

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคเฮาสดอร์ฟดิสแทนซ์
FINGERPRINT VERIFICATION USING HAUSDORFF DISTANCE TECHNIQUE



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ประจำปี 2550

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการจำแนกกล้วยน้ำมื่อด้วยเทคนิคเฮาซดอร์ฟติสแทนซ์ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากคณะคหกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2550 ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกหน่วยงานที่มีส่วนให้การสนับสนุน ข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่ทำให้ผลการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ได้แก่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ และเชื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลองที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย และขอขอบคุณงานวิจัยและบริการวิชาการ ฝ่ายวิชาการและวิจัย หน่วยงานพัสดุและการเงิน ที่ให้การช่วยเหลือด้วยดีตลอดในเรื่องการดำเนินเอกสาร และขั้นตอนการจัดซื้อและเบิกจ่ายเงิน และขอขอบคุณลูกศิษย์ปริญญาตรีสาขาวิชาการระบบสารสนเทศ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างบุคคลที่ใช้ในการทดสอบ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย



ชื่อโครงการ การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์
ชื่อผู้วิจัย นางราตรี จันทนะทรัพย์
นางสาวมณีเนตร วิเศษสิงห์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและนิเทศศาสตร์ งบประมาณผลประโยชน์
ปี พ.ศ. 2550 จำนวนเงิน 46,000 บาท
ระยะเวลาในการทำวิจัย 12 เดือน ตั้งแต่ ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือคนไทยแบบออนไลน์ ผ่านเครื่องสแกนลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000 โดยใช้เทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์หาค่าความคล้ายของลายนิ้วมือใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือต้นแบบในระบบ ระบบการจำแนกลายนิ้วมือประกอบด้วยกระบวนการหลักคือ กระบวนการประมวลผลภาพ กระบวนการหาลักษณะเด่นจากจุดมินูเทีย 2 ชนิดคือจุดแยกและจุดปลาย และกระบวนการจำแนกบุคคล ในกระบวนการประมวลผลภาพมีขั้นตอนดังนี้ ปรับความมืดสว่าง ปรับความคมชัด หาทิศทางของลายเส้น หาคความถี่ของลายเส้น กรองภาพด้วยตัวกรองเกเบออร์ แปลงเป็นภาพขาวดำ และทำลายเส้นให้บาง ซึ่งเป็นการปรับปรุงภาพเพื่อนำไปแยกลักษณะเด่น ข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้จะนำไปใช้ในการจำแนกบุคคลต่อไป ผลการทดสอบการจำแนกพบว่าสามารถจำแนกได้ถูกต้อง 93.33%

Abstract

This research presented an online approach to verify entire Thai Fingerprint through fingerprint scanner U.are.U 4000 model, using Hausdorff Distance Technique for similarity measurements. The Fingerprint Verification Using Hausdorff Distance Technique system consists of image preprocessing, minutia feature extraction from two type (ridge ending and bifurcation) and verification process. In the image preprocessing include brightness enhancement, contrast enhancement, orientation field, frequency ridge, gabor filtering, binarization and thinning, which are sufficient to enhance the image for feature extraction. Only features extraction was recorded for fingerprint verification. The experimental result demonstrates 93.33% of verification accuracy.

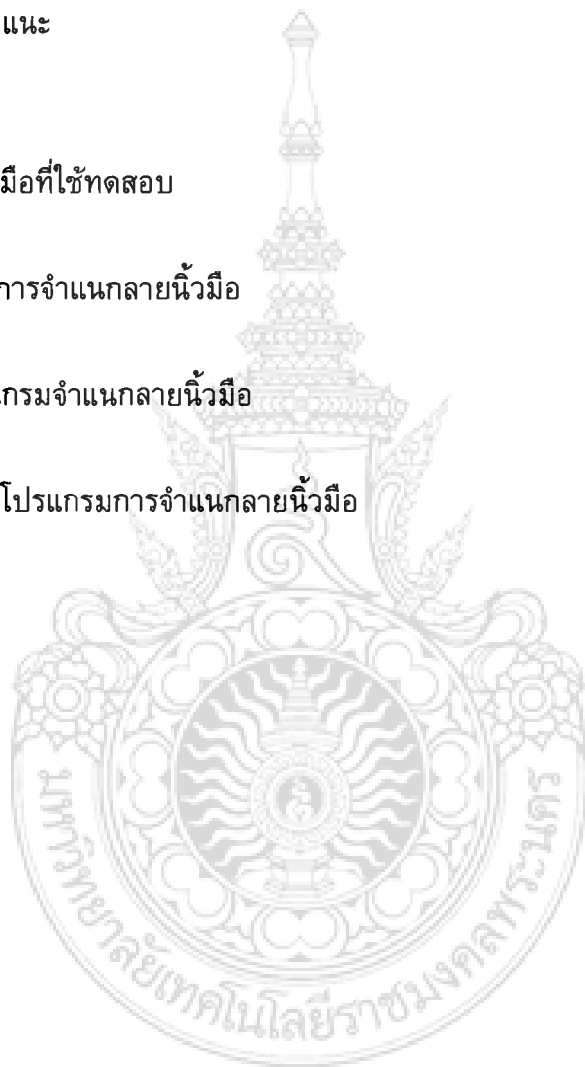


สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	4
บทที่ 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ	
2.1 ภาพเชิงตัวเลข	5
2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข	8
2.3 ระบบไบโอเมตริกซ์	15
2.4 รูปแบบของลายนิ้วมือ	17
2.5 เสาชดอร์ฟติสแทนซ์	23
บทที่ 3. การรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์โดยใช้เทคนิคเสาชดอร์ฟติสแทนซ์	
3.1 โครงสร้างระบบ	26
3.2 เตรียมข้อมูลภาพลายนิ้วมือ	27
3.3 การประมวลผลภาพเบื้องต้น	27
3.4 กำหนดและแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นบล็อก	33
3.5 การแยกลักษณะเด่นของมินูเทีย	34
3.6 การจำแนกบุคคลด้วยเทคนิคเสาชดอร์ฟติสแทนซ์	37
3.7 การแสดงผลการทำงานของระบบการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือ	38
3.8 การจับคู่ข้อมูลผลลัพธ์และจำแนกกับฐานข้อมูลประวัติบุคคล	39
บทที่ 4. ผลของการวิจัย	
4.1 การทดสอบ	40
4.2 ผลการทดสอบ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก ก	
รูปภาพลายนิ้วมือที่ใช้ทดสอบ	50
ภาคผนวก ข	
ผลการทดลองการจำแนกลายนิ้วมือ	58
ภาคผนวก ค	
การติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ	63
ภาคผนวก ง	
คู่มือการใช้งานโปรแกรมการจำแนกลายนิ้วมือ	69
ประวัติผู้วิจัย	75



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 พจนานุกรมข้อมูลประวัตินักศึกษา	39
4-1 แสดงตัวอย่างข้อมูลลักษณะเด่นรูปแบบลายนิ้วมือต่อบุคคล	41
4-2 รายละเอียดผลการจำแนกส่วนการทดสอบแบบออฟไลน์	43
4-3 รายละเอียดผลการจำแนกส่วนการทดสอบแบบออนไลน์	44



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ตัวอย่างภาพในความหมายของฟังก์ชัน 2 มิติ	5
2-2 โมเดลจำลองระบบสี RGB, CMY, HSV และ HLS	7
2-3 ฮิตโตแกรมแสดงค่าความหนาแน่นของภาพสีในระบบสี RGB	9
2-4 ลักษณะของฮิตโตแกรมของภาพที่ปรับปรุงความสว่าง	10
2-5 ลักษณะของฮิตโตแกรมของภาพที่ปรับปรุงความคมชัด	11
2-6 กราฟเกเบอร์ฟิลเตอร์แบบทิศทางสำหรับภาพ 2 มิติ	12
2-7 ตัวอย่างภาพจากการเลือกระดับการตัดภาพ (Threshold value)	13
2-8 ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล	16
2-9 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง	18
2-10 ส่วนประกอบของลายเส้นขน และเส้นร่อง	18
2-11 ลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า	19
2-12 แสดงลายนิ้วมือเส้นโค้งแบบต่าง ๆ	20
2-13 ลักษณะลายนิ้วมือแบบมัดหวายประเภทต่าง ๆ	21
2-14 ลักษณะลายนิ้วมือแบบกันหอยแต่ละประเภท	22
2-15 จุดลักษณะสำคัญบนลายนิ้วมือประเภทต่าง ๆ	23
3-1 โครงสร้างกระบวนจำแนกลายนิ้วมือด้วยเทคนิคเฮาซทรอปฟติสแทนซ์	26
3-2 ตัวอย่างลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัย	27
3-3 จุดคอนทัวร์และจุดข้างเคียงที่ใช้ในอัลกอริทึมทำลายเส้นให้บาง	31
3-4 ผลลัพธ์จากขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น	33
3-5 ภาพลายนิ้วมือที่กำหนดขอบเขตและแบ่งบล็อกขนาด 5x5	34
3-6 ลักษณะจุดมินูเทียที่ใช้ในงานวิจัย	34
3-7 พิกัดของพิกเซลที่ใช้ในการหาลักษณะเด่น	35
3-8 รูปแบบของจุดมินูเทียชนิดจุดแยกและจุดปลาย	36
3-9 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาระยะทางและเลือกจุดมินูเทีย	36
3-10 ตัวอย่างการจำแนกลายนิ้วมือบุคคลด้วยเทคนิคเฮาซทรอปฟติสแทนซ์	38
4-1 ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดลองต่อมบุคคล	40
ค-1 ไอคอนในการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ	64
ค-2 หน้าจอหลักในการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ	64
ค-3 ไดอะล็อกบล็อกระบุความต้องการติดตั้งโปรแกรม	65
ค-4 ไดอะล็อกบล็อกรกำหนดไทม์เอาท์ติดตั้งโปรแกรม	66

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
ค-6	ไดอะล็อกยืนยันการสร้างไฟล์เตอร์	66
ค-7	ไดอะล็อกบล็อกเริ่มการติดตั้งโปรแกรม	67
ค-8	ไดอะล็อกบล็อกกำหนดโปรแกรมกรุปเพื่อเรียกใช้งาน	67
ค-9	ไดอะล็อกบล็อกแสดงสถานะคัดลอกไฟล์ในการติดตั้งโปรแกรม	68
ค-10	ไดอะล็อกบล็อกแสดงผลการติดตั้งโปรแกรมสำเร็จ	68
ง-1	หน้าจอภาพล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม	70
ง-2	หน้าจอหลักสำหรับสิทธิ์ผู้ใช้งานโหมดผู้ดูแลระบบ	70
ง-3	หน้าจอหลักสำหรับสิทธิ์ผู้ใช้โหมดผู้ใช้งานทั่วไป	71
ง-4	ไดอะล็อกบล็อกแจ้งผลหมดเวลาการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม	71



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลกลางของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณภาพดิจิทัลมีประสิทธิภาพและความเร็วสูงขึ้น ประกอบกับแนวโน้มของราคาที่ลดลง การพัฒนาระบบงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณภาพจึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีการประมวลผลสัญญาณภาพมักถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีชีวภาพหรือเรียกอีกชื่อว่าไบโอเมตริกซ์ (Biometrics) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีจำแนกบุคคลทางกายภาพ (Physiological Characteristic) ตัวอย่างลักษณะเฉพาะในการจำแนกบุคคล เช่น ใบหน้า, เสียง, ม่านตา, ลักษณะการเดิน, ลักษณะการพิมพ์ และลายนิ้วมือ เป็นต้น ปัจจุบันการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือนิยมใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากลายนิ้วมือของบุคคลไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุขัยหรือเมื่อพบอุบัติเหตุกับลายนิ้วมือ ร่างกายก็จะซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ดังนั้นธรรมชาติของลายนิ้วมือจึงเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่สามารถจำแนกได้ ระบบการจำแนกลายนิ้วมือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบงานที่เกี่ยวข้องกับ การยืนยันตัวบุคคล เช่น ระบบงานทะเบียนประวัติบุคคลของกรมตำรวจ, ระบบตรวจสอบคนเข้าเมืองของสนามบิน, ระบบบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน, ระบบสมาชิก และระบบรักษาความปลอดภัยภายในอาคาร เป็นต้น

ในกระบวนการจำแนกลายนิ้วมือ คอมพิวเตอร์จะถูกโปรแกรมให้มีความสามารถปรับแต่งข้อมูลภาพที่รับจากอุปกรณ์รับส่งสัญญาณภาพเพื่อให้มีสภาพที่เหมาะสม (Preprocessing) เพื่อดึงเฉพาะข้อมูลคุณลักษณะเด่นสำคัญที่ต้องการใช้งาน แล้วบันทึกในรูปแบบของเท็กซ์ไฟล์เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลคุณลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ (Feature Extraction) แล้วนำมาตรวจเทียบ (Matching) เพื่อระบุตัวบุคคลต่อไป (Verification) ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกลายนิ้วมือที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงนี้ ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ มากมายทั้งในระบบงานภาครัฐ และภาคเอกชน ส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

ปัจจุบันงานวิจัยประยุกต์ทางด้าน การจำแนกลายนิ้วมือมีมากมายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งใช้วิธีการที่แตกต่างกันไปดังนี้ ปี 1996 K.Karu และ A.K.Jain ได้เสนอวิธีการแบ่งกลุ่มภาพลายนิ้วมือที่เรียกว่า RuleBase จากฐานข้อมูล NIST ชุดที่ 4 และชุดที่ 9 โดยอาศัยจุดแกน (Core Point) และจุดสันดอน (Delta Point) ในการจำแนกลายนิ้วมือแบบอัตโนมัติ

งานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ใช้วิธีการเข้ารหัสทิศทางและวิธี Poincare Index แล้วตัดสินใจว่าเป็นลายนิ้วมือในกลุ่มใด ต่อมาในปี 1997 A.K. และทีมงาน [2] ได้พัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิสูจน์ลายนิ้วมือจากการหาเส้นลายละเอียดที่เรียกว่าจุดมินูเทีย (Minutia point) และจับคู่เส้นรายละเอียดนั้นด้วยวิธีการที่เรียกว่า Alignment-Base Elastic Matching วิธีการนี้อาศัยคุณลักษณะโดยวิธีการหาสนามทิศทาง และวิธีการนี้ยังเป็นต้นแบบให้กับงานวิจัยอื่น ๆ ตามมาอีกด้วย งานวิจัยของ A.Roddy และ J.Stost [3] เลือกใช้วิธีการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือจากรูขุมขนบนโครงสร้างเส้นลายนิ้วมือ และในปี 2000 S.Huvanandana [4] และทีมงานนำเสนอการจำแนกบุคคลโดยใช้จุดเอกเทศเป็นจุดอ้างอิง งานวิจัยของ A.K.Jain และทีมงาน [5] ได้พัฒนาวิธีการจำแนกบุคคลด้วยการเข้ารหัสความแปรปรวนของลายนิ้วมือใช้หลักการกรองที่เรียกว่า Filter bank base ซึ่งผลการจำแนกมีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาและวิจัยการจำแนกลายนิ้วมืออย่างแพร่หลาย โดย [6] เกรียงไกร โชวเจริญสุข และ รศ.ดร.ครรชิต ไมตรี เสนอวิธีการตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้ฮิสโตแกรมแบบทิศทาง และโครงข่ายนิวรอลในการควบคุมอุปกรณ์ ต่อมา เอกรินทร์ ชื้อธานวงศ์ และมนตรี กาญจนเดชะ [7] เสนอวิธีการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้มินูเช่ และ กฤษกร ฤกษ์ห่วย และวุฒิพงษ์ อารีกุล [8] เสนอวิธีการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดโฟกัสเป็นจุดอ้างอิง วิธีการนี้ให้ผลการจำแนกเป็นที่น่าพึงพอใจ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นจะศึกษาและพัฒนาการจำแนกลายนิ้วมือ โดยใช้วิธีการวัดความคล้ายของลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เช่น แสง สัญญาณกวน ภาพถูกบัง และภาพในมุมเอียง ซึ่ง W.J. Rucklidge [9] ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยการค้นหาวัดดูภายในภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีการจำแนกลายนิ้วมือของคนไทยโดยใช้เทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การจำแนกลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์ เป็นการจำแนกลายนิ้วมือแบบอัตโนมัติ (On-Line Fingerprint Verification) โดยอ่านภาพลายนิ้วมือจากเครื่องอ่านภาพลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000 ที่ความละเอียด 72 dpi.

1.3.2 ภาพลายนิ้วมือตัวอย่างของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 50 ราย

1.4 วิธีการวิจัย

1.4.1 ขั้นตอนการวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.4.1.1 การวิเคราะห์ระบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ก) ศึกษาความเป็นไปได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา
- ข) กำหนดขอบเขต และเป้าหมายของงานวิจัย
- ค) ศึกษาทฤษฎี และวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในงานวิจัย

การจำแนกลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชตอโรฟติสแทนซ์ ประกอบด้วยกระบวนการทำงานดังนี้คือ กระบวนการรับภาพลายนิ้วมือจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ที่ความละเอียดภาพ 72 dpi. ขนาดภาพ 292 x 337 พิกเซล ภาพลายนิ้วมือที่ได้จัดเก็บในรูปแบบบิตแมท (.BMP) และเป็นภาพโทนสีเทาหรือที่เรียกว่าเกรสเกล (Grayscale) จากนั้นนำภาพลายนิ้วมือเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อขจัดสัญญาณรบกวน (Noise) อันเกิดจากแรงกดที่มากเกินไป ปรับค่าความแตกต่าง ๆ ของภาพ (Contrast) เพื่อเพิ่มความคมชัด และปรับค่าความสว่าง (Brightness) กรองภาพด้วยตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter) แปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization) แล้วทำภาพลายเส้นให้บาง (Thinning) เพื่อลดขนาดของภาพและเก็บข้อมูลคุณลักษณะเด่นของลายนิ้วมือ จากนั้นนำภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการปรับปรุงแล้วเข้าสู่กระบวนการกำหนดขอบเขตและแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นเมตริกซ์ขนาด 5x5 บล็อก จากนั้นหาคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) แล้วบันทึกเก็บไว้ในฐานข้อมูลในรูปแบบของเท็กซ์ไฟล์ จากนั้นนำข้อมูลลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่ต้องการระบุตัวบุคคลมาตรวจเทียบกับข้อมูลลักษณะเด่นที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล ในกระบวนการจำแนกลายนิ้วมือโดยการวัดความคล้ายของลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชตอโรฟติสแทนซ์ (Hausdorff Distance Technique) งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างลายนิ้วมือของบุคคลตัวอย่างจำนวน 50 ราย เก็บข้อมูลนิ้วหัวแม่มือขวาจำนวน 5 ตัวอย่าง รวมภาพนิ้วมือตัวอย่างทั้งสิ้น 250 ภาพ

1.4.1.2 ออกแบบระบบการจำแนกลายนิ้วมือด้วยสมการแฮชตอโรฟติสแทนซ์

1.4.1.3 พัฒนาระบบการจำแนกลายนิ้วมือ

1.4.1.4 ทดสอบระบบโดยใช้ตัวอย่างลายนิ้วมือบุคคลจำนวน 50 ตัวอย่าง

1.4.1.5 สรุปผลการวิจัยจากผลความถูกต้องในการจำแนกที่ได้จากการทดลอง

1.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1.4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่

ก) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ มีหน่วยประมวลผลกลางชนิด Pentium® D ความเร็วรอบ 3.00 GHz. มีหน่วยความจำ (Ram) 512 MB

ข) เครื่องสแกนลายนิ้วมือ รุ่น U.are.U.4000

1.4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ได้แก่

ก) ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Home Edition

- ข) โปรแกรม MATLAB พัฒนาการโมดูลการจำแนกบุคคล
- ค) โปรแกรม Microsoft Visual Basic พัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน
- ง) โปรแกรม Microsoft Access 2003 จัดการฐานข้อมูลบุคคล

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

ได้วิธีการจำแนกลายนิ้วมือของคนไทยโดยใช้เทคนิคแฮชตอร์ฟติสแทนซ์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานงานต่าง ๆ เช่น งานบันทึกเวลาการปฏิบัติงาน งานรักษาความปลอดภัย สำหรับหน่วยงานด้านการศึกษาในมหาวิทยาลัย ตัวอย่างเช่น งานการบันทึกเวลาการปฏิบัติงานของข้าราชการ พนักงานของมหาวิทยาลัย งานตรวจสอบการใช้ห้องปฏิบัติการของนักศึกษา งานยืนยันข้อมูลเฉพาะบุคคลของนักศึกษาในการร้องขอข้อมูลสารสนเทศกับทางมหาวิทยาลัย เป็นต้น ยังผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัย

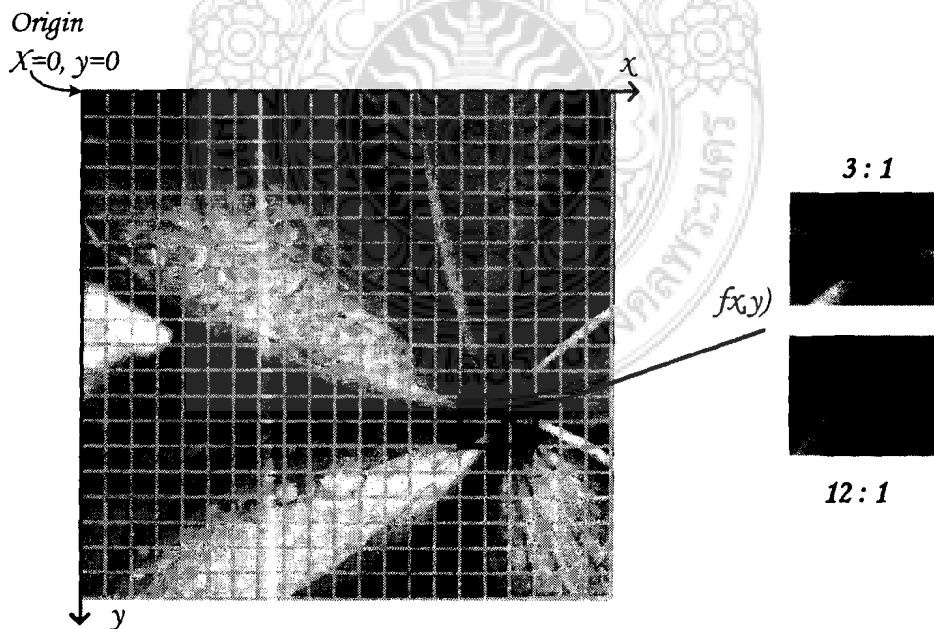


บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ

2.1 ภาพเชิงตัวเลข (Digital Image)

ภาพ (Image) เกิดจากกระบวนการทางแสง (Optical Process) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) หลาย ๆ ช่วงความถี่ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ประสาทรับรู้ของมนุษย์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ภาพเชิงตัวเลขหรือภาพดิจิทัล หมายถึง ภาพที่ใช้ในการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยค่าความเข้มแสงแสดงได้ด้วยฟังก์ชันในระนาบ 2 มิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y คือค่าแสดงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชัน f ณ ตำแหน่ง (x,y) ใด ๆ คือค่าของสี [10] จุดตำแหน่งพิกัดแต่ละหน่วยเรียกว่าพิกเซล (Pixel) ซึ่งประกอบกันเป็นรูปร่างบนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเส้นตาราง (Grid) ดังนั้นภาพดิจิทัลจึงเกิดจากพิกเซลหลาย ๆ พิกเซลประกอบกัน ดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างภาพในความหมายของฟังก์ชัน 2 มิติ $f(x,y)$ ของค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่ง (x,y) และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพิกเซลกับความละเอียดของภาพ

มาตรฐานของสีในภาพดิจิทัล เกิดจากการแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีในสเปสซึ่งแต่ละแกนมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยปกติภาพขาว-ดำ (Binarization) จะมีค่าของพิกเซลอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ส่วนภาพสี (Color image) นั้นแต่ละพิกเซลจะประกอบด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยแต่ละสีจะมีค่าของพิกเซลอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นกัน [11, 12] ในปัจจุบันมาตรฐานระบบสีมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ที่นิยมใช้ได้แก่

