การตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

โดย

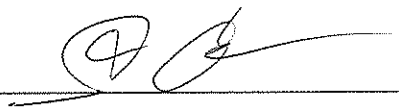
นางสาวจันจิรา	โคษาราช	รหัสนักศึกษา B4900801
นายธนกร	ดียิ่ง	รหัสนักศึกษา B4902362
นางสาวภัทราพร	ค้าขาย	รหัสนักศึกษา B4904427

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

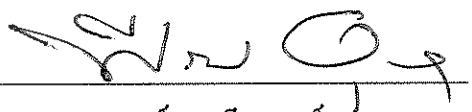
รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427494 โครงงานศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม
และวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2552

การตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

คณะกรรมการสอบโครงงาน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)
กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ กระฉอดนอก)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 427494 โครงงานศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม และวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2552

โครงงาน	การตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล			
โดย	1. นางสาวจันจิรา	โคษาราช	รหัสประจำตัว	B4900801
	2. นายธนกร	ดียิ่ง	รหัสประจำตัว	B4902362
	3. นางสาวภัทราพร	ค้าขาย	รหัสประจำตัว	B4904427
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์			
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม			
ภาคการศึกษาที่	2/2552			

บทคัดย่อ

(Abstract)

ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นการสแกนลายนิ้วมือเพื่อเข้าทำงานแทนการตอกบัตร การใช้ลายนิ้วมือในการติดตามหาตัวอาชญากร และการใช้ลายนิ้วมือเพื่อยืนยันตัวบุคคลซึ่งทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ไม่เหมือนกับในอดีตซึ่งใช้การตรวจสอบเลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน รอยตำหนิหรือรอยแผลเป็นตามร่างกาย เป็นต้นซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากมาก ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือนั้นสามารถบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคลได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลนั้นมีลักษณะและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งโอกาสที่ลายนิ้วมือของสองคนจะเหมือนกันได้นั้นมีโอกาสน้อยมาก คุณสมบัติเด่นข้อนี้จึงทำให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือถูกนำมาใช้ในการแยกแยะตัวบุคคลอย่างกว้างขวาง โครงงานนี้จึงได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจสอบลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลโดย จะนำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเข้าสู่ระบบ จากนั้นจะทำการหาลักษณะเด่นต่าง ๆ บนลายนิ้วมือหรือทำการหาจุดสำคัญบนลายนิ้วมือที่เรียกว่า Minutiae Extraction ซึ่งทำให้โครงงานนี้สามารถยืนยันตัวบุคคลด้วยภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้ตามความเหมาะสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การทำโครงงานเรื่อง “การตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล” ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นความรู้เกี่ยวกับลักษณะของลายนิ้วมือ การใช้งานโปรแกรม MATLAB และการใช้งานเครื่องอ่านลายนิ้วมือ Finger scan HIP CM 5000 ขณะนี้โครงงานดังกล่าวพร้อมทั้งรายงานได้สำเร็จแล้ว ซึ่งโครงงานดังกล่าวนี้ได้รับความร่วมมือ คำปรึกษา ข้อแนะนำและการสนับสนุนจากบุคคลดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์ อาจารย์สาขา วิศวกรรมโทรคมนาคม ซึ่งท่านได้เป็นที่ปรึกษาโครงงานดังกล่าวนี้ ข้าพเจ้าคณะผู้จัดทำโครงงานทุกคน ใคร่ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่งที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ และเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม MATLAB เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ซึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวจันจิรา โคษาราช
นายธนกร ดียิ่ง
นางสาวภัทราพร ค้าขาย

คณะผู้จัดทำรายงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทคัดย่อ.....ก

กิตติกรรมประกาศ.....ข

สารบัญ.....ค

สารบัญรูป.....ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 บทนำ.....1

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.4 ขอบเขตการทำงาน.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ.....3

2.2 Biometrics.....3

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล.....5

2.4 การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลด้วยตัวกรองกาเบอร์.....8

2.5 การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา.....11

2.6 การแยกข้อมูลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation).....12

2.7 การแปลงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization).....19

2.8 การหาจุดศูนย์กลางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Core Point Detection).....20

2.9 การดึงเอกลักษณ์เฉพาะของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Minutiae extraction).....22

2.10 การรู้จำของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Recognition).....25

บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรมการทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

3.1 บทนำ.....27

3.2 การออกแบบโปรแกรมการทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

3.2.1 การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

1. การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลโดยการทำ Image Segmentation.....27

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

2. การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลโดยการทำ Gabor filter
- การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลโดยการทำ Normalization……..28
- การกรองภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Filtering)……28
3.2.2 การทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลให้บางลงโดยการทำ Thinning……29
3.2.3 การหาเอกลักษณ์เฉพาะของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Minutiae Detection)…29
3.2.4 การจัดทำฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Data Base)…30
3.2.5 การเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล ……..31
3.2.6 การสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก (Graphic user interface, GUI)……39
บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 บทนำ……41
4.2 การทดลองที่ 1 การตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น……42
4.3 การทดลองที่ 2 การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลขั้นสูงโดยการกรองภาพด้วยตัวกรองกาเบอร์ (Gabor filter)……47
4.4 การทดลองที่ 3 การเปรียบเทียบเอกลักษณ์เฉพาะโดยใช้จุดมินูเทียร์แบบจุดแยกของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล เพื่อระบุว่าเป็นบุคคลคนเดียวกันหรือไม่……52
4.5 การทดลองที่ 4 การเปรียบเทียบเอกลักษณ์เฉพาะโดยใช้จุดมินูเทียร์แบบจุดแยกของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลในการทดสอบกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลของบุคคลอื่นๆ..60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
5.1 บทนำ……..…..68
5.2 สรุปผลการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น……68
5.3 สรุปผลการปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลขั้นสูงโดยการกรองภาพด้วยตัวกรองกาเบอร์ (Gabor filter)…… ……68
5.4 สรุปผลการเปรียบเทียบเอกลักษณ์เฉพาะโดยใช้จุดมินูเทียร์แบบจุดแยกของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล เพื่อระบุว่าเป็นบุคคลคนเดียวกันหรือไม่……..…..69

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

5.5 สรุปผลการเปรียบเทียบเอกลักษณ์เฉพาะ โดยใช้จุดมินูเทียร์แบบจุดแยกของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลในการทดสอบกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลของบุคคลอื่น ๆ.....69

5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัยในอนาคต.....70

ประวัติผู้เขียน.....71

บรรณานุกรม.....72

ภาคผนวก ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน.....73

ภาคผนวก ข โปรแกรม MATLAB ที่ใช้งาน.....134

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รายการ หน้า

รูปที่ 2.1 Biometric ในรูปแบบต่างๆ.....5

รูปที่ 2.2 แสดงแบบแผนลายเส้นพื้นฐานได้แก่ โค้ง(arch) มัดหวาย(loop) และก้นหอย(whorl).....7

รูปที่ 2.3 แสดงลายนิ้วมือแบบ โค้งกระโจม โค้งราบ และโค้งสูง (high arch).....7

รูปที่ 2.4 แสดงลายนิ้วมือแบบมัดหวาย.....8

รูปที่ 2.5 แสดงลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง และแบบซับซ้อน.....8

รูปที่ 2.6 การปรับภาพเบื้องต้น.....9

รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการปรับแต่งลายนิ้วมือที่นำเสนอ.....10

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเมื่อเข้าสู่กระบวนการกรองด้วยตัวกรองกาเบอร์
และ นำมาเข้ากระบวนการ Voting Algorithms.....11

รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา.....12

รูปที่ 2.10 Bimodal image histogram.....13

รูปที่ 2.11 (a) Original Image (b) Quadtree representation.....17

รูปที่ 2.12 การแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับคือ ดำกับขาว (0 และ 1).....19

รูปที่ 2.13 เส้นสมมติที่ตั้งฉากกับเส้นทิศทางลายนิ้วมือ.....20

รูปที่ 2.14 จุด Core Point ที่อ้างอิงได้ถูกต้อง (จุดสีแดง).....21

รูปที่ 2.15 จุด Core Point ที่อ้างอิงคลาดเคลื่อน (จุดสีฟ้า).....21

รูปที่ 2.16 บริเวณที่เป็นจุด Minutiae.....22

รูปที่ 2.17 ลักษณะลายนิ้วมือที่นำมาหาจุด Minutiae.....23

รูปที่ 2.18 หน้าต่างสี่เหลี่ยม 3 × 3 เพื่อใช้ในการหาจุด Minutiae.....24

รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะ A) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าไม่มี Minutiae
B) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าเป็นจุดแยกของเส้นลายนิ้วมือ
C) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าเป็นจุดสิ้นสุดของเส้นลายนิ้วมือ.....24

รูปที่ 3.1 แผนภาพการปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลโดยการทำ Image Segmentation.....32

รูปที่ 3.2 แผนภาพการปรับปรุงภาพเบื้องต้น Normalization.....33

รูปที่ 3.2 แผนภาพการปรับปรุงภาพเบื้องต้น Normalization.....34

รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำให้ลายนิ้วมือดิจิตอลบางลงโดยวิธี Thinning.....35

รูปที่ 3.5 แผนภาพการหาเอกลักษณ์เฉพาะ (Minutiae) ของภาพพิมพ์ลายนิ้วมิอดิจิตอล.....36

รูปที่ 3.6 แผนภาพการจัดเก็บข้อมูลเพื่อทำเป็นฐานข้อมูลของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล.....37

สารบัญรูป(ต่อ)

