+2+14+1+5+2 เป็น 51 มาหารค่าในข้อ 1. ได้เป็น 10/51,18/51,27/51,29/51,43/1,44/51,49/51,51/51

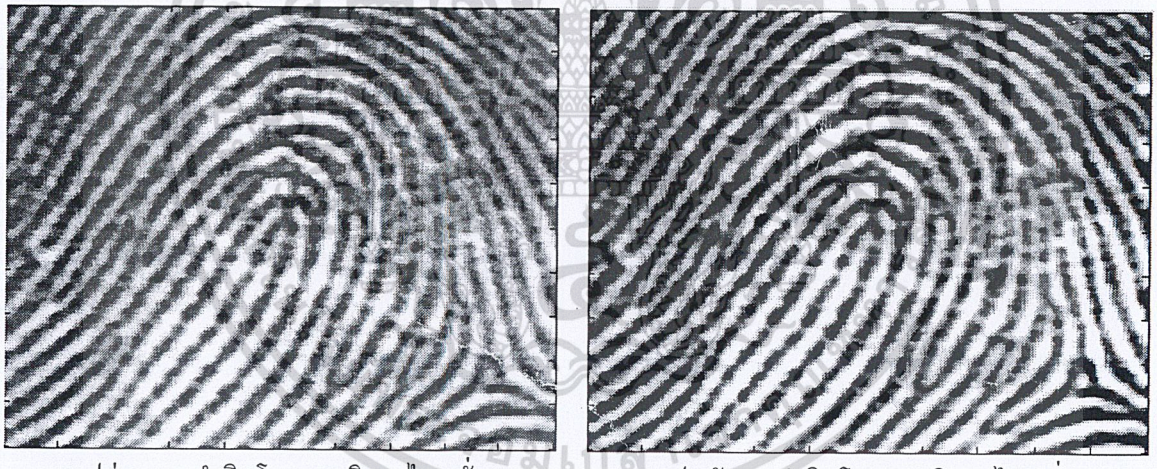
ขั้นที่สาม: นำค่าสีมากที่สุดของช่วงที่ใช้ได้กับผลลัพธ์ข้อ 2. แล้วปัดเศษ ค่าสีที่มากที่สุดคือ 7 ดังนั้นจะได้ค่าดังนี้ 1,2,4,4,6,6,7,7

ขั้นที่สี่: เปลี่ยนค่าสีของรูปโดยการเทียบจากค่าฮิโทแกรมเดิมกับค่าในข้อที่ 3 แบบ 1-1 สามารถเทียบสีได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปเดิม	สีใหม่
0	1
1	2
2	4
3	4
4	6
5	6
6	7
7	7

ตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของกระบวนการฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น



รูปก่อนการทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น รูปหลังการทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น

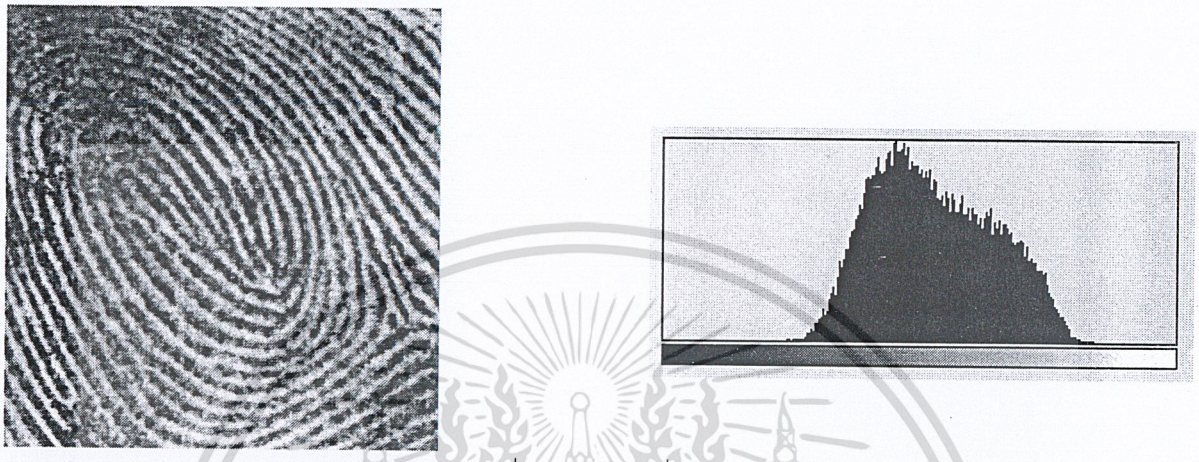
รูปที่ 23 แสดงผลการทำฮิสโทแกรมอิควอไลเซชั่น

4.3 การแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

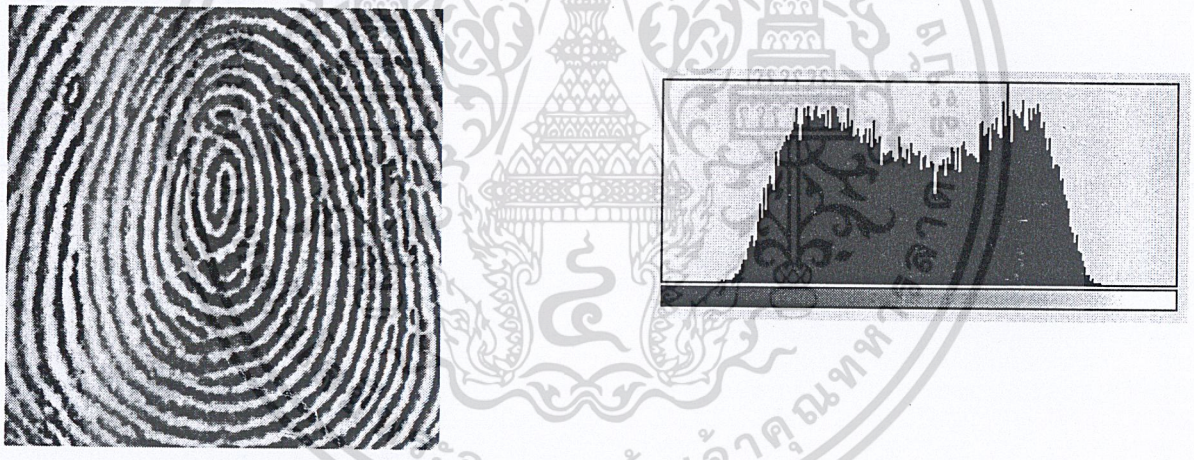
ภาพลายพิมพ์นิ้วมือเป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษ โดยตลอดทั้งภาพจะสามารถแบ่งความแตกต่างออกได้เป็นสองส่วน คือส่วนที่เป็นลายนูน และส่วนที่เป็นร่อง ดังนั้นการแปลงภาพลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับจึงเป็นกระบวนการที่พยายามแยกส่วนที่เป็นลายนูน และส่วนที่เป็นร่องออกจากกัน ดังนั้นความยากของกระบวนการนี้คือ จะหาค่าเทรสโชลด์ที่เหมาะสมกับภาพนั้นๆ ได้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการหาค่าเทรสโชลด์ที่เหมาะสมกับภาพลายนิ้วมือโดยใช้คนพิจารณาสามารถกระทำได้โดยการนำภาพลายนิ้วมือนั้นมาเขียนฮิสโทรแกรมระดับสีเทา โดยให้แกน x เป็นระดับสีเทา (Gray level) และแกน y เป็นความถี่ของจำนวนระดับสีเทา จากนั้นพิจารณาจุดแบ่งของพื้นหลัง และของวัตถุเพื่อหาค่าเทรสโชลด์ที่เหมาะสมที่จะใช้แยกวัตถุออกจากพื้นหลัง



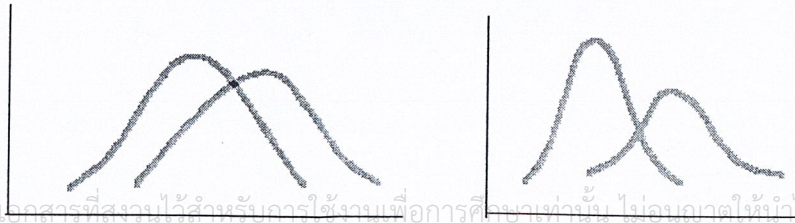
ภาพที่มีความคมชัดต่ำ



ภาพที่มีความคมชัดสูง

รูปที่ 24 แสดงภาพและค่าฮิสโทแกรม

จากภาพแสดงฮิสโทรแกรมของภาพลายนิ้วมือ สามารถนำภาพฮิสโทรแกรมมาสร้างเส้นโค้งความถี่ ที่ประกอบไปด้วยเส้นโค้งเรียบจำนวนสองรูปต่อกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 25 ภาพเส้นโค้งเรียบ

จากภาพที่ 25 จุดที่เป็นจุดตัดระหว่างเส้นโค้งความถี่ทั้งสองรูปจะเป็นจุดที่แยกระหว่างลายนูนและเส้นร่อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าเทรสโชลด์ที่เหมาะสมของภาพลายนิ้วมือแต่ละภาพจะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของฮิสโทรแกรม ซึ่งมีค่าไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการใช้ดุลยพินิจของแต่ละคนซึ่งก็อาจให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน สำหรับระบบซึ่งทำงานโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้คนตัดสินใจ จึงต้องหาอัลกอริธึมที่เหมาะสมในการหาค่าเทรสโชลด์เพื่อใช้ในการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพสองระดับ

วิธีการที่นำเสนอในโครงงานนี้ใช้การหาค่าเทรสโชลด์ด้วยข้อมูลทางสถิติ เนื่องจากธรรมชาติของลายนิ้วมือจะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นลายนูน และส่วนที่เป็นเส้นร่อง อยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าเทรสโชลด์สำหรับภาพลายพิมพ์นิ้วมือ ก็ควรเป็นค่าที่มีลักษณะอยู่ตรงกลางของข้อมูลการกระจายของจุดภาพ สำหรับค่าทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการวัดแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางมีหลายวิธีคือ ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) ฐานนิยม (Mode) ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเฉลี่ยถือเป็นค่ากลางของข้อมูลแบบหนึ่ง ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยนี้เป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณ สำหรับค่าเฉลี่ยที่นิยมใช้คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าเฉลี่ยเลขคณิต} = \frac{\sum_{1}^{n} X_i}{N}$$

สำหรับข้อดี และข้อเสียของค่าเฉลี่ยคือ

ข้อดี : สะดวกในการคำนวณ ถึงแม้ข้อมูลที่ใช้คำนวณจะมีข้อมูลน้อยก็ตาม

ข้อเสีย : ค่าเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงไปมากถ้าสมาชิกในกลุ่มที่นำมาคำนวณมีค่าที่ผิดปกติไป (สูงเกินไป หรือต่ำเกินไป)

2. มัธยฐาน (Median)

มัธยฐานเป็นการหาค่ากลางของข้อมูลอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะใช้ค่าของข้อมูลที่มีตำแหน่งอยู่ตรงกลางของชุดข้อมูลเมื่อนำข้อมูลชุดนั้นมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนั้นจะมีข้อมูลอยู่ครึ่งหนึ่งที่มีค่าน้อยกว่าค่ามัธยฐาน และมีข้อมูลอยู่อีกครึ่งหนึ่งที่มีค่ามากกว่ามัธยฐาน ซึ่งค่ามัธยฐานหาได้จาก

ในกรณีที่จำนวนของข้อมูลเป็นเลขคี่ (n เป็นเลขคี่)

ค่ามัธยฐานจะเท่ากับค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่ง (n+1)/2

ในกรณีที่จำนวนของข้อมูลเป็นเลขคู่ (n เป็นเลขคู่)

ค่ามัธยฐานจะเท่ากับค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูล ณ ตำแหน่ง n/2 และตำแหน่ง (n+1)/2

สำหรับข้อดี และข้อเสียของมัธยฐานคือ

ข้อดี : ค่ามัธยฐานจะไม่ถูกกระทบกระเทือนเมื่อมีข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย : ใช้ได้กับข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น

3. ฐานนิยม (Mode)

ฐานนิยมเป็นการหาค่ากลางของข้อมูลอีกวิธีหนึ่ง ที่จะใช้ค่าของข้อมูลที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด หรือมีความถี่สูงสุด เป็นตัวแทนของข้อมูล

สำหรับข้อดี และข้อเสียของฐานนิยมคือ

ข้อดี : ค่าฐานนิยมจะไม่ถูกกระทบกระเทือนเมื่อมีข้อมูลที่ผิดปกติ

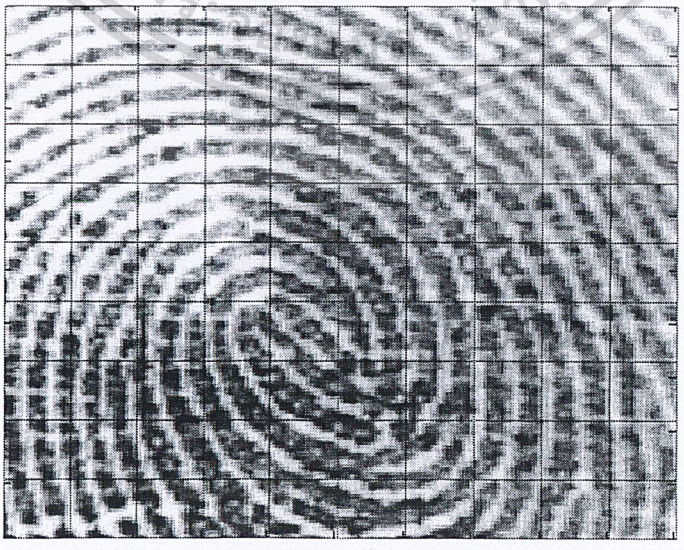
ข้อเสีย : ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลที่ซ้ำกันจะไม่มีฐานนิยม

อาจมีค่าฐานนิยมมากกว่าหนึ่งค่าสำหรับข้อมูลชุดหนึ่งๆ โดยที่ค่าฐานนิยมนั้นอาจจะต่างกันมาก

เมื่อพิจารณาจากลักษณะของค่าสถิติแต่ละประเภทประกอบกับธรรมชาติของภาพลายนิ้วมือแล้ว เห็นได้ว่าค่าทางสถิติที่ควรนำมาใช้เป็นค่าเทรสโชลด์สำหรับภาพลายนิ้วมือควรเป็นค่าเฉลี่ย หรือค่ามัธยฐาน ทั้งนี้เพราะการแยกเป็นสองส่วนของข้อมูลจะทำให้เกิดปัญหาเมื่อใช้ฐานนิยมเป็นค่าเทรสโชลด์ เนื่องจากเทรสโชลด์อาจอยู่ในตำแหน่งสันของฮิสโทรแกรมพื้นหลัง (เส้นร่อง) หรือ สันของฮิสโทรแกรมวัตถุ (เส้นลายนูน) ซึ่งไม่ถูกต้อง

4.3.1 การแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นสองระดับโดยการดำเนินการเป็นส่วนๆ

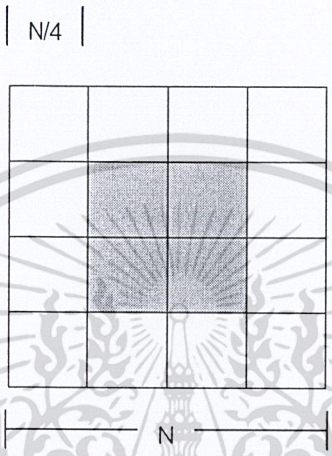
ในการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพสองระดับโดยใช้ค่าเทรสโชลด์ที่หาได้จากการพิจารณาทั้งภาพเป็นค่าเดียวในการทำการแปลงภาพ อาจประสบปัญหาการขาดหายไปของข้อมูลในบางส่วนของภาพผลลัพธ์ ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการพิมพ์ลายนิ้วมือ บริเวณใดของลายนิ้วมือที่ได้รับแรงกดมากจะมีความเข้มของหมึกพิมพ์มากกว่าบริเวณอื่น และตรงกันข้าม บริเวณใดที่ได้รับแรงกดน้อยก็จะมีความเข้มของหมึกพิมพ์น้อยกว่า ดังนั้นจะทำให้บางพื้นที่ที่ได้รับแรงกดน้อยเกิดการสูญเสียของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากสาเหตุดังกล่าวเห็นว่า ควรทำการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพสองระดับด้วยการ แบ่งรูปภาพออกเป็นส่วนๆ แล้วหาค่าเทรสโชลด์ที่เหมาะสมในแต่ละส่วน เมื่อทำการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพสองระดับในแต่ละส่วนจนครบทั้งรูปภาพก็จะสามารถแก้ไขปัญหาได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 26 แสดงการแบ่งภาพเป็นส่วนเพื่อการการแปลงภาพให้เป็นสองระดับ

แต่หากพิจารณาการทำงานข้างต้นจะเห็นว่า อาจทำให้เกิดปัญหาในเรื่องความต่อเนื่องที่เกิดขึ้นในช่วงที่ต่อกันของผลที่ได้จากการแปลงภาพให้เป็นสองระดับทีละส่วน เนื่องจากกระบวนการที่ไม่ขึ้นต่อกันของแต่ละพื้นที่ย่อยที่แบ่งกรอบไว้ดังภาพที่ 26 ดังนั้นจึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยกำหนดขนาดพื้นที่ให้เหลื่อมกันอย่างเพียงพอ



รูปที่ 27 แสดงการแบ่งพื้นที่เพื่อทำกระบวนการแปลงภาพให้เป็นสองระดับ

จากภาพที่ 27 จะเห็นว่าสำหรับหน้าต่างที่มีจุดภาพขนาด N*N จะมีเงาขนาดพื้นที่ (N/2)*(N/2) ซึ่งการหาค่าเทรสโชลด์จะหาจากพื้นที่ N*N แต่ในการแปลงภาพเป็นสองระดับจะดำเนินการกับพื้นที่ที่เป็นเงาซึ่งมีขนาด N/2*N/2 เท่านั้น สำหรับพื้นที่ถัดไปจะถูกกำหนดโดยการเลื่อนไปอีก N/2 ดังนั้นพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพจะถูกดำเนินการโดยการเลื่อนไปครั้งละ N/2 ตามแนวแกน X และ Y ตามลำดับ