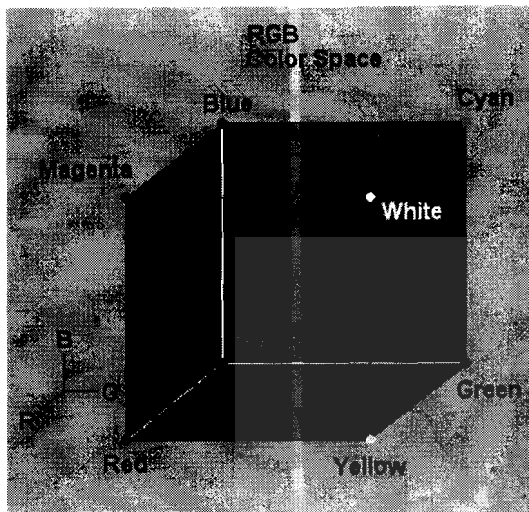
1. ระบบสีแบบ RGB (Red, Green, Blue) เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) โดยมีการรวมกันแบบเพิ่มสี (Additive) โดยแต่ละสีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ดังนั้นภาพสีจึงมีพิกัดค่าสีแทนด้วย (R,G,B) ตัวอย่างเช่น พิกัดค่าสีของสีดำมีค่าเป็น (0,0,0) พิกัดค่าสีของสีขาวมีค่าเป็น (255,255,255) พิกัดค่าสีของสีแดงมีค่าเป็น (255,0,0) พิกัดค่าสีของสีเขียวมีค่าเป็น (0,255,0) และพิกัดค่าสีของสีน้ำเงินมีค่าเป็น (0,0,255) เป็นต้น

2. ระบบสีแบบ CMY (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสีฟ้า (Cyan) สีบานเย็น (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) มีรูปแบบการผสมสีแบบลบสี (Subtractive Primaries Color) ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำสีในระบบ RGB ลบกับสีขาว ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนในปัจจุบัน

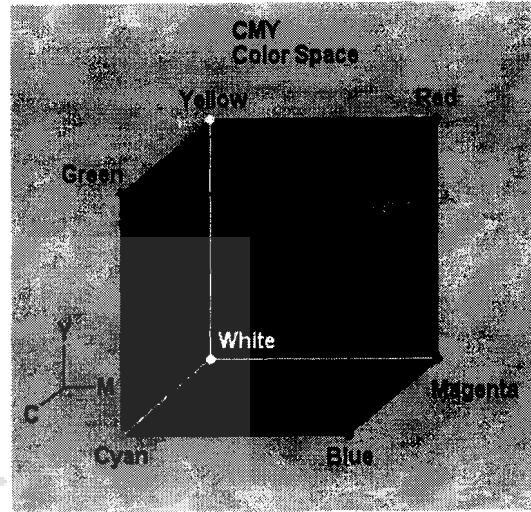
3. ระบบสีแบบ HSV (Hue Saturation Value) เป็นระบบสีโดยใช้ค่าสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) ซึ่งค่าสี คือ ค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว และน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติค่าสีจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งถ้าค่าสีมีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อค่าสีมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีจะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 255 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ เช่น สีแดง = 0 องศา สีเขียว เท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา เป็นต้น

4. ระบบสีแบบ HLS (Hue Lightness Saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับระบบสีแบบ HSV คือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับค่าความสว่างของสีหลัก

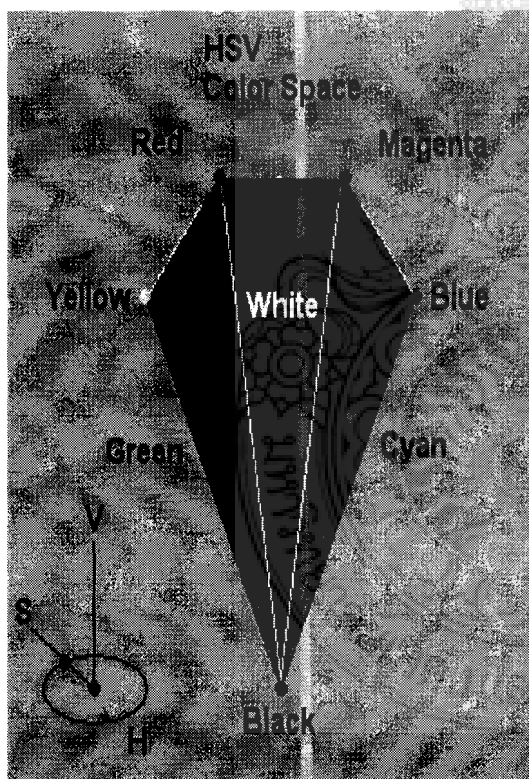
ระบบสีที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายด้วยโมเดลจำลองในภาพที่ 2-2 นอกจากนี้ยังมีระบบสีอื่น ๆ อีก เช่น ระบบสีแบบ YUV และระบบสีแบบ YIQ ซึ่งทั้งสองระบบใช้ในระบบแสดงภาพสีของโทรทัศน์ เป็นต้น [13]



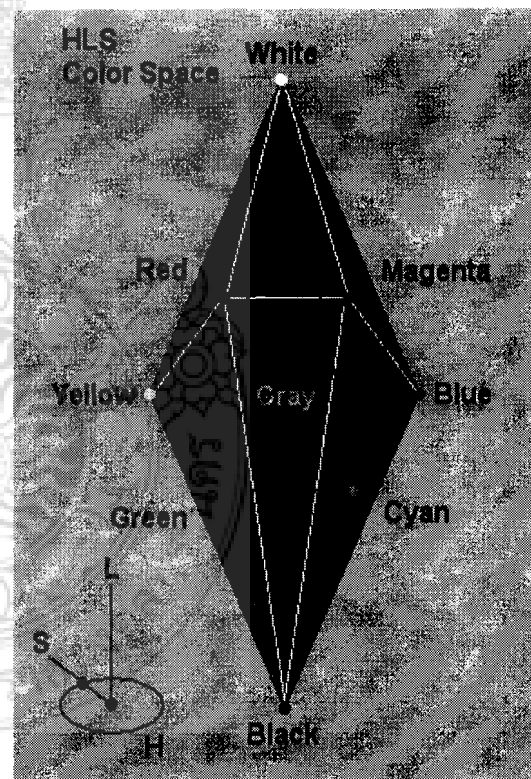
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 2-2 โมเดลจำลองระบบสี (ก) โมเดลจำลองระบบสีแบบ RGB
 (ข) โมเดลจำลองระบบสีแบบ CMY (ค) โมเดลจำลองระบบสีแบบ HSV
 และ (ง) โมเดลจำลองระบบสีแบบ HLS (ภาพจาก [14])

2.2 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

กระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) [15] โดยใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์เริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องเลป Jet Propulsion (Pasasena California) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำกระบวนการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมา มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่า “การประมวลผลภาพ” โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital Format) ซึ่งสามารถที่จะนำข้อมูลจัดผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ โดยฟังก์ชัน $f(x,y)$ ของค่าความเข้มแสง ถูกแทนด้วยเมตริกซ์ขนาด $L \times M$ นิยามดังสมการที่ (2-1)

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(L-1,0) & f(L-1,1) & \dots & f(L-1,M-1) \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

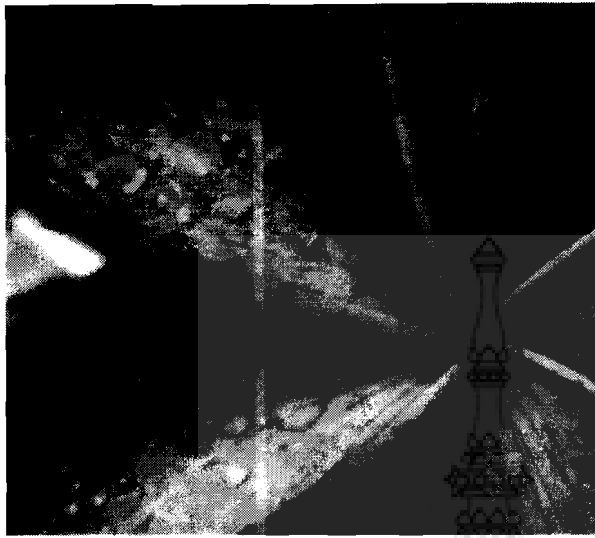
โดยที่

$f(x,y)$ คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y)

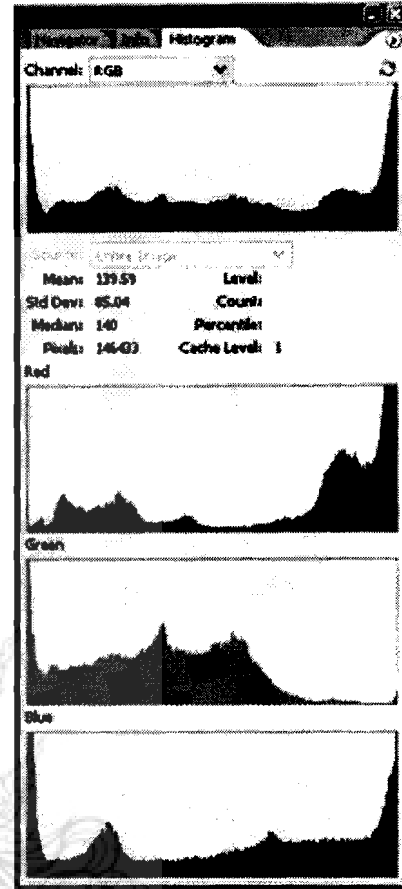
$L-1$ คือ แถวสุดท้ายของ และ $M-1$ คือคอลัมน์สุดท้ายของภาพ

จากสมการที่ 2-1 สมาชิกของ $f(x,y)$ เช่น $f(2,3)$ แทนจุดภาพแถวที่ 2 คอลัมน์ที่ 3 ในทางภาพดิจิทัลค่าความเข้มแสงเป็นเลขจำนวนเต็มที่ไม่มีค่าติดลบ และมักนิยมเรียกเป็นค่าระดับสีเทา (Gray Level) ของภาพ ซึ่งค่าความเข้มแสงดังกล่าวจะบอกถึงความละเอียดของภาพดิจิทัล และในทางปฏิบัติมักนิยมเขียนอยู่ในรูปจำนวนเต็มที่เป็นกำลังของสอง (Power of two) ยกตัวอย่างความละเอียด $2^8 = 256$ ระดับ หรือ $2^{16} = 512$ ระดับ และ $2^{24} = 1024$ ระดับ นั่นคือภาพ 8 บิต 16 บิต และ 24 บิตตามลำดับ ซึ่งยิ่งภาพที่มีจำนวนบิตมากก็หมายถึงภาพมีความละเอียดสูงนั่นเอง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าภาพดิจิทัลประกอบด้วยพิกเซล ดังนั้นหากภาพมีจำนวนพิกเซลมากก็จะมีผลต่อความละเอียดและขนาดของภาพ ยกตัวอย่างเช่น รูปภาพที่มีขนาดกว้าง x ยาว เป็น 300×400 พิกเซล จะมีจำนวนพิกเซลเป็น 120,000 พิกเซล เป็นต้น ตัวชี้วัดที่ใช้ในการพิจารณาภาพด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ตัว ได้แก่ ค่าทางสถิติและฮิสโตแกรมของภาพ ค่าทางสถิติได้แก่ ขนาดของภาพ (กว้างxยาว) จำนวนพิกเซล ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น ส่วนฮิสโตแกรมได้แก่ กราฟที่แสดงถึงความถี่ หรือความหนาแน่นของสี [16] ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-3



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-3 ข้อมูลภาพตัวอย่างโดยภาพ (ก) แสดงข้อมูลภาพที่มีระดับค่าสีแบบ RGB และมีฮิสโตแกรมแสดงค่าความหนาแน่นสีดังภาพ (ข)

การประมวลผลภาพสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing) คือ การใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูลรูปภาพที่มีลักษณะเป็นดิจิทัล โดยมีลักษณะการประมวลผลที่แตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

2.2.1 การปรับปรุงความสว่างของภาพ (Brightness Enhancement)

ความสว่าง (Brightness) [17] คือลักษณะความเข้มแสงแต่ละจุดภาพ ซึ่งลักษณะของฮิสโตแกรมสามารถบอกถึงความสว่างในภาพ โดยภาพที่มีความสว่างมากฮิสโตแกรมจะอยู่ด้านขวาซึ่งมีความเข้มแสงสูง ส่วนภาพที่มีความสว่างน้อย ฮิสโตแกรมจะอยู่ทางด้านซ้ายซึ่งมีค่าความเข้มแสงต่ำ ค่าความสว่างสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2-2)

$$\text{Brightness} = \frac{1}{LM} \int_{y=0}^{L-1} \int_{x=0}^{M-1} f(x, y) \quad (2-2)$$

โดยที่

Brightness คือ ค่าความสว่างของจุดภาพในตำแหน่ง (x, y)

$f(x, y)$ คือ ค่าความเข้มของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x, y)

$L-1$ คือ แถวสุดท้ายของภาพ และ $M-1$ คือคอลัมน์สุดท้ายของภาพ

วิธีการปรับปรุงความสว่างของภาพ ทำได้โดยนำค่าคงที่หรือที่เรียกว่า ค่าไบอัส (Bias) มาบวกหรือลบเข้าไปที่ค่าความเข้มแสงของแต่ละจุดภาพ นิยามดังแสดงสมการที่ (2-3)

$$g(x, y) = f(x, y) \pm B \quad (2-3)$$

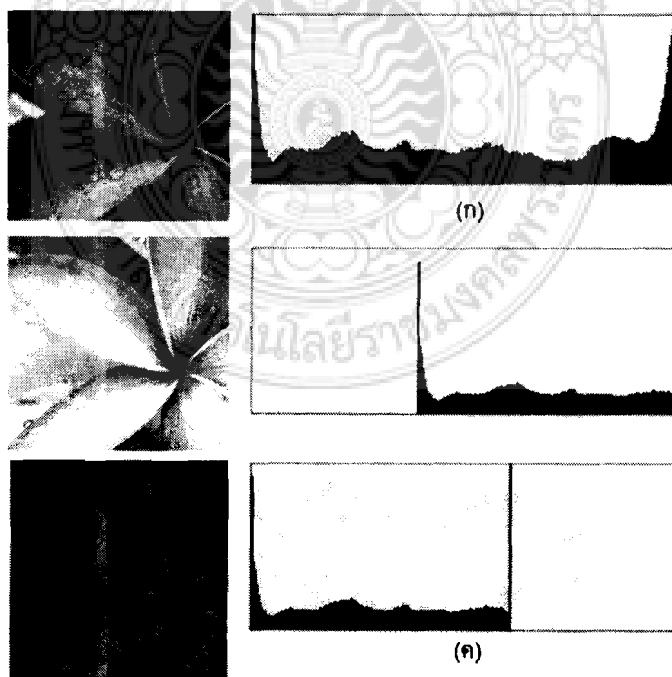
โดยที่

$g(x, y)$ คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพในตำแหน่ง (x, y) ที่ปรับปรุงความสว่าง

B คือ ค่าคงที่ใช้ปรับเพิ่มและลดความสว่างของภาพ

$L-1$ คือ แถวสุดท้ายของภาพ และ $M-1$ คือคอลัมน์สุดท้ายของภาพ

ภาพที่ 2-4 แสดงตัวอย่างภาพที่ปรับลดความสว่างลง และปรับเพิ่มความสว่างขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากฮิสโตแกรมทั้งสามแบบจะเห็นได้ชัดเจนว่า ภาพที่ปรับลดความสว่างจะมีฮิสโตแกรมขยับไปทางด้านซ้ายของกราฟ ส่วนภาพที่มีการปรับเพิ่มความสว่างจะมีฮิสโตแกรมขยับเฉียงไปทางด้านขวาของกราฟ



ภาพที่ 2-4 การปรับความสว่างของภาพ (ก) ตัวอย่างภาพต้นฉบับซึ่งมีความสว่างพอเหมาะ (ข) ตัวอย่างภาพหลังลดความสว่าง และ (ค) ตัวอย่างภาพหลังจากการเพิ่มความสว่าง

2.2.2 การปรับปรุงความคมชัด (Contrast Enhancement)

ความคมชัด คือ ลักษณะความเด่นชัดของเส้นและขอบในภาพ โดยวัดได้ด้วยขอบเขตของค่าของระบบความเข้มแสงที่ปรากฏในภาพ ลักษณะของฮิสโตแกรมภาพที่มีความคมชัดจะมีขอบเขตความเข้มแสงกว้าง และฮิสโตแกรมของภาพที่มีความคมชัดน้อยก็จะมีขอบเขตความเข้มแสงที่แคบ ซึ่งสามารถนิยามดังสมการที่ (2-4)

$$Contrast = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{y=0}^{L-1} \sum_{x=0}^{M-1} [f(x,y) - B]^2} \quad (2-4)$$

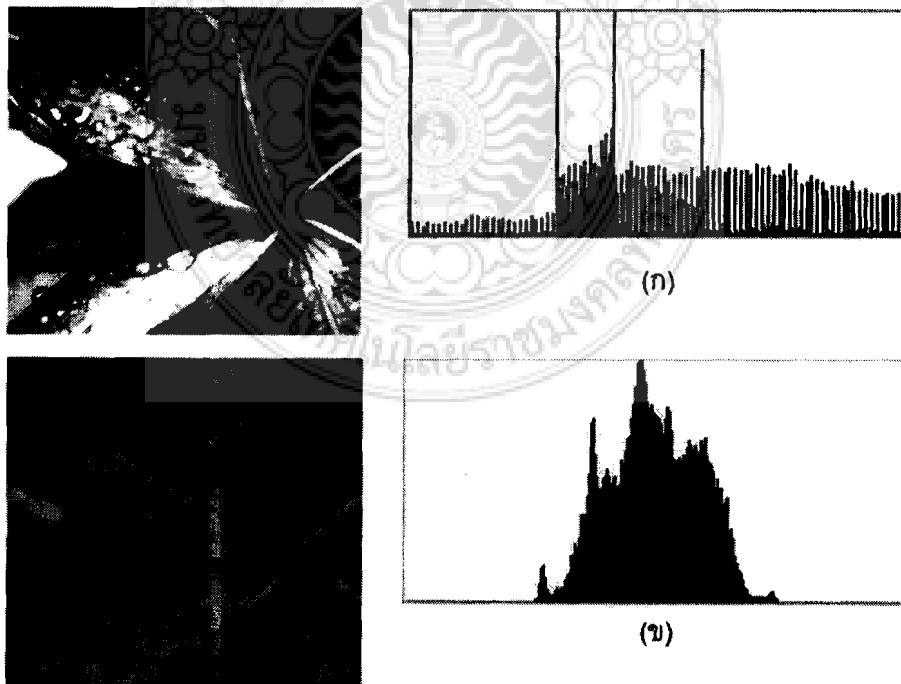
โดยที่

Contrast คือ ค่าความคมชัดของจุดภาพในตำแหน่ง (x, y)

B คือ ค่าความสว่างของจุดภาพในตำแหน่ง (x, y)

L คือ ความยาวของภาพ และ M คือ ความกว้างของภาพ

จากภาพที่ 2-5 แสดงตัวอย่างภาพที่ปรับลดความคมชัด และปรับเพิ่มความคมชัดขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากฮิสโตแกรมจะเห็นได้ชัดเจนว่า ภาพที่ปรับลดความคมชัด ฮิสโตแกรมมีขอบเขตความเข้มแสงแคบกว่าภาพที่มีการปรับเพิ่มความคมชัด



ภาพที่ 2-5 การปรับความชัดของภาพ (ก) ตัวอย่างภาพที่มีความคมชัดมาก และ (ข) ตัวอย่างภาพที่มีความคมชัดน้อย

2.2.3 กรองภาพลายนิ้วมือด้วยตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter)

ตัวกรองเกเบอร์เป็นตัวกรองผ่านแถบความถี่แบบสองมิติ ที่มีคุณสมบัติการกรองให้ผ่านได้เฉพาะความถี่และทิศทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น และยังเป็นตัวกรอง (Filter) ที่ให้ผลทั้งส่วนของโดเมนระยะห่างและโมเมนตัมอีกด้วย ดังนั้นการกำจัดสัญญาณรบกวนและการปรับปรุงโครงสร้างลายเส้นต่าง ๆ ให้เด่นชัดและสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่นโครงสร้างลายเส้นหนูนและลายเส้นร่องของลายนิ้วมือมนุษย์ ใช้ตัวกรองเกเบอร์จึงเหมาะสมที่สุด [18] เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจให้พิจารณาสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์เฉพาะที่มุม $\theta = 0^\circ$ ก่อน จากนั้นจึงค่อยพิจารณารูปแบบสมการทั่วไปที่มุมใด โดยรูปแบบสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์แบบสมมาตรคู่ (Even-symmetric Gabor Filter) ที่มุม $\theta = 0^\circ$ นิยามได้ดังสมการที่ (2-5)

$$G(x, y) = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right]\right\} \cos(2\pi f_0 x) \quad (2-5)$$

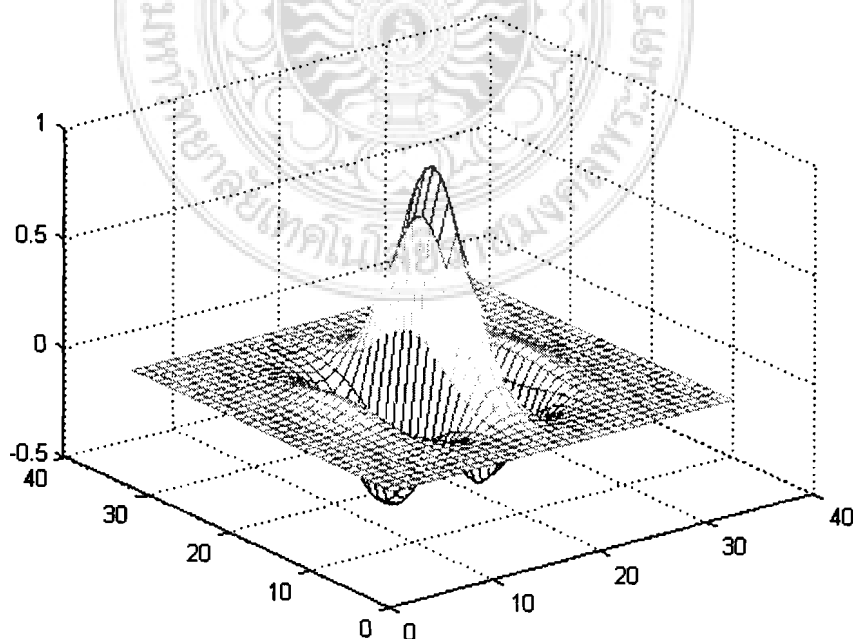
โดยที่

f_0 คือ ค่าความถี่ของสัญญาณที่ต้องการให้ผ่าน (มีหน่วยเป็น Cycle Per Pixel)

σ_x^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการเกาส์เซียนตามแกน x

σ_y^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการเกาส์เซียนตามแกน y

ภาพที่ 2-6 เป็นภาพกราฟของเกเบอร์ฟิลเตอร์ที่นิยามไปตามสมการที่ 2-5 ในรูปแบบของภาพสองมิติ



ภาพที่ 2-6 กราฟเกเบอร์ฟิลเตอร์ทิศทางที่ $\theta = 0^\circ$ สำหรับภาพสองมิติ

จากสมการที่ 2-5 เมื่อนำมาพิจารณาองค์ประกอบจะเห็นได้ว่า สมการเกเบอร์ฟิลเตอร์ก็คือฟังก์ชันเกาส์เซียนในรูปสองมิติ (x, y) คูณกับฟังก์ชันโคซายน์ในแกน x หากพิจารณาสมการเกเบอร์ที่ใช้สำหรับภาพลายนิ้วมือในบล็อกที่มีทิศทางในแนวนอน (แกน x หรือมี $\theta = 0^\circ$) ดังนั้นเพื่อให้ส่วนที่เป็นฟิลเตอร์แบบผ่านแถบความถี่ที่สามารถปรับเพิ่มความคมชัดและทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างเส้นและร่องระหว่างเส้นลายนิ้วมือที่มีความถี่ $f = f_0$ ได้ดี ค่า σ_x ควรจะมีค่าสูงด้วย เพื่อให้กราฟเกาส์เซียนมีขนาดกว้างในทางแกน x แต่ก็ไม่ควรมีค่าสูงเกินไปจนทำให้เกิดความผิดเพี้ยนได้ และเพื่อให้ส่วนที่เป็นฟังก์ชันเกาส์เซียนทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ความถี่ต่ำ (Lowpass Filter) สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนบนเส้นลายนิ้วมือในแนวนอนค่า σ_y ก็ควรมีค่าสูง แต่ต้องไม่สูงเกินไปจนเส้นลายนิ้วมือเกิดความโค้งหรือเปลี่ยนทิศทาง