รายการ หน้า

รูปที่ 3.7 แผนภาพการเปรียบเทียบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล.....38
รูปที่ 3.8 แสดง GUI.....39
รูปที่ 3.9 แผนภาพการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิก.....40
รูปที่ 4.1 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่นำมาใช้งาน.....41
รูปที่ 4.2 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลต้นฉบับ.....43
รูปที่ 4.3 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น.....43
รูปที่ 4.4 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการดึงเอกลักษณ์เฉพาะจุดแยก (Bifurcation).....44
รูปที่ 4.5 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการดึงเอกลักษณ์เฉพาะจุดหยุด (Ridge Ending).....44
รูปที่ 4.6 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลต้นฉบับ.....48
รูปที่ 4.7 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการกรองด้วยตัวกรองกาเบอร์ (Gabor).....48
รูปที่ 4.8 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการดึงเอกลักษณ์เฉพาะจุดแยก (Bifurcation).....49
รูปที่ 4.9 ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ผ่านการดึงเอกลักษณ์เฉพาะจุดหยุด (Ridge Ending).....49
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม
(a) ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ใช้ในการจัดทำเป็นฐานข้อมูล.....53
(b) , (c)ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วยโปรแกรม.....54
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม
(a) ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลที่ใช้ในการจัดทำเป็นฐานข้อมูล.....61
(b) , (c) ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลของแต่ละบุคคลที่นำมาให้ในการทดสอบ...62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันการระบุตัวบุคคลสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การดูหมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน การดูรอยตำหนิ การดูรอยแปลเป็นตามร่างกาย เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก ทำให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็สามารถเกิดข้อผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน เพราะวิธีการดังกล่าวสามารถลอกเลียนแบบได้ง่ายและมีความเป็นเอกลักษณ์ต่ำ เพราะฉะนั้นจึงหาวิธีการพิสูจน์และระบุตัวบุคคลที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้นเพื่อเลี่ยงข้อผิดพลาดต่างๆ จากการศึกษาพบว่าการพิสูจน์และระบุตัวตนของบุคคลโดยการอาศัยข้อมูลพื้นฐานทางด้านร่างกายของบุคคลหรือเรียกว่า ไบโอเมตริก (Biometrics) ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจสอบโครงสร้างใบหน้า การตรวจสอบม่านตา การตรวจสอบดีเอ็นเอ และการตรวจสอบลายนิ้วมือ เป็นต้น ซึ่งวิธีไบโอเมตริก เป็นวิธีการระบุตัวบุคคลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีที่ยากต่อการเลียนแบบ มีความคงสภาพสูง และมีเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล จึงเป็นวิธีที่แพร่หลายในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การระบุตัวบุคคลด้วยการใช้ลายนิ้วมือนั้นได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะผิวหนังนิ้วมือของคนเราที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นร่อง (Furrow) และส่วนที่เป็นเส้นหรือสัน (Ridge) ที่เราเรียกรวมกันว่า “ลายนิ้วมือ” ซึ่งมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลและมีความคงสภาพไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ลายนิ้วมือสามารถนำมาตรวจสอบและประมวลผลได้ง่ายและรวดเร็ว อีกทั้งโครงสร้างลายนิ้วมือมีความซับซ้อนยากต่อการซ้ำซ้อนกับบุคคลอื่นซึ่งทำให้การระบุตัวบุคคลโดยการใช้ลายนิ้วมือเป็นวิธีการตรวจสอบที่แม่นยำวิธีหนึ่ง โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล หลักการที่นำมาใช้ในโครงงานครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวกรองกาเบอร์ (Gabor Filter) คือ หลักการที่ใช้ในการปรับแต่งภาพพิมพ์ลายนิ้วมือซึ่งเป็นการปรับแต่งที่มีประสิทธิภาพเพราะสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะลายนิ้วมือ เช่น สามารถปรับความถี่ในการกรองที่ทำให้เส้นลายนิ้วมือที่ขาดเชื่อมต่อกันได้ ใช้การแยกข้อมูลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation) เพื่อที่จะแยกภาพลายนิ้วมือออกจากพื้นหลังเพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดยิ่งขึ้นจากนั้นก็นำไปเข้ากระบวนการเพื่อนทำการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือแล้วจัดเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลเอาไว้เพื่อนใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการเปรียบเทียบลายนิ้วมือและสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือได้
2. เพื่อให้สามารถสืบค้นข้อมูลบุคคลและตรวจสอบบุคคลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น
3. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและยืนยันตัวบุคคลแทนระบบเดิม เช่น แทนการตอกบัตร แทนการเซ็นชื่อ แทนบัตรประจำตัว เป็นต้น
4. เพื่อศึกษาและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ระบุตัวบุคคลโดยใช้ลายนิ้วมือและนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆได้

1.4 ขอบเขตการทำงาน

1. สามารถตรวจสอบบุคคลด้วยลายนิ้วมือได้
2. สามารถสืบค้นข้อมูลบุคคลด้วยลายมือได้
3. สามารถจัดเก็บ เพิ่มข้อมูล และจัดเก็บภาพลายนิ้วมือของบุคคลได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจสอบและยืนยันตัวบุคคลจากภาพลายนิ้วมือได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำขึ้น
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้แทนระบบที่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบบุคคล เช่น การตอกบัตร เป็นต้น

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น
2. ฝึกการใช้งานโปรแกรม MATLAB โดยการออกแบบตัวกรองดิจิตอลแบบต่างๆ
3. ศึกษาหลักการสกัดลักษณะเด่นของลายพิมพ์นิ้วมือดิจิตอล
4. เขียนโปรแกรมฐานข้อมูลจัดเก็บลายพิมพ์นิ้วมือ
5. เขียนโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือดิจิตอล
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือดิจิตอล
7. จัดเก็บข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และ จัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการซึ่งใช้ในการศึกษาเพื่อจะได้มาซึ่งความรู้ที่จะใช้ในกระบวนการทำงานโดยได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล โดยมีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของลายนิ้วมือ กระบวนการในการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ การแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับเทา การแยกข้อมูลภาพพิมพ์ลายนิ้วมือออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation) การแปลงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) การหาจุดศูนย์รวมของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Center Point Detection) การดึงเอกลักษณ์เฉพาะของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Minutiae extraction) การรู้จำของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Recognition) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้จะช่วยให้เราเข้าใจถึงลักษณะการทำงานทั้งหมดได้เป็นอย่างดี

2.2 เทคโนโลยีชีวภาพ (Biometric)

เทคโนโลยีชีวภาพ หรือ Biometric คือการผสมผสานเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพและทางการแพทย์ กับเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน โดยการตรวจวัดคุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) และลักษณะทางพฤติกรรม (Behaviors) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคนมาใช้ในการระบุตัวบุคคลนั้นๆ แล้วนำสิ่งเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะที่ได้มีการบันทึกไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้านี้ เพื่อใช้แยกแยะบุคคลนั้นจากบุคคลอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการตรวจสอบบุคคลคนนั้นในกรณีที่อาจเป็นผู้ต้องสงสัยในการละเมิดกฎหมายได้อีกด้วย คุณลักษณะทางกายภาพของคนเรานั้นส่วนใหญ่จะไม่เปลี่ยนไปตามกาลเวลา ในขณะที่พฤติกรรมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงทำให้การพิสูจน์บุคคลโดยการใช้ลักษณะทางกายภาพนั้น มีความน่าเชื่อถือมากกว่า ตัวอย่างของคุณลักษณะทางกายภาพที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ลายนิ้วมือ ม่านตา ช่องตาดำ ฝ่ามือ และรูปหน้า เป็นต้น

ส่วนเสียงพูด การลงลายมือชื่อ การใช้แป้นพิมพ์ ซึ่งจัดเป็นคุณลักษณะทางพฤติกรรมของบุคคลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลเวลาและการเรียนรู้ของเจ้าของ แต่ข้อดีอย่างหนึ่งของการใช้ Biometric ประเภทนี้ก็คือ ใช้ง่าย เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ และมีอัตราเสี่ยงต่อการติดเชื้อต่ำ เนื่องจากไม่ต้องนำอวัยวะที่ไวต่อการติดเชื้อ (เช่น ดวงตา) ไปสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านข้อมูล Biometric

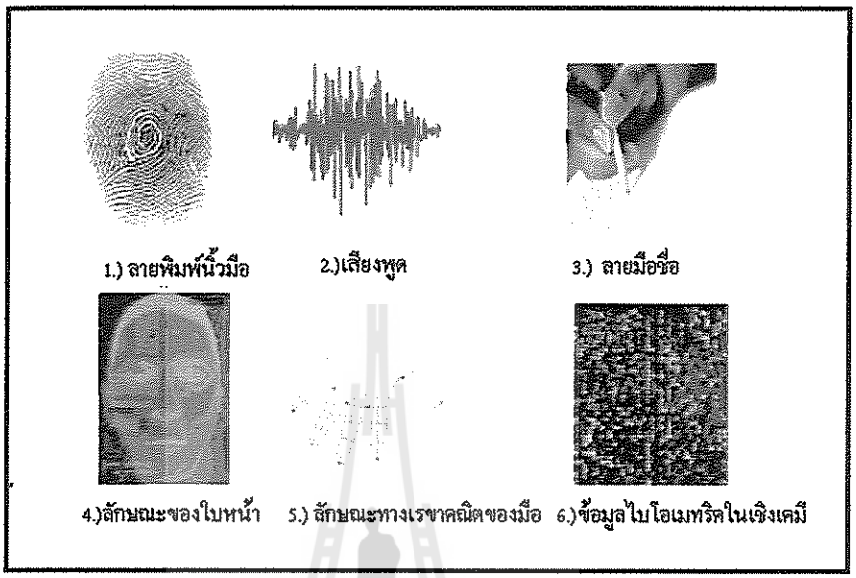
Biometrics นั้นถูกนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความรู้จัก แยกแยะ ระบุและตรวจสอบบุคคลนั้น ๆ จากบุคคลอื่น และจากวัตถุประสงค์ดังกล่าวทำให้สามารถแบ่งการใช้งานออกได้เป็นสองโอกาส คือ

