ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ และการทำ POSTPROCESSING

(CENTERING AND POSTPROCESSING OF FINGERPRINT)

โดย

นาย คมสัน ดงสมลาภ

นาย สมคิด อุนการุณวงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032642

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง

การหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ และการทำ POSTPROCESSING

(CENTERING AND POSTPROCESSING OF FINGERPRINT)

ผู้จัดทำ

1. นาย คมสัน คงสมลาภ 34162204
2. นาย สมคิด อุนการุณวงษ์ 34162233

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032642

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและพัฒนาส่วนหนึ่งของระบบจดจำลายนิ้วมือ โดยเป็นส่วนที่ทำ Postprocessing และการหาจุดศูนย์กลาง

เนื่องจากการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ แต่ละครั้งจะมีปัญหาข้อผิดพลาดที่ทำให้การตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มีความผิดพลาด ซึ่งมีอยู่ 2 ประการคือ **ประการแรก** เกิดจากหมึกเลอะ และลายขาดเนื่องจากหมึกไม่พอ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ขบวนการกำจัดข้อผิดพลาด (Postprocessing) มาแก้ข้อผิดพลาด ให้มีลายนิ้วมือที่สมบูรณ์ **ประการที่สอง** เกิดจากการพิมพ์แต่ละครั้งมีตำแหน่งไม่ตรงกัน จึงจำเป็นต้องหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เพื่อให้ลายนิ้วมือเดียวกันมีจุดศูนย์กลางอยู่จุดเดียวกัน และไปใช้ในระบบจดจำลายนิ้วต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This resarch is studied of fingerprint recognition system. Which the project is used to postprocessing and centering.

Because of the ink fingerprint always found that the problems which resulting the computer fingerprint checking now errors, the first is dirty and discontinuous ink, and the second is each of fingerprinting have not precisions. We have been corrected these problems by used the method of postprocessing and centering respectiveely.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ระบบจดจำลายนิ้วมือ เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการจดจำลายนิ้วมือ และตรวจสอบลายนิ้วมือ เพื่อมาทำหน้าที่แทนมนุษย์โดยสามารถทำการตรวจสอบได้รวดเร็วกว่า

เนื่องจากข้อมูลที่รับเข้ามาในระบบจดจำ เป็นข้อมูลภาพ ต้องใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลมาก และการนำระบบจดจำไปใช้งานนั้น ต้องเก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือเป็นจำนวนมากเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจสอบดังนั้นจึงต้องใช้หน่วยความจำขนาดใหญ่ ทำให้เวลาในการค้นหาข้อมูลมากด้วยเหตุนี้ระบบจดจำลายนิ้วมือจึงต้องแปลงข้อมูลภาพให้เป็นข้อมูลตัวอักษรหรือโค๊ตตัวอักษรก่อนเก็บเป็นฐานข้อมูล ซึ่งจะทำให้ใช้หน่วยความจำลดลงมาก ในขณะเดียวกันโค๊ตอักษรที่นำมาแทนข้อมูลภาพนั้นต้องสามารถเก็บรายละเอียด และโครงสร้างของลายนิ้วมือนั้นได้ ในทางปฏิบัติภาพลายนิ้วมือที่ใช้เป็นข้อมูล ได้มาจากภาพลายนิ้วมือที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณหมึกพิมพ์ และตำแหน่งการพิมพ์ลายนิ้วมือ ซึ่งมีผลกับโครงสร้างของลายนิ้วมือ ทำให้การแปลงโค๊ตตัวอักษรผิดจากความเป็นจริง หรือผิดจากข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล (ในกรณีที่เป็นลายนิ้วมือเดียวกัน) และการตรวจสอบลายนิ้วมือก็จะผิดพลาดได้ ดังนั้นระบบจดจำลายนิ้วมือจึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนที่แก้ปัญหาดังกล่าว เพื่อให้ได้โครงสร้างของลายนิ้วมือที่แท้จริง และมีตำแหน่งการแปลงโค๊ตตัวอักษรตรงกันทุกครั้ง ซึ่งขั้นตอนทั้งสองนี้ก็คือขั้นตอนการกำจัดขั้นสุดท้าย (Postprocessing) และขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ (Centering) ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวในบทที่ 3 และบทที่ 4 ตามลำดับ ส่วนบทที่ 1 เป็นการอธิบายพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวกับระบบจดจำลายนิ้วมือ และบทที่ 2 เป็นขั้นตอนการจัดการเบื้องต้น (Preprocessing) หรือการหาโครงร่างของลายนิ้วมือที่มีการพัฒนาเพิ่มเติมเงื่อนไขเพื่อกำจัดจุดที่ไม่ต้องการออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

Abstract

บทนำ

บทที่ 1 ระบบการจดจำลายนิ้วมือเบื้องต้น 1-7

1.1 องค์ประกอบของระบบประมวลข้อมูลภาพแบบดิจิตอล 1

1.2 พื้นฐานลายนิ้วมือเบื้องต้น 2

1.3 ขั้นตอนการจดจำลายนิ้วมือ 5

บทที่ 2 ขั้นตอนการจัดการเบื้องต้น (Preprocessing) 8-14

2.1 อัลกอลิทึมของการทำสเคลิทอน 8

2.2 ผลการหาโครงร่างของลายนิ้วมือแบบต่างๆ 11

บทที่ 3 ขั้นตอนการจัดการขั้นสุดท้าย (Postprocessing) 15-26

3.1 ลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือ 16

3.2 การแทนโครงสร้าง ลักษณะเด่นที่ผิด 18

3.3 ลำดับขั้น และเงื่อนไขการกำจัดลักษณะเด่นที่ผิด 19

3.4 ผลการทำ Postprocessing ของลายนิ้วมือแบบต่างๆ 25

บทที่ 4 การหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ (Centering) 27-41

4.1 ขั้นตอนการหาเดลต้าของลายนิ้วมือ 29

4.2 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของเดลต้า 32

4.3 ขั้นตอนการหมุนภาพของลายนิ้วมือ 33

4.4 ผลการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือแบบต่างๆ 38

สรุปผลการวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ระบบจดจำลายนิ้วมือเบื้องต้น

ระบบจดจำลายนิ้วมือ เป็นระบบที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูล ค้นหา และตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการตรวจสอบ และมีความถูกต้องมากขึ้น เมื่อเทียบกับการตรวจสอบแบบเก่าที่ใช้มนุษย์ทำ

เนื่องจากข้อมูลที่รับเข้ามาในระบบจดจำลายนิ้วมือ เป็นข้อมูลภาพลายนิ้วมือ ดังนั้นในการพิจารณา หรือการวิเคราะห์ข้อมูล จำเป็นต้องใช้พื้นฐานการประมวลผลข้อมูลภาพ (Image Processing)

1.1 องค์ประกอบของระบบประมวลผลข้อมูลภาพแบบดิจิตอล (Elements of A Digital Image Processing System)

องค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นโดยทั่วไป ในระบบการประมวลผลข้อมูลภาพประกอบด้วย 4 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ

1.1.1 ส่วนรับข้อมูลภาพ (Scanner)

สแกนเนอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณภาพที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าดิจิตอลคอมพิวเตอร์

1.1.2 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบดิจิตอล (Digital computor)

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประมวลข้อมูลภาพนั้นมีตั้งแต่อุปกรณ์จำพวกไมโครโปรเซสเซอร์ จนถึงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภาพ ซึ่งจะต้องมีอะเรย์ใหญ่ๆ ด้วยส่วนพารามิเตอร์ที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างของเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ใช้สำหรับการประมวลข้อมูลภาพคือ การเพิ่มการประยุกต์ใช้งานและความต้องการของขนาดข้อมูลในการประมวลผล สำหรับการประยุกต์ใช้ที่พบโดยทั่วไปจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือ มินิคอมพิวเตอร์ แต่ถ้าต้องการใช้เกี่ยวข้องกับโปรแกรมขนาดใหญ่ ที่มีข้อมูลมากก็สามารถใช้คอมพิเตอร์ระดับเมนเฟรมได้ ในกรณีนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำของแอสเดรสจำนวนมาก และมีความเร็วสูงก็จะเป็นข้อได้เปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 อุปกรณ์แสดงผล และบันทึกผล (Display and Recording devices)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลที่สำคัญ และนิยมใช้กันมากในระบบการประมวลข้อมูลภาพ ได้แก่ จอโมโนโครม หรือ จอโทรทัศน์สี มอนิเตอร์จะถูกขับโดยเอาท์พุทของชุดแสดงผลภาพในเครื่องประมวลข้อมูลภาพ สัญญาณที่ได้รับนี้ สามารถเข้าสู่ระบบการบันทึกภาพที่อาจใช้ ฮาร์ดก๊อปปี้ได้ (hard copy) เช่น สไลด์สี รูปภาพ และแผ่นใส หรือ ในขณะที่กำลังดูภาพจากมอนิเตอร์ก็ได้ ส่วนสื่อที่ใช้ในการแสดงผล และบันทึกผลที่พบกันทั่วไป คือ จอภาพแบบหลอดภาพรังสีคาโธด

ส่วนอุปกรณ์แสดงผลภาพพิมพ์ที่ใช้ในขั้นต้น จะมีความละเอียดต่ำ ซึ่งสามารถแสดงระดับสีเทาได้ด้วยการพิมพ์ จำนวน และความเข้มของอักขระที่พิมพ์ในตำแหน่งนั้น ๆ ในการเลือกอักขระที่เหมาะสมกับการกระจายในแบบระดับสีเทาที่ดี ก็จะทำให้เครื่องพิมพ์สามารถแสดงภาพระดับสีเทาได้

1.2.4 อุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูล (Storage Devices)

ข้อมูลภาพดิจิตอลที่มีขนาด 512*512 พิเซล แต่ละควอนไตซ์มีข้อมูลขนาด 8 บิท โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูลที่สำคัญคือ แผ่นจานแม่เหล็ก (magnetic disks) เทปแม่เหล็ก (magnetic types) และ แผ่นจานนำแสง (optical disks) แต่อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการเก็บข้อมูลในระดับทั่วไปคือ แผ่นจานแม่เหล็กนั่นเอง

1.2 พื้นฐานลายนิ้วมือเบื้องต้น

ลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละบุคคลอย่างหนึ่งก็คือลายนิ้วมือ เพราะลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลจะไม่เหมือนกัน ลายนิ้วมือมีลักษณะเป็นลายเส้นที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ไม่มีกฎเกณฑ์ ไม่ขึ้นอยู่กับกรรมพันธุ์ ไม่ว่าจะเป็นหญิงหรือชาย หรือเชื้อชาติใดก็ตาม ดังนั้นลายนิ้วมือที่มีลักษณะเป็นเส้นนูนจำนวนมากมาย สามารถที่จะทำการจำแนกลายนิ้วมือออกเป็น 4 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1.2.1 แบบเส้นโค้ง (Arch)

เป็นลายนิ้วมือที่มีลักษณะโครงสร้างของลายทั้งหมด เป็นเส้นโค้งที่ลากจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของลายนิ้วมือ ดังรูปที่ 1.1

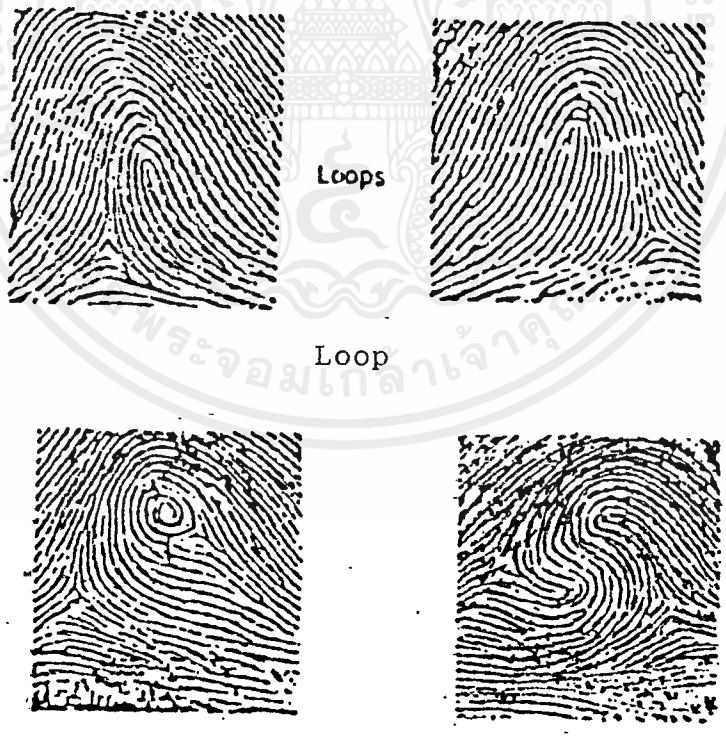
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plain Arch Tented Arch