สรุปได้ว่าสมการเกเบอร์ใช้ส่วนของฟังก์ชันเกาส์เซียนเป็นฟิลเตอร์ที่ทำหน้าที่กรองสัญญาณแถบความถี่ต่ำผ่านได้ (Lowpass Filter) และใช้ส่วนฟังก์ชันโคซายน์เป็นฟิลเตอร์ทำหน้าที่กรองสัญญาณแถบความถี่ที่ผ่านได้เฉพาะที่กำหนด (f_0) เท่านั้น เพื่อทำความเข้าใจในคุณสมบัติของสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์ในโดเมนความถี่ นิยามได้ดังสมการที่ (2-6)

$$G(u, v) = 4\pi\sigma_x\sigma_y \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} \times \left[\frac{u^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right]\right\} * \left(\frac{\delta(u-f_0)}{2} + \frac{\delta(u+f_0)}{2}\right) \quad (2-6)$$

$$= 2\pi\sigma_x\sigma_y \times \left[\exp\left\{-\frac{1}{2} \times \left[\frac{(u-f_0)^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right]\right\} + \exp\left\{-\frac{1}{2} \times \left[\frac{(u+f_0)^2}{\sigma_u^2} + \frac{v^2}{\sigma_v^2}\right]\right\} \right]$$

สำหรับสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์แบบมีทิศทาง (Directional Gabor Filter) คือสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์ที่ถูกหมุนไปเป็นมุม θ ใด ๆ หาได้โดยการหมุนพิกัด (x, y) นิยามได้ดังสมการ ที่ (2-7)

$$\begin{aligned} X_{new} &= X_{old} \cdot \cos\theta + Y_{old} \cdot \sin\theta \\ Y_{new} &= -X_{old} \cdot \sin\theta + Y_{old} \cdot \cos\theta \end{aligned} \quad (2-7)$$

เมื่อแทนสมการที่ 2-7 ลงในสมการที่ 2-5 ทำให้ได้รูปแบบทั่วไปของสมการเกเบอร์ฟิลเตอร์แบบมีทิศทางนิยามได้ดังสมการที่ (2-8)

$$G(x, y; \theta, f_0) = \exp\left\{\frac{(x \cos\theta + y \sin\theta)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(-x \cos\theta + y \sin\theta)^2}{\sigma_x^2}\right\} \times \cos(2\pi f_0 x) \quad (2-8)$$

โดยที่

θ คือ ทิศทางของเกเบอร์ฟิลเตอร์

f_0 คือ ค่าความถี่ของสัญญาณที่ต้องการให้ผ่าน (มีหน่วยเป็น Cycle Per Pixel)

σ_x^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการเกาส์เขียนตามแกน x

σ_y^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมการเกาส์เขียนตามแกน y

2.2.4 การแปลงภาพเป็น 2 ระดับ (Binarization)

เป็นกระบวนการที่ใช้ระดับค่าความเข้มแสงในการตัดภาพ โดยเลือกระดับค่าความเข้มแสงในการตัดภาพ แล้วพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นค่าความเข้มแสงเท่ากับ 0 (ดำ) หรือค่าความเข้มแสงเท่ากับ 255 (ขาว) วิธีการโดยเปรียบเทียบค่าความเข้มแสง ณ จุดใดของภาพกับค่าคงที่ ซึ่งในที่นี้คือ “ค่าเทรชโฮล” (Threshold Value) [17] ซึ่งการทำงานสามารถนิยามได้ดังสมการที่ (2-9)

$$g(x,y) = \begin{cases} 0; & f(x,y) < T \\ 255; & f(x,y) \geq T \end{cases} \quad (2-9)$$

โดยที่

$g(x,y)$ คือ ค่าระดับความเข้มแสงหลังการแปลงภาพให้เหลือ 2 ระดับ

$f(x,y)$ คือ ค่าระดับความเข้มแสง ณ ตำแหน่ง (x,y) และ

T คือ ค่าที่ใช้ในการตัดภาพ

ผลลัพธ์ของภาพ 2 ระดับอาจผิดเพี้ยนได้ เนื่องจากค่าเทรชโฮลที่ใช้ในการพิจารณาไม่เหมาะสม ดังนั้นค่าเทรชโฮลที่นำมาใช้ในการพิจารณาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก วิธีการคำนวณค่าเทรชโฮลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น การหาค่าเทรชโฮลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต นิยามดังสมการที่ (2-10) และการหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) วิธีการนี้เป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลอัตโนมัติ โดยอาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลาง (Mean) ดังแสดงในสมการที่ (2-11)

$$T = \frac{\sum_{y=0}^{LM} f(x,y)}{LM} \quad (2-10)$$

โดยที่

T คือ ผลลัพธ์ค่าที่ใช้ในการตัด (Threshold)

$f(x,y)$ คือ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x,y)

L คือ ความยาวของภาพ และ M คือ ความกว้างของภาพ

$$T = \frac{Max(f(x, y)) + Min(f(x, y))}{2} \quad (2-11)$$

โดยที่

T คือ ผลลัพธ์ค่าที่ใช้ในการตัด (Threshold)

$f(x, y)$ คือ จุดภาพ ณ ตำแหน่ง (x, y)

Max คือ ค่าความเข้มแสงสูงสุด และ Min คือค่าความเข้มแสงต่ำสุด

ภาพที่ 2-7 แสดงตัวอย่างความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจากค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสม ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 2-7 (ก) ข้อมูลลายเส้นนิ้วมือบางส่วนสูญหายไป ซึ่งหากใช้ค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมภาพที่ได้ก็จะไม่ผิดเพี้ยนถูกต้องตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 2-7 (ข)

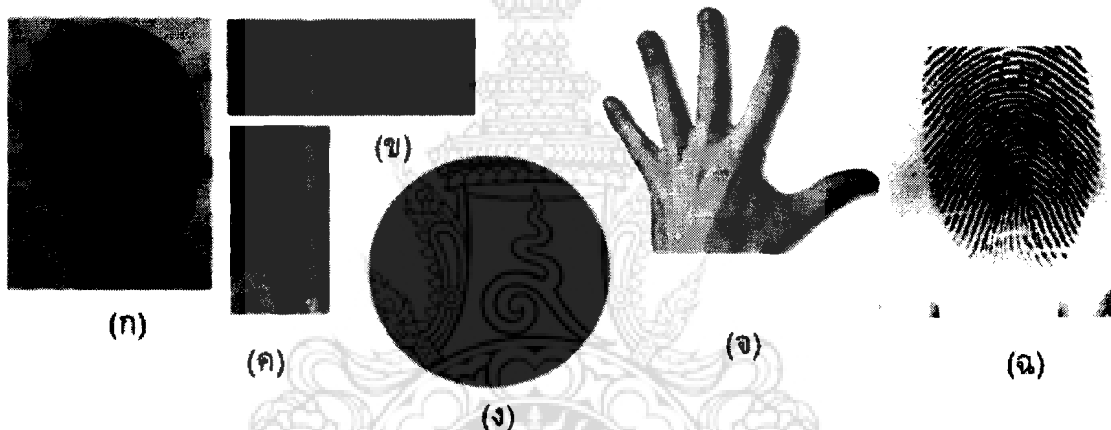


ภาพที่ 2-7 การเลือกกระตบการตัดภาพ (ก) ตัวอย่างภาพผิดเพี้ยนจากค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสม (ข) ตัวอย่างภาพจากค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม

2.3 ไบโอมेटริกซ์ (Biometrics)

คำว่า ไบโอมेटริกซ์มีการนำมาใช้กันนับร้อยปีแล้ว [20] โดยเป็นศาสตร์ด้านหนึ่งซึ่งได้มีการนำเอาวิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีการทางสถิติมาใช้สำหรับการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาทางด้านชีววิทยาต่าง ๆ เช่น การใช้วิธีทางสถิติวิเคราะห์ผลกระทบทางมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่มีผลกระทบต่อการเพาะปลูก เป็นต้น แต่สำหรับในงานวิจัยนี้ไบโอมेटริกซ์ หมายถึงวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการในการระบุตัวบุคคลหรือตรวจสอบตัวบุคคลอัตโนมัติ โดยใช้ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ประเภทแรกคือ การใช้ลักษณะทางพฤติกรรม

(Behavioral Biometrics) ในการระบุตัวบุคคล ตัวอย่างเช่น ลักษณะการพิมพ์ (Keystroke Dynamics), ลักษณะการเดิน (Gait Recognition), เสียงพูด (Voice Recognition) และลายเซ็น (Signature) เป็นต้น ประเภทที่สอง คือ การใช้ลักษณะทางกายภาพ (Physiological Biometrics) ตัวอย่างเช่น ลักษณะใบหน้า (Facial Recognition), ลักษณะของใบหู (Ear Shape) , ลักษณะของดวงตา-ลายม่านตา (Iris-Retina Recognition), กลิ่น (Human Scent), ลักษณะมือ (Hand Geometry), ลักษณะของนิ้วมือ (Finger Geometry) และลายนิ้วมือ (Fingerprint Recognition) เป็นต้น ตัวอย่างภาพลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันแต่ละบุคคล แสดง ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล (ก) ตัวอย่างภาพใบหน้า (ข) ตัวอย่างภาพตา (ค) ตัวอย่างภาพใบหู (ง) ตัวอย่างภาพลายม่านตา (จ) ตัวอย่างภาพลักษณะมือ และ (ฉ) ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือ

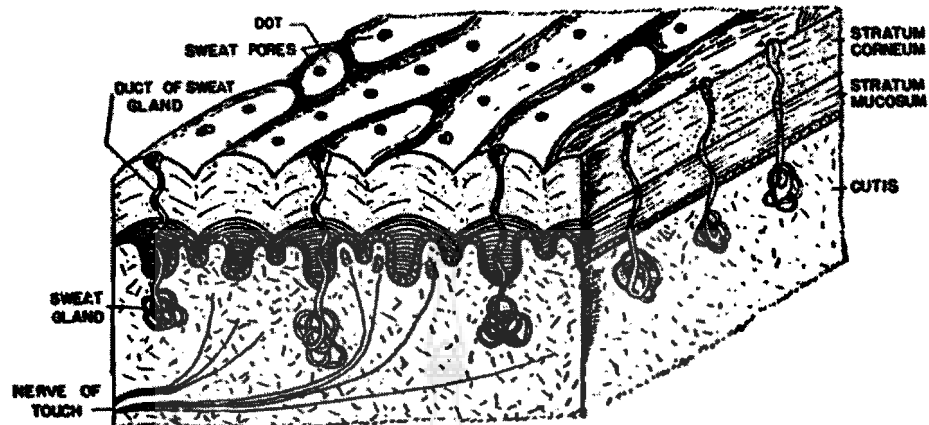
กระบวนการที่ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถระบุบุคคลได้โดยอัตโนมัติ นั้น เป็นการเลียนแบบพฤติกรรมของมนุษย์ประเภทหนึ่ง มนุษย์เราใช้วิธีการทางไบโอเมตริกซ์ในการระบุตัวบุคคลว่าเป็นบุคคลที่ต้องการค้นหาหรือไม่ ดังนั้นจึงถือได้ว่าไบโอเมตริกซ์เป็นรูปแบบหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) กระบวนการในการตรวจสอบ หรือระบุตัวบุคคล ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน เช่น งานด้านรักษาความปลอดภัย ตรวจสอบการใช้งานระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ตรวจสอบบุคคลในการซื้อขายสินค้าผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ บริการจัดการงานบุคคล และยังช่วยตรวจสอบบุคคลในงานด้านอาชญากรรมของกรมตำรวจอีกด้วย จะเห็นได้ว่าระบบไบโอเมตริกซ์คือเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม และกำลังคืบคลานเข้าสู่ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ผู้วิจัยขอสรุปข้อดีไว้ดังนี้

1. การใช้ระบบไบโอเมตริกซ์ ทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ความจำรหัสผ่าน หรือบัตรผ่านใด ๆ เพื่อยืนยันความเป็นบุคคลเหมือนระบบเดิม ทำให้สะดวก และรวดเร็ว อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของระบบ
2. ระบบไบโอเมตริกซ์ เป็นเทคโนโลยีพิสูจน์บุคคลด้วยลักษณะเฉพาะของบุคคล ดังนั้นจึงทำยากต่อการปลอมแปลงข้อมูล
3. ระบบไบโอเมตริกซ์ ทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบต่อความเสียหายของข้อมูล หรือการทำงานในระบบได้

2.4 รูปแบบของลายนิ้วมือ (Fingerprint Pattern) [21]

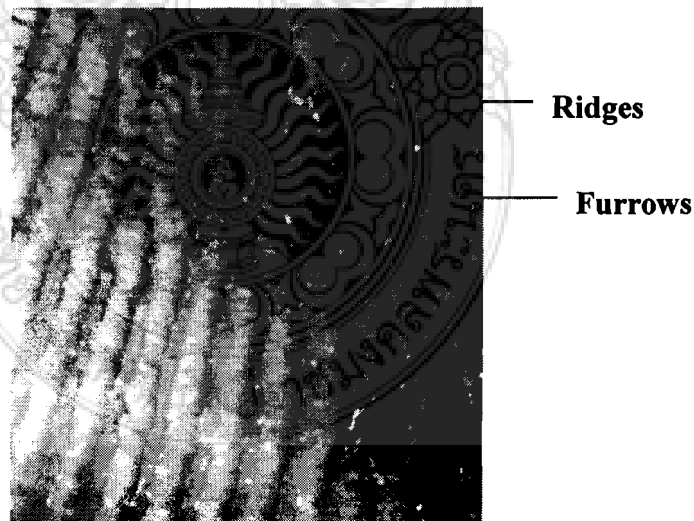
ลายเส้นบนผิวหนัง มาจากคำภาษาอังกฤษว่าเดอรัลริดจ์ (Dermal Ridge) หรือเดอมาโตไกลฟิกส์ (Dermatoglyphics, or Skin Carving) คำศัพท์นี้ถูกคิดค้นขึ้นในปี พ.ศ. 2469 โดยศาสตราจารย์ด้านจุลกายวิภาคศาสตร์สองท่านคือ คัมมินส์ (Cummins) และ มิโดโล (Midlo) ซึ่งย่อมาจากคำว่าผิวหนัง (Dermal) และรอยสัก (Glyph) ทั้งสองท่านได้รับยกย่องให้เป็นบิดาแห่งวงการนี้ ลายเส้นผิวหนัง หมายถึง ลายเส้นบนฝ่ามือ (Palmprint) ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ลายฝ่าเท้า (Footprint) มีลักษณะเป็นเส้นนูนปรากฏบนผิวหนัง นิ้วมือและนิ้วเท้าของทุกคน เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงมีการนำลายเส้นผิวหนัง โดยเฉพาะลายนิ้วมือไปใช้ประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ คือการพิสูจน์บุคคล และด้านการแพทย์ในการช่วยวินิจฉัยโรคพันธุกรรมได้อีกด้วย

นิ้วมือถือเป็นอวัยวะที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ เป็นอวัยวะที่ติดอยู่กับมือทั้ง 2 ข้าง คือ ข้างซ้ายและข้างขวา ซึ่งแต่ละข้างประกอบด้วยนิ้วมือจำนวนข้างละ 5 นิ้ว คือ นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ซึ่งแต่ละนิ้วจะมีลวดลายอยู่บริเวณปลายนิ้วมือ ลายนิ้วมือมีลักษณะเป็นเส้นเรียงลำดับเต็มหน้าผิวหนังหน้านิ้วมือทุกนิ้ว ประกอบไปด้วยเส้น 2 ลักษณะ คือ เส้นนูน (Ridges) และเส้นร่อง (Furrows) ซึ่งเส้นทั้งสองลักษณะจะอยู่สลับกันไปตลอดทั้งลายนิ้วมือ เพื่อประโยชน์ในการหยิบจับสิ่งของไม่ให้หลุดลื่นโดยง่าย บนสันเส้นนูนมีรูเล็ก ๆ คือ รูเหงื่อ ซึ่งจะไหลซึมออกมา ดังแสดงในภาพที่ 2-9 ฉะนั้นเมื่อนิ้วใดนิ้วหนึ่งจับต้องวัตถุพื้นเรียบ ลายนิ้วมือเส้นนูนที่ขึ้นด้วยเหงื่อจึงถูกกดลงบนวัตถุ ทำให้เกิดการจำลองแบบของลายเส้นบนนิ้วมือติดอยู่บนวัตถุนั้น หากมีการเก็บลายนิ้วมือที่ติดบนวัตถุออกมาด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น ใช้เลเซอร์ ผงเคมี เป็นต้น จะเรียกรอยลายนิ้วมือนั้นว่า ลายนิ้วมือแฝง (Latent Fingerprint)



ภาพที่ 2-9 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง แสดงสัน ร่อง ต่อมเหงื่อ [ภาพจาก 22]

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผิวหนังซึ่งอยู่ตรงบริเวณของปลายนิ้วมือ ฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้า ของมนุษย์จะประกอบไปด้วยลายเส้น 2 ชนิด คือ เส้นนูน (Ridges) คือเส้นรอยนูนที่อยู่สูงกว่าผิวหนังส่วนนอก และเส้นร่อง (Furrows) คือรอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูนนั้นแสดงดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 ส่วนประกอบของลายเส้นนูน (Ridges) และเส้นร่อง (Furrows) [ภาพจาก 23]

แต่ในการพิสูจน์บุคคลได้พิจารณาปลายนิ้วมือออกเป็น 3 ลักษณะหลักๆ คือลักษณะโดยรวม (Global Feature) ลักษณะแบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (Basic Ridge Pattern) และลักษณะเฉพาะที่ (Local Feature) ซึ่งขออธิบายรายละเอียดและภาพประกอบดังนี้

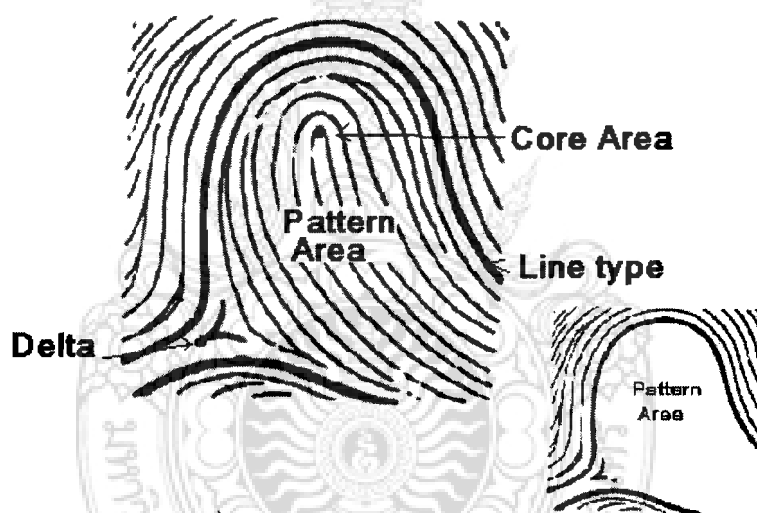
2.4.1 ลักษณะโดยรวม (Global Feature) หมายถึงลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย

2.4.1.1 พื้นที่ทั้งหมดของแบบแผนลายเส้น (Pattern Area) คือพื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบล้อม

2.4.1.2 จุดใจกลาง (Core Area) คือ จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้นหรือบนป่าหรือไหล่ของเส้นวนกลับรูปในสุดและต้องอยู่ภายในของลายนิ้วมือ

2.4.1.3 สามเหลี่ยมเดลต้าหรือสันดอน (Delta, Triradius) คือ ลายเส้นในลายนิ้วมือซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางของปากทางแยกของเส้นขอบ

2.4.1.4 เส้นขอบ (Type Lines) คือ เส้นคู่ขนานคู่ในสุด ซึ่งได้คู่กันมาพอสมควรแล้วแยกตัวออกเพื่อจะโอบล้อม หรือพยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน



ภาพที่ 2-11 ลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า [ภาพจาก 22]

2.4.2 แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (Basic Ridge Pattern) มีการแบ่งแบบเส้นพื้นฐานไว้หลากหลาย แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดแบ่งออกเป็น 3 แบบหลัก ๆ ได้แก่ แบบเส้นโค้ง (Arch) แบบมัดหวาย (Loop) แบบก้นหอย (Whorl)

2.4.2.1 แบบเส้นโค้ง (Arch) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่มีลักษณะเส้นตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่งไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง โดยไม่มีจุดศูนย์กลางไม่มีจุดสันดอน แบบโค้งยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบแผน ได้แก่

2.4.2.1.1 โค้งราบ (Plain Arch : PA) คือ ลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือ ที่ตั้งต้นจากขอบเล็บข้างหนึ่ง แล้ววิ่งหรือไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง ลายนิ้วมือแบบโค้งราบนี้ จัดเป็นลักษณะลายเส้นชนิดที่ดูได้ง่ายที่สุดกว่าบรรดาลายเส้นในลายนิ้วมือทุกชนิด

ไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุกแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง หรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง ไม่มีจุดสันดอน ดังนั้นจำนวนเส้นลายนิ้วมือจึงเป็นศูนย์ ดังแสดงในภาพที่ 2-12 (ก)

2.4.2.1.2 โค้งกระโจม (Tented Arch : TA) คือลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือชนิดโค้งราบนั่นเอง หากแต่มีลักษณะแตกต่างกับโค้งราบที่สำคัญ ก็คือ มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ตอนกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง ลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือ เส้นหนึ่งหรือมากกว่า เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน และมีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก ดังแสดงในภาพที่ 2-12 (ข)



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2-12 แสดงลายนิ้วมือเส้นโค้งแบบ (ก) แบบโค้งราบ และ (ข) โค้งกระโจม [ภาพจาก 24]

2.4.2.2 แบบมัดหวาย (Loop) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่พบมากประมาณ 65% ของแบบแผนลายนิ้วมือทุกแบบในชาวยุโรป มีลักษณะเป็นรูปเกือกม้าที่มีปลายเส้นเกือกม้าปิดออกไปทางใดทางหนึ่ง แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ

2.4.2.2.1 มัดหวายปิดขวา (Right Slant Loop : RSL หรือ Radial Loop) มีลักษณะปลายเกือกม้าปิดปลายทิศทางไปทางด้านขวามือ หรือนิ้วหัวแม่มือของมือนั้น เมื่อหงายมือ และมีลักษณะมีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น ดังแสดงในภาพที่ 2-13 (ก)

2.4.2.2.2 มัดหวายปิดซ้าย (Left Slant Loop : LSL หรือ Ulnar Loop) เป็นมัดหวายมีลักษณะปลายเส้นเกือกม้าปิดปลายทิศทางไปทางด้านซ้ายมือ หรือทางนิ้วก้อยของมือนั้นเมื่อหงายมือ กฎของการเป็นมัดหวาย คือต้องมีสันดอนข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียว ต้องมีเส้นวกกลับที่เห็นได้ชัดอย่างน้อย 1 รูป และต้องมีจุดกึ่งใจกลาง และต้องนับเส้นจากจุดสันดอน ไปถึงจุดใจกลางได้อย่างน้อย 1 เส้น โดยเส้นที่นับนี้ต้องเป็นเส้นของเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น ดังแสดงในภาพที่ 2-13 (ข)

2.4.2.2.3 มัดหวายคู่ หรือมัดหวายแฝด (Double Loop : DL หรือ Twin Loop) คือ ลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มากอดหรือมากล้ากัน เป็นลายนิ้วมือที่มีสันตอน 2 สันตอน มัดหวาย 2 รูปที่ปรากฏนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 2-13 (ค)



ภาพที่ 2-13 ลักษณะลายนิ้วมือแบบมัดหวายประเภท (ก) มัดหวายแบบมัดหวาย (ข) มัดหวายแบบมัดหวาย และ (ค) มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝด [ภาพจาก 24]

2.4.2.3 ก้นหอย (whorl) มีลักษณะเป็นลายเส้นวนเวียนเป็นรูปก้นหอยหรือเป็นวงมีจุดสันตอนสองแห่งขึ้นไป และจุดศูนย์กลางหนึ่งจุด ดังนั้นจึงมีค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือสองค่า เพื่อความสะดวกในการจำแนกประเภทลายนิ้วมือ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