1. **Identification (one-to-many)** เป็นกระบวนการตรวจสอบข้อมูลของบุคคลนั้น ๆ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มา กับข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ระบบ identification นั้น มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ
    - Positive identification วิธีนี้ใช้เพื่อตอบคำถามที่ว่า "คุณเป็นใคร (Who is this)" ผลที่ออกมาไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นชื่อบุคคลนั้นก็ได้ แต่อาจจะออกมาในรูปของบัตรประจำตัวพนักงาน หรือสิ่งอื่น ๆ ที่แสดงความเป็นตัวตนของคน ๆ นั้นก็ได้ ระบบนี้อาจถูกนำไปใช้เวลามีการปล่อยตัวนักโทษ ซึ่งไม่ได้ใส่เลขที่ประจำตัว หรือมีการใช้บัตร แต่ก็สามารถระบุตัวได้โดยการตรวจม่านตา
    - Negative identification เป็นการค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้ไปเทียบกับข้อมูลหลาย ๆ ตัว ระบบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้มั่นใจว่า บุคคลคนนั้นยังไม่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลจริง ๆ ซึ่งการทำแบบนี้ก็เพื่อป้องกันการลงทะเบียนซ้ำซ้อนโดยการใช้ชื่อต่าง ๆ กัน ทำให้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในกรณีที่การลงทะเบียนนั้นเอื้อประโยชน์ต่อผู้ลงทะเบียน
2. **Verification (one-to-one)** กระบวนการนี้ใช้เพื่อระบุว่า "คุณคือคนที่คุณอ้างจริงหรือไม่ (Is this person who he/she claim to be?)" โดยการตรวจสอบข้อมูลที่ได้มากับข้อมูลที่เคยมีการลงทะเบียนไว้แล้วด้วยลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น ถ้าคน ๆ นั้นได้ลงทะเบียนได้ด้วยการพิมพ์ลายนิ้วมือไว้ 3 นิ้ว เมื่อถึงเวลาตรวจสอบ จะใช้นิ้วใดนิ้วหนึ่งก็ได้ ระบบนี้จะทำการตรวจสอบหาข้อมูลจนกว่าจะเจอข้อมูลที่ตรงกัน เมื่อเจอข้อมูลที่ตรงกันเพียงข้อมูลเดียวก็ถือว่าผ่าน

ขั้นตอนของเทคโนโลยี Biometric

1. เก็บตัวอย่างคุณลักษณะที่ต้องการวัด เช่น สแกนลายนิ้วมือออกมาเป็นภาพถ่ายลายนิ้วมือ
2. เก็บข้อมูล Biometric จากตัวอย่างที่สแกนได้ จะเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากภาพถ่ายลายนิ้วมือด้วยการคำนวณโดยใช้อัลกอริทึ่มเฉพาะ
3. เปรียบเทียบข้อมูลเชิงปริมาณที่วัดได้จากข้อ 2 กับข้อมูลที่ได้บันทึกเอาไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งอาจบันทึกไว้ในฐานข้อมูลกลาง หรือบันทึกไว้บน Smart Card
4. พิจารณาผลการเปรียบเทียบว่า ถูกต้องตรงกันหรือไม่

5. ตัดสินว่าบุคคลนี้เป็นใคร (Identification) หรือเป็นตัวจริงตามที่มีการกล่าวอ้าง Verification) หรือไม่



รูปที่ 2.1 Biometric ในรูปแบบต่างๆ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า เทคโนโลยี Biometric เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของบุคคลจากลักษณะทางกายภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างมนุษย์ทุกคนในโลกได้ ดังนั้นจึงช่วยในเรื่องความปลอดภัย โดยการป้องกันการแอบอ้างสิทธิของบุคคลอื่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ทุกองค์กรและหน่วยงานต่าง ๆ แต่ในการที่จะนำเทคโนโลยี Biometric มาใช้ควรพิจารณาถึงหลายปัจจัยทั้งทางด้านการลงทุนว่าคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่จำเป็นแค่ไหนที่จะต้องนำ Biometric มาใช้ และถ้านำมาใช้จะมีความเหมาะสมกับองค์กรหรือหน่วยงานหรือไม่ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับคนในองค์กรหรือลูกค้าภายนอกองค์กรอีกด้วย

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล

ลายนิ้วมือของแต่ละคน เริ่มปรากฏขึ้นตั้งแต่เป็นตัวอ่อนอายุ 3 ถึง 4 เดือนในครรภ์มารดา ซึ่งเป็นผิวหนังส่วนที่มีร่อง (Furrow) และมีสัน (Ridge) เอาไว้ใช้สำหรับอำนวยความสะดวกในการหยิบจับสิ่งของ สันและร่องที่ปรากฏนี้มีคุณลักษณะที่สำคัญสองประการ คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบตามกาลเวลา (แต่อาจเปลี่ยนขนาดได้) และการมีรูปแบบเฉพาะในแต่ละคน

ลายนิ้วมือไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบ (Permanence) ตั้งแต่แรกเกิด จนกระทั่งวันที่เราตาย แต่อาจเปลี่ยนแปลงขนาดได้ตามขนาดร่างกาย เหมือนกับการที่เราวาดรูปไว้บนลูกโป่ง ซึ่งไม่ว่าลูกโป่งจะเล็กหรือเป่าให้พองใหญ่อย่างไร ก็ยังเป็นรูปเดิมแต่มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่านั้น

การที่ลายนิ้วมือละคน (Individuality) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของลายนิ้วมือนั้น ตั้งแต่เริ่มมีการใช้เก็บและเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยใช้วิธีสมัยใหม่ ซึ่งมีมาร้อยกว่าปีแล้ว ยังไม่มีการตรวจพบว่ามีการเหมือนกันของลายนิ้วมือ อีกทั้งถ้าจะอธิบายด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ก็มีการศึกษาของ Sir Francis Galton (1892) ซึ่งได้ประมาณไว้ว่า โอกาสที่คนสองคนจะมีลายนิ้วมือเหมือนกันนั้นมีความน่าจะเป็นอยู่ที่ 1/64,000,000,000 ซึ่งเป็นการประเมินค่าโดยใช้การแบ่งรายละเอียดรูปแบบของลายนิ้วมือออกเป็นส่วนๆ และหาความน่าจะเป็นของการซ้ำกันของแต่ละส่วนนั้น แล้วนำความน่าจะเป็นของแต่ละส่วนมาคูณกันเพื่อหาความน่าจะเป็นทั้งหมด ท่าน Sir Francis Galton นี้เป็นผู้ที่เริ่มทำการวิจัยอย่างจริงจังกับลายนิ้วมือและถือว่าเป็นบุคคลแรกที่ศึกษาถึงการใช้ลายนิ้วมือในการระบุตัวบุคคล เป็นบุคคลแรกที่ทำการพิสูจน์ว่าลายนิ้วมือของแต่ละคนมีลักษณะเฉพาะ (Individuality) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (Permanence) อีกทั้งยังเป็นผู้ที่กำหนดและแบ่งแยกประเภทของรูปแบบลายนิ้วมือที่ใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบันนี้

ลายนิ้วมือของแต่ละคนนั้นมีลักษณะเฉพาะมากจนกระทั่งแม้แต่ คู่แฝดแท้ (Identical Twin) ก็ยังมีลายนิ้วมือที่แตกต่างกัน (แต่มีรูปแบบ DNA เหมือนกัน) อย่างไรก็ตามรูปแบบของลายนิ้วมือความคล้ายกันของคนภายในครอบครัว หรือพูดได้อีกอย่างหนึ่งว่า รูปแบบของลายนิ้วมือการถ่ายทอดกันทางพันธุกรรม

ลักษณะลายนิ้วมือที่ใช้ในการพิสูจน์บุคคล ดูได้จาก 2 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่ ลักษณะโดยรวม (Global Feature) และลักษณะเฉพาะที่ (Local Feature) ลักษณะโดยรวมคือลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย

(1) แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (Basic Ridge Pattern)

(2) พื้นที่ทั้งหมดของแบบแผนลายเส้น (Pattern Area)

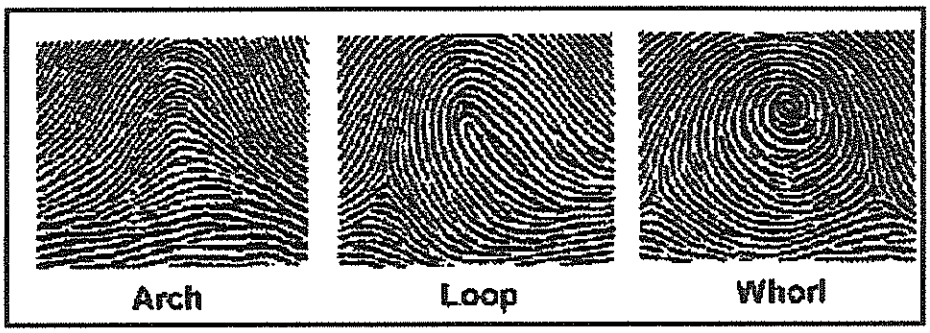
(3) จุดใจกลาง (Core Area)

(4) สามเหลี่ยมเดลต้าหรือสันดอน (Delta, Triradius)

(5) ชนิดของเส้น (Typelines)

(6) จำนวนเส้นลายนิ้วมือ (Ridge Count)

แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน มีการแบ่งแบบแผนลายเส้นพื้นฐานไว้หลากหลาย แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด แบ่งได้เป็น 3 แบบหลักๆ ได้แก่ โค้ง (Arch), มัดหวาย (Loop), และก้นหอย (Whorl)

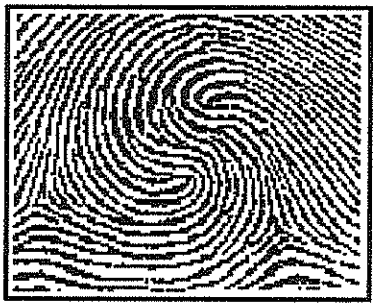


รูปที่ 2.2 แสดงแบบแผนลายเส้นพื้นฐานได้แก่ โค้ง (arch) มัดหวาย (loop) และก้นหอย (whorl)

โค้ง (Arch) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่มีลักษณะลายเส้นตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่งไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง โดยไม่มีจุดศูนย์กลางไม่มีจุดสันดอน แบบโค้งยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบแผน ได้แก่ โค้งราบ (Plain Arch) มีลักษณะของเส้นโค้งไม่สูงชัน ซึ่งต่างจากแบบโค้งกระโจมหรือโค้งเจดีย์ (Tented Arch)ที่มีเส้นโค้งตรงกลางหนึ่งเส้นหรือมากกว่าหนึ่งเส้นพุ่งขึ้นพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก ลายนิ้วมือแบบโค้งจึงไม่มีจุดสันดอน และไม่มีจุดศูนย์กลาง ดังนั้นจำนวนเส้นลายนิ้วมือจึงเป็นศูนย์