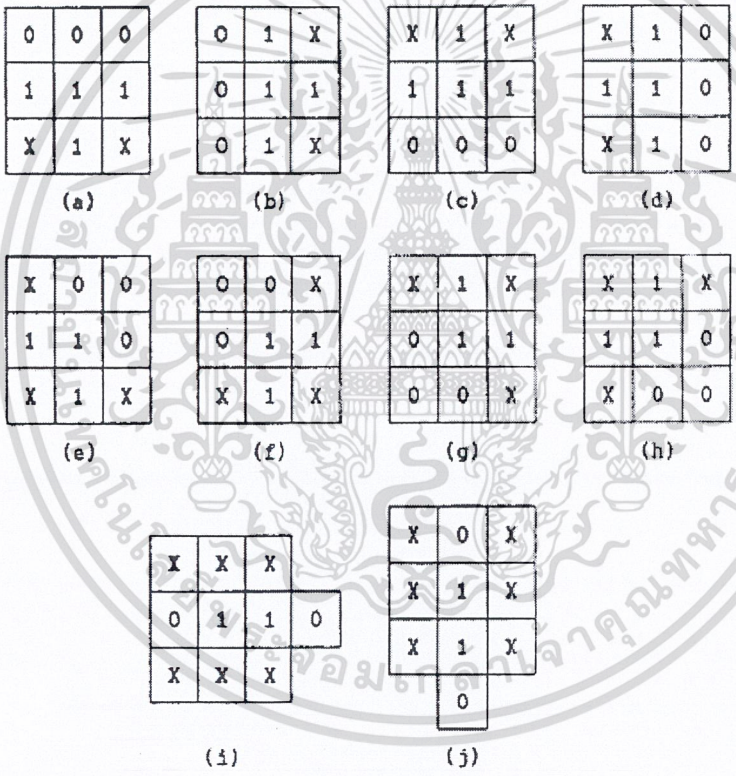
ภาพก่อนการปรับรูป ภาพหลังการปรับรูป

รูปที่ 28 แสดงผลลัพธ์จากกระบวนการปรับภาพให้เป็นสองระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

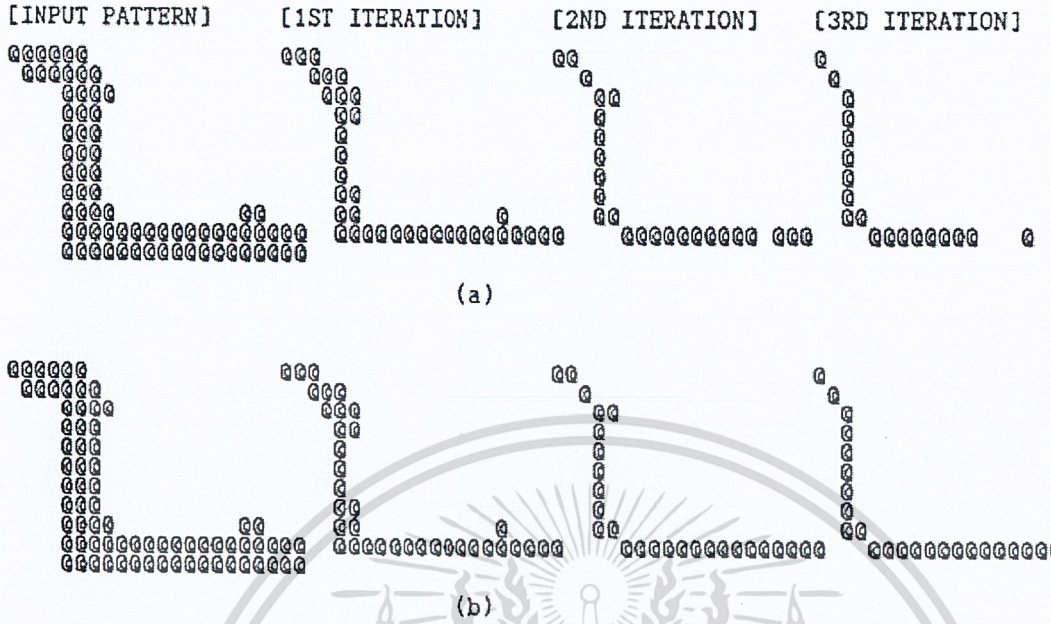
4.4 การทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้บาง (Thinning)

เพื่อการทำเส้นให้บางลงนั้น เราสามารถทำได้โดยอาศัย รูปแบบทั้ง 8 ชนิดดังรูปที่ 29 ในการประมวลผลจุดข้างเคียงทั้ง 8 ชนิดจะถูกคำนวณถ้าหากพบตรงตามเงื่อนไขก็จะลบจุดนั้นออก จากรูปที่ 29 (a-d) จะใช้ในการลบจุดที่เป็นขอบรูปออก และอีก 4 ชนิดหลังจะใช้ในการลบมุมของรูปออก หน้าต่างเหล่านี้ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อแก้ไขรูปโดยการเทียบเงื่อนไขดังกล่าวหากพบว่าตรงกันค่า "1" จากรูปต้นฉบับจะเปลี่ยนไปเป็นค่า "0" อย่างไรก็ตามรูปแบบทั้ง 8 นี้ยังมีปัญหาสำคัญอยู่อย่างหนึ่งคือ เมื่อพบจุดขอบที่กว้าง 2 จุดติดกัน ดังรูปที่ 30 เมื่อผ่านการประมวลผลแล้วจุดทั้งสองจะถูกลบออกซึ่งทำให้เส้นขาดได้ จึงต้องมีการตรวจสอบดังรูปแบบ I และรูปแบบ j ดังรูปที่ 29 ทั้งสองรูปแบบจะใช้หน้าต่างขนาด 1 x 4 และ 4 x 1



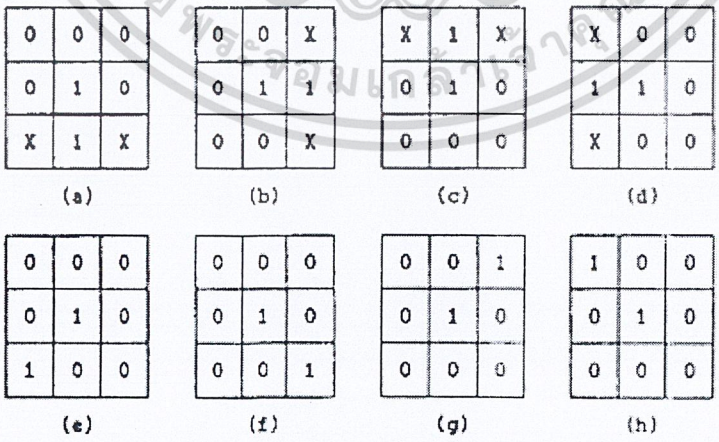
รูปที่ 29 แสดงรูปแบบในการทำเส้นบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 30 แสดงผลการขาดของเส้น(a) และเมื่อแก้ไขด้วยรูปแบบ(I-j) ได้ผลดังรูป (b)

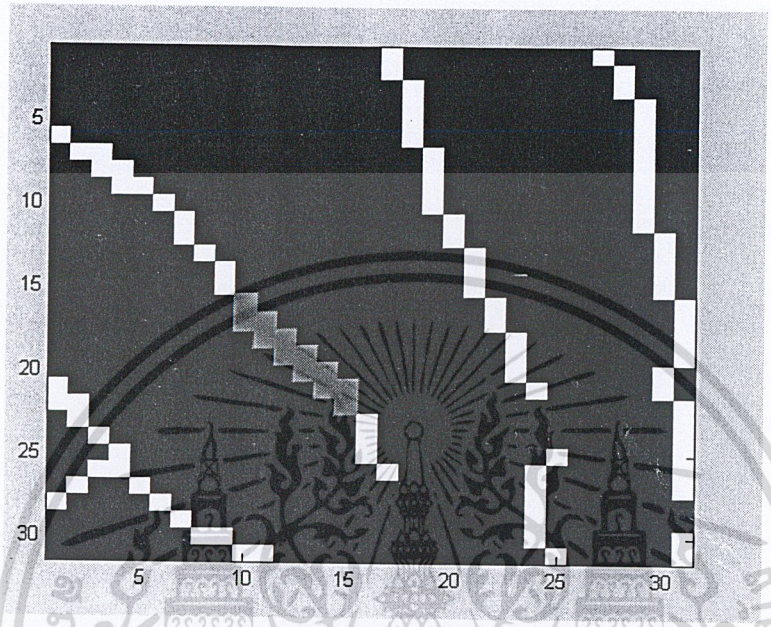
การลบสัญญาณรบกวน เป็นปัจจัยสำคัญในการทำเส้นบาง และมีผลโดยตรงกับอัตราการตรวจสอบผลความถูกต้อง และความเร็วในการตรวจสอบ ดังนั้น เราจึงต้องเพิ่มรูปแบบเข้ามาตรวจหาสัญญาณรบกวนดังกล่าวได้เป็นรูปแบบดังรูปที่ 31 ซึ่งเรียกเรียกว่ารูปแบบการตัดให้เรียบ (Trimming Templates) อย่างไรก็ตามวิธีการนี้จะทำให้จุดปลายของเส้นถูกลบไปด้วย เพราะฉะนั้น เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะทำให้จุดขาดมีระยะสั้นลงจึงไม่ควรใช้บ่อยนัก



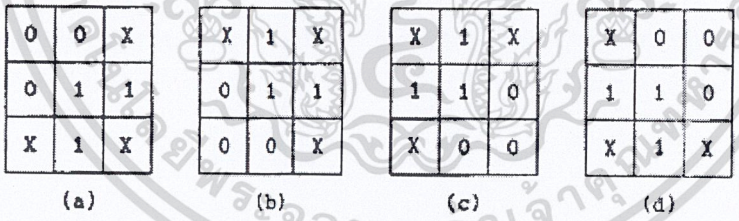
รูปที่ 31 แสดงรูปแบบในการตัดให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังผ่านกระบวนการแล้วจากการทดลองพบว่าเส้นที่ได้ยังไม่บางที่สุดยังมีลักษณะดังรูปที่ 32 อีกด้วยดังนั้นเราจึงใช้รูปแบบตามรูปที่ 33 ในการกำจัดความเป็นขั้นบันใดออกไป