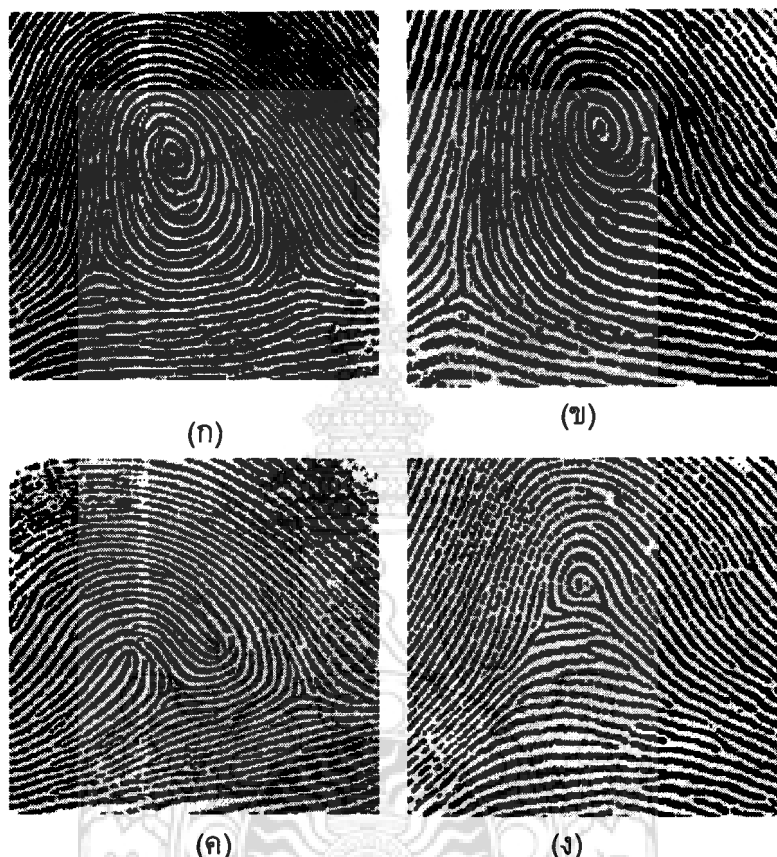
2.4.2.3.1 ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl) คือ ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร วงจรนี้อาจมีลักษณะเหมือนลานนาฬิกา เหมือนรูปไข่ เหมือนวงกลม ลักษณะสำคัญคือ ต้องมีจุดสันตอน 2 แห่ง และหน้าจุดสันตอนเข้าไปจะต้องมีรูปวงจรหรือเส้นเวียนอยู่ข้างหน้าจุดสันตอนทั้ง 2 จุด และถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันตอนข้างหนึ่งไปยังสันตอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้องสัมผัสเส้นวงจรหน้าจุดสันตอนทั้ง 2 ข้างอย่างน้อย 1 เส้น

2.4.2.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลาง (Central Pocket Loop Whorl) คือ ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดานั่นเอง แต่มีจุดที่ลากเส้นสมมุติจากสันตอนหนึ่งไปยังสันตอนหนึ่ง เส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจรที่อยู่ตอนใน

2.4.2.3.3 ก้นหอยกระเป๋ข้าง (Lateral Pocket Loop Whorl) คือ ลายนิ้วมือชนิดมัดหวายคู่ แต่มีสันตอนอยู่ข้างเดียวกัน

2.4.2.3.4 ชับซ้อน (Accidental Whorl : AW) เป็นลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษ ประกอบด้วยลายนิ้วมือ 2 แบบผสมกัน และมีสันตอน 2 สันตอน หรือมากกว่า โดยมีความซับซ้อนและเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน

ภาพถ่ายนิ้วมือกลุ่มกันหอยประเภทต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 ลักษณะลายนิ้วมือแบบกันหอยแต่ละประเภท (ก) กันหอยธรรมดา
(ข) กันหอยกระเป๋ากลาง (ค) กันหอยกระเป๋ายาว
และ (ง) กันหอยซับซ้อน [ภาพจาก 24]

2.4.3 ลักษณะเฉพาะที่ (Local Feature)

ลักษณะเฉพาะที่หรือจุดที่สำคัญพิเศษหรือที่เรียกว่าจุดดำหนิ (Special Characteristic of Minutia) ซึ่งมีลักษณะเป็นลายเส้นที่อยู่บนลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า จะประกอบด้วยลายเส้นที่มีลักษณะเฉพาะที่เรียกว่าจุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดดำหนิ ดังต่อไปนี้

2.4.3.1 Ridge ending คือจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของลายเส้นนั้น ๆ

2.4.3.2 Ridge bifurcation or fork คือลายเส้นลักษณะของภาพถ่ายลายเส้นจากเส้นเดี่ยวที่แยกออกจากกันเป็นสองเส้นหรือมากกว่านั้น หรือในทางกลับกันอาจจะเรียกว่าภาพถ่ายลายเส้นสองเส้นมารวมกันเป็นเส้นเดี่ยว

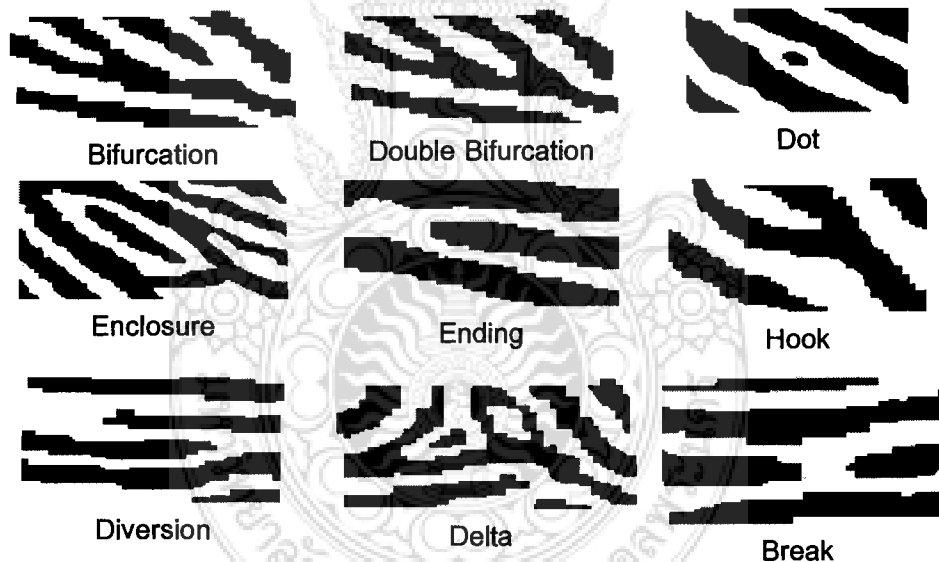
2.4.3.3 Ridge diversion เป็นลายเส้นที่วิ่งคู่ขนานกันหรือเกือบจะขนาน และแยกห่างออกไป

2.4.3.4 Dot หรือ island เป็นลักษณะของลายเส้นที่สั้นมากจนดูเหมือนเป็นจุดเล็ก ๆ

2.4.3.5 Enclosure หรือ lake เป็นลายเส้นที่แยกออกเป็นสองเส้น แล้วกลับมารวมกันใหม่ จึงมีพื้นที่ปิดเกิดขึ้น

2.4.3.6 Hook เป็นลายเส้นของเส้นเดี่ยวแต่แยกออกเป็น 2 เส้น โดยที่เส้นหนึ่งสั้นอีกเส้นหนึ่งยาว ดูล้ายตะขอ

ในการตรวจพิสูจน์บุคคล จะใช้จุดดำหินต่าง ๆ ดังกล่าว ยืนยันตัวบุคคล โดยปกติจะใช้จุดดำหินตั้งแต่ 5 จุดขึ้นไป ในการยืนยันว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกัน ภาพที่ 2-15 แสดงลายเส้นลายนิ้วมือลักษณะสำคัญพิเศษแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 2-15 จุดลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือประเภทต่าง ๆ

2.5 เฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ (Hausdorff Distance)

ในปี 1868-1942 นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Felix Hausdorff ได้ค้นพบวิธีเปรียบเทียบภาพ 2 ภาพ ว่าคล้ายหรือแตกต่างกัน ด้วยวิธีการคำนวณระยะทางจากตำแหน่งใด ๆ บนภาพทุก ๆ จุดตำแหน่งขึ้นใหม่ โดยค่าของจุดภาพเหล่านั้นจะบอกถึงระยะห่างของจุดภาพนั่นเอง ซึ่งต่อมาเรียกว่าเทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ (Hausdorff Distance Technique) [25, 26] วิธีการเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ดำเนินการโดยกำหนดให้ภาพที่ต้องการทดสอบการจำแนก (Test) เป็นภาพ 2 ระดับ เส้นร่องให้มีค่าเป็น 0 เส้นนูนกำหนดให้มีค่าเป็น 1 กรณีจำแนกภาพ

ลายนิ้วมือ ตำแหน่งบนภาพที่นำมาทดสอบที่มีค่าเป็น 1 คือสมาชิกของเซต A และตำแหน่งบนภาพแม่แบบ (Model) ที่มีค่าเป็น 1 คือสมาชิกของเซต B สมการแฮชคอร์พดิสแทนซ์นิยามดังสมการที่ (2-12) และ สมการ (2-13)

$$H(A,B) = \max(h(A,B),h(B,A)) \quad (2-12)$$

เมื่อ

$$h(A,B) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\| \quad (2-13)$$

โดยที่

A คือ เซตของจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 บนภาพที่ต้องการทดสอบการรู้จำ

B คือ เซตของจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 บนภาพแม่แบบ

$\max_{a \in A} \min_{b \in B}$ คือ ระยะทางจากภาพ A ไปยังภาพ B

$\|a - b\|$ คือ ระยะห่างระหว่างภาพ A ไปยังภาพ B โดยใช้การวัดระยะห่างแบบ

Euclidean distance

จากสมการข้างต้นกำหนดให้จุดภาพที่มีค่าเป็น 1 ของภาพที่ทดสอบ คือสมาชิกของเซตข้อมูล A ซึ่งสามารถเขียนในรูปของเซตคือ $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_p\}$, $a_i = (S_i, t_i)$, $1 \leq i \leq m$ และกำหนดให้จุดภาพที่มีค่าเป็น 1 ของภาพแม่แบบคือสมาชิกของเซตข้อมูล B เขียนในรูปของเซตคือ $B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$, $b_j = (x_j, y_j)$, $1 \leq j \leq n$ เมื่อ m และ n คือจำนวนจุดบนภาพที่นำมาทดสอบ และจำนวนจุดบนภาพแม่แบบตามลำดับ แล้วพิจารณาเปรียบเทียบระยะทางโดยสมการแฮชคอร์พดิสแทนซ์ นิยามแทนด้วย $H(A,B)$ จากสมการที่ 2-13 นิยาม $h(A,B)$ คือค่าความห่างจากเซตข้อมูล A ไปยังเซตข้อมูล B โดยการนำสมาชิกของเซต A ซึ่งนิยามแทนด้วย $a \in A$ หนึ่งตำแหน่งไปวัดระยะทาง (Distance) กับสมาชิกของเซต B ทุก ๆ ตำแหน่ง แล้วเลือกระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดไว้ จากนั้นเลื่อนตำแหน่งสมาชิกเซต a แล้วนำไปวัดระยะทางกับสมาชิกของเซต B อีกครั้ง ทำซ้ำจนกระทั่งสิ้นสุดตำแหน่งสมาชิกของเซต A เลือกค่าที่วัดระยะทางระหว่าง A กับ B ที่มีค่ามากที่สุดเพียงค่าเดียวออกมาซึ่งเป็นตำแหน่งที่ภาพทดสอบไกลจากภาพแม่แบบมากที่สุด สำหรับสมการที่ 2-12 เป็นการวัดระยะทางจากสมาชิกของเซต A ไปยังสมาชิกของเซต B และจากสมาชิกของเซต B ไปสมาชิกของเซต A แล้วเลือกระยะทางที่ไกลที่สุด ซึ่งก็คือเป็นการวัดจุดที่มีความผิดพลาด (Mismatch) ระหว่าง A กับ B มากที่สุดนั่นเอง

จะเห็นได้ว่าค่าของ H นี้จะมีค่าอยู่ในช่วง $[0, \infty]$ โดย H ที่มีค่ามากขึ้นจะแสดงถึงความถูกต้องที่ลดลง ฉะนั้นค่าความถูกต้องจึงแปรผกผันกับค่า H ข้อดีของวิธีการแฮชคอร์พดิสแทนซ์ คือ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เช่น แสง, สัญญาณรบกวน ภาพถูกบัง และภาพในมุมเอียง เป็นต้น งานวิจัยที่นำเทคนิคแฮชคอร์พดิสแทนซ์นี้มาใช้ในการ

จำแนก เช่น งานของ Yilin Yi และ Octavia I. Camps [27] ใช้เทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์เพื่อจำแนกรูปทรง 2 มิติ โดยอาศัยคุณลักษณะของลายเส้น สำหรับในประเทศไทยมีงานวิจัยที่ใช้วิธีนี้รู้จำตัวอักษร และใบหน้าของมนุษย์ เช่น งานของ สนั่น [28] ใช้วิธีเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์รู้จำตัวอักษรภาษาไทยในแฟ้มเอกสาร ซึ่งได้ทดสอบกับ ตัวอักษรไทยจำนวน 66,771 ตัว ที่สัญญาณรบกวนในระดับต่าง ๆ ผลที่ได้มีความถูกต้องในระดับที่สูงมาก และต่อมาได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงเทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ (HD) เป็น AMHD (Automatic Minimum Hausdorff Distance) เพื่อรู้จำภาพใบหน้าอัตโนมัติ [29, 30, 31, 32] และบริเวณค้นหาในแบบต่าง ๆ กันทำให้เวลาในการประมวลผลลดลง โดยผลการทดลองสามารถค้นหาได้ถูกต้องร้อยละ 88.24 และใช้เวลาในคำนวณเฉลี่ย 773 มิลลิวินาที หลังจากนั้น อรรถกร และวศิน [33] ได้ปรับปรุงเทคนิคเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์เพื่อเพิ่มความเร็วในการตรวจจับภาพใบหน้าสีแบบทันกาล ผลการทดลองพบว่าใช้เวลาในการคำนวณเฉลี่ย 20 มิลลิวินาที

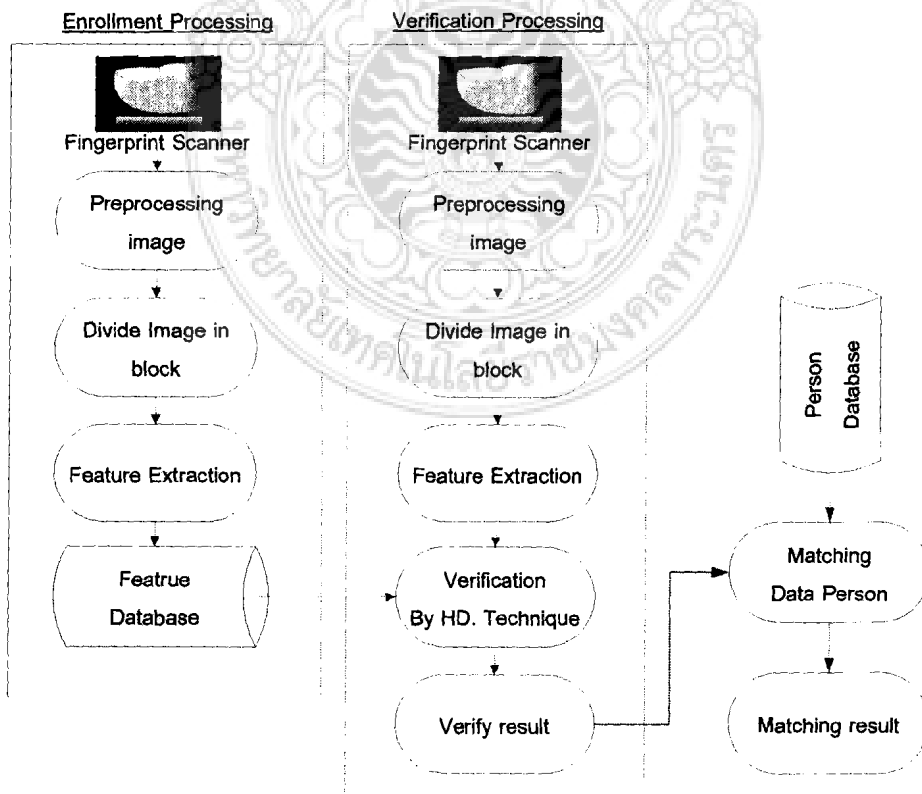


บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงโครงสร้างของระบบจำแนกลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์ และขั้นตอนการดำเนินการวิจัย สำหรับงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Matlab เวอร์ชัน 7.2 พัฒนา อัลกอริทึมในการจำแนกบุคคล และใช้โปรแกรม Microsoft Visual basic พัฒนาส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน และใช้โปรแกรม Microsoft Access 2003 บริหารจัดการฐานข้อมูล

3.1 โครงสร้างของระบบ

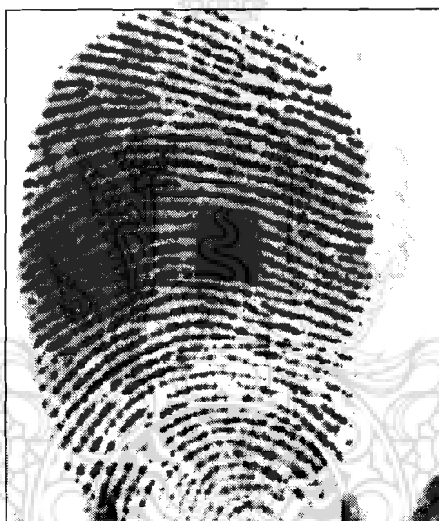
ระบบการจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์ ถูกแบ่งกระบวนการทำงานออกเป็น 2 กระบวนการหลัก ๆ คือ กระบวนการลงทะเบียนลายนิ้วมือ (Enrollment) และกระบวนการตรวจสอบลายนิ้วมือ (Verification) ดังแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 โครงกระบวนการจำแนกลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮชดอร์ฟติสแทนซ์

3.2 การเตรียมข้อมูลภาพลายนิ้วมือ

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างลายนิ้วมือจากกลุ่มตัวอย่างบุคคลจำนวน 50 ราย เก็บภาพจากเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000 ภาพลายนิ้วมือที่ได้อยู่ในโหมดภาพสีเทา (Gray level) ซึ่งมีระดับสี 256 ระดับ ที่ความละเอียด 72 จุดภาพต่อนิ้ว ขนาดภาพ 292x337 พิกเซล จัดเก็บอยู่ในรูปแบบบิตแมป (.BMP) จัดเก็บลายนิ้วมือตัวอย่างนิ้วหัวแม่มือขวาจำนวน 5 ตัวอย่าง รวมจำนวนภาพลายนิ้วมือทั้งสิ้น 250 ภาพ ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือแสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างลายนิ้วมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Preprocessing image)

ภาพลายนิ้วมือที่อ่านมาในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลโดยตรงจากเครื่องสแกนนั้น ภาพที่ได้ยังมีสัญญาณรบกวนแทรกมากับข้อมูลภาพด้วย ทำให้ภาพลายนิ้วมือไม่ชัดเจนหรือพร่ามัว หรือมีจุดดำอิสระเกิดขึ้น เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้นจึงเป็นกระบวนการสำคัญ มีจุดมุ่งหมายปรับปรุงและกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ภาพลายนิ้วมือที่สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ขั้นตอนถัดไปสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การประมวลผลภาพเบื้องต้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 การปรับปรุงความสว่างของภาพ (Brightness Enhancement)

3.3.2 การปรับปรุงความคมชัด (Contrast Enhancement)

3.3.3 การกรองสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ ที่มีจุดมุ่งหมายของการกรองภาพคือ ต้องการปรับโครงสร้างลายเส้นบนภาพลายนิ้วมือให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนมากยิ่งขึ้น และ กรองสัญญาณรบกวนที่แทรกมากับข้อมูลภาพด้วย ในการกรองสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรอง เกเบอร์นั้น พารามิเตอร์ที่สำคัญต้องใช้ก็คือค่าทิศทางและความถี่ของลายเส้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงประกอบด้วยการทำงานหลัก 2 การทำงาน คือ การหาทิศทางของภาพลายนิ้วมือ และ การกรองภาพด้วยตัวกรองเกเบอร์ ซึ่งขออธิบายขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

3.3.3.1 คำนวณหาทิศทางของภาพลายนิ้วมือ (Computing Orientation fields) [34] ทิศทางของลายนิ้วมือเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ เพราะเป็นการระบุทิศทางของลายเส้นแต่ละส่วนของภาพที่สัมพันธ์กับพื้นที่บริเวณใกล้เคียง การคำนวณหาทิศทางของลายเส้นมีหลายวิธี สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการประมาณทิศทางของค่ากำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด (Least mean square orientation estimation) เป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไปมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 แบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นบล็อกย่อย ๆ ขนาด $w \times w$ พิกเซล โดยให้พิกเซล (i, j) เป็นจุดศูนย์กลาง (ในงานวิจัยนี้กำหนดขนาดเท่ากับ 16×16 พิกเซล)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่ากราเดียน (Gradients) ในแนวแกน x ($\partial_x(i, j)$) และแนวแกน y ($\partial_y(i, j)$) แต่ละพิกัด (i, j) ของบล็อกโดยใช้ตัวดำเนินการชนิดโซเบล (Sobel Operator) มาทำการคำนวณทางแกน x ดังสมการที่ (3-1) และคำนวณทางแกน y ดังสมการที่ (3-2)

$$\partial_x(u, v) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

$$\partial_y(u, v) = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าทิศทางในแต่ละบล็อกโดยประมาณ $\theta(i, j)$ โดยนำค่ากราเดียนที่ได้มาคำนวณหามุมของค่าความเอียงของและบล็อกที่ถูกแบ่งออกมา แล้วนำไปคำนวณด้วยสมการที่ (3-3) สมการ (3-4) และ และสมการ (3-5) ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ (Orientation Field) โดยลักษณะทั่วไปของลายนิ้วมือ จะมีการเปลี่ยนแปลงของทิศทางไม่มากหรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ในบริเวณใกล้เคียงกัน ยกเว้นบริเวณที่เป็นจุดใจกลางหรือจุดสันดอนของลายนิ้วมือเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางมาก

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v) \quad (3-3)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)) \quad (3-4)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} - \tan^{-1}\left(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)}\right) \quad (3-5)$$

โดยที่

$\theta(i, j)$ คือ ค่ามุมที่ได้จากการประมาณค่าเฉลี่ย (Least Square Estimate) ของค่าทิศทางหรือความหันเหของเส้นลายนิ้วมือโดยมีพิกัด (i, j) เป็นจุดศูนย์กลางของแต่ละบล็อก

ขั้นตอนที่ 4 ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนภาพลายนิ้วมือด้วยการกรองแบบโลพาส (Low pass filter) เนื่องจากในบางครั้งภาพลายนิ้วมือที่ได้มีสัญญาณรบกวนทำให้โครงสร้างของลายนิ้วมือบางส่วนขาดหายไป ดังนั้นค่าทิศทาง $\theta(i, j)$ ที่คำนวณได้อาจไม่ถูกต้อง ดังนั้นการปรับทิศทางโดยการกรองความถี่ต่ำผ่านได้ เพื่อให้ทิศทางมีความราบเรียบขึ้น โดยจะต้องเปลี่ยนภาพที่กำหนดทิศทางแล้วให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ที่ต่อเนื่อง (Continuous vector field) ก่อน โดยใช้สมการ (3-6) และสมการ (3-7) ตามลำดับ

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)) \quad (3-6)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)) \quad (3-7)$$

โดยที่

Φ_x และ Φ_y คือ ค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ x และ y ตามลำดับ

จากนั้นทำการกรองความถี่ต่ำผ่านได้โดยใช้สมการ (3-8) และสมการ 3-9 ตามลำดับ

$$\Phi_x(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} W(u, v)\Phi_x(i-uw, j-vw) \quad (3-8)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sum_{u=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} \sum_{v=-\frac{w_\Phi}{2}}^{\frac{w_\Phi}{2}} W(u, v)\Phi_y(i-uw, j-vw) \quad (3-9)$$

โดยที่

W คือ ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านได้มีขนาดของตัวกรอง $w_\Phi \times w_\Phi$ (งานวิจัยนี้ใช้ 5×5)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาทิศทางและความถี่เส้นลายนิ้วมือที่ไม่มีสัญญาณรบกวน (Smoothed Orientation Field) ด้วยสมการ (3-10)

$$\theta'(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)} \right) \quad (3-10)$$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณเฉพาะส่วนประกอบไซน์ (Sine Component) ของ $\theta'(i, j)$ ด้วยสมการ (3-11)

$$\varepsilon(i, j) = \sin(\theta'(i, j)) \quad (3-11)$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณค่าสูงสุดของค่าทิศทางและความถี่ เพื่อกำหนดพิกัด (i, j) จุดอ้างอิง (Core point) ด้วยสมการ (3-12)

$$P(i, j) = \sum_{R1} \varepsilon(i, j) - \sum_{R2} \varepsilon(i, j) \quad (3-12)$$

โดยที่

$P(i, j)$ คือ พิกัดภาพที่มีค่าทิศทางและความถี่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด

3.3.3.2 กรองภาพลายนิ้วมือด้วยตัวกรองเกเบอร์ (Gabor Filter)