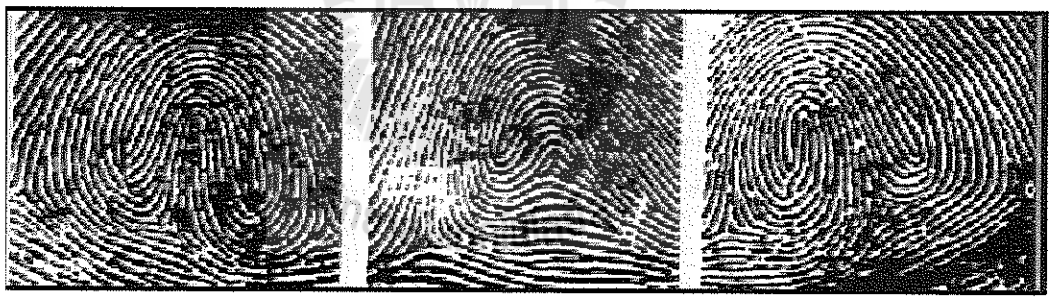
รูปที่ 2.3 แสดงลายนิ้วมือแบบ โค้งกระโจม โค้งราบ และโค้งสูง (high arch)

มัดหวาย (Loop) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่พบมาก ประมาณ 65% ของแบบแผนทั้งหมด มีลักษณะเป็นรูปเกือกม้าที่มีปลายเส้นเกือกม้าปัดออกไปทางใดทางหนึ่ง (นิ้วก้อย หรือนิ้วหัวแม่มือของมือนั้น) ถ้าปลายเส้นเกือกม้าปัดไปทางนิ้วก้อย เรียกว่า มัดหวายปัดก้อย (Ulnar Loop) ถ้าปัดไปทางนิ้วหัวแม่มือ เรียกว่า มัดหวายปัดหัวแม่มือ (Radial Loop)ลายนิ้วมือแบบมัดหวายทั้งสองแบบจะมีจุดสันดอนหนึ่งแห่งและจุดศูนย์กลางหนึ่งจุด จำนวนเส้นลายนิ้วมือ (Ridge Count) จึงมีหนึ่งจำนวน คือจำนวนเส้นจากจุดศูนย์กลางถึงจุดสันดอน



รูปที่ 2.4 แสดงลายนิ้วมือแบบมัดหวาย

ก้นหอย (Whorl) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่พบประมาณ 30% ของแบบแผนลายนิ้วมือทุกแบบ มีลักษณะเป็นลายเส้นวนเวียนเป็นรูปก้นหอยหรือเป็นวง มีจุดสันดอนสองแห่งขึ้นไป และจุดศูนย์กลางหนึ่งจุด ดังนั้นจึงมีค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือสองค่า เพื่อความสะดวกในการจำแนกประเภทลายนิ้วมือ ดังนั้นลายนิ้วมือแบบก้นหอย จึงหมายรวมถึง ลายนิ้วมือที่ไม่จัดอยู่ในแบบโค้งหรือมัดหวาย เช่น มัดหวายคู่ (Double Loop Whorl) หรืออาจเรียก มัดหวายแฝด (Twin Loop Whorl) ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central Pocket Loop) ก้นหอยกระเป๋าข้าง (Lateral Pocket Loop) และแบบซับซ้อน (Accidental Whorl)



รูปที่ 2.5 แสดงลายนิ้วมือแบบก้นหอยกระเป๋ากลาง และแบบซับซ้อน

2.4 การปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอลด้วยตัวกรองกาเบอร์ (Gabor Filter)

เป็นวิธีการปรับแต่งภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีการหนึ่ง เพราะด้วยคุณสมบัติของตัวกรองกาเบอร์ที่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของเส้นสันลายนิ้วมือที่มีความถี่และทิศทางไม่คงที่ เช่น ปรับทิศทางในการกรอง ปรับความถี่ในการกรอง ซึ่งสามารถขจัดรอยเปื้อนเส้นสันลายนิ้วมือ เป็นต้น การปรับแต่งภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยตัวกรองกาเบอร์นั้นมีประสิทธิภาพ และรายละเอียดการปรับแต่ง คุณภาพมีดังต่อไปนี้

2.4.1 การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)

การปรับแต่งคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์ในการปรับความแปรปรวนของระดับสีเทาของเส้นสันและร่องลายนิ้วมือให้อยู่ในระดับมาตรฐานเพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเส้นสันและร่องลายนิ้วมือของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ดังสมการ (1)

$$G(i,j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\dfrac{VAR_0(I(i,j)-M)^2}{VAR}} & \text{ถ้า} \quad I(i,j) > M \\ M_0 - \dfrac{\sqrt{VAR_0(I(i,j)-M)^2}}{VAR} & \text{กรณีอื่น} \end{cases} \tag{2.1}$$

เมื่อ $G(i,j)$ คือ ระดับค่าสีเทาของภาพที่ปรับแล้วที่จุดภาพ (i,j)

$I(i,j)$ คือ ค่าระดับสีเทาของจุด (i,j) บนภาพ

M คือ ค่าประมาณเฉลี่ยของ I

VAR คือ ค่าแปรปรวนของ I

M_0 คือ ค่าประมาณค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

VAR_0 คือ ความแปรปรวนที่ต้องการ

รูปที่ 2.6 การปรับภาพเบื้องต้น

2.4.2 การกรองภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยตัวกรองกาเบอร์ (Gabor Filtering)

ตัวกรองกาเบอร์ มีคุณสมบัติสามารถเลือกปรับความถี่และทิศทางในการกรองได้อย่างเป็นอิสระ การกรองภาพพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยตัวกรองกาเบอร์สามารถลบรอยเปื้อนบนโครงสร้างเส้นสันและร่องลายนิ้วมือได้ ตัวกรองกาเบอร์ evensymmetric สามารถเขียนในรูปแบบดังสมการ (2)

$$h(x,y:\phi,f)=\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x_\phi^2}{\delta_x^2}+\frac{y_\phi^2}{\delta_y^2}\right]\right\}\cos(2\pi f x_\phi) \qquad (2.2)$$

$$x_\phi = x\cos\theta + y\sin\theta \qquad (2.3)$$

$$y_\phi = x\sin\theta + y\cos\theta \qquad (2.4)$$

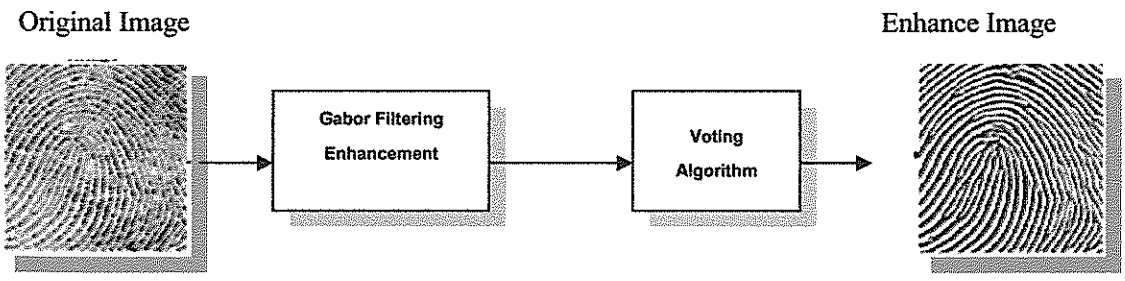
เมื่อ ϕ คือ ทิศทาง(มุม) ของตัวกรองกาเบอร์

f คือ ความถี่ของระนาบคลื่น Sinusoidal

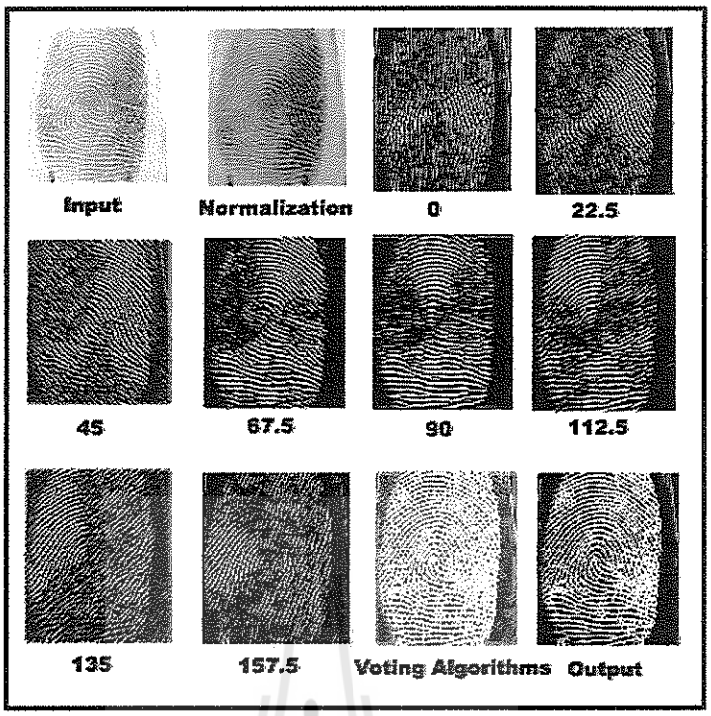
δ_x, δ_y คือ ขอบเขตของเกาซ์เซี่ยน (Gaussian) ในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

2.4.3 Voting Algorithms

เป็นการนำภาพต้นแบบที่ถูกกรองด้วยตัวกรองกาเบอร์ 8 ทิศทางเพื่อใช้สำหรับการคัดเลือก โดยส่วนภาพที่มีคุณภาพมากที่สุดจะถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกันจนเป็นภาพที่ถูกเพิ่มความคมชัด ซึ่งวิธีการคัดเลือกส่วนที่ดีที่สุดสามารถลดอัตราความผิดพลาดของการแบ่งแยกออกเป็นประเภทๆได้



รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการปรับแต่งลายนิ้วมือที่นำเสนอ



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเมื่อเข้าสู่กระบวนการกรองด้วยตัวกรองกาเบอร์และนำมาเข้ากระบวนการ Voting Algorithms