รูปที่ 32 แสดงความหนาเป็นขั้นบันได



รูปที่ 33 แสดงรูปแบบการกำจัดความเป็นขั้นบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพก่อนการทำเส้นบาง ภาพหลังการทำเส้นบาง

รูปที่ 34 แสดงผลลัพธ์จากกระบวนการทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้บาง

4.5 การคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ (Image Restoration)

จุดประสงค์ของกระบวนการนี้เพื่อแก้ความเสียหายจากความไม่ชัดเจนของรูป ออกมาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยการหาเงื่อนไขที่จะเพิ่ม หรือลดจุดบางจุดลงเพื่อให้รูปที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในโครงงานนี้ได้มีการนำมาใช้ใน 2 ส่วนคือ

1. การตัดกิ่งที่เกิน กิ่งที่เกินมักสังเกตได้ด้วยตาเปล่าดังรูปที่ 35
2. การต่อเส้นที่ขาด มักเป็นเส้นขาดเล็ก ๆ ดังรูปที่ 35 ที่อาจเกิดจากการตัดกิ่งที่เกิน ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจึงทำการต่อเส้นที่ขาดหลังจากการตัดกิ่งที่เกิน

รูปที่ 35 รูปแสดงการเกินของกิ่งเล็กๆ และเส้นขาด

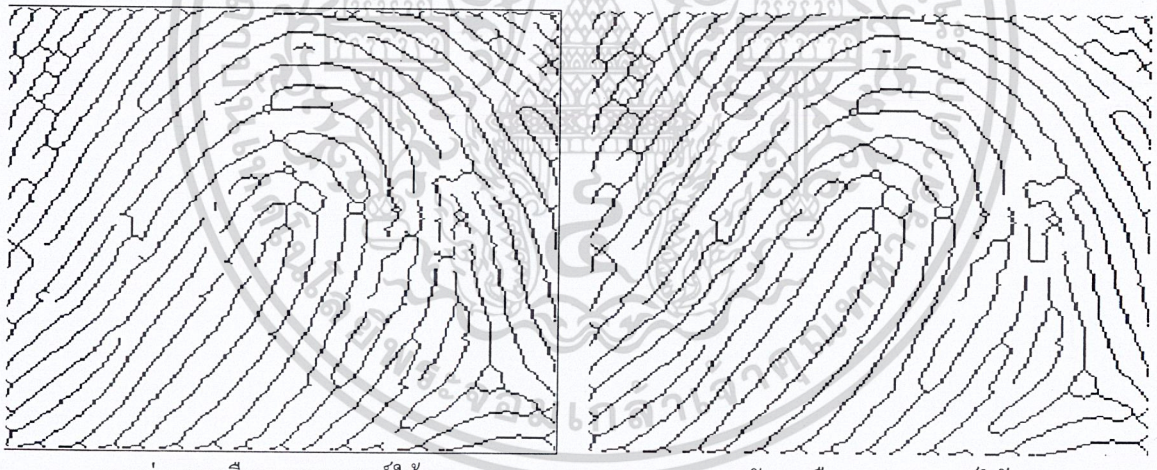
การตัดกิ่งที่เกิน มีวิธีการทำดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หาจุดขาด และจุดแยกของรูปลายนิ้วมือ
2. หาระยะห่างระหว่างจุดขาด และจุดแยกใดที่มีระยะห่างสั้นๆ (ในที่นี้ใช้ขนาด 10 จุด) แล้วทำตามข้อต่อไป
3. หาเส้นทางระหว่างจุดขาดและจุดแยกดังกล่าวถ้ามีเส้นทางที่สั้นกว่า 10 จุดได้ก็จะถือว่ากิ่งนั้นสมควรลบออกด้วยการเปลี่ยนค่าจาก "1" เป็น "0" ในเส้นทางที่ใช้
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 จนกว่าจะหมดทุกจุด

การต่อเส้นขาด มีวิธีการทำดังนี้

1. หาจุดขาด และจุดแยกของรูปลายนิ้วมือ (วิธีการดูในบทถัดไป)
2. หาระยะห่างระหว่างจุดขาดสองจุดใดๆ ที่มีระยะห่างสั้นๆ (ในที่นี้ใช้ขนาด 8 จุด) แล้วทำตามข้อต่อไป
3. นำค่าจุดขาดมาหาทิศทางของเส้นจากตำแหน่งของจุดที่ติดกัน ถ้าทิศทางทั้งสองทำมุมกันในช่วง 90 องศาเราจะต่อเส้นด้วยการเปลี่ยนค่าจาก "0" เป็น "1" เป็นเส้นตรงจากจุดขาดทั้งสอง
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 จนกว่าจะหมดทุกจุด



ภาพก่อนการคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ ภาพหลังการคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ

รูปที่ 36 แสดงผลลัพธ์การคืนความสมบูรณ์ให้ภาพ

4.6 การหาจุดสำคัญ

จุดสำคัญหรือจุดลักษณะเด่นซึ่งถูกใช้สำหรับการพิสูจน์ลายนิ้วมือ เรียกว่า "ลักษณะโดดเด่น" ของลายนิ้วมือ (Minutiae) ซึ่งลักษณะโดดเด่นดังกล่าวนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ที่พบเห็นโดยส่วนมากได้แก่ จุดปลาย(End), จุดแยก(Bifurcation), เกาะ (Island), ทะเลสาบ(Lake) และ จุดโดด(Dot) นอกจากนี้ ยังมีลายอื่นๆ ที่พบเห็นได้ไม่บ่อยนัก แต่สำหรับลายที่เราจะให้ความสำคัญนั้น มีอยู่ 2 ลายเท่านั้น คือ จุดปลาย และจุดแยก ทั้งนี้ก็เพราะว่าเป็นลายที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบเห็นได้บ่อยมากที่สุดและตำแหน่งของการเกิดลายนิ้วมือที่สำคัญนี้เพื่อนำไปทำการอ้างอิงในการจำแนกลายนิ้วมือต่อไป

วิธีการหาจุดแยก และจุดขาด หาได้จากการนับจุดข้างเคียงว่ามีจำนวนเท่าใด ถ้ามีจำนวนเท่ากับ 1 จะเป็นจุดขาด และถ้ามีเท่ากับ 3 จะเป็นจุด เมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวแล้วจะได้จุดเป็นดังรูปที่ 15

จากรูปที่ 37 จะเห็นได้ว่าจุดที่ได้ยังไม่ดีนัก โดยดูจากจุดขาดที่ได้จะมีเป็นจำนวนมาก โดยกระจายอยู่ทั่วไป ดังนั้นจึงนำไปใช้เปรียบเทียบได้ไม่ดีนักเราจึงควรกรองจุดขาดที่เป็นไปได้จริงๆ โดยพิจารณาจากเงื่อนไขว่า "จุดขาดจริงๆ ควรอยู่บนเส้นตรงที่ยาวพอสมควร (ในโครงงานนี้ใช้ 25 จุด)" เมื่อผ่านการกรองแล้วจุดที่ได้จุดที่เหมาะสมกว่า

ภาพลายนิ้วมือที่นำมาหาจุด

ภาพจุดขาดที่พบ

ภาพจุดแยก

ภาพจุดขาดจริงที่ผ่านการกรองแล้ว

รูปที่ 37 แสดงผลลัพธ์หาจุดสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

การเปรียบเทียบลายนิ้วมือ คือ การหาค่าความคล้ายคลึงของรูปลายนิ้วมือ 2 รูปที่ผ่านการทำขั้นตอนก่อนหน้านี้ จนได้รูปบาง จุดขาด และจุดแยก มาทำการหาความคล้ายของรูป แต่เนื่องจากว่าการพิมพ์ลายนิ้วมือ 2 ครั้ง นั้นรูปที่ได้อาจมีตำแหน่งที่ไม่ตรงกัน และมีมุมที่ไม่ตรงกัน รวมทั้งความคมชัดของรูป เพื่อการแก้ปัญหาเหล่านี้เราจึงได้มีขั้นตอนในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือดังนี้

1. การปรับรูปให้เป็นรูปแบบเดียวกัน
2. การให้คะแนนความคล้ายของรูป

การปรับรูปให้เป็นรูปแบบเดียวกัน กระทำโดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. หาจุดอ้างอิงจากการนำคุณลักษณะบางประการของเส้นบางที่อยู่บนจุดขาดในรูปหนึ่ง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอีกรูปหนึ่ง ถ้าเส้นใดมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ๆ หมายความว่าควรเป็นเส้นเดียวกัน
2. ใช้จุดอ้างอิงที่ได้มาจากจุดปลายของทั้งสองเส้นเป็นตัวเทียบว่ารูปทั้งสองมีการเหลื่อมตำแหน่งกันมากน้อยเท่าใด แล้วจึงปรับค่าให้เท่ากัน
3. หาค่ามุมที่เหลื่อมล้ำกัน โดยดูจากมุมของเส้นทั้งสองที่กระทำกับจุดปลายทั้งสองแล้วจึงปรับเข้าหากัน

การให้คะแนนความคล้ายของรูป ในโครงงานนี้ได้มีการทดลองหาโดยการให้คะแนนจากจุดขาด และจุดแยก โดยหลักการหาคะแนนของจุดทั้งสองชนิดจะมีลักษณะเหมือนกันดังนี้จับคู่จุดจากรูปทั้งสอง แล้วดูความห่างของจุดถ้าห่างกันไม่เกิน 10 จุด จะถือว่าเป็นจุดเดียวกัน แล้วจึงคิดคะแนนจากสูตรดังนี้

$$\text{คะแนนการเปรียบเทียบ} = \frac{\text{จำนวนจุดที่พบเป็นจุดเดียวกัน}}{\sqrt{\text{จำนวนจุดทั้งหมดของรูปแรก} \times \text{จำนวนจุดทั้งหมดของรูปที่สอง}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

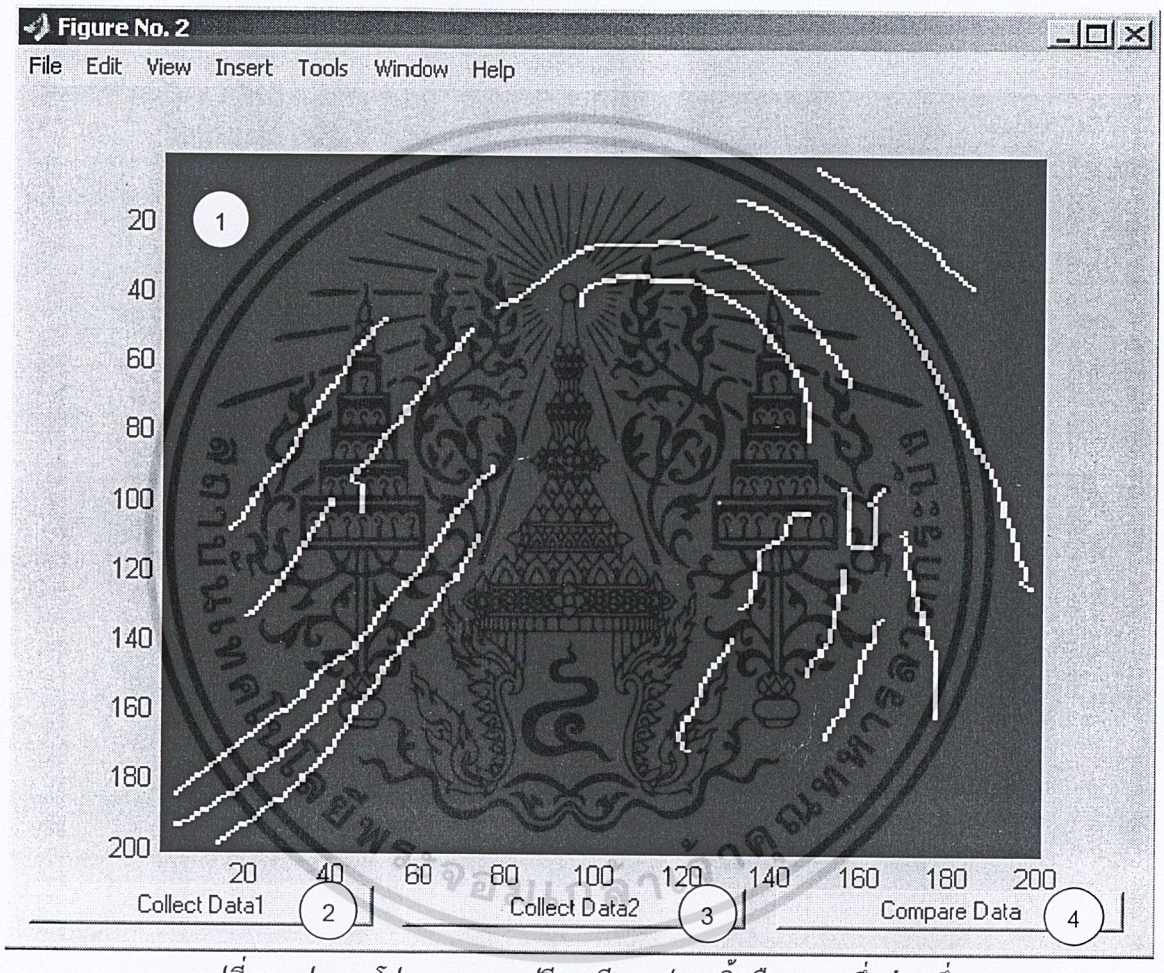
บทที่ 5

การทดลอง และผลการทดลอง

5.1 โปรแกรม

โครงงานชิ้นนี้ทดลองเพื่อหาวิธีในการตรวจสอบลายนิ้วมือในสองลักษณะคือ การตรวจสอบจากรูปลายนิ้วมือหนึ่งนิ้ว เปรียบเทียบกับรูปลายนิ้วมือ หนึ่งนิ้ว (ดังรูปที่ 39) และ การตรวจสอบจากรูปลายนิ้วมือหนึ่งนิ้วกับรูปที่เก็บไว้ในสาระบบ (ดังรูปที่ 40)

5.1.1 การเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งต่อหนึ่ง



รูปที่ 38 รูปแสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งต่อหนึ่ง

โปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ใช้ประโยชน์ในการเทียบระหว่างรูปลายนิ้วมือสองรูปใดๆ เพื่อหาว่ามีความคล้ายกันมากน้อยเท่าใด

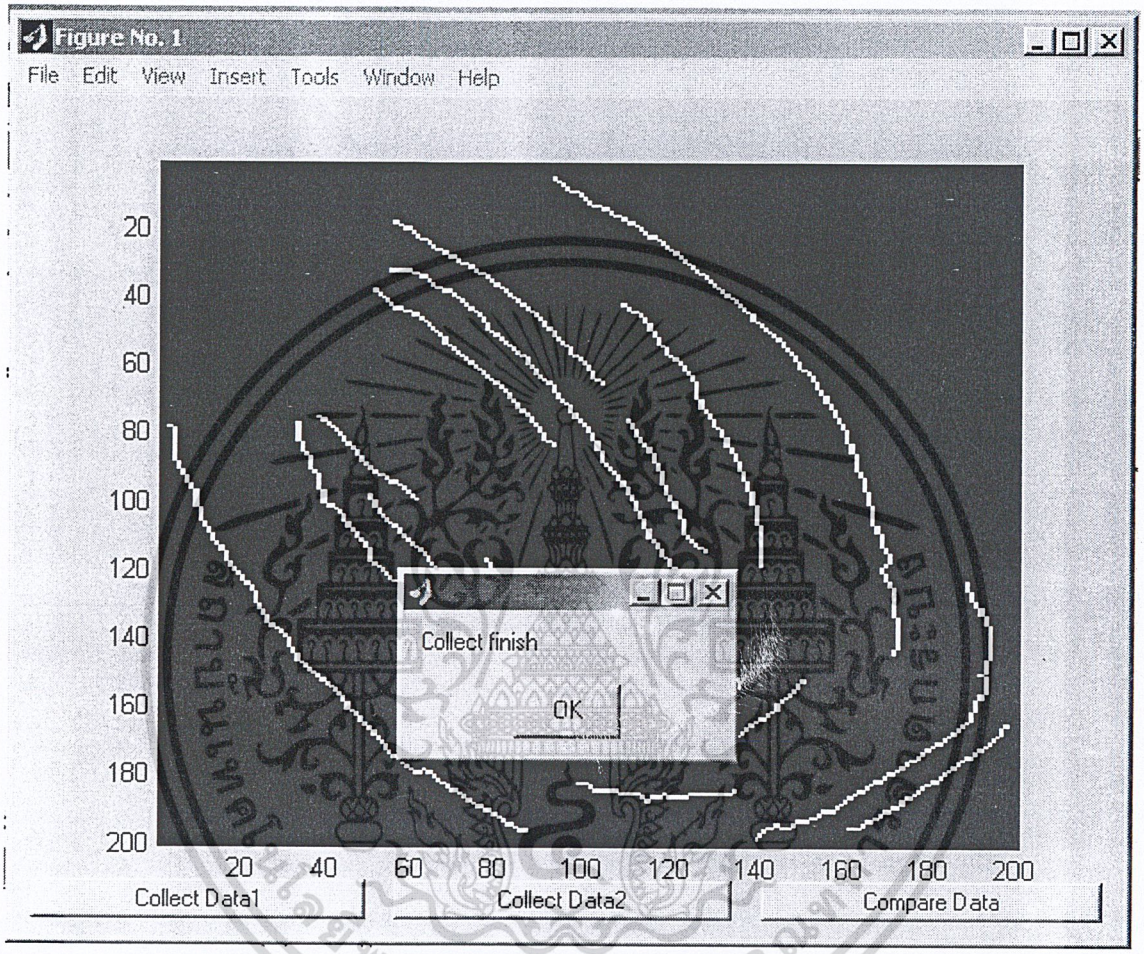
จากภาพที่ 39 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรมต่างๆ ดังนี้

1. *ส่วนแสดงผล* แสดงภาพลายนิ้วมือในการทำงานปัจจุบัน
2. *ปุ่ม "Collect Data1"* รับข้อมูลไฟล์รูปภาพ แล้วทำขั้นตอนการประมวลผลรูปภาพต่าง ๆ (ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4) เก็บข้อมูลรูปเส้นบาง จุดลักษณะเฉพาะ ของรูปที่ 1 แสดงผลการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 40
3. *ปุ่ม "Collect Data2"* รับข้อมูลไฟล์รูปภาพ แล้วทำขั้นตอนการประมวลผลรูปภาพต่าง ๆ (ดังที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

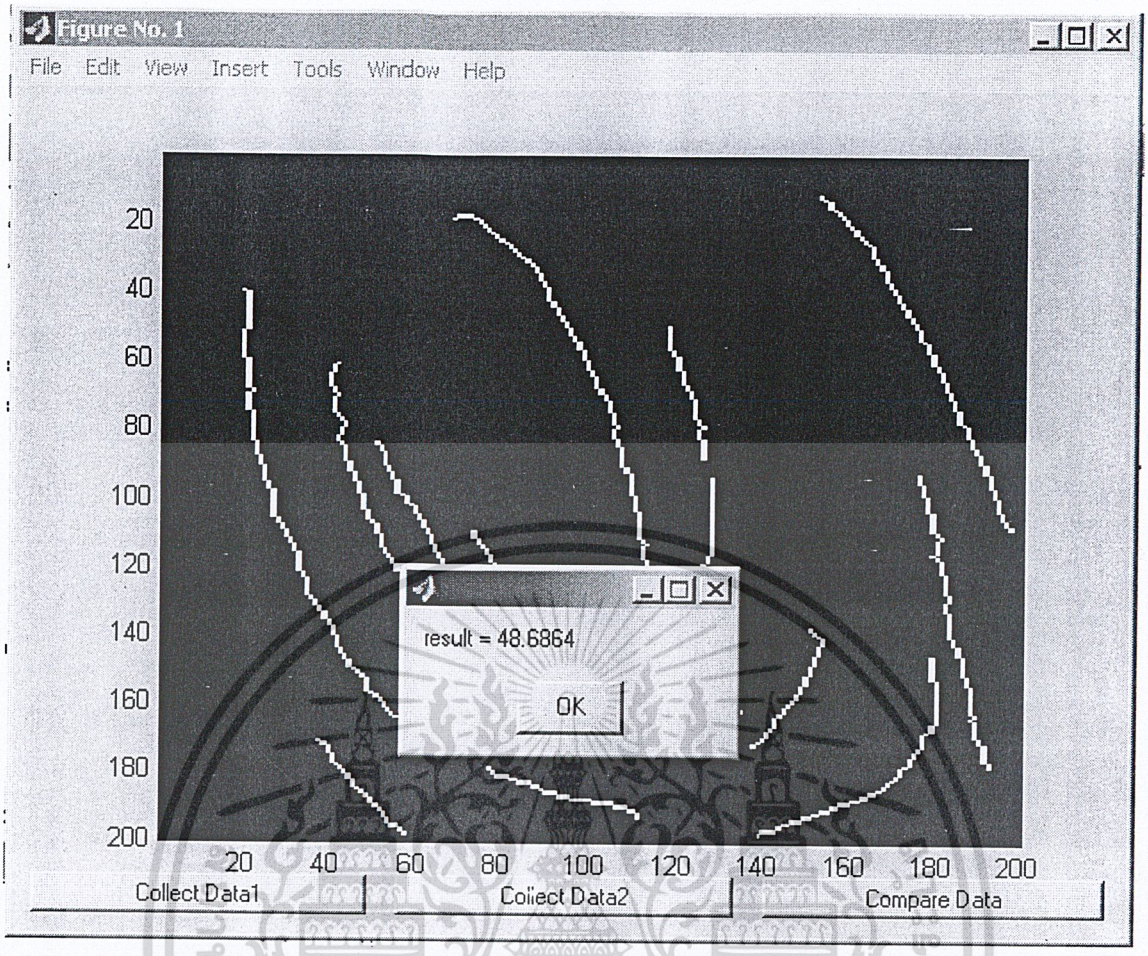
ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4) เก็บข้อมูลรูปเส้นบาง จุดลักษณะเฉพาะ ของรูปที่ 2 แสดงผลการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 40

4. *ปุ่ม "Compare Data"* เปรียบเทียบข้อมูลลักษณะเฉพาะของรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แล้วแสดงผลการคิดคะแนนการเปรียบเทียบ แสดงผลดังภาพที่ 41



รูปที่ 39 ภาพแสดงการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 40 ภาพแสดงการเปรียบเทียบเสร็จสิ้น

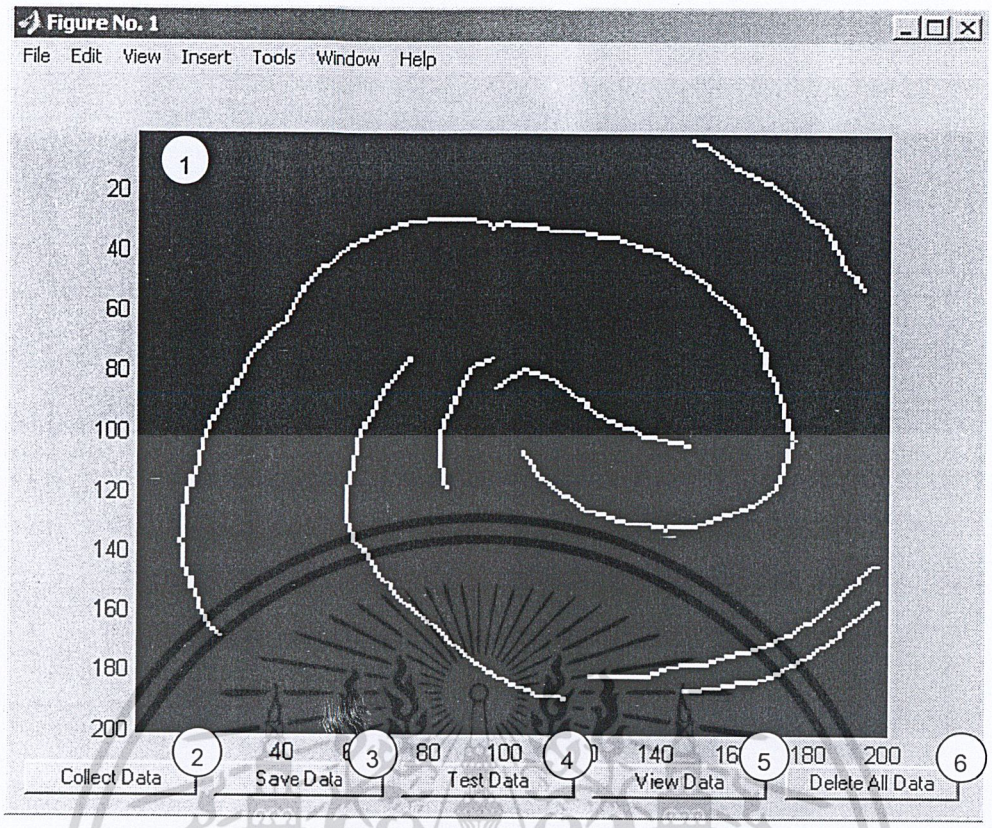
5.1.2 การเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ

การเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ ใช้ประโยชน์ในด้านการเทียบลายนิ้วมือใหม่กับข้อมูลในสาระบบเพื่อหารูปที่มีความคล้ายที่สุดกับข้อมูลทั้งหมดในสาระบบ พร้อมทั้งระบุคะแนนการเปรียบเทียบออกมาด้วย นอกจากนั้นถ้าเราต้องการยังสามารถดูผลคะแนน กับข้อมูลคะแนนการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมืออื่น ๆ ได้อีกด้วย

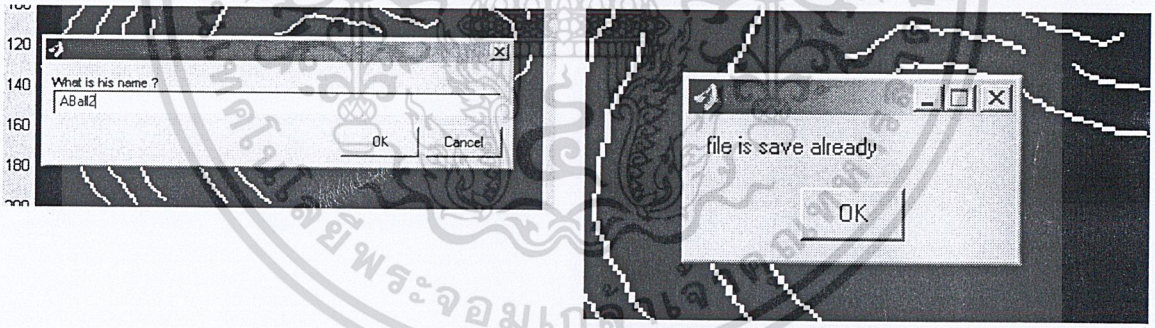
จากภาพที่ 42 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรมต่างๆ ดังนี้

1. *ส่วนแสดงผล* แสดงภาพลายนิ้วมือในการทำงานปัจจุบัน
2. *ปุ่ม "Collect Data"* รับข้อมูลไฟล์รูปภาพ แล้วทำขั้นตอนการประมวลผลรูปภาพต่าง ๆ (ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4) เก็บข้อมูลรูปเส้นบาง จุดลักษณะเฉพาะ ของรูป
3. *ปุ่ม "Save Data"* จัดเก็บข้อมูลลายนิ้วมือเข้าสู่ฐานข้อมูลโดยระบุชื่อเจ้าของลายนิ้วมือดังภาพที่ 43 (a) และบอกผลการเก็บข้อมูลดังภาพที่ 43 (b)
4. *ปุ่ม "Test Data"* จัดตรวจหาข้อมูลลายนิ้วมือกับข้อมูลในสาระบบ แสดงผลดังรูปที่ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

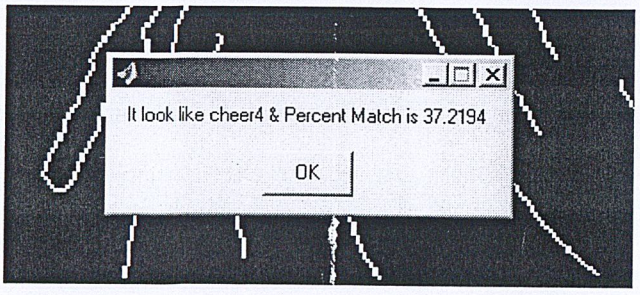


ภาพที่ 41 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ



(a) (b)

ภาพที่ 42 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ



ภาพที่ 43 แสดงโปรแกรมการเปรียบเทียบรูปลายนิ้วมือแบบหนึ่งเทียบกับข้อมูลในสาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. *ปุ่ม "View Data"* แสดงผลการเทียบระหว่างข้อมูลที่ใช้ทดสอบกับข้อมูลภาพในสารระบบทั้งหมด
6. *ปุ่ม "Delete all Data"* ลบข้อมูลในสารระบบทั้งหมด

5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 รูปแบบในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความคล้ายกับภาพชนิดต่างๆ

จากการทดลองได้มีการเปรียบเทียบในกระบวนการต่างๆ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมกับการหาผลลัพธ์ของภาพให้มีประสิทธิผลที่สุด จึงทดลองการใช้ และไม่ใช้บางขั้นตอนเพื่อทดสอบผลลัพธ์การทำงานในกระบวนการทำงานว่ามีประสิทธิผลจริงหรือไม่ ซึ่งการทดลองครั้งนี้เราได้ทดสอบการใช้และไม่ใช้ในสองขั้นตอนคือ การเปรียบเทียบโดยนำจุดแยกมาเปรียบเทียบด้วย และการคืนความสมบูรณ์ภาพดังนั้น เราจึงสร้างเป็นวิธีการได้ทั้งหมด 4 วิธีดังนี้

1. หลังจากได้ทำเส้นให้บางแล้วก็นำรูปที่ได้มาเข้าสมการหาจุดโดยตรงเลย และ ขั้นตรวจสอบใช้เพียงจุดขาดของเส้นอย่างเดียว
2. หลังจากได้ทำเส้นให้บางแล้วก็นำรูปที่ได้มาเข้าสมการหาจุดโดยตรงเลย และ ขั้นตรวจสอบใช้ทั้งจุดขาดของเส้นและ จุดแยกของเส้นด้วย
3. หลังจากได้ทำเส้นให้บางแล้วก็นำรูปที่ได้มาตัวเส้นที่เป็นกิ่งยื่นเล็กๆ และ ต่อเส้นขาดเล็กๆก่อนเข้าสมการหาจุดและ ขั้นตรวจสอบใช้เพียงจุดขาดของเส้นอย่างเดียว
4. หลังจากได้ทำเส้นให้บางแล้วก็นำรูปที่ได้มาตัวเส้นที่เป็นกิ่งยื่นเล็กๆ และ ต่อเส้นขาดเล็กๆก่อนเข้าสมการหาจุดและ ขั้นตรวจสอบใช้ทั้งจุดขาดของเส้นและ จุดแยกของเส้นด้วย

5.2.2 การทดลองที่ 1 ทดสอบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Gausian

ทดลองโดยใช้รูปลายนิ้วมือใดๆหนึ่งรูปแล้วเพิ่มสัญญาณรบกวนในระดับต่างๆ ตามค่าการกระจาย (Variance) นำภาพทั้งสองมาเปรียบเทียบด้วยวิธีต่างๆกัน 4 วิธี (ดังข้อ 5.2.1) แล้วจึงหาค่าความคล้าย ทำซ้ำ 100 ครั้ง ทดลองเปลี่ยนรูปภาพ แล้วทำซ้ำตั้งแต่ต้น จากการทดลองได้ผลสรุปเป็นค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 5

วิธีการ	ค่าการกระจาย				
	0.0001	0.001	0.003	0.005	0.01
1	89.40	73.76	58.68	50.53	48.38
2	46.11	37.51	39.81	44.83	48.69
3	88.86	69.77	61.35	51.65	41.32
4	43.30	32.02	30.70	28.52	34.78

ตารางที่ 5 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด gausian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกตุจากการทดลองที่ 1 เราพบว่าการใสสัญญาณรบกวนชนิด Gausian ทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะเบอร์ มีสีผิดไปจากความเป็นจริง แม้มองด้วยตาเปล่ายังหาเส้นลายต่างๆ ได้ยาก การหาภาพสองระดับก็ทำได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้เส้นบางที่ได้มีเส้นกิ่งเล็กเกินออกมาเป็นจำนวนมาก จากขั้นตอนการตรวจสอบลายนิ้วมือของโครงงานชิ้นนี้พบว่า ลักษณะที่เสียดังกล่าวจะถูกกำจัดเป็นส่วนใหญ่ตั้งแต่ขั้นตอนการทำรูปให้เรียบขึ้น ละการคืนความสมบูรณ์ให้รูป นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการเปรียบเทียบทั้งสองชนิดเราพบว่าการเปรียบเทียบโดยใช้จุดขาดเพียงอย่างเดียวให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า เพราะรูปที่ได้มักมีเส้นกิ่งเกินออกมาจำนวนมากทำให้มีจุดแยกที่ผิดปรกติเยอะกว่าจุดขาดที่ผิดปรกติ

5.2.3 การทดลองที่ 2 ทดสอบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Salt & pepper

ทดลองโดยใช้รูปลายนิ้วมือใดๆหนึ่งรูปแล้วเพิ่มสัญญาณรบกวนในระดับต่างๆ ตามค่าความหนาแน่น(Density) นำภาพทั้งสองมาเปรียบเทียบด้วยวิธีต่างๆกัน 4 วิธี (ดังข้อ 5.2.1) แล้วจึงหาค่าความคล้าย ทำซ้ำ 100 ครั้ง ทดลองเปลี่ยนรูปภาพ แล้วทำซ้ำตั่งแต่ต้น จากการทดลองได้ผลสรุปเป็นค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 6

วิธีการ	ความหนาแน่น				
	1%	5%	10%	15%	20%
1	89.57	79.28	68.12	56.83	44.06
2	53.75	36.72	30.48	28.49	25.48
3	87.61	75.47	65.85	58.09	53.60
4	52.03	32.97	27.64	24.52	22.44

ตารางที่ 6 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนชนิด Salt & Pepper

ข้อสังเกตุจากการทดลองที่ 2 เราพบว่าการใสสัญญาณรบกวนชนิด Salt & Pepper ทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะมีสีผิดไปจากความเป็นจริงกระจายตามความหนาแน่นที่กำหนดให้ ทำให้เส้นที่ได้อาจขาดหรือเชื่อมต่อกันแบบผิดปรกติได้ จากขั้นตอนการตรวจสอบลายนิ้วมือของโครงงานชิ้นนี้พบว่า ลักษณะที่เสียดังกล่าวจะถูกกำจัดเป็นส่วนใหญ่ตั้งแต่ขั้นตอนการทำรูปให้เรียบขึ้น ละการคืนความสมบูรณ์ให้รูป นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการเปรียบเทียบทั้งสองชนิดเราพบว่าการเปรียบเทียบโดยใช้จุดขาดเพียงอย่างเดียวให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า เพราะรูปที่ได้มักมีเส้นกิ่งเกินออกมาจำนวนมากทำให้มีจุดแยกที่ผิดปรกติเยอะกว่าจุดขาดที่ผิดปรกติ

5.2.4 การทดลองที่ 3 ทดสอบกับภาพเดียวกันแต่มีมุมของภาพหมุนต่างกัน

ทดลองโดยใช้รูปลายนิ้วมือใดๆ หนึ่งรูปแล้วนำรูปทำการหมุนในระดับต่างๆ ครั้งละ 1 องศาทั้งตามเข็ม และทวนเข็ม นำภาพทั้งสองมาเปรียบเทียบด้วยวิธีต่างๆกัน 4 วิธี (ดังข้อ 5.2.1) แล้วจึงหาค่าความคล้าย ทำซ้ำ ในช่วงมุมตั้งแต่ –15 ถึง 15 องศาทดลองเปลี่ยนรูปภาพ แล้วทำซ้ำตั่งแต่ต้น จากการทดลองได้ผลสรุปเป็นค่าเฉลี่ยช่วงละ 5 องศาได้ดังตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ	มุม					
	-15 ถึง –11	-10 ถึง –6	-5 ถึง –1	1 ถึง 5	6 ถึง 10	11 ถึง 15
1	47.59	60.68	61.10	68.20	59.07	53.65
2	32.38	38.96	39.61	44.24	43.27	33.62
3	54.12	61.54	62.53	66.00	62.09	55.74
4	29.40	33.71	33.91	34.85	38.32	28.50

ตารางที่ 7 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบกับภาพที่มีมุมของภาพหมุนในระดับต่างๆกัน

ข้อสังเกตุจากการทดลองที่ 3 เราพบว่าการหมุนภาพทำให้ภาพที่ได้มีตำแหน่งจุดขาดและจุดแยกเคลื่อนที่จากรูปต้นฉบับ และเนื่องจากการทำภาพสองระดับของโครงงานนี้ใช้การตัดเป็นหน้าต่างเพื่อหาค่าเฉลี่ยมาเทียบว่าเป็นสีอะไร ดังนั้นจึงทำให้รูปที่ได้มีอาการผิดปรกติที่บริเวณการตัดรูปทำให้เส้นที่ได้อาจขาดหรือเชื่อมต่อกันแบบผิดปรกติได้

5.2.5 การทดลองที่ 4 ทดสอบกับภาพลายนิ้วมือของหลายบุคคล

ทดสอบการระบุตัวบุคคลจากข้อมูลรูปลายนิ้วมือหลายๆรูป ทั้งที่มาจากนิ้วเดียวกัน และต่างนิ้ว ว่าสามารถระบุนิ้วของคนๆเดียวกันได้หรือไม่ ทดสอบจากรูป 64 รูป จากนิ้ว 15 นิ้ว วัดค่าเฉลี่ยจากผลคะแนนการเปรียบเทียบ ทั้งกรณีที่วัดจากกลุ่มนิ้วเดียวกัน ต่างนิ้วกัน พร้อมทั้งการหาอันดับแรกของนิ้วเดียวกัน จากการรวมข้อมูลทั้งสองกรณีแรกเข้าด้วยกันแล้วหาอันดับแรกของนิ้วเดียวกันในข้อมูลทั้งหมด แล้วนำผลดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย ได้ผลดังตารางที่ 8

วิธีการ	ประเภท		
	คนเดียวกัน	ต่างคนกัน	อันดับแรกของคนเดียวกัน
1	25.50	16.80	2
2	26.99	21.23	3.3
3	24.39	16.27	2.8
4	23.32	18.01	2.4

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือกับภาพหลายๆ ภาพ

จากผลการทดลองที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือชิ้นนี้มีความสามารถแยกลายนิ้วมือเดียวกันออกมาจากลายนิ้วมือต่างนิ้วกันได้ดี โดยจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยคะแนนการเปรียบเทียบของนิ้วเดียวกันได้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนการเปรียบเทียบต่างนิ้วกัน และเมื่อหาอันดับแรกของคะแนนนิ้วเดียวกันก็พบว่ามีค่าอยู่ในอันดับแรก ๆ (2.8 จาก 64 รูป) ขาดแต่ค่าเฉลี่ยคะแนนการเปรียบเทียบจากนิ้วมือเดียวกันยังได้ค่าน้อยกว่า 50 % อันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนหลายอย่างของการพิมพ์ลายนิ้วมือทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมามีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การอ่านภาพลายนิ้วมือควรใช้ scanner ที่มีคุณภาพสูง หรือเป็นเครื่องอ่านลายนิ้วมือโดยตรงเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน
2. ควรมีกระบวนการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการที่ให้ผลดีกว่านี้
3. นำไปพัฒนาบนโปรแกรมอื่นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานให้รวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Jayanta Basak, Nikhil R. Pal and P.S. Patel : "*Aconnectionist Model for Graytone Thinning*", Neural Networks, 1995. Proceedings., IEEE International Conference on Volume: 3 , 1995 , Page(s): 1460 -1465 vol.3

[2] Shu Changxian Mo Yulong : "*Morphological Thinning Based on Image's Edges*", Communication Technology Proceedings, 1998. ICCT '98. 1998 International Conference on , 1998 , Page(s): 5 pp. vol.1

[3] Edna Lucia Flores : "*A Fast Thinning Algorithm*" ,Telecommunications Symposium, 1998. ITS '98 Proceedings. SBT/IEEE International Volume: 2 , 1998 , Page(s): 594 -599 vol.2

[4] Y.S. Kim, W.S. Ghoi, and S.W. Kim :"*High-Speed Thinning Processor for Character Recognition System*", Consumer Electronics, 1992. Digest of Technical Papers. ICCE., IEEE 1992 International Conference on , 1992 , Page(s): 64 -65

[5] Nalini K. Ratha, Anil K. Jain, Diane T. Rover : "*An FPGA-based Point Pattern Matching Processor with Application to Fingerprint Matching*" ,Computer Architectures for Machine Perception, 1995. Proceedings. CAMP '95 , 1995 , Page(s): 394 -401

[6] Z.Chen and C.H.Kuo : "*A Toplogy-Based Matching Algorithm for Fingerprint Authentication*" ,Security Technology, 1991. Proceedings. 25th Annual 1991 IEEE International Carnahan Conference on , 1991 , Page(s): 84 -87

[7] B. G. Sherlock and D.M. Monro : "*Optimized Wavelets for fingerprint Compression*" ,Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1996. ICASSP-96. Conference Proceedings., 1996 IEEE International Conference on Volume: 3 , 1996 , Page(s): 1447 -1450 vol. 3

[8] Willie Chang, Hamdy S. Soliman & Andrew H. Sung : "*Fingerprint Image Compression By A Natural Clustering Neural Network*" , Image Processing, 1994. Proceedings. ICIP-94., IEEE International Conference Volume: 2 , 1994 , Page(s): 341 -345 vol.2

[9] Ming-Tak Leung*,W.E. Engeler and P. Frank : "*Fingerprint Processing Using Back propagation Neural Networks*" ,Neural Networks, 1990., 1990 IJCNN International Joint Conference on , 1990 , Page(s): 15 -20 vol.1

[10] Brain Zuerndorfer, Gregory H. Wakefield, and Anthony W. England : "*Recovery of Fine Resolution Information in Multispectral Processing*" ,Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1990. ICASSP-90., 1990 International Conference on , 1990 , Page(s): 2033 -2036 vol.4

[11] O.N. Gerek and A.E. Cetin : "*Polyphase adaptive filter banks for fingerprint image compression*" ,Electronics Letters Volume: 34 20 , 1 Oct. 1998 , Page(s): 1931 -1932

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] B.G. Sherlock and D.M. Monro : "*Psychovisually Tuned Wavelet Fingerprint Compression*" , Image Processing, 1996. Proceedings., International Conference on Volume: 1 , 1996 , Page(s): 585 -588 vol.2

[13] Lide Wu, Zhaohui Xie : "*On Fingerprint Theorems*" , Pattern Recognition, 1988., 9th International Conference on , 1988 , Page(s): 1216 -1220 vol.2

[14] G. A. Khuwaja and A. S. Tolba : "*Fingerprint Image Compression*" , Neural Networks for Signal Processing X, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE Signal Processing Society Workshop Volume: 2 , 2000 , Page(s): 517 -526 vol.2

[15] I. Emiroglu , M. B. Akharn : "*Pre-Processing of fingerprint Images*" , Security Technology, 1995. Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 29th Annual 1995 International Carnahan Conference on , 1995 , Page(s): 91 -96

[16] Dario Maio, Davide Maltoni : "*Neural Network Based Minutiae Filtering in Fingerprint*" , Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on Volume: 2 , 1998 , Page(s): 1654 -1658 vol.2

[17] Ming-Tak Leung*, W.E. Engeler and P.Frank : "*Fingerprint Processing Using Back Propagation Neural Networks*" , Neural Networks, 1990., 1990 IJCNN International Joint Conference on , 1990 , Page(s): 15 -20 vol.1

[18] John Daugman, Ph.D. : "*High Confidence personal Identification By Rapid Video Analysis of IRIS Texture*" , Security Technology, 1992. Crime Countermeasures, Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 1992 International Carnahan Conference on , 1992 , Page(s): 50 -60

[19] John Daugman, Ph.D. : "*High Confidence personal Identification By Rapid Video Analysis of IRIS Texture*" ,Security Technology, 1992. Crime Countermeasures, Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 1992 International Carnahan Conference on , 1992 , Page(s): 50 -60

[20] Lin Hong, Sludent Member, IEEE, Yifei Wan and Anil Jain, Fellow, IEEE : "*Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation*" ,Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Volume: 20 8 , Aug. 1998 , Page(s): 777 -789

[21] Meltem Ballan and F. Ayhan Sakarya, Brian L. Evans : "*A Fingerprint Classification Technique Using Directional Images*" , Signals, Systems & Computers, 1997. Conference Record of the Thirty-First Asilomar Conference on Volume: 1 , 1998 , Page(s): 101 -104 vol.1

[22] Jason T.L. Wang and Chia-Yo Chang : "*Fast Retrieval of Electronic Documents in Digital Libraries*" , Tools with Artificial Intelligence, 1995. Proceedings., Seventh International Conference on , 1995 , Page(s): 208 -215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[23] A. Wahab S.H. Chin E.C. Tan : "*Novel approach to automated fingerprint recognition*" , Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings-Volume: 145 3 , June 1998 , Page(s): 160 - 166

[24] Jason Tsong-Li Wang, Member, IEEE, and Chia-Yo Chang : "*Fastt Retrieval of Electronic Messages That Contain Mistyped Words or Spelling Errors*" , Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on Volume: 27 3 , June 1997 , Page(s): 441 -451

[25] Andrew Luk, S H Leung, C K Lee and W H Lau : "*A Two-Level Classifier for fingerprint recognition*" , Circuits and Systems, 1991., IEEE International Sympoisum on , 1991 , Page(s): 2625 - 2628 vol.5

[26] L. Arendt and W. Kinsner : "*Multifractal Characterization of Laplacian Fractals*" , WESCANEX 97: Communications, Power and Computing. Conference Proceedings., IEEE , 1997 , Page(s): 114 -120

[27] Lin Hong, Anil Jain Sharath Pankanti, and Ruud Bolle : "*Fingerprint Enhancement*" , Applications of Computer Vision, 1996. WACV '96., Proceedings 3rd IEEE Workshop on , 1996 , Page (s): 202 -207

[29] Dinesh P Mital and Eam Khwang Teoh : "*An Automated Matching Technique for Fingerprint Identification*" , Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems, 1997. KES '97. Proceedings., 1997 First International Conference on Volume: 1 , 1997 , Page(s): 142 -147 vol.1

[30] Anil K. Jain, Lin Hong, Sharath Pankanti and Ruud Bolle : "*An Identity-Authentication System Using Fingerprints*" , Proceedings of the IEEE Volume: 85 9 , Sept. 1997 , Page(s): 1365 - 1388

[31] พฤฒิพงษ์ เลิศชัยมงคล และ หัทยาโอฬาริ : "*การตรวจสอบลายนิ้วมือ*" ปริญญานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคม, 2542.

[32] อุกฤษฎ์ ศรีเสือขาม, "*การประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้น สำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ*", วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด กระบัง, 2541.

[33] บุญชัย ฤาชัยสา, "*ระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติ*", ปริญญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.

[34] วาฑิต วิโรจนาวัตร์, วัชระ ศิริอ่อน, "*การตรวจหาจุดเฉพาะในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ*", ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้