การกรองภาพลายนิ้วมือด้วยตัวกรองแถบความถี่แบบเกเบอร์ เป็นกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนที่แทรกมากับข้อมูลภาพลายนิ้วมือ และปรับปรุงโครงสร้างลายเส้นให้ชัดเจนสมบูรณ์มากขึ้น โดยนำภาพลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการหาค่าของทิศทางและความถี่ของลายเส้นแล้วมาเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญของการกรอง ตัวกรองเกเบอร์นี้เป็น ตัวกรองแถบความถี่ผ่านได้ (Bandpass Filter) ที่สัมพันธ์กับทิศทางและความถี่ทำให้สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดี และยังคงรักษาโครงสร้างของเส้นลายบนภาพลายนิ้วมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ใช้เกเบอร์แบบสมมาตรคู่ (Even-symmetric Gabor Filter) ในโดเมนสเปเชียล (Special domain)

3.3.4 การแปลงภาพเป็น 2 ระดับ (Binarization)

ขั้นตอนนี้จะทำการแปลงภาพโหมดสีเทาให้เป็นภาพชนิดขาว-ดำ ซึ่งมีความเข้มแสงของพิกเซลสองระดับคือค่าความเข้มแสงเท่ากับ 0 (สีดำ) และค่าความเข้มแสงเท่ากับ 255 (สีขาว) เรียกภาพแบบนี้ว่าภาพไบนารี เพื่อปรับปรุงลักษณะความคมชัดของลายเส้นยังประโยชน์ต่อการแยกลักษณะเด่น โดยพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 0 หมายถึงบริเวณของเส้นนูนของลายนิ้วมือ และพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 255 หมายถึงบริเวณของเส้น

ร่องของลายนิ้วมือนั้นเอง วิธีการแปลงเริ่มต้นโดยอาศัยค่าเทรสโฮลด์ที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของภาพเป็นระดับในการแยกแยะจุดภาพว่าเป็นระดับใด เงื่อนไขในการแยกแยะคือถ้าระดับค่าเทาของพิกเซลในพิกัด (x, y) มีค่ามากกว่าค่าเทรสโฮลด์จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 (สีดำ) และถ้าต่ำกว่าค่าเทรสโฮลด์ก็กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 255 (สีขาว) ผลลัพธ์ที่ได้คือภาพลายนิ้วมือถูกแปลงเป็นภาพความเข้มแสงสองระดับคือภาพขาว-ดำ

3.3.5 การทำลายเส้นให้บาง (Thinning)

การทำลายเส้นให้บางเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้นก่อนที่จะนำข้อมูลภาพเข้าสู่กระบวนการหาลักษณะเด่น เนื่องจากภาพลายนิ้วมือที่มีค่าความเข้มแสงสองระดับหรือที่เรียกว่าภาพไบนารีนั้น โครงสร้างลายเส้นถึงแม้จะสมบูรณ์และชัดเจนไม่มีสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์แล้วก็ตาม แต่ลายเส้นก็ยังคงมีความหนาอยู่หากนำไปใช้ในกระบวนการหาลักษณะเด่นจำเป็นจะต้องทำให้ลายเส้นบางเสียก่อน โดยจะพิจารณาเฉพาะพิกเซลที่มีความเข้มแสงสีดำ หรือส่วนลายเส้นหนุที่มีขนาดของลายเส้นจำนวนหลายพิกเซลให้เหลือเพียงพิกเซลเดียว โดยกำหนดให้พิกเซลที่มีค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่งพิกัด (x, y) ใด ๆ ที่มีค่าเท่ากับ 0 แทนส่วนลายเส้นที่สนใจให้มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับพิกเซลที่มีค่าความเข้มแสงเท่ากับ 255 แทนส่วนที่เป็นพื้นหลังให้มีเท่ากับ 0 อัลกอริทึมการทำลายเส้นให้บางของงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีของจางและซวน (Zhang and Suen's algorithm) [35] วิธีการทำลายเส้นให้บางวิธีการนี้ใช้วินโดว์ขนาด 3×3 พิกเซล ประกอบด้วยจุดพิกเซลทั้งหมด 9 จุดคือ (P_1) , (P_2) , (P_3) , (P_4) , (P_5) , (P_6) , (P_7) , (P_8) และ (P_9) กำหนดให้ (P_1) คือจุดคอนทัวร์ (Contour point) หรือจุดที่กำลังพิจารณา ซึ่งมีค่าพิกเซลเท่ากับ 1 และมีพิกเซลข้างเคียงที่ล้อมรอบ 8 พิกเซล คือ $(P_2 - P_9)$ ดังแสดงในภาพที่ 3-3

(P_9)	(P_2)	(P_3)
(P_8)	(P_1)	(P_4)
(P_7)	(P_6)	(P_5)

ภาพที่ 3-3 จุดคอนทัวร์และจุดข้างเคียงที่ใช้ในอัลกอริทึมทำลายเส้นให้บาง

วิธีการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของจางและชวอน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่กระทำกับจุดคอนทัวร์ อธิบายรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดพิกเซล (P_1) ถูกกำจัดไปหรือกระทำให้มีค่าเป็น 0 (พื้นหลัง) ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. $2 \leq N(P_1) \leq 6$
เมื่อ $N(P_1)$ คือจำนวนของพิกเซลที่อยู่รอบ (P_1) ที่มีค่าเท่ากับ 1 และ
$$N(P_1) = P_2 + P_3 + P_4 + \dots P_9$$
2. $S(P_1) = 1$ เมื่อ $S(P_1)$ คือจำนวนของการเปลี่ยนแปลงจากพิกเซล 0 เป็น 1 โดยทำการตรวจสอบพิกเซลตามลำดับดังนี้ P_2, P_3, \dots, P_9
3. $P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0$ เมื่อตัวกระทำ \cdot แทนด้วยลอจิกแอนด์
4. $P_4 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$ เมื่อตัวกระทำ \cdot แทนด้วยลอจิกแอนด์

ขั้นตอนนี้จะทำการกำจัดพิกเซลที่อยู่ทางขวามือและด้านล่างของลายเส้นออกไป ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีพิกเซลใดในภาพถูกกำจัดอีก ภาพลายเส้นที่ได้ในขั้นตอนนี้จะนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าไปในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้จุดพิกเซลอื่นคือจุด (P_1) ว่าต้องถูกทำลายหรือถูกลบ ขั้นตอนนี้จะต่างกับขั้นตอนที่ 1 ในเงื่อนไขที่ 3 และ 4 เท่านั้น ดังนั้นพิกเซล (P_1) จะถูกกำจัดไปหรือทำให้เป็น 0 ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

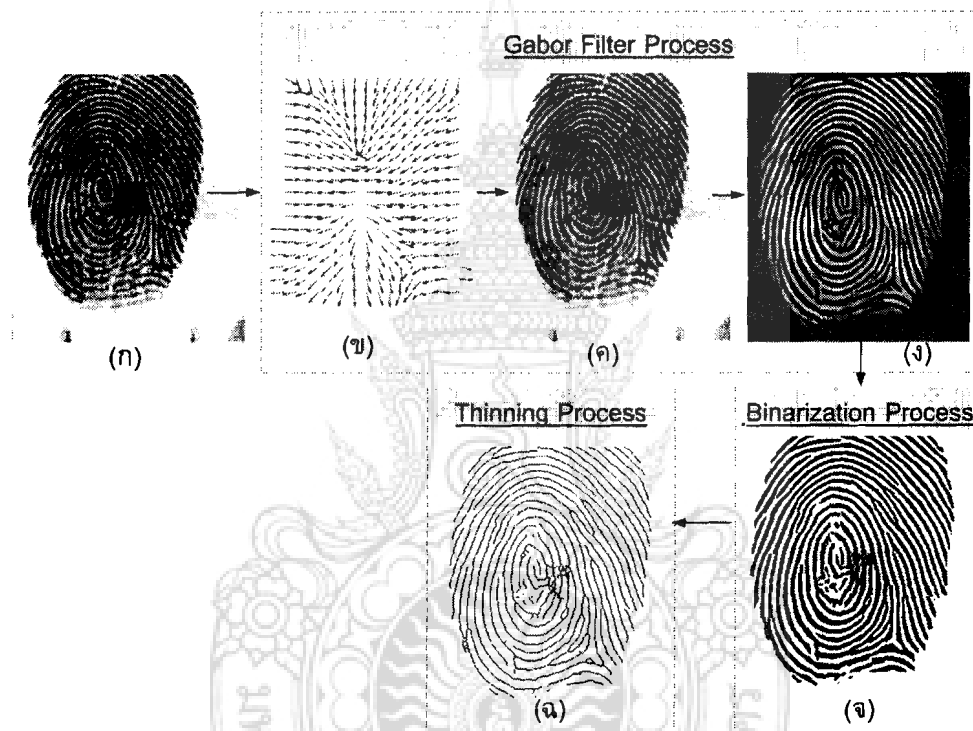
1. $2 \leq N(P_1) \leq 6$
เมื่อ $N(P_1)$ คือจำนวนของพิกเซลที่อยู่รอบ (P_1) ที่มีค่าเท่ากับ 1 และ
$$N(P_1) = P_2 + P_3 + P_4 + \dots P_9$$
2. $S(P_1) = 1$
เมื่อ $S(P_1)$ คือจำนวนของการเปลี่ยนแปลงจากพิกเซล 0 เป็น 1 โดยทำการตรวจสอบพิกเซลตามลำดับดังนี้ P_2, P_3, \dots, P_9
3. $P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0$ เมื่อตัวกระทำ \cdot แทนด้วยลอจิกแอนด์
4. $P_2 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$ เมื่อตัวกระทำ \cdot แทนด้วยลอจิกแอนด์

ขั้นตอนนี้จะทำการกำจัดพิกเซลที่อยู่ทางซ้ายมือและด้านบนของลายเส้นออกไป ทำซ้ำ

ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีพิกเซลใดในภาพถูกกำจัด จะได้ภาพที่เป็นโครงร่าง (Skeleton) ที่เป็นลายเส้นประกอบด้วยพิกเซลเดียว

สรุปได้ว่าขั้นตอนการประมวลผลภาพลายนิ้วมือเบื้องต้น ประกอบด้วยกระบวนการทำงานหลัก 5 กระบวนการ ซึ่งแต่ละกระบวนการมีความสำคัญ และมุ่งเน้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการกรองสัญญาณภาพด้วยตัวกรองเกเบอร์ กระบวนการแปลงภาพสองระดับ และกระบวนการทำลายเส้น

ให้บาง ถือว่าเป็นกระบวนการที่ปรับปรุงภาพลายนิ้วมืออย่างแท้จริง ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน การประมวลผลภาพคือ ภาพลายนิ้วมือที่ปรับปรุงโครงสร้างของลายเส้นที่มีความสมบูรณ์และชัดเจนอยู่ในรูปแบบของภาพสองระดับ (ภาพขาว-ดำ) และพิกัด (i, j) ของจุดอ้างอิงที่เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของลายนิ้วมือต่อไป ภาพที่ 3-4 แสดงถึงผลลัพธ์จากการทำงานของการประมวลผลภาพลายนิ้วมือเบื้องต้น



ภาพที่ 3-4 ผลลัพธ์ขั้นตอนการประมวลผลภาพ (ก) ภาพลายนิ้วมือต้นฉบับ
(ข) ภาพทิศทางของลายเส้น, (ค) ภาพพิกัดของจุดอ้างอิง
(ง) ภาพลายนิ้วมือสี 2 ระดับ และ (จ) ภาพลายเส้นบาง

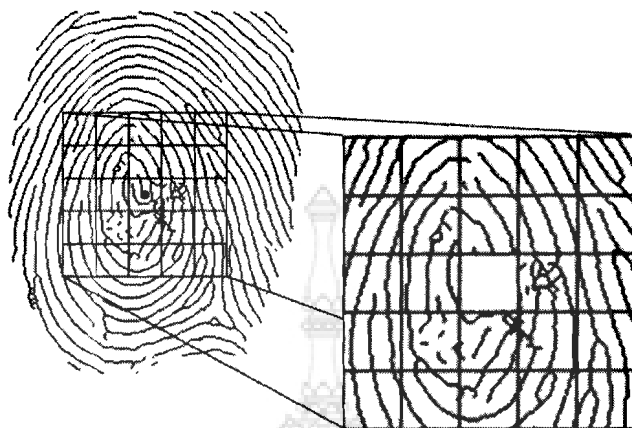
3.4 กำหนดและแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นบล็อก (Divide Fingerprint Image in block)

เป็นกระบวนการที่ทำขึ้นเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ลายนิ้วมือให้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือนั้นไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างลายนิ้วมือทั้งนิ้ว ใช้เพียงบางส่วนก็สามารถระบุบุคคลได้ ทำให้การประมวลผลในขั้นตอนการหาลักษณะเด่นรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตพื้นที่ภาพลายนิ้วมือออกเป็นบล็อก โดยมีจุดกึ่งกลางบล็อกตรงตำแหน่งจุดอ้างอิงของภาพลายนิ้วมือ

ขั้นตอนที่ 2 ตัดข้อมูลภาพลายนิ้วมือนอกขอบเขตทิ้ง จากนั้นปรับขนาดภาพให้มีขนาด 150x150 พิกเซล

ขั้นตอนที่ 3 แบ่งภาพออกเป็นเมตริกซ์ขนาด 5x5 บล็อก ดังภาพที่ 3-5

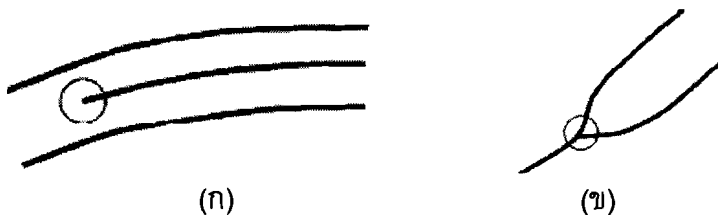


ภาพที่ 3-5 ภาพลายนิ้วมือที่กำหนดขอบเขตและแบ่งบล็อกขนาด 5x5

การจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือนั้น มีข้อมูลที่สำคัญก็คือโครงสร้างลายเส้นและจุดรายละเอียดหรือที่เรียกว่าจุดมินูเทีย (Minutiae Point) ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในภาพลายนิ้วมือของแต่ละบุคคล แต่ในกระบวนการจำแนกบุคคลนั้นใช้ข้อมูลจุดมินูเทียเพียงบางส่วนก็เพียงพอสำหรับการจำแนก

3.5 การแยกลักษณะเด่น (Feature Extraction) [2]

การจำแนกบุคคลโดยใช้ลายนิ้วมือแบบอัตโนมัติ โดยทั่วไปจะอยู่บนหลักการของการใช้ลักษณะเด่นของโครงสร้างที่สำคัญและแตกต่างจากโครงสร้างลายนิ้วมือปกติ ที่เรียกว่า “มินูเทีย” งานวิจัยนี้เลือกใช้โครงสร้างที่สำคัญ 2 ชนิด คือโครงสร้างแบบการสิ้นสุดของเส้นลายนิ้วมือ (Ridge Ending Structure) หรือเรียกอีกชื่อว่า “จุดปลาย” มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3-6 (ก) และโครงสร้างแบบการแยกกันของเส้นลายนิ้วมือ (Ridge Bifurcation Structure) เรียกอีกชื่อว่า “จุดแยก” มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3-6 (ข)



ภาพที่ 3-6 ลักษณะจุดนิมูเนียที่ใช้ในงานวิจัย (ก) จุดปลาย (Ridge Ending) และ (ข) จุดแยก (Ridge Bifurcation)

การหาลักษณะเด่นของจุดมินูเทียทั้ง 2 ชนิด จากภาพลายนิ้วมือใช้หลักการของ Crossing Number (CN) ในการแยกจุดปลายและจุดแยก นิยามได้ดังสมการที่ (3-13)

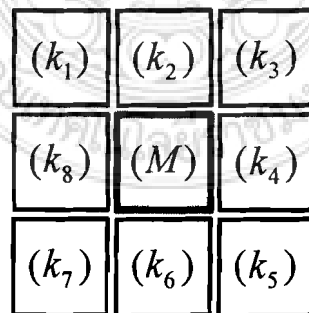
$$CN = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |p_i - p_{i+1}| \quad (3-13)$$

โดยที่

p_i คือ ค่าพิกเซลข้างเคียง (Neighborhoods point) ทั้งหมด 8 พิกเซล

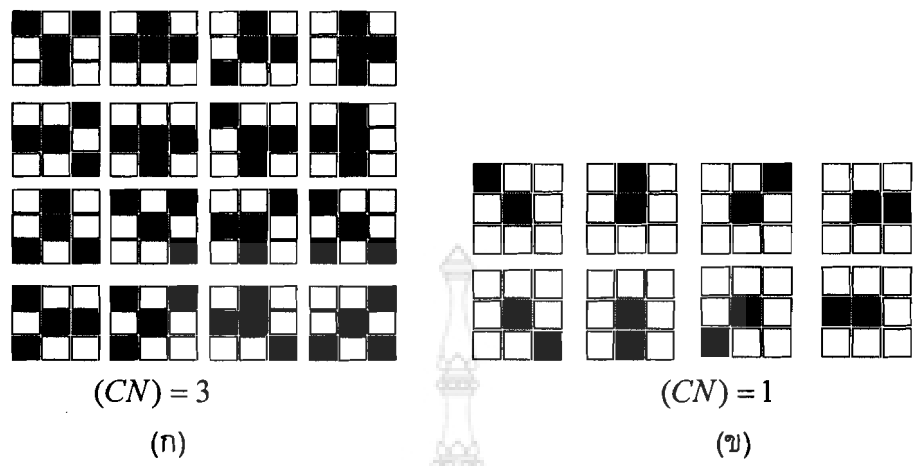
การแยกลักษณะเด่นของจุดมินูเทียของหลักการ Crossing Number ใช้วินโดว์ขนาด 3x3 พิกเซล เริ่มต้นการทำงานโดยนำภาพลายนิ้วมือที่กำหนดขอบเขตและแบ่งบล็อกแล้ว มา กำหนดให้พื้นที่ของเส้นนูนของลายนิ้วมือ คือลายเส้นที่สนใจมีค่าเท่ากับ 1 และบริเวณที่เป็นเส้น ร่องของลายนิ้วมือมีค่าเท่ากับ 0 คือพื้นหลังและเป็นข้อมูลที่ไม่สนใจในการแยกลักษณะเด่น รายละเอียดและขั้นตอนการหาลักษณะเด่นของจุดมินูเทียสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้ พิกัด (i, j) ใด ๆ คือพิกัดของจุดพิกเซลที่ต้องการตรวจสอบว่าเป็นจุดแยกหรือจุดปลายคือ (M) และพิกเซลใกล้เคียง $(k_1), (k_2), \dots, (k_8)$ คือพิกัดของ พิกเซลที่อยู่รอบ ๆ มีทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังภาพที่ 3-7 และเริ่มจากมุมบนซ้ายมือ ถ้า พิกัด (k_n) เป็นพิกเซลสีดำกำหนดให้ $R(n) = 1$ แต่ถ้าพิกัด (k_n) เป็นพิกเซลสีขาวกำหนดให้ $R(n) = 0$ จากนั้นนำค่าสีของพิกเซลรอบพิกัด (M)



ภาพที่ 3-7 พิกัดของพิกเซลที่ใช้ในการหาลักษณะเด่น

ผลลัพธ์การคำนวณค่า (CN) ของ ridge pixel สามารถแยกลักษณะของลายนิ้วมือ โครงสร้างชนิดจุดแยกได้จำนวน 16 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3-8 (ก) และโครงสร้างชนิด จุดปลายจำนวน 8 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 3-8 (ข)

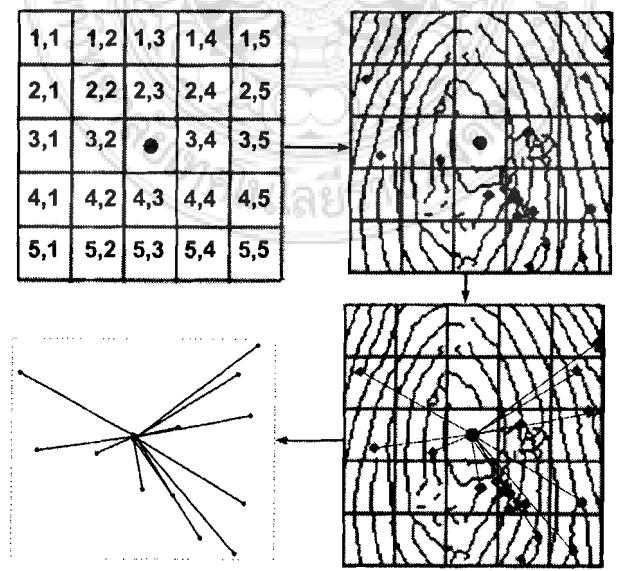


ภาพที่ 3-8 รูปแบบของจุดมุมเทียบ (ก) รูปแบบชนิดจุดแยก (Ridge Bifurcation) และ (ข) รูปแบบชนิดจุดปลาย (Ridge Ending)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาระยะห่างของจุดมุมเทียบกับจุดอ้างอิง โดยใช้ทฤษฎีพีทาโกรัส (Pythagoras) นิยามดังสมการที่ (3-14)

$$D = \sqrt{(x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2)} \tag{3-14}$$

หากพบว่าบล็อกใดในภาพลายนิ้วมือมีจำนวนจุดมุมเทียบหลายจุด ให้เลือกจุดมุมเทียบที่มีระยะห่างจากจุดอ้างอิงน้อยที่สุด ตัวอย่างดังภาพที่ 3-9



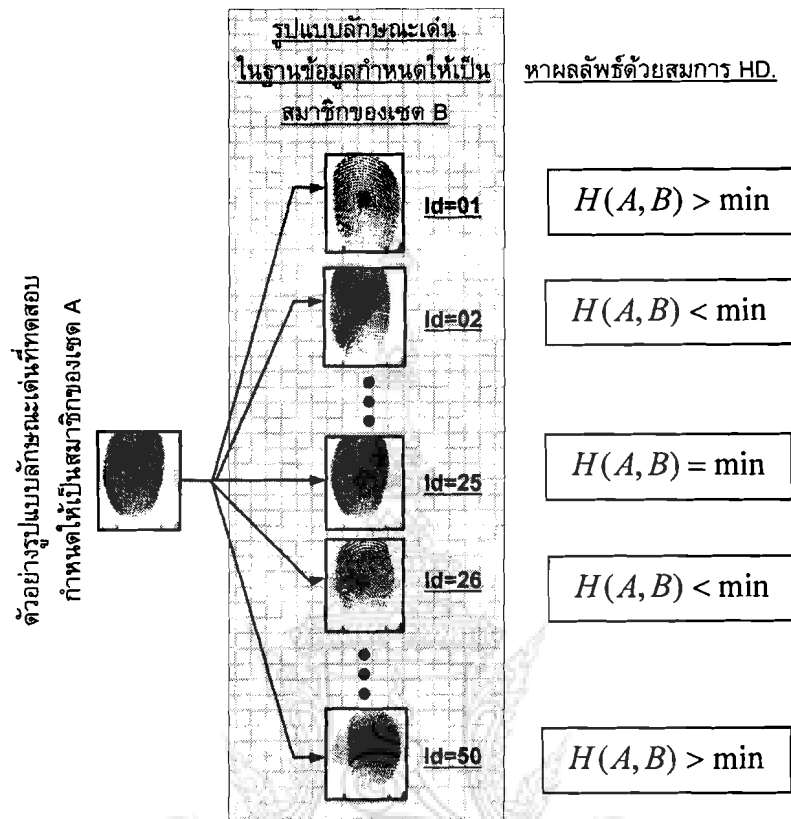
ภาพที่ 3-9 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาระยะทางและเลือกจุดมุมเทียบ

จากภาพที่ 3-9 พบว่ามีจุดมินูเทียในบล็อกที่ (1,5) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดแยก, บล็อกที่ (2,1) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดปลาย, บล็อกที่ (2,5) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดปลาย, บล็อกที่ (3,1) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดปลาย, บล็อกที่ (3,2) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดปลาย, บล็อกที่ (3,4) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดแยก, บล็อกที่ (3,5) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดแยก, บล็อกที่ (4,3) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดปลาย, บล็อกที่ (4,4) จำนวน 3 จุด เป็นชนิดจุดแยกทั้ง 3 จุด, บล็อกที่ (4,5) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดแยก, บล็อกที่ (5,4) จำนวน 2 จุด เป็นชนิดจุดแยกและจุดปลาย และสุดท้ายบล็อกที่ (5,5) จำนวน 1 จุด เป็นชนิดจุดแยก ดังนั้นสรุปได้ว่าพบจุดมินูเทียชนิดจุดแยกจำนวน 8 จุด และจุดปลายจำนวน 7 จุด รวมจุดมินูเทียที่ต้องนำมาคำนวณหาระยะทางจากจุดอ้างอิงจำนวนทั้งสิ้น 15 จุด จากผลการคำนวณค่าระยะทางพบว่า มีเพียง 12 จุดเท่านั้นที่ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลลักษณะเด่นของลายนิ้วมือได้ เนื่องจากบล็อกที่ (4,4) และบล็อกที่ (5,4) เงื่อนไขกำหนดให้เลือกจุดพิกเซลที่มีค่าระยะทางน้อยสุดเพียงบล็อกละ 1 จุดเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้คือค่าระยะทางหรือค่าความห่างระหว่างจุดอ้างอิงกับจุดมินูเทีย โดยจัดเก็บในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector Data)

ในการทดสอบระบบแบ่งภาพตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดภาพลายนิ้วมือตัวอย่าง สำหรับการลงทะเบียนลายนิ้วมือ (Enrollment) และการตรวจสอบลายนิ้วมือ (Verification) โดยใช้ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือจำนวน 250 ภาพ จากข้อมูลตัวอย่างบุคคลจำนวน 50 ราย เก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือนิ้วหัวแม่มือขวาจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างภาพลายนิ้วมือ สำหรับการลงทะเบียนจำนวน 50 ภาพ และเป็นตัวอย่างภาพลายนิ้วมือสำหรับทดสอบการจำแนกจำนวน 200 ภาพ ข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้จากภาพตัวอย่างชุดการลงทะเบียน ถูกเก็บลงในรูปแบบของไฟล์ข้อความ (Text File) สำหรับข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้จากภาพตัวอย่างชุดการทดสอบการจำแนกบุคคลถูกเก็บลงในอาร์เรย์ขนาด 1 มิติ ซึ่งข้อมูลลักษณะเด่นของลายนิ้วมือทั้งสองถูกนำมาใช้ในกระบวนการจำแนกบุคคลต่อไป

3.6 การจำแนกบุคคลด้วยเทคนิคแฮชคอร์พดิสแทนซ์ (Verification using HD.)