2.5 การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทา

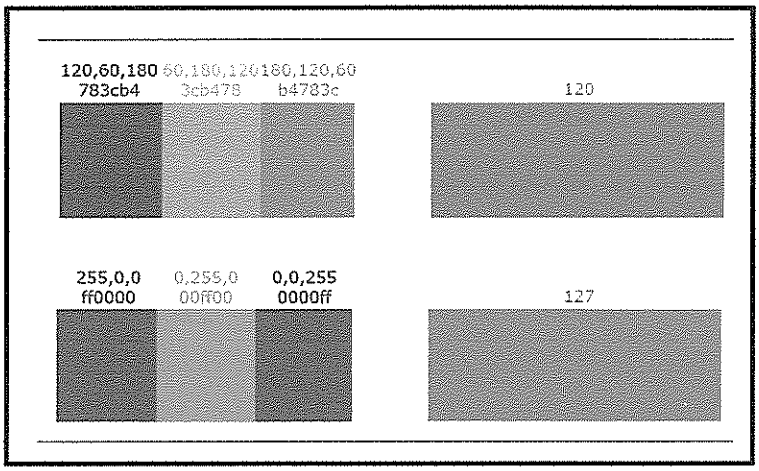
การแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา ทำโดยหลักการของภาพสีคือหลักการ RGB ที่ประกอบด้วยแม่สีของแสง 3 สี คือ แดง(Red),เขียว(Green) และ น้ำเงิน(Blue) ซึ่งในแต่ละสีจะมีความเข้มของสีอยู่ในระดับ 0-255 และสามารถทำได้ดังนี้

$$Gray\ Level = \frac{R+G+B}{3} \tag{2.5}$$

โดยที่ R หมายถึง ค่าเอาต์พุต Pixels สีแดง

G หมายถึง ค่าเอาต์พุต Pixels สีเขียว

B หมายถึง ค่าเอาต์พุต Pixels สีน้ำเงิน



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา

2.6 การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation)

การทำการ Segmentation จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้ (ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกับข้อมูลตัวอย่าง) วิธีการพื้นฐานสำหรับการ Segmentation คือการพิจารณา Image amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบ Gray scale และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของ Texture ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการ Segmentation ได้สะดวกยิ่งขึ้น

สำหรับในบทนี้จะอธิบายวิธีการ Segmentation ในหลาย ๆ วิธีดังนี้

- Amplitude segmentation methods
- Region segmentation methods
- Boundary detection

2.6.1 Amplitude segmentation methods

สำหรับการ Segmentation ในหัวข้อนี้จะเป็นการพิจารณาความเข้มของจุดต่าง ๆ ภายในภาพ (Pixel) ซึ่งผลของการ segment จะขึ้นอยู่กับวิธีการ Threshold ของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มหรือสีของภาพ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้คือ

1. Bilevel Luminance Thresholding

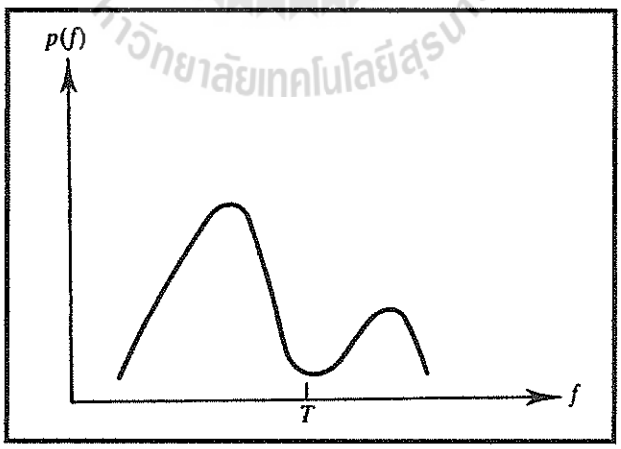
สำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจซึ่งมีความเข้มที่คงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลัง ตัวอย่างได้แก่ ภาพของตัวอักษร (Text) เป็นต้น ซึ่งภาพเหล่านี้จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มข้นสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง)

การทำการ Segmentation สามารถทำได้โดยการกำหนดค่า Threshold ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ตัวอย่างอย่างเช่น ภาพของตัวอักษรที่มีความความเข้มของตัวอักษรเป็น 0 (สีดำ) และมีความเข้มของพื้นหลังเป็น 255 (สีขาว) ดังนั้นค่า Threshold จึงควรจะมีค่าเท่ากับ 128 เพื่อที่จะให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ โดยปกติแล้วการเลือกค่า Threshold จะขึ้นอยู่กับ Histogram ของภาพ ตามรูปที่ 6 แสดงการหาค่า Threshold โดยค่า Threshold ควรที่จะเลือกค่า histogram ที่อยู่ที่จุดต่ำสุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุด (peaks)

$$g(x,y) = \begin{cases} 1_if(x,y) > T \\ 0_otherwise \end{cases} \qquad (2.6)$$

เมื่อ $g(x,y)$ เป็นข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่ x , y

T เป็นค่า Threshold



รูปที่ 2.10 Bimodal image histogram

2. Multilevel Luminance Thresholding

สำหรับภาพที่จะประกอบด้วยหลาย ๆ วัตถุสามารถทำการ Segmentation ได้โดยการใช้ค่า Threshold หลาย ๆ ค่า สำหรับภาพที่มี N วัตถุโดยที่แต่ละวัตถุจะมีช่วงกว้างของความเข้มเท่ากับ R_i (กำหนดได้ด้วยค่า Threshold 2 ค่าคือ T_{i-1}, T_i) สามารถทำการ Segment ได้ดังนี้

$$g(x,y) = R_i \qquad if(T_{i-1} \le f(x,y) \le T_i), \quad i = 1,...,N \qquad (2.7)$$

ค่า Threshold สามารถหาได้จาก histogram ของภาพ แต่ในหลาย ๆ กรณีที่การเปลี่ยนแปลงของ histogram ไม่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงระหว่างวัตถุได้อย่างชัดเชน วิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะทำให้ histogram สามารถหาค่า Threshold ได้ง่ายขึ้นก็คือการใช้วิธี Edge Detection เพื่อพิจารณาพิกเซลต่าง ๆ ของภาพให้ว่าเป็นขอบของวัตถุ

2.6.2 Region segmentation methods

สำหรับวิธีการในหัวข้อที่ 2.6.1 จะเป็นการ Segmentation ที่จะขึ้นอยู่กับพิกเซลของภาพ สำหรับในหัวข้อนี้จะเป็นการ Segmentation โดยการพิจารณาเป็นกลุ่มของข้อมูลภาพ

1. Region Growing

วิธีการ Region Growing จะนำพิกเซลข้างเคียงมาพิจารณาซึ่งจะทำการจัดกลุ่ม (Region) ของพิกเซลเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน โดยการพิจารณาถึงความเข้มของพิกเซล (ค่าของพิกเซลมีค่าใกล้เคียงกัน)

ในการ Segmentation จะต้องมีการกำหนดกลุ่ม (Region) ที่ต้องการจะแบ่ง R_i โดยที่แต่ละกลุ่มจะต้องมีการกำหนดค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้น $s_i, i = 1,...,N$ (ค่าเหล่านี้จะถูกเลือกไว้โดยผู้ที่ต้องการ segmentation: supervised mode) ซึ่งมีไว้เพื่อใช้สำหรับการขยายตัวของกลุ่ม (growth) ในการขยายตัวของกลุ่มนี้จำเป็นจะต้องมีกฎเพื่อใช้เป็นวิธีการขยายตัวของกลุ่มรวมทั้งกฎของการตรวจสอบความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของกลุ่ม (homogeneity) ของทุกระยะของการขยายตัว

ในแต่ละระยะของการขยายตัวของกลุ่ม $R_i^{(K)}, i = 1,...,N$ จะมีการตรวจสอบว่ามีพิกเซลที่ยังไม่ได้จัดกลุ่มหรือไม่ (เป็นพิกเซลทั้ง 8 ที่เชื่อมต่อ (8-neighbourbood) อยู่กับพิกเซลที่อยู่บริเวณขอบของกลุ่ม) และก่อนที่จะมีการกำหนดพิกเซลใด ๆ (x) เข้าสู่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งจะต้องมีการตรวจสอบอีกว่ากลุ่มที่จะขยายนั้นยังคงมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันอีกหรือไม่ (homogeneity) ดังสมการที่ 8

$$P(R_i^{(k} \cup \{x\}) = TRUE \qquad (2.8)$$

ประสิทธิภาพของการ Segmentation วิธีนี้จะขึ้นอยู่กับการเลือกค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้นของในแต่ละกลุ่มซึ่งกำหนดให้โดยผู้ใช้ ซึ่งกระบวนการนี้สามารถหาได้อัตโนมัติจาก histogram ของภาพโดยการพิจารณาค่าสูงสุดของ histogram (ค่า peak) มาใช้เป็นค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้นของกลุ่มได้ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าความเข้มเริ่มต้นมากกว่าหนึ่งค่าต่อหนึ่งกลุ่ม ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการ merging เพื่อที่จะใช้ในการรวมกลุ่มที่มีลักษณะทาง statistical (พิจารณาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ใกล้เคียงกัน

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{(k,l) \in R_i} f(k,l) \qquad (2.9)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{(k,l) \in R_i} (f(k,l) - m_i)^2} \qquad (2.10)$$

เมื่อ m_i เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มในกลุ่มที่ i ที่มีจำนวนพิกเซลเท่ากับ n พิกเซล

ค่าเหล่านี้จะใช้ในการจะนำไปใช้ในการตัดสินใจว่าจะสามารถรวมกลุ่ม R_1, R_2 เข้าไว้ด้วยกันได้หรือไม่ ถ้าหากค่าเฉลี่ยของกลุ่ม m_1, m_2 มีค่าใกล้เคียงกันก็สามารถรวมกันได้ดังนี้คือ

$$|m_1 - m_2| < k\sigma_i \qquad i = 1,2 \qquad (2.11)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. Split and Merge

2.1 Merge region

Merge region เป็นวิธีการ segmentation วิธีหนึ่งซึ่งจะมีอัลกอลิทึมดังนี้คือถ้าสมมุติว่ามีการสแกนไปยังพิกเซลต่าง ๆ ภายในภาพจากพิกเซลแรกไปยังพิกเซลสุดท้ายของภาพไปตามแถวและหลักตามลำดับ ในช่วงระหว่างการสแกนก็จะมีการกำหนดพิกเซลนั้นไปยังกลุ่มต่าง ๆ

สมมุติปัจจุบันอยู่ที่พิกเซล (k,l) ดังนั้นพิกเซลแรกจนถึงพิกเซล $(k-1,l)$ ได้ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มต่าง ๆ หมดแล้ว ดังนั้นพิกเซลที่ (k,l) จึงเปรียบเสมือนเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่พยายามที่จะรวมเข้ากับกลุ่มที่มีอยู่ก่อนหน้านั้น (กลุ่มที่มีทั้งหมด R_i แต่จะเลือกเอาเฉพาะกลุ่มที่อยู่ข้างเคียงเท่านั้นได้แก่กลุ่มที่มีพิกเซล ณ ตำแหน่ง $(k-1,l), (k+1,l), (k,l-1)$ และ $(k,l+1)$ เป็นสมาชิกอยู่) หากพบว่าไม่สามารถทำการรวมเข้ากับกลุ่มใดได้ก็ให้สร้างกลุ่มใหม่ขึ้นมา

ประสิทธิภาพของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับกฎของการรวมกลุ่ม ($P(R_i \cup (k,l))$) ของพิกเซล (k,l) เข้ากับกลุ่ม R_i กฎของการรวมจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม m_i และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน s_i ตามที่อธิบายไว้ในสมการที่ 8.4 และ 8.5 แต่สำหรับการรวมกันของ $R \cup (k,l)$ จะมีการเปลี่ยนแปลงการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นดังนี้คือ

$$m_i^{'} = \frac{1}{n+1}(f(k,l) + nm_i) \tag{2.12}$$

$$\sigma_i^{'} = \sqrt{\frac{1}{n+1}\left(n\sigma_i^2 + \frac{n}{n+1}[f(k,l) - m_i]^2\right)} \tag{2.13}$$

การรวมกันสามารถทำได้เมื่อค่าความเข้มของพิกเซล $f(k,l)$ มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย $m_i^{'}$ ดังต่อไปนี้คือ

$$\left|f(k,l) - m_i\right| <= T_i(k,l) \tag{2.14}$$

เมื่อ T_i เป็นค่า Threshold ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างกลุ่ม R_i กับความเข้มของพิกเซล $f(k,l)$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

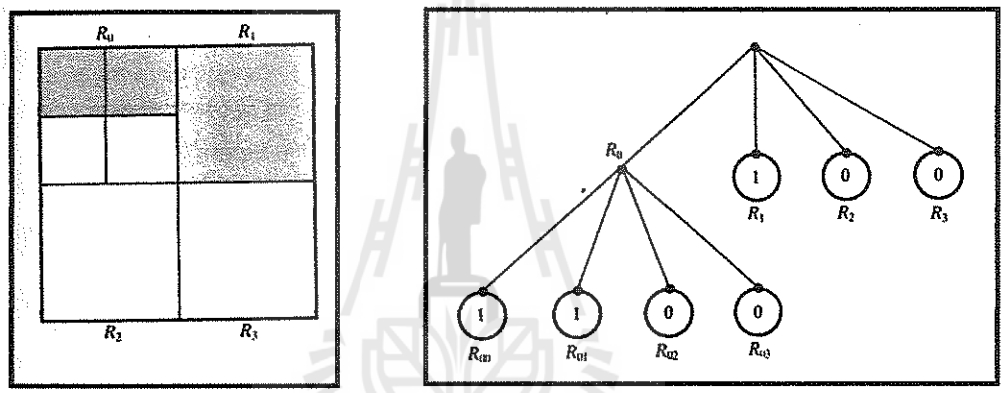
$$T_i(k,l) = \left(1 - \frac{\sigma_i^{'}}{m_i^{'}}\right)T \tag{2.15}$$

ถ้าหากไม่มีกลุ่มใดเลยที่พิกเซลที่ (k,l) สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ก็ให้สร้างกลุ่มใหม่ขึ้นมา ถ้าหากมีมากกว่าหนึ่งกลุ่มที่พิกเซลที่ (k,l) สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ก็ให้รวมเข้าด้วยกันกับกลุ่มที่มีค่าความแตกต่าง $\left|f(k,l) - m_i\right|$ ที่มีค่าน้อยที่สุด การขยายตัวของกลุ่มจะขึ้นอยู่กับค่า Threshold (T) ซึ่งถ้ามีค่าน้อย ๆ ก็จะทำให้ค่า $T_i(k,l)$ มีค่าน้อยด้วย (สำหรับทุก ๆ กลุ่ม) และการรวมกันก็จะทำได้ยากยิ่งขึ้น แต่ถ้าค่า Threshold มีค่ามาก ๆ ก็จะทำให้ในแต่ละกลุ่มมีค่าความแตกต่างของสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากขึ้น) นอกจากนี้ค่า Threshold $T_i(k,l)$ ยังจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วน $\sigma_i^{'}/m_i^{'}$ ถ้าในกลุ่มมีสมาชิกที่มีค่าความเข้มที่แตกต่างกันน้อยก็จะทำให้ค่าอัตราส่วนนี้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์และค่า $T_i(k,l)$ จะมีค่าเข้าใกล้ T ดังนั้น T จึงเป็นค่าความแตกต่าง

ของ $|f(k,l)-m_i|$ ที่มากที่สุดที่สามารถยอมรับได้ และถ้าความแตกต่างของความเข้มของสมาชิกในกลุ่มยิ่งมีค่าสูงขึ้น (less homogeneous) ค่าอัตราส่วน σ_i / m_i ก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

2.2 Split region

Split region เป็นลักษณะของการ segmentation อีกวิธีหนึ่งที่มีลักษณะตรงข้ามกับ Merge region (เป็นลักษณะ Top-down Approach) โดยเริ่มต้นจะมีการสมมุติว่าทั้งภาพจะมีเพียงหนึ่งกลุ่มเท่านั้น (Region) โดยถ้าหากว่าไม่เป็นความจริงก็ให้ทำการแยกกลุ่มนี้ออกเป็นสี่กลุ่มย่อยและจะมีการพิจารณาลักษณะนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งได้กลุ่มของภาพที่มีสมาชิกของกลุ่มที่มีค่าใกล้เคียงกันในระดับที่สามารถยอมรับได้ (homogeneous) อัลกอลิธึมของวิธีการนี้แสดงดังรูปที่ 2.11



(a) (b)

รูปที่ 2.11 (a) Original Image (b) Quadtree representation

การตรวจสอบว่ากลุ่มใดสามารถยอมรับได้หรือไม่ทำได้โดยการคำนวณผลต่างของค่าความเข้มของพิกเซลที่ได้จากค่าความเข้มสูงสุดลบกับพิกเซลที่มีความเข้มน้อยสุดแล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า Threshold ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือไม่

คุณสมบัติของ Split region ที่น่าสนใจคือถ้าภาพเริ่มต้นมีขนาดเป็น NxN ก็จะทำให้ขนาดเท่ากับเป็นกำลังของ 2 ($N=2^n$) ทุกกลุ่มที่ถูกสร้างด้วยอัลกอลิธึม Split จะเป็นสีเหลี่ยมเป็นขนาดเท่ากับ MxM เมื่อ M เป็นกำลังของ 2 ($M=2^m$), m<=n และเนื่องจากอัลกอลิธึมนี้จะเป็นลักษณะของการเรียกตัวเองดังนั้นจึงสามารถแสดงเป็นลักษณะของรูปต้นไม้ได้ซึ่งแต่ละโหนดจะมีการแตกออกมาเป็น 4 กลุ่มซึ่งเรียกว่า Quadtree ดังแสดงดังรูป 2.11 (b)

2.3 Split and merge

การใช้เฉพาะอัลกอลิธึมของ Split จะมีข้อเสียคือวิธีการนี้จะทำให้มีการสร้างกลุ่มขึ้นมาใหม่ R_i, R_j ซึ่งกลุ่มเหล่านี้อาจจะสามารถรวมเป็นกลุ่มเดียวกันได้ $P(R_i \cup R_j) = TRUE$ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วควรที่จะมีการรวมทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกันดังนั้นจึงได้มีการนำเอาการ merge เข้ามาใช้ด้วย และเรียกว่า Split and merge algorithm ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ

1. ถ้ากลุ่ม R เป็นกลุ่มที่ไม่สามารถยอมรับได้ (inhomogeneous) ก็ให้ทำการแยกออกเป็น 4 กลุ่มย่อยเรื่อย ๆ
2. ถ้าหากกลุ่มสองกลุ่ม R_i, R_j สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ (homogeneous) ($P(R_i \cup R_j) = TRUE$) ก็ให้ทำการรวมเข้าด้วยกัน

อัลกอลิธึมนี้จะหยุดก็ต่อเมื่อไม่สามารถที่จะทำการแยกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้อีกรวมทั้งไม่สามารถรวมกลุ่มต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกันได้อีกแล้ว

2.6.3 Boundary detection

เป็นไปได้ที่จะทำการ Segmentation ภาพออกไปเป็นกลุ่มต่าง ๆ (Region) โดยการค้นหาขอบของวัตถุของแต่ละกลุ่ม การหาขอบสามารถหาได้โดยการใช้ Edge detection ตามที่กล่าวมาแล้วในบทก่อนหน้านี้ แต่สำหรับในบางกรณีที่ข้อมูลภาพมีสิ่งรบกวนหรือความแตกต่างของความเข้มระหว่างกลุ่มมีน้อยมากทำให้ไม่สามารถหาขอบของวัตถุได้ดังนั้นวิธีการหาขอบด้วยการเชื่อมขอบ (Edge linking techniques) เป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้

การทำการ Segmentation โดยวิธีนี้จะทำการหาขอบของวัตถุที่สนใจก่อน โดยการหาขอบนี้จะทำได้โดยการกำหนดเมตริกซ์มาใช้ในการพิจารณาหาขอบซึ่งมีขนาดเป็น 2×2

อัลกอลิธึมของวิธีการนี้ก็คือจะทำการสแกนไปตามพิกเซลของภาพตั้งแต่ต้นภาพไปยังท้ายภาพในทางแนวแถวและแนวหลักตามลำดับ โดยในระหว่างการสแกนก็ให้นำพิกเซลรอบข้าง 4 พิกเซลไปทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลเมตริกซ์ที่กำหนดไว้ถ้าไม่มีตรงกับเมตริกซ์ใดเลยก็ให้สแกนไปยังพิกเซลถัดไปแต่ถ้าตรงกับเมตริกซ์ใด ๆ ก็ให้ทำการเลื่อนตำแหน่งปัจจุบันไปตามทิศทางที่ได้กำหนดไว้ (และก่อนที่จะมีการเลื่อนตำแหน่งก็ให้มีการเก็บค่าตำแหน่งปัจจุบันนี้ไว้เนื่องจากตำแหน่งนี้ก็คือตำแหน่งของขอบของวัตถุนั้นเอง) และให้ทำอย่างนี้ไปไปเรื่อย ๆ โดยจะหยุดก็เมื่อพบว่าได้เวียนกลับมายังที่เดิมแล้ว (จุดเริ่มต้นของขอบได้แก่จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตามการเลื่อนของเมตริกครั้งแรก)

การเวียนกลับมายังที่เดิมแสดงว่าตอนนี้จะได้ขอบของวัตถุแล้วก็ให้ทำการนำข้อมูลส่วนนี้ไปเก็บไว้ยังหน่วยความจำส่วนอื่น ๆ และทำการลบข้อมูลของวัตถุนี้จากหน่วยความจำภาพทั้งนี้เพื่อไม่ให้มีการนำข้อมูลของวัตถุที่หาพบแล้วมารบกวนการหาวัตถุชิ้นต่อไปภายในภาพอีก)

2.7 การแปลงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

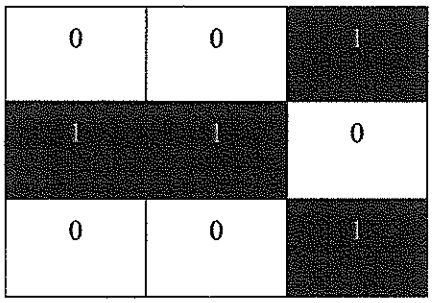
เป็นกระบวนการที่ทำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือระดับเทาให้เป็นภาพสองระดับ คือ ดำกับขาว (0 และ 1) โดยจุดประสงค์ เพื่อแยกส่วนของเส้นนูนและเส้นร่องในภาพลายนิ้วมือออกจากกันให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป ทั้งเป็นการลดข้อมูลในการพิจารณา ซึ่งสามารถนิยามการแปลงภาพให้เหลือเพียงสองระดับได้ดังนี้

$$g(x,y) = 1 \;;\; f(x,y) > T \qquad (2.16)$$
$$= 0 \;;\; f(x,y) < T$$

โดยกำหนดให้

- f(x,y) คือ ค่าสีที่ได้ในแต่ละพิกเซลจากภาพลายนิ้วมือที่จะนำมาปรับปรุง
- T คือ ค่าสีค่าหนึ่งในระดับเทาที่ทำการเลือกมา ใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าสีที่ได้จากการอ่านภาพระดับเทาที่อินพุทขึ้นมา
- g(x,y) คือ ค่าของภาพสองระดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบระหว่างสองค่าข้างต้น

โดยจากสมการ หากค่า f(x,y) มีค่ามากกว่า T แล้วค่า g(x,y) จะมีค่าเป็น 1 นั่นคือเส้นร่องสีขาวในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ และในทางตรงกันข้าม หากค่า f(x,y) มีค่าน้อยกว่า T แล้วค่า g(x,y) จะมีค่าเป็น 0 นั่นคือเป็นเส้นนูนสีดำในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ

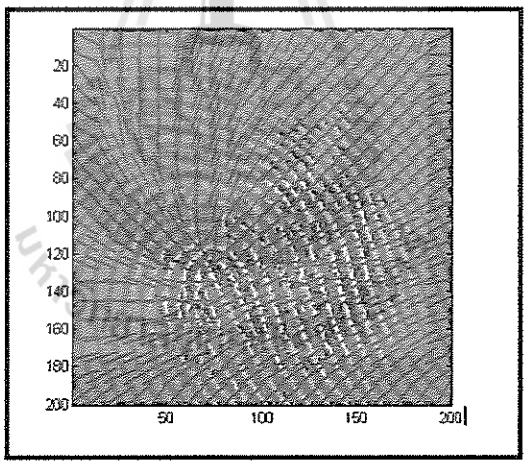


รูปที่ 2.12 การแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับคือ ดำกับขาว (0 และ 1)

2.8 การหาจุดศูนย์กลางของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Core Point Detection)

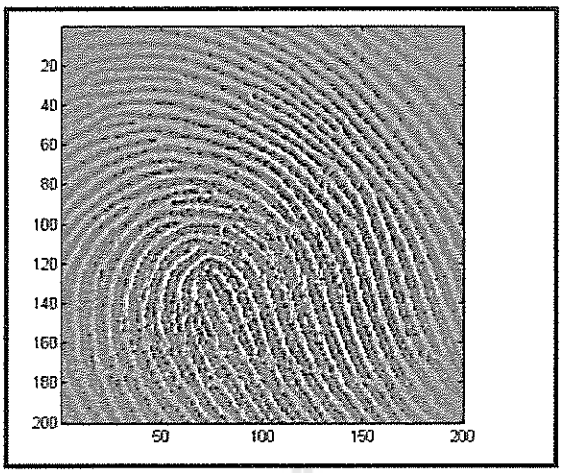
สำหรับขั้นตอนในการหาจุด Core Point นั้นหาจะใช้ค่า Gradient เพื่อหาค่าความชันเพื่อหาทิศทางในแต่ละส่วนก่อน โดยทำการแบ่งลายนิ้วมือออกเป็นบล็อก บล็อกละ w×w การหาค่า Gradient ของแต่ละบล็อก จากนั้นคำนวณหาทิศทาง ค่าความชันและการหักเหของเส้นในแต่ละบล็อก โดยใช้สมการของทฤษฎีการหาสนามทิศทาง จะได้ค่าประมาณของจุดศูนย์กลางออกมา เมื่อทำการหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือได้แล้ว เราจะได้ตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงในการเก็บข้อมูลของลายนิ้วมือ ซึ่งอาจเรียกอีกอย่างว่าจุดอ้างอิง (Reference Point) ทฤษฎีการหาสนามทิศทางมาใช้เพื่อช่วยในการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เนื่องจากเป็นการมองภาพลายนิ้วมือจากการไหลของลายเส้น (Ridge Flow) และคำนวณหาทิศทางที่เด่นที่สุดในบล็อกย่อย ๆ ดังนี้

2.8.1 ในแต่ละบล็อกนั้นเราจะได้ค่าทิศทางเส้นลายนิ้วมือที่เด่นชัด จากนั้นแล้วเราจะทำการกำหนดเส้นสมมุติให้ตั้งฉากทิศทางเส้นลายนิ้วมือ ฉะนั้นแล้วจุด Core Point ก็คือจุดที่เส้นสมมุติตัดกันมากที่สุด ดังภาพประกอบที่ 10



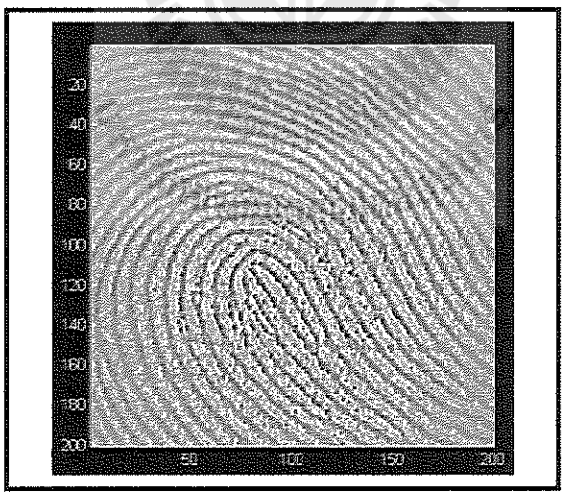
รูปที่ 2.13 เส้นสมมติที่ตั้งฉากกับเส้นทิศทางภาพนิ้วมือ

2.8.2 จากภาพ จุด Core Point ก็คือจุดเส้นสมมุติสีแดงและน้ำเงินที่ตั้งฉากกับทิศทางเส้นลายนิ้วมือที่ตัดกันมากที่สุด



รูปที่ 2.14 จุด Core Point ที่อ้างอิงได้ถูกต้อง (จุดสีแดง)

แต่ในบางครั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลก็ทำให้เกิดจุดอ้างอิงมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากภาพที่ได้บางภาพไม่มีคุณภาพมากเพียงพอ เราสามารถยอมรับความคลาดเคลื่อนในการประเมินจุดอ้างอิงที่มากที่สุดคือ 5 พิกเซลจากตำแหน่งที่ "จริง" ของมันเอง (โดยประมาณ 1 หน่วยระยะทางของแนวสันของภาพขนาด 256x256)

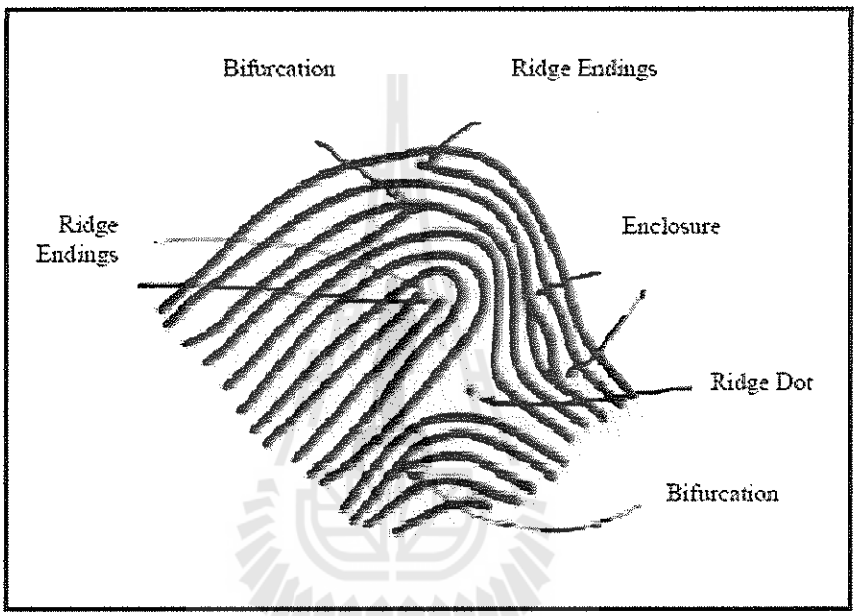


รูปที่ 2.15 จุด Core Point ที่อ้างอิงคลาดเคลื่อน (จุดสีฟ้า)

ทั้งนี้ภาพที่ได้จากการหาจุดอ้างอิงจะต้องผ่านการตรวจสอบก่อนว่าภาพนั้นถูกกำหนดจุดอ้างอิงได้ถูกต้องหรือไม่ หรือให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ภาพนั้นจึงจะสามารถนำไปใช้ในการประมวลผลขั้นต่อไปได้

2.9 การดึงเอกลักษณ์เฉพาะของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Minutiae extraction)

สำหรับการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ 2 ภาพ ว่าเป็นภาพลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่นั้น มีหลากหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่เป็นที่นิยมกันมากที่สุด ได้แก่การเปรียบเทียบจุดสังเกตเล็ก ๆ (Minutiae) จุดที่ว่านี้คือจุดที่เส้นลายนิ้วมือ (Ridge) มาบรรจบกัน หรือ แยกออกจากกัน หรือ เป็นจุดจบของเส้น และจุดที่ว่านี้ของแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน (FBI ได้สรุปแล้วว่า คนแต่ละคนจะมีไม่มีทางมีจุดสังเกตที่ว่านี้เหมือนกัน เกินกว่า 8 จุด) ดังภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างของจุดที่ว่านี้



รูปที่ 2.16 บริเวณที่เป็นจุด Minutiae

1. จุดสิ้นสุดของลายนิ้วมือ (Ridge Ending) เป็นจุดที่เส้นลายนิ้วมือขาดตอนไปและไม่มีการเชื่อมต่อกับเส้นลายนิ้วมือบริเวณใกล้เคียง
2. จุดแยกของลายนิ้วมือ (Bifurcation) เป็นบริเวณที่เส้นลายนิ้วมือแยกออกเป็นสองเส้น โดยที่บริเวณส่วนต้นของลายนิ้วมือยังเชื่อมกันอยู่
3. จุดปิดล้อม (Enclosure) เป็นบริเวณที่เส้นลายนิ้วมือแยกออกจากกันตรงกลางเป็นสองเส้น แล้วมาบรรจบกันใหม่ ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นตรงกลางลักษณะคล้ายทะเลสาบ(Lake)
4. เส้นลายสั้น (Short Ridge, Island) เป็นบริเวณที่เส้นลายนิ้วมือเกิดขึ้นเป็นเส้นสั้น ๆ ไม่ต่อเนื่องกับเส้นอื่น โดยปกติแล้วจะเกิดขึ้นแทรกขึ้นมาระหว่างเส้นลายยาวสองเส้นบางทีก็เรียกลายเส้นชนิดนี้ว่า เส้นเกาะ (Island)

5. เส้นจุด (Dot) เส้นลักษณะนี้คล้ายกับเส้นลายสั้น กล่าวคือมักเกิดแทรกขึ้นมาตรงกลางระหว่างลายเส้นยาวสองเส้น แต่จะมีลักษณะสั้นกว่าเส้นลายสั้นมาก โดยปกติแล้วเส้นชนิดนี้ความกว้างและความยาวของเส้นมักจะมีขนาดใกล้เคียงกัน
6. เส้นเดือย (Spur) เป็นเส้นที่แยกมาจากจุดแยกของลายนิ้วมือ (Burifucation) แต่จะมีเส้นหนึ่งที่แยกออกมาสั้น ๆ คล้ายเดือย (Spur)
7. เส้นประสาน (Cross Over) เป็นเส้นสั้น ๆ ที่เชื่อมระหว่างเส้นยาวสองเส้นที่ขนานกันอยู่

ในการหาเอกลักษณ์เฉพาะที่เราจะใช้ลักษณะของเส้นนูนซึ่งภายในเส้นนูนจะประกอบด้วยลายเล็ก ๆ หลากหลายรูปแบบ ลายเล็ก ๆ เหล่านี้เรียกว่า มินิเชียร์ (minutiae) โดยจะมีอยู่หลายลายแต่ลายที่สำคัญที่ใช้ในจับคู่ภาพลายนิ้วมือมีอยู่ 2 ลายคือ

รูปที่ 2.17 ลักษณะลายนิ้วมือที่นำมาหาจุด Minutiae

1. ลายเส้นจบ (ridge ending)
2. ลายเส้นแตก (ridge bifurcation)

การหาลายเล็ก ๆ เหล่านี้ต้องระบุตำแหน่งและมุม (x, y, z) ในภาพที่มีลายเหล่านี้ปรากฏขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจับคู่ลายนิ้วมือที่เหมือนกัน การตรวจสอบลายเล็ก ๆ นี้จะเกิดปัญหาในการตรวจสอบได้เมื่อมีการกดนิ้วลงบนเครื่องสแกนลายนิ้วมือด้วยแรงกดที่แตกต่างกันอาจทำให้ตรวจจับลายหนึ่งไปเป็นอีกลายหนึ่งได้

ขั้นตอนในการดึงมินิเชียร์ จากภาพลายนิ้วมือมี 3 ขั้นตอนคือ

1. หาทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ (Orientation field estimation)
2. ดึงเส้นลายนิ้วมือออกจากภาพ (Ridge extraction)
3. ดึงมินิเชียร์ออกจากภาพ (Minutiae extraction)

เมื่อได้มินิเชียร์จากลายนิ้วมือก็จะนำไปจับคู่กับลายนิ้วมืออื่น ถ้าเป็นลายนิ้วมือเดียวกันจะให้ผลในการจับคู่ตรงกันทั้ง x,y และมุมของมินิเชียร์ด้วย

ซึ่งสมการที่ใช้ในการหา Minutiae คือ

$$Pc = \sum_{i=1}^{8} p(i) \qquad (2.17)$$

ถ้าเป็นดังนี้

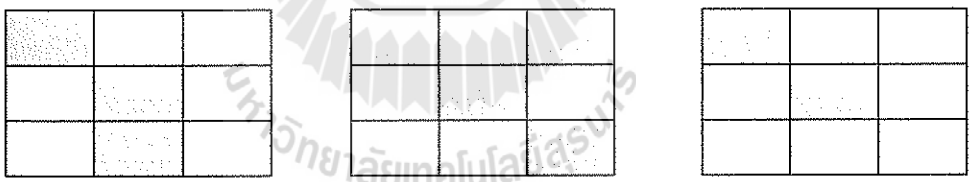
Pc = 7 แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดสิ้นสุดของลายนิ้วมือ

Pc = 6 แสดงว่าจุดนั้นไม่เป็นจุด Minutiae

Pc $\leq$ 5 แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดแยกของเส้นลายนิ้วมือ

P_1	P_2	P_3
P_8	Pc	P_4
P_7	P_6	P_5

รูปที่ 2.18 หน้าต่างสี่เหลี่ยม 3 × 3 เพื่อใช้ในการหาจุด Minutiae



A) B) C)

รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะ A) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าไม่มี Minutiae

B) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าเป็นจุดแยกของเส้นลายนิ้วมือ

C) หน้าต่างสี่เหลี่ยมนี้แสดงว่าเป็นจุดสิ้นสุดของเส้นลายนิ้วมือ

2.10 การรู้จำของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือดิจิตอล (Recognition)

2.10.1 การรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition)

การรู้จำรูปแบบคือการรับข้อมูลบางอย่างเข้ามาเพื่อทำการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ระบบเคยเรียนรู้และเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งโดยทั่วไปกระบวนการรู้จำจะมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนการหาลักษณะเด่นของข้อมูล (Feature Extraction) เป็นการแปลงจากข้อมูลดิบที่ได้รับเข้ามาเช่น เสียงพูด, ภาพสแกนของม่านตา, ภาพใบหน้า, ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ เป็นต้น ให้กลายเป็นข้อมูลเด่นที่มีความสำคัญและแตกต่างกันในแต่ละบุคคล เพื่อให้เราสามารถเปรียบเทียบข้อมูลของคน 2 คนได้ง่ายขึ้นและชัดเจนกว่าการเทียบจากข้อมูลดิบ สำหรับข้อมูลเด่นที่เราสกัดขึ้นมาได้นั้นมักอยู่ในรูปของชุดตัวเลขคณิตศาสตร์ซึ่งจะถูกส่งไปให้ตัวเปรียบเทียบทำการวิเคราะห์ต่อไป

2. ส่วนของตัวเปรียบเทียบ (Pattern Similarity Analysis) ส่วนที่ทำหน้าที่เหมือนกับสมองของมนุษย์ ใช้ในการวิเคราะห์ว่ารูปแบบของสัญญาณที่ส่งเข้ามานั้นมีความคล้ายคลึงกันหรือไม่ ซึ่งมีอัลกอริธึมที่นิยมใช้กันอยู่คือ Dynamic Time Warping คือ ทำการเปรียบเทียบลักษณะข้อมูล 2 ข้อมูลเทียบกันโดยมีการยอมให้มีการปรับเปลี่ยนลักษณะทางเวลาและแอมพลิจูดได้ในช่วงหนึ่ง Neural Network คือ มีหลายชนิด ถ้าเป็นแบบต้องมีการฝึกก่อน (supervised) จะต้องนำข้อมูลมาป้อนให้โดยต้องบอก Neural Network ด้วยว่าข้อมูลนี้เป็นของใคร ซึ่งการใช้งานในระบบรักษาความปลอดภัยนั้นจะเป็นแบบต้องมีการฝึกก่อน และ Hidden Markov Model เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้ลักษณะทางสถิติและค่าความน่าจะเป็น

3. ส่วนของกฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision Rule) ซึ่งทำหน้าที่ตัดสินใจในขั้นสุดท้าย โดยนำข้อมูลเช่นค่าความน่าจะเป็น, คะแนนความคล้ายคลึงที่ส่วนตัวเปรียบเทียบคำนวณได้มาใช้ หรืออาจตัดสินใจจากการเปรียบเทียบข้อมูลหลาย ๆ ประเภทมาใช้ร่วมกัน แล้วทำการสรุปผลว่าเป็นสิ่งเดียวกันหรือไม่

2.10.2 การรู้จำลายนิ้วมือ (Fingerprint Recognition)

การรู้ลายนิ้วมือ เป็นกระบวนการตรวจสอบภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ 2 ภาพ ว่าเป็นภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่ ซึ่งมีหลากหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่เป็นที่นิยมกันมากที่สุด ได้แก่การเปรียบเทียบจุดสังเกตเล็ก ๆ (Minutiae) จุดที่ว่านี้คือจุดที่เส้นลายนิ้วมือ (Ridge) มาบรรจบกัน หรือแยกออกจากกัน หรือ เป็นจุดจบของเส้น และจุดที่ว่านี้ของแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยขั้นตอนการรู้จำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือหลักๆ มีดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี