

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การค้นหาประวัติจากลายนิ้วมือ

AUTOMATED FINGERPRINT IDENTIFICATION SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรม
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATED FINGERPRINT IDENTIFICATION SYSTEM



MR. DECHA SIRIKULVIRIYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE MASTER OF
THE COMPUTER ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทการศึกษา 2459

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรื่อง

การค้นหาประวัติจากลายนิ้วมือ

AUTOMATED FINGERPRINT IDENTIFICATION SYSTEM

ผู้จัดทำ

นายเดชา ศิริกุลวิริยะ

รหัสประจำตัว

45010274



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การค้นหาประวัติจากลายนิ้วมือ
นักศึกษา	นายเดชา ศิริกุลวิริยะ
รหัสประจำตัว	45010274
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ครรชิต ไมตรี

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอกระบวนการในการใช้คอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบลายนิ้วมือ แทนการใช้มนุษย์เป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งกล่าวถึงความรู้พื้นฐานของลายนิ้วมือ ประเภทของลายนิ้วมือ ความรู้และทฤษฎีพื้นฐานในการปรับปรุงลายนิ้วมือ เช่น การปรับแสงสว่าง(Brightness), การปรับความแตกต่างแสง (Contrast Normalization), การแปลงภาพลายพิมพ์นิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) และความรู้และทฤษฎีของกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ซึ่งประกอบไปด้วยหลักการสำคัญคือ การกำหนดตำแหน่งจุดอ้างอิง(Reference Point Location) จากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ, การสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) รอบจุดอ้างอิงแบ่งออกเป็น sector, การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization), การกรองรูปลายนิ้วมือโดยใช้ gabor filter, การคำนวณหาค่า AAD (Average Absolute Deviation) เพื่อเก็บเป็นลักษณะเฉพาะ และการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance โดยได้ทำการทดลองโดยยึดตามมาตรฐาน IEEE เพื่อทำการศึกษาและปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Automated Fingerprint Identification System
Student	Mr.Decha Sirikulviriya
Student ID	45010274
Programme	Electrical Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kanchit Mitree

Abstract

This thesis was to present the investigation of finger prints by process used in computer instead of human. The scope of the study included general knowledge of finger prints, types of fingerprints, basic theory to develop finger prints such as Brightness, Contrast Normalization, Binarization, and the theory of process used in comparing finger prints by Filter-Bank style. The procedure of studying consisted of the principle of Reference point location from the center of finger prints, Tessellation around reference point which divided into sector, the Normalization, the Filter of finger prints by using Gabor filter, the calculation on AAD. (Average Absolute Deviation) for collecting the character of finger prints and the comparison of calculation on Duclidian distacnce style. The testing was used in IEEE standard for studying and developing

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ศรชิต ไมตรี ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาพร้อมให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบรรดาญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ที่ผลักดันและให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือข้าพเจ้าเสมอมา ขอขอบคุณพี่สาวที่อยู่เคียงข้างในวันที่ข้าพเจ้าท้อแท้สิ้นหวัง ขอกราบขอบคุณคุณยายที่ดูแลเลี้ยงดูข้าพเจ้ามาอย่างดี กราบขอบคุณพ่อที่ส่งเสียข้าพเจ้าเรียนมาโดยตลอดด้วยความยากลำบาก ถึงแม้ว่าพ่อก็จะไม่มีโอกาสได้อยู่ดูก็อยากให้พ่อได้รู้ว่าวันนี้สิ่งที่พ่อหวังไว้สำเร็จแล้ว

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณแม่ที่เลี้ยงดูด้วยความรักและความอดทน ทำให้ข้าพเจ้าที่เคยเสียศูนย์ไปหลังจากพ่อเสียชีวิตไป กลับมาเรียนอีกครั้งให้สำเร็จ เป็นพระคุณที่ล้นเหลือ ยากที่จะทดแทนได้หมด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เดชา ศิริกุลวิริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 ผลงานวิจัยและบทความที่นำมาศึกษา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4 แนวความคิดและหลักการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
บทที่ 2 ไปโอเมทริกและความรู้เบื้องต้นเรื่องลายนิ้วมือ.....	4
2.1 ไปโอเมทริก.....	4
2.1.1 คุณสมบัติของไปโอเมทริก.....	4
2.1.2 ประเภทของไปโอเมทริก.....	5
2.2 ความรู้เบื้องต้นเรื่องลายนิ้วมือ.....	6
2.3 การจำแนกลายนิ้วมือ.....	8
บทที่ 3 ความรู้และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือ.....	12
3.1 ความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือ.....	12
3.2 การเตรียมการเบื้องต้นก่อนทำปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ.....	12
3.2.1 การแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา.....	12
3.2.2 การปรับแสงสว่าง(Brightness).....	13
3.2.3 การปรับความแตกต่างแสง (Contrast Normalization).....	14
3.3 การแปลงภาพลายพิมพ์นิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ(Binarization).....	14
3.3.1 ค่าเฉลี่ย (Mean).....	16
3.3.2 มัธยฐาน(Median).....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.3 ฐานนิยม (Mode).....	17
3.4 การแปลงภาพลายพิมพ์นิ้วมือเป็นภาพสองระดับด้วยการดำเนินการเป็นส่วนๆ (Local Binarization).....	17
บทที่ 4 การทดลองเรื่องการแปลงภาพลายนิ้วมือจากระดับเทาเป็นภาพสองระดับ.....	20
4.1 การปรับค่าความสว่าง (Brightness Normalization).....	22
4.2 การปรับความแตกต่างแสง(Contrast Normalization).....	24
4.3 การปรับปรุงการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพแบบสองระดับ (Binarization).....	27
4.3.1 การทำการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าเทรชโวลต์โดยอัตโนมัติด้วยค่าสถิติ ต่างๆโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรชโวลต์เดียวกัน (Global Binarization).....	27
4.3.2 การหาค่าเทรชโวลต์โดยอัตโนมัติด้วยค่าสถิติต่างๆโดยการแปลงภาพ ลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรชโวลต์เดียวกัน (Global Binarization) กับภาพที่แรงกदनิ้วมือ ในภาพต่างกัน.....	29
4.4 การหาค่าเทรชโวลต์โดยอัตโนมัติโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วย เทรชโวลต์ในแต่ละส่วน (Local Binarization).....	30
4.5 การหาความหนาของลายเส้นนิ้วมือเพื่อทำการกำหนดขนาดหน้าต่างแบ่งส่วน.....	33
4.6 การแก้ปัญหากรณีส่วนแบ่งบางส่วนมีค่าเทรชโวลต์มีค่าเอียงไประดับเทาด้านหนึ่ง มากเกินไป.....	35
บทที่ 5 ความรู้และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเปรียบเทียบ ลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank.....	38
5.1 กระบวนการรับข้อมูลรูปภาพ.....	39
5.2 กระบวนการหาจุดศูนย์กลาง (Core Point) ของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง (reference point).....	39
5.3 กระบวนการสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation).....	44
5.4 การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization).....	45
5.5 การกรองรูปลายนิ้วมือโดยใช้ gabor filter.....	46
5.6 ทำการคำนวณหาค่า AAD (Average Absolute Deviation).....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.7 ทำการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance.....	47
บทที่ 6 การทดลองระบบเปรียบเทียบหลายนิ้วมือ.....	49
6.1 การเตรียมกระบวนการ.....	49
6.2 รูปแบบโปรแกรม.....	49
6.3 การทดลอง.....	53
6.3.1 การทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 1 ลายในฐานข้อมูล(ไม่มีซ้ำ).....	53
6.3.2 การทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 3 ลายในฐานข้อมูล(ไม่มีซ้ำ).....	55
6.4 สรุปการทดลอง.....	58
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการพัฒนา.....	61
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
7.2 การพิจารณาการทดลอง.....	62
7.3 แนวทางในการพัฒนา.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบส่วนดีและส่วนเสียระหว่าง โบไอเมทริก และ รหัสแบบพื้นฐาน.....	6
2.2 รูปแบบประเภทของลายนิ้วมือ.....	9
6.1 แสดงผลการทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 1 ลายในฐานข้อมูล.....	53
6.2 แสดงผลการทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 3 ลายในฐานข้อมูล.....	55
6.3 แสดงค่า False Acceptance และ False Reject Rates สำหรับการกำหนดค่า threshold ที่ต่างกันในฐานข้อมูลชื่อ MSU_DBI.....	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพของ biometrics รูปแบบต่างๆ.....	5
2.2 แสดงลักษณะของเส้นขอบ.....	7
2.3 แสดงตำแหน่งของสันคอดน.....	7
2.4 แสดงลักษณะจุดไจกลาง.....	8
2.5 แสดงลักษณะของลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน.....	8
3.1 แสดงการเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา.....	13
3.2 แสดงขนาดพื้นที่ที่ใช้หาค่าเทรซโซลด์และการเหลื่อมกันในการเลือกรอบไปยังส่วนอื่น.....	18
4.1 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป.....	20
4.2 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 2 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป.....	20
4.3 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป.....	21
4.4 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 4 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป.....	21
4.5 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ.....	22
4.6 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการเพิ่มค่าความสว่าง 20 ระดับเทาพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ.....	22
4.7 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการลดค่าความสว่าง 20 ระดับเทาพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ.....	23
4.8 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการเพิ่มค่าความสว่าง 70 ระดับเทาพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ.....	23
4.9 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการลดค่าความสว่าง 70 ระดับเทาพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ.....	23
4.10 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนการทำ Histogram Equalization.....	24
4.11 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 พร้อมฮิสโตแกรม หลังทำ Histogram Equalization.....	25
4.12 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 2 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนทำ Histogram Equalization.....	25
4.13 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 2 พร้อมฮิสโตแกรม หลังทำ Histogram Equalization.....	25
4.14 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนทำ Histogram Equalization.....	26
4.15 แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 พร้อมฮิสโตแกรม หลังทำ Histogram Equalization.....	26
4.16 แสดงถึงภาพลายนิ้วมือทำการหาค่าเทรซโซลด์ทั้งภาพโดยวิธีต่างๆ.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.17 แสดงฮิสโตแกรมของภาพที่ใช้ฐานนิยมในการหาค่าเทรชโวลต์ซึ่งไม่มีความสมดุล.....	28
4.18 แสดงถึงภาพลายนิ้วมือทำการหาค่าเทรชโวลต์ทั้งภาพที่แรงกदनิ้วมือในภาพต่างกันโดยวิธีต่าง ๆ.....	29
4.19 แสดงถึงภาพลายนิ้วมือที่มีแรงกตไม่เท่ากันที่ผ่านการแปลงเป็นภาพสองระดับหลายวิธี...30	30
4.20 แสดงถึงการสุ่มตามแนวนอนเพื่อหาความถี่ของความหนาเส้นลายนิ้วมือ.....	33
4.21 ภาพส่วนหนึ่งจากหน้าต่างแบ่งส่วนที่มีขนาดเล็กเกินไป(เท่ากับความหนาเส้น 5x5).....	34
4.22 ภาพส่วนหนึ่งจากหน้าต่างแบ่งส่วนที่มีขนาดพอดี(4 เท่าความหนาเส้น = 20x20).....	34
4.23 แสดงภาพต้นแบบและส่วนของภาพที่มีปัญหากรณีมีค่าเทรชโวลต์เฉพาะส่วนเอียงไปทางฝั่งขวามากเกินไป.....	35
4.24 แสดงผลทำทดลองโดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ.....	36
4.25 แสดงตำแหน่งปัญหาจากผลของการทดลองโดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ.....	36
4.26 แสดงแนวความคิดการแก้ปัญหกรณีนี้ส่วนแบ่งบางส่วนมีค่าเทรชโวลต์มีค่าเอียงไประดับเทาด้านหนึ่งมากเกินไป.....	37
4.27 แสดงผลลัพธ์ของการการแก้ไขปัญหาจากผลของการทดลองโดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ.....	37
5.1 แผนผังการดำเนินงาน.....	38
5.2 การคำนวณจุดกำหนดสำคัญ.....	40
5.3 ขอบเขตของการอินทิเกรตความหนาแน่นต่างๆของ ϵ pixel สำหรับ $A(i,j)$	42
5.4 ตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมตำแหน่งจุดอ้างอิง.....	43
5.5 แสดงการแบ่งส่วนออกเป็น sector จากจำนวนรอบและองศาที่แบ่งตัด.....	45
6.1 โปรแกรมส่วน Admin.....	49
6.2 ส่วนของการเลือกภาพ.....	50
6.3 โปรแกรมแสดงภาพลายนิ้วมือต้นฉบับที่รับเข้ามา และทำการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง.....	50
6.4 ทำการ crop ภาพจากจุดศูนย์กลางออกไป เป็นพื้นที่ 175x175 พิกเซลและทำการ normalization ภาพ.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นบนเว็บไซต์สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.5 ทำการ gabor filter ด้วยองศา 8 ส่วนใน 180 องศา คือ $0^{\circ}, 22.5^{\circ}, 45^{\circ}, 67.5^{\circ}, 90^{\circ}, 112.5^{\circ}, 135^{\circ}$	51
6.6 การนำค่า fingercode เก็บไว้ในฐานข้อมูล.....	52
6.7 โปรแกรมส่วน User.....	53
6.8 โปรแกรมส่วน Admin ที่รับลายนิ้วมือเดียวกันแต่ต่างครั้งที่พิมพ์พร้อมกัน 3 ลายนิ้วมือ.....	55
6.9 แสดงภาพต้นแบบและภาพที่แสดงจุดกึ่งกลางที่หาได้.....	58
6.10 แสดงภาพต้นแบบและภาพที่แสดงจุดกึ่งกลางที่หาได้จากลายนิ้วมือเดียวกันกับภาพที่ 6.9 แต่ต่างครั้งที่พิมพ์ซึ่งได้จุดศูนย์กลางคลาดเคลื่อนกันมาก.....	59
6.11 แสดงภาพลายนิ้วมือที่มีจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือลายนิ้วมือที่อยู่ขอบภาพมากเกินไป.....	59
7.1 แสดงหน้าจอของโปรแกรมส่วน Admin ที่มีการเพิ่มการกรอกข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือ...63	
7.2 แสดงหน้าจอของโปรแกรมส่วน User ที่มีการแสดงข้อมูลเจ้าของลายนิ้วมือเพิ่มเติมมา.....64	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ลายนิ้วมือเป็นสิ่งที่มือผู้ติดตัวของมนุษย์ทุกคนซึ่งแต่ละคนนั้นต่างมีลักษณะของลายนิ้วมือที่มองดูผิวเผินอาจจะคล้ายกันแต่ความจริงแล้วไม่ซ้ำกันเลย จึงถือว่าลายนิ้วมือเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ด้วยแนวความคิดนี้ลายนิ้วมือจึงถูกนำมาใช้ในการระบุตัวบุคคล (Verification) โดยเฉพาะงานของตำรวจด้านคดีอาชญากรรม มักจะเก็บลายนิ้วมือจากที่เกิดเหตุมาทำการตรวจเทียบกับลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยหรือผู้ที่มีประวัติอาชญากรรม เพื่อหาผู้กระทำผิดหรือผู้เกี่ยวข้องเพื่อความก้าวหน้าของคดี โดยในสมัยก่อนนั้นกระบวนการในการตรวจสอบจะต้องให้ผู้เชี่ยวชาญด้านลายนิ้วมือโดยเฉพาะมาทำการตรวจเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งถือเป็นงานที่ยุ่งยาก เพราะต้องใช้ความเข้าใจที่ซับซ้อน และความละเอียดในการพิจารณา เพราะถือเป็นข้อมูลที่มีน้ำหนักสูงในการพิจารณาคดี จึงไม่ควรมีความผิดพลาด เพราะอาจนำไปสู่การจับกุมผู้กระทำผิดผิดคน

การตรวจสอบนอกจากต้องการความละเอียดแล้ว ยังต้องใช้ทรัพยากรเครื่องมือ เวลา และจำนวนคนเป็นจำนวนมากเพื่อรองรับจำนวนคดีในการก่ออาชญากรรมที่เพิ่มขึ้นและจำนวนลายนิ้วมือมากมายที่จะทำการตรวจเทียบ สำหรับผู้ตรวจสอบแล้วถือเป็นงานที่ยากและน่าเบื่อหน่าย ความเหนื่อยและสมาธิที่ลดลงอาจทำให้การตรวจสอบไม่มีคุณภาพ การตัดสินใจจึงล่าช้าเกิดปัญหามากมาย

แต่ในปัจจุบันเมื่อวิวัฒนาการของโลกเข้ามาสู่ยุคคอมพิวเตอร์ ที่คอมพิวเตอร์มีส่วนมาช่วยทำงานแทนมนุษย์เพราะหุ่นยนต์มีความเที่ยงตรงและรวดเร็วในการทำงานสูง ไม่มีความรู้สึกเหนื่อย อ่อนเพลียหรือเบื่อหน่าย ซึ่งในกระบวนการตรวจสอบลายนิ้วมือนี้คอมพิวเตอร์ก็มีส่วนมาช่วยทุ่นแรงให้กับผู้ตรวจสอบ ให้เหลือหน้าที่มาตรวจเทียบกลุ่มลายนิ้วมือที่คอมพิวเตอร์เลือกขึ้นมาจากฐานข้อมูลอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการยืนยันซึ่งมีจำนวนน้อยกว่ามาก โดยคอมพิวเตอร์จะมีความถูกต้องและช่วยผ่อนแรงได้แค่ไหนก็ขึ้นกับแนวความคิดและกระบวนการในการพิสูจน์ลายนิ้วมือของคอมพิวเตอร์

กระบวนการทำงาน วิเคราะห์มาจากการทำงานของคน โดยทั่วไปมีขั้นตอนดังนี้

- การเตรียมการก่อนดำเนินการ (Preprocessing)
- การตัดทอนเพื่อดึงเฉพาะข้อมูลสำคัญที่ต้องการงาน (Feature Extraction)
- การตรวจเทียบ (Matching) เพื่อยืนยันตัวบุคคล (Identification) หรือระบุตัวบุคคล (Verification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผลงานวิจัยและบทความที่นำมาศึกษา

เป็นผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบลายนิ้วมืออัตโนมัติซึ่งมีดังนี้คือ

1.2.1 ผลงานวิจัยของ ร้อยตำรวจเอก อุกฤษฏ์ ศรีเสื่อขาม เรื่อง “การประมวลผลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ” ซึ่งนำเสนอความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ ทฤษฎีจุดลักษณะเฉพาะ ความรู้และอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพเบื้องต้นเพื่อให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเหมาะสมในการตรวจเทียบ พร้อมผลการทดลอง

1.2.2 ผลงานวิจัยของ นายเกรียงไกร ไชวเจริญสุข และ รศ.ดร. ครรชิต ไมตรี (อาจารย์ที่ปรึกษา) เรื่อง “ระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้โครงข่ายนิรวลเพื่อประโยชน์การนำมาควบคุมอุปกรณ์” ซึ่งนำเสนอการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้อิสโตแกรม ความรู้เกี่ยวกับโครงข่ายนิรวล การสร้างฮิสโตแกรมทิศทาง เรียนรู้จุดจำและวิธีตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิรวล การทดลองระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ

1.2.3 บทความการวิจัยของ นายเกรียงไกร ไชวเจริญสุข และ รศ.ดร. ครรชิต ไมตรี (อาจารย์ที่ปรึกษา) เรื่อง “การประมวลผลลายนิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ” ซึ่งนำเสนอความรู้เบื้องต้นในการประมวลผลภาพเพื่อให้ภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเหมาะสมในการตรวจเทียบ

1.2.4 Anil K. Jain, *Fellow*, “Filterbank-Based Fingerprint Matching”, *IEEE*, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ในปีการศึกษา 2549 ภาคเรียนที่ 1 เป็นส่วนของการทดลองอัลกอริทึมทางการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการปรับปรุงภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ได้จากการนำเข้าของอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยลดขนาดข้อมูลให้น้อยลงเหลือไว้เฉพาะข้อมูลที่จำเป็น โดยทำการศึกษาวิธีการต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้ต่อไป

ส่วนที่ 2 ในปีการศึกษา 2549 ภาคเรียนที่ 2 เป็นส่วนที่ต่อจากส่วนแรกที่นำภาพพิมพ์ลายนิ้วมือที่ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมแล้ว นำมาหาลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือ ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า filterbank โดยมีการหาจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) และแบ่งเป็นส่วน (sector) ทำ normalization เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องแรงกด แล้วใช้ gabor filter ในการกรองข้อมูลลักษณะพิเศษ และคำนวณค่า AAD ให้ในแต่ละ sector และทำการเปรียบเทียบค่าของสองลายนิ้วมือโดยใช้ Euclidian distance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. 4 แนวความคิดและหลักการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้

ภาพลายนิ้วมือที่นำมาใช้ตรวจสอบอาจจะไม่เหมาะสมหรือคุณภาพไม่เพียงพอที่ต่อการนำไปใช้ในกระบวนการหาจุดลักษณะเฉพาะและทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือทันที เพราะภาพลายนิ้วมือที่ได้มาจากอุปกรณ์นำเข้าต่างๆ หรือภาพลายนิ้วมือที่ได้จากแผ่นพิมพ์ลายนิ้วมืออาจมีข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ แต่โดยส่วนมากมักจะมาจากการไม่เข้าใจในวิธีการแนบลายนิ้วมือของบุคคลทั่วไป ลายนิ้วมือบางแบบเป็นลายนิ้วมือที่ได้มาจากที่เกิดเหตุอาชญากรรมซึ่งมักจะเป็นลายมือที่ไม่สมบูรณ์เพราะเป็นลายนิ้วมือที่ไม่ได้ตั้งใจให้เกิด ทำอย่างไรถึงจะทำให้ลายมือเหล่านี้มีคุณภาพที่ดีขึ้นพอที่จะมาทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือได้ นั่นคือต้องทำการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการทาง Image Processing ในการขจัดสัญญาณรบกวนในภาพ (Noise) เช่นจุดเปื้อนในภาพที่เกิดจากแรงกดที่มากเกินไป หรือจุดว่างที่ในลายเส้นนิ้ว (หากเป็นหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือคือจุดขาวในลายเส้นดำ) ภาพอาจจะมืด มืดหรือสว่างเกินไป ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการปรับค่าความแตกต่างแสงของภาพ (Contrast) เพื่อเพิ่มความคมชัด และปรับค่าความสว่าง (Brightness) แล้วค่อยนำไปเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) เพื่อลดขนาดของภาพและเก็บแต่ข้อมูลที่จำเป็น จากนั้นก็มาผ่านกระบวนการเพื่อดึงลักษณะเฉพาะมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยผ่านกระบวนการหาจุดศูนย์กลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการกำหนดพื้นที่เป็นวงกลมรอบจุดศูนย์กลางเพื่อใช้ข้อมูลเฉพาะส่วนนั้นแทนรูปลายนิ้วมือทั้งรูป ทำให้พื้นที่ที่ใช้ในแต่ละลายนิ้วมือมีเท่ากัน ทำการทำให้ภาพเรียบโดยภาพ low-pass filter ทำการ Normalization และกรองโดยใช้ gabor filter และคำนวณค่า AAD ให้ในแต่ละ sector และทำการเปรียบเทียบค่าโดยใช้ Euclidian distance

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการศึกษาการประมวลผลภาพ (Image Processing) ให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป ซึ่งจะทำการทดลองเพื่อดูข้อดี ข้อเสียในแต่ละวิธีและหาทางประยุกต์หรือเลือกนำมาใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ภาพลายพิมพ์นิ้วมือที่ดีขึ้น

ศึกษาตามทฤษฎี "Filterbank-Based Fingerprint Matching" ของ Anil K. Jain, *Fellow* ซึ่งได้รับมาตรฐานของ IEEE มาใช้ในการศึกษาและเขียนโปรแกรม

บทที่ 2

ไบโอเมทริกและความรู้เบื้องต้นเรื่องลายนิ้วมือ

2.1 ไบโอเมทริก

การยืนยันตัวตนบุคคลมีไว้สำหรับการตรวจสอบเพื่อทำการเข้าถึงสิ่งที่สำคัญที่ทำการป้องกันไว้ โดยการยืนยันตัวตนบุคคลมักเป็นข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น รหัสอักษร คีย์การ์ด และแม่กระทั่ง ข้อมูลที่มาจากตัวมนุษย์เอง นั่นคือ ข้อมูลทางชีวภาพ (Biometrics) โดยไบโอเมทริก คือข้อมูลวิทยาศาสตร์เชิงชีวภาพที่เป็นเอกลักษณ์ในแต่ละบุคคล ติดตัวอยู่กับบุคคลนั้นเสมอ ดังนั้นไบโอเมทริกจึงมักถูกใช้ในยืนยันตัวตนบุคคล (identification) ในการป้องกันภัยระดับสูง นอกจากนี้ไบโอเมทริกยังใช้ในการตรวจสอบระบุตัวตนบุคคล (verification) เพื่อหาผู้กระทำผิดด้านอาชญากรรม

2.1.1 คุณลักษณะของไบโอเมทริก

1. เป็นข้อมูลที่เกิดจากตัวบุคคลนั้นเองจึงไม่สามารถปฏิเสธได้

ด้านอาชญากรรม ผู้กระทำผิดได้แย้งหลักฐานประเภทอื่น เนื่องจากเป็นหลักฐาน ไม่มีน้ำหนัก แต่ไบโอเมทริก เป็นข้อมูลที่ผู้กระทำผิดไม่สามารถปฏิเสธได้ เนื่องจากข้อมูลมีเอกลักษณ์ที่มีเฉพาะบุคคลนั้น ๆ ไม่มีบุคคลใดมีเหมือนอีก เนื่องจากไบโอเมทริกเป็นหลักฐานที่ไม่โกหก จึงได้รับความเชื่อถือสูงในการพิจารณาคดี

2. เป็นข้อมูลที่มีและความปลอดภัย

การยืนยันตัวตนบุคคลในด้านความปลอดภัย แม้ว่ารหัสผ่านจะเป็นข้อมูลที่จดจำในสมอง แต่การใช้รหัสผ่านหรือคีย์การ์ดอย่างเดียวง่ายต่อการทำสำเนา เช่นการมองเห็นการกดรหัสผ่านหรือลักลอบดักสัญญาณข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตและทำถูกถอดรหัสผ่านออกมา แต่ไบโอเมทริกเป็นหลักฐานที่ไม่โกหกซึ่งได้รับความเชื่อถือสูงในการพิจารณาคดี ถือเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถทำสำเนาหรือยืมกันได้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ต้องพกพาเพราะติดตัวอยู่เสมอและไม่ต้องจดจำเหมือนรหัสผ่านที่เป็นอักษร หากนำมาใช้ผสมรวมกัน จะทำให้การปลอมแปลงรหัสมีความหลากหลาย ทำให้ยากต่อการที่บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตจะเข้าถึงสิ่งที่ป้องกัน (แม้ปัจจุบันจะมีเทคโนโลยีในการปลอมแปลง แต่ยังถือว่าเป็นการช่วยระดับเพิ่มความปลอดภัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นข้อมูลที่ใช้การตรวจสอบ

หลักฐานในการยืนยันตัวอื่นๆ ได้อาจทำการปลอมแปลง เช่น ผู้ก่อการร้ายหรือบุคคลต่างด้าวที่ลักลอบเข้าประเทศ ทำการปลอมใบผ่านเข้าประเทศ ซึ่งเมื่อตรวจสอบแล้วปรากฏว่าผ่านการตรวจสอบ แต่ไม่ผ่านการตรวจสอบข้อมูลชีวภาพอยู่ในฐานข้อมูลซึ่งตรวจพบว่าบุคคลนั้นแท้จริงเป็นใคร นอกจากนั้นไบโอเมทริกยังเป็นหลักฐานที่หลงเหลือในที่เกิดเหตุซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อระบุตัวหาผู้กระทำผิดได้

2.1.2 ประเภทของไบโอเมทริก

ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลทางชีวภาพในเชิงกายภาพ

เป็นข้อมูลหน่วยการวัดมาตรฐานทางกายภาพ เช่น ลักษณะของใบหน้า(face), ลายพิมพ์นิ้วมือ (fingerprint), สแกนม่านตา(iris-scans), ลักษณะทางเรขาคณิตของมือ(hand geometry) เป็นต้น

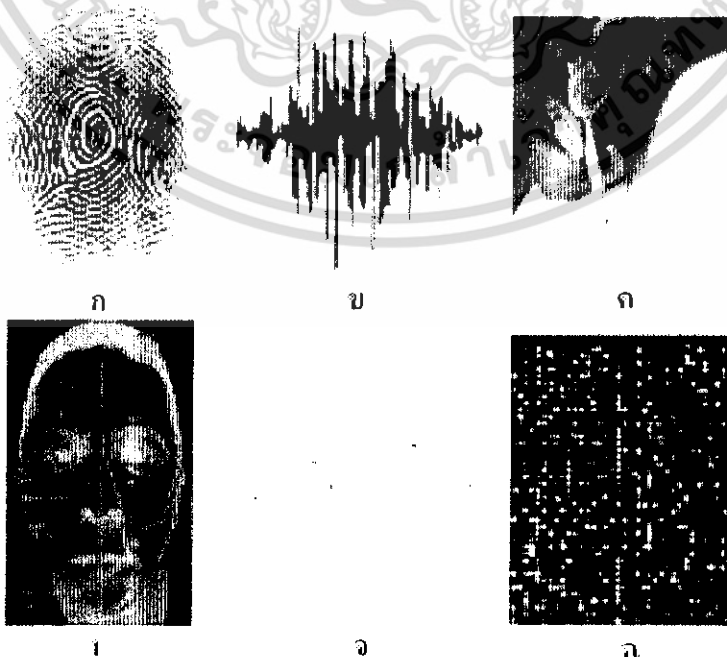
2. ข้อมูลทางชีวภาพในเชิงพฤติกรรม

เป็นข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมของบุคคลนั้นๆ ในระยะหนึ่ง โดยการวัดค่าจำเป็นต้องให้ผู้ถูกตรวจวัดแสดงพฤติกรรมนั้นๆ ออกมา เช่น เสียงพูด(speech), ลายมือชื่อ(signature), ท่าทางการเดิน(gait), จังหวะของการเคลื่อนไหว(keystroke dynamics) เป็นต้น

3. ข้อมูลทางชีวภาพในเชิงเคมี

เป็นข้อมูลของสารเคมีในร่างกาย เช่น กลิ่น, ส่วนประกอบต่างๆ ในเหงื่อ, รหัสทางพันธุกรรม (DNA)

ภาพที่ 2.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพของ biometrics รูปแบบต่างๆ : (ก) ลายพิมพ์นิ้วมือ(fingerprint), (ข) เสียงพูด(speech), (ค) ลายมือชื่อ(signature) , (ง) ลักษณะของใบหน้า(face), (จ) ลักษณะทางเรขาคณิตของมือ(hand geometry), (ฉ) ข้อมูลทางชีวภาพในเชิงเคมี

ตารางที่ 2.1

ไบโอเมทริก	รหัสแบบพื้นฐาน
อาศัยข้อมูลจากการวัดค่าจากร่างกายหรือพฤติกรรม	อาศัยข้อมูลบางอย่างที่ผู้ที่มีสิทธิ์เท่านั้นถึงจะ "มี" หรือ "รู้"
ตัวยืนยันคือ "ผู้ใช้"	ตัวยืนยันคือ "รหัสผ่าน" หรือ "คีย์" ชนิดต่างๆ
อยู่กับผู้ใช้อย่างถาวร	มีสิทธิ์ที่จะถูกยืม ลืม ทำหายหรือถูกขโมย
มีความไม่แน่นอน(ขึ้นอยู่กับขั้นตอน)	มีความแน่นอนสูง
มักใช้ในลักษณะของการตรวจเปรียบเทียบ	ใช้ในการยืนยันสิทธิ์หรือตัวบุคคลเท่านั้น

การเปรียบเทียบส่วนดีและส่วนเสียระหว่าง ไบโอเมทริก และ รหัสแบบพื้นฐาน

2.2 ความรู้เบื้องต้นเรื่องลายนิ้วมือ[1]

ลายนิ้วมือถือเป็นไบโอเมทริกประเภทหนึ่งที่นิยมเอามาใช้เมื่อเปรียบเทียบกับไบโอเมทริกประเภทอื่น อย่างเมื่อเราคิดถึงหลักฐานของการสืบสวน เรามักจะคิดถึงรอยลายนิ้วมือที่มีอยู่บริเวณที่เกิดเหตุหรือจากอุปกรณ์ในการก่ออาชญากรรม หรือคิดถึงอุปกรณ์ทางไบโอเมทริกที่มีขายตามท้องตลาด อุปกรณ์ตรวจสอบลายนิ้วมือก็เป็นที่ยอมรับ มีสินค้าหลากหลายประเภท หลายระดับ หลายราคา ให้เลือกซื้อตามความเหมาะสม สาเหตุที่ลายนิ้วมือเป็นไบโอเมทริกที่ได้รับความนิยมมีสาเหตุดังนี้

- เป็นไบโอเมทริกแรกที่ถูกคิดค้นและนำมาใช้ได้จริง(ตั้งแต่ยังไม่มีคอมพิวเตอร์)
- หลักการเข้าใจง่ายไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับไบโอเมทริกประเภทอื่น
- อุปกรณ์ขั้นพื้นฐาน หาง่าย ราคาไม่แพง และเทคโนโลยีที่ใช้ก็ไม่สูงมาก
- เป็นหลักฐานที่มักพบในที่เกิดเหตุ
- เป็นข้อมูลมาตรฐานของประชาชนทุกคนที่มีบัตรประชาชน

ลายนิ้วมือประกอบด้วยเส้นสองลักษณะคือ

1. เส้นนูน (Ridges) คือ เส้นที่เป็นรอยนูนเหนือส่วนผิวหนังชั้นนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เส้นร่อง (Furrows) คือ ส่วนลึกที่ไม่เกิดการงูน อยู่ในระดับต่ำกว่าเส้นงูน

หากเรามองดูที่นิ้วมือของเราจะเห็นเส้นงูนเป็นเส้นขาวที่งูนขึ้นมา ส่วนเส้นร่องเป็นเส้นที่มีสีผิวหนึ่ง โดยหากเรากดนิ้วมือลงไปใต้น้ำหมึกส่วนที่งูนจะสัมผัสหมึกพิมพ์ ส่วนร่องจะไม่สัมผัสหมึกเพราะอยู่ลึกกว่า เมื่อประทับลงไปจะปรากฏลายเส้นสีดำของเส้นงูน และส่วนว่างที่เป็นสีกระดาษ(สีขาว) ถึงแม้ลายนิ้วมือของแต่ละคนจะไม่ซ้ำกัน แต่ก็ส่วนประกอบคล้ายคลึงกันอยู่ 4 ข้อด้วยกันคือ

1. เส้นขอบ (Type Line) คือเส้นคู่ขนานในสุดจากด้านหนึ่งของลายนิ้วมือ ซึ่งได้ขนานกันมาช่วงหนึ่งแล้วแยกออกเพื่อทำการโอบล้อมพื้นที่ลายนิ้วมือที่อยู่ภายในแล้วอาจกลับมาขนานกันอีกครั้งด้านหนึ่งหรือแยกออกจากกัน



2. เส้นดอน (Delta) คือ ลายเส้นในลายนิ้วมือที่อยู่ใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางปากทางแยกของเส้นขอบ



1. จุด

2. เส้นแตก

3. ปลายเส้น



4. เส้นหักมุม



5. จุดใดจุดหนึ่งบนเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตำแหน่งของสันดอน

3. จุดใจกลาง (Core) คือ จุดใดจุดบนปลายเส้น บนบ่า หรือไหล่ของเส้นวกกลับวงในสุดโดยต้องอยู่ในบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

ภาพที่ 2.4



แสดงลักษณะจุดใจกลาง

4. บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area) คือพื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อม

ภาพที่ 2.5



แสดงลักษณะของลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

2.3 การจำแนกลายนิ้วมือ

การแบ่งประเภทของลายนิ้วมือ (Fingerprint Classification) จะแบ่งลายนิ้วมือออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะเด่นของเส้นโดยรวม (Global Feature) เพื่อลดเวลาในการค้นหาโดย FBI (The Federal Bureau Of Investigation) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แบ่งลักษณะของลายนิ้วมือออกเป็น 8 รูปแบบ ดังตารางที่ 2


ลายนิ้วมือของบุคคลบางรายอาจมีลักษณะพิเศษซึ่งน้อยมากที่จะมีลายเส้นแบบนี้ คือ เส้นเกือกม้าหรือเส้นวกกลับ คือ เส้นที่วิ่งหรือไหลเข้าไปในบริเวณภายในของลายนิ้วมือ ซึ่งอยู่หน้าสันดอนเข้าไปแล้วโค้งกลับมาหรือวกกลับมาทางเดียวกับที่วิ่งหรือไหลเข้าไปและจำแนกออกไป ดังนี้ เส้นวกกลับเพียงเส้นเดียว, เส้นวกกลับหลายเส้น และไม่มีเส้นวกกลับเลย

จากรูปแบบลายนิ้วมืองดงสรุปไว้ในตารางที่ 2 พบว่าลายนิ้วมือของมนุษย์ส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบ Loop ซึ่งพบประมาณ 65% ของรูปแบบทั้งหมด รูปแบบ Whorl ประมาณ 30% รูปแบบ Arch และ Tented Arch รวมกัน ประมาณ 5% ส่วนรูปแบบที่พบมากที่สุดคือ รูปแบบ Left Loop

ตารางที่ 2.2

ประเภทลายนิ้วมือ	คำอธิบายลายนิ้วมือ
 <p>มัดหวายปิดขวา (Right Loop)</p>	<p>มัดหวายปิดขวา (Right Loop) เป็น ลายนิ้วมือแบบมัดหวาย ซึ่งมีอยู่ประมาณ 65% ของลายนิ้วมือมนุษย์ ซึ่งมากกว่าลายนิ้วมือชนิดอื่น ๆ กฎของการเป็นมัดหวาย คือ ต้องมีสันตอนข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียว มีเส้นวกกลับที่เห็นได้ชัดอย่างน้อยหนึ่งรูป ต้องมีจุดใจกลางและต้องนับเส้นจากจุดสันตอนไปถึงจุดใจกลางได้อย่างน้อย 1 เส้น โดยเส้นที่นับนี้ต้องเป็นเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น ดังนั้นมัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือบมาปิดปลายไปทางมือขวาหรือ ด้านขวามือ เรียกว่า มัดหวายปิดขวา</p>
 <p>มัดหวายปิดซ้าย (Left Loop)</p>	<p>มัดหวายปิดซ้าย (Left Loop) หมายถึง มัดหวายรูปใดที่มีปลายเส้นเกือบมาปิดปลายไปทางมือซ้าย หรือทางด้านซ้าย เรียกว่า มัดหวายปิดซ้าย</p>
	<p>มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝด (Double Loop) คือ ลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มากอดหรือมากล้ำกันเป็นลายนิ้วมือที่มีสันตอน 2 สันตอน, โดยที่รูปมัดหวาย 2 รูปไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝด (Double Loop)</p>	
 <p>ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central Pocket Loop)</p>	<p>ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central Pocket Loop) คือ ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา แต่ผิดกันตรงที่ลากเส้นสมมุติจากสันดอนหนึ่งไปยังสันดอนหนึ่ง เส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจรถูกุดอนใน</p>
 <p>โค้งราบ (Plain Arch)</p>	<p>โค้งราบ (Plain Arch) คือ ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือที่ตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่งแล้ววิ่งหรือไหลไปอีกข้างหนึ่ง ลักษณะลายเส้นโค้งง่าย ไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุมแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง หรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง</p>
 <p>โค้งกระโจม (Tented Arch)</p>	<p>โค้งกระโจม (Tented Arch) คือ ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือชนิดโค้งราบ แต่แตกต่างจากโค้งราบทั่วไป อาทิเช่น มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ตรงกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือเส้นหนึ่ง หรือมากกว่า เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือ มีเส้นสองเส้นมาพบบันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก</p>
	<p>ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl) คือ ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจรรวมทั้งนิ้วมีลักษณะเหมือนลานนาฬิกา เหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม หรือลักษณะอื่นๆ</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 <p>ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl)</p>	
 <p>จับซ้อน (Accidental)</p>	<p>จับซ้อน (Accidental) คือ ลายนิ้วมือที่ไม่เหมือนลายนิ้วมือชนิดอื่น ๆ มีลักษณะพิเศษเห็นได้ง่าย ไม่จัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดหนึ่งชนิดใด โดยเฉพาะ เป็นลายนิ้วมือที่ประกอบด้วยลายนิ้วมือ 2 แบบมาผสมกัน และมีสันคอน 2 สันคอน หรือมากกว่า</p>

รูปแบบประเภทของลายนิ้วมือ

กระบวนการนำเข้าลายนิ้วมือ กระบวนการเริ่มต้นสำหรับเก็บลายนิ้วมือเพื่อนำมาใช้งาน มีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งสามารถแยกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือแบบออฟไลน์ และแบบออนไลน์ ซึ่งแบบออฟไลน์จะใช้หมึกพิมพ์ สำหรับเก็บลายนิ้วมือ ซึ่งลักษณะการพิมพ์ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 3 อย่าง คือ แบบโรล (Rolled), แดป (Dab) และลาเทนท์ (Latent) ในแบบโรล จะใช้การพิมพ์นิ้วโดยเริ่มต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่งกลิ้งนิ้วไปยังขอบเล็บอีกด้านหนึ่ง จากนั้นจึงนำกระดาษที่มีลายพิมพ์นิ้วไปสแกนด้วยเครื่องสแกนแบบเกย์สเกล ซึ่งรูปที่ได้ออกมานั้นจะมีบริเวณเส้นนูนและเส้นร่องที่ใหญ่ เนื่องมาจากกระบวนการกลิ้ง ส่วนในการพิมพ์แบบแดปนั้น จะใช้วิธีการกดนิ้วลงบนกระดาษเพียงครั้งเดียวเลยโดยไม่ต้องทำการกลิ้งนิ้ว จากนั้นจะนำไปสแกนเป็นภาพดิจิทัล รูปที่ได้จะมีลายนิ้วขนาดเล็กกว่าแบบโรล และแบบสุดท้ายคือ แบบลาเทนท์ คือการแตะนิ้วมือลงบนพื้นผิวใด ๆ และทิ้งรอยเอาไว้ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์หรือนิติวิทยาใช้กันมากในการพิสูจน์หลักฐาน ส่วนแบบออนไลน์ จะใช้วิธีการสแกน สแกนลายนิ้วมือด้วยเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อบันทึกลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ความรู้และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง ในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือ

3.1 ความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือ

โดยทั่วไปภาพลายนิ้วมือที่ได้จะมีทั้งที่ได้มาจากกระบวนการมาตรฐาน เช่น แบบพิมพ์ลายนิ้วมือที่ใช้กับบุคคลทั่วไปหรือผู้ต้องหา หรือ จากอุปกรณ์นำเข้่าอื่นๆ ซึ่งเราสามารถควบคุมเพื่อให้ได้ต้นแบบลายนิ้วมือที่มีคุณภาพซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานผ่านกระบวนการต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญมาก แต่หากเป็นลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาจากที่เกิดเหตุด้วยความไม่ตั้งใจของเจ้าของลายนิ้วมือ โอกาสที่จะได้ลายนิ้วมือที่มีคุณภาพนั้นเป็นไปได้ยาก เพราะไม่สามารถทำการควบคุมได้ ถึงแม้ว่าไม่ว่าลายนิ้วมือจะได้มาด้วยวิธีใด หากเป็นลายนิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำย่อมทำการหาจุดลักษณะสำคัญและการเปรียบเทียบเกิดความผิดพลาดได้มากกว่าลายนิ้วมือที่มีคุณภาพสูง แต่เราก็สามารถทำให้ความผิดพลาดมีน้อยลงด้วยการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือให้มีคุณภาพด้วยกระบวนการทาง Image Processing[1]ในการขจัดสัญญาณรบกวนในภาพ(Noise) เช่นจุดเปื้อนในภาพที่เกิดจากแรงกดที่มากเกินไป หรือจุดว่างที่ในลายเส้นนิ้ว(หากเป็นหมึกพิมพ์ลายนิ้วมือคือจุดขาวในลายเส้นดำ) ภาพอาจจะมืด มืดหรือสว่างเกินไป ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการปรับค่าความแตกต่างแสงของภาพ(Contrast) เพื่อเพิ่มความคมชัด และปรับค่าความสว่าง (Brightness) แล้วค่อยนำไปนำสู่กระบวนการแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) เพื่อลดขนาดของภาพและเก็บแต่ข้อมูลที่จำเป็น

3.2 การเตรียมการเบื้องต้นก่อนทำปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ

3.2.1 การแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา

ในการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือในการวิจัยนี้จะใช้ภาพระดับเทาในการเริ่มกระบวนการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ ดังนั้นหากภาพลายนิ้วมือที่นำเข้่าเป็นภาพสี จะต้องทำการแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา เพื่อเป็นการดึงเฉพาะความเข้มของสีที่แตกต่างกันมาพิจารณาในการทำภาพแบบสองระดับ และเป็นการลดจำนวนข้อมูลของภาพสีออก

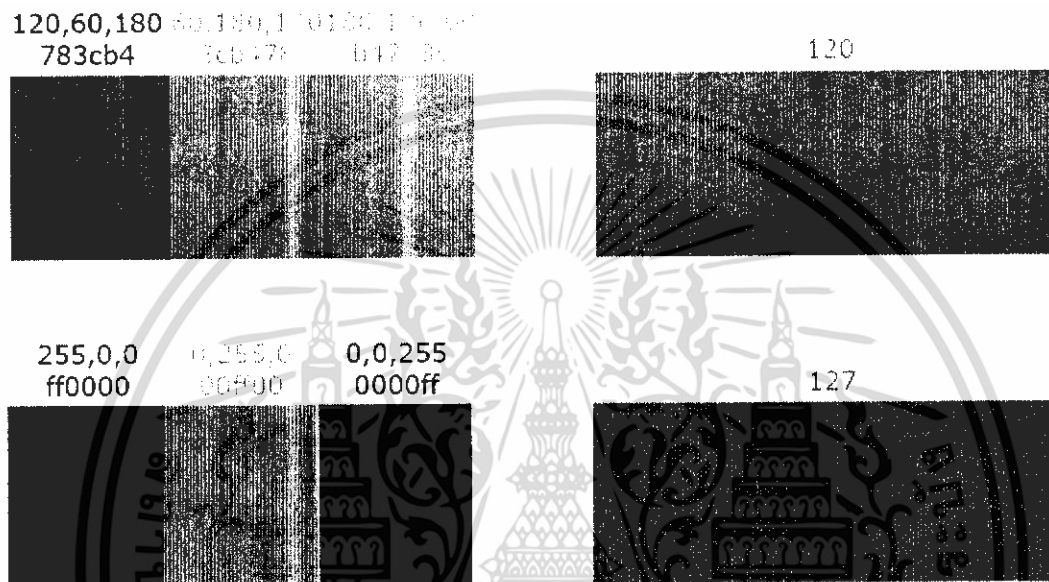
โดยหลักการของภาพสีคือหลักการ RGB ที่ประกอบด้วยแม่สีของแสง 3 สี คือ แดง(Red), เขียว(Green) และ น้ำเงิน(Blue) ซึ่งในแต่ละสีจะมีความเข้มของสีอยู่ในระดับ 0-255 ซึ่งต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำ 1 ไบต์ ในการระบุความเข้มสี ดังนั้นในแต่ละพิกเซล จะต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำจำนวน 3 ไบต์ ซึ่งมักจะแสดงด้วยเลขฐาน 16 จำนวน 6 หลัก แบ่งเป็น 3 ส่วนตามสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดงเขียวน้ำเงิน (RGB) ตามลำดับ ดังนั้นค่าทั้งหมดจะอยู่ระหว่าง 000000-ffffff ส่วนภาพระดับเทาในแต่ละพิกเซลใช้พื้นที่หน่วยความจำ 1 ไบต์ โดยมีค่าอยู่ในระดับ 0-255

การแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทา คือการหาค่าเฉลี่ยของความเข้มสีของทั้งสามสี เก็บค่าไว้ในหน่วยความจำ 1 ไบต์ในแต่ละพิกเซลของภาพระดับเทา ดังภาพตัวอย่างด้านล่าง

ภาพที่ 3.1



แสดงการเปลี่ยนจากภาพสี RGB ที่ความเข้มสีเท่ากันเป็นภาพระดับเทา

3.2.2 การปรับแสงสว่าง(Brightness)

ปัญหาที่เกิดขึ้นประการหนึ่งในขั้นตอนการรับรู้ภาพคือ ในการนำภาพเข้ามาโดยการใช้อุปกรณ์อินพุตต่างๆ เช่น สแกนเนอร์, กล้องวิดีโอ ซึ่งทำหน้าที่แปลงคุณสมบัติทางกายภาพ(ระดับความเข้มของแสง) ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า บางครั้งอาจทำให้ภาพมีความสว่างมากหรือน้อยเกินไปเราก็สามารถทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้โดยการทำ Gray-Level Transformation ด้วยการใช้เทคนิค Global alterations in Brightness เพื่อเพิ่มหรือลดค่าคงที่ของภาพระดับเทาให้กับทุกจุดของภาพ ผลที่ได้จึงเป็นการลดหรือเพิ่มความสว่าง(Brightness) ให้กับภาพทั้งภาพ ซึ่งส่วนโปรแกรมหากเขียนเป็นภาษา matlab คือ

```
For row=0:rowmax-1
```

```
    For col=0:colmax-1
```

```
        Image(row,col) = Image(row,col)+constant of Brightness
```

```
    End
```

```
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรมส่วนข้างต้นจะเห็นการดำเนินการที่เกิดขึ้นเป็นการเลื่อนฮิสโตแกรมไปทางขวา (สว่างขึ้น) หรือทางซ้าย (มืดลง) แล้วแต่ว่าต้องเพิ่มหรือลดความสว่าง

3.2.3 การปรับความแตกต่างแสง (Contrast Normalization)

ภาพลายนิ้วมือที่ได้เราอาจนำมาเพิ่มความแตกต่างแสงเพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ซ่อนอยู่ได้มากขึ้น หรือขจัดส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยใช้เทคนิค Histogram Equalization โดยมีหลักการทำงานดังนี้

โดยกำหนดให้ จำนวนจุดในภาพ = $rowmax * colmax$

ระดับเทาที่ใช้ = g_levels

ดังนั้น จำนวนของพิกเซลในแต่ละค่าระดับเทา = $rowmax * colmax / g_levels$

จากนั้นจึงทำการหาความถี่ (Frequency) และผลรวมความถี่ (Cumulative Frequency)

ที่แต่ละค่าระดับเทา ผลของปฏิบัติการจะได้

$$F(g) = \max\{0, \text{round}(g_level * t(g) / (rowmax * colmax)) - 1\}$$

โดย $F(g)$ = ค่าระดับเทาใหม่ = $F(\text{ค่าระดับเทาเก่า})$

$t(g)$ = จำนวนพิกเซลจริงๆในระดับเทา g

3.3 การแปลงภาพลายพิมพ์นิ้วมือให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

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

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } f(x,y) > T \\ 0 & \text{ถ้า } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (3.1)$$

โดยกำหนดให้

$f(x,y)$ คือ ค่าที่ได้ในแต่ละพิกเซลจากภาพลายนิ้วมือที่จะนำมาปรับปรุง

T คือ ค่าค่าหนึ่งในระดับเทาที่ทำการเลือกมา ใช้เป็นค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการอ่านภาพระดับเทาที่อื่นพุขึ้นมา

$g(x,y)$ คือ ค่าของภาพสองระดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบระหว่างสองค่าข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 โดยสมการการเปรียบเทียบนั้นสามารถเขียนเป็นฟังก์ชันของโปรแกรม MATLAB ดังนี้

For row=1 : rowmax %ใน MATLAB เมทริกซ์แรกซ้ายบนสุดคือ 1,1 ไม่ใช่ 0,0

For col=1 : colmax

If image(row,col) > threshold

image(row,col) = max %max อาจเป็นค่าสูงสุดของระดับเทา

Else

image(row,col) = min

End

End

End

ส่วนสำคัญของหลักการนี้อยู่ที่การเลือกค่า T นั่นคือค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม วิธีการในการหาค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมสำหรับภาพลายพิมพ์นิ้วมือสามารถใช้การเขียนฮิสโตแกรมจากภาพระดับเทา ซึ่งเป็นกราฟแสดงถึงความถี่ของแต่ละค่าสีที่มีอยู่ในภาพ โดยให้แกน x เป็นระดับสีเทา ตั้งแต่ 0-255 คือไล่มาจากสีดำทางซ้ายมือไปจนถึงสีขาวทางขวามือ และแกน y แสดงถึงค่าความถี่เป็นของจำนวนพิกเซลที่ระดับสีหนึ่งในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ จากภาพจะเห็นว่าโดยทั่วไปฮิสโตแกรมระดับเทาจะมีลักษณะของเส้นโค้งเหมือนภูเขาสองลูกซึ่งคือการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มโดยลูกซ้ายมือเป็นของกลุ่มเส้นนูนของลายพิมพ์นิ้วมือ(เส้นดำ) และขวามือเป็นของกลุ่มเส้นร่องของลายพิมพ์นิ้วมือ(เส้นพื้นขาว) โดยจากฮิสโตแกรมยังสามารถอธิบายสภาพของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือได้ดังนี้

โดยตามมาตรฐานแล้วค่าเทรชโฮลด์ของภาพมักเป็นค่าระดับเทาของจุดตัดระหว่างเส้นโค้งของทั้งสองกลุ่มตามภาพที่ ซึ่งจะให้เห็นว่าค่าเทรชโฮลด์มีค่าไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงตามระดับเทาฮิสโตแกรม แต่ส่วนการตัดสินใจเลือกค่าเทรชโฮลด์ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของแต่ละบุคคล แต่ก็ยังขาดความสะดวกจึงมีความคิดในการพัฒนาอัลกอริธึมให้ทำงานในการเลือกค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีมีข้อดีข้อเสียต่างกัน

3.3.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

เป็นการหาค่ากลางมาตรฐานรูปแบบหนึ่ง โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาคำนวณ โดยการหาค่าเฉลี่ยที่นิยมคือการค่าเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งเป็นนำผลรวมค่าของข้อมูลหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดหากเขียนเป็นสมการจะได้เป็น

$$\text{ค่าเฉลี่ยเลขคณิต}(\mu) = \sum X_i / N = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) \quad (3.2)$$

การนำไปใช้ในการหาค่าเฉลี่ยในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือระดับเทา การนำเอาผลรวมของค่าระดับเทาในแต่ละพิกเซลของส่วนที่พิจารณาแล้วหารด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่นำมาหาผลรวม

ข้อดี - การคำนวณทำได้สะดวก แม้มีข้อมูลมากก็ทำการหาได้เร็ว

ในการนำไปใช้ในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเป็นวิธีในการหาค่าเทรซโซลด์ที่เร็วเหมือนเทียบกับ

กระบวนการอื่นๆ เพราะไม่มีการทำการเรียงลำดับ หรือหาค่าความถี่เหมือนวิธีอื่นๆ

ข้อเสีย - ค่าเฉลี่ยอาจไม่ใช่ค่ากลางที่ดี คืออาจมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยมากหากในกลุ่มมีข้อมูลที่มีค่าโดดจากค่าอื่นๆในกลุ่ม(อาจมากเกินไปหรือน้อยเกินไป) ในการนำไปใช้ในภาพพิมพ์ลายนิ้วมือกรณีที่มีค่าโดด เช่น ในกรณีที่ภาพระดับเทามีส่วนสีดำของเส้นนูนลายนิ้วมือมากกว่าแต่ค่าระดับเทาที่มีความเข้มสูงอย่างสีดำจะมีค่าน้อย ส่วนน้อยที่เป็นส่วนเส้นร่องที่มีค่าระดับเทา มากกว่า

3.3.2 มัธยฐาน(Median)

เป็นการหาค่ากลางของข้อมูลโดยยึดที่ตำแหน่งของข้อมูล โดยเลือกข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางจากทั้งหมดหลังจากทำการเรียงค่าน้อยไปมากแล้ว ซึ่งจะมีจำนวนของข้อมูลส่วนที่มากกว่าค่ากลางและน้อยกว่าค่ากลางเป็นจำนวนเท่าๆกัน โดยจะมีเงื่อนไขแตกต่างกันเล็กน้อยหากจำนวนของข้อมูลทั้งหมดเป็นเลขคี่เลขคู่ โดยหาก

จำนวนข้อมูลเป็นเลขคี่

- ทำการเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก
- ค่ามัธยฐานจะอยู่ที่ตำแหน่ง $(n+1)/2$

จำนวนข้อมูลเป็นเลขคู่

- ทำการเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก
- ค่ามัธยฐานจะเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองตัวที่อยู่ในตำแหน่งที่ $n/2$ และตำแหน่ง $(n+1)/2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ข้อดี - ค่ามัธยฐานจะไม่มีผลกระทบในกรณีที่มีข้อมูลที่มีค่าโดดอยู่ในกลุ่มข้อมูล

ข้อเสีย - เป็นกระบวนการที่ใช้เวลามากกว่าแบบอื่นๆ เพราะต้องการทำการเปรียบเทียบค่าเพื่อเรียงข้อมูล และกระบวนการนี้ ใช้ได้กับข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น

3.3.3 ฐานนิยม (Mode)

เป็นการหาค่ากลางของข้อมูลที่เกิดขึ้นบ่อยสุดในกรณีของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือคือค่าระดับเทาที่มีความถี่มากที่สุด(ปรากฏอยู่ในภาพมากที่สุด)

ข้อดี - ค่าฐานนิยมจะไม่มีผลกระทบในกรณีที่มีข้อมูลที่มีค่าโดดอยู่ในกลุ่มข้อมูล

ข้อเสีย - อาจเกิดกรณีที่ค่าระดับเทา

3.4 การแปลงภาพลายพิมพ์นิ้วมือเป็นภาพสองระดับด้วยการดำเนินการเป็นส่วนๆ (Local Binarization)

นอกจากการศึกษาริธีหาค่ากลางในการใช้เป็นค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติแล้ว การแปลงภาพลายนิ้วมือระดับเทาให้เป็นภาพสองระดับโดยใช้เทรชโฮลด์ที่หาได้นั้นเปรียบเทียบตลอดทั้งภาพ (Global Binarization) อาจประสบปัญหาในกรณีที่แรงกตลายนิ้วมือไม่เท่ากัน โดยส่วนไหนของลายนิ้วมือที่มีแรงกตมากจะมีความเข้มของหมึกพิมพ์มากกว่าบริเวณอื่น และในทางตรงกันข้ามส่วนไหนของลายนิ้วมือที่มีแรงกตน้อยจะมีความเข้มของหมึกพิมพ์น้อยกว่าบริเวณอื่นเช่นกัน ซึ่งหากใช้ค่าเทรชโฮลด์เดียวเปรียบเทียบความเข้มของแต่ละพิกเซลตลอดทั้งภาพ อาจทำให้ส่วนของเส้นนิ้วที่มีความเข้มของหมึกน้อยเลือนหายไปเพราะมีค่าระดับเทาน้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์ที่เปรียบเทียบ ดังนั้นจึงมีการแบ่งภาพพิจารณาออกเป็นส่วนเพื่อหาค่าเทรชโฮลด์ในการเปรียบเทียบค่าระดับเทาเฉพาะส่วนนั้นๆ ซึ่งเรียกว่าการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพสองระดับในแต่ละส่วนที่แบ่งแยก (Local Binarization) โดยขั้นตอนนั้นต่างจากการพิจารณาตลอดทั้งภาพ

For row=1 : Blocksize : rowmax

For col=1 : Blocksize : colmax

For rowinblock=1 : Blocksize

For colinblock=1 : Blocksize

%กระบวนการหาค่าเทรชโฮลด์ในแต่ละส่วนบล็อกที่แบ่ง

End

End

For rowinblock=1 : Blocksize

For colinblock=1 : Blocksize

If image(row,col) > threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาใดๆ โดยต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

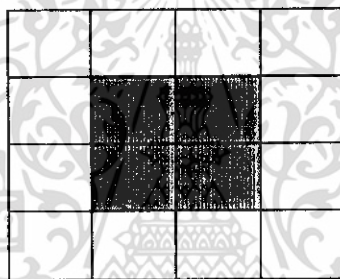
```

        image(rowinblock,colinblock) = max
    Else
        image(rowinblock,colinblock) = min
    End
End
End
End
End
End

```

จากส่วนของโปรแกรมที่แสดงด้านบนเป็นการแยกส่วนพิจารณา ซึ่งอาจเกิดปัญหาเรื่องความต่อเนื่องของภาพระหว่างช่วงรอยต่อของภาพลายนิ้วมือที่ทำการแปลงเป็นภาพระดับสองในแต่ละส่วน ซึ่งอาจจะเห็นถึงการขาดความต่อเนื่องของเส้นลายนิ้วมือที่ไม่เกิดปรากฏในภาพระดับเทา เพราะการแบ่งไม่มีส่วนเหลื่อมล้ำกัน

ภาพที่ 3.2



แสดงขนาดพื้นที่ที่ใช้หาค่าเทรซโซลด์และการเหลื่อมล้ำในการเลื่อนกรอบไปยังส่วนอื่น

จากภาพที่ 7 ซึ่งการหาค่าเทรซโซลด์จากพื้นที่ขนาด $N \times N$ ที่ใช้ในการแบ่งส่วน จะมีส่วนที่เป็นเงาขนาดพื้นที่ $(N/2) \times (N/2)$ เท่านั้นที่จะถูกดำเนินการในการเปลี่ยนแปลงค่าเป็นภาพสองระดับ โดยส่วนนี้จะไม่มีการเหลื่อมล้ำ ซึ่งในการแปลงค่าในส่วนต่อไปจะทำการเลื่อนตำแหน่งไปอีกครึ่งละ $N/2$ ตามแถว(แนวแกน X) และตามคอลัมน์(แนวแกน Y) ตามลำดับ โดยเพื่อความสมดุลของพื้นที่ส่วนที่เปลี่ยนแปลงและเหลื่อมล้ำจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน $(N/2)$ ส่วนที่เหลื่อมล้ำจะกระจายอยู่คนละด้านด้านละ $N/4$ ดังนั้น พื้นที่ที่ทำการแบ่งเพื่อหาค่าเทรซโซลด์แต่ละส่วนควรมีพื้นที่เป็นทรงจัตุรัสที่ทำการหารด้วย 4 ลงตัว

%เมื่อ Blocksize มีค่าเท่ากับ N

```
For row=1 : Blocksize/2 : rowmax
```

```
    For col=1 : Blocksize/2 : colmax
```

```
        For rowinblock=1 : Blocksize
```

```
            For colinblock=1 : Blocksize
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%กระบวนการหาค่าเทรชโวลต์ในแต่ละส่วนบล็อกที่แบ่ง
End
End
For rowinblock = (Blocksize/4+1) : (3*Blocksize/4)
  For colinblock = (Blocksize/4+1) : (3*Blocksize/4)
    If image(row,col) > threshold
      image(rowinblock,colinblock) = max
    Else
      image(rowinblock,colinblock) = min
    End
  End
End
End
End
End

```



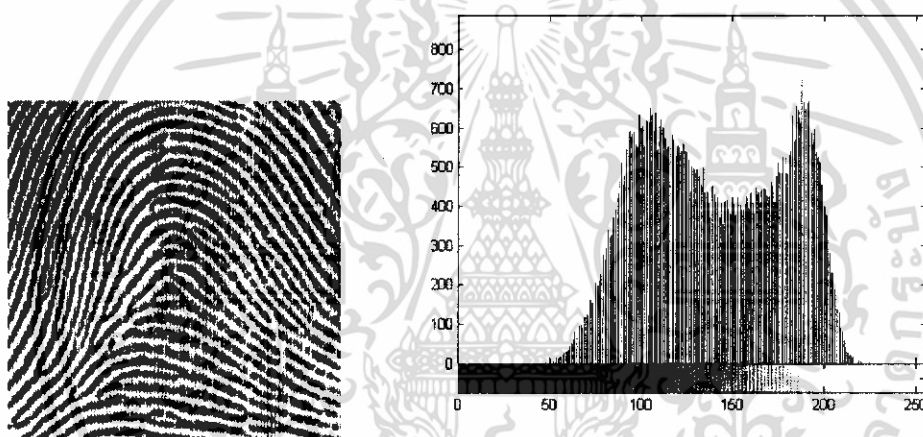
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองเรื่องการแปลงภาพลายนิ้วมือจากระดับเทา เป็นภาพสองระดับ

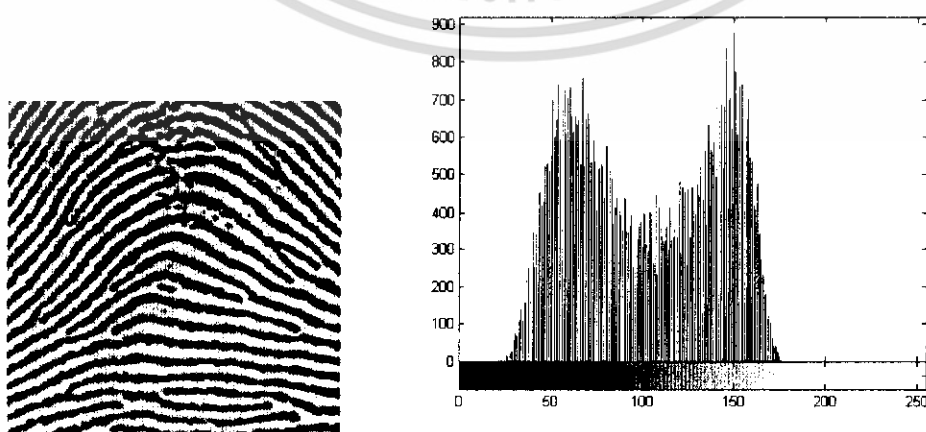
ในบทนี้จะเป็นการนำเอาประมวลผลภาพที่ได้อธิบายในบทที่แล้ว มาทำการทดลองเพื่อ
ทำการศึกษาระยะกระบวนการ โดยภาพต้นแบบที่นำมาใช้เป็นภาพระดับเทาซึ่งเป็นตัวอย่าง
มาตรฐานของลายพิมพ์นิ้วมือของ FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION (FBI) มีขนาด
256*256 พิกเซล ซึ่งจัดเก็บด้วยรูปแบบของวินโดวบีตแมพ(.bmp) จำนวน 4 รูปมาใช้ในการ
ทดลอง

ภาพที่ 4.1



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป
จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่ารูปมีสีจางและมีจุดขาวอยู่ในเส้น ซึ่งในฮิสโตแกรมจะมีค่าเอียงขวา
หมายถึงค่าระดับเทาโดยรวมไปทางด้านสีขาว

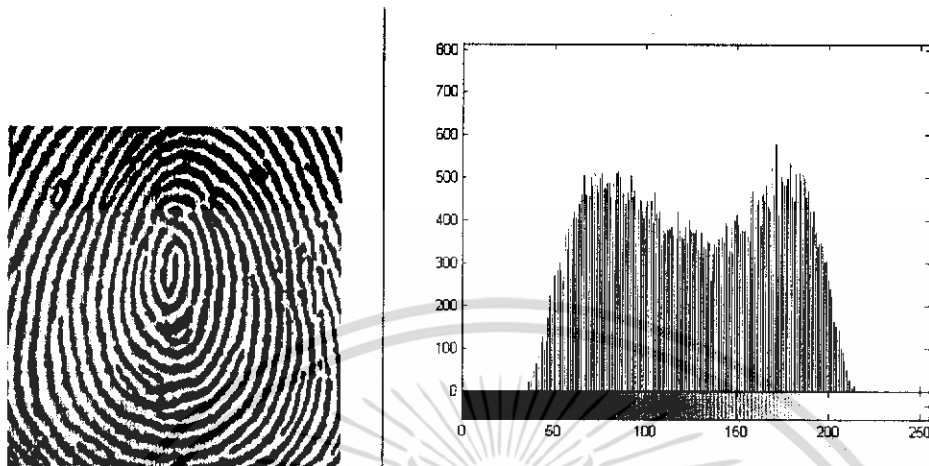
ภาพที่ 4.2



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 2 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

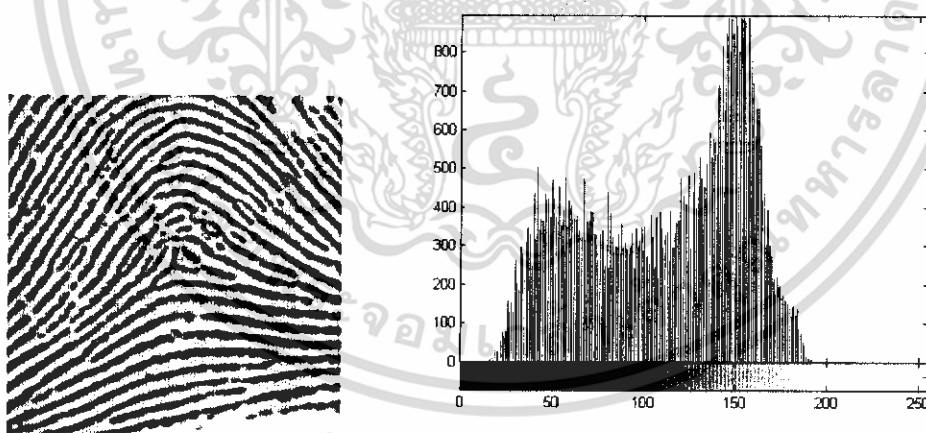
จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่ารูปมีความเข้มและจุดเปราะเล็กน้อย ซึ่งในฮิสโตแกรมจะมีค่าเชิงซ้าย หมายถึงค่าระดับเทาโดยรวมไปทางด้านมืด

ภาพที่ 4.3



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป
จากรูปจะสังเกตเห็นได้ในค่าฮิสโตแกรมค่าความถี่ของระดับเทากระจายกันออกไปไม่ค่อยมีความต่าง ทำให้ค่าระดับเทาที่อยู่ตรงกลางการเกิดความผิดพลาดในการแปลงเป็นภาพสองระดับได้ ซึ่งเหตุอาจเกิดมาจากน้ำหนักของแรงกดไม่สม่ำเสมอ

ภาพที่ 4.4



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 4 ที่นำมาทดลองพร้อมทั้งฮิสโตแกรมของรูป
จากรูปจะสังเกตเห็นได้ในค่าฮิสโตแกรมค่าความถี่ของระดับเทาสูงไปทางด้านขาวมาก โดยที่ค่าความถี่ไม่กระจายนั่นคือมีส่วนพื้นที่โล่งของส่วนพื้นลายนิ้วมืออยู่

4.1 การปรับค่าความสว่าง (Brightness Normalization)

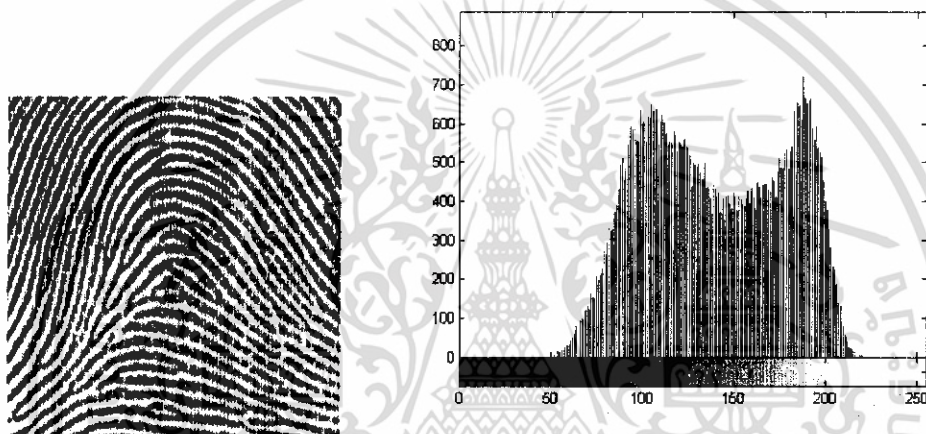
4.1.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

เพื่อทำการพิจารณาว่าการปรับค่าความสว่างเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการปรับปรุงภาพก่อนทำการแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพสองระดับหรือไม่

4.1.2 วิธีทดลอง

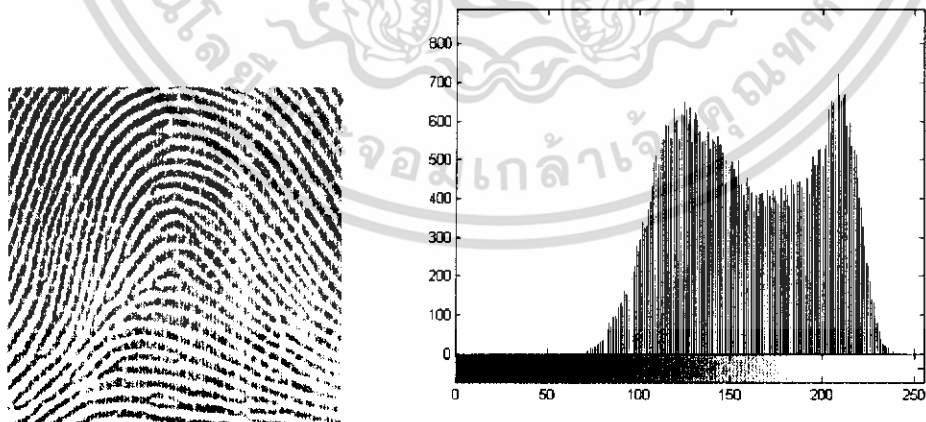
ทำการเลือกภาพตัวอย่างคือภาพลายนิ้วมือจากรูปที่ 4.1 แล้วทำการปรับค่าความสว่างแบบทั้งภาพ (Global Gray-Level Transformation) ทั้งลดและเพิ่มค่าความสว่างด้วยจำนวนที่น้อยและมากแตกต่างกันเพื่อทำการพิจารณา

ภาพที่ 4.5



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ

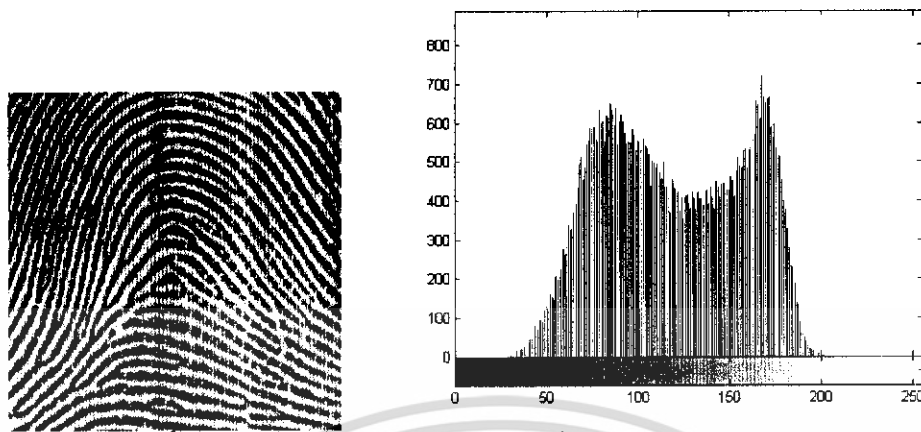
ภาพที่ 4.6



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการเพิ่มค่าความสว่าง 20 ระดับเทาพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ

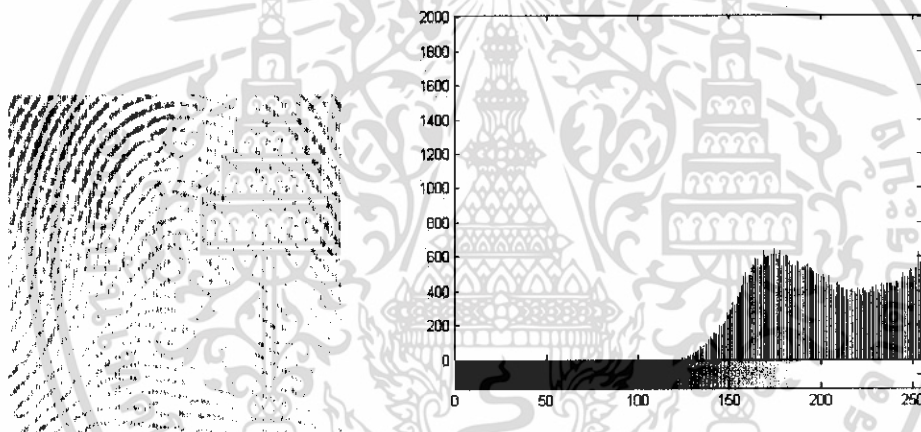
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7



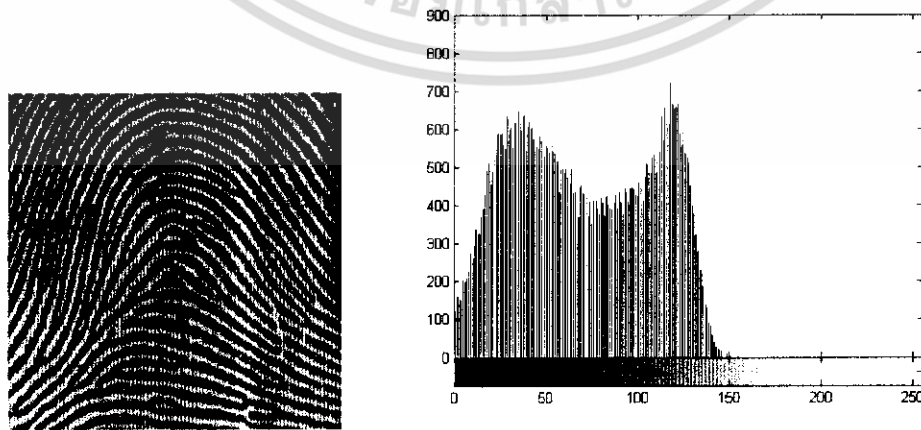
แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการลดค่าความสว่าง 20 ระดับเทา
พร้อมฮิสโตแกรมของภาพ

ภาพที่ 4.8



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการเพิ่มค่าความสว่าง 70 ระดับเทา
พร้อมฮิสโตแกรมของภาพ

ภาพที่ 4.9



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 ซึ่งมีค่าระดับเทาจางที่ทำการลดค่าความสว่าง 70 ระดับเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการพร้อมฮิสโตแกรมของภาพ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปการที่ลดหรือเพิ่มความสว่าง คือการเพิ่มหรือลดค่าระดับเทาด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่งใน ทุกๆจุดภาพ ซึ่งหากเปรียบเทียบฮิสโตแกรมกับภาพต้นฉบับจะเหมือนเป็นการเลื่อนกราฟไปทั้งหมด โดยจะเลื่อนไปทางขวาหากเพิ่มความสว่าง หรือเลื่อนไปทางซ้ายหากลดค่าความสว่าง โดยหากไปมีการเพิ่มลด จนทำให้ผลบวกกลับเกินค่าในระดับคือ ค่าในช่วง 0-255 ภาพลายนิ้วมือนั้นจะสามารถทำการเพิ่มลดเพื่อปรับค่าความสว่างให้อยู่ในระดับเดิมได้ดังภาพที่ 25 และ 26 แต่หากเพิ่มลดจนเกินช่วง มันจะทำให้ค่าสูงสุดคือ 255 ในกรณีจนจนเกิดระดับ และค่าต่ำสุดคือ 0 ในกรณีลดค่าจนเกินระดับ ทำให้ภาพมีบางจุดที่ยังเพิ่มลดความสว่างได้อยู่กับส่วนที่เกินขอบเขตของระดับ ทำให้ภาพเปลี่ยนไป ไม่สามารถย้อนการเพิ่มลดค่าความสว่างให้ภาพกลับมาเป็นเหมือนเดิม ดังรูปที่ 14 และ 15 ที่ระดับเทาค่าสูงสุด มีค่าความถี่เพิ่มสูงขึ้นจากภาพปกติ และที่ระดับเทาค่าต่ำสุด มีค่าความถี่ลดลงจากภาพปกติ

4.1.4 สรุปผลการทดลองการปรับค่าความสว่าง

การปรับค่าความสว่างเป็นเพียงการเพิ่มลดความชัดเจนให้กับผู้ใช้เท่านั้น และยังมีโอกาสทำให้เกิดสูญเสียข้อมูลของภาพจากการปรับเลื่อนค่าเกินช่วงระดับเทา ดังนั้นกระบวนการนี้จึงไม่มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงคุณภาพ

4.2 การปรับความแตกต่างแสง(Contrast Normalization)

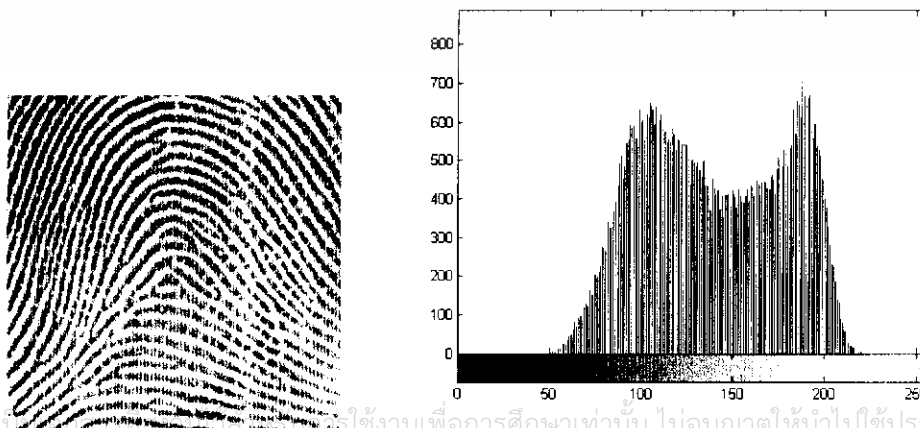
4.2.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

เพื่อทำการพิจารณาว่ากระบวนการปรับความแตกต่างแสง มีความจำเป็นและให้ผลลัพธ์ที่ดีต่อการทำงานของระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติหรือไม่

4.2.2 วิธีการทดลอง

นำภาพลายนิ้วมือนิ้วตัวอย่างมาผ่านกระบวนการปรับความแตกต่างแสงด้วยวิธีการปรับฮิสโตแกรมให้เสมอกัน (Histogram Equalization) สังเกตและเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปภาพและฮิสโตแกรมก่อนและหลังทำการทดลองว่า มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงอย่างไร

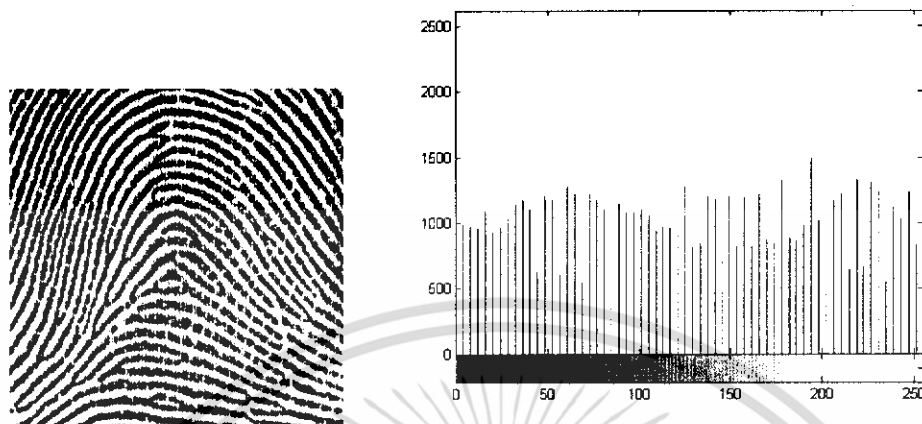
ภาพที่ 4.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

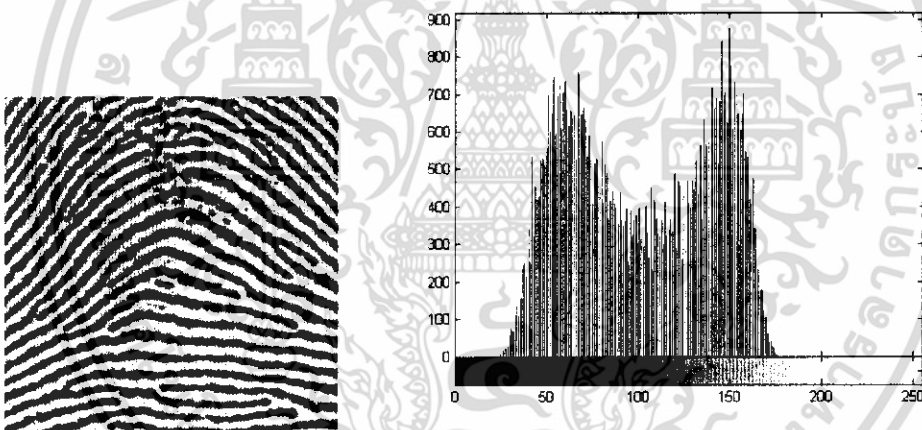
แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนการทำ Histogram Equalization

ภาพที่ 4.11



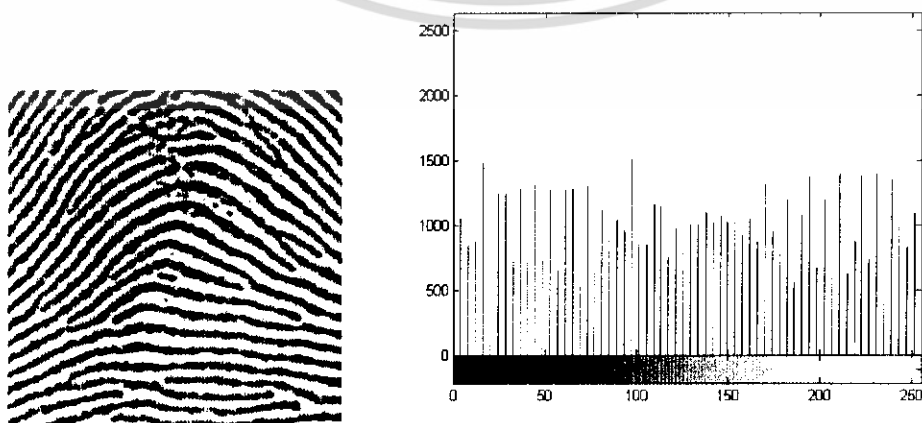
แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 1 พร้อมฮิสโตแกรม หลังทำ Histogram Equalization

ภาพที่ 4.12



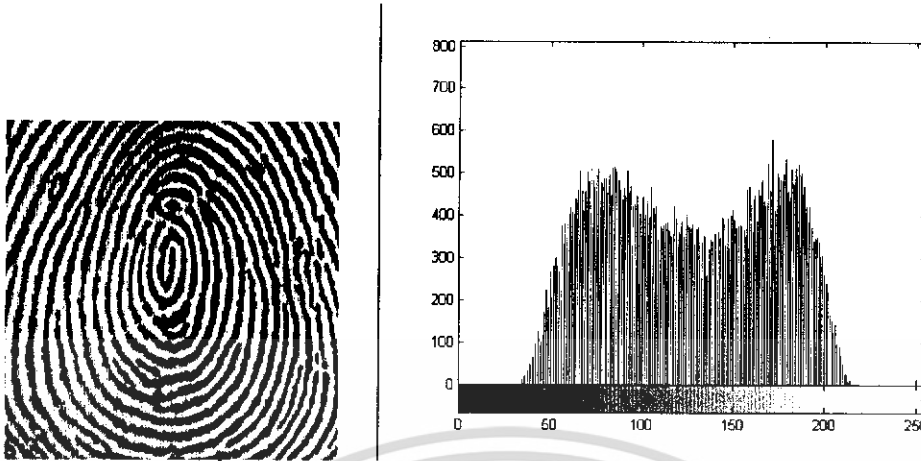
แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 2 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนทำ Histogram Equalization

ภาพที่ 4.13



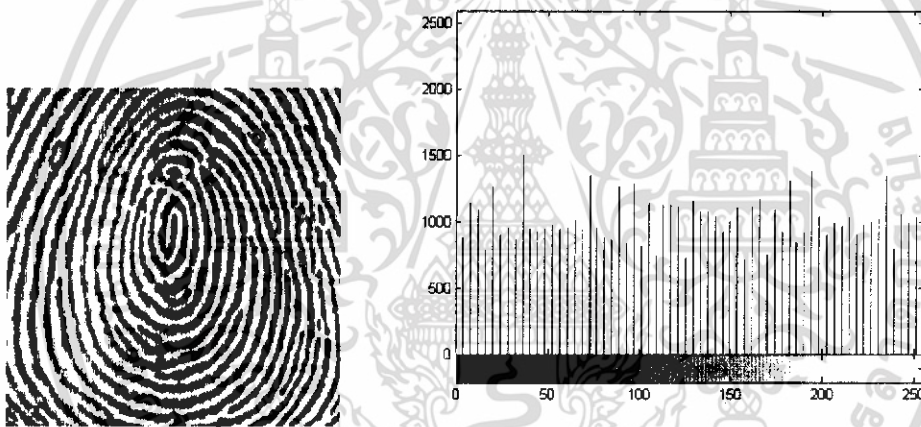
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.14



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 พร้อมฮิสโตแกรม ก่อนทำ Histogram Equalization

ภาพที่ 4.15



แสดงถึงรูปลายนิ้วมือรูปที่ 3 พร้อมฮิสโตแกรม หลังทำ Histogram Equalization

4.2.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากภาพผลลัพธ์และฮิสโตแกรมแล้ว กระบวนการนี้จะแก้ปัญหาความผิดพลาดเรื่องการทำเทรซโซลด์ เพราะได้ทำการกระจายฮิสโตแกรมให้เสมอกันทำให้ลายเส้นที่อยู่ชิดติดกันในพื้นที่เล็กๆ แยกออกจากกัน แต่เนื่องจากการกระจายฮิสโตแกรมให้เสมอกันให้เสมอกันในพื้นที่แนวกว้างในลักษณะฮิสโตแกรมที่แยกออกเป็นสองส่วนของภาพเส้นนูนและพื้นเส้นร่องอย่างชัดเจน (Bi-modal) ซึ่งจำทำให้คุณลักษณะเฉพาะถูกกลืนหายไปในพื้นที่หลัง เนื่องจากมีทั้งข้อดีและข้อเสีย จึงคิดว่าไม่ควรนำมาใช้

4.3 การปรับปรุงการแปลงภาพลายนิ้วมือเป็นภาพแบบสองระดับ (Binarization)

4.3.1 การทำการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าเทรซโซลด์โดยอัตโนมัติด้วยค่าสถิติต่างๆโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรซโซลด์เดียวกัน (Global Binarization)

4.3.1.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

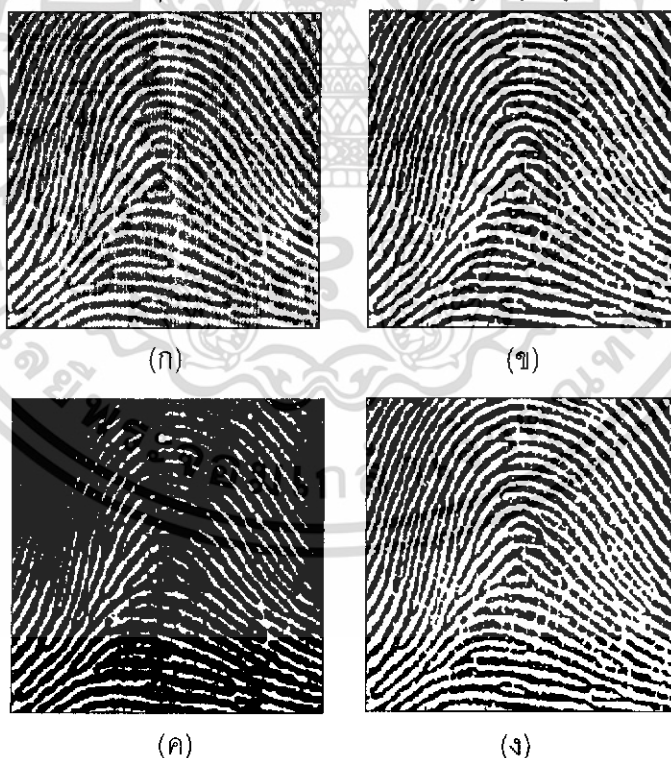
เพื่อศึกษากระบวนการใช้ค่าทางสถิติถึงข้อดี-ข้อเสีย เพื่อหาค่าเทรซโซลด์ที่เหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต(Mean)
2. มัธยฐาน(Median)
3. สฐานนิยม(Mode)

4.3.1.2 วิธีการทดลอง

ทำการเลือกภาพต้นแบบมาหาค่าเทรซโซลด์โดยอัตโนมัติด้วยค่าสถิติต่างๆโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรซโซลด์เดียวกัน(Global Binarization) โดยการนำเอาค่าระดับเทาของทุกพิกเซลมาพิจารณา

ภาพที่ 4.16



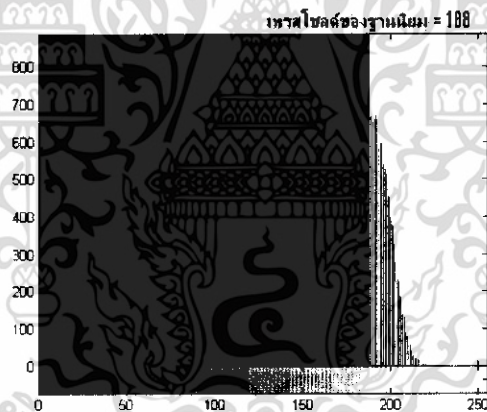
แสดงถึงภาพลายนิ้วมือทำการหาค่าเทรซโซลด์ทั้งภาพโดยวิธีต่างๆ (ก) ภาพต้นแบบ, (ข) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรซโซลด์ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตซึ่งได้ค่าเทรซโซลด์สำหรับทั้งภาพคือ 140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

, (ค) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรซโซลต์ด้วยค่าฐานนิยมซึ่งได้ค่าเทรซโซลต์สำหรับทั้งภาพคือ 188, (ง) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรซโซลต์ด้วยค่ามัธยฐานซึ่งได้ค่าเทรซโซลต์สำหรับทั้งภาพคือ 137

จากภาพจะเห็นว่าในวิธีการหาค่ากลางทางสถิติด้วยการหาค่าฐานนิยม นั้นไม่เหมาะสมกับหาค่าเทรซโซลต์ในลายนิ้วมือ เนื่องจากลักษณะทั่วไปของลายนิ้วมือจะถูกแยกออกเป็นสองส่วนโดยชัดเจน(Bi-modal) คือส่วนที่เป็นเส้นนูนและส่วนที่เป็นพื้นที่ของว่างของสันร่อง ความถี่ที่ปรากฏในฮิสโตแกรมส่วนมากจึงมีลักษณะเหมือนภูเขาสองลูก ดังนั้นการหาค่าฐานนิยมการหาค่าเทรซโซลต์ด้วยฐานนิยมจะได้ค่าความถี่สูงสุดระดับเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น จึงไม่เป็นค่ากลางที่ไม่เหมาะสม โดยจากภาพต้นแบบความถี่ของทั้งสองด้านมีค่าสูงแต่ทางด้านสีขาวคือฝั่งเส้นร่องมีค่าระดับเทาตัวหนึ่งที่มีค่าความถี่สูงสุดคือค่าระดับเทาที่ 188 เพราะฐานนิยมสนใจแต่ค่าความถี่สูงสุดเท่านั้นจึงไม่ใช่ค่ากลางที่แท้จริง จากการทดลองหาค่ามาใช้จะนำไปสู่การแบ่งส่วนของการทำงานภาพสองระดับไม่สมดุลคือ ค่าสีระดับเทา ตั้งแต่ 0-188 จะเป็นสีดำ และ 189-255 จะเป็นสีขาว ภาพที่ได้จึงกลายเป็นภาพที่เปื้อนสีดำสูง

ภาพที่ 4.17



แสดงฮิสโตแกรมของภาพที่ใช้ฐานนิยมในการหาค่าเทรซโซลต์ซึ่งไม่มีความสมดุล

4.3.1.3 สรุปผลการทดลอง

ในการหาเทรซโซลต์โดยใช้วิธีการหาค่ากลางทางสถิติที่เหลือหากทำการเปรียบเทียบถึงข้อดีของเสียจะมีดังนี้

การใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต(Mean)มาเป็นเทรซโซลต์

ข้อดี คือมีความสะดวกรวดเร็วในการคำนวณ

ข้อเสีย ไม่ใช้ค่ากลางที่ดี ถ้าในกลุ่มข้อมูลนั้นมีค่าข้อมูลโดด

เหมาะในการใช้พิจารณาทั้งภาพ เพราะมีความรวดเร็วและค่าโดดไม่ส่งผลมากเพราะมี

จำนวนข้อมูลมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ค่ามัธยฐาน(Median)มาเป็นเทรสโซลด์

ข้อดี ได้ค่าเทรสโซลด์เป็นกลางจริงที่ไม่ได้รับความกระทบกระเทือนจากข้อมูลค่าโดด

ข้อเสีย กระบวนการใช้เวลานานมากกว่าแบบอื่นๆมาก เพราะต้องทำการเปรียบเทียบค่าเพื่อทำการเรียง

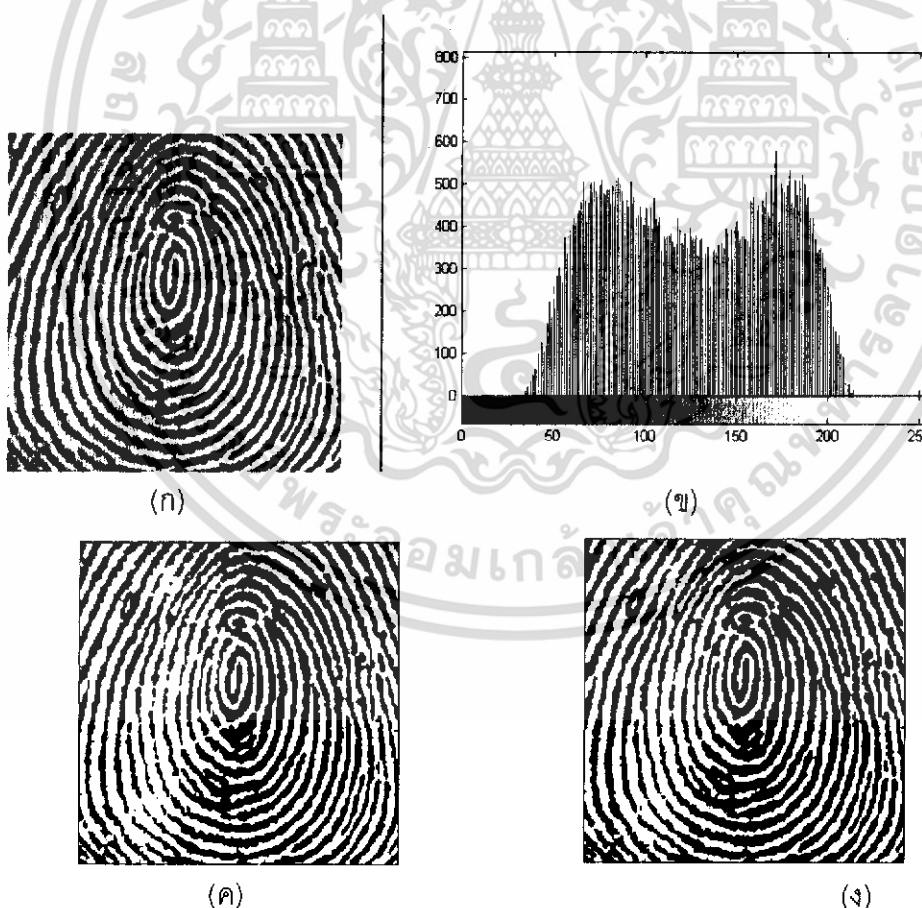
เหมาะกับการหาค่าเทรสโซลด์ที่ใช้ข้อมูลพิจารณาในปริมาณปานกลาง

4.3.2 การหาค่าเทรสโซลด์โดยอัตโนมัติด้วยค่าสถิติต่างๆโดยการแปลงภพ ลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรสโซลด์เดียวกัน (Global Binarization) กับภาพที่แรง กदनิ้วมือในภาพต่างกัน

4.3.2.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

ทำการทดลองภาพที่มีปัญหาในกรณีนี้คือในภาพมีแรงกदनิ้วมือที่ต่างกัน
เพื่อหากรอบเพื่อทำการพัฒนาการแปลงภพจากระดับเทาเป็นสองระดับต่อไป

ภาพที่ 4.18



แสดงถึงภพลายนิ้วมือทำการหาค่าเทรสโซลด์ทั้งภาพที่แรงกदनิ้วมือในภาพต่างกันโดยวิธีต่างๆ

(ก) ภาพต้นแบบ , (ข) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ ,(ค) ผลภพสองระดับจากการหาค่าเทรสโซลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตซึ่งได้ค่าเทรชโซลด์สำหรับทั้งภาพคือ 125 , (ง) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโซลด์ด้วยค่ามัธยฐานซึ่งได้ค่าเทรชโซลด์สำหรับทั้งภาพคือ 124

4.3.2.2 ผลการทดลอง

การหาค่าเทรชโซลด์โดยอัตโนมัติโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรชโซลด์เดียวกันกับภาพที่มีแรงกดนิ้วมือในภาพต่างกัน ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดหากใช้ค่าเทรชโซลด์เดียวกันจะไม่สามารถจัดการกับความแตกต่างของแรงกดทับที่แตกต่างกันได้ แนวทางการแก้ไขคือทำการแบ่งส่วนของภาพเพื่อหาค่าเทรชโซลด์เฉพาะส่วนนั้นๆ

4.4 การหาค่าเทรชโซลด์โดยอัตโนมัติโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรชโซลด์ในแต่ละส่วน (Local Binarization)

4.4.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

ศึกษากระบวนการการแบ่งส่วนในหาค่าเทรชโซลด์ โดยมีอยู่ 2 รูปแบบคือมีการแบ่งส่วนที่แยกออกจากกันโดยสิ้นเชิง และการแบ่งส่วนที่มีส่วนเชื่อมล้ากัน เพื่อพิจารณาความแตกต่างและวิเคราะห์ว่ารูปแบบใดดีกว่า

4.4.2 วิธีการทดลอง

ทำการหาค่าเทรชโซลด์โดยใช้การหาค่ากลางแบบค่าเฉลี่ยเลขคณิต(Mean) ในการพิจารณาจากประเภทของการแบ่งส่วนต่างประเภทโดยทำการเปรียบเทียบจากส่วนแบ่งที่เท่าๆกัน เพื่อหาความแตกต่าง

โดยใช้การแบ่งส่วนขนาด 3x3 , 4x4 , 16x16 และ 64x64 ตามลำดับ

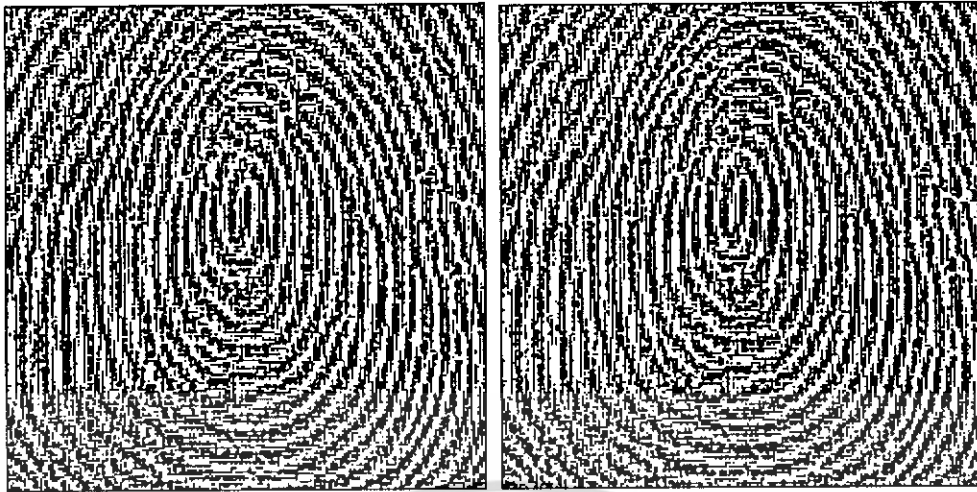
ภาพที่ 4.19



(ก)

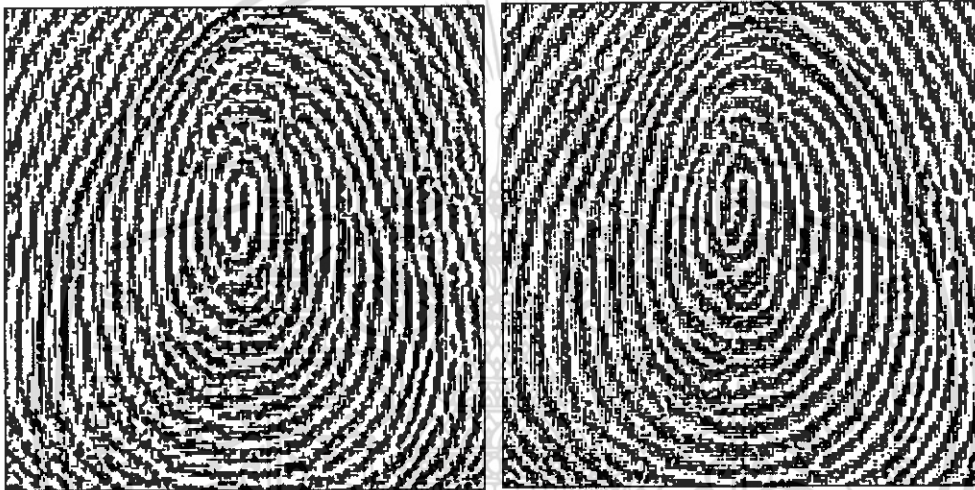
(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



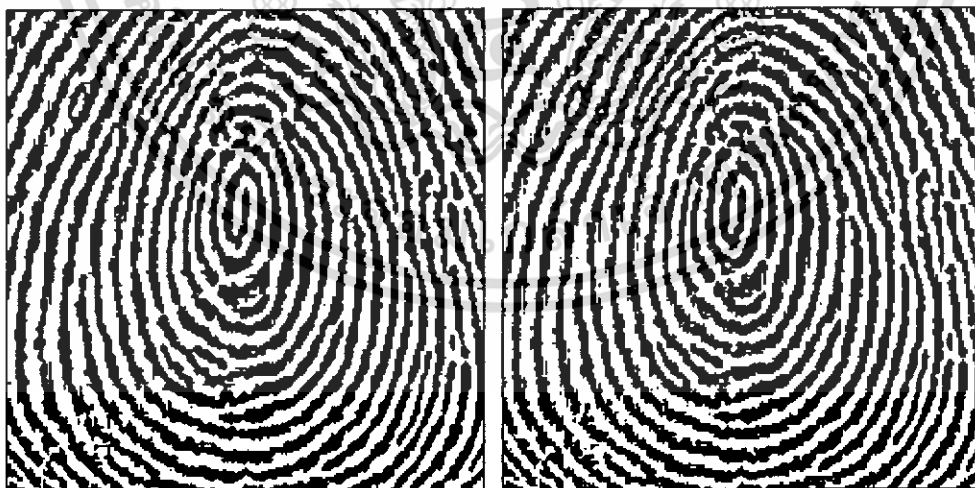
(ค)

(ง)



(จ)

(ฉ)



(ช)

(ซ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ณ)

(ญ)

แสดงถึงภาพลายนิ้วมือที่มีแรงกดไม่เท่ากันที่ผ่านการแปลงเป็นภาพสองระดับหลายวิธี

- (ก) ภาพต้นแบบที่มีแรงกดทับไม่เท่ากัน
- (ข) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตซึ่งได้ค่าเทรชโพลด์สำหรับทั้งภาพคือ 125
- (ค) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแต่ไม่มีส่วนเชื่อมกันขนาด 3x3
- (ง) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแบบมีส่วนเชื่อมกันขนาด 3x3
- (จ) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแต่ไม่มีส่วนเชื่อมกันขนาด 4x4
- (ฉ) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแบบมีส่วนเชื่อมกันขนาด 4x4
- (ช) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแต่ไม่มีส่วนเชื่อมกันขนาด 8x8
- (ซ) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแบบมีส่วนเชื่อมกันขนาด 8x8
- (ณ) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแต่ไม่มีส่วนเชื่อมกันขนาด 16x16
- (ญ) ผลภาพสองระดับจากการหาค่าเทรชโพลด์แบบแบ่งส่วนแบบมีส่วนเชื่อมกันขนาด 16x16

4.4.3 ผลการทดลอง

จากการสังเกตจะพบว่า การหาค่าเทรชโพลด์โดยอัตโนมัติโดยการแปลงภาพลายนิ้วมือทั้งภาพด้วยเทรชโพลด์ในแต่ละส่วน (Local Binarization) สามารถทำการแก้ปัญหาแรงกดทับที่ไม่เท่ากันได้ และในการพิจารณาจากประเภทของการแบ่งส่วนต่างประเภทแบบที่ไม่เชื่อมหน้าต่างและเลี่ยมหน้าต่างจะสังเกตได้ว่าภาพที่ได้จากแบบที่มีการเชื่อมของหน้าต่างแบ่งส่วนจะได้ภาพที่ดีกว่าในด้านความต่อเนื่องของลายเส้นระหว่างส่วนแบ่งที่เชื่อมกัน ในขณะที่ภาพแบบที่ไม่มีส่วนเชื่อมล้าภาพในส่วนโค้งจะขาดความต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นเหลี่ยมซึ่งจะเกิดปัญหาในการกำหนดทิศทางของลายนิ้วมือ อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือขนาดหน้าต่างการแบ่งส่วนที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากันมีผลต่อภาพได้มาก สังเกตว่าหากขนาดหน้าต่างแบ่งส่วนเล็กเกินไป (3×3 , 4×4) ทำให้เกิดลักษณะลายเส้นของส่วนนั้นมีลักษณะพริ้วจากการมีส่วนขาวมาผสมซึ่งส่วนขาวของเส้นร่องก็มีส่วนดำปะปนเช่นกัน แต่หากหน้าต่างแบ่งส่วนมีขนาดใหญ่มากเกินไป (เช่น หน้าต่างขนาด 64×64) ก็จะทำให้เกิดปัญหาแรงกดลายนิ้วมือที่ไม่เท่ากันเหมือนกับการหาค่าเทรซโซลด์เดียวกัน (Global Binarization) ตลอดทั้งภาพ ทำอย่างไรถึงจะได้ขนาดของหน้าต่างแบ่งส่วนที่เหมาะสม

4.5 การหาความหนาของลายเส้นนิ้วมือเพื่อทำการกำหนดขนาดหน้าต่างแบ่งส่วน

4.5.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

เพื่อหาค่าความหนาในหน่วยพิกเซลที่มีความถี่สูงสุดเพื่อมาทำการกำหนดหน้าต่างในการแบ่งส่วน

4.5.2 วิธีการทดลอง

ทำการหาค่ากลางเพื่อกำหนดเป็นเทรซโซลด์ของภาพก่อนแล้วทำการเลือกส่วนในการสแกนหรือทั้งหมดวิ่งตามแกน x จากซ้ายไปขวาด้วยตำแหน่ง y นั้นๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าระดับเทา กับเทรซโซลด์ของทั้งภาพ โดยหากพิกเซลเริ่มเป็นค่าระดับเทาน้อยกว่า (เส้นนูน) จะทำการนับค่าติดต่อกันจนกว่าจะเจอพิกเซลที่ค่าระดับเทาที่มากกว่าค่าระดับเทาเทรซโซลด์ของทั้งภาพ จึงทำการหยุดนับความหนา แล้วบวกเพิ่มค่าหนึ่งให้กับความหนานั้น แล้วเริ่มนับความหนาใหม่ (ของเส้นร่อง) จนกว่าจะเจอพิกเซลเริ่มเป็นค่าระดับเทาน้อยกว่าค่าระดับเทาเทรซโซลด์ของทั้งภาพ (เส้นนูน) จึงหยุดนับความหนาแล้วบวกเพิ่มหนึ่งค่าให้กับค่าความหนาที่ได้ นั้น ทำวนไปเรื่อย ทำเฉพาะเส้นนูน หรือเส้นร่องก็ได้ หรือทำมากกว่าหนึ่งเส้นกระทั่งหมดทั้งรูปก็ได้ หรืออาจสแกนตามแนวตั้ง เพื่อหาความถี่รวมก็ยิ่งจะได้ค่าที่แน่นอนมากขึ้น จากนั้นก็ใช้ค่าความหนาที่กำหนดเป็นขนาดหน้าต่างแบ่งส่วนโดยใช้ค่า เป็น 1 เทา และ 4 เทา

ภาพที่ 4.20

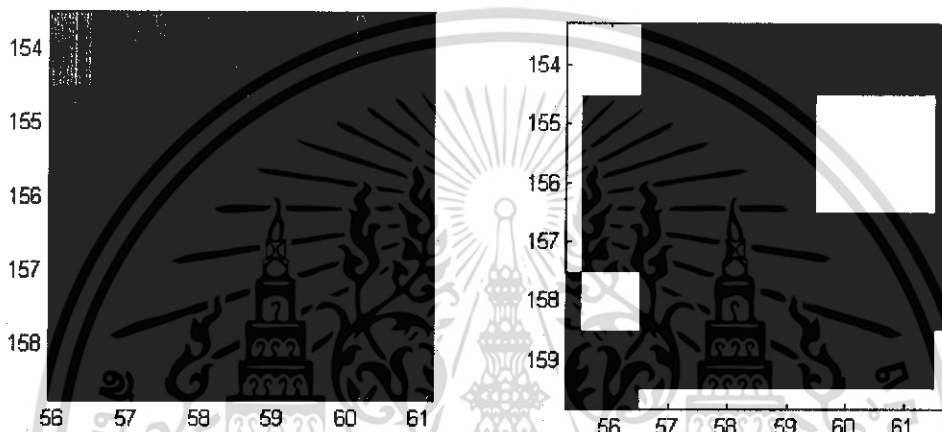


แสดงถึงการสุ่มตามแนวนอนเพื่อหาความถี่ของความหนาเส้นลายนิ้วมือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ผลการทดลอง

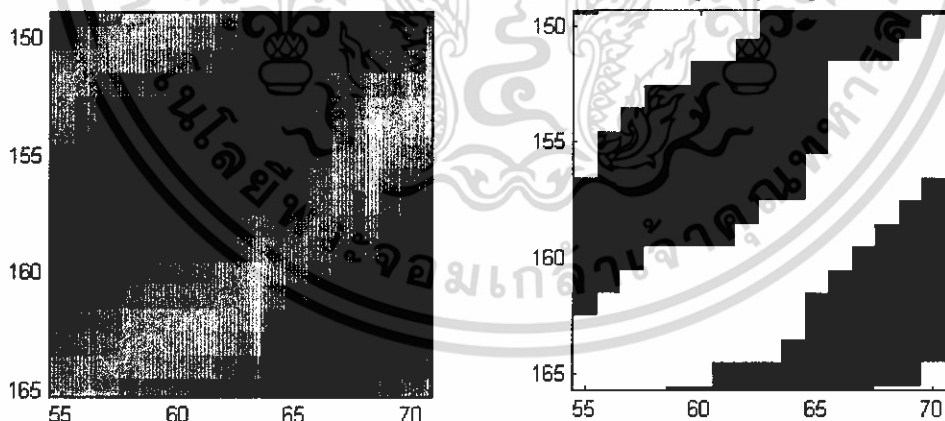
โดยจากการทดลองค่าความหนาที่ได้ในรูปลายนิ้วมือขนาด 256×256 คือ 4-5 หน่วย พิกเซล โดยตัวหน้าต่างควรมีขนาดเป็นสี่เท่าเพื่อความสมดุลและใหญ่กว่าเส้นเป็นสองเท่าของทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ดังนั้นภาพที่ได้จะประกอบด้วยส่วนของเส้นร่องและเส้นนูนสองเส้น ซึ่งป้องกันกรณีที่หน้าต่างแบ่งส่วนมีขนาดเป็นสองเท่าของเส้นลายนิ้วมือ ประกอบด้วยด้วยเส้นที่หนากว่าปกติ ไม่ให้อัตราส่วนระหว่างเส้นนูนและเส้นร่องไม่สมดุลกัน

ภาพที่ 4.21



ภาพส่วนหนึ่งจากหน้าต่างแบ่งส่วนที่มีขนาดเล็กเกินไป(เท่ากับความหนาเส้น 5x5)

ภาพที่ 4.22



ภาพส่วนหนึ่งจากหน้าต่างแบ่งส่วนที่มีขนาดพอดี(4 เท่าความหนาเส้น = 20×20)

จากภาพหากเราเลือกใช้ขนาดหน้าต่างแบ่งส่วนที่เล็กเกินไปจะทำให้ภาพในส่วนที่พิจารณามีแต่เส้นนูนหรือเส้นร่องเท่านั้นทำให้ค่าเทรซโซลด์เรียงไปทางด้านหนึ่งของระดับเทมาเกินไป เช่นในตัวอย่างพิกเซลเส้นนูนส่วนหนึ่งหากพิจารณาด้วยสายตาควรเป็นเส้นนูนเพราะมีค่าระดับเทมาน้อยกว่าค่าเทรซโซลด์ แต่ภายในส่วนที่แบ่งค่าระดับเทมาของเทรซโซลด์ส่วนแบ่งนั้นมีค่าต่ำกว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฟิสิกส์อื่นๆภายในส่วนแบ่งมีค่าระดับเทาน้อยกว่า(ต่ำกว่า) ทำให้ฟิสิกส์นั้นถูกพิจารณาเป็นส่วนรอง(สีขา) ซึ่งในกรณีกลับกันก็จะเกิดจุดดำในส่วนส่วนรอง

4.6 การแก้ปัญหากรณีส่วนแบ่งบางส่วนมีค่าเทรสโพลด์มีค่าเอียงไประดับทางด้านหนึ่งมากเกินไป

4.6.1 จุดประสงค์ในการทดลอง

เพื่อทำการหาค่าเทรสโพลด์ใหม่ที่เหมาะสมกว่าเฉพาะส่วนมีค่าเทรสโพลด์เอียงไประดับทางด้านหนึ่งมากเกินไป

4.6.2 วิธีทดลอง

จากภาพลายนิ้วมือนี้จะเห็นว่าจะมีปัญหาตรงที่มีหน้าตาต่างแบ่งส่วนบางส่วนมีแต่ส่วนรองหรือส่วนนูน ทำให้การคำนวณภาพสองระดับส่วนนี้ผิดพลาดไป หากใช้หน้าตาส่วนแบ่งที่ใหญ่ขึ้นก็จะไปกระทบการแปลงค่าสองระดับของส่วนอื่นที่เหมาะสมแล้ว จึงคิดจะพิจารณาโดยคิดถึงเงื่อนไขว่าหากเทรสโพลด์ของส่วนนี้ ค่าใกล้เคียง กับค่าระดับเทาของด้านใดด้านหนึ่งมากกว่าค่าของเทรสโพลด์ทั้งภาพประมาณหนึ่ง จะใช้ค่าเทรสโพลด์ใหม่โดยทำการเฉลี่ยกับค่าของเทรสโพลด์ทั้งภาพ

ภาพที่ 4.23



แสดงภาพต้นแบบและส่วนของภาพที่มีปัญหากรณีมีค่าเทรสโพลด์

เฉพาะส่วนเอียงไปทางฝั่งขวามากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.24



แสดงผลทำทดลองโดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ

ภาพที่ 4.25

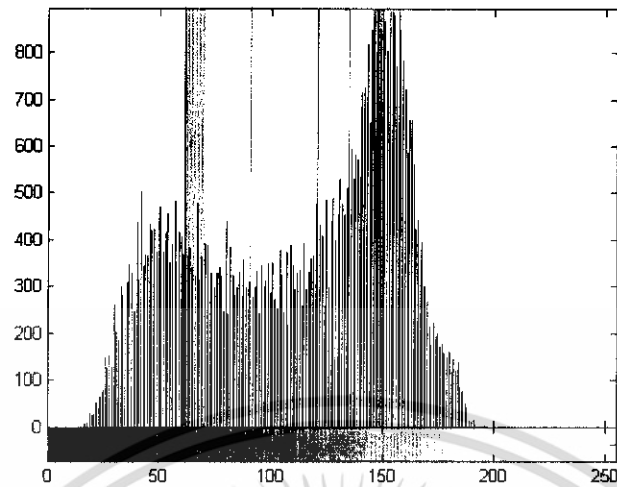


แสดงตำแหน่งปัญหาจากผลของการทดลองโดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ

ให้ทำการพิจารณาโดยใช้ค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ทั้งภาพในค่าเดียว(เส้นแดง)เพื่อแยกระดับเทาเป็นสองส่วนแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละส่วน(เส้นแดงนอกสุด) โดยตั้งไว้ว่าค่าเทรชโฮลด์ของส่วนใดใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของระดับเทาที่แยกออกจากกันด้านใดค่าหนึ่ง(พื้นที่สีเขียว) จะใช้ค่ากลางระหว่างค่าเฉลี่ยของด้านนั้นกับค่าค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ทั้งภาพในตำแหน่งกึ่งกลางแทน โดยพื้นที่สีเขียวคิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของระยะระหว่างค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ทั้งภาพกับค่าเฉลี่ยของด้านนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.26



แสดงแนวคิดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ส่วนแบ่งบางส่วนมีค่าเทรลโซลด์
มีค่าเพียงไประดับเท่าด้านหนึ่งมากเกินไป

ภาพที่ 4.27



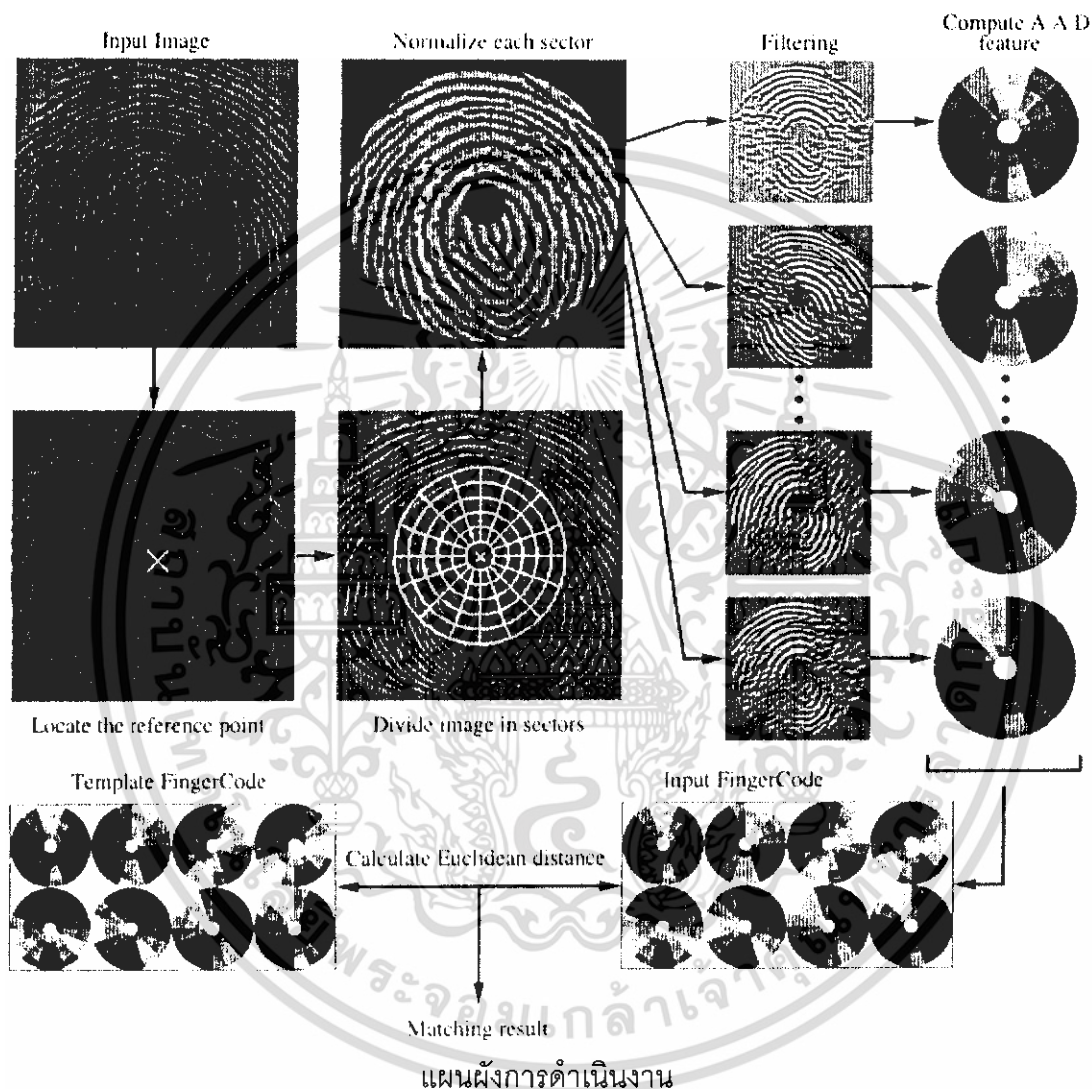
แสดงผลลัพธ์ของการการแก้ไขปัญหาจากผลของการทดลอง
โดยใช้หน้าต่างแบ่งส่วนขนาด 10x10 และ 20x20 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ความรู้และทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ เปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank

ภาพที่ 5.1



1. การรับข้อมูลรูปภาพ

2. การกำหนดตำแหน่งจุดอ้างอิง (Reference Point Location) จากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

3. การสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation) รอบจุดอ้างอิงแบ่งออกเป็น sector

4. การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)

5. การกรองรูปลายนิ้วมือโดยใช้ gabor filter

6. การคำนวณค่า AAD (Average Absolute Deviation) เพื่อเก็บเป็นลักษณะเฉพาะ

7. การเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 กระบวนการรับข้อมูลรูปภาพ

การรับข้อมูลรูปภาพลายนิ้วมือที่เป็น Grayscale ขนาด 256x256 พิกเซล ความละเอียด 256 dpi โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้รูปประเภท .tif จากลายนิ้วมือของ VeriFinger_Sample_DB 50 ลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือละ 8 รูป รวมเป็น 400 รูป

5.2 กระบวนการหาจุดศูนย์กลาง (Core Point) ของลายนิ้วมือเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง(reference point)

เมื่อได้ภาพของลายนิ้วมือที่จะใช้ในการทดสอบแล้วจะทำการหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือ (Core Point) หรือจุดตั้งต้นที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือ ซึ่งเป็นจุดที่มีส่วนโค้งมากที่สุดของส่วนที่โค้งเข้าข้างในของรูปลายนิ้วมือ โดยโดยใช้วิธีของ Hong and Jain ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในภาพลายนิ้วมือที่มีคุณภาพดี เพราะจะเกิดการหาจุดศูนย์กลางได้ไม่คลาดเคลื่อนซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจุดประสงค์ของการหาจุดศูนย์กลางเพื่อนำมาใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการสร้างขอบเขตที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของลายนิ้วมือ เพราะหากใช้วิธีการนี้ใช้กำหนดจุดกำหนดสำคัญในลายนิ้วมือที่มีคุณภาพต่ำ เช่น มีรอยแตก เป็นแผลเป็นผิวหนังแห้งเป็นสันดัดขวางแนววงของลายนิ้วมือ ดังนั้น Anil K. Jain [4] จึงนำเสนอวิธีใหม่วิธีการใหม่ในการกำหนดจุดสำคัญ โดยยึดข้อเสนอแนะที่หลากหลายที่ได้วิเคราะห์ ซึ่งวิธีการใหม่ของเราในการกำหนดจุดสำคัญแม่นยำกว่าวิธีการของ Hong และ Jain โดยก่อนที่จะนำภาพลายนิ้วมือมาหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือนั้น จะต้องผ่านตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ Sobel เพื่อลดสัญญาณรบกวนและหาค่า Gradient เพื่อหาค่าความชันเพื่อหาทิศทางในแต่ละส่วนก่อน โดยทำการแบ่งลายนิ้วมือออกเป็นบล็อกบล็อกขนาด $w \times w$ การหาค่า Gradient ของแต่ละบล็อก จากนั้นคำนวณหาทิศทาง ค่าความชันและการหักเหของเส้นในแต่ละบล็อก โดยใช้สมการของทฤษฎีการหาสนามทิศทาง จะได้ค่าประมาณของจุดศูนย์กลางออกมา เมื่อทำการหาจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือได้แล้ว เราจะได้ตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงในการเก็บข้อมูลของลายนิ้วมือซึ่งอาจเรียกอีกอย่างว่าจุดอ้างอิง (Reference Point)

ทฤษฎีการหาสนามทิศทางมาใช้เพื่อช่วยในการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ เนื่องจากการมองภาพลายนิ้วมือจากการไหลของลายเส้น (Ridge Flow) และคำนวณหาทิศทางที่เด่นที่สุดในบล็อกย่อย ๆ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนแรกคือการหาสนามทิศทาง(Orientation Field, o) สำหรับภาพลายนิ้วมือ ขนาด $P \times Q$ เมื่อ $o(i, j)$ การตัวแทนทิศทางแบบ local ที่ pixel (i, j) เป็นจุดศูนย์กลาง การระบุทิศทางแบบ local นี้ ปกติจะระบุรายละเอียดโดยใช้ค่าตัวแทนแต่ละบล็อก มากกว่าที่จะทำในทุกๆ pixel โดยจะแบ่งภาพลายนิ้วมือที่รับเข้ามาออกเป็นบล็อกขนาด $W \times W$ พิกเซล โดยที่แต่ละบล็อกจะไม่ซ้อนกัน และแต่ละทิศทาง (orientation) จะเป็นตัวอธิบายในแต่ละบล็อก (ดูภาพ (a) และ (b))

ภาพที่ 5.2



การคำนวณจุดกำหนดสำคัญ (a) orientation field ที่ทำให้เรียบทับซ้อนกับภาพถ่ายต้นฉบับ (ข) เขตปรับภาพ ($w = 10$) ที่แสดงให้เห็นการกระจายอย่างเข้ม ที่ตัดพื้นหลังออกภาพ (ค) ส่วนประกอบของเขตปรับภาพ pixel ที่มีคี่ที่สุด ทำให้พบกับจุดกำหนดสำคัญ ภาพถ่ายเหล่านี้ได้นำมาเพื่อตรวจสอบสังเกตว่ามีความคลุมเครือของ π ในการปรับภาพลายนิ้วมือ เช่น การปรับสัน แบบ local ที่ $\pi/2$ และปรับสันที่ $3\pi/2$ จะไม่สามารถที่จะเห็นความแตกต่างวิธีการได้รับการพัฒนาเพื่อที่จะคำนวณสนามทิศทางในลายพิมพ์นิ้วมือค่าเฉลี่ยอย่างน้อยที่สุด ในขั้นตอนประมาณการปรับภาพ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แบ่งภาพที่ป้อนเข้าไปเป็นบล็อกโดยไม่ให้บล็อกซ้อนกัน ขนาด $W \times W$
2. คำนวณ gradient $\partial_x(i, j)$ และ $\partial_y(i, j)$ ที่แต่ละพิกเซล (i, j) โดยคิดคำนวณ gradient จากตัว operator แบบ Sobel ซึ่งง่ายกว่าแบบ Marr - Hildreth ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนมากกว่า(เป็นวิธีการที่ Hong และ Jain เลือก)
3. ประมาณจากการปรับภาพแบบ local ของแต่ละบล็อกที่มีจุดศูนย์กลางที่พิกเซล (i, j) โดยใช้สมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2} \sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v) \quad (5.1)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-w/2}^{i+w/2} \sum_{v=j-w/2}^{j+w/2} 2\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v) \quad (5.2)$$

$$o(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{v_y(i, j)}{v_x(i, j)} \right) \quad (5.3)$$

ขณะที่ $o(i, j)$ ประมาณค่าอย่างน้อยที่ จำนวนยกกำลังสอง (square) ของสนามทิศทางแบบ local ที่มีจุดศูนย์กลางบล็อกที่ pixel(i, j) ตามหลักคณิตศาสตร์ มันแสดงถึงทิศทางที่ตั้งฉากหรือตรงดิ่งต่อทิศทางที่สำคัญ โดยใช้แถบคลื่นของฟอร์เรีย (Fourier Spectrum) ขนาด $W \times W$ window

เมื่อได้ทิศทางในแต่ละบล็อกก็ทำการกำหนดจุดศูนย์กลาง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำสนามทิศทาง o ตามที่อธิบายข้างต้น โดยใช้บล็อกที่ไม่เหลื่อมกันขนาด $W \times W$
2. ทำสนามทิศทาง o ให้เรียบซึ่งโดยใช้ low - pass filter แบ่งทำแต่ละส่วน ซึ่งสนามทิศทางของภาพลายนิ้วมือ (orientation image) ที่ผ่านการกรองจะเปลี่ยนจาก vector เป็น continuous vector field ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2o(i, j)) \quad (5.4)$$

$$\text{และ } \Phi_y(i, j) = \sin(2o(i, j)) \quad (5.5)$$

โดย Φ_x และ Φ_y คือส่วนประกอบของ x และ y ของ vector field ซึ่งเป็นวิธีที่นำเชื่อถือโดยทำให้มีผลต่อเขตทิศทาง (vector field) และที่เข้าตัวกรองแบบ low - pass filter สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-w\Phi/2}^{w\Phi/2} \sum_{v=-w\Phi/2}^{w\Phi/2} W(u, v) \cdot \Phi_x(i - uw, j - vw) \quad (5.6)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-w\Phi/2}^{w\Phi/2} \sum_{v=-w\Phi/2}^{w\Phi/2} W(u, v) \cdot \Phi_y(i - uw, j - vw) \quad (5.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W คือ ตัว low-pass filter 2 มิติ ขนาด $w_c \times w_c$ ซึ่งเป็นขนาดของ filter การทำให้ภาพเรียบ(Smoothing) โดยในการทดลองใช้ filter ที่มีขนาด 5×5 พิกเซล สนามทิศทางที่ผ่านการกรองทำให้เรียบ o' ที่ (i, j) ซึ่งมีประมวลผลได้ดังนี้

$$o'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\Phi_y(i, j)}{\Phi_x(i, j)} \right). \quad (5.8)$$

3.ประมวลค่า ε ซึ่งส่วนประกอบ sine ของ o' [ดูภาพ 6 (c)]

$$\varepsilon(i, j) = \sin(o'(i, j)). \quad (5.9)$$

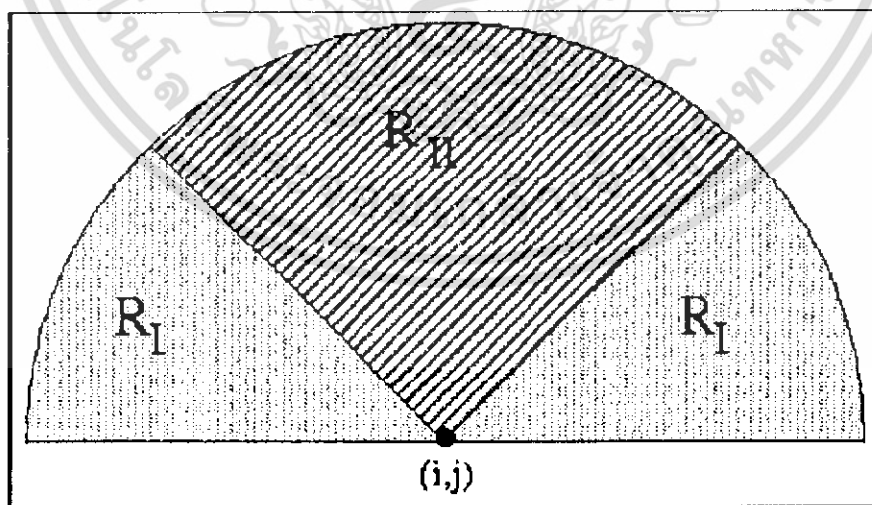
4.เริ่มด้วยค่า A ซึ่งเป็นภาพถ่ายมีสัญลักษณ์ที่บ่งชี้จุดที่ศูนย์กลาง

5.โดยแต่ละบล็อกที่มีจุดศูนย์กลาง (i, j) ใน ε ความเข้มของพิกเซลจะประสานกัน (ส่วนประกอบของ Sine ของเขตที่ปรับภาพ) ในบริเวณ R_1 และ R_2 ที่แสดงในภาพที่ 7 และกำหนด Pixel ที่ตอบสนองใน A ที่ระดับความแตกต่างของมัน

$$A(i, j) = \sum_{R_1} \varepsilon(i, j) - \sum_{R_2} \varepsilon(i, j). \quad (5.10)$$

ในส่วน R_1 และ R_2 (ดูภาพ 7) ได้ถูกกำหนดจากการสังเกตโดยใช้วิธีกำหนดจุดที่สำคัญ ตามข้อมูลพื้นฐานใหญ่ ใช้หลักเรขาคณิตในส่วน R_1 และ R_2 ซึ่งออกแบบให้รับกับเส้นที่โค้งที่สุด

ภาพที่ 5.3



ขอบเขตของการอินทิเกรตความหนาแน่นต่างๆของ ε pixel สำหรับ $A(i, j)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนหัวของแนวสัน(ดูรูปที่ 5) ถึงแม้ว่าจะมีการตรวจหาจุดอ้างอิงในหลายๆ กรณีนี้ได้ เป็นผลสำเร็จ รวมไปถึง double loop [ดูรูปที่ 8(a)] ซึ่งการนำเสนอนี้ผ่านไปแล้วนั้น ไม่ได้มีความ ถูกต้องแม่นยำและสอดคล้องกันสำหรับชนิดส่วนโค้งของลายนิ้วมือ

6. หาจุด $A(i,j)$ ที่ให้ค่า A สูงที่สุดในภาพลายนิ้วมือ และกำหนดจุดแกนกลางของบล็อคนั้นเป็นจุดอ้างอิง

7. เพื่อทำการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางที่แม่นยำที่สุด จะทำการหาจุดศูนย์กลางซ้ำโดยเริ่ม กระบวนการตั้งแต่นั้นที่ 1-6 โดยใช้ขนาดของหน้าต่างเป็น $w' \times w'$ ที่ w' ใหม่ $< w$ เก่า และจำกัด การค้นหาสำหรับจุดอ้างอิงในขั้นตอนที่ 6 ในบริเวณใกล้เคียงเฉพาะที่จุดอ้างอิงเก่า ในการทดลอง เราได้ใช้ $w = 15, 10$ และ 5 pixels ตามลำดับทดลองซ้ำแบบนี้ถึง 3 ครั้ง และด้วยเหตุนี้ความ คลาดเคลื่อนในการตรวจหาจุดอ้างอิงคือ 5 pixels

แผนผังตัวอย่างของเราสามารถยอมรับความคลาดเคลื่อนในการประเมินจุดอ้างอิงที่มากที่สุดคือ 5 พิกเซลจากตำแหน่งที่ "จริง" ของมันเอง(โดยประมาณ 1 หน่วยระยะทางของแนวสัน ของภาพขนาด 256×256)

ภาพที่ 5.4



ตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมตำแหน่งจุดอ้างอิง

คุณภาพของลายนิ้วมือที่ต่ำที่จะทำให้ได้อัลกอริทึมตำแหน่งจุดอ้างอิงที่ผิดพลาด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 กระบวนการสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูล (Tessellation)

จะเป็นการสร้างขอบเขตสำหรับการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือโดยแบ่งออกเป็นส่วนๆ โดยหากกำหนดให้ (x,y) เป็นตำแหน่งจุดใดๆในภาพลายนิ้วมือขนาด $M \times N$ พิกเซล โดยนิยามให้ (x_c, y_c) เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการกำหนดพื้นที่ที่ให้ความสนใจซึ่งจะครอบคลุมทุก sector s , เมื่อ i เป็นลำดับของ sector ที่ถูกคำนวณในเทอมของพารามิเตอร์ (r, θ) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$S_i = \{(x, y) | b(T_i + 1) \leq r < b(T_i + 2), \theta_i \leq \theta < \theta_{i+1}, 1 \leq x \leq N, 1 \leq y \leq M\} \quad (5.11)$$

เมื่อ $i =$ ลำดับค่าที่เป็นไปได้ของการแบ่ง sector ซึ่งอยู่ระหว่าง $0, \dots, (B \times k - 1)$ ซึ่งในโนที่มีค่าเท่ากับ 0-79

โดย

$B =$ คือจำนวนรอบวงซ้อนภายในพื้นที่ที่เรสนใจซึ่งในโนที่มีค่าเท่ากับ 5

$k =$ คือจำนวนตัดแบ่งรอบวงกลมซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 ในแต่ละวง นั่นคือแต่ละส่วนจะถูกแบ่งออกเป็น $360/16 = 22.5$ องศา

$b =$ ระยะห่างในแต่ละรอบวงซ้อนซึ่งในโนที่มีค่าความกว้างเท่ากับ 20 พิกเซล ซึ่งเป็นความกว้างที่เหมาะสมในการกำหนดพื้นที่แต่ละ Sector ที่จะเก็บลักษณะสำคัญแต่ละส่วน โดยหากมากกว่านี้จะทำให้เก็บข้อมูลเฉพาะแต่ละส่วนไม่ดี

$$T_i = i \text{ div } k, \quad (5.12)$$

$$\theta_i = (i \text{ mod } k) \times (2\pi/k), \quad (5.13)$$

$$r = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} \quad (5.14)$$

$x_c, y_c =$ จุดศูนย์กลางที่คำนวณได้

$$\theta = \tan^{-1}((y - y_c) / (x - x_c)) \quad (5.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5.5



แสดงการแบ่งส่วนออกเป็น sector จากจำนวนรอบและองศาที่แบ่งตัด
ซึ่งจากภาพคือ $5 \times 16 = 80$ sector โดยมีระยะความกว้างในแต่ละวงเท่ากับ 20 พิกเซล

โดยรอบวงด้านในสุดจะไม่ถูกใช้เป็นที่ที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางซึ่งมีค่าความโค้งในมุมที่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้

5.4 การปรับภาพเบื้องต้น (Normalization)

การปรับแต่งคุณภาพภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์ในการปรับความแปรปรวนของระดับสีเทาของเส้นสันและร่องลายนิ้วมือเนื่องจากแรงกดนิ้วมือในภาพมีไม่เท่ากันให้อยู่ในระดับมาตรฐานเพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเส้นสัน ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{\text{VAR}_0(I(i, j) - M^2)}{\text{VAR}}} & \text{if } I(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{\text{VAR}_0(I(i, j) - M^2)}{\text{VAR}}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5.16)$$

เมื่อ

$N(i, j)$ คือ ระดับค่าสีเทาของภาพที่ปรับแล้วที่จุดภาพ (i, j)

$I(i, j)$ คือ ค่าระดับสีเทาของจุด (i, j) บนภาพก่อนทำการ Normalization

M คือ ค่าประมาณเฉลี่ยของ I ใน sector นั้นๆ

VAR คือ ค่าแปรปรวนของ I

M_0 คือ ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยที่ต้องการ

VAR_0 คือ ค่าความแปรปรวนที่ต้องการ

5.5 การกรองรูปลายนิ้วมือโดยใช้ gabor filter

วิธีการทำงานเริ่มจากสร้าง ฟิวเจอร์ขนาด 33×33 ขึ้นมา โดยใช้ สมการของกาบอร์ ฟิวเจอร์ เมื่อได้ ฟิวเจอร์ออกมาแล้วจึงนำมากรองกับรูปภาพลายนิ้วมือ โดยหมุนฟิวเจอร์ตามมุมต่าง ๆ ทั้งหมด 8 มุม คือ $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ$ และ 157.5° เพื่อกรองให้เหลือแต่แนวของลายนิ้วมือที่ขนานกับองศาที่เป็น filter

โดยสูตรของ Gabor มีรูปแบบดังนี้

$$G(x, y; f, \theta) = \exp \left\{ \frac{-1}{2} \left[\frac{x'^2}{\delta_x^2} + \frac{y'^2}{\delta_y^2} \right] \right\} \cos(2\pi f x') \quad (5.17)$$

$$x' = x \sin \theta + y \cos \theta \quad (5.18)$$

$$y' = x \cos \theta - y \sin \theta \quad (5.19)$$

เมื่อ f คือ ความถี่คลื่นตามทิศทาง θ จากเส้นแกน x - axis, และ

δ_x และ δ_y คือ ขอบเขตของเกาส์เซียน (Gaussian) ในแนวแกน x และแกน y

ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ทำการคำนวณหาค่า AAD (Average Absolute Deviation)

เป็นการหาเฉลี่ยของผลรวมผลต่างค่าสัมบูรณ์ค่าระดับสีเทาของแต่ละ sector ในแต่ละภาพ
องศาที่ผ่านการทำ gabor filter

$$V_{i\theta} = \frac{1}{n_i} \left(\sum_n |F_{i\theta}(x, y) - \bar{F}_{i\theta}| \right) \quad (5.20)$$

โดย

i เป็นลำดับแต่ละ sector

θ เป็นองศาที่ใช้ทำ gabor filter ซึ่งประกอบไปด้วย $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ$
และ 157.5° (เป็นการทำส่วนกลับที่ต่างกัน 180° ด้วย) แบ่งได้เป็น 16 ส่วน

$F_{i\theta}$ เป็นค่าระดับเทาของแต่ละพิกเซลของแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศา

$\bar{F}_{i\theta}$ เป็นค่าระดับเทาเฉลี่ยแบบมัธยฐานของทุกพิกเซลในแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศา

ดังนั้นใน 1 ลายนิ้วมือเราจะได้ค่าในแต่ละ sector ในแต่ละภาพองศาเป็น $4 \times 16 = 64$ ค่าเพื่อนำมาใช้
ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

5.7 ทำการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance

เป็นสูตรหาระยะห่างระหว่าง จุด x และ y แบบ 2 มิติ ซึ่งมาประยุกต์ใช้ในการ
เปรียบเทียบค่าระดับเทาของแต่ละ sector ของสองลายนิ้วมือเพื่อคำนวณหาค่าความแตกต่าง
ออกมา ซึ่งหากมีค่ามากแสดงว่า 2 ลายนิ้วมือนั้นแตกต่างกันมาก โดยใช้สูตรดังนี้

$$d = |x - y| = \sqrt{\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^2} \quad (5.21)$$

โดย x และ y แทนค่า AAD ในแต่ละ sector

$$V_{i\theta}^R = V_{i\theta} \quad (5.22)$$

$$i' = (i + k + R) \bmod k + (i \text{ div } k) \times k \quad (5.23)$$

$$\theta' = (\theta + 180^\circ + 22.5^\circ \times R) \bmod 180^\circ \quad (5.24)$$

เมื่อ $k (= 16)$ คือจำนวนของทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i เป็นลำดับของ sector ซึ่ง $i \in [0,1,2,\dots,79]$

และ $\theta \in [0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ, 157.5^\circ]$

โดย $V_{i\theta}$ เป็นการนำค่า AAD ที่ตำแหน่ง sector ที่ i ของภาพที่กรองด้วยองศา θ มาเปรียบเทียบกับ $V_{i\theta}$ ในอีกภาพลายนิ้วมือที่มาทำการเปรียบเทียบโดยแปรผันตามค่า R ซึ่งโดยมาตรฐานแล้วในแต่ละ sector ที่ i ของภาพที่กรองด้วยองศา θ หนึ่งๆจะทำการนำมามีค่า AAD เปรียบเทียบกับค่า AAD ในอีกภาพลายนิ้วมือทั้งหมด 5 ตำแหน่งตามค่า R ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ -2, -1, 0, 1, 2 คือ $V_{i\theta}^{-2}, V_{i\theta}^{-1}, V_{i\theta}^0, V_{i\theta}^1, V_{i\theta}^2$ ด้วยความคาดหวังว่าการวางภาพของลายนิ้วมือทั้งสองนั้นจะไม่ต่างกันเกิน -45 ถึง +45 องศา นั่นคือที่ -45, -22.5, 0, 22.5-45 ตามลำดับ แล้วทำการเลือก $V_{i\theta}^R$ ตัวที่ได้ผลค่า Euclidian distance ที่น้อยที่สุดที่ทำกับ $V_{i\theta}$ ทำเช่นนั้นกับทุกๆ sector ในแต่ละรูปของการกรองทั้ง 8 องศา แล้วนำผลทั้งหมดมารวมกัน จากนั้นนำมาเทียบกับลายนิ้วมืออื่นๆต่อไป โดยลายนิ้วมือไหนที่มีค่าการเปรียบเทียบด้วยการคำนวณค่าแบบ Euclidian distance น้อยที่สุด โดยหากอยากเพิ่มขอบเขตของการหมุนก็ต้องเพิ่มขอบเขตของค่า R ซึ่งจะทำให้เวลาในกระบวนการเปรียบเทียบสูงขึ้น

บทที่ 6

การทดลองระบบเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

6.1 การเตรียมกระบวนการ

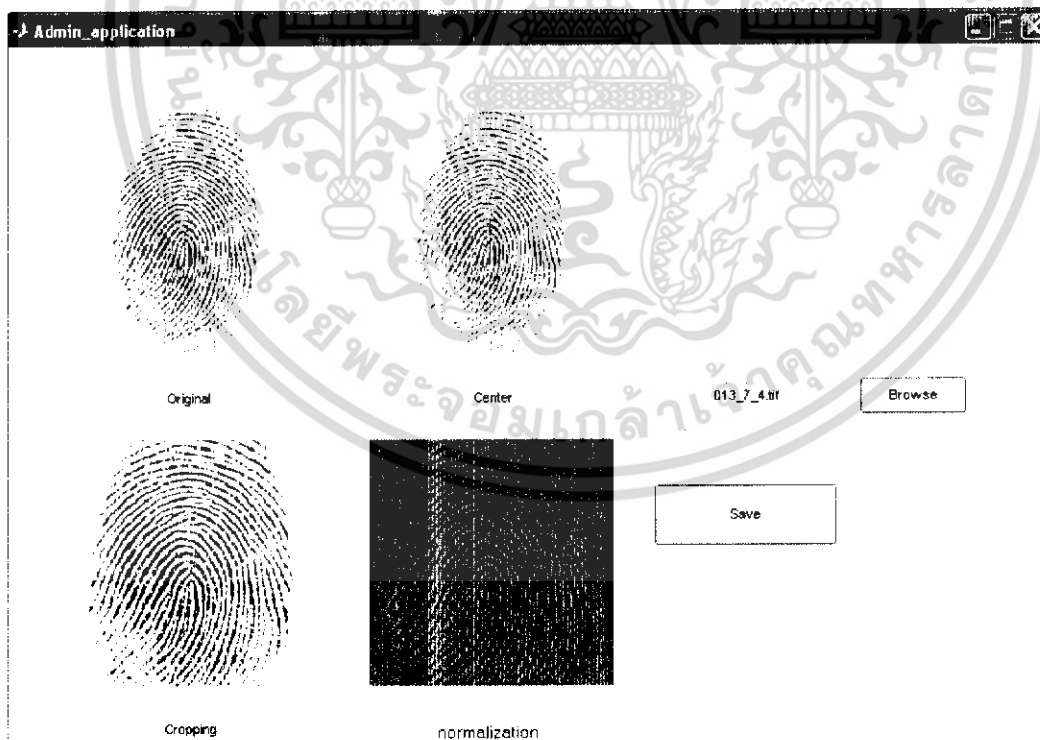
ระบบเปรียบเทียบลายนิ้วมือมีการเตรียมการดังนี้

- โปรแกรมที่ใช้พัฒนา คือ โปรแกรม MATLAB 7.0.4
- บทความที่ใช้ในการอ้างอิง คือ Filterbank-Based Fingerprint Matching โดย Anil K. Jain, *Fellow, IEEE*, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti
- ลายนิ้วมือที่มาทำฐานข้อมูลคือ VeriFinger_Sample_DB มีการปรับขนาดเป็น 256x256 Pixels ความละเอียด 256 dpi

6.2 รูปแบบโปรแกรม

โปรแกรมถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ Admin application และ User application Admin application เป็นส่วนในการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือ ซึ่งมีส่วนแสดงผลของกระบวนการดังนี้

ภาพที่ 6.1

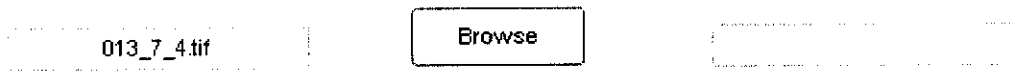


โปรแกรมส่วน Admin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการกด browse เพื่อทำการเลือกภาพ โดยกรอกช่องด้านหลังเพื่อระบุถึงเจ้าของลายนิ้วมือ

ภาพที่ 6.2



ส่วนของการเลือกภาพ

ภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.4



ทำการ crop ภาพจากจุดศูนย์กลางออกไป เป็นพื้นที่ 175x175 พิกเซลและทำการ normalization ภาพเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

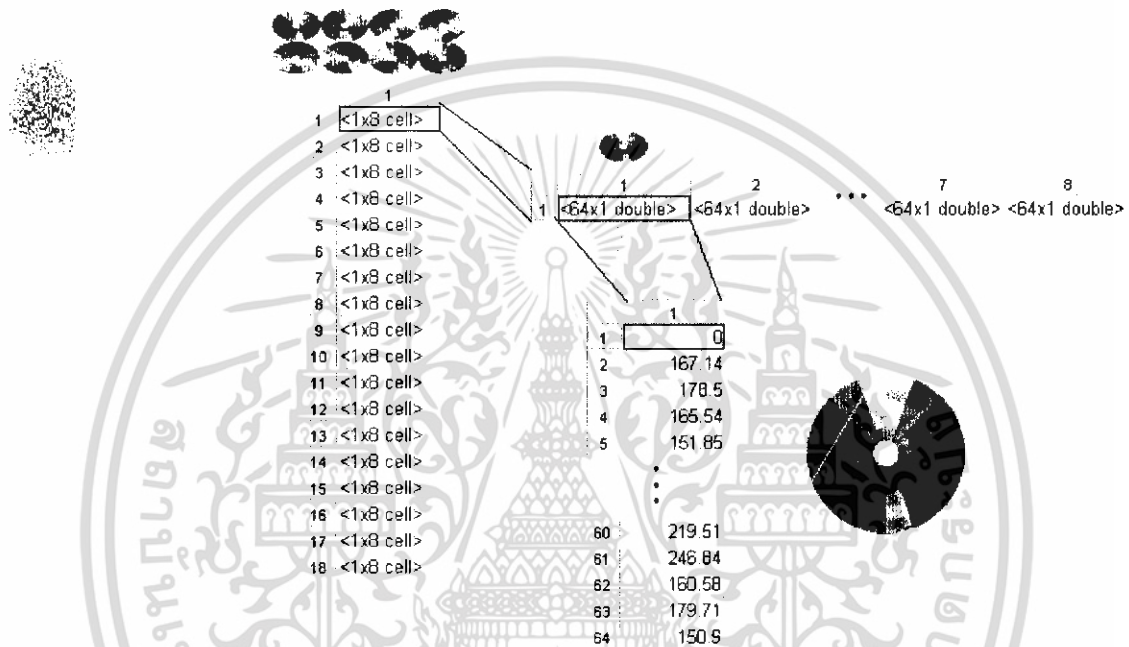
ภาพที่ 6.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการ gabor filter ด้วยองศา 8 ส่วนใน 180 องศา คือ $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ$ โดยแทนส่วนกลับอีกครึ่งวงกลมที่ห่าง 180 องศา ด้วย แล้วเก็บค่า 4 ชั้นๆละ 16 ส่วนเป็น 64 ค่า แล้วมาทำการหาค่าโดยใช้ AAD เพื่อหาค่าเฉลี่ยจากผลต่างค่าเฉลี่ยมีฐาน แล้วเก็บค่าเหล่านั้นลงฐานข้อมูล

ภาพที่ 6.6

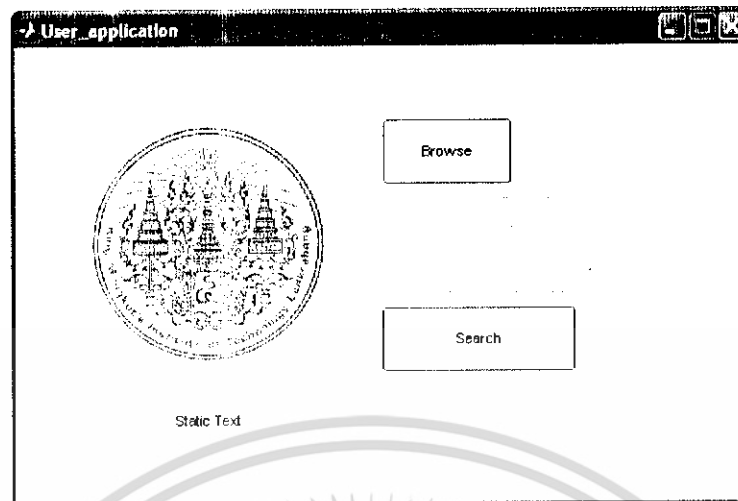


การนำค่า fingercode เก็บไว้ในฐานข้อมูล

ส่วนของ User application ทำการรับภาพฐานลายนิ้วมือแฝงเข้ามาเพื่อเพื่อทำกระบวนการต่างๆ เหมือนดังส่วน Admin application แต่ไม่เก็บเข้าฐานข้อมูลแต่ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลของลายนิ้วมือในฐานข้อมูล หากเปรียบเทียบแล้วตรงกันจะแสดงลำดับของลายนิ้วมือนั้นที่อยู่ในฐานข้อมูลพร้อมข้อมูลเฉพาะที่กรอกลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.7



โปรแกรมส่วน User

6.3 การทดลอง

6.3.1 การทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 1 ลายในฐานข้อมูล(ไม่มีซ้ำ)

การทดลองทำการเก็บลายนิ้วมือ จำนวน 40 ลายนิ้วมือ และทำการ ทำการสุ่มลายนิ้วมือแฝง จำนวน 50 ลายนิ้วมือ โดย 40 ลายนิ้วมือเป็นลายนิ้วมือเดียวกันกับในฐานข้อมูลอย่างละตัวและอีก 10 ตัวเป็นลายนิ้วมือแฝง ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลซึ่งผลออกมาดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 1	1	1	1	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 2	2	2	2	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 3	1	3	3	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 4	4	13	13	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 5	1	5	5	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 6	6	6	4	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 7	7	7	7	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 8	8	8	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 9	9	9	9	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 10	10	10	7	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 11	12	11	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 12	12	35	12	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 13	14	13	31	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนิ้วมือแฝงที่ 14	22	18	12	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 15	15	15	15	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 16	16	15	16	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 17	17	12	17	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 18	18	23	18	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 19	17	15	19	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 20	20	20	20	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 21	21	21	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 22	22	None	22	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 23	23	23	23	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 24	24	24	24	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 25	25	40	25	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 26	17	26	26	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 27	27	27	27	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 28	28	28	28	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 29	29	29	29	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 30	30	30	30	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 31	31	31	31	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 32	32	31	32	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 33	33	14	33	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 34	34	34	34	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 35	36	35	7	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 36	36	31	33	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 37	4	33	37	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 38	2	28	28	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 39	39	39	39	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 40	40	40	40	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 41	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 42	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 43	12	None	18	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 44	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 45	17	None	9	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 46	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 47	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 48	None	None	None	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนิ้วมือแฝงที่ 49	None	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 50	None	None	None	
สรุป	40/50	35/50	37/50	74.6%

แสดงผลการทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 1 ลายในฐานข้อมูล

แนวทางในการแก้ไขในการทดลองคือการเพิ่มลายนิ้วมือเดียวกันลงในฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มโอกาสความถูกต้องโดยในที่นี้คือ ใช้ลายนิ้วมือเดียวกันลงในฐานข้อมูล 3 ตัว จำนวน 40 ลายนิ้วมือ และทำการเปรียบเทียบโดยใช้ลายนิ้วมือแฝง 50 ตัวเช่นเดิม โดย 40 ลายนิ้วมือเป็นลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานและอีก 10 ตัวเป็นลายนิ้วมือที่ไม่อยู่ในฐาน

6.3.2 การทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 3 ลายในฐานข้อมูล(ไม่มีซ้ำ)

ส่วน Admin application ที่ปรับปรุงใหม่มีการรับค่าทั้งหมด 3 ลายนิ้วมือซึ่งเป็นลายนิ้วมือเดียวกัน

ภาพที่ 6.8



โปรแกรมส่วน Admin ที่รับลายนิ้วมือเดียวกันแต่ต่างครั้งที่พิมพ์พร้อมกัน 3 ลายนิ้วมือซึ่งได้ผลออกมาตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ลายนิ้วมือแฝงที่ 1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนิ้วมือแฝงที่ 2	2	2	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 3	3	3	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 4	4	4	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 5	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 6	6	6	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 7	7	7	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 8	8	8	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 9	9	9	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 10	10	10	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 11	11	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 12	12	12	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 13	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 14	14	14	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 15	15	15	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 16	16	16	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 17	17	17	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 18	18	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 19	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 20	20	20	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 21	21	21	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 22	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 23	23	23	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 24	24	24	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 25	25	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 26	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 27	27	27	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 28	28	28	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 29	29	29	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 30	30	30	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 31	31	31	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 32	32	31	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 33	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 34	34	34	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 35	35	35	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 36	36	36	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายนิ้วมือแฝงที่ 37	37	37	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 38	38	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 39	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 40	40	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 41	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 42	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 43	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 44	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 45	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 46	22	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 47	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 48	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 49	None	None	
ลายนิ้วมือแฝงที่ 50	None	None	
สรุป	41/50	39/50	80%

แสดงผลการทดลองสำหรับลายนิ้วมือ 3 ลายในฐานข้อมูล

จากผลการทดลองได้ผลดีขึ้นจากการใช้ลายนิ้วมือที่เพิ่มขึ้นในแต่ละลายนิ้วมือ แต่ในการกลับกัน
 ในส่วนของฐานข้อมูลหากมีมากขึ้นจะทำให้โอกาสที่จะเกิด การยอมรับความไม่ถูกต้อง (false
 acceptance) โดยการเลือกลายนิ้วมือที่ผิดสูงขึ้น

ตารางที่ 6.3

TABLE I
 FALSE ACCEPTANCE AND FALSE REJECT RATES WITH DIFFERENT THRESHOLD
 VALUES FOR THE MSU_DBI DATABASE

Threshold value	False Acceptance Rate (%)	False Reject Rate (%)
30	0.10	19.32
35	1.07	7.87
40	4.59	2.83

แสดงค่า False Acceptance และ False Reject Rates สำหรับการกำหนดค่า threshold

ที่ต่างกันในฐานข้อมูลชื่อ MSU_DBI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่า Threshshold ที่ใช้เพื่อกำหนดขอบเขตที่ยอมรับได้ว่าลายนิ้วมือที่นำมาเปรียบเทียบกันเป็นลายนิ้วมือเดียวกัน โดยหากค่า Threshshold ยิ่งมากแสดงว่าโอกาสในการคัดออกลดลง False Reject rate จึงมากขึ้น แต่ในทางกลับกันก็ทำให้โอกาสในการยอมรับว่าลายนิ้วมือคนละลายเป็นลายนิ้วมือเดียวกัน จากสถิติเราสามารถแสดงออกมาเป็นรูปภาพเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน

6.4 สรุปการทดลอง

ความผิดพลาดของโปรแกรมจะมีสูงหาก

1. การหาจุดศูนย์กลางในการอ้างอิงผิดพลาด อาจเกิดมาจาก

- คุณภาพของภาพลายนิ้วมือ และการจัดวางลายนิ้วมือบนภาพ
- รูปแบบลายนิ้วมือบางประเภทมักหาจุดศูนย์กลางผิดพลาด



แสดงภาพต้นแบบและภาพที่แสดงจุดกึ่งกลางที่หาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.10



แสดงภาพต้นแบบและภาพที่แสดงจุดกึ่งกลางที่หาได้จากลายนิ้วมือเดียวกันกับภาพที่ 6.9 แต่ต่าง
ครั้งที่พิมพ์ซึ่งได้จุดศูนย์กลางคลาดเคลื่อนกันมาก

2. ลักษณะของรูปแบบลายนิ้วมือชนิดเดียวกันที่คล้ายกัน

3. การได้จุดศูนย์กลางลายนิ้วมือลายนิ้วมือที่อยู่ขอบภาพมากเกินไป ทำให้พื้นที่ส่วนที่เป็น sector
ข้อมูลขาดหายไป

ภาพที่ 6.11



แสดงภาพลายนิ้วมือที่มีจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือลายนิ้วมือที่อยู่ขอบภาพมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปคือ ข้อดีของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ filterbank คือการสามารถแยกประเภทลายนิ้วมือ ทำให้สามารถจัดกลุ่มประเภทลายนิ้วมือเพื่อสามารถลดการค้นหาทุกภาพลายนิ้วมือ

ข้อเสียการเปรียบเทียบที่มีผลลัพธ์เป็นจำนวนค่า อาจมีความละเอียดไม่พอที่จะแยกการเปรียบเทียบระหว่างการ Reject หรือ Accept โดยการกำหนดจุดศูนย์กลางมีความสำคัญสูงในการได้ค่าที่ถูกต้อง โดยเฉพาะหากภาพลายนิ้วมือมีคุณภาพต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการพัฒนา

7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 การวิจัยในส่วนของ การปรับปรุงคุณภาพของภาพ ที่ได้ทำการวิจัยในเทอมแรกนั้นมี จุดประสงค์เพื่อให้ได้ภาพลายนิ้วมือที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นซึ่งเหมาะต่อการนำไปใช้งานที่สอดคล้องกับ กระบวนการทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะทำให้ภาพลายนิ้วมือมี ประสิทธิภาพ นอกจากการเลือกกระบวนการปรับปรุงที่เหมาะสมแล้ว การได้มาซึ่งภาพลายนิ้วมือ ต้นแบบก็เป็นส่วนที่สำคัญยิ่ง ฉะนั้นกระบวนการเก็บลายนิ้วมือควรมีมาตรฐานในการจัดเก็บ ทั้ง เรื่องลักษณะการกด องศาที่คลาดเคลื่อนได้(ซึ่งหากจำกัดไว้จะทำให้การเปรียบเทียบลายนิ้วมือทำ ได้เร็วขึ้น) และขนาดของลายนิ้วมือเมื่อเทียบกับลายนิ้วมือจริง ที่จำเป็นต้องกำหนดให้เป็น มาตรฐานเดียวกันในลายนิ้วมือหนึ่งๆ เพราะหลักการการเปรียบเทียบส่วนมากใช้ทิศทางและ ระยะทางเป็นค่าในการเปรียบเทียบ ดังนั้นภาพที่นำมาเปรียบเทียบควรทำให้มีอัตราส่วนที่เท่ากัน ก่อน

7.1.2 การวิจัยกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ที่ได้ทำการทดลองใน เทอมที่ 2 นั้นมีจุดประสงค์เพื่อใช้เปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยหลังจากการทดลองจะเห็นได้ว่า กระบวนการที่สำคัญที่สุดของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบนี้คือ การหาจุดศูนย์กลางเพื่อใช้เป็น จุดอ้างอิงเพราะหากเกิดความคลาดเคลื่อนเกินความกว้างของ 1 sector (2 เท่าของความหนาของ เส้นลายนิ้วมือ) จะทำให้การครอบลายนิ้วมือด้วย sector ที่ควรจะอยู่ใน sector ขึ้นเดียวกันของ ภาพลายนิ้วมือเดียวกันอยู่คนละชั้น ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบได้สูง หาก เปรียบเทียบกับการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญซึ่งวัดระยะจากจุดศูนย์กลาง และจุดลักษณะสำคัญ ซึ่งก็ต้องทำการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงก็มีจุดสำคัญเช่นเดียวกัน แต่ข้อดีของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญนั้นจะมีประสิทธิภาพดีกว่าตรง False Reject Rate มีอัตราที่น้อยกว่า(แม่นยำสูงกว่า) เพราะใช้การเปรียบเทียบจุดต่อจุดมาหา ระยะซึ่งจากขั้นตอนนี้สามารถพิจารณาได้เลยว่าลายนิ้วมือนี้ตรงหรือไม่โดยใช้จุดศูนย์กลาง เปรียบเทียบกับจุดลักษณะพิเศษหลายจุด แต่การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ใช้ ผลรวมของค่าความแตกต่างซึ่งอาจจะมีลายนิ้วมือที่เป็นประเภทเดียวกันแต่เป็นคนละลายนิ้วมือ ได้ผลเป็นตรงกันได้ หรือลายนิ้วมือเดียวกันที่หาจุดศูนย์กลางคลาดเคลื่อนกันมากก็อาจจะถูก พิจารณาว่าไม่ตรงกันได้ และอีกกระบวนการหนึ่งที่เป็นปัญหาคือส่วนของ การ crop เพื่อ กำหนดการแบ่ง sector หากจุดศูนย์กลางลายนิ้วมือลายนิ้วมือที่อยู่ขอบภาพมากเกินไป ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ส่วนที่เป็น sector ข้อมูลขาดหายไปบางส่วน ซึ่งในกระบวนการก็ยังนำส่วน sector วางเปล่าที่ขาดไป ไปใช้ในการเปรียบเทียบหาความความต่างซึ่งจะให้ความคลาดเคลื่อนมากขึ้น

7.2 การพิจารณาการทดลอง

7.2.1 ความถูกต้อง(Accuracy) ในความถูกต้องเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆแล้วถือว่ามีความถูกต้องที่เท่าเทียมกัน หากเทียบกับมนุษย์แล้วยังถือว่ามีความถูกต้องกว่าอยู่พอสมควร ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อความถูกต้องนั้นคือ มาตรฐานในการเก็บภาพลายนิ้วมือที่มีคุณภาพทั้งเรื่องความคมชัด, น้ำหนักลายนิ้วมือ, องศาที่กำหนด และตำแหน่งการวางลายนิ้วมือ ในส่วนของกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ซึ่งมีจุดสำคัญที่การหาจุดศูนย์กลาง หากทำให้กระบวนการนี้มีความแม่นยำมากขึ้นจะทำให้ความถูกต้องของการเปรียบเทียบสูงไปด้วย โดยอาจใช้ภาพลายนิ้วมือเดียวกันที่ต่างครั้งพิมพ์หลายภาพเพื่อหาจุดศูนย์กลางให้แม่นยำ เช่น การตัดเอาส่วนที่มีคุณภาพดีของแต่ละภาพมารวมกันเป็นภาพลายนิ้วมือที่ดี, การหาค่าเฉลี่ยของพิกัดจากหลายภาพหลายนิ้วมือเดียวกัน(อ้างอิงเฉพาะจากพื้นที่ที่มีลายนิ้วมือกดทับ เพราะหากพิจารณาทั้งภาพจะรวมเอาส่วนที่ไม่มีลายนิ้วมือเข้าไป ซึ่งหากลายนิ้วมือมีตำแหน่งหรือองศาที่คลาดเคลื่อนก็จะทำให้ผลคลาดเคลื่อนไปด้วย) เป็นต้น โดยหากมองในด้านขนาดแล้วแล้วการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank นั้นขนาดภาพที่เล็กกว่าจะทำให้เกิดค่าความแตกต่างของลายนิ้วมือน้อยกว่า ดังนั้นการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank จึงไม่เหมาะกับการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือขนาดใหญ่ และหากมีจำนวนลายนิ้วมือให้เปรียบเทียบจำนวนมาก โอกาสที่อัตราของความถูกต้องลดลงจะมีสูง ซึ่งจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการให้มีความแม่นยำมากขึ้น

7.2.2 ความมีเสถียรภาพ (Stability) การใช้คอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบย่อมมีเสถียรภาพที่ดีกว่ามนุษย์ที่มีความเหนื่อยล้า โดยหากเปรียบเทียบกับกระบวนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบหาจุดลักษณะสำคัญถือว่าให้ความเร็วที่ดีกว่าเพราะมีการเก็บค่าที่น้อยกว่ากระบวนการต่างๆ ก็สิ้นและไม่ซับซ้อน แต่ให้ผลความถูกต้องที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในระบบที่ต้องรองรับข้อมูลจำนวนมากหากมองเรื่องเสถียรภาพแล้วแบบ Filter-Bank จะดีกว่า

7.2.3 ความเร็ว (Speed) เนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนทำการ การเปรียบเทียบลายนิ้วมือแบบ Filter-Bank ใช้เวลาเร็วกว่ามนุษย์และรูปแบบการเปรียบเทียบอื่น โดยในเรื่องนี้ต้องพิจารณาจากส่วนอื่นประกอบด้วย เช่น การเขียนโปรแกรม ประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์

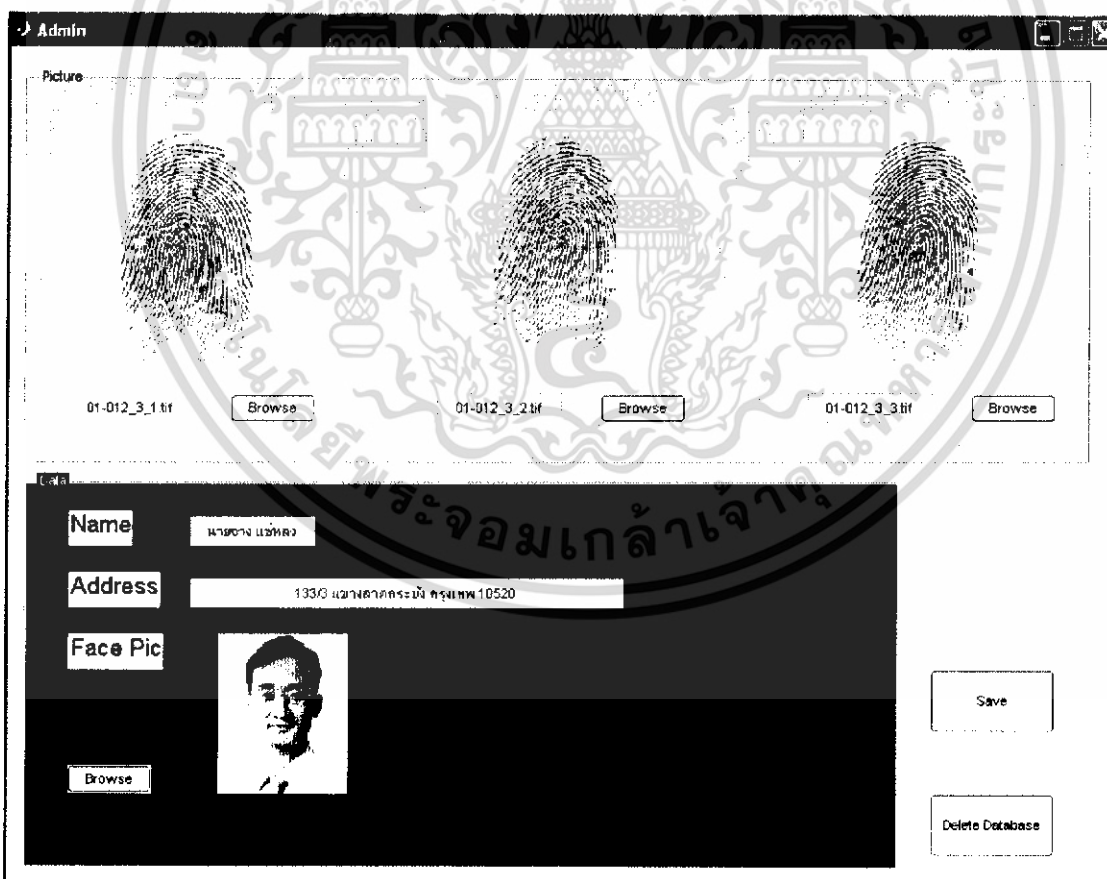
7.2.4 ความน่าเชื่อถือ (Reliability) กระบวนการนี้ผ่านการรับรองจาก IEEE ซึ่งถือเป็นกระบวนการหลักๆในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งผู้ศึกษาได้ทำตามขั้นตอนทุกประการ แต่ในเรื่องของความถูกต้องเพื่อจะนำไปใช้จริงใช้ถือว่าอัตราความผิดพลาดยังมีสูง ต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 แนวทางในการพัฒนา

ในส่วนของเรื่องความถูกต้องยังคงต้องทำการปรับปรุงโดยเฉพาะการหาจุดกึ่งกลางเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง ซึ่งการเลือกใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งมีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มากมายทำให้ง่ายต่อการพัฒนา โดยต้องควบคู่ไปกับการเก็บลายนิ้วมือที่มีมาตรฐานด้วยจึงจะมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งอาจจะมีส่วนฟังก์ชันเสริมในการปรับปรุงลายนิ้วมือ เช่น บางส่วนของลายนิ้วมือขาดหายไปก็สามารถทำการทำนายจากรูปแบบลายนิ้วมือเพื่อต่อเติมส่วนที่ขาด หรือหากลายนิ้วมือที่ได้มาเป็นลายนิ้วมือแฝงที่ได้มาจากวัสดุที่ไม่ราบเรียบ โค้งมน อย่างเช่นได้จากขวด, แก้ว ซึ่งทำให้ลายนิ้วมือบิดโค้งเสียรูปไปจากลายนิ้วมือจริง ก็สามารถปรับปรุงให้ใกล้เคียงกับลายนิ้วมือจริงที่สุด ส่วนเรื่องการปรับปรุงไปใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพก็ขึ้นอยู่กับงานที่จะนำเอากระบวนการนี้ไปใช้ เช่นนำไประบุตัวบุคคล อย่างผู้กระทำความผิดก็สามารถเพิ่มเติมฐานข้อมูลประวัติและรูปของผู้ต้องหาที่อยู่ในฐานข้อมูลได้ ตั้งโปรแกรมที่ตัวนักศึกษาได้พัฒนาขึ้นตามภาพด้านล่าง ซึ่งจะอยู่ใน folder promgram version4(ตัวพัฒนาการนำเสนอข้อมูล) ในแผ่นข้อมูล

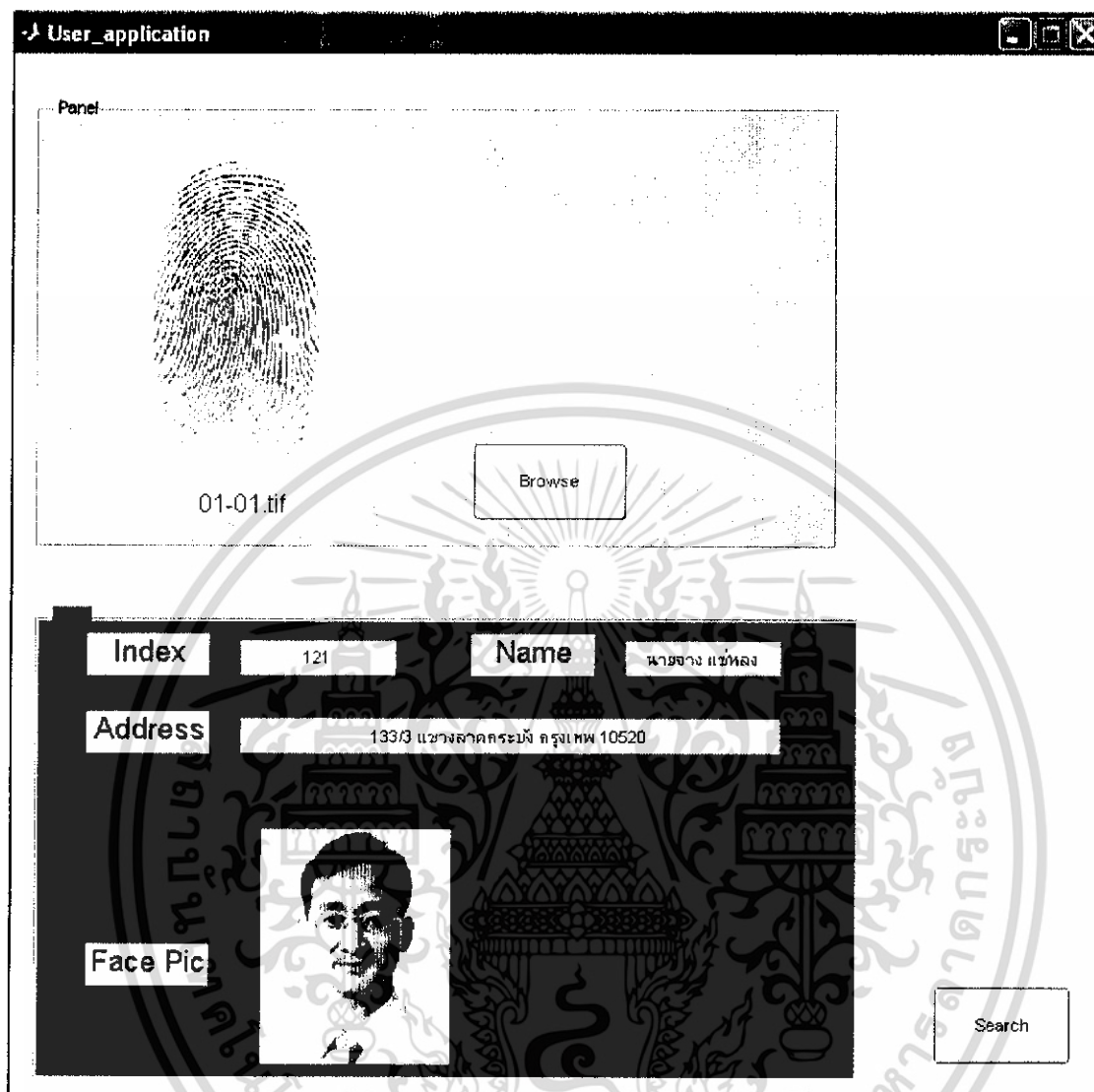
ภาพที่ 7.1



แสดงหน้าจอของโปรแกรมส่วน Admin ที่มีการเพิ่มการกรอกข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7.2



แสดงหน้าจอของโปรแกรมส่วน User ที่มีการแสดงข้อมูลเจ้าของลายนิ้วมือเพิ่มเติมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1]อุกฤษฏ์ ศรีเสือขาม, "การประมวลลายพิมพ์นิ้วมือเบื้องต้นสำหรับระบบตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมืออัตโนมัติ" ปรินฎยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์สาขาวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ,2540
- [2]เกรียงไกร ไชวเจริญสุข และ ครรชิต ไมตรี , "ระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้โครงข่ายนิวรอลเพื่อประโยชน์การนำมาควบคุมอุปกรณ์", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 18 : หน้า 1020-1026
- [3]ครรชิต ไมตรี, มนัส สังวรศิลป์ และ สุพันธ์ เอื้อไพบุลย์, "ระบบเปรียบเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ", การประชุมวิชาการของ NECTEC ครั้งที่ 4, (2535)
- [4]Anil K. Jain, Fellow, "Filterbank-Based Fingerprint Matching", *IEEE*, Salil Prabhakar, Lin Hong, and Sharath Pankanti, 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเดชา ศิริกุลวิริยะ
เกิดวันที่	30 ธันวาคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดเลย
การศึกษา	
ระดับประถมศึกษา	ที่โรงเรียนบ้านเชียงคานปทุมมาสงเคราะห์ จังหวัดเลย
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	ที่โรงเรียนเชียงคาน จังหวัดเลย
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	ที่โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จังหวัดขอนแก่น
ปัจจุบัน	นักศึกษาปีที่ 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

Code ของ promgram version3(ที่ใช้ในการทดลอง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ Admin.m

```

function varargout = Admin(varargin)

gui_Singleton = 1;

gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Admin_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @Admin_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% --- Executes just before Admin is made visible.
function Admin_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
warning off
clc

global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix num_disk
n_bands=4;
h_bands=20;
n_arcs=16;
h_radius=12;
h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;
if mod(h_side,2)==0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    h_side=h_side-1;
end
n_sectors=n_bands*n_arcs;
matrix=zeros(h_side);
for ii=1:(h_side*h_side)
    matrix(ii)=whichsector(ii);
end
num_disk=8;

title = imread('kmitl.jpg');
axes(handles.axes1)
imshow(title)
axes(handles.axes2)
imshow(title)
axes(handles.axes3)
imshow(title)
% Choose default command line output for Admin
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Admin wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Admin_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
[fname,pname] = uigetfile({'*.tif','Tif-files (*.tif)';
    '*.bmp','Bmp-files (*.bmp)';...
    '*.jpg','JPEG-Files (*.jpg)';...
    '*.*','All-files (*.*)'},...
    'Open Project');
```

```
x1 = imread([pname,fname]);
axes(handles.axes1)
imshow(x1)
set(handles.edit1,'string',fname);
handles.x1 = x1;
guidata(hObject,handles);
```

```
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

[fname,pname] = uigetfile({'*.tif','Tif-files (*.tif)';
    '*.bmp','Bmp-files (*.bmp)';...
    '*.jpg','JPEG-Files (*.jpg)';...
    '*.*','All-files (*.*)'},...
    'Open Project');

x2 = imread([pname,fname]);

axes(handles.axes2)

imshow(x2)

set(handles.edit2,'string',fname);

handles.x2 = x2;

guidata(hObject,handles);

```

```

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% --- Executes on button press in pushbutton3.

```

```

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

[fname,pname] = uigetfile({'*.tif','Tif-files (*.tif)';
    '*.bmp','Bmp-files (*.bmp)';...
    '*.jpg','JPEG-Files (*.jpg)';...
    '*.*','All-files (*.*)'},...
    'Open Project');

x3 = imread([pname,fname]);

```

```

x3 = imread([pname,fname]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

axes(handles.axes3)
imshow(x3)
set(handles.edit3,'string',fname);
handles.x3 = x3;
guidata(hObject,handles);

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

img = handles.x1;
n_bands=4;
h_bands=20;
n_arcs=16;
h_radius=12;
h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;
if mod(h_side,2)==0
    h_side=h_side-1;
end
n_sectors=n_bands*n_arcs;
matrix=zeros(h_side);
for ii=1:(h_side*h_side)
    matrix(ii)=whichsector(ii);
end
num_disk=8;

```

```

immgain=double(img);

```

```

if isa(img,'uint8')

```

```

    graylevmax=2^8-1;

```

```

end

```

```

if isa(img,'uint16')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    graylevmax=2^16-1;
end
if isa(img,'uint32')
    graylevmax=2^32-1;
end
fingerprint = imagine;

N=h_side;

[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

for (angle=0:1:num_disk-1)
    gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
    ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
    [disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
    finger_code1{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

img=imrotate(img,180/(num_disk*2));
fingerprint=double(img);
[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

```

```
for (angle=0:1:num_disk-1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
[disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
finger_code2{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

```

```

% FingerCode added to database

```

```

if (exist('fp_database.dat')==2)
    load('fp_database.dat','-mat');
    fp_number=fp_number+1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number','-append')
else
    fp_number=1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number')
end

```

```

img = handles.x2;

```

```

n_bands=4;

```

```

h_bands=20;

```

```

n_arcs=16;

```

```

h_radius=12;

```

```

h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if mod(h_side,2)==0
    h_side=h_side-1;
end
n_sectors=n_bands*n_arcs;
matrix=zeros(h_side);
for ii=1:(h_side*h_side)
    matrix(ii)=whichsector(ii);
end
num_disk=8;

imagine=double(img);

if isa(img,'uint8')
    graylevmax=2^8-1;
end
if isa(img,'uint16')
    graylevmax=2^16-1;
end
if isa(img,'uint32')
    graylevmax=2^32-1;
end
fingerprint = imagine;

N=h_side;

[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

for (angle=0:1:num_disk-1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
[disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
finger_code1{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

```

```

img=imrotate(img,180/(num_disk*2));
fingerprint=double(img);
[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

```

```

for (angle=0:1:num_disk-1)
    gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
    ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
    [disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
    finger_code2{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

```

```

% FingerCode added to database
if (exist('fp_database.dat')==2)
    load('fp_database.dat','-mat');
    fp_number=fp_number+1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number','-append')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
    fp_number=1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number')
end

```

```
end
```

```
img = handles.x3;
```

```

n_bands=4;
h_bands=20;
n_arcs=16;
h_radius=12;
h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;
if mod(h_side,2)==0
    h_side=h_side-1;
end
n_sectors=n_bands*n_arcs;
matrix=zeros(h_side);
for ii=1:(h_side*h_side)
    matrix(ii)=whichsector(ii);
end
num_disk=8;

```

```
imimage=double(img);
```

```

if isa(img,'uint8')
    graylevmax=2^8-1;
end

```

```
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if isa(img,'uint16')
    graylevmax=2^16-1;
end
if isa(img,'uint32')
    graylevmax=2^32-1;
end
fingerprint = imagine;

N=h_side;

[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

for (angle=0:1:num_disk-1)
    gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
    ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
    [disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
    fingerprint_code{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

img=imrotate(img,180/(num_disk*2));
fingerprint=double(img);
[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (angle=0:1:num_disk-1)
    gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
    ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
    [disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
    finger_code2{angle+1}=vector(1:n_sectors);
end

```

```

% FingerCode added to database

```

```

if (exist('fp_database.dat')==2)
    load('fp_database.dat','-mat');
    fp_number=fp_number+1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number','-append')
else
    fp_number=1;
    data{fp_number,1}=finger_code1;
    data{fp_number,2}=finger_code2;
    name = get(handles.edit4,'String');
    data{fp_number,3}=name;
    save('fp_database.dat','data','fp_number')
end

```

```

message='Save Database Sucessfull';

```

```

msgbox(message);

```

```

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

delete('fp_database.dat');
message='Delete Database Sucessfull';
msgbox(message);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ centralizing.m

```

function [Outputprint,XofCenter,YofCenter] = centralizing(fingerprint,ctrl)

global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrice

x=[-16:1:16];
y=[-16:1:16];
dimx=size(x,2);
dimy=size(y,2);

variance=sqrt(55);
order=1;
gamma=2;
filter_core=zeros(dimx,dimy);
filter_delta=zeros(dimx,dimy);
for ii=1:dimx
    for jj=1:dimy
        exponent=exp(-(x(ii)^2+y(jj)^2)/(2*variance^2));
        % filter core
        factor=x(ii)+i*y(jj);
        filter_core(ii,jj)=exponent*factor^order;
        % filter delta
        factor=x(ii)-i*y(jj);
        filter_delta(ii,jj)=exponent*factor^order;
    end
end

%-----
% Gaussian Low Pass Filter -----
%-----

x=[-16:1:16];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y=[-16:1:16];
dimx=size(x,2);
dimy=size(y,2);
variance=sqrt(1.2);
filter=zeros(dimx,dimy);
for ii=1:dimx
    for jj=1:dimy
        exponent=exp(-(x(ii)^2+y(jj)^2)/(2*variance^2));
        filter(ii,jj)=exponent;
    end
end
end
%-----
%-----
% normalization
%-----
%-----
filter=filter/sum(sum(filter));

img=fingerprint;
img=double(img);

[gx,gy]=gradient(img);
num=(gx+i*gy).^2;
den=abs((gx+i*gy).^2);
pos=find(den);
num(pos)=num(pos)./den(pos);
z=zeros(size(img,1),size(img,2));
z(pos)=num(pos);
pos=find(den==0);
z(pos)=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%*****
%*****

angle=0;
bxv=8;
byv=8;
bxc=64;
byc=64;
threshold_var=20;
dimseclose=10;
dimseerode=44;
maxcore=200;
[dimx,dimy]=size(fingerprint);
%-----
%-----
%-----
temp=z;
[temp,dimxt,dimyt]=mirror(temp);
z_f=conv2fft(temp,filter_core,'same');
z_f=recrop(z_f,dimxt,dimyt);
z_f=abs(z_f);
%-----
%-----
% resize-----
imgd=double(fingerprint);
dimxr=dimx-mod(dimx,bxv);
dimyr=dimy-mod(dimy,byv);
imgr=imgd(1:dimxr,1:dimyr);
%-----
nbx=dimxr/bxv;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

nby=dimyr/byv;
mat_var=zeros(dimxr,dimyr);
for ii=1:nbx
    for jj=1:nby
        blocco=imgr((ii-1)*bxv+1:ii*bxv,(jj-1)*byv+1:jj*byv);
        media=sum(sum(blocco))/(bxv*byv);
        variance=1/(bxv*byv)*sum(sum(abs(media.^2-blocco.^2)));
        mat_var((ii-1)*bxv+1:ii*bxv,(jj-1)*byv+1:jj*byv)=sqrt(variance);
    end
end
mat_ok=zeros(dimxr,dimyr);
pos=find(mat_var>threshold_var);
mat_ok(pos)=1;
mat_ok(dimx,dimy)=0;

mat_ok=imclose(mat_ok,ones(dimseclose));

mat_ok=imerode(mat_ok,ones(dimseerode));

%-----
%-----

dimxr=dimx-mod(dimx,bxc);
dimyr=dimy-mod(dimy,byc);
imgr=imgd(1:dimxr,1:dimyr);
matrix_final=z_f.*mat_ok;

[massimo_vettore,posizione_vettore]=max(matrix_final);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[massimo,posizione]=max(massimo_vettore);
```

```
y_max=posizione;
```

```
x_max=posizione_vettore(posizione);
```

```
XofCenter=y_max;
```

```
YofCenter=x_max;
```

```
Outputprint=zeros(50);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ conv2fft.m

```

function [out] = conv2fft(z1,z2,shape,shape2)

%-----
%-----

if ((nargin==3)&&(isa(shape,'char')))
    if strcmp(shape,'same')
        z1x=size(z1,1);
        z1y=size(z1,2);
        z2x=size(z2,1);
        z2y=size(z2,2);

        if any(any(imag(z1)))||any(any(imag(z2)))
            out=(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
        else
            out=real(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
        end

        px=((z2x-1)+mod((z2x-1),2))/2;
        py=((z2y-1)+mod((z2y-1),2))/2;

        out=out(px+1:px+z1x,py+1:py+z1y);
    return;
end

if strcmp(shape,'full')
    z1x=size(z1,1);
    z1y=size(z1,2);
    z2x=size(z2,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

z2y=size(z2,2);

if any(any(imag(z1)))||any(any(imag(z2)))
    out=(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
else
    out=real(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
end

return;
end

if strcmp(shape,'valid')
    z1x=size(z1,1);
    z1y=size(z1,2);
    z2x=size(z2,1);
    z2y=size(z2,2);
    if ((z1x<z2x)||z1y<z2y)
        out=[];
        return;
    else
    end
    if any(any(imag(z1)))||any(any(imag(z2)))
        out=(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
    else
        out=real(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
    end

    px=z2x;
    py=z2y;

    out=out(px:px+z1x-z2x,py:py+z1y-z2y);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    return;
end
end
end
%-----
%-----

if (nargin==2)
    z1x=size(z1,1);
    z1y=size(z1,2);
    z2x=size(z2,1);
    z2y=size(z2,2);

    if any(any(imag(z1)))||any(any(imag(z2)))
        out=(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
    else
        out=real(ifft2(fft2(z1,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1).*fft2(z2,z1x+z2x-1,z1y+z2y-1)));
    end

    return;
end
%-----
%-----

if (isa(shape,'double'))

    if (nargin==3)
        a=shape;
        c=z1;
        r=z2;

        [ax,ay]=size(a);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

[rx,ry]=size(r);
[cx,cy]=size(c);

if size(convfft(a(1,:),r),1)==1
    for ii=1:ax
        y2(ii,:)=convfft(a(ii,:),r);
    end
else
    for ii=1:ax
        y2(ii,:)=convfft(a(ii,:),r)';
    end
end

[y2x,y2y]=size(y2);
if size(convfft(y2(:,1),c),1)==1
    for ii=1:y2y
        y3(:,ii)=convfft(y2(:,ii),c)';
    end
else
    for ii=1:y2y
        y3(:,ii)=convfft(y2(:,ii),c);
    end
end

out=y3;

return;

end

%-----

if (nargin==4)
    a=shape;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

c=z1;
r=z2;

[ax,ay]=size(a);
[rx,ry]=size(r);
[cx,cy]=size(c);

if cx==1
    dimx=cy;
else
    dimx=cx;
end
if rx==1
    dimy=ry;
else
    dimy=rx;
end

if size(convfft(a(1,:),r),1)==1
    for ii=1:ax
        y2(ii,:)=convfft(a(ii,:),r);
    end
else
    for ii=1:ax
        y2(ii,:)=convfft(a(ii,:),r)';
    end
end

[y2x,y2y]=size(y2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if size(convfft(y2(:,1),c),1)==1
    for ii=1:y2y
        y3(:,ii)=convfft(y2(:,ii),c)';
    end
else
    for ii=1:y2y
        y3(:,ii)=convfft(y2(:,ii),c);
    end
end

out=y3;

[outx,outy]=size(out);
%-----
if strcmp(shape2,'full')
    return;
end
%-----
if strcmp(shape2,'valid')
    lx=ax-dimx+1;
    ly=ay-dimy+1;
    if (dimx>outx)||((dimy>outy)||((dimx+lx-1>outx)||((dimy+ly-1>outy)
        out=[];
        return;
    else
        out=out(dimx:dimx+lx-1,dimy:dimy+ly-1);
        return;
    end
end
end
%-----

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if strcmp(shape2,'same')
    lx=ax;
    ly=ay;
    px=((dimx-1)+mod((dimx-1),2))/2;
    py=((dimy-1)+mod((dimy-1),2))/2;

    out=out(px+1:px+ax,py+1:py+ay);
    return;
end
%-----
end
%-----
end
end

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ Cropping.m

```

function [CroppedPrint] = cropping(XofCenter,YofCenter,CentralizedPrint)

global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix

N = h_side;
M=size(CentralizedPrint,1);

imgN=size(CentralizedPrint,1);
imgM=size(CentralizedPrint,2);

if (YofCenter-floor(N/2)<1)||((YofCenter+floor(N/2)>imgN)||((XofCenter-
floor(N/2)<1)||((XofCenter+floor(N/2)>imgM)

temp=zeros(imgN+2*h_side,imgM+2*h_side);
temp(h_side+1:h_side+imgN,h_side+1:h_side+imgM)=CentralizedPrint;
CroppedPrint=temp(YofCenter-
floor(N/2)+h_side:YofCenter+floor(N/2)+h_side,XofCenter-
floor(N/2)+h_side:XofCenter+floor(N/2)+h_side);
return;
else
CroppedPrint=CentralizedPrint(YofCenter-floor(N/2):YofCenter+floor(N/2),XofCenter-
floor(N/2):XofCenter+floor(N/2));
return;
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ gabor2d_sub.m

```
function [gaborp_2d]=gabor2d_sub(angle,num_disk)
```

```
global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix
```

```
variance=32;
```

```
k=10;
```

```
x=cos(angle*pi/num_disk);
```

```
y=sin(angle*pi/num_disk);
```

```
w=(2*pi)/k;
```

```
p=0;
```

```
m=0;
```

```
for (i=-16:1:16)
```

```
    p=p+1;
```

```
    sinp(p)=i*y;
```

```
    cosp(p)=i*x;
```

```
    for (j=-16:1:16)
```

```
        m=m+1;
```

```
        x_s(m)=i;
```

```
        y_s(m)=j;
```

```
    end
```

```
end
```

```
p=0;
```

```
for (j=1:1:33)
```

```
    for (i=1:1:33)
```

```
        p=p+1;
```

```
        xx(p)=sinp(i)+cosp(j);
```

```
        yy(p)=cosp(i)-sinp(j);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
gaborp(p)=1*exp(-((xx(p)*xx(p))+(yy(p)*yy(p)))/variance)*cos(w*xx(p));  
gaborp_2d(i,j)=gaborp(p);  
end  
end
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ mirror.m

```

function [out,dimxt,dimyt]=mirror(in)

[dimxt,dimyt]=size(in);

in_memo=in;

extx=20;
exty=20;

out=zeros(dimxt+2*extx,dimyt+2*exty);
out(extx+1:extx+dimxt,exty+1:exty+dimyt)=in_memo;

for ii=1:extx
    out(extx-ii+1,:)=out(extx+ii,:);
    out(extx+dimxt+ii,:)=out(extx+dimxt-ii+1,:);
end

for ii=1:exty
    out(:,exty-ii+1)=out(:,exty+ii);
    out(:,exty+dimyt+ii)=out(:,exty+dimyt-ii+1);
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ recrop.m

```
function [out]=recrop(in,dimxt,dimyt)
```

```
extx=20;
```

```
exty=20;
```

```
out=in(extx+1:extx+dimxt,exty+1:exty+dimyt);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ sector_norm.m

```
function [disk,vector] = sector_norm( image , mode )
global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix
```

```
% N=175 ขนาดของการ crop ในหน่วยพิกเซล(175 x 175)
```

```
N=h_side;
```

```
% จำนวน sector
```

```
M=n_sectors+2;
```

```
size_m=N*N;
```

```
mean_s=zeros(M,1);
```

```
varn_s=zeros(M,1);
```

```
num_s=zeros(M,1);
```

```
image1=zeros(h_side);
```

```
Mo=100;
```

```
Vo=100;
```

```
%-----
```

```
%----- MODE 0 -----
```

```
if mode==0
```

```
for (i=1:1:size_m)
```

```
tmp=matrix(i);
```

```
tmp=tmp+1;
```

```
mean_s(tmp)= mean_s(tmp)+image(i);
```

```
num_s(tmp)=num_s(tmp)+1;
```

```
end
```

```
for (i=1:1:M)
```

```
mean_s(i)=mean_s(i)/num_s(i);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end
for ( i=1:1:size_m)
    tmp=matrix(i);
    tmp=tmp+1;

    varn_s(tmp)= varn_s(tmp) + (image(i)- mean_s(tmp))^2;

end
for (i=1:1:M)
    varn_s(i)= varn_s(i) / num_s(i);
end
for ( i=1:1:size_m)
    tmp=matrix(i);
    tmp=tmp+1;
    if (abs(varn_s(tmp))>1)
        if ((image(i) - mean_s(tmp))<0)
            image1(i)=Mo - (Vo/varn_s(tmp)*((image(i) - mean_s(tmp))^2))^0.5;
        else
            image1(i)=Mo + (Vo/varn_s(tmp)*((image(i) - mean_s(tmp))^2))^0.5;
        end
    else
        image1(i)=Mo;
    end
end
end
disk=image1;
vector=varn_s;
end
%-----
%----- MODE 1 -----
if mode==1
    for ( i=1:1:size_m)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

tmp=matrix(i);
tmp=tmp+1;

mean_s(tmp)= mean_s(tmp)+image(i);
num_s(tmp)=num_s(tmp)+1;

end
for (i=1:1:M)
    mean_s(i)=mean_s(i)/num_s(i);
end
for ( i=1:1:size_m)
    tmp=matrix(i);
    tmp=tmp+1;

    varn_s(tmp)= varn_s(tmp) + (image(i)- mean_s(tmp))^2;

end
for (i=1:1:M)
    varn_s(i)= varn_s(i) / num_s(i);
end
for (i=1:1:size_m)
    tmp=matrix(i);
    tmp=tmp+1;
    image1(i)=varn_s(tmp);
end

vettore=zeros(M,1);
for ( i=1:1:size_m)
    tmp=matrix(i);
    tmp=tmp+1;

    vettore(tmp)= vettore(tmp) + abs(image(i)- mean_s(tmp));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
for (i=1:1:M)
    vettore(i)=vettore(i)/num_s(i);
end
disk=image1;
vector=vettore;
end
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ User_application.m

```

function varargout = User_application(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @User_application_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @User_application_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , ...
    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function User_application_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
warning off
clc
global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix num_disk
n_bands=4;
h_bands=20;
n_arcs=16;
h_radius=12;
h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;
if mod(h_side,2)==0
    h_side=h_side-1;
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

n_sectors=n_bands*n_arcs;
matrix=zeros(h_side);
for ii=1:(h_side*h_side)
    matrix(ii)=whichsector(ii);
end
num_disk=8;

title = imread('kmitl.jpg');
imshow(title)
% Choose default command line output for User_application
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

function varargout = User_application_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

[fname,pname] = uigetfile({'*.tif','Tif-files (*.tif)';
    '*.bmp','Bmp-files (*.bmp)';...
    '*.jpg','JPEG-Files (*.jpg)';...
    '*.*','All-files (*.*)'},...
    'Open Project');

x = imread([pname,fname]);
imshow(x)
set(handles.text1,'string',fname);
handles.x = x;

guidata(hObject,handles);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
img = handles.x;
```

```
n_bands=4;
```

```
h_bands=20;
```

```
n_arcs=16;
```

```
h_radius=12;
```

```
h_side=h_radius+(n_bands*h_bands*2)+16;
```

```
if mod(h_side,2)==0
```

```
    h_side=h_side-1;
```

```
end
```

```
n_sectors=n_bands*n_arcs;
```

```
matrix=zeros(h_side);
```

```
for ii=1:(h_side*h_side)
```

```
    matrix(ii)=whichsector(ii);
```

```
end
```

```
num_disk=8;
```

```
imimage=double(img);
```

```
if isa(img,'uint8')
```

```
    graylevmax=2^8-1;
```

```
end
```

```
if isa(img,'uint16')
```

```
    graylevmax=2^16-1;
```

```
end
```

```
if isa(img,'uint32')
```

```
    graylevmax=2^32-1;
```

```
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
fingerprint = imagine;
```

```
N=h_side;
```

```
[BinarizedPrint,XofCenter,YofCenter]=centralizing(fingerprint,0);
```

```
[CroppedPrint]=cropping(XofCenter,YofCenter,fingerprint);
```

```
[NormalizedPrint,vector]=sector_norm(CroppedPrint,0);
```

```
vettore_in=zeros(num_disk*n_sectors,1);
```

```
for (angle=0:1:num_disk-1)
```

```
    gabor=gabor2d_sub(angle,num_disk);
```

```
    ComponentPrint=conv2fft(NormalizedPrint,gabor,'same');
```

```
    [disk,vector]=sector_norm(ComponentPrint,1);
```

```
    finger_code{angle+1}=vector(1:n_sectors);
```

```
    vettore_in(angle*n_sectors+1:(angle+1)*n_sectors)=finger_code{angle+1};
```

```
end
```

```
% Checking with DataBase
```

```
if (exist('fp_database.dat')==2)
```

```
    load('fp_database.dat','-mat');
```

```
    vettore_a=zeros(num_disk*n_sectors,1);
```

```
    vettore_b=zeros(num_disk*n_sectors,1);
```

```
    best_matching=zeros(fp_number,1);
```

```
    valori_rotazione=zeros(n_arcs,1);
```

```
% start checking -----
```

```
for scanning=1:fp_number
```

```
    fcode1=data{scanning,1};
```

```
    fcode2=data{scanning,2};
```

```
    for rotazione=0:(n_arcs-1)
```

```
        p1=fcode1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

p2=fcode2;
for conta_disco=1:num_disk
    disco1=p1{conta_disco};
    disco2=p2{conta_disco};
    for old_pos=1:n_arcs
        new_pos=mod(old_pos+rotazione,n_arcs);
        if new_pos==0
            new_pos=n_arcs;
        end
        for conta_bande=0:1:(n_bands-1)
            disco1r(new_pos+conta_bande*n_arcs)=disco1(old_pos+conta_bande*n_arcs);
            disco2r(new_pos+conta_bande*n_arcs)=disco2(old_pos+conta_bande*n_arcs);
        end
    end
    p1{conta_disco}=disco1r;
    p2{conta_disco}=disco2r;
end

for old_disk=1:num_disk
    new_disk=mod(old_disk+rotazione,num_disk);
    if new_disk==0
        new_disk=num_disk;
    end
    pos=old_disk-1;
    vettore_a(pos*n_sectors+1:(pos+1)*n_sectors)=p1{new_disk};
    vettore_b(pos*n_sectors+1:(pos+1)*n_sectors)=p2{new_disk};
end

d1=norm(vettore_a-vettore_in);
d2=norm(vettore_b-vettore_in);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if d1<d2
    val_minimo=d1;
else
    val_minimo=d2;
end
valori_rotazione(rotazione+1)=val_minimo;
end
[minimo,posizione_minimo]=min(valori_rotazione);
best_matching(scanning)=minimo;
end
[distanza_minima,posizione_minimo]=min(best_matching);
if(distanza_minima < 300)
    set(handles.edit1,'string',num2str(posizione_minimo));
    set(handles.edit2,'string',data(posizione_minimo,3));
elseif(distanza_minima > 300)&&(distanza_minima < 400)
    pos = ceil(posizione_minimo/3);
    dis1 = best_matching(pos*3+1);
    dis2 = best_matching(pos*3+2);
    dis3 = best_matching(pos*3+3);
    if(dis1 > 550)&&(dis2 > 550)&&(dis3 > 550)
        set(handles.edit1,'string','Not Found');
        set(handles.edit2,'string','Not Found');
    else
        set(handles.edit1,'string',num2str(posizione_minimo));
        set(handles.edit2,'string',data(posizione_minimo,3));
    end
end
else
    set(handles.edit1,'string','Not Found');
    set(handles.edit2,'string','Not Found');
end
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

message='DataBase is empty. No check is possible.';
set(handles.edit1,'string',message);
end

```

```

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ whichsector.m

```

function [sector_num] = whichsector(index)
% index เป็นตัวชี้ของพิกเซลตัวปัจจุบันที่อยู่ในพื้นที่ที่ทำการ crop
% ทำการ crop ด้วย block 175 x 175 จากจุดศูนย์กลาง
% sector_num เป็นค่าระบุเลขของ sector
% เพื่อให้รู้ว่าพิกเซลที่รับเข้ามานั้นอยู่ใน sector ไหน

global imagine n_bands h_bands n_arcs h_radius h_side n_sectors matrix

length = h_side;
x = rem( index , length );
y = floor(index / length);

x = x - floor(length / 2);
y = y - floor(length / 2);

rad = (x*x) + (y*y);
if rad < (h_radius*h_radius) % รัศมีวงในสุด = 12 (144=12*12)
    sector_num = (n_sectors-1)+1;
    sector_num;
    return
end

if rad >= (h_bands*n_bands+h_radius)^2 % รัศมีวงนอกสุด = 72 (5184=72*72)
    sector_num = (n_sectors-1)+2;
    sector_num;
    return
end

if x ~= 0
    theta = atan( y / x );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
  if y > 0
    theta = pi/2;
  else
    theta = -pi/2;
  end
end

if x < 0
  theta = theta + pi;
else
  if theta < 0
    theta = theta + 2*pi;
  end
end

if theta < 0
  theta = theta + 2*pi;
end

r = floor(rad ^ 0.5);
ring = floor(( r-h_radius )/h_bands);
arc = floor(theta /(2*pi/n_arcs));

sector_num = ring * n_arcs + arc;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้