รูปที่ 1.1 ลักษณะลายนิ้วมือแบบเส้นโค้ง

1.2.2 แบบลูป (Loop)

ลักษณะโครงสร้างของลาย เป็นเส้นโค้งที่ลากจากด้านหนึ่งของลายนิ้วมือแล้ววกกลับไปออกที่ด้านเดิมของลายนิ้วมือ ดังรูป 1.2



Loop

Central Pocket Loop Doubie Loop

รูปที่ 1.2 ลักษณะของลายนิ้วมือแบบลูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 <u>แบบก้นหอย</u> (Whorl)

ลักษณะโครงสร้างของลาย เป็นวงวนเข้าหาจุดศูนย์กลาง ดังรูป 1.3

Plain Whorl

รูปที่ 1.3 ลักษณะลายนิ้วมือแบบก้นหอย

1.2.4 <u>แบบรวม</u> (Accidental)

ลักษณะโครงสร้างของลายที่ไม่เข้าแบบใดแบบหนึ่งในสามแบบที่ผ่านมา หรือมีมากกว่าหนึ่งแบบประกอบกัน ดังรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นแบบก้นหอยผสมกับแบบลูป

Accidental

รูปที่ 1.4 ลักษณะลายนิ้วมือแบบรวม

ระบบการจดจำลายนิ้วมือ ต้องสามารถเก็บข้อมูลจากลายนิ้วมือที่มีลักษณะโดดเด่นของแต่ละลายเนื่องจากลายนิ้วมือส่วนใหญ่จะเป็นเส้นเดียว แต่จะมีบางลายที่เป็นเส้นสั้น ๆ หรือเส้นเดียวที่แยกออกเป็นสองเส้น เรียกว่า **เส้นกิ่ง** (Branch) หรือเป็นเส้นเดียวสอง เส้นรวมกัน เรียกว่า **เส้นรวม** (Merging) ภาพลายนิ้วมือภาพหนึ่งจะมีลักษณะเช่นนี้ ปรากฏอยู่ประมาณ 50-100 แห่ง ในระบบการจดจำลายนิ้วมือ จะพิจารณาลายที่มีลักษณะเด่น ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขั้นตอนของการจดจำลายนิ้วมือ

ระบบจดจำลายนิ้วมือสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีความเกี่ยวพันธ์กัน โดยจะขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง หรือจะข้ามขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งไม่ได้ นอกจากจะเปลี่ยนแนวทาง หรือวิธีการของระบบ ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1.3.1 ขั้นตอนการรับภาพลายนิ้วมือ

ขั้นตอนนี้ เป็นการพิมพ์ภาพลายนิ้วมือด้วยหมึก และนำภาพพิมพ์ที่ได้มาทำการเก็บภาพลายนิ้วมือโดยการใช้สแกนเนอร์เป็นอุปกรณ์ในการรับภาพ ภาพที่ได้เป็นภาพดิจิตอลที่มีขนาด 256*256 พิเซล ระดับความสว่าง 0-255 ระดับ (ระดับสีเทา)

เนื่องจากเราต้องการข้อมูลของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ ที่มีความถูกต้องมากที่สุด ดังนั้น ในการพิมพ์ภาพลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์จะเป็นวิธีหนึ่งที่ง่าย และมีความชัดเจนของลายค่อนข้างมาก ขณะเดียวกันก็จะเกิดข้อผิดพลาด เช่น หมึกพิมพ์เลอะ และ หมึกพิมพ์ไม่ติดเป็นต้น การเกิดข้อผิดพลาดดังกล่าวอาจนำไปสู่ความผิดพลาดในการตรวจสอบลายนิ้วมือได้

1.3.2 ขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ (Picture Enhangcement)

เนื่องจากภาพลายนิ้วมือที่ได้รับมามีระดับความสว่าง 0-255 ระดับ การเพิ่มความชัดเจนของภาพสามารถทำได้ โดยลดระดับความสว่างของภาพ ในแต่ละพิเซล ให้เหลือเพียง 2 ระดับ ซึ่งเรียกว่า ภาพไบนารี่ (Binary Image) การตัดระดับค่าเทรสโฮลด์ ใช้วิธีฮีสโตรแกรมในการเลือกค่าระดับความสว่างก็จะได้ลักษณะของลายนิ้วมือจะมีค่าเป็น "1" ส่วนพื้นของลายจะมีค่าเป็น "0"

1.3.3 ขั้นตอนการจัดการเบื้องต้น (Preprocessing)

เนื่องจากข้อมูลภาพที่รับเข้ามา มีลายเส้นของลายนิ้วมือใหญ่ การตรวจเช็คหรือการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อ ๆ ไปทำได้ไม่สะดวก และยุ่งยาก ดังนั้นจึงต้องมีการหาโครงร่างหรือแกนกลางของลายหรือการทำสเคลิทอน (Skeleton) โดยวิธี thinning algorithm ก็จะได้ลายที่มีความหนาเพียง 1 พิเซล ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 2

1.3.4 ขั้นตอนการกำจัดขั้นสุดท้าย (Postprocessing)

ขั้นตอนนี้ เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในระบบการจดจำลายนิ้วมืออัตโนมัติ ซึ่งเป็นขั้นตอนการกำจัด และแก้ไขลายนิ้วมือที่ผิด เนื่องจากปริมาณของหมึกที่พิมพ์ลายนิ้วมือ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมึกที่พิมพ์มากเกินไป หรือ หมึกเล่อะ และ หมึกพิมพ์ที่ไม่เพียงพอ หรือ ลายขาดหายไป เราจะใช้คุณลักษณะของข้อมูลที่ได้จากภาพลายนิ้วมือ เช่น ความต่อเนื่องของลาย และแนวทิศทางขนานของลาย เป็นโครงสร้างของข้อมูล เพื่อช่วยในการกำจัด และแก้ไขลายนิ้วมือที่ผิด โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของลายนิ้วมือ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในบทที่ 3

1.3.5 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลาง และแกน x,y ของลายนิ้วมือซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากตำแหน่งการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึกแต่ละครั้งไม่ตรงกัน จึงจำเป็นต้องมีจุดอ้างอิง ที่ลายนิ้วมือเดียวกันเป็นจุดเดียวกัน ซึ่งจะนำจุดที่ได้นี้ไปเป็นจุดอ้างอิงในการตัด window เพื่อใช้ในขั้นตอนการแปลงโค๊ตตัวอักษร ซึ่งถ้าจุดศูนย์กลางของภาพลายนิ้วมือเดียวกันไม่ตรงกันก็จะทำให้โค๊ตตัวอักษรในแต่ละ windows ไม่ตรงกัน การตรวจสอบลายนิ้วมือก็จะผิดพลาด ซึ่งรายละเอียดอยู่ในบทที่ 4

1.3.6 ขั้นตอนการแปลงโค๊ตตัวอักษร

ขั้นตอนนี้ เป็นการลดข้อมูลขั้นสุดท้าย และจะทำการเก็บโค๊ตตัวอักษรที่ได้เป็นข้อมูลของแต่ละลายนิ้วมือ โดยนำจุดศูนย์กลางที่ได้มาเป็นจุดอ้างอิงในการแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็น windows 16 windows และทำการแปลงโค๊ตที่ละ windows โดยการแปลงโค๊ตที่ละลายในทุกๆ 7 พิเซล จะถูกแปลงมาเป็นโค๊ตตัวอักษร 1 ตัว และทำการแปลงโค๊ตจนสิ้นสุดของลาย การเก็บโค๊ตตัวอักษรจะเก็บในรูปของไวยากรณ์แบบที (Tree grammar) โดยจะเรียงลำดับความสำคัญก่อนหลังของลายนิ้วมือที่เกิดขึ้น ในแต่ละ windows โดยจะเรียงลำดับความสำคัญจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างของลายนิ้วมือ

1.3.7 ขั้นตอนการจำแนกลายนิ้วมือ

จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ การพิสูจน์ว่าลายนิ้วมือที่นำมาตรวจสอบว่า เป็นของใคร โดยการนำภาพลายนิ้วมือที่จะทำการตรวจสอบ มาผ่านขบวนการทั้ง 6 ขั้นตอนก่อน แล้วนำโค๊ตตัวอักษรที่ได้ มาทำการเปรียบเทียบกับโค๊ตตัวอักษรของข้อมูลที่มีอยู่ ว่าตรงกับโค๊ตตัวอักษรของใครซึ่งการตรวจสอบจะมีหลักการ คือ นำข้อมูลของตัวอักษรที่มีอยู่มาทีละ windows แล้วทำการเปรียบเทียบตัวอักษรทุกตัวในแต่ละ windows ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันแสดงว่า windows นั้นมีข้อมูลไม่เหมือนกัน แล้วทำการเปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบ windows ต่อไปจนครบทั้ง 16 windows ข้อมูลที่ตรวจสอบจะถือว่าเป็นลายนิ้วมือของคน ๆ เดียวกันนั้น จะต้องมีข้อมูลที่เหมือนกันทุก windows แต่ถ้ามีwindows ที่ตรงกันไม่ครบ 16 windows จะทำการหาข้อมูลของคนอื่นต่อไปถ้าเป็นไปตามเงื่อนไข ก็ถือว่าเป็นคน ๆ นั้น แต่ถ้าไม่เจอ และไม่มีข้อมูลอยู่ก็บอกได้ว่า ลายนิ้วนั้นไม่มีฐานข้อมูลอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ขั้นตอนการจัดการเบื้องต้น (Prepocessing)

ขั้นตอนนี้ เป็นการนำภาพที่ผ่านการตัดระดับเทรสโฮลด์เป็นภาพไบนารี่แล้ว มาหาโครงร่าง หรือแกนกลางของลายนิ้วมือโดยการทำสเคลิทอน (Skeleton) ด้วยวิธี Thinning algorithm ซึ่งกำหนดให้ค่า "1" แทนจุดภาพที่เป็นลาย และค่า "0" แทนจุดที่เป็นพื้น วิธีการนี้จะทำตามขั้นตอนพื้นฐาน 3 ขั้นตอนอย่างต่อเนื่องในการตรวจสอบจุดภาพที่อยู่รอบนอกของลายนิ้วมือที่มีค่าเป็น "1" (P_1 คือจุดภาพที่ตรวจสอบ) และจะต้องมีจุดข้างเคียงของจุดภาพ P_1 (neignborhood ดังรูปที่ 2.1) อย่างน้อยหนึ่งในแปดจุดที่มีค่าเป็น "0" เพื่อจะได้กำจัดจุดภาพที่ตรวจสอบให้เป็น "0" ได้

P_9	P_2	P_3
P_8	P_1	P_4
P_7	P_6	P_5

รูป 2.1 แสดงตาราง Thinning algorithm ที่ใช้ 8 จุดข้างเคียง

2.1 อัลกอลิทึมของการทำสเคลิทอน

ขั้นตอนที่ 1 จุดภาพ P_1 จะถูกกำจัดออกไป (ทำให้เป็น "0") ถ้าสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมด แต่จะคงไว้ถ้าไม่เป็นจริงเกิดขึ้นกรณีใดกรณีหนึ่ง

1). $2 <= N(P_1) <= 6$

เมื่อ $N(P_1)$ คือจำนวนจุดที่อยู่ข้างเคียงจุด P_1 ที่เป็น "1"

$$N(P_1) = P_2+P_3+P_4...+P_9$$

2). $S(P_1) = 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $S(P_1)$ คือจำนวนชิ้นของจุดที่เปลี่ยนแปลงจาก "0" เป็น "1" โดยตรวจ สอบไปตามลำดับ $P_2, P_3, \ldots, P_9, P_2$

3). $P_2.P_4.P_6 = 0$ (เมื่อ . แทนด้วยลอจิก AND)

4). $P_4.P_6.P_8 = 0$

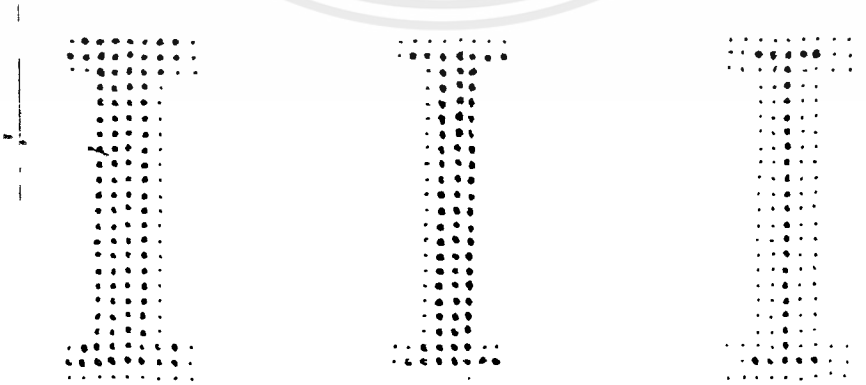
ขั้นตอนนี้จะใช้กับทุกๆ จุดภาพ ที่อยู่โดยรอบของลายที่กำลังพิจารณาถ้าทุกเงื่อนไขสอดคล้องกัน จุดภาพ p1 จะถูกกำจัดออก แต่อย่างไรก็ตามจุดภาพ ๆ นั้นจะไม่ถูกกำจัดออกไปจนกว่าทุกๆ จุดภาพที่อยู่โดยรอบได้ผ่านขั้นตอนที่ 1 ไปทั้งหมดแล้ว การทำเช่นนี้ก็เพื่อป้องกันการเปลี่ยนโครงสร้างข้อมูล ระหว่างการปฏิบัติตามอัลกอลิทึม ขั้นตอนนี้จะเป็นการกำจัดข้อมูลที่อยู่ทางขวามือ และด้านล่างออกไปหลังจากเสร็จขั้นตอนที่ 1 แล้วให้เริ่มขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ขั้นตอนนี้เงื่อนไขของข้อ 1 และข้อ 2 จะยังเหมือนกันกับในขั้นตอนที่ 1 แต่เงื่อนไขข้อ 3 และข้อ 4 จะเปลี่ยนเป็น

5). $P_2.P_4.P_8 = 0$

6). $P_2.P_6.P_8 = 0$

ขั้นตอนนี้จะใช้กับข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนที่ 1 โดยวิธีการที่เหมือนกัน ซึ่งจะเป็นการกำจัดข้อมูลที่อยู่ทางซ้ายมือ และด้านบนออกไป ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 2.2 ของขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2



(a) (b) (c)

รูปที่ 2.2 a.การทำขั้นตอนที่ 1 b.การทำขั้นตอนที่ 2 c.ผลการทำสเคลิทอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03264

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อทำขั้นตอนที่ 1 และ 2 ซ้ำ ๆ กันจนไม่มีจุดภาพกำจัด จึงทำขั้นตอนนี้ ซึ่งมีวิธีการเหมือนกับ 2 ขั้นตอนที่ผ่านมา แต่มีเงื่อนไขดังนี้

1). $N(P_1) = 3$

เมื่อ $N(P_1) = P_2+P_4+P_6+P_8$

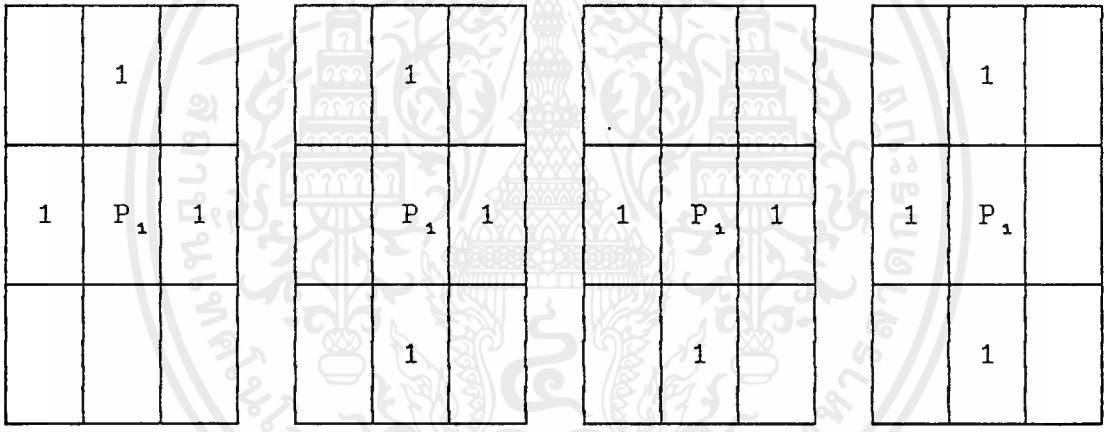
2). $(P_2.P_6 = 1)$ AND $(P_5 = 0)$

3). $(P_2.P_4 = 1)$ AND $(P_7 = 0)$

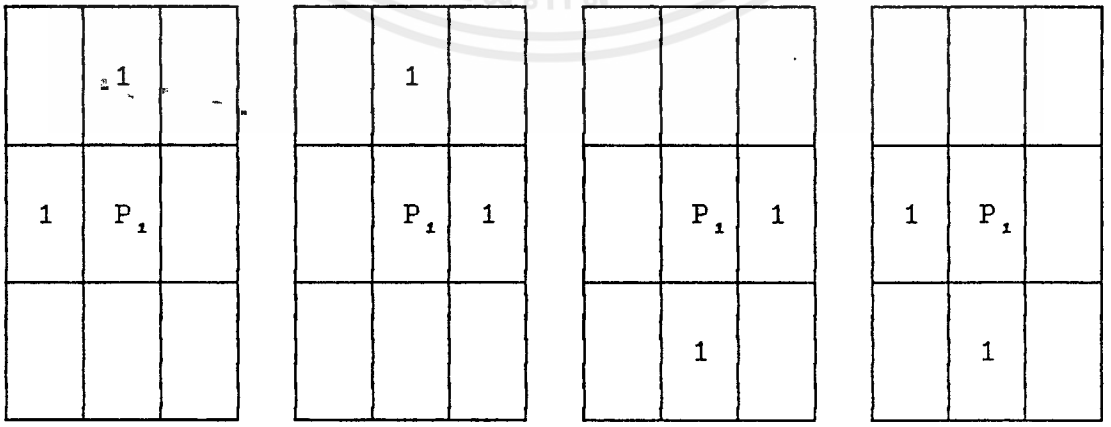
4). $(P_4.P_8 = 1)$ AND $(P_9 = 0)$

5). $(P_6.P_8 = 1)$ AND $(P_3 = 0)$

จุดภาพที่จะถูกกำจัดออกจะต้องตรงกับเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งขั้นตอนนี้จะกำจัดจุดภาพที่ซ้อนกันในลาย และทางแยก ดังรูป 2.3 จุดภาพ P_1 จะถูกกำจัด



(a) ลักษณะลายช่วงทางแยก



(b) ลักษณะลายทั่วไป

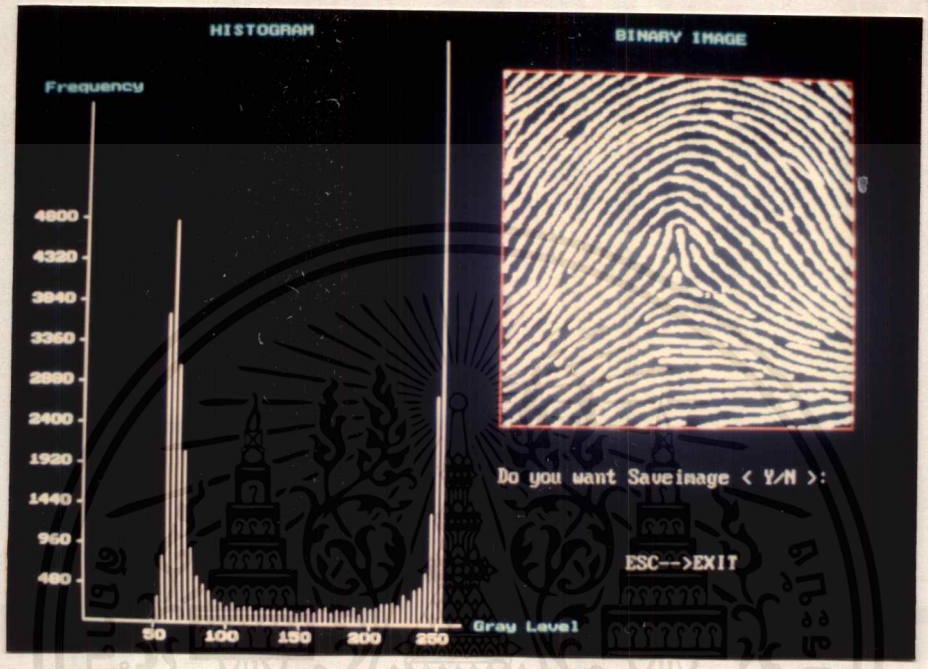
รูปที่ 2.3 ลักษณะการกำจัดในขั้นตอนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลการหาโครงร่างของลายนิ้วมือแบบต่างๆ

2.2.1 ลายนิ้วมือแบบเส้นโค้ง (Arch)

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ



รูปที่ 2.4 การทำขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ

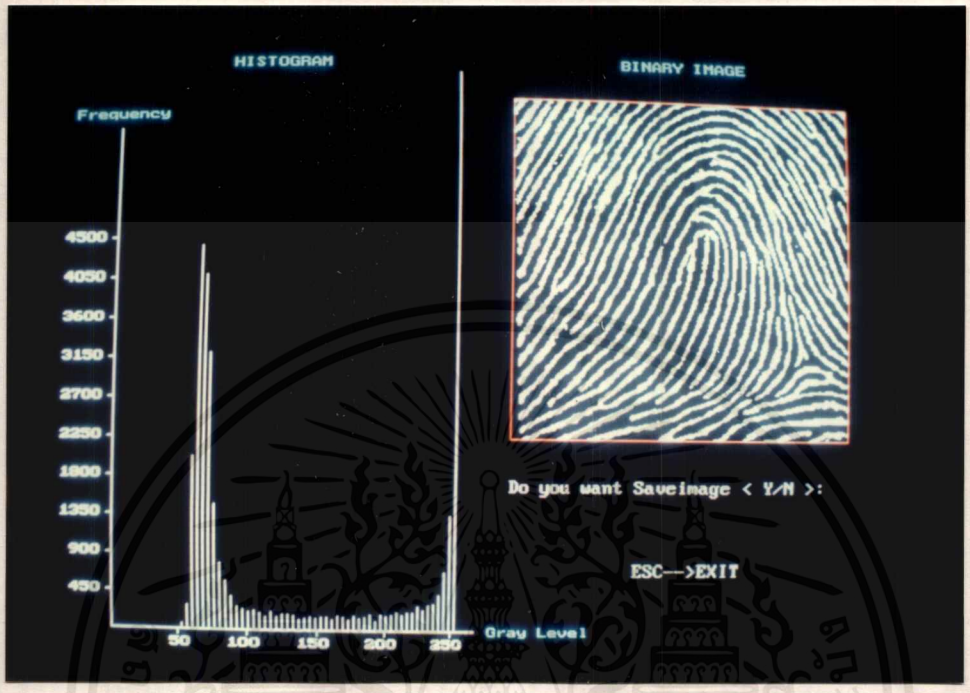
ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการหาโครงร่างของลาย

รูปที่ 2.5 โครงร่างของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

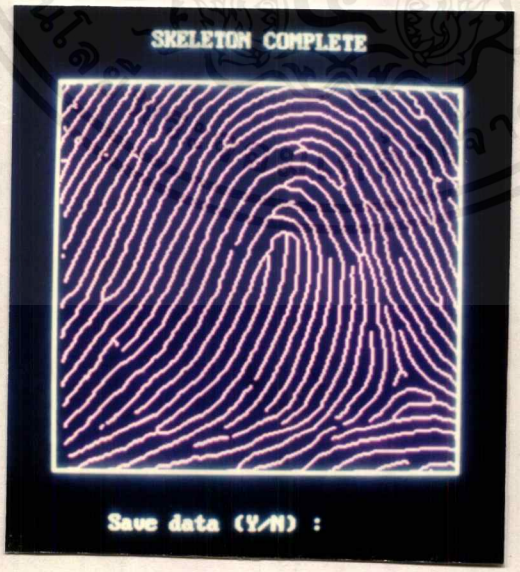
2.2.2 ลายนิ้วมือแบบลูป (Loop)

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ



รูปที่ 2.6 การทำขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการหาโครงร่างของลาย



รูปที่ 2.7 โครงร่างของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ลายนิ้วมือแบบก้นหอย (Plain Whorl)

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ

รูปที่ 2.8 การทำขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ

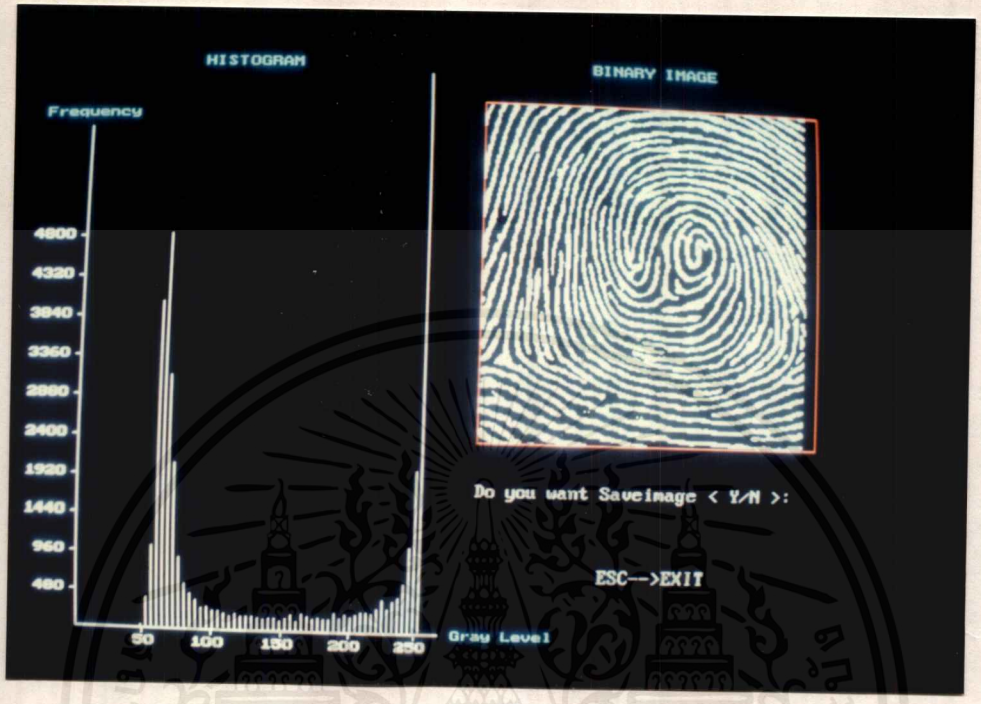
ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการหาโครงร่างของลาย

รูปที่ 2.9 โครงร่างของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ลายนิ้วมือแบบรวม (Accidental)

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ



รูปที่ 2.10 การทำขั้นตอนการเพิ่มความชัดเจนของภาพ

ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการหาโครงร่างของลาย

รูปที่ 2.11 โครงร่างของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การกำจัดขั้นสุดท้าย
(Postproceesing)

ขั้นตอนนี้ เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในระบบการจดจำลายนิ้วมืออัตโนมัติ เนื่องจากลักษณะที่โดดเด่นของลายนิ้วมือ จะถูกใช้ในระบบการจดจำลายนิ้วมือ ในการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ จะมีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของหมึกที่พิมพ์ลายนิ้วมือ เช่น หมึกพิมพ์มากเกินไปทำให้เลอะ และหมึกพิมพ์ไม่เพียงพอทำให้ลายขาด ข้อผิดพลาดเหล่านี้เกิดขึ้นทุกครั้งเมื่อพิมพ์ลายนิ้วมือ เราจะใช้โครงสร้างของลาย เช่น ความต่อเนื่องของลาย และแนวทิศทางขนานของลาย ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นข้อมูล เพื่อช่วยให้การตัดทอนลายนิ้วมือที่ผิดพลาด โดยการวิเคราะห์ที่โครงสร้างของลายนิ้วมือ

คุณลักษณะ หรือ ลักษณะเด่นซึ่งถูกใช้สำหรับการพิสูจน์ลายนิ้วมือ เรียกว่า **"ลักษณะเด่น"** ของลายนิ้วมือ (Minutiae) จุดสำคัญของการขวางลายตามธรรมชาติ เช่น จุดสิ้นสุดของลาย (ridge ending) และลายแยก (bifurcation) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

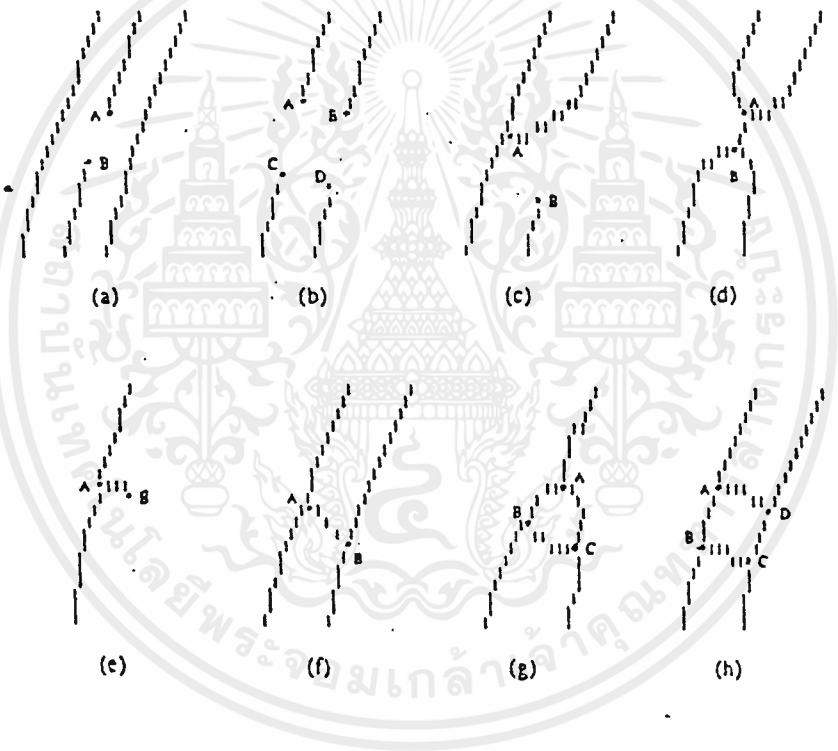
a b

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะเด่นของลาย a. ridge ending b. bifurcation

จากรูป ลายนิ้วมือ จะถูกแทนด้วย "1" ส่วนลักษณะเด่นจะแทนด้วย "*" ลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งเป็นสำคัญ ซึ่งในลายนิ้วมือแต่ละลายจะมีลักษณะเด่นของลายอยู่ประมาณ 50-100 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างของลายนิ้วมือที่มีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงจากการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยหมึก รูปที่ 3.2(a) และ (b) เป็นกรณีของลายขาดเนื่องจากหมึกพิมพ์ไม่ติด รูปที่ 3.2(c) และ (d) เป็นโครงสร้างของลายนิ้วมือที่มีลักษณะการต่อของลายผิดพลาด เนื่องมาจากหมึกเลอะ รูปที่ 3.2(e) เป็นลักษณะของลายที่ไม่เรียบเนื่องจากมีลายสั้น ๆ ที่แยกออกมา ส่วนรูปที่ 3.2(f),(g) และ (h) เป็นชนิดโครงสร้างที่มีการต่อผิดพลาดที่เรียกว่า bridge, triangle และ ladder ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 โครงสร้างพื้นฐานของลายนิ้วมือที่เกิดความผิดพลาดอันเนื่องจากหมึกพิมพ์

3.1 ลักษณะเฉพาะลายนิ้วมือ (attributes of fingerprint ridges)

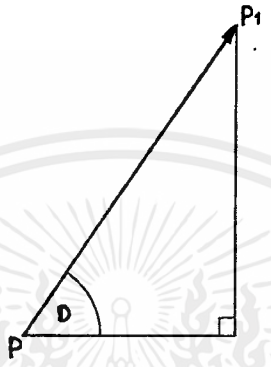
ลำดับการวิเคราะห์ภาพลายนิ้วมือทั้งหมด ลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือเบื้องต้น จะหมายถึงโครงสร้างลักษณะเด่น (minutia structure)

ตำแหน่งโคออดิเนท (x,y) ของภาพลายนิ้วมือจะเริ่มพิจารณาจากมุมบนซ้าย (0,0) ถึงมุมล่างขวา (255,255) โดยสแกนตามแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางของลาย (D_p) สามารถใช้จุดที่อยู่บนลายเดียวกันกับจุด p มีระยะ t พิเซล ($\delta < t < 2\delta$ เมื่อ δ คือค่าเฉลี่ยของระยะทางระหว่างลายสองลายที่อยู่ใกล้กันมีหน่วยเป็นพิเซล) ทิศทางของจุด p หาได้จากสมาการ (1)

$$D = \text{arctg}\,[(y_p - y_{p1})/(x_p - x_{p1})] \qquad ---(1)$$



รูปที่ 3.3 แสดงการหาทิศทาง

ทิศทางของลักษณะเด่น (minutia direction D_m) พิจารณาเป็นสองแบบ สำหรับทิศทางจุดสิ้นสุดของลาย สามารถใช้สมาการที่ 1 หาได้ ส่วนทิศทางของจุดแยกจะใช้ค่าเฉลี่ยของทิศทางของลายสองลายที่ไปในทางเดียวกัน

ระยะทางลักษณะเด่น (minutia distance R) คือระยะทางตามแบบเรขาคณิต ระหว่าง 2 ลักษณะเด่น ในหน่วยพิเซล มุม β ระหว่างลักษณะเด่น M_1 และ M_2 กำหนดได้ดังนี้

$$\beta(M_1, M_2) = \text{Min}(\left|D_{m1} - D_{m2}\right|, 2\pi - \left|D_{m1} - D_{m2}\right|) \qquad ---(2)$$

ถ้ามุม $\beta > \pi/2$ เรียก M_1 และ M_2 ว่า "คู่ลักษณะเด่น" (minutia facing pair) สำหรับจุดสิ้นสุด หรือจุดแยกภายในพื้นที่เล็ก ๆ ($R < 2\delta$) จำนวนคู่ลักษณะเด่น (N_{mm}) นับตามจำนวนลักษณะเด่นที่จับคู่กันได้ ซึ่งตัวห้อยจะบอกถึงลักษณะการคู่กันของลักษณะเด่น เช่น ee,eb,be,bb (เมื่อ e แทนจุดสิ้นสุด และ b แทนจุดแยก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ของการต่อ (connected relation) ของจุดแยกนั้นขึ้นอยู่กับการต่อกับจุดสิ้นสุด (C_e) หรือจุดแยก (C_b) คือ ถ้าจุดแยกต่อกับจุดสิ้นสุด (M_e) และระยะทางระหว่างลักษณะเด่นทั้งสอง น้อยกว่าระยะห่างระหว่างลาย ($R<\delta$) ให้

$$C_e = M_e$$

ถ้าจุดแยกต่อกับจุดแยก (M_b) และระยะทางระหว่างลักษณะเด่นทั้งสองน้อยกว่าสองเท่าของระยะห่างระหว่างลาย ($R<2\delta$) ให้

$$C_b = M_b$$

3.2 การแทนโครงสร้างลักษณะเด่นที่ผิด (False minutia structure)

ในส่วนนี้การตรวจจับ และแสดงแทนโครงสร้างลักษณะเด่นที่ผิดโดยการใช้มาสค (mask) ขนาด 3x3 กำหนดตำแหน่งลักษณะเด่น (รูปที่ 3.3) M คือจุดที่ตรวจจับ และ $X_1..X_8$ คือจุดรอบข้างที่มีทิศทางตามเข็มนาฬิกา ถ้า M คือจุดสิ้นสุดจะมีเงื่อนไขดังนี้

$$C_N = \sum_{k=1}^{8} \left| X_{(k+1)} - X_{(k)} \right| = 2 \quad ; X_{(9)} = X_{(1)} \qquad ---(3)$$

สำหรับจุด M ที่เป็นจุดแยกต้องมีเงื่อนไขดังนี้

$$C_N = \sum_{k=1}^{8} \left| X_{(k+1)} - X_{(k)} \right| = 6 \quad ; X_{(9)} = X_{(1)} \qquad ---(4)$$

เมื่อ $X_1..X_8$ มีค่าเป็น 1 หรือ 0 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X_8	X_1	X_2
X_7	M	X_3
X_6	X_5	X_4

รูปที่ 3.4 3x3 Mask

โดยการเคลื่อนที่มาสดไปทีละพิเซล และถ้าพิเซลไหนเข้าเงื่อนไขก็จะเก็บตำแหน่งของลักษณะเด่นนั้นไว้จนถึงพิเซลสุดท้าย จากนั้นจะนำลักษณะเด่นที่เก็บไว้มาตรวจเช็คว่าถูกหรือผิดโดยใช้คุณสมบัติของลายตัดสิน สำหรับจุดสิ้นสุดที่ถูกจะไม่มีคู่กับลักษณะเด่นอื่นๆ (N_{em}=0) และจุดแยกที่ถูกจะไม่มีความสัมพันธ์ของการต่อกับลักษณะเด่นอื่น (C_e=C_b=0)

3.3 ลำดับขั้นและเงื่อนไขการกำจัดลักษณะเด่นที่ผิด

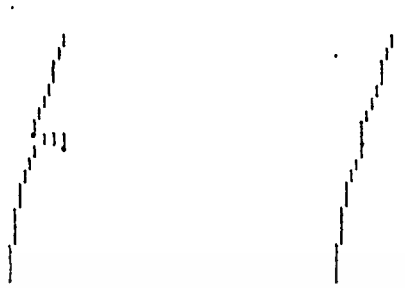
การพิจารณาแก้ไขลักษณะเด่นที่ผิดในรูปแบบต่างๆ จะพิจารณาทีละรูปแบบเพื่อลดความยุ่งยากลงและมีลำดับการแก้ไขดังนี้

3.3.1 <u>การลบลายที่ไม่เรียบ</u> (Bur ridge)

ลายที่ไม่เรียบ คือลายที่ต่อจากจุดแยกออกมาเป็นช่วงสั้น ๆ ซึ่งต้องลบออก โครงสร้างของลายลักษณะนี้มีเงื่อนไขดังนี้

- มีความสัมพันธ์ของการต่อจุดแยกกับจุดสิ้นสุดเพียง 1 จุด (C_e=1) (ป้องกันการลบในกรณีช่วงปลายของลายแตกออกเป็นสองลาย)
- จุดแยกนั้นต้องไม่มีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยกอื่น (C_b=0) (ป้องกันกรณีเกิดลายผิดแบบบริดจ์ช่วงปลายของลาย)
- ถ้า C_b=1 ลายที่ไม่เรียบนั้นต้องไม่เป็นส่วนของลายหลัก (คู่ของทิศทางของลายที่ออกจากจุดแยก ที่มีทิศทางแตกต่างกันมากที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



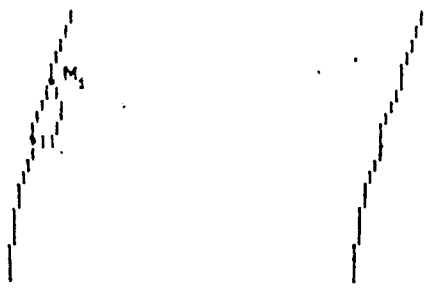
a b

รูปที่ 3.5 a.ลักษณะลายไม่เรียบ b.ลักษณะลายที่ถูก

3.3.2 การลบลายแบบ Loop

ลักษณะเป็นลายสองลายที่เชื่อมต่อจุดแยก 2 จุดเดียวกัน มีสาเหตุมาจากภาพลายนิ้วมือที่รับเข้ามาในขั้นตอนแรกมีจุดบอด ("0") อยู่กลางลาย เมื่อผ่านสเคลิทอนจะทำให้จุดบอดนั้นกว้างขึ้น กลายเป็นลายสองลายดังกล่าว ซึ่งต้องลบลายที่มีระยะทางมากกว่าออก และเงื่อนไขมีดังนี้

- ความสัมพันธ์ของการต่อของจุดแยก M_1 = 2 (C_b=2) คือ เมื่อทำการสแกนตามลายที่ละลายจากจุดแยก M_1 จะมีสองลายที่สแกนไปพบจุดแยกซึ่งอาจเป็นจุดแยกเดียวกัน หรือคนละจุดแยก ก็ถือว่า C_b = 2
- จุดแยกที่ M_1 พบ เป็นจุดเดียวกัน



a b

รูปที่ 3.6 a.ลักษณะลาย Loop b.ลักษณะลายที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การลบลายแบบ Bridge

ลายแบบ Bridge เป็นลักษณะของลายที่อยู่ข้างเคียงกันถูกต่อถึงกัน ซึ่งต้องทำการลบลายที่ต่อนั้นออก โดยพิจารณาตามเงื่อนไขนี้

- ความสัมพันธ์ของการต่อของจุดแยก M_1 เท่ากับ 1 (C_b=1)
- ทิศทางของลายที่ออกจากจุดแยกทั้งสอง(ไม่รวมลายที่ต่อกับจุดแยกทั้งสอง) มีมุมต่างกันมากกว่า 90 องศา (θ>90 องศา และ α>90 องศา)

เมื่อ $\theta = Min(|D_{b1}-D_{b2}|, 360-|D_{b1}-D_{b2}|)$

$\alpha = Min(|D_{b3}-D_{b4}|, 360-|D_{b3}-D_{b4}|)$

รูปที่ 3.7 a.ลักษณะของ Bridge b.ลักษณะของลายที่ถูก

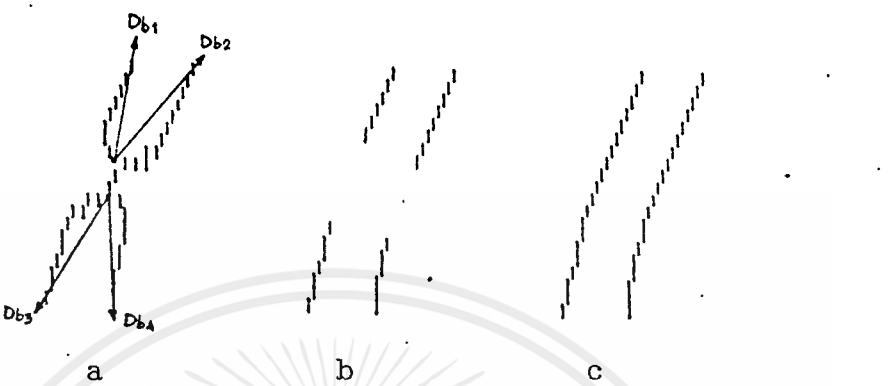
3.3.4 การแก้ลายแบบ Fork แบบที่สอง

โครงสร้างของลายลักษณะนี้ เป็นลายที่อยู่ข้างเคียงกันมาสัมผัสกัน การแก้จะลบลายช่วงที่สัมผัสกันออกเหลือเป็นลายขาดสองลาย (มีจุดสิ้นสุด 4จุด) จากนั้นก็ต่อลายทั้งสองโดยพิจารณาเช่นเดียวกับการต่อลายขาด (Broken ridge) เงื่อนไขของลายลักษณะนี้มีดังนี้

- จำนวนคู่ลักษณะเด่นมี 1 คู่ (N_{bb}=1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มุมแตกต่างระหว่างทิศทางของลายที่ออกจากจุดแยกจุดเดียวกันน้อยกว่า 90 องศา ($|D_{b1}-D_{b2}|<90$ องศา และ $|D_{b3}-D_{b4}|<90$ องศา) (ไม่พิจารณาลายที่ต่อจุดแยกสองจุด)



รูปที่ 3.8 a.ลักษณะของ Fork b.การลบลายที่สัมผัสกัน c.ลักษณะลายที่ถูก

3.3.5 <u>การลบลายแบบสามเหลี่ยม</u> (Triangle)

ลักษณะลายแบบนี้จุดแยกทั้งสามจะต่อถึงกันหมด ลายที่เชื่อมจุดแยกทั้งสามลายจะต้องลบออกหนึ่งลาย คือลายที่พาดระหว่างลายที่ออกจากจุดแยกสองจุดที่มีทิศทางไปในทางเดียวกัน (D_{b2} และ D_{b3}) ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

- จุดแยก M_1 มีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยก M_2 และ M_3 ($C_b=2$) (เมื่อสแกนตามลายจากจุด M_1 จะพบกับจุดแยก 2 จุด คือ M_2 และ M_3)
- จุดแยก M_2 ต้องมีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยก M_3 ($C_b=1$) (เนื่องจากการสแกนตามลายจะสแกนลายละหนึ่งครั้งเท่านั้น)

รูปที่ 3.9 a.ลักษณะสามเหลี่ยม b.ลักษณะลายที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การลบลายแบบ Ladder

แบบ Ladder นี้ มีลักษณะเหมือนกับแบบ Bridge แต่มีหลาย Bridge (2 Bridge ขึ้นไป) ที่อยู่บนลายคู่เดียวกัน การแก้ไขต้องหาลายหลักทั้งสอง โดยน่าทิศทางของลายที่ออกจากจุดแยกมาเปรียบเทียบกัน(ทีละจุด ให้ครบทุกจุด)ลายคู่ไหนที่มีทิศทางต่างกันมากที่สุดถือเป็นลายหลัก และลบลายที่พาดลายหลักนั้นออกทั้งหมด เงื่อนไขของ Ladder มีดังนี้

- จุดแยก M_1 มีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยก M_2 และ M_3 (C_b=2)
- จุดแยก M_2 มีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยก M_4 (C_b=1)
- จุดแยก M_3 มีความสัมพันธ์ของการต่อกับจุดแยก M_4 (C_b=1)

a b

รูปที่ 3.10 a.ลักษณะของ Ladder b.ลักษณะที่ถูก

3.3.7 การต่อลายขาด (Broken ridges)

ลักษณะโครงสร้างของลายที่ขาด ซึ่งจะต้องทำการต่อ ปรกติระยะห่างของลายที่ขาดต้องน้อยกว่าระยะห่างระหว่างลาย แต่ในทางปฏิบัติลายที่ขาดจะมีระยะห่างมากขึ้นเมื่อผ่านการทำสเคลิทอน ดังนั้นจึงต้องเพิ่มข้อจำกัดของระยะห่างของลายขาด เป็นน้อยกว่าสองเท่าของระยะห่างระหว่างลาย และต้องน่าทิศทางการต่อมาพิจารณา มีเงื่อนไขดังนี้

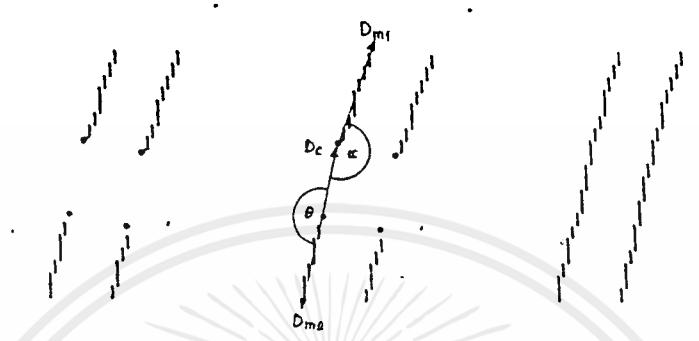
- จำนวนคู่ลักษณะเด่นมี 1 คู่ หรือมากกว่า ($1<=N_{ee}$)
- มุมในการต่อ $(\theta+\alpha)>(230*R)$ หรือ $(\theta+\alpha)>300$ องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ θ และ α คือมุมแตกต่างระหว่างทิศทางจุดสิ้นสุดทั้งสองกับทิศทางการต่อ

$$\theta = 180-\text{Min}(\left|D_{m2}-D_c\right|, 360-\left|D_{m2}-D_c\right|)$$

$$\alpha = \text{Min}(\left|D_c-D_{m1}\right|, 360-\left|D_c-D_{m1}\right|)$$



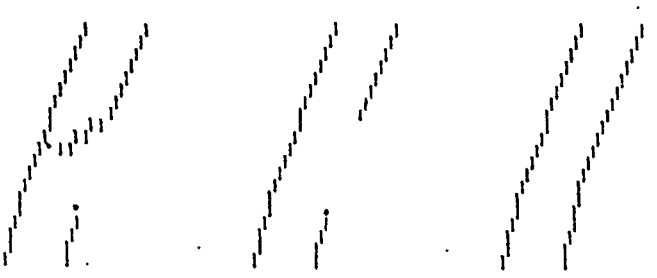
a b c

รูปที่ 3.11 a.ลักษณะลายขาด b.ทิศทางการต่อ c.ลักษณะลายที่ถูก

3.3.8 <u>การแก้ลายแบบ Fork แบบแรก</u>

ลักษณะเป็นลายที่ขาดมาต่อกับลายข้างเคียง ซึ่งต้องลบลายที่ต่อกับจุดแยกออกหนึ่งลาย โดยลายนั้นต้องอยู่ด้านเดียวกับจุดสิ้นสุด และเมื่อต่อลายที่ลบเข้ากับจุดสิ้นสุดแล้วจะไม่เกิดการไขว้กันของลาย เงื่อนไขการพิจารณามีดังนี้

- จำนวนคู่ลักษณะเด่นมี 1 คู่ (N_{bb} หรือ N_{ab} = 1)
- ไม่มีความสัมพันธ์ของการต่อจุดแยกกับจุดสิ้นสุด (C_a=0)
- ไม่มีความสัมพันธ์ของการต่อจุดสิ้นสุดกับจุดสิ้นสุด



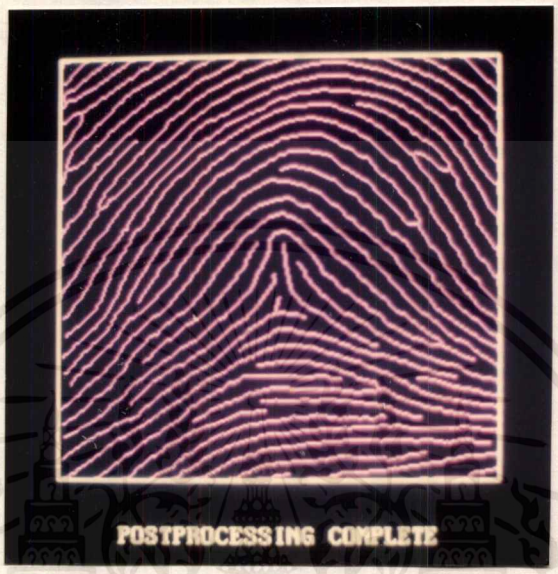
a b c

รูปที่ 3.12 a.ลักษณะ Fork b.การลบลายที่ต่อผิด c.ลักษณะลายที่ถูก

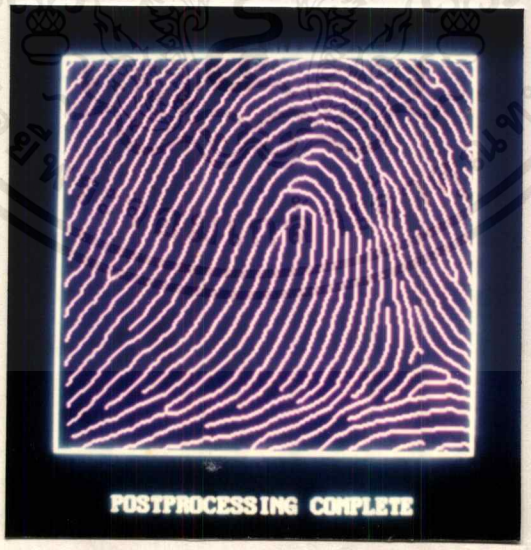
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ผลการทำ Postprocessing ของลายนิ้วมือแบบต่างๆ

ภาพลายนิ้วมือต่อไปนี้ เป็นภาพลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ ที่ผ่านขั้นตอนการทำ Postprocessing โดยนำภาพที่ผ่านการหาโครงร่างมากำจัด และแก้ไขข้อผิดพลาด



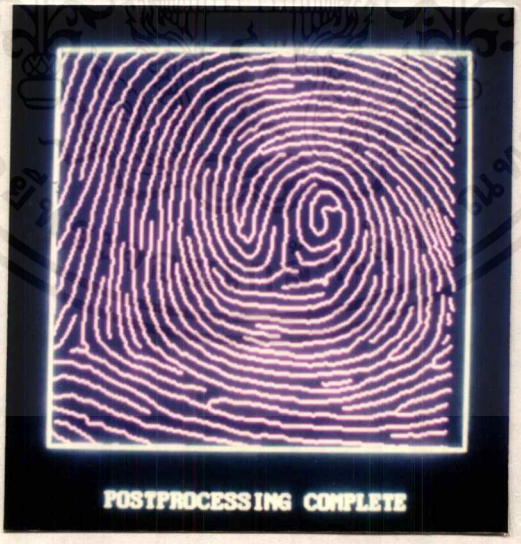
รูปที่ 3.13 ภาพลายนิ้วมือแบบเส้นโค้ง (Arch)



รูปที่ 3.14 ภาพลายนิ้วมือแบบลูป (Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 ภาพลายนิ้วมือแบบก้นหอย (Plain Whorl)



รูปที่ 3.16 ภาพลายนิ้วมือแบบรวม (Accidental)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

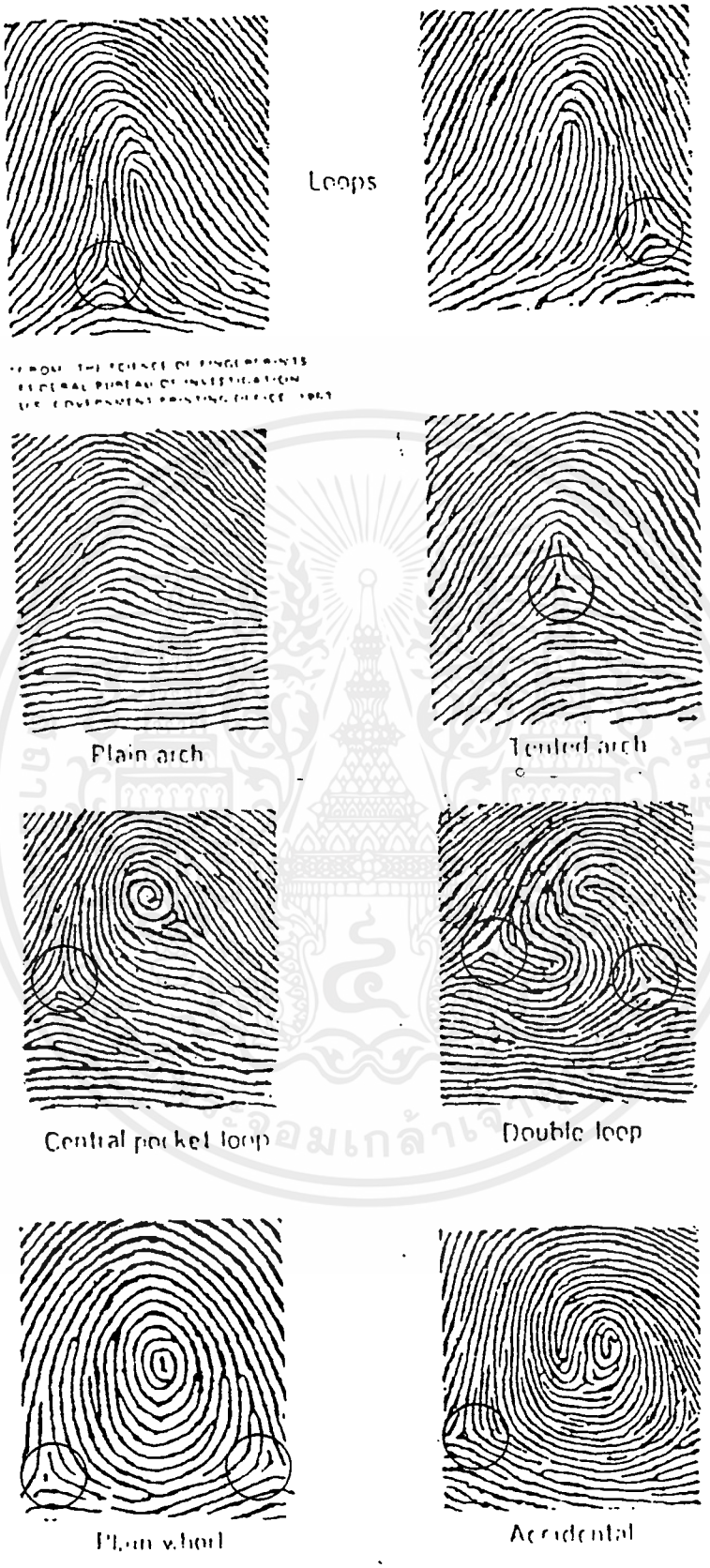
การหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ขั้นตอนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากโดยลายนิ้วมือที่เข้ามาแต่ละครั้งนั้นตำแหน่งจะไม่เท่ากัน จึงทำให้ต้องผ่านขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือชนิดนั้นเสียก่อน แล้วจึงทำการหมุนภาพ เพื่อใช้ในการตรวจเช็คว่าลายนิ้วมือชนิดนั้นเป็นลายเดียวกันหรือไม่

ซึ่งในขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เมื่อเทอมที่แล้วนั้นเป็นการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ แบบก้นหอยชนิดเดียวเท่านั้น ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ จะพิจารณาเฉพาะลายที่เป็นวงรีทั้งหมดภายในภาพ เมื่อได้วงรีของลายนิ้วมือชนิดนั้นแล้ว ก็จะหาตำแหน่ง pixel ที่ห่างกันมากที่สุดในวงรีแต่ละวง โดยกำหนดให้เป็นแกน y' ต่อจากนั้นก็จะหาตำแหน่งกึ่งกลางของแกน y' โดยการหารสอง ก็จะได้จุดศูนย์กลางของวงรีนั้น จากนั้นนำแกน y' มาหักลบกับแกน y (90 องศา) ก็จะได้ค่ามุมที่ห่างออกจากแกน y(แกนอ้างอิง) เมื่อได้แกนหลักที่ต้องการของวงรีแล้ว ก็จะทำวิธีเดียวกันนี้กับวงรีที่เหลือ และนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการหมุนภาพต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ เราต้องสามารถรู้ว่าลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจเช็คนั้นเป็นชนิดไหนเสียก่อน จึงทำให้ขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจเช็คนั้นยุ่งยากมากและเสียเวลาในการตรวจเช็คด้วย

ส่วนในขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เทอมนี้นั้นเป็นการหาจุดศูนย์กลางของ delta เป็นหลัก delta คือ ส่วนโค้งของลายที่มีทิศทาง 3 ทิศทางเจอกัน ซึ่งจะเห็นว่าลายนิ้วมือของคนทั่วไปนั้น จะมี delta อย่างน้อยอยู่ 1 delta หรือ 2 delta (ยกเว้นแบบ plain arch ไม่มี delta) ซึ่งจำนวนของ delta นั้นก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบของลายนิ้วมือชนิดนั้น ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงภาพ delta ภายใน window ของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ขั้นตอนการหาเดลต้าของลายนิ้วมือ

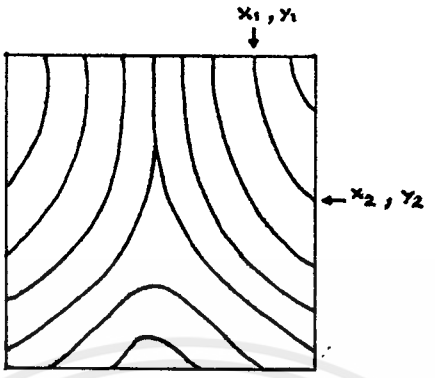
ส่วนในขั้นตอนการหา delta นั้นจะต้องสร้าง window ขนาด 50*50 pixel โดยสแกนจากซ้ายไปขวา ล่างขึ้นบน ไปทีละ step โดยให้ step ละ 10 pixel แล้วจึงวิเคราะห์ว่าภายใน window นั้นใช่ delta หรือไม่ ซึ่ง delta นั้นจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1). เวกเตอร์ของลายในแต่ละลายจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะห่างกันมากกว่า 30 องศา แต่ถ้าน้อยกว่า 30 องศา จะอยู่ในกลุ่มเดียวกัน มีวิธีการหาดังนี้

สูตร การหาทิศทางของเวกเตอร์

```
d  -  ทิศทางของเวกเตอร์ (องศา)
x1,y1  -  ตำแหน่งเริ่มต้นของลาย
x2,y2  -  ตำแหน่งสุดท้ายของลาย
a = x1 - x2
b = y2 - y1
if((a==0)&&(b<0))
  d = 90
else
if((a==0)&&(b>0))
  d = -90
else
  d = arctan b/a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

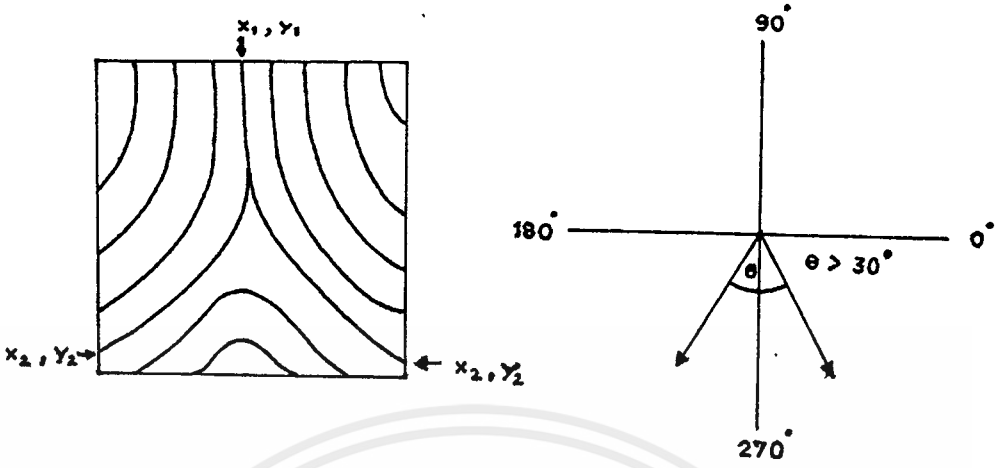


รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งเริ่มต้น(x1,y1) กับ ตำแหน่งสุดท้าย(x2,y2) ภายใน window

จากสูตร ตำแหน่งเริ่มต้นหรือตำแหน่งสุดท้าย คือ ตำแหน่งที่กรอบเส้น window สัมผัส ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะเห็นว่าสูตรที่ใช้ในการหาทิศทางของเวกเตอร์นั้น จะอยู่ในช่วงครอสแด้นที่ 1 กับครอสแด้นที่ 4 เหตุที่ใช้ใน 2 ครอสแด้นนั้นก็เนื่องมาจาก ในกรณีที่เป็นลายเดียวกันแต่ทิศทางตรงข้ามกันทำให้ไม่สามารถรู้ได้ว่าเป็นลายเดียวกัน ดังนั้นเราจึงให้อยู่ใน 2 ครอสแด้น ซึ่งทำให้ลายเดียวกันไม่ว่าจะให้ตำแหน่งเริ่มต้น หรือ ตำแหน่งสุดท้ายอยู่สลับกันก็ตามทีก็จะทำให้อยู่ในครอสแด้นเดียวกัน

ต่อจากนั้นก็จะทำการตรวจเช็คว่า ลายนั้นอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือไม่ โดยการตรวจเช็คในแต่ละลายว่ามากกว่า 30 องศาหรือไม่ ดังรูปที่ 4.3 เช่นถ้าน้อยกว่า 30 องศา ก็แสดงว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แต่ถ้ามากกว่า 30 องศา ก็แสดงว่าอยู่ในกลุ่มที่สอง และก็จะทำการตรวจเช็คไปแบบนี้เรื่อย ๆ จนกว่าจะครบหมดทุกลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงทิศทางของลายที่มากกว่า 30 องศา

2). ส่วนโค้งของลายภายในต้องเข้าหากัน ซึ่งมีวิธีการหาดังนี้

ในการหาว่าส่วนโค้งของลายภายในนั้นเข้าหากันหรือไม่ เราจะพิจารณาทีละคู่ของลายโดยพิจารณาเฉพาะส่วนโค้งภายในเท่านั้น คือ เมื่อให้ตำแหน่งเริ่มต้นของลายทั้ง 2 อยู่ที่จุด origin และให้ตำแหน่งสุดท้ายอยู่ที่ศูนย์องศา จะเห็นว่าส่วนโค้งของลายแรกจะอยู่ในครอสแด้นที่ 4 ส่วนลายที่ 2 จะอยู่ในครอสแด้นที่ 1 และก็จะทำการตรวจเช็คแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบ 3 ครั้ง หรือครบจำนวนลายทั้งหมด ซึ่งในการตรวจเช็คแต่ละครั้งนั้น ส่วนโค้งของลายแรกจะต้องอยู่ที่ครอสแด้นที่ 4 และส่วนโค้งของลายที่ 2 จะต้องอยู่ครอสแด้นที่ 1 เสมอไปทุกครั้ง จึงจะถูกต้อง

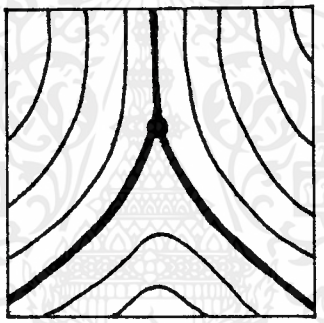
เมื่อได้ delta ขนาด 50*50 pixel แล้วก็จะทำการหา delta อีกครั้งเพื่อใช้ในการหาจุดศูนย์กลาง โดยให้ window ขนาด 25*25 pixel ส่วนในการหา delta นั้นก็ใช้วิธีที่ผ่านมา โดยจะสแกนจากซ้ายไปขวา ล่างขึ้นบน ภายใน window ขนาด 50*50 pixel ซึ่งจะสแกนไปทีละ step โดยให้ step ละ 5 pixel เมื่อได้ delta แล้วก็จะทำการหาจุดศูนย์กลางภายใน delta ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของเดลต้า

ขั้นตอนนี้เป็นการหาจุดศูนย์กลางของ delta ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีคือ

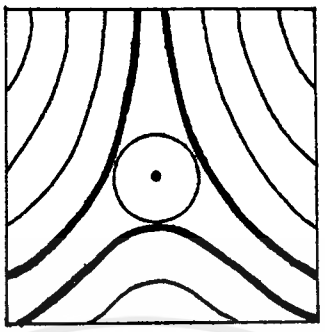
1). ในกรณีที่ลายภายในมีลักษณะเป็นทางแยก 3 ทาง ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะให้จุดทางแยกนั้นเป็นจุดศูนย์กลาง หลังจากนั้นก็จะทำการหาแกนหลักที่ต้องการ โดยให้ลายแต่ละทางแยกซึ่งมีความยาวไม่เกิน 30 pixel นำมาเฉลี่ยก็จะได้แกนหลักที่ต้องการ โดยเลือกเพียงแกนเดียวเท่านั้น เพื่อที่จะไปหักลบกับแกนอ้างอิง ซึ่งจะได้แกนอ้างอิง 3 แกน ใน 3 แกนนั้นจะห่างกัน 120 องศา ได้แกนดังนี้ 90 ,210 และ 330 องศา ซึ่งผลที่ได้จากการหักลบนั้นจะใช้ในการหมุนภาพต่อไป



รูปที่ 4.4 ลายภายในมีลักษณะเป็นทางแยก 3 ทาง

2). ในกรณีที่ลายภายในไม่มีลักษณะเป็นทางแยก ดังรูปที่ 4.5 เราจะต้องสร้างเส้นรอบวงสัมผัสส่วนโค้งภายในทั้ง 3 ลาย เมื่อได้แล้วก็จะให้จุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นจุดศูนย์กลางของ delta ต่อจากนั้นก็จะทำการหาแกนหลักที่ต้องการ โดยสแกนเป็นเส้นตรงเริ่มจากจุดศูนย์กลางของ delta เป็นหลัก ซึ่งจะเริ่มสแกนจากมุม 45 องศา จนถึง 135 องศา โดยจะใช้ส่วนโค้งภายในของ delta เป็นตำแหน่งสุดท้ายของความยาวเส้นตรงนั้น แล้วจะทำการตรวจเช็คหาความยาวมากที่สุดของการสแกน ซึ่งความยาวที่มากที่สุดตรงกับมุมใดก็ให้มุมนั้นคือแกนหลักที่ต้องการ เพื่อที่จะไปหักลบกับแกนอ้างอิง 90 องศา ซึ่งผลที่ได้จากการหักลบนั้นจะใช้ในการหมุนภาพต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ลายภายในไม่มีลักษณะเป็นทางแยก

4.3 ขั้นตอนการหมุนภาพของลายนิ้วมือ

ขั้นตอนนี้จะทำการหมุนภาพของลายนิ้วมือ โดยจะต้องรู้จุดศูนย์กลางกับองศาที่ต้องการหมุนภาพของลายนิ้วมือเสียก่อน ซึ่งได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา แล้วจึงทำการคำนวณค่าแต่ละ Quadrant โดยดูได้จากสูตร

Quadrant 1

$b = | x - x1 |$

$c = | y - y1 |$

$a = \sqrt{b^2 + c^2}$

$\theta 1 = \arcsin b/a$

$\theta = \theta 1 + \theta 2$

$b' = a \sin \theta$

$c' = \sqrt{a^2 - b'^2}$

$x1' = x + b'$

$y1' = y - c'$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quadrant 2

$b = | y - y1 |$

$c = | x - x1 |$

$a = \sqrt{b^2 + c^2}$

$\theta 1 = \arcsin b/a$

$\theta = \theta 1 + \theta 2$

$b' = a \sin \theta$

$c' = \sqrt{a^2 - b'^2}$

$x1' = x - c'$

$y1' = y - b'$

Quadrant 3

$b = | x - x1 |$

$c = | y - y1 |$

$a = \sqrt{b^2 + c^2}$

$\theta 1 = \arcsin b/a$

$\theta = \theta 1 + \theta 2$

$b' = a \sin \theta$

$c' = \sqrt{a^2 - b'^2}$

$x1' = x - b'$

$y1' = y + c'$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quadrant 4

$b = | y - y1 |$

$c = | x - x1 |$

$a = \sqrt{b^2 + c^2}$

$\theta 1 = \arcsin b/a$

$\theta = \theta 1 + \theta 2$

$b' = a \sin \theta$

$c' = \sqrt{a^2 - b'^2}$

$x1' = x + c'$

$y1' = y + b'$

* หมายเหตุ

90 องศา $< \theta <$ 270 องศา ; $c' = -c'$

$\theta = \theta 1 + \theta 2$

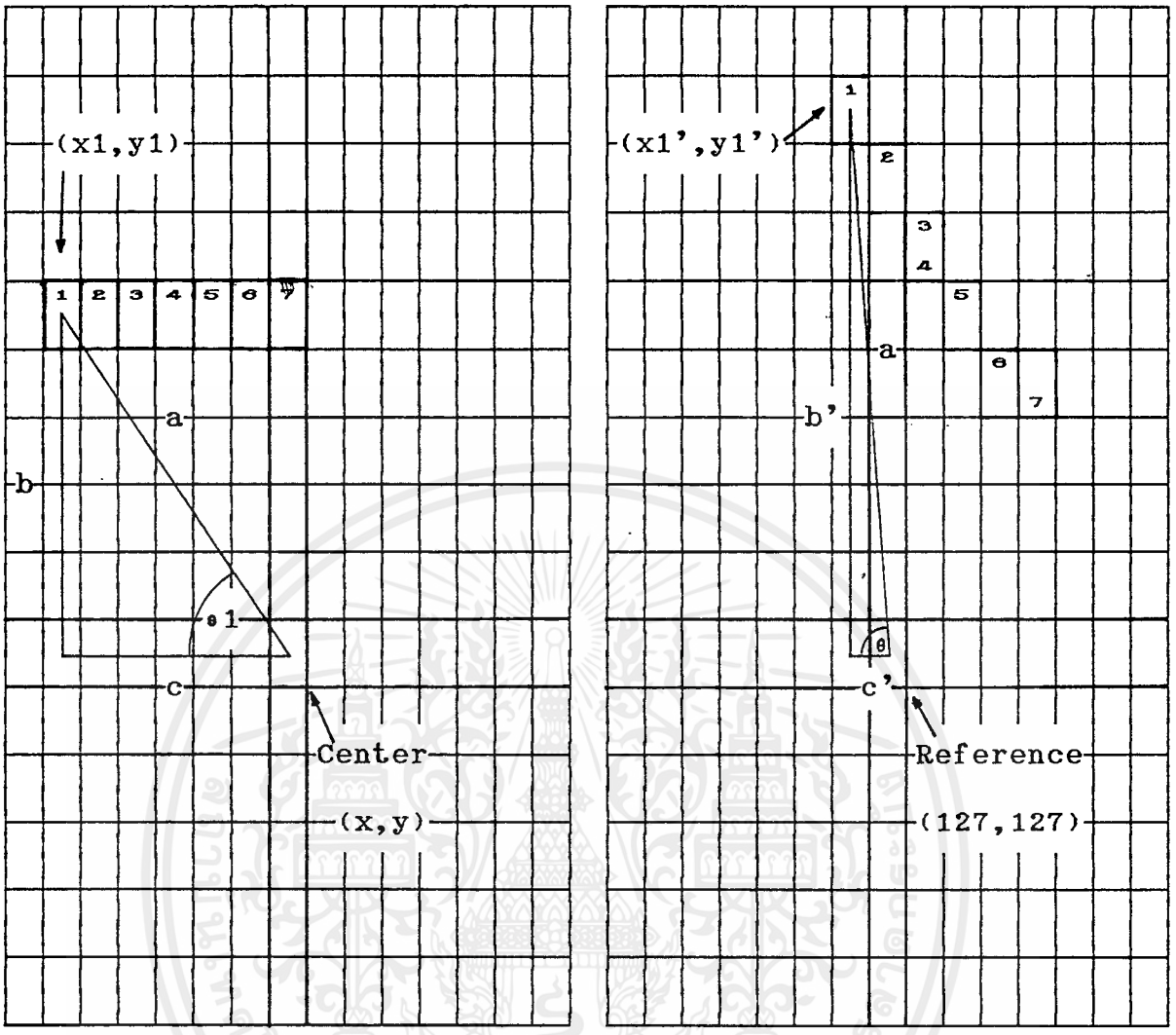
$\theta 1$: มุมของตำแหน่งข้อมูล

$\theta 2$: มุมที่ต้องการหมุนภาพ

ส่วนรูปที่ 4.6 เป็นตัวอย่างในการหมุนภาพบางส่วน ไปทางขวา 45 องศา ถ้าเราต้องการหมุนภาพไปทางซ้าย ทำได้โดยใช้สูตร

หมุนภาพทางซ้าย = 360 องศา - มุมที่ต้องการหมุนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงภาพก่อนและหลัง การหมุนภาพของลายนิ้วมือ

<u>หลังจากการคำนวณ</u> กำหนดให้ center (127,127)

ตำแหน่งที่ 1 : x1' = 126.2928 ; x1' = 126

y1' = 119.2218 ; y1' = 119

ตำแหน่งที่ 2 : x1' = 127.0000 ; x1' = 127

y1' = 119.9289 ; y1' = 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 3 : x1' = 127.7071 ; x1' = 128

y1' = 120.6360 ; y1' = 121

ตำแหน่งที่ 4 : x1' = 128.4142 ; x1' = 128

y1' = 121.3431 ; y1' = 121

ตำแหน่งที่ 5 : x1' = 129.1213 ; x1' = 129

y1' = 122.0502 ; y1' = 122

ตำแหน่งที่ 6 : x1' = 129.8284 ; x1' = 130

y1' = 122.7573 ; y1' = 123

ตำแหน่งที่ 7 : x1' = 130.5355 ; x1' = 131

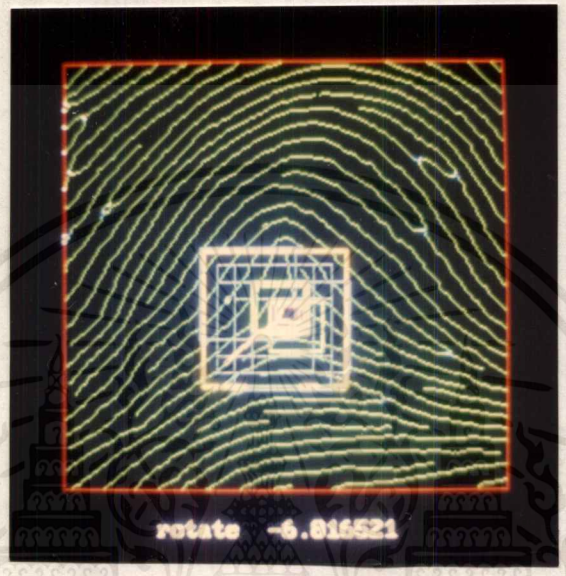
y1' = 123.4644 ; y1' = 123

หลังจากการหมุนภาพของลายนิ้วมือแล้ว จะเห็นว่าตำแหน่งที่ 3 กับ 4 นั้นจะอยู่ตำแหน่งเดียวกัน เนื่องมาจากการปัดจุดทศนิยม คือ >= 0.5 = 1 , < 0.5 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือแบบต่างๆ

ภาพลายนิ้วมือต่อไปนี้ เป็นภาพลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ ที่ผ่านขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ โดยใช้จุดศูนย์กลางของ delta เป็นหลัก



รูปที่ 4.7 ภาพลายนิ้วมือแบบเส้นโค้ง (Arch)

รูปที่ 4.8 ภาพลายนิ้วมือแบบลูป (Loop)

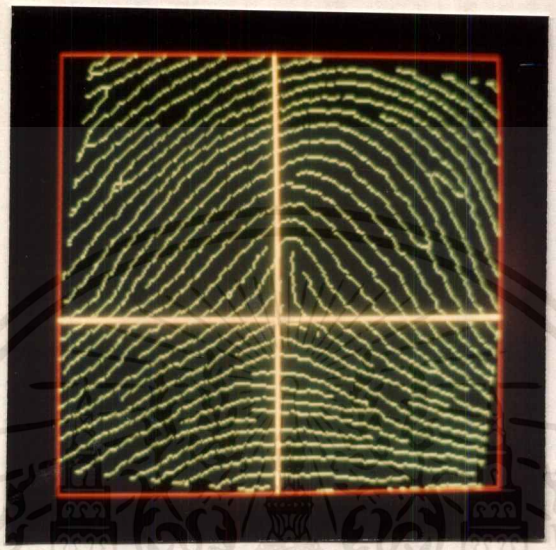
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ภาพลายนิ้วมือแบบก้นหอย (Plain Whorl)

รูปที่ 4.10 ภาพลายนิ้วมือแบบรวม (Accidental)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

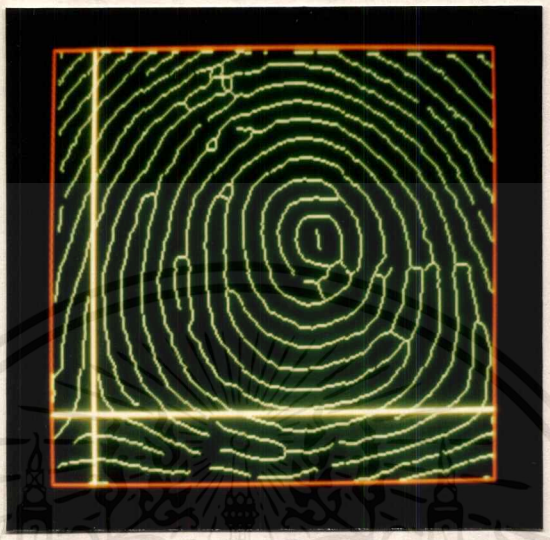
ภาพลายนิ้วมือต่อไปนี้ เป็นภาพลายนิ้วมือแบบต่างๆ ที่ผ่านขั้นตอนการหมุนภาพที่ได้ข้อมูลมาจากการหาจุดศูนย์กลางในแต่ละแบบของลายนิ้วมือที่ผ่านมา



รูปที่ 4.11 ภาพลายนิ้วมือแบบเส้นโค้ง (Arch)

รูปที่ 4.12 ภาพลายนิ้วมือแบบลูป (Loop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ภาพลายนิ้วมือแบบก้นหอย (Plain Whorl)

รูปที่ 4.14 ภาพลายนิ้วมือแบบรวม (Accidental)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัย

การทำ Postprocessing สามารถกำจัด และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากปริมาณน้ำหมึกที่ใช้พิมพ์ได้ในรูปแบบต่างๆ ที่พบโดยทั่วไป เช่น แบบลายเบอร์ แบบลายขาด แบบ Fork แบบ Bridge แบบสามเหลี่ยม แบบ Ladder และแบบ Loop ซึ่งยังมีลักษณะลายที่ผิดในรูปแบบอื่นๆ อีกที่ไม่สามารถกำจัด และแก้ไขได้เช่น กรณีที่ลายนิ้วมือขาดมีระยะห่างมากกว่าสองเท่าของระยะห่างระหว่างลายสองลายที่อยู่ข้างเคียงกัน หรือในกรณีที่หมึกเลอะมากทำให้ลายนิ้วมือมากกว่า 2 ลายที่อยู่ข้างเคียงกันมาสัมผัสกัน และกรณีที่เกิดลายเบอร์ช่วงปลายของลายนิ้วมือ (ลายเบอร์ใกล้จุดสิ้นสุดของลาย) จะมีโครงสร้างเหมือนกับลายแยกที่อยู่ช่วงขอบของภาพ ซึ่งรูปแบบข้อผิดพลาดดังกล่าวนี้ อาจมีวิธีการอื่น ๆ มาวิเคราะห์ เพื่อแก้ไขได้ และสามารถเพิ่มเติมเงื่อนไขลงในโปรแกรมได้ง่าย เนื่องจากการกำจัด และแก้ไขแต่ละรูปแบบในโปรแกรมแยกออกจากกัน และทำทีละรูปแบบ

ขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ขั้นตอนนี้ใช้ delta ของลายนิ้วมือเป็นหลัก ข้อดีก็คือ ลายนิ้วมือของคนทั่วไปนั้นจะมี delta อยู่อย่างน้อย 1 delta หรือ 2 delta (ยกเว้นแบบ plain arch ไม่มี delta) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการตรวจเช็คและไม่ต้องพิจารณาด้วยว่าลายนิ้วมือชนิดนั้นเป็นแบบชนิดใด ส่วนข้อเสียก็คือ ตำแหน่ง delta ของลายนิ้วมือนั้นจะมีตำแหน่งที่ไม่แน่นอน และในบางครั้งการสแกนหา delta อาจจะไม่พบเนื่องมาจาก ในการพิมพ์ลายนิ้วมือบางครั้งอาจทำให้ตำแหน่งของ delta อยู่ชิดขอบของภาพมากจนเกินไป ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลในการตรวจเช็คน้อยมาก

ส่วนขั้นตอนการหาจุดศูนย์กลางของ delta นั้น ในกรณีของลายภายในมีลักษณะเป็นทางแยก 3 ทาง เราจะใช้ทางแยกในแต่ละลายเป็นข้อมูลในการหาแกนหลักที่ต้องการ แต่ถ้าความยาวของทางแยกนั้นสั้นมากจะทำให้ข้อมูลของแกนหลักเกิดการผิดพลาดได้ ส่วนในกรณีของลายภายในไม่มีลักษณะเป็นทางแยก จะต้องทำการหาเส้นโค้งภายในก่อน เพื่อใช้ในการหาจุดศูนย์กลาง โดยการสร้างวงกลมสัมผัสส่วนโค้งภายใน ถ้าในการสแกนหา delta นั้น เกิดการหาส่วนโค้งภายในผิดพลาด จะทำให้จุดศูนย์กลางที่ได้เกิดการผิดพลาด และทำให้แกนหลักที่ได้เกิดการผิดพลาดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขั้นตอนการหมุนภาพของลายนิ้วมือ ข้อดีก็คือ ภาพลายนิ้วมือที่เข้ามาในแต่ละครั้งนั้น ในกรณีของคนเดียวกัน อาจจะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เท่ากัน และทิศทางของภาพแตกต่างกัน จึงทำให้ต้องผ่านขั้นตอนการหมุนภาพ ส่วนข้อเสียก็คือ ตำแหน่งจุดภาพเมื่อทำการหมุนภาพแล้ว อาจจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งทำให้ลายที่ได้นั้นเกิดการขาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงาน และปริญญานิพนธ์นี้มีอาจที่จะสำเร็จลงได้ตามวัตถุประสงค์ ถ้าขาดความร่วมมือและคำแนะนำต่าง ๆ ดังนั้นในนามของผู้จัดทำจึงต้องขอขอบคุณแก่ผู้ให้ความร่วมมือทุกฝ่าย อาทิ อาจารย์ เพื่อน ๆ ทุกคน ตลอดจนผู้ร่วมงานที่ได้ช่วยกันแก้ปัญหา และสุดท้าย คือ อาจารย์ เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือทุกด้านในการทำวิจัยครั้งนี้ และหวังว่าความดีที่ได้จากปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบกลับสู่ผู้ที่ให้ความร่วมมือ และกำลังใจทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] QINGHAN XIAO and HAZEM RAAFAT "Fingerprint Image Postprocessing: a Combined Statistical and structural Approach" IEEE Transaction on Pattern Recognition, Vol.24, No.10, April 1991, pp 985-992

[2] ปัญญา มินยง และ ธเนศ ศิริสันติสัมฤทธิ์ "ระบบจดจำลายนิ้วมือ" ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้