เป็นกระบวนการที่นำข้อมูลคุณลักษณะเด่น ที่หาได้จากขั้นตอนการแยกคุณลักษณะเด่นมา หาค่าความคล้ายคลึงกับข้อมูลลักษณะเด่นในฐานข้อมูลด้วยสมการแฮชคอร์พดิสแทนซ์ ซึ่งกระบวนการเริ่มต้นโดยอ่านค่าข้อมูลคุณลักษณะเด่นในฐานข้อมูลลงในอาร์เรย์ 1 มิติ จากนั้นอ่านข้อมูลคุณลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่ทดสอบลงในอาร์เรย์ 1 มิติเช่นกัน คำนวณหาค่าความคล้ายคลึงด้วยสมการแฮชคอร์พดิสแทนซ์ เลือกรูปแบบที่มีค่าความห่างน้อยที่สุดเป็นผลลัพธ์ แล้วนำผลลัพธ์ที่หาได้มาระบุบุคคล แบบจำลองตัวอย่างกระบวนการ จำแนกบุคคลแสดงดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 ตัวอย่างการจำแนกลายนิ้วมือบุคคลด้วยเทคนิค HD.

จากภาพที่ 3-10 กำหนดให้ข้อมูลรูปแบบลายนิ้วมือที่ทดสอบการจำแนกคือ สมาชิกของเขต A และข้อมูลรูปแบบลายนิ้วมือในฐานะข้อมูลเป็นสมาชิกของเขต B วิธีการเริ่มต้นจากนำรูปแบบลายนิ้วมือที่ทดสอบวัดความคล้ายกับทุกรูปแบบที่อยู่ในฐานข้อมูล ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 50 รูปแบบ แล้วเลือกรูปแบบที่มีค่าความห่างน้อยที่สุด (\min) เป็นผลลัพธ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $H(A, B) = \min$ ซึ่งนั่นคือรูปแบบลายนิ้วมือหมายเลข 25 (id=25) จากนั้นนำหมายเลขไอดีผลลัพธ์ที่ได้ใช้เป็นคีย์ในการค้นหาข้อมูลบุคคลในฐานข้อมูลประวัตินักศึกษา เพื่อให้ทราบชื่อ สกุล และข้อมูลรายละเอียด ยังผลต่อการระบุผลลัพธ์ของจำแนกว่าถูกต้องหรือผิดพลาด

3.7 การแสดงผลลัพธ์การจำแนกบุคคล

กระบวนการแสดงผลลัพธ์ ถือเป็นขั้นตอนวัดประสิทธิภาพของการระบบการจำแนกบุคคลด้วยเทคนิคแฮชคอร์พดิสแทนซ์ ในงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบด้วยการสังเกตด้วยสายตามนุษย์จะตัดสินใจว่าถูกต้องหรือไม่ โดยอาศัยข้อมูลที่ค้นหาได้จากฐานข้อมูลประวัติบุคคล ตัวอย่าง

3.8 การจับคู่ข้อมูลผลลัพธ์การจำแนกกับฐานข้อมูลประวัติบุคคล

เป็นกระบวนการที่นำผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจำแนกบุคคล ในงานวิจัยนี้คือค่ารหัสบุคคล (Code) ใช้เป็นคีย์ในการค้นหาในฐานข้อมูลประวัติบุคคล ที่ได้ทำการสร้างไว้ด้วยโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Microsoft Access แล้วใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic (ภาษา Basic) พัฒนาแอปพลิเคชันในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface : GUI) พจนานุกรมข้อมูลประวัติบุคคลแสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 พจนานุกรมข้อมูลประวัติ

Name	StdHistory			
Description	สำหรับจัดเก็บข้อมูลประวัติบุคคล			
Attribute	Description	Type	Length	PK
Id	รหัสลำดับ	Number	2	
Code	รหัสบุคคล	Text	12	✓
PrefixName	คำนำหน้าชื่อ	Text	10	
FName	ชื่อ	Text	25	
LName	นามสกุล	Text	35	
BirthDay	วัน เดือน ปี เกิด	Date	8	
HomeID	บ้านเลขที่ ถนน ตำบล อำเภอ	Text	100	
Province	จังหวัด	Text	100	
Phone	หมายเลขโทรศัพท์	Text	100	

การใช้งานแอปพลิเคชันเริ่มต้นโดยบุคคลตัวอย่างจำนวน 50 ราย บันทึกข้อมูลภาพถ่ายนิ้วมือผ่านเครื่องสแกนภาพถ่ายนิ้วมือ นำภาพผ่านกระบวนการจำแนกบุคคลที่พัฒนาด้วยโปรแกรม MATLAB จนได้รหัสลำดับ ID จากนั้นกระบวนการจับคู่ข้อมูลผลลัพธ์การจำแนกกับฐานข้อมูลประวัติบุคคลจึงเริ่มต้นการทำงานโดยนำค่า ID มาจับคู่กับแถว (Row) ในฐานข้อมูลประวัติบุคคล โดยใช้คำสั่งภาษา SQL (Structure Query Language) และแอปพลิเคชันจะแสดงข้อมูลบุคคลออกมาเพื่อให้ผู้ทดสอบตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลของตนหรือไม่

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

4.1 การทดลอง






การทดลองระบบการจำแนกบุคคลด้วยเทคนิคเฮาซเตอร์ฟติสแทนซ์ ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แบ่งการทดสอบระบบออกเป็น 2 ส่วน คือการลงทะเบียนนิ้วมือ (Enrollment) และการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือ (Verification) โดยใช้ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือจำนวน 250 ตัวอย่าง จากข้อมูลตัวอย่างบุคคลจำนวน 50 ราย เก็บข้อมูลภาพลายนิ้วมือนิ้วหัวแม่มือขวาจำนวน 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดลองต่อหนึ่งบุคคล

ภาพลายนิ้วมือตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ นำมาจากเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000 ภาพลายนิ้วมือที่ได้อยู่ในโหมดภาพสีเทาที่ความละเอียด 72 จุดภาพต่อนิ้ว ขนาดภาพ 292x337 พิกเซล จัดเก็บอยู่ในรูปแบบบิตแมป (.BMP) แล้วนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น กระบวนการแบ่งขอบเขตและแบ่งภาพออกเป็นเมตริกซ์ขนาด 5x5 บล็อก และกระบวนการแยกลักษณะเด่นของจุดมินูเทีย 2 ชนิด คือจุดปลายและจุดแยกจากโครงสร้างลายเส้นปกติของลายนิ้วมือจนได้ข้อมูลลักษณะเด่น 50 ค่าของแต่ละรูปแบบ ข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้จากภาพตัวอย่างชุดการลงทะเบียน ถูกเก็บลงในรูปแบบของไฟล์ข้อความ (Text File) สำหรับข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้จากภาพตัวอย่างชุดการจำแนกบุคคลถูกเก็บลงในอาร์เรย์ขนาด 1 มิติ ตัวอย่างข้อมูลลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างข้อมูลลักษณะเด่นรูปแบบลายนิ้วมือต่อบุคคล

ภาพนิ้วมือ	ข้อมูลลักษณะเด่น								
 ภาพที่ 1	0	95.2365	0	101.6020	0	E	B		
	0	0	69.491	89.2468	0		E	E	
	80.7899	0	0	0	0	E			
	0	107.3310	0	0	0	B			
	0	0	125.3654	129.4910	0		E	E	
 ภาพที่ 2	0	94.0235	0	108.097	0	E	B		
	0	0	70.6753	110.959	0		E	E	
	81.0125	0	0	75.4718	0	E		B	
	0	106.5480	0	0	0	B			
	0	0	122.311	120.469	0		E	E	
 ภาพที่ 3	0	92.7362	0	102.4500	0	E	B		
	0	0	71.2064	100.712	0		E	E	
	76.0066	0	0	73.2495	0	E		B	
	0	103.2447	0	0	0	B			
	0	0	121.635	127.887	0		E	E	
 ภาพที่ 4	0	90.9395	0	106.3160	0	E	B		
	0	0	65.2304	111.727	0		E	E	
	72.0972	0	0	77.2981	0	E		B	
	0	101.2594	0	0	0	B			
	0	0	129.144	125.1640	0		E	E	
 ภาพที่ 5	0	96.9395	0	103.1840	0	E	B		
	0	0	70.0714	111.6420	0		E	E	
	76.4264	0	0	72.1520	0	E		B	
	0	102.5623	0	0	0	B			
	0	0	126.344	120.4634	0		E	E	

จากตารางที่ 4-1 ข้อมูลลักษณะเด่นมีจำนวน 50 ค่า ประกอบด้วยระยะทางจากจุดอ้างอิงกับจุดมินูเทียของแต่ละบล็อกจำนวน 25 บล็อก บล็อกใดไม่พบจุดมินูเทียก็จะมีค่าระยะทางเป็น 0 และประเภทของจุดมินูเทียของแต่ละบล็อกจำนวน 25 ค่า ซึ่ง “B” หมายถึงจุดแยก และ “E” หมายถึงจุดปลาย รายละเอียดการทดสอบแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

4.1.1 การทดลองส่วนการลงทะเบียน (Enrollment)

การทดลองส่วนการลงทะเบียน ใช้ภาพถ่ายอย่างลายนิ้วมือจำนวน 50 ตัวอย่าง ของบุคคลจำนวน 50 ราย ผู้วิจัยดำเนินการลงทะเบียนลายนิ้วมือทั้ง 50 ตัวอย่าง แล้วเก็บข้อมูลลักษณะเด่นลงในฐานข้อมูล จากนั้นนำภาพถ่ายลายนิ้วมือตัวอย่างเดิมไปทดสอบการจำแนก

4.1.2 การทดลองส่วนการจำแนกบุคคล (Verification)

การทดลองส่วนการจำแนกบุคคล แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือการจำแนกแบบออฟไลน์ (Offline) และแบบออนไลน์ (Online) รายละเอียดการทดสอบแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

4.1.2.1 การทดสอบการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือแบบออฟไลน์

การทดสอบด้วยวิธีแบบออฟไลน์ใช้ภาพถ่ายลายนิ้วมือบุคคลตัวอย่างจำนวน 50 ราย และใช้ตัวอย่างบุคคลกลุ่มเดียวกับส่วนการลงทะเบียน ใช้ภาพถ่ายอย่างลายนิ้วมือจำนวน 200 ภาพ ผู้ทดสอบคือผู้ดำเนินการวิจัย

4.1.2.2 การทดสอบการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือแบบออนไลน์

การทดสอบด้วยวิธีแบบออฟไลน์ใช้ตัวอย่างบุคคลจำนวน 30 ราย ทดสอบการจำแนกทุกนิ้วมือ การทดสอบแบบออนไลน์นี้บุคคลตัวอย่างเป็นผู้ดำเนินการทดสอบด้วยการวางนิ้วมือลงบนแป้นสแกนภาพของเครื่องสแกนลายนิ้วมือ จากนั้นตรวจสอบผลการจำแนกว่าได้ข้อมูลตรงกับบุคคลที่ได้ทำการทดสอบหรือไม่

การทดสอบระบบใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ประเภทบุคคล (Personal Computer) มีหน่วยประมวลผลกลางชนิด Pentium® D ความเร็วรอบ 3.00 GHz. หน่วยความจำ (Ram) 512 MB. และเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000 บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี (WindowsXP)

4.2 ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทดลองกับข้อมูลภาพถ่ายลายนิ้วมือบุคคลจำนวน 50 ราย เก็บภาพนิ้วหัวแม่มือขวาจำนวน 5 ตัวอย่าง ใช้ในการทดลองสำหรับการลงทะเบียนจำนวน 50 ภาพ และใช้ในการทดลองส่วนการจำแนกบุคคลแบบออฟไลน์จำนวน 200 ภาพ การทดลองส่วนการจำแนกบุคคลแบ่งการทดลองออกเป็น 2 แบบคือ แบบออฟไลน์และแบบออนไลน์

ผู้วิจัยทำการลงทะเบียนลายนิ้วมือบุคคลจำนวน 50 ราย เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะเด่นของจุดมินูเทียของลายนิ้วมือตัวอย่างลงในฐานข้อมูลต้นแบบ แล้วดำเนินการทดสอบการจำแนกบุคคล ผลการทดสอบสามารถจำแนกบุคคลได้ทุกรูปแบบลายนิ้วมือคิดเป็นร้อยละ 100.00

สำหรับผลการจำแนกลายนิ้วมือบุคคลส่วนการทดสอบแบบออฟไลน์ ใช้ข้อมูลภาพลายนิ้วมือของตัวอย่างของบุคคลจำนวน 50 ราย โดยเป็นลายนิ้วมือนิ้วหัวแม่มือขวา จำนวน 4 ตัวอย่างต่อบุคคล การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ชุด โดยเก็บข้อมูลในสภาพจริง ความสามารถในการจำแนกข้อมูลชุดที่ 1 สามารถจำแนกคิดเป็นร้อยละ 98.00 ข้อมูลชุดที่ 2 สามารถจำแนกคิดเป็นร้อยละ 92.00 ข้อมูลชุดที่ 3 สามารถจำแนกคิดเป็นร้อยละ 86.00 และข้อมูลชุดที่ 4 สามารถจำแนกคิดเป็นร้อยละ 92.00 เมื่อนำผลการจำแนกของข้อมูลทั้ง 4 ชุดสามารถจำแนกคิดเป็นร้อยละ 92.00 ข้อมูลรายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 รายละเอียดผลการจำแนกส่วนการทดสอบแบบออฟไลน์

ชุดการทดลอง	ผลการจำแนก			จำแนกถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ
	จำแนกถูกต้อง	จำแนกผิดพลาด	ไม่สามารถระบุได้	
ลายนิ้วมือชุดที่ 1	49	-	1	98.00
ลายนิ้วมือชุดที่ 2	46	-	4	92.00
ลายนิ้วมือชุดที่ 3	43	3	4	86.00
ลายนิ้วมือชุดที่ 4	46	1	3	92.00
ผลรวม	184	4	12	92.00

สำหรับผลการจำแนกลายนิ้วมือบุคคลส่วนการทดสอบแบบออนไลน์ ใช้ข้อมูลลายนิ้วมือบุคคลตัวอย่างจำนวน 30 ราย เป็นกลุ่มตัวอย่างบุคคลคนละกลุ่มกับการทดสอบแบบออฟไลน์ การทดลองเริ่มต้นโดยบุคคลตัวอย่างดำเนินการลงทะเบียนลายนิ้วมือจำนวน 10 นิ้ว เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะเด่นไว้ในฐานข้อมูลต้นแบบ จากนั้นจึงทดสอบการจำแนกนิ้วละ 1 ครั้ง โดยทดสอบผ่านเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือ ผลการทดสอบพบว่านิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือขวาและมือซ้าย สามารถจำแนกบุคคลได้ 28 ราย คิดเป็นร้อยละ 93.33 ส่วนนิ้วนางและนิ้วก้อยของมือทั้งสองข้างมีผลการจำแนกต่ำลงตามลำดับ โดยเฉพาะนิ้วก้อยมือซ้ายให้ผลการจำแนกถูกต้อง 15 ราย คิดเป็นร้อยละ 50.00 และเมื่อพิจารณาในภาพรวมของมือข้างขวาและมือข้างซ้ายแล้วพบว่านิ้วมือข้างขวาให้ผลการจำแนกดีกว่านิ้วมือข้างซ้าย ในการทดสอบครั้งนี้พบปัญหาภาพถ่ายของนิ้วมือของบุคคลตัวอย่างจำนวน 1 ราย ที่มีสภาพผิวหนังทั้งฝ่ามือลอกเป็นขุย ข้อมูลรายละเอียดผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 รายละเอียดผลการจำแนกส่วนการทดสอบแบบออนไลน์

ชื่อนี้ว	ผลการจำแนก			จำแนกถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ
	ถูกต้อง	ผิดพลาด	ไม่ระบุ	
นิ้วหัวแม่มือขวา	28	-	2	93.33
นิ้วชี้มือขวา	28	-	2	93.33
นิ้วกลางมือขวา	28	-	2	93.33
นิ้วนางมือขวา	26	-	4	86.66
นิ้วก้อยมือขวา	20	-	10	66.66
สรุปความถูกต้องของมือขวา	130	-	20	86.66
นิ้วหัวแม่มือซ้าย	28	-	2	93.33
นิ้วชี้มือซ้าย	28	-	2	93.33
นิ้วกลางมือซ้าย	28	-	2	93.33
นิ้วนางมือซ้าย	18	-	12	60.00
นิ้วก้อยมือซ้าย	15	-	15	50.00
สรุปความถูกต้องของมือซ้าย	117	-	33	78.00
สรุปผลภาพรวม	247	-	53	82.33

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้เสนอระบบการจำแนกบุคคลด้วยลายนิ้วมือ โดยใช้ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือคนไทย และใช้เทคนิคเฮาซดอร์ฟติสแทนซ์ในการจำแนกลักษณะเด่นจากจุดมินูเทีย โดยมีกระบวนการทำงานหลัก 5 กระบวนการคือ การประมวลผลภาพเบื้องต้น การแบ่งขอบเขตภาพลายนิ้วมือ การหาคุณลักษณะเด่น และการจำแนกบุคคล โดยคอมพิวเตอร์ถูกโปรแกรมให้รับภาพลายนิ้วมือจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือแล้วดำเนินการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นประกอบด้วย การปรับความสว่าง ความคมชัด กรองสัญญาณรบกวน แปลงภาพเป็นภาพ 2 ระดับ และทำเส้นลายนิ้วมือให้บาง จากนั้นกำหนดขอบเขตภาพลายนิ้วมือเฉพาะส่วนที่ต้องการโดยอาศัยจุดอ้างอิง เพื่อนำไปหาคุณลักษณะเด่นของจุดมินูเทีย 2 ชนิด คือจุดปลายและจุดแยก นำข้อมูลลักษณะเด่นที่หาได้ป้อนเข้าสู่สมการเฮาซดอร์ฟติสแทนซ์เพื่อทำการจำแนก จากนั้นนำผลที่ได้จากการจำแนกใช้ในการระบุบุคคล

จากผลการทดสอบด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น ระบบสามารถจำแนกบุคคลในส่วนของ การทดสอบแบบออฟไลน์ได้ 184 ตัวอย่าง จากภาพตัวอย่างทั้งหมด 200 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 92.00 และพบว่าความผิดพลาดในการจำแนกเกิดจากความสมบูรณ์ของภาพลายนิ้วมือขณะจัดเก็บจากเครื่องสแกนลายนิ้วมือ เช่น ความหนักเบาในการวางนิ้วมือ เหนือและความชื้น และการวางตำแหน่งนิ้วมือไม่เต็มพื้นที่รับภาพ ภาพลายนิ้วมือที่ได้มีความเลือนรางไม่ชัดเจน หรืออยู่ในมุมเอียงจนทำให้ข้อมูลลายนิ้วมือขาดหายไป ส่งผลให้การหาดำแหน่งผลลัพธ์จุดอ้างอิง ผิดเพี้ยน และโครงสร้างลายเส้นนิ้วมือขาดความสมบูรณ์และชัดเจน สำหรับความสามารถในการจำแนกบุคคลในส่วนของ การทดสอบแบบออนไลน์ ใช้กลุ่มตัวอย่างบุคคลจำนวน 30 ราย ซึ่งเป็นคนละชุดกับการทดสอบแบบออฟไลน์ ทดสอบการจำแนกนิ้วมือทั้ง 10 นิ้ว ผลการทดลองพบว่านิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือทั้งสองข้างให้ผลการจำแนกเท่ากัน คือสามารถจำแนกบุคคลได้ 28 บุคคล คิดเป็นร้อยละ 93.33 สำหรับนิ้วนาง และนิ้วก้อยของมือทั้งสองข้างให้ผลการจำแนกต่ำลงตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากความไม่ถนัดในการวางนิ้วมือทั้งสองลงบนพื้นสัมผัสของเครื่องสแกนลายนิ้วมือนั่นเอง เพราะถ้าหากมีผู้ช่วยจับนิ้วมือกดลงบนพื้นสัมผัสก็จะสามารถจำแนกได้อย่างถูกต้อง

นอกจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ยังพบว่าปัญหาด้านกายภาพของลายนิ้วมือขณะการทดสอบก็มีผลต่อการจำแนก ถึงแม้ว่าร่างกายคนเราสามารถซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอได้หากเกิดอุบัติเหตุกับนิ้วมือแต่นั้นต้องใช้เวลา ผลการทดลองของงานวิจัยนี้พบว่าหากเกิดการลอกของผิวหนังบริเวณลายนิ้วมือจะทำให้ผลการจำแนกผิดพลาด เนื่องจากในขั้นตอนการทดสอบแบบออนไลน์บุคคลตัวอย่างที่ทำการทดสอบ 1 ราย ผิวหนังทั้งฝ่ามือลอกผลการทดลองพบว่าไม่สามารถจำแนกบุคคลตัวอย่างนั้นได้ นอกจากนี้สภาพแสงขณะสแกนลายนิ้วมือก็มีผลต่อการจำแนกด้วยเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองข้างต้นพบข้อบกพร่องเกิดขึ้น ซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไขและมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 การใช้อุปกรณ์ควบคุมแสงช่วยในการเก็บภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาภาพมืดและภาพสว่างเกินไป

5.2.2 ปรับปรุงวิธีการหาจุดอ้างอิงลายนิ้วมือ เพื่อแก้ไขปัญหาเกิดความไม่สมบูรณ์ของโครงสร้างลายนิ้วมือ

5.2.3 ปรับปรุงอัลกอริทึมในการกรองสัญญาณภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาเกิดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับภาพลายนิ้วมือ

5.2.4 เพิ่มจำนวนการลงทะเบียนต่อบุคคล เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของรูปแบบลักษณะเด่นของลายนิ้วมือที่ใช้เป็นต้นแบบ เพื่อแก้ไขปัญหาการจำแนกผิด

เอกสารอ้างอิง

1. K. Karu and A. K. Jain, "Fingerprint Classification", Pattern Recognition, Vol.29, No.3, pp.389-404, 1996.
2. A.K. Jain, L. Hong and R. Bolle, "On-line Finger print Verification", IEEE Trans. On PAMI, Vol.19, No.4, pp.302-314, 1997.
3. A. Roddy and J. Stost, "Fingerprint Features – Statistical Analysis and System Performance Estimates", Proceedings of IEEE, vol. 85, No. 9, pp. 1390-1421, September 1997.
4. S. Huvanandana, C. Kim and J.N. Hwang, "Reliable and Fast Fingerprint Identification for Security Applications", Proceedings of IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP2000), Vol.2, pp.503-506, 2000.
5. A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong, and S. Pankanti, "Filterbank-based Fingerprint Matching", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 9, issue 5, pp. 846-859, May 2000.
6. เกรียงไกร ไชวเจริญสุข. "ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้ฮาร์ดแวร์ ทิศทาง และโครงข่ายนิวรอลเพื่อประโยชน์การนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.
7. เอกรินทร์ ชื้อชานวงศ์ และมนตรี กาญจนเดชะ. "ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือฝังตัว" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 28 (EECON-28) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 1005-1010. 2548.
8. กฤษกร ฤกษ์หรั่ง และวุฒิพงศ์ อารีกุล. "การจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้จุดโฟกัสเป็นจุดอ้างอิง" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า ครั้งที่ 24 (EECON-24) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1165-1170. 2544.
9. W.J. Rucklidge., "Locating Objects using the Hausdorff Distance." Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 457-464, 1995.
10. Kenneth R., Cattleman. Digitgtal Image Processing. London : Prentice Hall. Inc., 1995.
11. Palus, H. Colour Space in The Colour Image Processing Handbook. Lodon : Chapman & Hall, 1998.

12. Seul, M., O’Gorman, L., and Sammon, M. J. Practical Algorithms for Image Analysis. Cambridge University, 1999.
13. Montri Kanjanadacha. 2004. “Digital Image Processing.” Available online at <https://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/>
14. Sangoh Jeong. 2001. “Histogram-Based Color Image Retrieval : Color Space.” Available online at <http://ise.stanford.edu/class/psych221/projects/02/sojeong/#basic>.
15. Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle. Image Processing Analysis and Machine Vision. 2nd ed. California : Cole Publishing Company, c1999.
16. จันทรจิรา สิ้นทนะโยธิน. “การประมวลผลภาพด้วย C++ Builder”. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 9 (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2548) : 21-30.
17. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. Digital Image Processing. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1993.
- 18 Javier R. Movellan. Tutorial on Gabor Filter. New York : John Wiley, 2000.
19. D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition, Springer-Verlag, 2003.
20. Kasiphan Maskul and Somchai Tungstityangkul. 2004. “Biometrics” Available online at <http://www.spu.ac.th/~bmetric/templates/>.
21. สมทรง ณ นคร และไพบุลย์ มงคลถาวรชัย. “แบบแผนและจำนวนเส้นลายนิ้วมือในคนไทย” การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ. 24-26 ตุลาคม 2545.
22. John Edgar Hoover. 2006. “The Science of Fingerprint Classification and Uses” Available online at <http://www.gutenberg.org/files/19022/19022-h/19022-h.htm>
- 23 Hans van den NIEUWENDIJK. 2006. “Certified Fingerprint Expert.” Available online at <http://www.fingerprints.tk/>
- 24 Toronto Police Service. 2007. “Forensic Identification Service.” Available online at <http://www.torontopolice.on.ca/forensics/fingerprints.php>
25. P. Huttenlocher, G. A. Klanderman and W.J.Rucklidge. “Comparing Image Using the Hausdorff Distance.” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15, 19 (September 1993) : 850-863.


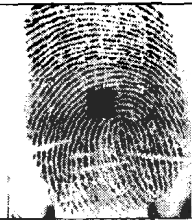
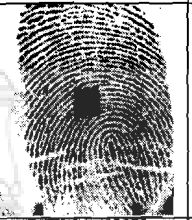


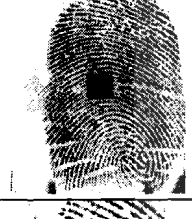


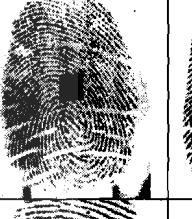






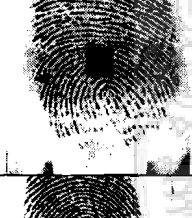


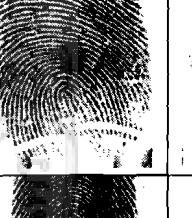
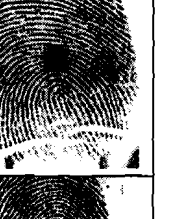






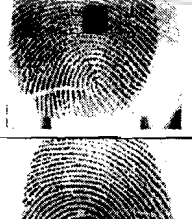
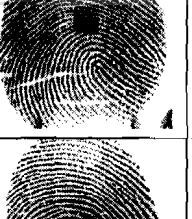
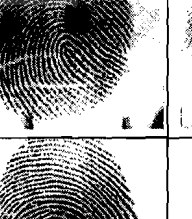

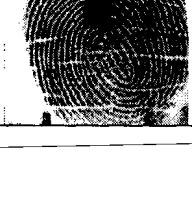
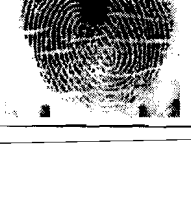
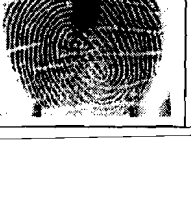
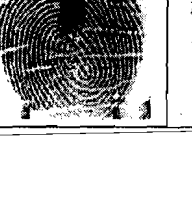
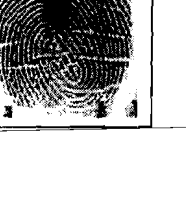
26. D.W. Paglieroni. "Distance Transforms : Properties and machine vision application." Journal of Computer Vision Graphics Image Processing : Graphical Models Image Processing. 2(1), (1992) : 56-74.
27. Xilin Yi, Octavia I. Camps. "Line-Based Recognition Using A Multidimensional Hausdorff Distance." IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21, 9 (September 1999) : 901-863.
28. S.Srisuk. "Thai Printed Character Recognition Using the Hausdorff Distance." Proceedings of The National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'99), 1999.
29. Sanun Srisuk and Werusak Kurutach. "A New Robust Face Detection In Color Image." Proceedings of the fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR.02). 2002.
30. Sanun Srisuk and Werusak Kurutach. "A New Robust Hausdorff Distance Based Face Detection." Proceedings of IEEE International Signal Processing Society International Conference on Image Processing (ICIP 2001). 1022-1025, 2002.
31. Sanun Srisuk. "An Improved Speed of Automatic Face Detection." Proceedings of Proceedings of 23th Electrical Engineering Conference (EECON'23). 2000.
32. Srisuk S., Sunat K. and Kurutach W. "A Modified Hausdorff Distance for Frontal Face Localization." Proceedings of The National Computer Science and Engineering Conference. 1999.
33. อรรถกร พูนศิลป์ และ วศิน ภิมรัมย์. "เทคนิคการเพิ่มความเร็วและความคงทนในการตรวจจับภาพใบหน้าสีแบบทันกาล โดยใช้แฮชดอร์ฟดิสแทนซ์." การประชุมวิชาการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ และ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 7 (NCSEC2003) มหาวิทยาลัยบูรพา. 2546.
34. A.Wahab, S.H.Chin, and E.C.Tan, "Novel Approach to Automated Fingerprint Recognition", IEE Proc.-Vis. Image Signal Process., vol. 145, No. 3, June 1998.
35. Bernd Jahne, Digital Image Processing: Concept, Algorithms, and Scientific Applications, Springer, 1997.



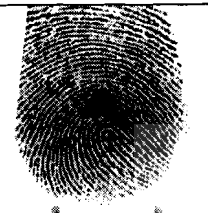

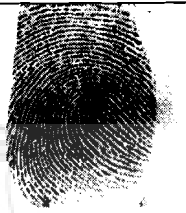
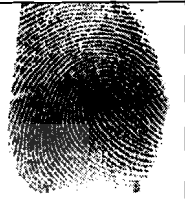
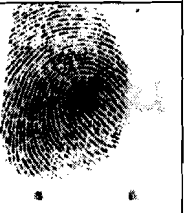









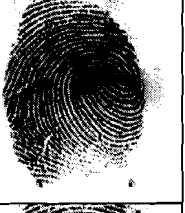














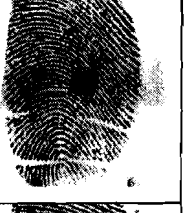



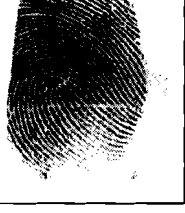
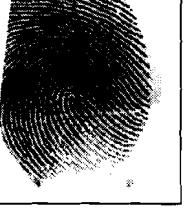
ภาคผนวก ก

รูปภาพลายนิ้วมือที่ใช้ในการทดสอบ


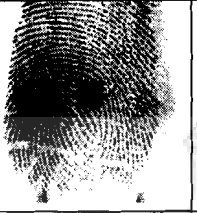
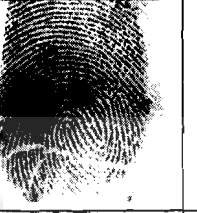
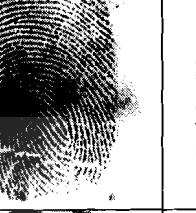


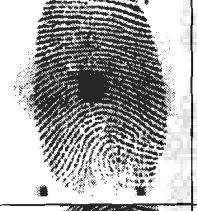







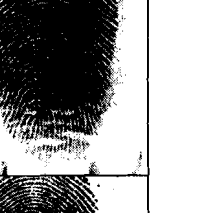










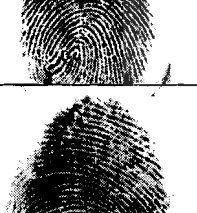
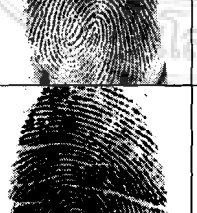




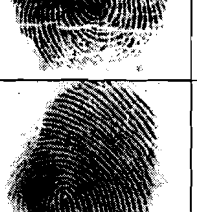
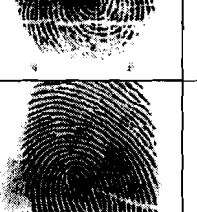

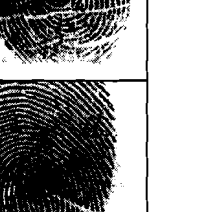





ตารางที่ ก-1 ภาพตัวอย่างลายนิ้วมือที่ใช้การทดลอง

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					


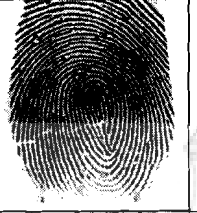
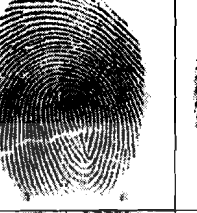

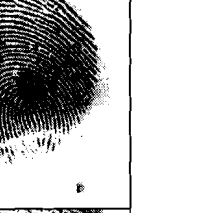



















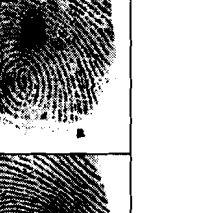


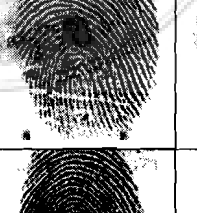

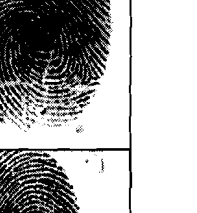


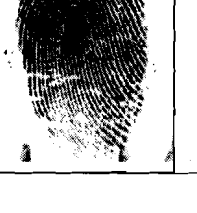
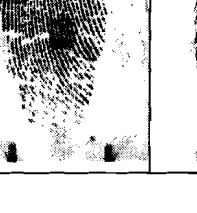

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					




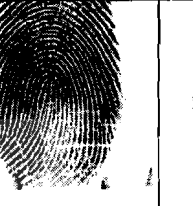


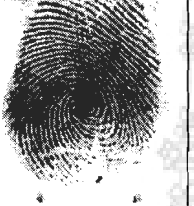


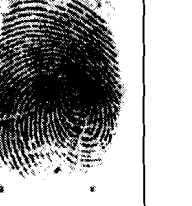

























ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					



















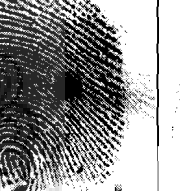
















ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					

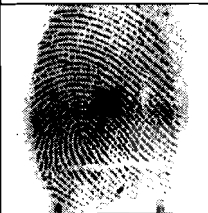
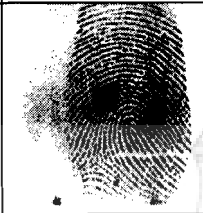

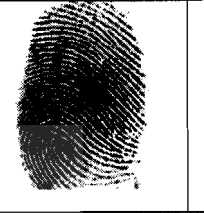
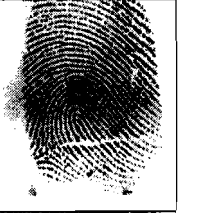

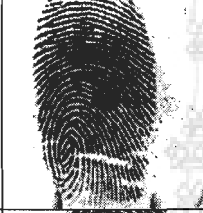
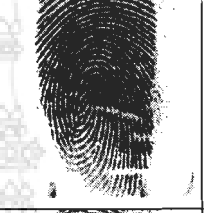
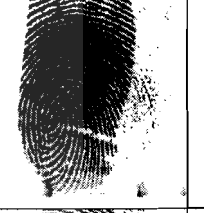
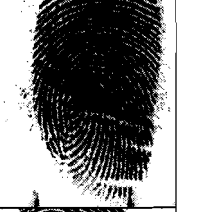

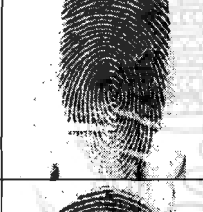


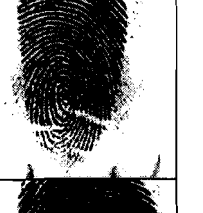
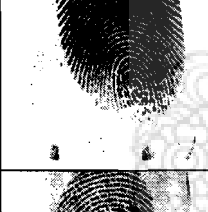
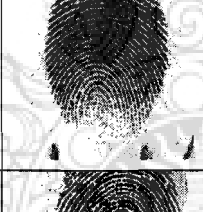

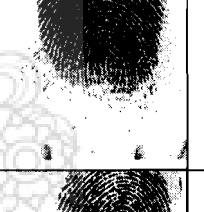
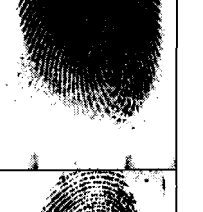

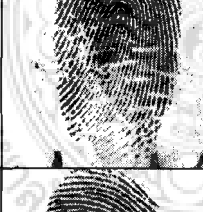

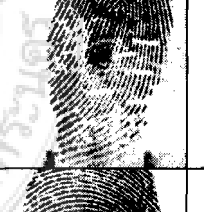
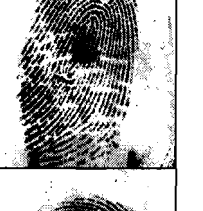
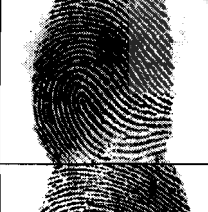

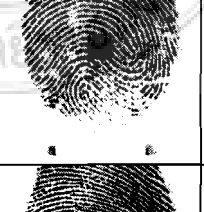
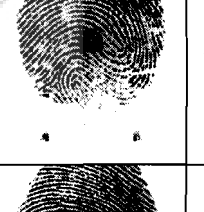
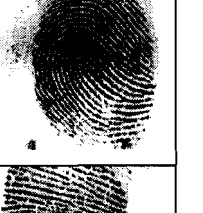
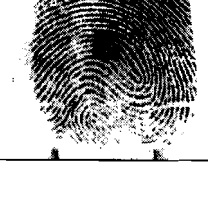

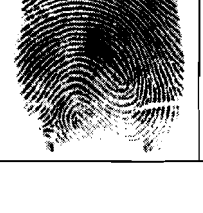
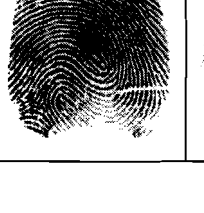
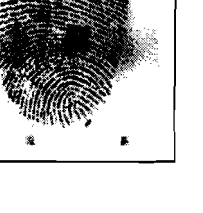
ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ID_NO	SEQ_NO. 1	SEQ_NO. 2	SEQ_NO. 3	SEQ_NO.4	SEQ_NO.5
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					



ภาคผนวก ข

ผลการทดลองการจำแนกสลายนิ้วมือแบบออฟไลน์

ตารางที่ ข-1 ผลการทดลองการจำแนกลายนิ้วมือ

Person ID	Enrollment ID	Enrollment Experimental		Verification Experimental		Percent of Verification Accuracy
		No. of FP image	ID. Result	No. of FP image	ID. Result	
STD0001	1	V1	1	V2	1	100
				V3	1	
				V4	1	
				V5	1	
STD0002	2	V1	2	V2	2	100
				V3	2	
				V4	2	
				V5	2	
STD0003	3	V1	3	V2	3	100
				V3	3	
				V4	3	
				V5	3	
STD0004	4	V1	4	V2	4	100
				V3	4	
				V4	4	
				V5	4	
STD0005	5	V1	5	V2	5	100
				V3	5	
				V4	5	
				V5	5	
STD0006	6	V1	6	V2	6	100
				V3	6	
				V4	6	
				V5	6	
STD0007	7	V1	7	V2	7	100
				V3	7	
				V4	7	
				V5	7	
STD0008	8	V1	8	V2	8	100
				V3	8	
				V4	7	
				V5	8	
STD0009	9	V1	8	V2	9	100
				V3	9	
				V4	9	
				V5	9	
STD0010	10	V1	10	V2	10	100
				V3	10	
				V4	10	
				V5	10	
STD0011	11	V1	11	V2	11	100
				V3	11	
				V4	11	
				V5	11	
STD0012	12	V1	12	V2	12	100
				V3	12	
				V4	12	
				V5	12	
STD0013	13	V1	13	V2	13	100
				V3	13	
				V4	13	
				V5	13	

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Person ID	Enrollment ID	Enrollment Experimental		Verification Experimental		Percent of Verification Accuracy
		No. of FP image	ID. Result	No. of FP image	ID. Result	
STD0014	14	V1	14	V2	14	100
				V3	14	
				V4	14	
				V5	14	
STD0015	15	V1	15	V2	15	100
				V3	?	
				V4	?	
				V5	?	
STD0016	16	V1	16	V2	16	100
				V3	16	
				V4	16	
				V5	16	
STD0017	17	V1	17	V2	17	100
				V3	17	
				V4	17	
				V5	17	
STD0018	18	V1	18	V2	18	100
				V3	18	
				V4	18	
				V5	18	
STD0019	19	V1	19	V2	19	100
				V3	19	
				V4	19	
				V5	19	
STD0020	20	V1	20	V2	20	100
				V3	20	
				V4	20	
				V5	20	
STD0021	21	V1	21	V2	21	100
				V3	21	
				V4	21	
				V5	21	
STD0022	22	V1	22	V2	22	100
				V3	22	
				V4	22	
				V5	22	
STD0023	23	V1	23	V2	23	100
				V3	23	
				V4	23	
				V5	23	
STD0024	24	V1	24	V2	24	100
				V3	24	
				V4	24	
				V5	24	
STD0025	25	V1	25	V2	25	100
				V3	25	
				V4	25	
				V5	25	
STD0026	26	V1	26	V2	26	100
				V3	26	
				V4	26	
				V5	26	

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Person ID	Enrollment ID	Enrollment Experimental		Verification Experimental		Percent of Verification Accuracy
		No. of FP image	ID. Result	No. of FP image	ID. Result	
STD0027	27	V1	27	V2	27	100
				V3	27	
				V4	27	
				V5	27	
STD0028	28	V1	28	V2	28	100
				V3	28	
				V4	28	
				V5	28	
STD0029	29	V1	29	V2	29	100
				V3	29	
				V4	29	
				V5	29	
STD0030	30	V1	30	V2	30	100
				V3	30	
				V4	30	
				V5	30	
STD0031	31	V1	31	V2	31	100
				V3	31	
				V4	2	
				V5	31	
STD0032	32	V1	32	V2	32	100
				V3	?	
				V4	25	
				V5	32	
STD0033	33	V1	33	V2	33	100
				V3	33	
				V4	33	
				V5	33	
STD0034	34	V1	34	V2	?	100
				V3	?	
				V4	5	
				V5	34	
STD0035	35	V1	35	V2	35	100
				V3	35	
				V4	35	
				V5	35	
STD0036	36	V1	36	V2	36	100
				V3	36	
				V4	36	
				V5	36	
STD0037	37	V1	37	V2	37	100
				V3	37	
				V4	37	
				V5	37	
STD0038	38	V1	38	V2	38	100
				V3	38	
				V4	38	
				V5	38	
STD0039	39	V1	39	V2	39	100
				V3	?	
				V4	5	
				V5	?	

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

Person ID	Enrollment ID	Enrollment Experimental		Verification Experimental		Percent of Verification Accuracy
		No. of FP image	ID. Result	No. of FP image	ID. Result	
STD0040	40	V1	40	V2	40	100
				V3	40	
				V4	?	
				V5	40	
STD0041	41	V1	41	V2	41	100
				V3	41	
				V4	41	
				V5	41	
STD0042	42	V1	42	V2	42	100
				V3	42	
				V4	42	
				V5	42	
STD0043	43	V1	43	V2	43	100
				V3	43	
				V4	43	
				V5	43	
STD0044	44	V1	44	V2	44	100
				V3	44	
				V4	44	
				V5	44	
STD0045	45	V1	45	V2	45	100
				V3	45	
				V4	?	
				V5	45	
STD0046	46	V1	46	V2	46	100
				V3	46	
				V4	46	
				V5	46	
STD0047	47	V1	47	V2	47	100
				V3	47	
				V4	47	
				V5	47	
STD0048	48	V1	48	V2	48	100
				V3	48	
				V4	48	
				V5	48	
STD0049	49	V1	49	V2	49	100
				V3	49	
				V4	49	
				V5	49	
STD0050	50	V1	50	V2	50	100
				V3	50	
				V4	50	
				V5	?	

Summary

Amount Testing of Enrollment 50
 Verification Accuracy 50
 Percent 100.00%

Summary

Amount Testing of Verification 200
 Verification Accuracy 184
 Percent 92.00%



ภาคผนวก ค

การติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ


การติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ

ในการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือนั้นผู้ติดตั้งต้องจัดเตรียมทรัพยากรทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ความเร็วไม่น้อยกว่า 1.7 GHz. มีหน่วยความจำหลัก (Ram) ขนาด 256 MB. หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) ความจุ 20 GB. จึงจะทำให้ผลการทำงานของโปรแกรมมีประสิทธิภาพ และเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือรุ่น U.are.U 4000

ซอฟต์แวร์ (Software) ใช้โปรแกรมระบบปฏิบัติการ WindowsXP โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Microsoft Access 2003 และไดรฟ์เวอร์ติดต่อการใช้งานกับเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

เมื่อจัดเตรียมทรัพยากรทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือที่ได้พัฒนาขึ้นตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ใส่แผ่น CD-ROM ติดตั้งโปรแกรม จะปรากฏจอภาพดังภาพ ค-1 จากนั้นดับเบิลคลิกที่ไอคอน Setup  ปรากฏจอภาพดังภาพ ค-2

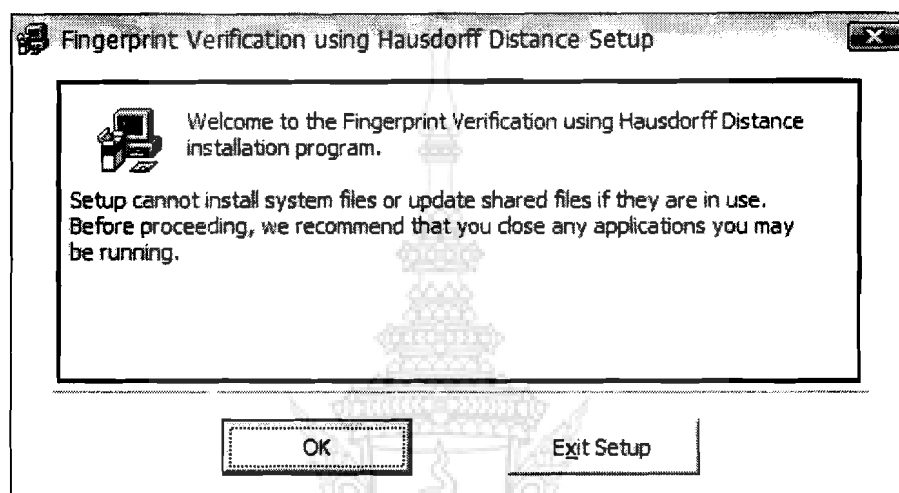


ภาพที่ ค-1 ไอคอนในการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ



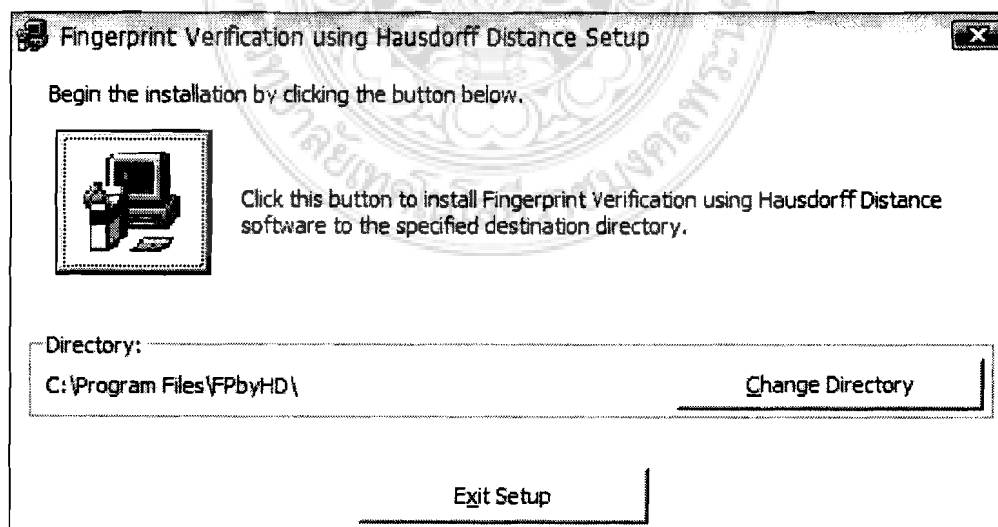
ภาพที่ ค-2 หน้าจอหลักในการติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ

2. ดับเบิลคลิกปุ่มคำสั่ง OK เพื่อเริ่มการติดตั้ง หรือปุ่ม Exit Setup เพื่อยกเลิกการติดตั้งโปรแกรม ดังภาพ ค-3

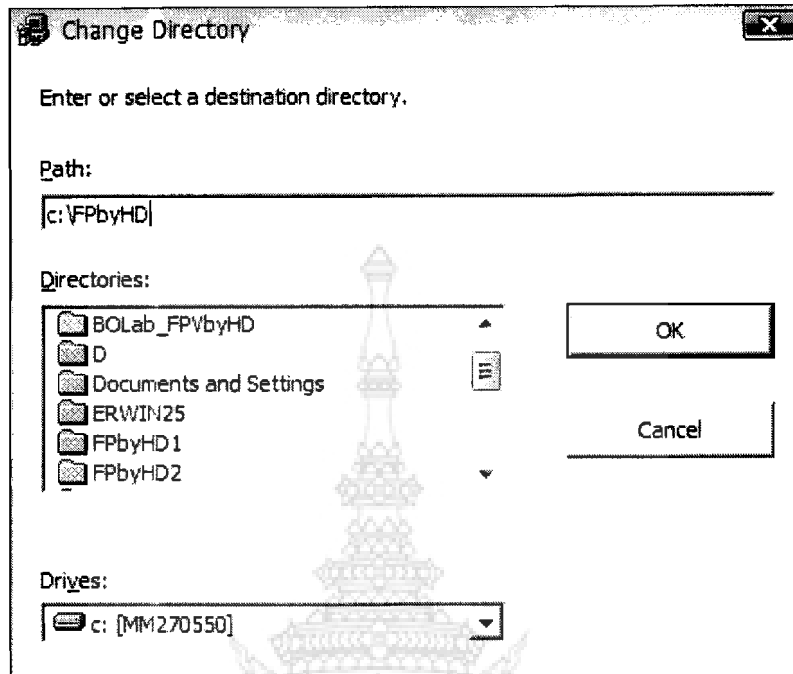


ภาพที่ ค-3 ใต้อะลือกบสื่อกระบอกความต้องการติดตั้งโปรแกรม

3. จากข้อ 2 เมื่อดับเบิลคลิกปุ่มคำสั่ง OK จะปรากฏจอภาพที่ ค-4 ให้กดปุ่มคำสั่ง Change Directory เพื่อดำเนินการกำหนด Directory ที่ต้องการติดตั้งโปรแกรม ปรากฏดังภาพ ค-5

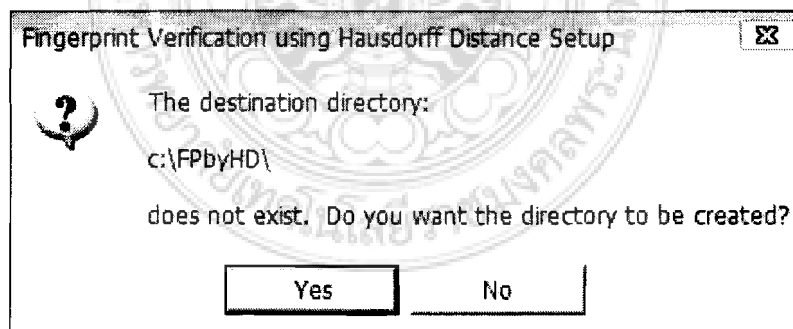


ภาพที่ ค-4 ใต้อะลือกบสื่อการกำหนดไตเรคทอรีติดตั้งโปรแกรม




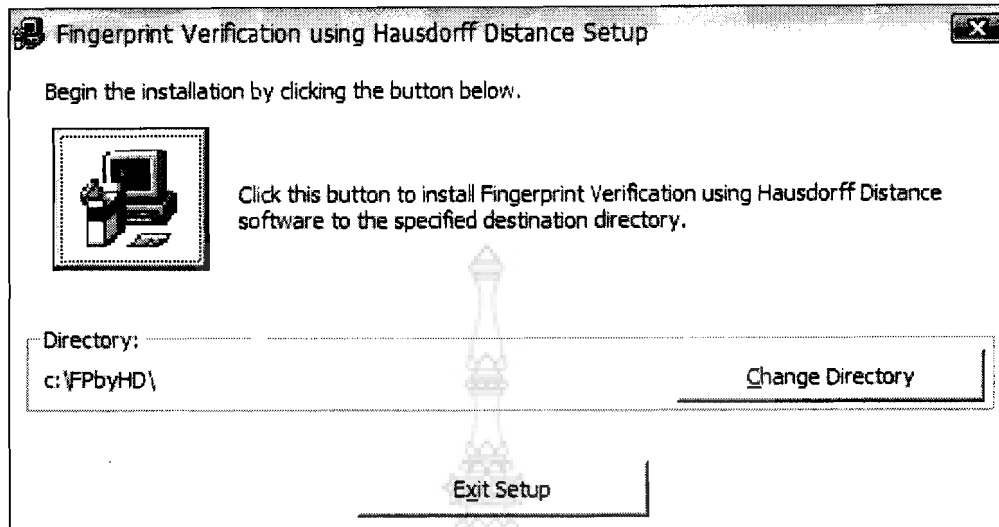
ภาพที่ ค-5 ได้อะลือกบลิอกระบุชื่อโพลเดอรืตติตั้งโปรแกรม

จากภาพที่ ค-5 ให้ระบุชื่อโพลเดอรืในช่อง Path: จากนั้นคลิกที่ปุ่มคำสั่ง OK ในกรณีที่ไม่พบโพลเดอรืที่ระบุจะปรากฏจอภาพ ค-6 เพื่อยืนยันการสร้างโพลเดอรืใหม่ จากนั้นกดปุ่มคำสั่ง Yes



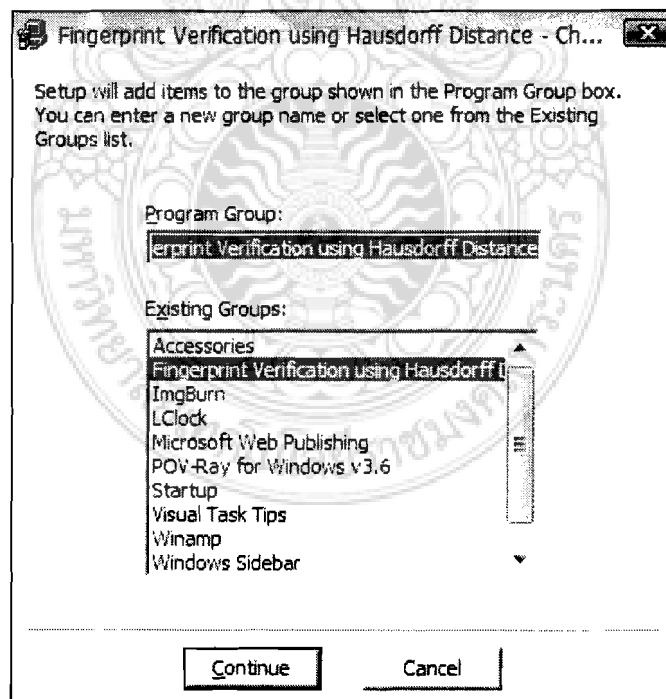
ภาพที่ ค-6 ได้อะลือกบลิอกรยืนยันการสร้างโพลเดอรื

4. เมื่อได้ดำเนินการกำหนดไคเรกทอรีในการติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว โปรดสังเกตส่วนของ Directory ในภาพ ค-7 จะแสดงไคเรกทอรีที่ได้กำหนดไว้แล้ว (ในที่นี้คือ C:\FPbyHD) จากนั้นให้คลิกที่ไอคอนเซทอัพ  เพื่อเริ่มการติดตั้งโปรแกรม



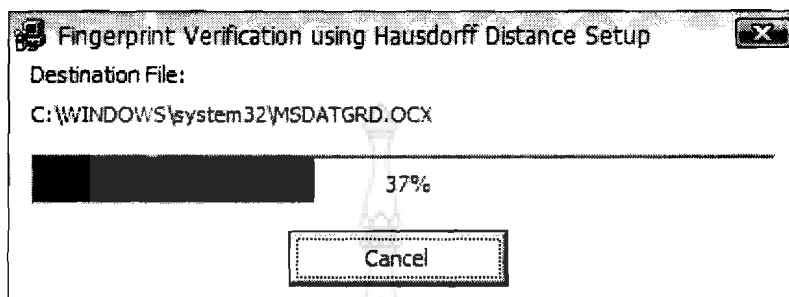
ภาพที่ ค-7 ไตอะลือกบลือกเริ่มการติดตั้งโปรแกรม

5. กำหนดชื่อ Program Group เพื่อเรียกใช้งานหลังติดตั้งโปรแกรมเสร็จ ดังภาพ ค-8 จากนั้นคลิกปุ่มคำสั่ง Continue



ภาพที่ ค-8 ไตอะลือกบลือกกำหนดโปรแกรมกรุปเพื่อเรียกใช้งาน

ระบบเริ่มติดตั้งโปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือ ดังภาพ ค-9 และแจ้งผลการติดตั้งโปรแกรมเมื่อติดตั้งเสร็จดังภาพที่ ค-10 ตามลำดับ จากนั้นให้คลิกปุ่มคำสั่ง OK




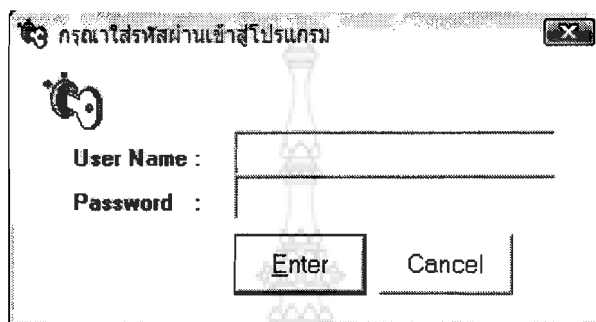
ภาพที่ ค-9 ไตอะลือกบลือกแสดงสถานะคัดลอกไฟล์ในการติดตั้งโปรแกรม



ภาพที่ ค-10 ไตอะลือกบลือกแสดงผลการติดตั้งโปรแกรมสำเร็จ

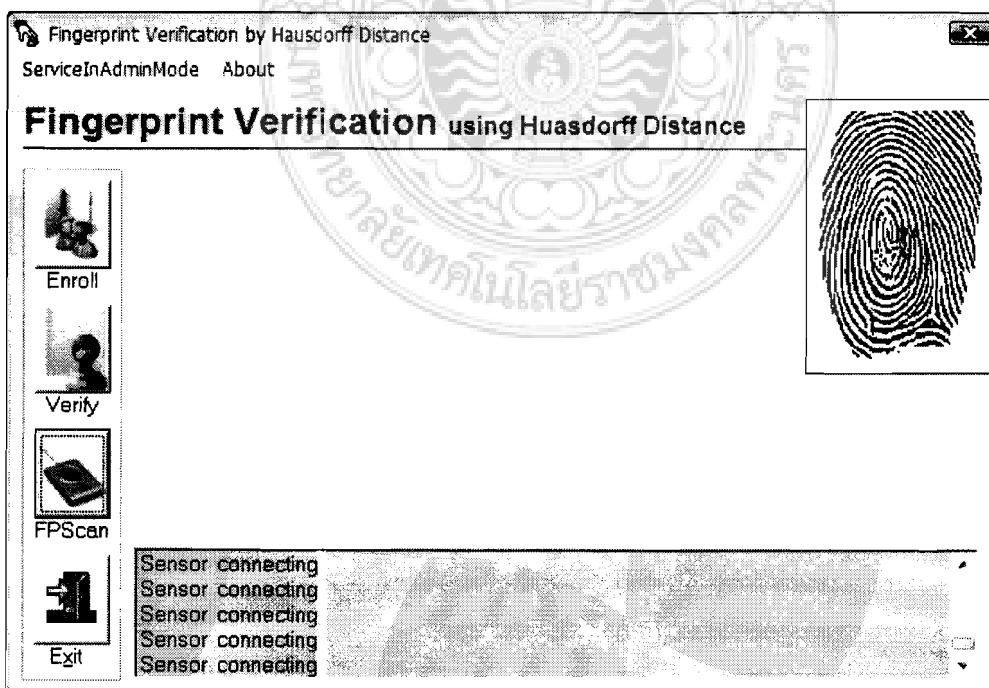


เมื่อดำเนินการติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถเรียกใช้งานโปรแกรมโดยคลิกที่วินโดว์เริ่มต้น  เลือก **All Programs** และเลือก  Fingerpint Verification จะปรากฏจอภาพ ดังภาพ ง-1

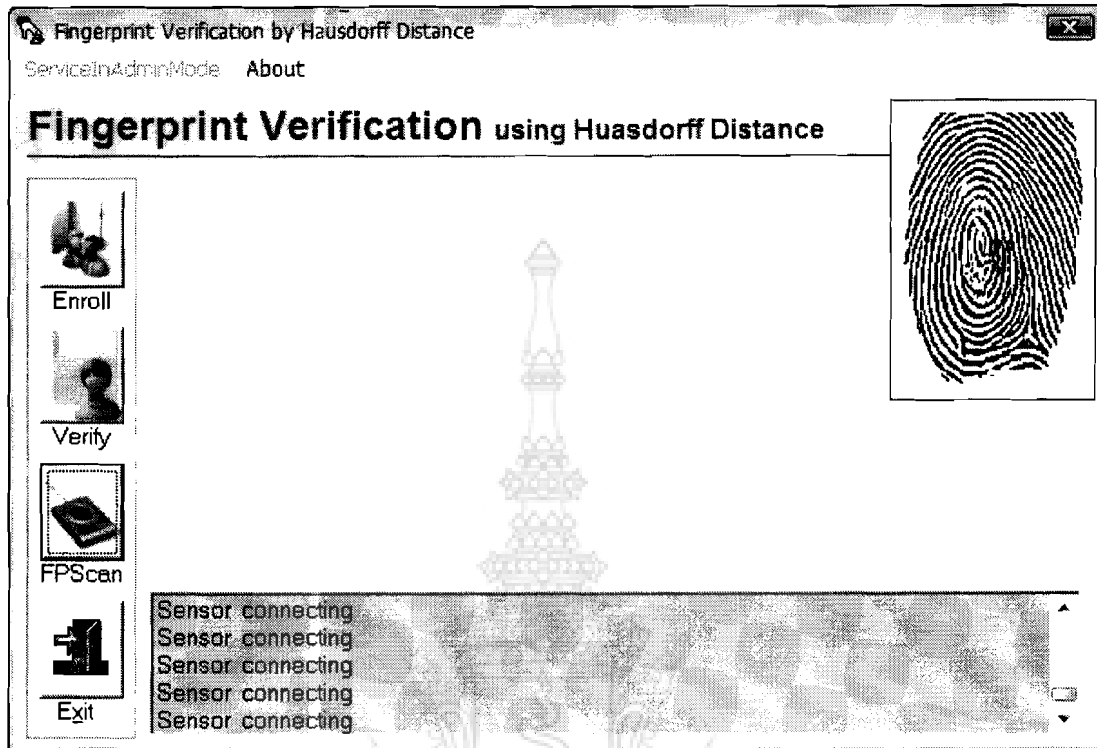


ภาพที่ ง-1 หน้าจอภาพล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม

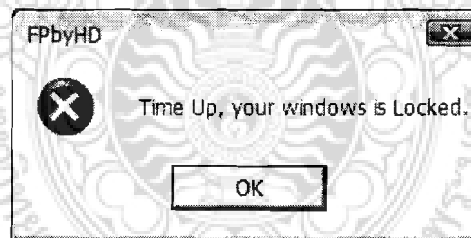
จากภาพ ง-1 ให้ผู้ใช้ระบุชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน โดยระบบจัดแบ่งสิทธิ์การใช้งานออกเป็นสองโหมด คือโหมดผู้ใช้ทั่วไปและโหมดผู้ดูแลระบบ จากนั้นกดปุ่มคำสั่ง Enter เมื่อต้องการเข้าสู่โปรแกรม จะปรากฏจอภาพดังภาพ ง-2 และ ง-3 ตามลำดับ หรือกดปุ่มคำสั่ง Cancel เพื่อยกเลิกการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม นอกจากนี้หากผู้ใช้งานไม่กระทำการใด ๆ ภายในเวลา 2 นาที ระบบจะดำเนินการแจ้งปิดการทำงาน ดังภาพ ง-4



ภาพที่ ง-2 หน้าจอหลักสำหรับสิทธิ์ผู้ใช้งานโหมดผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ ง-3 หน้าจอหลักสำหรับสิทธิ์ผู้ใช้ใหม่ดผู้ใช้งานทั่วไป



ภาพที่ ง-4 ไดอะล็อกบ็อกแจ้งเตือนหมดเวลาการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม

โปรแกรมจำแนกลายนิ้วมือโดยใช้เทคนิคแฮตอร์ฟดิสแทนซ์ที่พัฒนานี้ แบ่งงานหลัก ออกเป็น 3 งานหลัก แต่ละงานมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

1. งานลงทะเบียน (Enrollment) งานนี้เป็นส่วนการลงทะเบียนลายนิ้วมือบุคคลเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลลักษณะเด่นต้นแบบ มีวิธีการใช้งานคือ

คลิกปุ่มคำสั่ง **Enroll** จะปรากฏ **ระบุรหัส**
บุคคลที่ต้องการลงทะเบียนลายนิ้วมือ ตัวอย่างเช่น **191** จากนั้นวางนิ้วมือลง
บนเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ภาพลายนิ้วมือจะปรากฏ และแจ้งผลการลงทะเบียนสมบูรณ์

2. งานจำแนกบุคคล (Verification) มีวิธีการใช้งานคือ

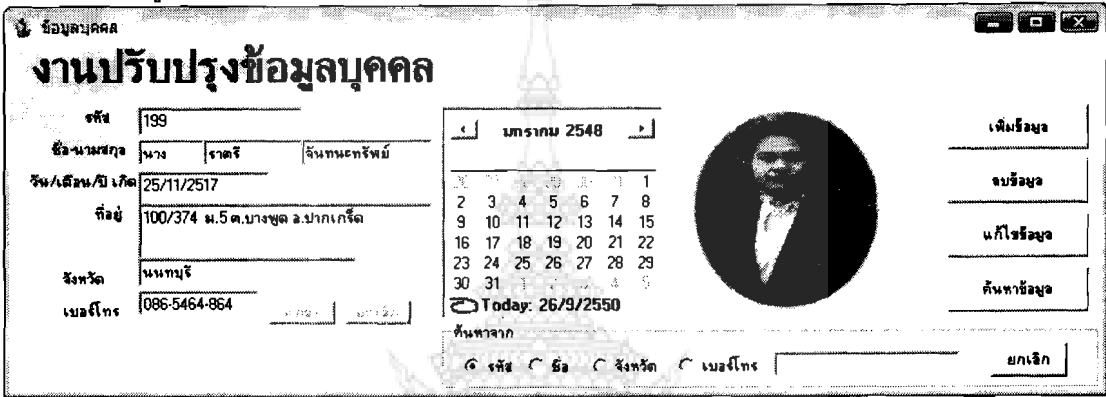
คลิกปุ่มคำสั่ง **Verify** จากนั้นวางนิ้วมือลงบนเครื่องอ่านภาพสแกนลายนิ้วมือ จะปรากฏภาพ
ลายนิ้วมือ โปรแกรมดำเนินการจำแนกและแสดงผลลัพธ์ข้อมูลบุคคลออกมาให้ทราบ

Verification Result		
Person Name	นางสาว มณีนทร	วิเศษสิงห์
Birth Day	26/6/2516	
Address	45/854 ห้วยขวาง บางกะปิ	
	กรุงเทพมหานคร	
Telephone No.	087-2561-865	

193

3. งานปรับปรุงข้อมูลประวัติบุคคล งานนี้เป็นส่วนงานของโหมดการทำงานของสิทธิผู้ดูแลระบบ ซึ่งจะสามารถปรับปรุงแก้ไข ลบ เพิ่ม ค้นหาข้อมูลบุคคล วิธีการใช้งานคือ


คลิกเลือกเมนู ServiceInAdminMode เลือก **ModifyDatabase** ปรากฏจอภาพดังนี้



ดำเนินการแก้ไขข้อมูลบุคคลตามต้องการ

นอกจากนี้โปรแกรมยังมีส่วนการทำงานอื่น ๆ คือ งานแสดงรายละเอียดข้อมูลเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือ การแสดงสถานะการใช้งานโปรแกรม ส่วนแนะนำโปรแกรม และจบการทำงานของโปรแกรม แต่ละงานมีวิธีการทำงานดังนี้

งานแสดงรายละเอียดข้อมูลเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือ



คลิกปุ่ม **FPScan** ปรากฏข้อมูลรายละเอียดของเครื่องสแกนภาพลายนิ้วมือ

Detail Fingerprint Scanner

Amount of pin reader = 1
 Pin reader number = 0
 Serial Number = {84F2E66F-6A0E-8744-BC29-2554B1774475}

งานแสดงแถบสถานะการใช้งานโปรแกรม

ส่วนนี้เป็นการทำงานอัตโนมัติ โดยจะแสดงรายละเอียดการใช้งานโปรแกรมของผู้ใช้


Sensor connecting
 Sensor connecting
 Matching start processing using One to Many
 Fingerprint quality Pass
 Input Fingerprint image

งานแนะนำโปรแกรม

คลิกที่เมนู About จะปรากฏจอภาพ



งานจบการทำงานของโปรแกรม

คลิกที่ปุ่ม  Exit จะปรากฏไดอะล็อก

FPbyHD

ยืนยันการออกจากโปรแกรม

Yes No

เลือกปุ่มคำสั่ง Yes กรณีต้องการออกจากโปรแกรม หรือกดปุ่มคำสั่ง No กรณีไม่ออกจากโปรแกรม

ประวัติผู้วิจัย

ผู้วิจัยคนที่ 1

นางราตรี จันทนะทรัพย์

อาจารย์ระดับ 6

สังกัดสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วุฒิมการศึษา :-

2540 บช.บ. (คอมพิวเตอรืธุรกิจ) คณะสารสนเทศศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม

2544 คอ.ม. (เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์)

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผลงานวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ :-

1. Ratee Janthanasub and Nidapan Sureerattanan.

“Thai Car Plate Recognition using Hausdorff Distance
Tchnique.”, in proceedings of the 1st Nation Conference
on Computing and Information Technology. May 24-25,
2005. Bangkok, Thailand.

2. Ratee Jannasub and Nidapan Sureerattanan.

“Car License Plate Recognition through Hausdorff
Distance.”, in proceedings of the 17st IEEE International
Conference on Tools with Artificial Intelligence.
November 14-16, 2005. Hong Kong.

ผู้วิจัยคนที่ 2

นางสาวมณีเนตร วิเศษสิงห์

อาจารย์ระดับ 5

สังกัดสาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วุฒิมการศึษา :-

2539 กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโฒ