

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.คุณยุต เอี่ยมสะอาด ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือ ในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.ชนะ รัชยศิริ กรรมการวิชาการร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณนักวิจัยที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่เผยแพร่ผลงานวิจัย องค์ความรู้ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยรุ่นหลัง เพื่อการพัฒนาปรับปรุงงานวิจัยในสาขานี้ให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อนทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ ชี้แนะและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

ชาตรี สมนุนทด

มีนาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	58
ผล	58
วิจารณ์	78
สรุปและข้อเสนอแนะ	82
สรุป	82
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	83
ภาคผนวก ก แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล	86
ภาคผนวก ข Source code Visual Basic 6.0	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลการเปรียบเทียบคู่โดยการปรับระดับการแบ่งส่วน	54
2	แสดงรหัสในแต่ละ ส่วน ที่ได้จากภาพในฐานข้อมูล	55
3	แสดงรหัสในแต่ละ ส่วน ที่ได้จากภาพที่นำมาเปรียบเทียบ	56
4	แสดงการหาค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุด	59
5	ตารางผลการทดลอง การหาค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุด	69
6	การวัดประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม	70
7	การเปรียบเทียบความเร็วในการประมวลผลของวิธีการจับคู่ลายนิ้วมือ	78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง แสดงสัน ร่อง ต่อมเหงื่อ	3
2 แสดงลักษณะเส้นแตก	9
3 แสดงลักษณะเส้นสั้น ๆ	10
4 แสดงลักษณะเส้นทะเลสาบ	10
5 แสดงลักษณะเส้นขาด	10
6 แสดงลักษณะเส้น จุด	10
7 แสดงลักษณะเส้น ตะขอ	11
8 แสดงลักษณะเส้นอื่น ๆ	11
9 ลายนิ้วมือแฝงที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับลายพิมพ์นิ้วมือของผู้ต้องหาที่มีจุดดำหนิตรงกัน 12 จุด	11
10 แสดง (a) แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (b) พื้นที่ทั้งหมดของแบบแผนลายเส้น (c) จุดใจกลาง , สามเหลี่ยมเคลด้าหรือสันคอน และ จุดดำหนิ	12
11 แสดง ก้นหอย (whorl) มัดหวายคู่ (double loop) มัดหวายปิดหัวแม่มือ (radial loop) โค้ง (Arch) และมัดหวายปิดก้อย (ulnar loop) บนมือซ้าย	13
12 แสดงแบบแผนลายเส้นพื้นฐานสามแบบหลัก ๆ ได้แก่ โค้ง (arch) มัดหวาย (loop) และก้นหอย (Whorl)	13
13 แสดง โค้งกระโจม โค้งราบ และโค้งสูง	14
14 แสดง มัดหวายคู่ ก้นหอยกระเป๋ากลาง ก้นหอยกระเป๋ข้างและแบบซับซ้อน	16
15 เส้นจำลองจากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ถึงจุดสันคอนเพื่อนับจำนวนเส้นลายนิ้วมือ (ridge count) และเครื่องนับเส้นลายนิ้วมือ	17
16 แสดงแปรงปัดฝุ่นชนิดต่าง ๆ	19
17 แสดง เครื่องอบ และตู้อบน้ำยานินไฮดริน	20
18 แสดงการตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง บนวัตถุพยานต่าง ๆ	22
19 หน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (x,y)	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
20	การทำงานในระบบเชิงเส้น (a) ในเชิงระยะ และ (b) ในเชิงความถี่
21	ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้แสดงตำแหน่งของจุดที่จะทำการกำจัดสัญญาณรบกวน
22	รูปแบบการกำหนดทิศทางของสลิท
23	ภาพขาวดำของภาพลายนิ้วมือ
24	แสดงจุดคอนทัวร์และจุดข้างเคียงที่ใช้ในอัลกอริทึม การทำลายเส้นให้บาง
25	ภาพตัวอย่างการทำเครื่องหมายจุด
26	แสดงภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการทำเส้นบาง
27	ตัวอย่างการเข้ารหัสทิศทางภาพลายนิ้วมือขนาด 5 x 5 จุดภาพ
28	Sobel Mask ขนาด 3 x 3 (a) แสดงตำแหน่งของภาพแทนด้วยสัญลักษณ์ Z (b) หน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่ใช้ในการหา G_x และ (c) หน้าต่างขนาด 3 x 3 ที่ใช้ในการหา G_y
29	ค่า SC ที่แตกต่างกันของ (a) จุดปลาย , (b) จุดบนเส้นโครงร่างและ (c) จุดสองง่าม
30	แผนภูมิขั้นตอนการจัดเก็บภาพลายนิ้วมือ
31	แสดงการค้นหาแบบ Dense Index
32	แสดงการค้นหาแบบ Sparse Index
33	แสดง Two Level Index
34	แสดงการค้นหาข้อมูล แบบ Tree Index
35	แสดง Hash Table
36	แสดงวิธีการ Chaining
37	แสดงภาพลายนิ้วมือก่อนประมวลผล
38	แสดงการแบ่งเป็น 16 ส่วน ของภาพลายนิ้วมือ
39	กราฟแสดงความเหมือนในแต่ละ ส่วน
40	แสดงผลการใส่ Weight จากการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือทั้ง 2 ภาพ
41	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า FAR และ FRR ต่อค่า Threshold
42	แสดงภาพลายนิ้วมือที่นำมาทดลอง
43	แสดงการจัดกลุ่มภาพลายนิ้วมือ

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า FAR และ FRR ต่อค่า Threshold

71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ก1 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 1	85
ก2 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 2	85
ก3 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 3	86
ก4 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 4	86
ก5 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 5	87
ก6 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 6	87
ก7 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 7	88
ก8 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 8	88
ก9 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 9	89
ก10 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 10	89
ข1 แสดง Main Menu ของโปรแกรม	91
ข2 แสดง Application การบันทึกประวัติใหม่	99
ข3 แสดง Application การเปรียบเทียบเพื่อจับคู่ลายนิ้วมือ	122

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C	=	จุดภาพที่กำลังพิจารณา
Smax	=	ผลบวกสถิติที่มีค่าสูงที่สุด
Smin	=	ผลบวกสถิติที่มีค่าต่ำที่สุด
Tnew	=	จุดเริ่มเปลี่ยนใหม่
FAR	=	False Acceptance Rate
FRR	=	False Reject Rate
CN	=	Crossing Number
TFRC	=	Total Finger Ridge Count
TRC	=	Total Ridge Count
AFIS	=	Automated Fingerprint Identification System
AFIS Center	=	Automated Fingerprint Identification System Center
STFT	=	Short Time Fourier Transform
S.C.	=	Sign Changed

การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับสืบค้นตัวบุคคลจากลายนิ้วมือ

Applying Computer Program for Fingerprint Identification

คำนำ

ในปัจจุบันเมื่อเกิดคดีต่าง ๆ ขึ้น จะมีเจ้าหน้าที่ไปตรวจสถานที่เกิดเหตุเพื่อรวบรวม พยานหลักฐานต่าง ๆ โดยเฉพาะวัตถุพยานที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งน่าจะตรวจพบใน สถานที่เกิดเหตุ คือ ลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprint) ซึ่งสามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วของผู้ต้องสงสัย เพื่อยืนยันผู้กระทำผิด

ในทางปฏิบัติกระทำได้เฉพาะฐานข้อมูล ประวัติอาชญากรที่เก็บไว้จำนวน 3 – 5 ล้านแผ่น เนื่องจาก คอมพิวเตอร์ที่ใช้มีขีดความสามารถจำกัด รองรับจำนวนข้อมูลได้ไม่มากนัก ซึ่งไม่ครอบคลุมประชากรของประเทศไทยทั้ง 60 ล้านคน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือกับผู้ที่ไม่เคยกระทำผิดมาก่อนได้

ด้วยเหตุนี้จึงได้ดำเนินงานวิจัย พัฒนาและปรับปรุง Software เพื่อใช้ในกิจการดังกล่าว ให้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง ครอบคลุม กลุ่มจำนวนประชากรได้มากขึ้น สอดคล้อง กับความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว และเพื่อเป็นพื้นฐาน ในการพัฒนา และปรับปรุงกระบวนการทางด้านสืบสวนต่อไป

วัตถุประสงค์

วิทยานิพนธ์ที่ทำการศึกษา มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ ในงานทางด้านสืบค้น ตัวบุคคลจากข้อมูลที่ได้ เช่น ลายนิ้วมือ ชื่อนามสกุล และข้อมูลอื่น ๆ
2. เพื่อใช้สำหรับเป็นโปรแกรมต้นแบบในการทำวิจัย สำหรับงานทางด้าน ประมวลผล ภาพ
3. เพื่อนำทฤษฎีของการประมวลผลภาพมาประยุกต์ ใช้กับงานทางด้านสืบสวนให้ เกิดเป็นรูปธรรม เป็นความคิดริเริ่ม และสามารถทำวิจัยต่อยอดให้เกิดขึ้นจริงได้ ในอนาคต

ขอบเขตของงานวิจัย

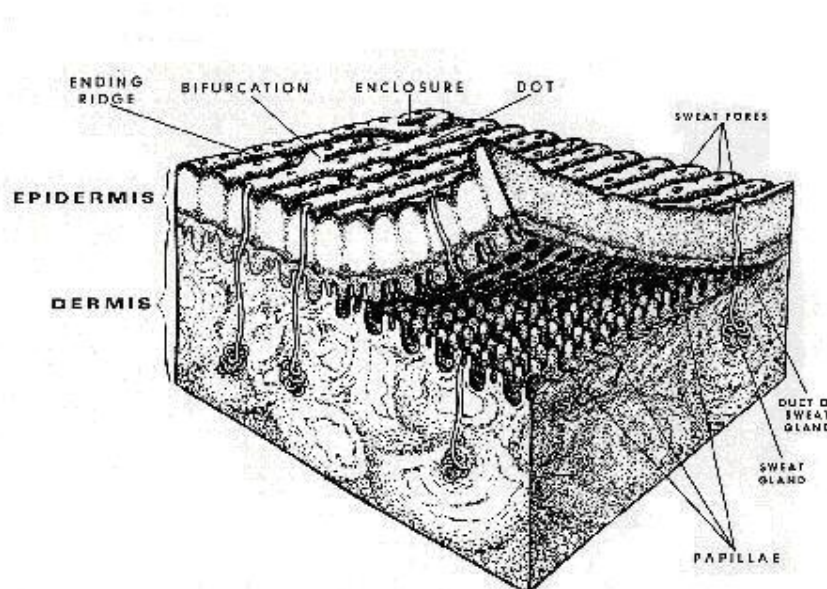
1. สามารถจับคู่ลายนิ้วมือที่นำมาเปรียบเทียบ กับลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานข้อมูลได้
2. สามารถจับคู่ลายนิ้วมือได้อย่างรวดเร็วและมีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้
3. สามารถใช้กับลายนิ้วมือที่มีความสมบูรณ์โดยรวมมากกว่า 80% และถูกปรับแต่ง หากเกิดการบิดเบี้ยว ให้มีสภาพปกติก่อนนำมาประมวลผล
4. สามารถเก็บประวัติลายนิ้วมือและข้อมูลพื้นฐานของบุคคลได้
5. สามารถค้นหาข้อมูลพื้นฐานของบุคคลนอกเหนือจากการใช้ลายนิ้วมือได้เช่น ชื่อ ที่อยู่ เป็นต้น

การตรวจเอกสาร

ประวัติความเป็นมาของลายนิ้วมือ

ลายเส้นผิวหนัง มาจากคำภาษาอังกฤษว่า Dermal ridge หรือ dermatoglyphics หมายถึง ลายเส้นบนฝ่ามือ (palm print) ลายนิ้วมือ (fingerprint) ลายฝ่าเท้า (footprint) มีลักษณะเป็นเส้นนูนปรากฏบนผิวหนังนิ้วมือ และนิ้วเท้าของทุกคน เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล แม้แต่ฝาแฝดที่เกิดจากไข่ใบเดียวกัน (identical twins) ก็มีลักษณะลายเส้นผิวหนังแตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีการนำลายเส้นผิวหนังโดยเฉพาะลายนิ้วมือไปใช้ประโยชน์ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ คือ การพิสูจน์บุคคล และด้านการแพทย์ในการช่วยวินิจฉัยโรคพันธุกรรม (สมทรง, 2548)

ลายนิ้วมือมีลักษณะเป็นเส้นเรียงเป็นลำดับเต็มหน้านิ้วทุกนิ้วมือ ลายเส้นนี้เรียกว่า เส้นนูน หรือสัน (Ridge) ซึ่งมีประโยชน์ในการหยิบจับสิ่งของไม่ให้ลื่นหลุดระหว่างเส้นนูนมีร่อง บนสันมีรูเล็ก ๆ ซึ่งเป็นรูเหงื่อให้เหงื่อไหลซึมออกมา (ภาพที่ 1) ฉะนั้นเมื่อนิ้วใดนิ้วหนึ่งจับต้องวัตถุพื้นเรียบ ลายเส้นนูนที่ขึ้นด้วยเหงื่อจึงถูกกดลงบนวัตถุ ทำให้เกิดการจำลองแบบลายเส้นบนนิ้วมือ ติดอยู่บนวัตถุนั้น หากมีการเก็บรอยลายนิ้วมือที่ติดบนวัตถุออกมาด้วยวิธีการที่หลากหลายเช่น ใช้ เลเซอร์ ผงเคมี เป็นต้น จะเรียกรอยลายนิ้วมือนั้นว่า ลายนิ้วมือแฝง (latent fingerprint)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของชั้นผิวหนัง แสดงสัน ร่อง ต่อมเหงื่อ
ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

ลายนิ้วมือมีประวัติความเป็นมาทั้งในด้านโบราณคดี เศรษฐศาสตร์ โบราณคดี วิทยาศาสตร์การแพทย์ และนิติวิทยาศาสตร์ หรือนิติเวชศาสตร์ ดังปรากฏหลักฐานแรกเริ่มใน ภาพเขียนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นภาพมือมีร่องรอยของลายมือชัดเจน และหลักฐานที่ชาว จีนสมัยโบราณใช้รอยพิมพ์นิ้วหัวแม่มือบนดินเหนียวที่ปิดผนึกหีบใส่เงินเพื่อใช้ส่งมอบ อาจลำดับ เหตุการณ์ตามปีพุทธศักราช (สมทรง, 2548) ได้ดังนี้

ปี พ.ศ. 2229 ศาสตราจารย์ด้านกายวิภาคศาสตร์ของมหาวิทยาลัยโบโลนา เขียนหนังสือ เกี่ยวกับลายนิ้วมือระบุชนิดลายนิ้วมือเป็นแบบมัดหอยและแบบก้นหอย

ปี พ.ศ. 2266 ศาสตราจารย์เพอคินเจ (Purkinje) แห่งมหาวิทยาลัยเบรสลอ (University of Breslau) ประเทศเยอรมันนี เขียนหนังสืออธิบายแบบแผนลายนิ้วมือพื้นฐาน 9 แบบ ซึ่งยังคง ใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน

ปี พ.ศ. 2366 ดร.เฮนรี ฟาวล์ด (Henry Fauld) เขียนบทความตีพิมพ์อธิบายว่าลายนิ้วมือ สามารถเป็นเครื่องระบุตัวบุคคลได้ ท่านจึงได้รับยกย่องให้เป็นบุคคลแรกในวงการนิติวิทยาศาสตร์ ที่บุกเบิกการใช้รอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนขวดเหล้า (ลายนิ้วมือแฝง) เป็นสิ่งพิสูจน์บุคคลได้

ปี พ.ศ. 2401 เซอร์วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir William Herschel) ชาวอังกฤษ เป็นคนแรก ที่นำลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ในการพิสูจน์บุคคล ในประเทศอินเดียและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก

ปี พ.ศ. 2425 กิลเบิร์ต ทอมป์สัน (Gilbert Thompson) แห่งกองตำรวจนครนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา เสนอให้ใช้ลายนิ้วมือบนเอกสารสำคัญ เพื่อป้องกันการปลอมแปลงลายมือชื่อ

ปี พ.ศ. 2435 เซอร์ ฟรานซิส กาลตัน (Sir Francis Galton) นักมนุษยวิทยาชาวอังกฤษ ได้ตีพิมพ์บทความวิชาการเป็นครั้งแรกเกี่ยวกับระบบแบบแผนลายนิ้วมือที่สามารถระบุบุคคลได้ ด้วยลักษณะพิเศษของลายเส้นบนลายนิ้วมือที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลที่เรียกว่า จุดสำคัญ (minutiae point; มินูเชีย) ซึ่งสามารถอยู่ได้ทันทวนถาวรตลอดอายุของบุคคลนั้น หลักการของ กาลตันที่ใช้จุดสำคัญ นี้ยังคงใช้อยู่จนปัจจุบัน

ปี พ.ศ. 2444 หน่วยสืบราชการลับ สก็อตแลนด์ยาร์ดแห่งประเทศอังกฤษ ได้ปรับปรุง ระบบจำแนกลายนิ้วมือของกาลตันขึ้นใหม่โดยผู้บังคับการตำรวจนครบาล ชื่อ เซอร์ เอ็ดเวิร์ด

เฮนรี (Sir Edward Henry) ใช้ชื่อระบบใหม่ว่า ระบบระบุลายนิ้วมือของกัลตัน-เฮนรี (Galton-Henry fingerprint identification system)

ปี พ.ศ. 2446 เรือนจำแห่งรัฐนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา ได้เริ่มใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องมือระบุตัวอาชญากร ในปีถัดมากองทัพสหรัฐอเมริกาใช้ลายนิ้วมือในการระบุบุคคลที่ขึ้นทะเบียนทหาร ขณะเดียวกันตำรวจเมืองบูเอนอส แอเรส ได้ตีพิมพ์วิธีใช้ลายนิ้วมือในการค้นหา และระบุตัวฆาตกร โดยใช้หลักฐานจากรอยลายนิ้วมือที่ทิ้งไว้บนเสาประตู วิธีการนี้ยังคงใช้จนถึงปัจจุบัน

ในช่วงปี พ.ศ. 2448-2473 องค์การด้านกฎหมายทั่วสหรัฐอเมริกา ได้หันมาใช้ลายนิ้วมือเป็นเครื่องระบุตัวบุคคล

ปี พ.ศ. 2476 รัฐสภาอเมริกันได้จัดตั้งหน่วยงานเอฟบีไอ ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมจัดทำแผ่นลายนิ้วมือของประชากรอเมริกัน นับจนถึงปี พ.ศ. 2514 มีแผ่นลายนิ้วมือรวบรวมไว้แล้วถึง 200 ล้านฉบับ (สมทรง, 2548)

1. พันธุศาสตร์ของลายนิ้วมือ

การสร้างลายเส้นบนนิ้วมือถูกควบคุมด้วยยีนบนโครโมโซมร่างกายมากถึง 7 ตำแหน่ง และเป็นการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลร่วมด้วย (polygenic trait, multifactorial inheritance) ยีนหลายคู่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในระยะตัวอ่อนในครรภ์ (prenatal stress) มีผลให้แต่ละคนมีเส้นลายนิ้วมือที่แตกต่างกันไป จากการศึกษาของเพนโรส และโอฮารา (Penrose and Ohara) โอคาจิม่า (Okajima) และบาคเลอร์ (Bakler) พบว่าลายเส้นบนนิ้วมือเริ่มสร้างขึ้นประมาณสัปดาห์ที่ 10 ถึง 11 หลังจากที่ใช้ผสมกับสเปิร์ม ในช่วงเวลาดังกล่าวลายเส้นบนผิวหนังปรากฏเป็นครั้งแรกในบริเวณผิวหนังภายนอก (basal layer of epidermis) มีชื่อเรียกว่า ลายเส้นปฐมภูมิ (primary ridge) แล้วเจริญเติบโตต่อไปจนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ต่อมเหงื่อเริ่มเกิดขึ้นตามแนวลายเส้นปฐมภูมิบนกลางฝ่ามือ (primary ridge formation creases) แล้วลายเส้นทุติยภูมิ (secondary ridge) จึงเริ่มเกิดขึ้นระหว่างลายเส้นปฐมภูมินั้น จนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 24 ถึง 25

มีการศึกษาอีกมากมายที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ความเครียดของแม่ในช่วงตั้งครรภ์ (maternal stress) การติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน เช่น หวัด เป็นต้น ระหว่างตั้งครรภ์ เป็นต้น เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจิตเภท

การบุกเบิกได้เริ่มขึ้นหลังจากผลงานของกาลตันได้เผยแพร่ในปี พ.ศ. 2435 โดยมี การศึกษาวิทยาศาสตร์ของลายเส้นบนผิวหนัง (science of dermatoglyphics) ซึ่งรวมถึงลายฝ่า มือ ลายฝ่าเท้าด้วย การศึกษาการกระจายของแบบแผนลายนิ้วมือในกลุ่มชนชาติต่าง ๆ ทั่วโลก และ การถ่ายทอดพันธุกรรมของแบบแผนลายเส้นบนผิวหนัง โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น ไว เดอร์, พอลล์, แดง เมเจอร์ และบอน เนวี ซึ่งได้ศึกษาลายเส้นผิวหนังของทารกที่อยู่ในครรภ์ พบว่าจะเริ่มปรากฏเมื่ออายุครรภ์ที่ 8-13 สัปดาห์ และจะคงอยู่เช่นนั้นไม่เปลี่ยนแปลง

คัมมินส์นายแพทย์แห่งมหาวิทยาลัยโอคลาโฮมา เป็นผู้คิดค้นคำศัพท์ เดอมาโตไกลฟิกส์ (dermatoglyphics, skin carving) ในปี พ.ศ. 2469 และได้รับยกย่องให้เป็นบิดาแห่งวงการนี้ ซึ่งใช้เวลาถึง 20 ปี จึงได้รับการยอมรับให้ลายเส้นบนผิวหนังใช้ประโยชน์เป็นเครื่องมือช่วย วินิจฉัยโรคพันธุกรรม นับถึงปัจจุบันนี้มีผลงานวิจัยของลายเส้นผิวหนังมากกว่าเจ็ดพันเรื่องตีพิมพ์ ในวารสารทางการแพทย์ในสาขาต่าง ๆ เช่น กุมารเวชศาสตร์ พันธุศาสตร์ จิตเวชศาสตร์ และ มนุษยวิทยา

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2473 เป็นต้นมา เพนโรส (Penrose) ศึกษาลายมือและลายนิ้วมือของ ผู้ป่วยโรคพันธุกรรมในกลุ่มอาการดาวน์ และอาการบกพร่องทางสมองแต่กำเนิด เป็นเวลาหลายปี และได้ค้นพบว่าเส้นลายนิ้วมือสามารถบ่งบอกอาการบกพร่องทางสมองแต่กำเนิดได้ การศึกษาวิเคราะห์ลายเส้นผิวหนัง เพื่อเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ของ คัมมินส์ (Cummins) และมิดโล (Midlo) ในปี พ.ศ. 2486 ในการสัมมนาหัวข้อ “Fingerprint Palms and Soles” คัมมินส์และมิดโลเป็นศาสตราจารย์ด้านจุลกายวิภาคศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยทูเลน สหรัฐอเมริกา เป็นผู้คิดค้นคำศัพท์ ลายเส้นผิวหนัง (dermatoglyphics) ซึ่งมาจากคำ derma (ผิวหนัง) และ glyph (รอยสลัก) ผลการศึกษาของศาสตราจารย์ทั้งสอง พบว่าคนที่ เป็นโรค พันธุกรรมกลุ่มอาการดาวน์จะมีลายมือที่มีลักษณะพิเศษของเส้นลายผิวหนังที่จะช่วยให้วินิจฉัยโรค มองโกลิซึม (Mongolism; กลุ่มอาการดาวน์) ในเด็กแรกเกิดได้ รวมทั้งงานวิจัยในทารกในครรภ์ เกี่ยวกับแบบแผนลายเส้นผิวหนัง ซึ่งพบว่าลายนิ้วมือเริ่มปรากฏขึ้นตั้งแต่ทารกอยู่ในท้องแม่ และจะ สมบูรณ์เต็มที่เมื่ออายุครรภ์ประมาณ 4 เดือน การวิจัยโรคพันธุกรรมที่มีสาเหตุจากโครโมโซม ผิดปกติ นอกเหนือจากกลุ่มอาการดาวน์ ได้แก่ เอ็ดเวิร์ดซินโดรม (Edward syndrome) เพทา ซินโดรม (Patau syndrome) คริดูชาตซินโดรม (Cri-Du-Chat syndrome) หรือแม่แต่โรค พันธุกรรมที่เกิดจากโครโมโซมเพศผิดปกติ ซึ่งได้แก่ เทอร์เนอร์ซินโดรม และไคลน์เฟลเตอร์ซินโดรม (Klinefelter syndrome) ว่ามีความเกี่ยวข้องกับลักษณะลายเส้นผิวหนังที่ปรากฏ ทำให้

เพนโรส (Penrose) โด่งดังขึ้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 เพนโรส ได้ดำรงตำแหน่งประธานศูนย์ เคนเนดี-กาลตัน ด้านการวิจัยพันธุศาสตร์และความบกพร่องของสมองซึ่งได้ขยายงานด้านลายเส้น ผิวหนัง รวมทั้งได้เป็นประธานจัดการประชุมนานาชาติเพื่อหาวิธีปรับมาตรฐานการเรียกชื่อและการใช้คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับลายเส้นผิวหนัง นักวิจัยในสถาบันนี้อีกคนหนึ่งคือ ซาร่าห์ โฮลต์ (Sarah Holt) มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับโรคพันธุกรรมที่มีสาเหตุจากโครโมโซมผิดปกติกับลักษณะแบบแผนเฉพาะของลายเส้นผิวหนัง ในด้านแบบแผนการถ่ายทอดพันธุกรรม รวมถึงการวิจัยในคู่แฝด ซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางแล้วว่าลายนิ้วมือสามารถบ่งบอกว่าแฝดคู่ไหนเป็นแฝดแท้หรือแฝดเทียม

การวิจัยลายเส้นผิวหนังด้านการแพทย์ก้าวหน้าขึ้นและขยายไปยังโรคอื่น ๆ เช่น โรคหัวใจ แต่กำเนิด มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งชนิดอื่น ๆ โรคอัลไซเมอร์ โรคจิตเภท และโรคจิตบางชนิด และยังโด่งดังมากขึ้น เมื่อนายแพทย์สโตเวน (Stowen) หัวหน้าแผนกพยาธิวิทยา โรงพยาบาล เซนต์ลูคส์ในนิวยอร์ก ประกาศว่าสามารถวินิจฉัยโรคจิตเภทและมะเร็งเม็ดเลือดขาวแม่นยำถึง 90% ได้ด้วยการตรวจสอบชนิดของลายมือเท่านั้น และในเยอรมันนี้ นายแพทย์อเล็กซานเดอร์ รอดวาลด์ (Alexander Rodwald) รายงานเช่นเดียวกันว่าสามารถระบุโรคที่เกิดจากความผิดปกติที่เป็นแต่กำเนิดหลายโรคได้แม่นยำถึง 90%

ในเยอรมันนี้ การตรวจลายเส้นผิวหนังได้กระทำอย่างจริงจังด้วยการใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ ซึ่งได้ถูกออกแบบให้สามารถประเมินลายมือที่มีความแตกต่างหลากหลายได้รวดเร็ว จึงช่วยให้ทำนายโรคในเด็กแรกเกิด ที่จะมีโอกาสเป็นโรคหัวใจ โรคมะเร็งชนิดต่างๆ โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว โรคเบาหวาน หรือโรคจิต ได้แม่นยำถึง 80% ดังนั้น การวิเคราะห์ลายเส้นผิวหนังในทาง การแพทย์จึงถูกบรรจุลงในหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิตในมหาวิทยาลัยหลายแห่งในเยอรมันนี้ (สมทรง, 2548)

2. ประวัติความเป็นมาของการตรวจสอบประวัติบุคคลด้วยลายนิ้วมือในประเทศไทย

พ.ศ. 2444 มีการก่อตั้งกองพิมพ์ลายนิ้วมือ ขึ้นเป็นครั้งแรกโดยกรมหลวงราชบุรีดิเรกฤทธิ์ เสนาบดีกระทรวงยุติธรรมในสมัยนั้น โดยให้มีการพิมพ์ลายนิ้วมือตามระบบเฮนรี ของนักโทษที่กำลังจะพ้นโทษเก็บไว้เพื่อใช้เป็นหลักฐานว่าได้เคยกระทำความผิดมาก่อน จึงนับได้ว่าพระองค์ ทรงเป็นผู้ให้กำเนิดการพิมพ์ลายนิ้วมือขึ้นเป็นพระองค์แรกในประเทศไทย เปรียบเสมือนพระองค์ เป็นพระบิดาแห่งวิชาลายนิ้วมือของประเทศไทย

พ.ศ. 2447 กองพิมพ์ลายนิ้วมือได้รับการยกฐานะขึ้นเป็นกรมพิมพ์ลายนิ้วมือ

พ.ศ. 2457 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือย้ายมาสังกัดกรมราชทัณฑ์

พ.ศ. 2473 กรมพิมพ์ลายนิ้วมือนำมาสังกัดกองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ สังกัดกรมตำรวจ
ภูบาล

พ.ศ. 2475 มีการเปลี่ยนแปลงการปกครอง กรมตำรวจภูบาลถูกเปลี่ยนเป็นกอง
ตำรวจสันติบาล กองทะเบียนพิมพ์ลายนิ้วมือ จึงเปลี่ยนชื่อเป็น กองทะเบียนประวัติอาชญากร
ปัจจุบันกองนี้สังกัดสำนักงานวิทยาการตำรวจ หรือ สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ ในปัจจุบัน
(พ.ศ. 2548) มีหน่วยงานสูงสุดคือ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (สมทรวง, 2548)

3. นิติวิทยาศาสตร์กับลายนิ้วมือ

การตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า เป็นสาขาหนึ่งในวิชาการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์
บุคคล (personal identification) จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เป็นเวลาช้านานพบว่า
ลักษณะลายเส้นที่ปรากฏบนนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของมนุษย์สามารถใช้ในการตรวจพิสูจน์บุคคลได้
ดีเนื่องจากความจริง 2 ประการ คือ

3.1 ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน (uniqueness) ซึ่งแต่ละบุคคล
จะมีลักษณะเฉพาะพิเศษที่แตกต่างกัน

3.2 ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ของแต่ละบุคคลนั้น ไม่เปลี่ยนแปลง (permanence) ตั้งแต่เกิด
จนกระทั่งตาย หรือแม้แต่ตายแล้วถ้ามีการรักษาสภาพศพให้ดี ลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า ก็จะคงสภาพ
ไม่เปลี่ยนแปลง

ดังนั้น การใช้ลายนิ้วมือ ลายฝ่ามือ ลายฝ่าเท้า ในการตรวจพิสูจน์บุคคลจึงเป็นที่ยอมรับ
และนิยมใช้อยู่ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก การที่ลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลมีความเฉพาะเป็น
เอกลักษณ์ไม่เหมือนบุคคลอื่นและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต หากจะมีการลบเลือนด้วยสารเคมีเช่น
ฟอร์มาลินไปก็ตาม แต่เมื่อเจริญขึ้นมาใหม่จะมีลักษณะลายเส้นเหมือนเดิม จึงสามารถใช้ลายนิ้วมือ
มาตรวจสอบจำแนกตามความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ นอกเหนือจากการตรวจสอบด้วยเสียง ม่าน
ตา และลายพิมพ์ดีเอ็นเอ นอกจากนั้นการตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยลายนิ้วมือนั้นยังมีประโยชน์ในด้านนิติ

วิทยาศาสตร์ เช่นในคดีอาชญากรรม กองทะเบียนประวัติอาชญากร กองบัญชาการตำรวจสอบสวนกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ มีการรวบรวมลายนิ้วมือของบุคคลต้องโทษ ข้าราชการ และบุคคลอื่นๆ ไว้มากถึงสามล้านคน เพื่อประโยชน์ในการพิสูจน์ตัวบุคคล อาชญากร คนตาย คนสูญหาย เป็นต้น โดยใช้สารบบพิมพ์ลายนิ้วมือสิบนิ้วของเฮนรี (FBI Extension of Henry System) นอกเหนือจากการใช้ระบบพิมพ์ลายนิ้วมือเดี่ยว (single fingerprint file) ของแบทเทอรี (Battley) หรือระบบพิมพ์ลายนิ้วมือห้านิ้ว (five fingerprint file) และในปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้ระบบไบโอเมตริกซ์ (Biometrics) ซึ่งได้พัฒนาไปสู่ระบบ AFIS (automated fingerprint identification system) (สมทรง, 2548)

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า

1. เส้นนูน – เส้นร่อง (ridges-furrows)

ผิวหนังตรงบริเวณลายนิ้วมือ ฝ่ามือ นิ้วเท้า ฝ่าเท้า ของมนุษย์ประกอบด้วยลายเส้น 2 ชนิด คือ เส้นนูนและเส้นร่อง

เส้นนูน คือ รอยนูนที่อยู่สูงกว่าผิวหนังส่วนนอก

เส้นร่อง คือ รอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

2. จุดสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิ (special characteristic of minutia)

ลายเส้นที่อยู่บนลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า จะประกอบด้วยลายเส้นที่มีลักษณะเฉพาะเรียกว่า จุดลักษณะสำคัญพิเศษหรือจุดตำหนิหรือมินูเชีย ดังต่อไปนี้

เส้นแตก (Ridge bifurcation หรือ fork) เป็นลายเส้นจากเส้นเดี่ยวที่แยกออกจากกันเป็นสองเส้นหรือมากกว่า หรือในทางกลับกันอาจเรียกว่าลายเส้นสองเส้นมารวมกันเป็นเส้นเดี่ยว



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะเส้นแตก

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

เส้นสั้น ๆ (Short ridge) เป็นลายเส้นที่สั้นแต่ไม่สั้นมากถึงกับเป็นจุดเล็ก ๆ



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะเส้นสั้น ๆ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

เส้นทะเลสาบ (Enclosure หรือ lake) เป็นลายเส้นที่แยกออกเป็นสองเส้น แล้วกลับมา
รวมกันใหม่ จึงมีพื้นที่ปิดเกิดขึ้น



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะเส้นทะเลสาบ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

เส้นขาด (Ridge beginning หรือ ending suddenly) เป็นลายเส้นจากเส้นเดี่ยวที่ขาดออก
จากเส้นเดิม



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะเส้นขาด

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

จุด (Dot หรือ island) เป็นลายเส้นที่สั้นมากจนดูเหมือนเป็นจุดเล็ก ๆ



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะเส้น จุด

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

ตะขอ (Hook) เป็นลายเส้นของเส้นเดี่ยวแต่แยกออกเป็น 2 เส้นโดยที่เส้นหนึ่งสั้นอีกเส้นหนึ่งยาว ดูคล้ายตะขอ



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะเส้น ตะขอ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

อื่น ๆ (Miscellaneous) เป็นลายเส้นที่มีลักษณะไม่ตรงกับแบบที่กล่าวมาแล้ว เช่น เป็นลายเส้นที่แยกจากหนึ่งเส้นเป็นสามเส้นเรียก trifurcation

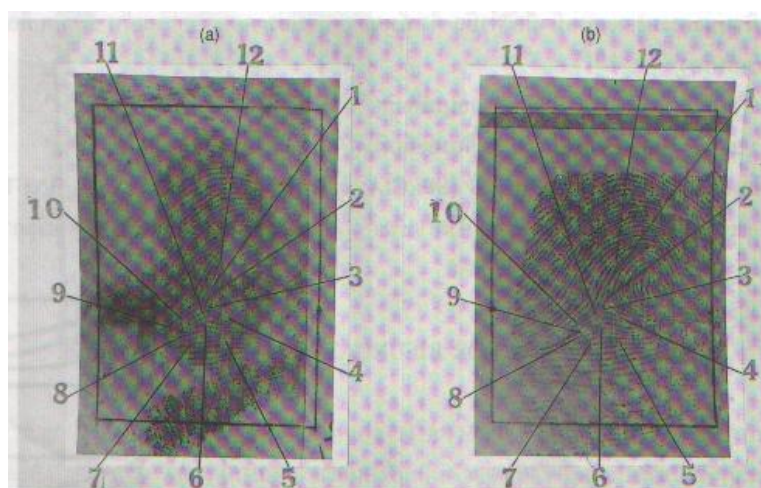


ภาพที่ 8 แสดงลักษณะเส้นอื่น ๆ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

ในการตรวจพิสูจน์ จะใช้จุดดำหนิต่าง ๆ ดังกล่าว ยืนยันตัวบุคคล โดยปกติจะใช้จุดดำหนิตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป ในการยืนยันว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกัน

(สมทรง, 2548)

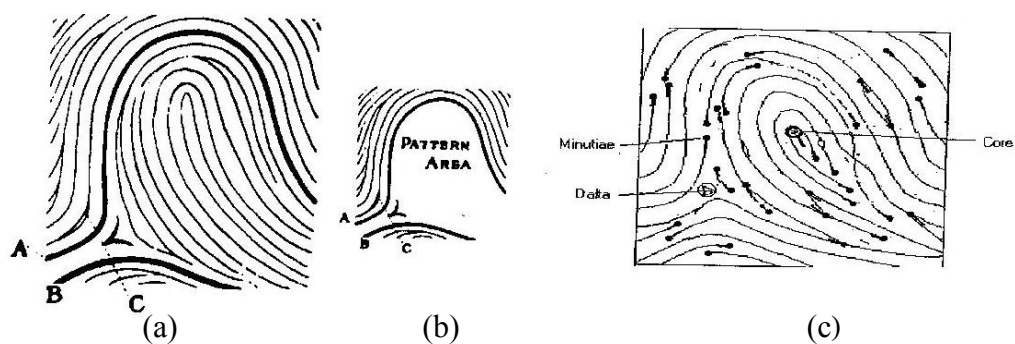


ภาพที่ 9 ลายนิ้วมือแฝงที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุกับลายพิมพ์นิ้วมือของผู้ต้องหาที่มีจุดดำหนิตตรงกัน 12 จุด

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

แบบแผนพื้นฐานของลายนิ้วมือ

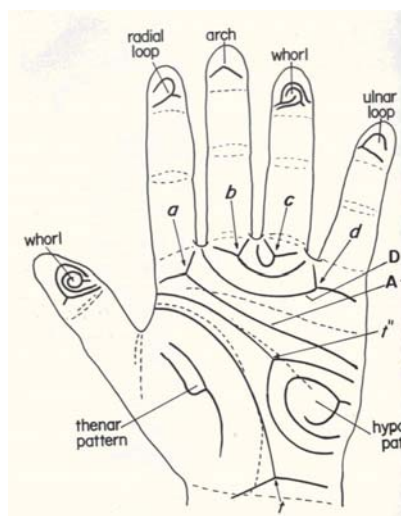
ลักษณะลายนิ้วมือที่ใช้ในการพิสูจน์บุคคล ดูได้จาก 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ได้แก่ ลักษณะโดยรวม (global feature) และลักษณะเฉพาะที่ (local feature) ลักษณะโดยรวมคือลักษณะลายนิ้วมือที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย (1) แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (basic ridge pattern) (2) พื้นที่ทั้งหมดของแบบแผนลายเส้น (pattern area) (3) จุดใจกลาง (core area) (4) สามเหลี่ยมเคลด้าหรือสันดอน (delta, triradius) (5) ชนิดของเส้น (type lines) และ (6) จำนวนเส้นลายนิ้วมือ (ridge count)



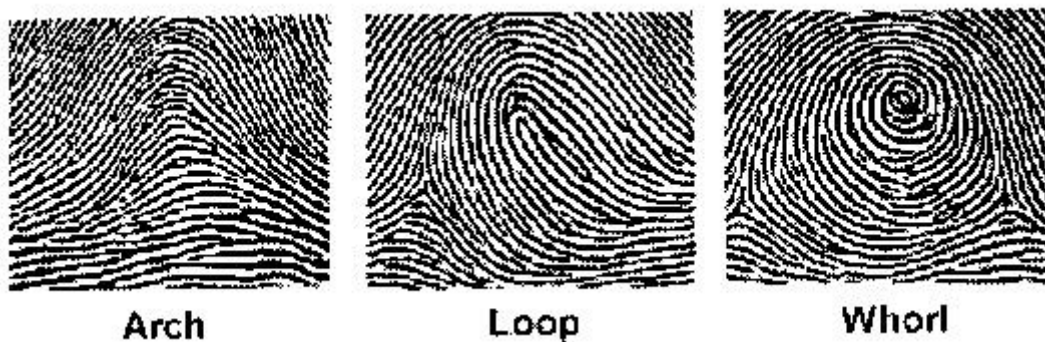
ภาพที่ 10 แสดง (a) แบบแผนลายเส้นพื้นฐาน (b) พื้นที่ทั้งหมดของแบบแผนลายเส้น (c) จุดใจกลาง , สามเหลี่ยมเคลด้าหรือสันดอน และ จุดดำหนิ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

การจำแนกแบบแผนลายเส้นพื้นฐาน อาจแบ่งได้หลากหลาย แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด แบ่งได้เป็น 3 แบบหลัก ๆ ได้แก่ โค้ง (arch) มัดหอย (loop) และก้นหอย (whorl)



ภาพที่ 11 แสดง ก้นหอย (whorl) มัดหยาวยคู่ (double loop) มัดหยาวยปิดหัวแม่มือ (radial loop) โค้ง (Arch) และมัดหยาวยปิดก้อย (ulnar loop) บนมือซ้าย
ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)



ภาพที่ 12 แสดงแบบแผนลายเส้นพื้นฐานสามแบบหลัก ๆ ได้แก่ โค้ง (arch) มัดหยาวย (loop) และก้นหอย (Whorl)
ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

แบบแผนลายนิ้วมืออาจจำแนกโดยละเอียดได้ 9 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. โค้งราบ (plain arch)

คือลักษณะของลายเส้นในลายนิ้วมือ ที่ตั้งต้นจากขอบเส้นข้างหนึ่ง แล้ววิ่งหรือไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง ลายนิ้วมือแบบโค้งราบนี้ จัดเป็นลักษณะลายเส้นชนิดที่ดูได้ง่ายที่สุดกว่าบรรดา

ลายเส้นในลายนิ้วมือทุกชนิด ไม่มีเส้นเกือกม้า ไม่เกิดมุมแหลมคมที่เห็นได้ชัดตรงกลาง หรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง ไม่มีจุดสันดอน ดังนั้นจำนวนเส้นลายนิ้วมือจึงเป็นศูนย์

2. โค้งกระโจม (tented arch)

คือ ลักษณะลายเส้นในลายนิ้วมือชนิดโค้งราบนั่นเอง หากแต่มีลักษณะแตกต่างกับโค้งราบที่สำคัญ

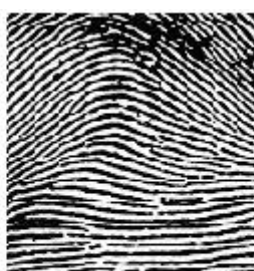
2.1 มีลายเส้นเส้นหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ตอนกลางไม่ได้วิ่งหรือไหลออกไปยังอีกข้างหนึ่ง หรือ

2.2 ลายเส้นที่อยู่ตรงกลางของลายนิ้วมือ เส้นหนึ่งหรือมากกว่า เกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอน หรือ

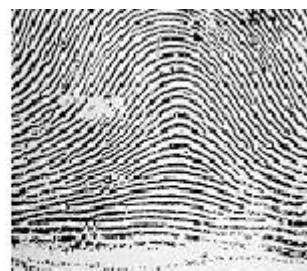
2.3 มีเส้นสองเส้นมาพบกันตรงกลางเป็นมุมแหลมคมหรือมุมฉาก



โค้งกระโจม



โค้งราบ



โค้งสูง

ภาพที่ 13 แสดง โค้งกระโจม โค้งราบ และ โค้งสูง

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

3. มัดหอยปัดขวา (Right slant loop หรือ radial loop)

มัดหอยภาพใดที่มีปลายเส้นเกือกม้าปัดไปทางมือขวา หรือนิ้วหัวแม่มือของมือนั้น เมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหอยปัดขวา หรือมัดหอยปัดหัวแม่มือ

4. มัดหอยปัดซ้าย (Left slant loop หรือ ulnar loop)

มัดหอยภาพใดที่มีปลายเส้นเกือกม้าปัดไปทางมือซ้าย หรือทางนิ้วก้อยของมือนั้น เมื่อหงายมือ เรียกว่ามัดหอยปัดซ้าย หรือมัดหอยปัดก้อย

ลายนิ้วมือแบบมัดหอยมืออยู่ประมาณ 65 % ของลายนิ้วมือทุกชนิดรวมกันในชาว ตะวันตก แต่ในคนไทยมีลายนิ้วมือแบบมัดหอยประมาณ 53% ของแบบแผนลายนิ้วมือทุกชนิด ซึ่งเป็น สัดส่วนที่มากกว่าลายนิ้วมือประเภทอื่น ๆ

กฎของการเป็นมัดหอย คือ

1. ต้องมีสันคอนข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียว
2. ต้องมีเส้นวกกลับที่เห็นได้ชัดอย่างน้อย 1 ภาพ
3. ต้องมีจุดใจกลาง และต้องนับเส้นจากจุดสันคอนไปถึงจุดใจกลางได้อย่างน้อย 1 เส้น โดยเส้นที่นับนี้ต้องเป็นเส้นของเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น

โดยสรุปลายนิ้วมือแบบมัดหอยทั้งสองแบบจะมีจุดสันคอนหนึ่งแห่งและจุดศูนย์กลาง หนึ่งจุด จำนวนเส้นลายนิ้วมือ (Ridge count) จึงมีหนึ่งจำนวน คือจำนวนเส้นจากจุดศูนย์กลางถึง จุดสันคอน

5. ก้นหอยธรรมดา (Plain whorl)

คือ ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร วงจรนี้อาจมีลักษณะเหมือนลานนาฬิกา เหมือน รูปไข่ เหมือนวงกลม ลักษณะสำคัญได้แก่

- 5.1 ต้องมีจุดสันคอน 2 แห่ง และหน้าจุดสันคอนเข้าไปจะต้องมีรูปวงจรหรือเส้นเวียนอยู่ ข้างหน้าจุดสันคอนทั้ง 2 จุด

- 5.2 ถ้าลากเส้นสมมุติจากจุดสันคอนข้างหนึ่งไปยังสันคอนอีกข้างหนึ่ง เส้นสมมุติจะต้อง ตัดเส้นวงจรหน้าจุดสันคอนทั้ง 2 ข้างอย่างน้อย 1 เส้น

6. ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop whorl)

คือ ลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดาแน่นอน แต่ผิดกันตรงที่ลากเส้นสมมุติจากสันคอนหนึ่งไปยังสันคอนหนึ่ง เส้นสมมุติจะไม่สัมผัสกับเส้นวงจรที่อยู่ตอนใน

7. ก้นหอยกระเป๋ข้าง (lateral pocket loop)

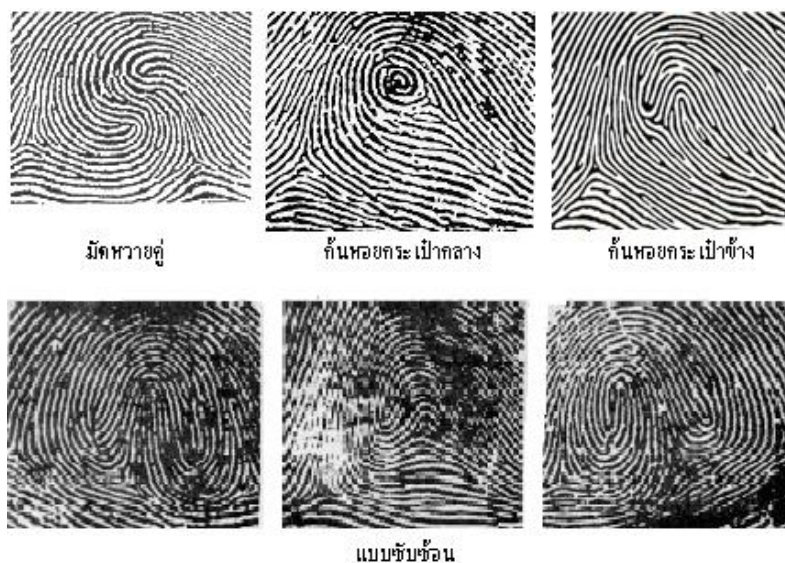
คือ ลายนิ้วมือชนิดมัดหยาวยกู่ แต่มีสันคอนอยู่ข้างเดียวกัน

8. มัดหยาวยกู่ หรือมัดหยาวยแฝด (double loop / twin loop)

คือ ลายนิ้วมือที่มีรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหยาวย 2 รูป มากอดหรือมากล้ากัน เป็นลายนิ้วมือที่มีสันคอน 2 สันคอน มัดหยาวย 2 รูปที่ปรากฏนี้ไม่จำเป็นจะต้องมีขนาดเท่ากัน

9. ชับซ้อน (accidental whorl)

เป็นลายนิ้วมือที่ไม่เหมือนลายนิ้วมือชนิดอื่นที่กล่าวมาแล้ว ไม่สามารถจัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ เป็นลายนิ้วมือที่ประกอบด้วยลายนิ้วมือแบบผสมกัน และมีสันคอน 2 สันคอน หรือมากกว่า (สมทรง, 2548)



ภาพที่ 14 แสดง มัดหยาวยกู่ ก้นหอยกระเป๋ากลาง ก้นหอยกระเป๋ข้างและแบบทับซ้อน
ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

โดยสรุปก้นหอย (whorl) เป็นแบบแผนลายนิ้วมือที่พบประมาณ 30% ของแบบแผนลายนิ้วมือทุกแบบในชาวตะวันตก แต่ในคนไทยมีลายนิ้วมือแบบก้นหอยประมาณ 45% มีลักษณะเป็นลายเส้นวนเวียนเป็นรูปก้นหอยหรือเป็นวง มีจุดสันคอนสองแห่งขึ้นไป และจุดศูนย์กลางหนึ่งจุด ดังนั้นจึงมีค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือสองค่า เพื่อความสะดวกในการจำแนกประเภทลายนิ้วมืองั้นลายนิ้วมือแบบก้นหอย จึงหมายรวมถึง ลายนิ้วมือที่ไม่จัดอยู่ในแบบโค้งหรือมัดหอย ได้แก่ มัดหอยคู่ (double loop whorl) หรืออาจเรียก มัดหอยแฝด (twin loop whorl) ก้นหอยกระเป๋ากลาง (central pocket loop) ก้นหอยกระเป๋าข้าง (lateral pocket loop) และแบบซับซ้อน (accidental whorl)

จำนวนเส้นลายนิ้วมือ หมายถึง จำนวนเส้นที่นับได้จากการลากเส้นจำลองจากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ถึงจุดสันคอน ดังนั้นลายนิ้วมือที่มีจุดสันคอนถึงสองแห่ง จึงมีค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือสองค่า ในการนำมาคำนวณรวมกับนิ้วอื่น ๆ ให้ครบสิบนิ้วนั้นให้ใช้ค่าของจำนวนเส้นลายนิ้วมือที่มากกว่ามาบวกรวมกับของนิ้วอื่น ๆ จะได้ค่าจำนวนเส้นลายนิ้วมือทั้งหมด (total finger ridge count; TFRC) (หรือเรียก total ridge count; TRC) (สมทรง, 2548)



ภาพที่ 15 เส้นจำลองจากจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ถึงจุดสันคอนเพื่อนับจำนวนเส้นลายนิ้วมือ (ridge count) และเครื่องนับเส้นลายนิ้วมือ

ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝง

1. การตรวจหารอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แฝง ด้วยผงฝุ่นเคมี (Dusting)

วิธีนี้เหมาะกับพื้นวัตถุที่เรียบเป็นมันไม่ดูดซึมและไม่เปื่อย
อุปกรณ์ที่ใช้

1.1 แปรง ซึ่งมีแปรงขนกระต่าย แปรงขนอูฐ หรือแปรงแม่เหล็ก

1.1.1 แปรงขนกระต่าย ใช้ในการขัดผงฝุ่นเบื้องต้น

1.1.2 แปรงขนอูฐ ใช้ขัดรอยลายนิ้วมือแฝงให้เห็นรายละเอียด

1.1.3 แปรงแม่เหล็ก ใช้กับผงฝุ่นดำซึ่งมีผงฝุ่นดำซึ่งมีผงแม่เหล็กเป็นส่วนผสม

1.2 ผงฝุ่นชนิดต่าง ๆ เช่น

1.2.1 ผงฝุ่นสีดำ

1.2.2 ผงฝุ่นอะลูมิเนียม สีเทา

1.2.3 ผงฝุ่นแม่เหล็ก สีดำ

1.2.4 ผงฝุ่นไลโคโปเดียว สีเหลืองอ่อน

1.2.5 ผงฝุ่นเลดคาร์บอเนต สีขาว

ผงฝุ่นแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการติดบนพื้นผิวของวัตถุแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทั้งนี้จะต้องเลือกใช้ผงฝุ่นที่เหมาะสมกับสภาพของลายนิ้วมือแฝง และพื้นผิววัสดุในบางครั้งอาจผสมผงฝุ่นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อให้เกิดผลดีในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง

1.3 เทปเจลลาตินหรือเทปใส ใช้ในการลอกรอยลายนิ้วมือแฝง

1.4 กระดาษแบคกราวด์ติดรอยลายนิ้วมือแฝง

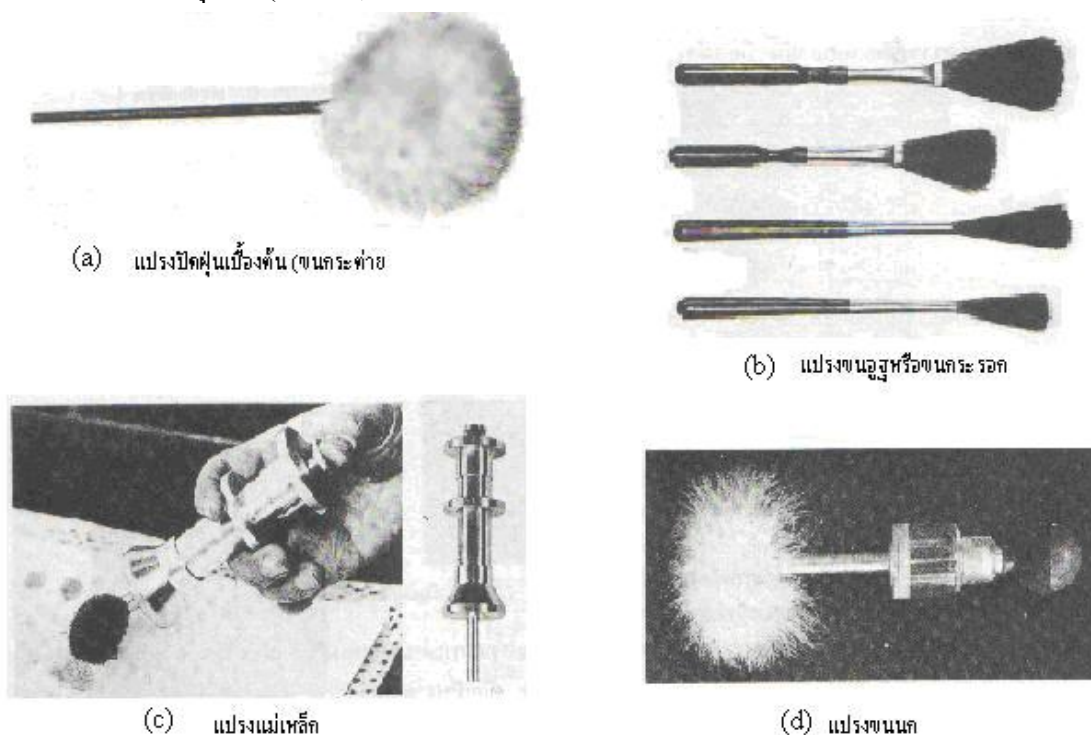
กระดาษแบคกราวด์ที่ใช้ติดรอยลายนิ้วมือแฝง จะต้องเป็นสีตัดกับฝุ่นที่ใช้ เช่น ใช้ฝุ่นสีดำควรติดบนกระดาษแบคกราวด์สีขาว ด้านหลังของกระดาษติดรอยลายนิ้วมือแฝง จะต้องมียางติดเกี่ยวกับคดี และแผนที่สำเนาที่รอยลายนิ้วมือแฝงติดอยู่ดังภาพข้างล่าง

วิธีการปิดฝุ่น

จุ่มแปรงลงบนฝุ่นผงเคมีเพียงเล็กน้อย และปิดเบา ๆ เป็นบริเวณกว้างโดยปิดเป็นรูปวงกลม เมื่อเห็นลายเส้นชัดเจนแล้ว ให้ปิดไปตามลักษณะของลายเส้น แล้วใช้เทปใสลอกชิ้นมาติดลงบนกระดาษสำหรับติดรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แฝง โดยระมัดระวังมิให้เกิดฟองอากาศ จากนั้นให้เขียนรายละเอียดของคดี ลงบนด้านหลังของกระดาษแบกกราวด์ที่ติดรอยลายนิ้วมือแฝง

ข้อระมัดระวังในการปฏิบัติ คือ

- ห้ามแตะต้องหรือกระทำการใด ๆ อันเป็นเหตุให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แฝง นั้นสูญหายไป หรือปรากฏขึ้นใหม่
- ระมัดระวังไม่ให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แฝง ถูกความร้อน ความชื้นหรือฝุ่นละออง จนไม่สามารถปิดฝุ่นได้ (สมทรง, 2548)



ภาพที่ 16 แสดงแปรงปิดฝุ่นชนิดต่าง ๆ

ที่มา: สมทรงและโสภษา (2548)

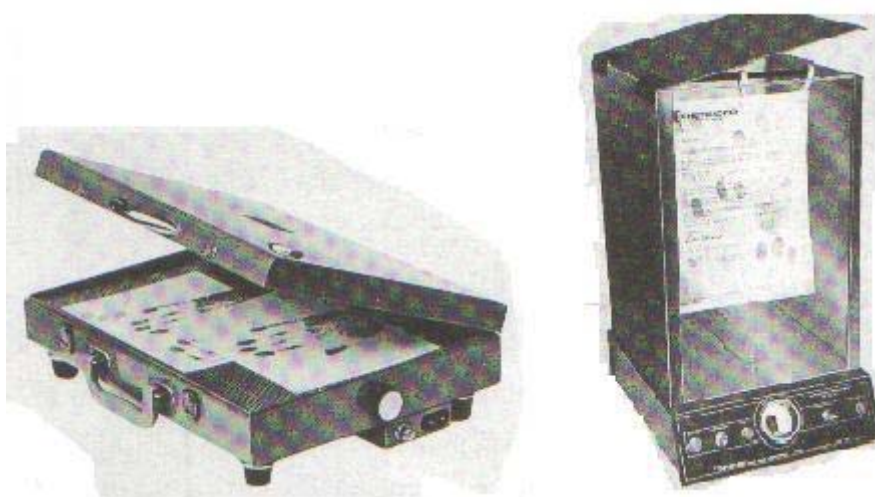
2. การตรวจหารอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง ด้วยวิธีทางเคมี

การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง ที่ของกลางบางชนิด ไม่สามารถใช้วิธีการปัดฝุ่นได้ เช่น ของกลางประเภทกระดาษเอกสารต่าง ๆ หรือของกลางบางชนิดใช้ตรวจเก็บโดยวิธีทางเคมีจะได้ผลดีกว่า ซึ่งแล้วแต่ชนิดและพื้นผิวของวัตถุของกลางนั้น

2.1 วิธีไอโอดีน (iodine) เหมาะกับของกลางประเภท กระดาษ, พนัก ฯลฯ ใช้สารไอโอดีน โดยให้ไอของไอโอดีนไปสัมผัสกับของกลางที่คิดว่ามีลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลงติดอยู่ สารไอโอดีน จะไปเกาะกับไขมันในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง จากเดิมที่มองไม่เห็น ด้วยตาเปล่าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมองเห็นได้ชัดเจน การตรวจเก็บให้ทำการถ่ายภาพทันที เนื่องจากลายเส้นจะค่อย ๆ เลือนหายไป

2.2 วิธีนินไฮดริน (ninhydrin) เหมาะกับของกลางประเภทกระดาษ และเอกสารต่าง ๆ นินไฮดริน จะไปทำปฏิกิริยากับโปรตีน ในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง เปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงปนน้ำเงิน แล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพทันที

ข้อควรระวัง สารละลายนี้ อาจทำให้หมึกในเอกสารของกลางเสียหายได้ ต้องได้รับอนุญาตจากคู่กรณีก่อนปฏิบัติ



ภาพที่ 17 แสดง เครื่องอบ และตู้บ่น้ำยานินไฮดริน
ที่มา: สมทรงและโสภษา (2548)

2.3 วิธีซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) เหมาะกับของกลางประเภทกระดาส ไม้ โดยที่ซิลเวอร์ไนเตรท จะทำปฏิกิริยากับเกลือโซเดียมในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลงเปลี่ยนเป็นสีดำ แล้วตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ

2.4 วิธีซูเปอร์กลู (super glue) เหมาะกับของกลางประเภทเครื่องหนัง, กระดาส, แก้ว, ผ้า, โลหะต่าง ๆ เป็นต้น ซูเปอร์กลู ซึ่งมีส่วนผสมของสารไซยาโนอะคิเลทเอสเทอร์ (cyanoachylate ester) เมื่อสารนี้ได้รับความร้อนจะระเหยเป็นไอ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงแล้วทำปฏิกิริยากับโปรตีน และน้ำในเหงื่อ ทำให้รอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลงเปลี่ยนเป็นสีขาว การตรวจเก็บใช้วิธีปัดด้วยฟู่ผงเคมี

2.5 วิธีผลึกม่วง (crystal violet) เหมาะกับรอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง ดิดที่เทปใส เทปพันสายไฟ ด้านที่เหนียวซึ่งไม่สามารถเก็บโดยวิธีการปัดฟู่ได้ วิธีเก็บทำได้โดยผสมน้ำยาใส่ภาชนะ แล้ววางเทปใสแช่ในน้ำยา จนกระทั่งรอยลายนิ้วมือแผลง ปรากฏ แล้วล้างด้วยน้ำก๊อก เพื่อล้างสีส่วนที่เกินออกไป จากนั้นจึงนำเทปไปวางบนด้านมันของกระดาสอัดรูปที่ยังไม่ได้รับแสง ซึ่งเป็ยกหมด ๆ ริดด้วยความร้อนอ่อน ๆ แล้วดึงเทปออก ตรวจเก็บโดยการถ่ายภาพ (สมทรง, 2548)

3. การหล่่องรอยด้วยปูนปลาสเตอร์

เพื่อใช้หล่่องรอยบนวัตถุที่เหนียวและเป็น 3 มิติ เช่น ดินเหนียว ดินน้ำมัน ฯลฯ คุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ คือคายความร้อนออกเมื่อปูนกำลังจะแข็งตัว และขยายตัวได้ เมื่อผสมกับน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ปูนปลาสเตอร์ ประมาณ 1 กิโลกรัม
2. น้ำสะอาด ประมาณ 1 ลิตร
3. ไม้ท่อนเล็ก ๆ เพื่อเสริมให้แข็งแรง
4. กรอบไม้ หรือกรอบเหล็ก หรือกรอบกระดาสแข็ง

วิธีปฏิบัติ

1. ผสมปูนปลาสเตอร์ในน้ำช้า ๆ โดยใช้ช้อนช่วย
2. ให้คนช้า ๆ เพื่อมิให้เกิดฟองอากาศ
3. ค่อย ๆ เทปูนลงในบริเวณร่องรอยที่ได้วางกรอบไว้แล้ว
4. เมื่อเทลงไปประมาณครึ่งหนึ่ง วางไม้เสริม 2-3 ท่อนตามยาว
5. เทปูนที่เหลือจนหมด
6. เมื่อปูนเริ่มแข็งตัว ให้ทำเครื่องหมายลงบนปูนปลาสเตอร์ เช่น สก.อ. คดี วัน เดือน ปี ที่หล่อ ชื่อผู้หล่อ เป็นต้น
7. ตั้งไว้ประมาณ 30 นาทีแล้วเคาะออก
8. การใช้แสงโพลิไลท์ (polilight) ในการหารอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง ใช้ตรวจหารอยลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า แผลง บนวัตถุพยานต่าง ๆ เช่น รอยลายนิ้วมือแผลงติดคราบโลหิต คราบอสุจิ พลาสติก รอยรองเท้า เอกสารต่าง ๆ เป็นต้น (สมทรง,2548)



ภาพที่ 18 แสดงการตรวจหารอยลายนิ้วมือแผลง บนวัตถุพยานต่าง ๆ
ที่มา: สมทรงและโสภชา (2548)

ระบบตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ

ในปัจจุบันเมื่อเกิดคดีต่าง ๆ ขึ้น จะมีเจ้าหน้าที่ไปตรวจสถานที่เกิดเหตุ เพื่อรวบรวมพยานหลักฐานต่าง ๆ โดยเฉพาะวัตถุพยานที่สำคัญอย่างหนึ่งซึ่งน่าจะตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุคือลายนิ้วมือแฝง (latent fingerprint) ซึ่งสามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบกับลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วของผู้ต้องสงสัย เพื่อยืนยันผู้กระทำผิดได้ แต่ในคดีส่วนมาก เช่น คดีลักทรัพย์ พนักงานสอบสวนจะไม่มีลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วของผู้ต้องสงสัย ส่งมาให้กองพิสูจน์หลักฐานตรวจเปรียบเทียบ จึงทำให้ลายนิ้วมือแฝงที่เก็บมาไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางคดีได้ มีบุคคลจำนวนมากรวมทั้งพนักงานสอบสวนบางส่วน ที่คิดว่าเหตุใดจึงไม่นำลายนิ้วมือแฝงไปตรวจกับลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วที่เก็บไว้ในกองทะเบียนประวัติอาชญากร ในข้อเท็จจริงแล้ว ในทางปฏิบัติกระทำไม่ได้เนื่องจากประวัติอาชญากรที่เก็บไว้มีจำนวนมากถึง 3-5 ล้านแผ่น และอีกประการหนึ่งลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ นั้น เป็นเพียงบางส่วนของนิ้วมือใดนิ้วมือหนึ่ง และเป็นรอยที่มักจะเลือนรางไม่ชัดเจน ดังนั้นการนำบางส่วนของนิ้วมือแฝงที่เก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุไปตรวจสอบ และค้นหาจากแฟ้มข้อมูลของกองทะเบียนประวัติอาชญากร จะต้องใช้กำลังเจ้าหน้าที่จำนวนมากและใช้เวลานานในการตรวจสอบ

ด้วยเหตุนี้ กองพิสูจน์หลักฐานจึงได้จัดตั้งศูนย์ตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (Automated Fingerprint Identification System Center (AFIS Center)) ในปี พ.ศ. 2537 ขึ้น ภายในศูนย์ฯ นี้มีเครื่องมือที่ใช้ตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝง ที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ กับแผ่นลายพิมพ์นิ้วมืออาชญากร จำนวนประมาณ 500,000 แผ่น ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการตรวจสอบสามารถกระทำได้ด้วยความเร็วและถูกต้อง (สมทรง, 2548)

ประโยชน์ของเครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ (AFIS)

เครื่องตรวจลายพิมพ์นิ้วมืออัตโนมัติ จัดว่าเป็นเครื่องมือที่สามารถทำประโยชน์อย่างมากให้แก่เจ้าหน้าที่ตำรวจในการสืบสวนสอบสวนติดตามตัวผู้กระทำความผิด โดยเฉพาะคดีที่ยังหาตัวผู้ต้องสงสัยไม่ได้ และคาดว่าผู้ต้องสงสัยนั้นน่าจะเคยกระทำความผิดมาก่อน โดยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ สามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบกับข้อมูลลายพิมพ์นิ้วมือของอาชญากรที่เก็บไว้ในสารบบได้ด้วยความเร็วและถูกต้อง ซึ่งผลของการปฏิบัติงานช่วยให้เจ้าหน้าที่ตำรวจติดตามตัวผู้กระทำความผิดได้เป็นจำนวนมาก

นอกจากการตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝงที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุกับลายพิมพ์นิ้วมือของอาชญากรแล้ว ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการตรวจเปรียบเทียบแผ่นลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว กับลายนิ้วมือแฝงที่ได้เก็บไว้ในสารบบ ตรวจเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้ว กับลายพิมพ์นิ้วมือ 10 นิ้วในสารบบเพื่อยืนยันตัวบุคคล เพื่อตรวจสอบประวัติ และตรวจเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝง ในคดีหนึ่งกับลายนิ้วมือแฝงในคดีอื่น ๆ ที่เก็บไว้ใน สารบบ (สมทรง, 2548)

การรวบรวมเอกสาร

สำราวน และคณะ (2549) ได้กล่าวถึง กระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ พิมพ์ลายนิ้วมือที่ต้องการความถูกต้องสูง จำเป็นต้องอาศัยภาพพิมพ์ลายนิ้วที่มีคุณภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์และประมวลผล ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการปรับแต่งความชัดภาพพิมพ์ลายนิ้วมือเพื่อเพิ่มคุณภาพพิมพ์ลายนิ้วมือ โดยวิธีการคัดเลือกจุดโดยใช้ค่าเกรเดียนต์ (Gradient) ของภาพพิมพ์ลายนิ้วมือจากการปรับแต่งด้วยวิธี Short Time Fourier Transform (STFT) และตัวกรองกาเบอว์ (Gabor Filtering) แล้วนำผลจากการคัดเลือกไปประมวลผลเพื่อปรับความชัดของเส้น ลายนิ้วมือด้วยวิธีการ STFT อีกครั้ง จากผลการทดสอบพบว่าวิธีการปรับแต่งความชัดภาพพิมพ์ลาย นิ้วมือที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถเพิ่มความชัดและเพิ่มคุณภาพให้กับภาพพิมพ์ลายนิ้วมืออย่าง เห็นได้ เมื่อเทียบกับภาพต้นฉบับและเมื่อนำไปคำนวณหาอัตราร้อยละของการเปรียบเทียบราย ละเอียดเส้นลายนิ้วมือ (Minutiae Matching) พบว่าได้ค่าอัตราร้อยละสูงกว่าภาพพิมพ์ลายนิ้ว มือต้นฉบับ ที่ใช้เฉพาะการปรับแต่งด้วยวิธี STFT หรือตัวกรองกาเบอว์

วรรณศักดิ์ (2547) ได้กล่าวถึง วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการพิสูจน์ เอกลักษณ์จากลายนิ้วมือ อัตโนมัติ (Automatic Fingerprint Identification System : AFIS) ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการโปรแกรมเชิงพันธุกรรม โดยปกติของการตรวจสอบลายนิ้วมือ จะทำโดยการแปลงลายนิ้วมือที่สนใจให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector) หรือรหัสลายนิ้วมือ (Finger code) จากนั้นระบบจะทำการจับคู่ที่ดีที่สุดระหว่างรหัสลายนิ้วมือ ที่สนใจ กับรหัสลายนิ้วมือทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล เพื่อทำการตัดสินใจว่ารหัสลายนิ้วมือที่สนใจ เป็นของ บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลหรืออยู่นอกฐานข้อมูล โดยการหาค่านอร์มของเวกเตอร์ระยะทางระหว่าง รหัสลายนิ้วมือที่สนใจ กับรหัสลายนิ้วมือที่อยู่ในฐานข้อมูลที่ให้ค่าน้อยที่สุด ซึ่งค่านอร์มที่หามาได้ จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดเริ่มเปลี่ยน จึงจะหมายความว่ารหัสลายนิ้วมือที่สนใจเป็นบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล ในการคำนวณประสิทธิภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับอัตราความถูกต้องของระบบในการตัดสินใจว่ารหัสลายนิ้วมือที่สนใจอยู่ภายในฐานข้อมูล หรืออยู่ภายนอก

ฐาน ข้อมูล ได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อลดจำนวนคุณลักษณะที่อยู่ในรหัสลายนิ้วมือ จากนั้น จะทำการสร้างฟังก์ชันแบบใหม่ขึ้นมาแทนการหาค่านอร์ม โดยประกอบขึ้นจากค่าของระยะทาง ที่ได้จากแต่ละคุณลักษณะ และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ด้วยการ โปรแกรมเชิงพันธุกรรม จะสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบได้

ตุลย์ และ ทัดพงษ์ (2547) ได้กล่าวถึง ลายนิ้วมือของมนุษย์นั้นมีลักษณะและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวซึ่งโอกาสที่ลายนิ้วของคนสองคนจะมาเหมือนกันนั้น มีโอกาสไม่ถึงหนึ่งในสี่พันล้านส่วนซึ่งนับว่าน้อยมากคุณสมบัตินี้จึงจำเป็นอย่างมากที่ทำให้ลายนิ้วมือถูกนำมาใช้เป็นวิธีการหนึ่งในการแยกแยะตัวบุคคล ในแต่ละบุคคล

ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงมีแนวความคิดในการพัฒนาการรู้จำและเปรียบเทียบภาพ ลายนิ้วมือ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งจะนำภาพลายนิ้วมือที่ได้เข้าสู่ระบบ จากนั้นจะทำการดึงลักษณะเด่นต่าง ๆ บนลายนิ้วมือ ซึ่งโครงงานนี้ได้เลือกวิธีการหาจำนวน จุดสำคัญบนลายนิ้วมือหรือที่เรียกว่า Minutiae Extraction เพื่อสำหรับนำไปเป็นตัวอย่างในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งทำให้โครงงานนี้สามารถระบุลายนิ้วมือของบุคคลได้และยังสามารถจำแนกลายนิ้วมือของบุคคลได้ซึ่งผลการทดสอบการรู้จำลายนิ้วมือได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ

ศิริลักษณ์ (2544) ได้กล่าวถึง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความ ก้าวหน้า และผลสำเร็จของการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือ โดยศึกษาจากเอกสารของหน่วยงาน ประกอบกับการสำรวจจากเจ้าหน้าที่สถานีตำรวจที่มาขอรับ บริการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือ และเจ้าหน้าที่ตำรวจกองทะเบียนประวัติอาชญากร ที่ทำหน้าที่ให้บริการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือ

ผลการศึกษาจากเอกสาร ประกอบกับการสัมภาษณ์และการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า หน่วยงานมีการแนะนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ สามารถแก้ปัญหาในเรื่องความแม่นยำของผลการตรวจสอบ แก้ปัญหาเรื่องความค้างค้ำ ลำช้าของงาน ลดโอกาสการทุจริต ในผลการตรวจสอบมี ความปลอดภัยของข้อมูล เอกสารและระบบ สามารถตรวจสอบประวัติ ลายพิมพ์นิ้วมือแฝงที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุที่ไม่อาจตรวจสอบได้ด้วยสายตามนุษย์ ตลอดจนมีผลทำให้ ตรวจพบประวัติการกระทำความผิดและจับกุมผู้กระทำความผิดได้มากขึ้น

การศึกษาจากเจ้าหน้าที่ตำรวจที่มาขอรับบริการ พบว่าระบบคอมพิวเตอร์ดีกว่าระบบ เดิม อย่างมีนัยสำคัญในเรื่องความถูกต้องของผลการตรวจสอบ ส่วนในเรื่องอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่าง และ การศึกษาจากเจ้าหน้าที่ตำรวจผู้ให้บริการพบว่า ผู้ให้บริการมีความพึงพอใจในการ ทำงานอยู่ในระดับปานกลาง และมีความเห็นในทางบวกต่อผลที่ไม่คาดหมายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

วรากร (2543) ได้กล่าวถึง การพิสูจน์บุคคลแบบอัตโนมัติโดยใช้คุณลักษณะทาง สรีรวิทยาของคนหรือที่เรียกว่า ไบโอเมตริก เริ่มมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อความต้องการในการ พิสูจน์บุคคลสำหรับการทำธุรกรรมหรือการติดต่อสื่อสารกันผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้น ลายนิ้วมือก็เป็นรูปแบบหนึ่งของไบโอเมตริกที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างและเหมาะสมในการนำมา ใช้พิสูจน์บุคคล การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการประมวลผลภาพแบบพื้นฐาน โดยทั่วไปให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการรู้จำลายนิ้วมือ

ขั้นตอนการประมวลผลจะนำภาพที่ได้จากเครื่องอ่านภาพที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ TIFF มา ทำการประมวลผลขั้นต้นเพื่อแยกบริเวณที่เป็นภาพจากหลัง บริเวณที่มีคุณภาพต่ำ และบริเวณที่เป็นลายนิ้วมือออกจากกัน การประมวลผลในขั้นต่อไปจะทำเฉพาะบนบริเวณที่เป็นลายนิ้วมือ เท่านั้น จากนั้นจะทำการปรับเพิ่มคุณภาพของภาพเพื่อให้ได้เส้นลายนิ้วมือเด่นชัดขึ้น กำจัดความ เพี้ยนและ สัญญาณรบกวนต่าง ๆ บนภาพ โดยแบ่งภาพออกเป็น ส่วน แล้วทำการหาทิศทางของ ลายเส้นในแต่ละ ส่วน ได้เป็น 8 ทิศทาง และทำการคอนโวลูชันในสองมิติด้วยการบอร์ฟิลเตอร์ แบบมีทิศทางตรง ตาม ส่วน นั้น ๆ หลังจากนั้นทำให้กลายเป็นภาพขาวดำและทำให้เป็นเส้นโครงร่างเพื่อหาจุดรอย ละเอียดบนลายนิ้วมือที่มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบจุดปลาย และแบบจุดสองง่าม เพื่อ นำมาใช้เป็นลักษณะเฉพาะในการเปรียบคู่ และทำการเปรียบคู่จุดรอยละเอียดที่ประมวลผลได้กับจุด รอยละเอียดที่ถูกอ้างอิง ซึ่งเก็บเป็นเทมเพลตอยู่ในฐานข้อมูล โดยใช้วิธีการเปรียบคู่แบบรูปแบบจุด

ภักทริยา (2541) ได้กล่าวถึง การเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการ จำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติในขั้นตอนต่าง ๆ โดยใช้การรู้จำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการปรับปรุงภาพเบื้องต้นและขั้นตอนการแยกคุณลักษณะ ในส่วนการ ปรับปรุงคุณภาพขั้นต้นได้ทำการทดสอบวิธีการปรับปรุงคุณภาพขั้นต้น 2 วิธีคือวิธีการทำภาพขาว ดำ สองระดับ โดยการหาตำแหน่งจุดแยกย่อยและวิธีการแยกพื้นหลังและลายนิ้วมือ โดยวิธีหาค่า การ กระจาย ในส่วนการแยกคุณลักษณะได้ทำการทดสอบวิธีการแยกคุณลักษณะ 2 วิธี คือวิธีการ เข้ารหัส ทิศทางและวิธีการหาสนามทิศทาง ซึ่งในการทดสอบใช้ภาพจากฐานข้อมูลของ NIST (National Institute of Standards and Technology) ชุดที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลลายนิ้วมือ 2 ชุด ชุดละ 25 ภาพ ขนาด 512 x 512 จุดภาพ โดยใช้สัญญาณ รบกวนที่มีการกระจายแบบเกาส์

ให้กับภาพที่ระดับต่าง ๆ แล้วทดสอบการรู้จำ ผลที่ได้สามารถสรุปได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนขั้นตอนการปรับปรุงภาพโดยวิธีการ แยกพื้นหลังและลายนิ้ว โดยวิธีหาค่าการกระจายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำในกรณีที่สัญญาณรบกวนจากการทำภาพขาวดำสองระดับประมาณ 4 % แต่มีข้อเสียคือ ในกรณีที่สัญญาณรบกวนที่ค่าสูงมาก ๆ การหาค่าการกระจายจำกัดที่เหมาะสมเป็นไปได้ค่อนข้างยาก และในขั้นตอนการแยกคุณลักษณะวิธีหาสนามทิศทางสามารถเพิ่มอัตราการรู้จำจากวิธีเข้ารหัสทิศทางได้มากกว่า 30 % และยังคงความถูกต้องทั้งที่มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างมาก แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียเช่นเดียวกับการแยกคุณลักษณะวิธีอื่น ๆ คือไม่สามารถระบุทิศทางของบริเวณที่มีการกระจายความเข้มของข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ เช่น บริเวณพื้นหลังได้ถูกต้อง

เกรียงไกร (2539) ได้กล่าวถึง การใช้อัลกอริทึมการประมวลผลภาพ (Image Processing), การเรียนรู้ จดจำไว้ และพัฒนาการตรวจโครงสร้างลายเส้นของลายนิ้วมือ (Fingerprint) โดยอยู่อย่างอิสระ สามารถถ่ายลายนิ้วมือจริง (สด) ได้ด้วยกล้องวิดีโอ วิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงการ แก้ไขภาพลายนิ้วมือพร้อมทั้งปรับปรุงให้ดีขึ้นตามสภาพความเป็นจริง ปรับปรุงเทคนิคการตรวจ เทียบให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นส่วนของการใช้งานและทำอย่างอัตโนมัติ จากการทดสอบกดลายนิ้วมือ จะถ่ายภาพเป็นข้อมูลภาพระดับเทาเข้ามา ต่อมาได้แปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทิศทางของ ฮิสโตแกรมทิศทางไปคูณกับค่าที่ได้จดจำไว้ (ค่าน้ำหนัก) ด้วยวิธีการนิรอลเน็ตและตรวจเทียบ ให้ผลออกมา ถ้าเอาท์พุตเป็น 1 จะมีสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก แต่ถ้าเอาท์พุตเป็น 0 จะไม่มีสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งโปรแกรมใช้งานจะตัดสินใจโดยอัตโนมัติ สำหรับจำนวนผู้มีสิทธิใช้ระบบได้อาจใช้เพียง 1--> 10 คน โดยใช้ลายนิ้วหัวแม่มือจริง (สด) ซึ่งผลของงานใช้งานครั้งนี้สามารถใช้เวลาสั้นและรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. Software Visual Basic 6.0
3. Scanner
4. แป้นพิมพ์
5. ภาพลายนิ้วมือที่ได้จาก Scanner

วิธีการ

1. การเตรียมภาพลายนิ้วมือ

ระบบการจำแนกลายนิ้วมือ จำเป็นต้องมีรูปลายนิ้วมือเป็นภาพดิจิทัล (Digital Image) โดยมีการแปลงภาพ 3 วิธี ได้แก่

- 1.1 การถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล
- 1.2 การสแกนภาพด้วยเครื่องสแกนเนอร์
- 1.3 การสแกนภาพด้วยเครื่องสแกนลายนิ้วมือ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เลือกใช้วิธีการสแกนภาพด้วยเครื่องสแกนเนอร์ เนื่องจากเป็นที่นิยมหาใช้ได้ทั่วไป และคุณภาพของภาพที่ได้มีความเหมาะสม

2. การปรับปรุงภาพลายนิ้วมือ

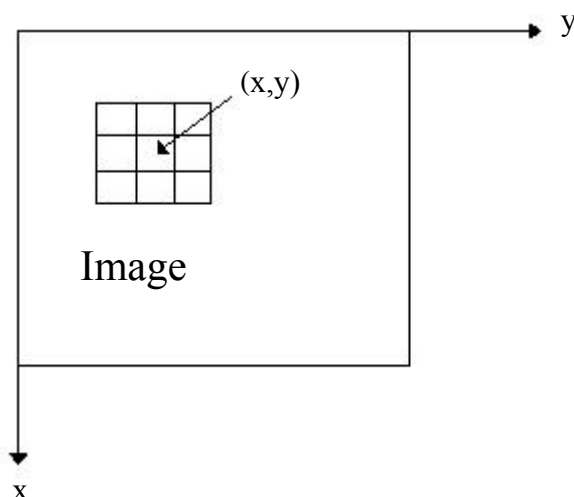
ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการปรับปรุงภาพที่รับเข้ามาให้มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพ ของภาพที่ได้รับเข้ามาอาจจะมีสัญญาณรบกวน หรือภาพบางส่วนอาจขาดความคมชัด ดังนั้นจึงต้องมีการ ปรับปรุงภาพก่อนดำเนินการขั้นตอนถัดไปซึ่งมี 3 วิธี ได้แก่

- 2.1 การปรับปรุงภาพในเชิงระยะ (Spatial Domain)

เป็นขบวนการกระทำโดยตรงกับจุดภาพที่ความเข้มระดับเทาของภาพนั้น ๆ ซึ่งสามารถแทนด้วยฟังก์ชัน

$$g(x,y) = T [f(x,y)] \quad (1)$$

เมื่อ $f(x,y)$ แทนภาพก่อนผ่านขบวนการปรับปรุงภาพ $g(x,y)$ เป็นภาพที่ผ่านขบวนการปรับปรุงภาพแล้ว และ T เป็นฟังก์ชันการแปลงหรือตัวกระทำ (Operator) กับ f ตัวอย่างการหา $g(x,y)$ ทำได้โดยการกำหนดตำแหน่งใกล้เคียงกับจุด (x,y) จากนั้นใช้กราฟสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ เคลื่อนไปทุก ๆ จุดจากมุมบนซ้ายแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่ตำแหน่งใกล้เคียงโดยใช้ตัวกระทำคำนวณค่า $g(x,y)$ ที่ตำแหน่งนั้น ๆ (ภาพที่ 19) ซึ่งเรียกรอบสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ นี้ว่า หน้ากาก หรือหน้าต่าง ภาพที่ 19 แสดงหน้าต่างขนาด 3×3 จุดภาพ



ภาพที่ 19 หน้าต่างขนาด 3×3 ที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (x,y)

2.2 วิธีการปรับปรุงภาพในเชิงความถี่ (Frequency Domain)

เป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการคอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพ $f(x,y)$ และการกระทำในเชิงเส้น โดยอาศัยตัวกระทำ $h(x,y)$ ซึ่ง $g(x,y)$ หาได้จากการคอนโวลูชันระหว่างสัญญาณเข้าคือ $f(x,y)$ และตัวกระทำ $h(x,y)$ และสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) \quad (2)$$

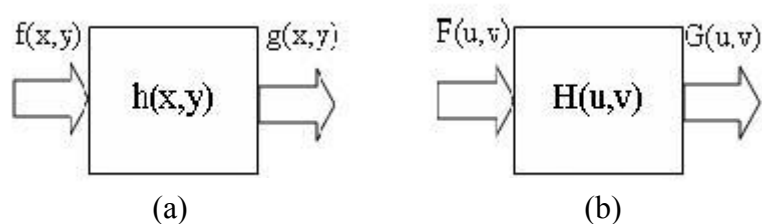
และทำการเปลี่ยนให้อยู่ในเชิงความถี่โดยแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) จะได้

$$G(u,v) = H(u,v) F(u,v) \quad (3)$$

เมื่อ G, H และ F เป็นการแปลงฟูริเยร์ของ g, h และ f ตามลำดับ ซึ่งเรียก $H(u, v)$ ว่าฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) ในเชิงความถี่ จากสมการที่ (3) จะเห็นว่า $G(u, v)$ ได้จากการคูณกันระหว่าง $H(u, v)$ และ $F(u, v)$ ซึ่งภาพที่ 20 แสดงระบบการทำงานเชิงเส้นที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเข้า ฟังก์ชันการแปลง และสัญญาณออก โดยที่ภาพที่ 20 a) แสดงสัญญาณออกจากผลการทำคอนโวลูชัน ระหว่าง $h(x, y)$ และสัญญาณเข้า ส่วนภาพที่ 20 b) แสดงสัญญาณออกจากผลคูณของ $H(u, v)$ และสัญญาณเข้า แต่ต้องการใช้ภาพที่ใช้งานในเชิงระยะ ดังนั้นต้องการแปลงฟูริเยร์กลับ (Inverse Fourier Transform) จากสมการที่ (2) และ (3) จะสามารถคำนวณ $g(x, y)$ กลับได้ดังนี้

$$g(x, y) = F^{-1} [H(u, v) F(u, v)] \quad (4)$$

เมื่อ F^{-1} เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงฟูริเยร์กลับ



ภาพที่ 20 การทำงานในระบบเชิงเส้น (a) ในเชิงระยะ และ (b) ในเชิงความถี่

2.3 การหาค่าเฉลี่ยเฉพาะจุด

การหาค่าเฉลี่ยเฉพาะจุดเป็นเทคนิคในการช่วยลดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการเกิดสัญญาณรบกวนในรูปภาพโดยอาศัย หลักการที่ว่าจุดใด ๆ ในภาพจะต้องมีความสว่างสัมพันธ์กันรอบ ๆ (neighboring point) ในการนำไปใช้จริงนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเฉลี่ยค่ากับจุดรอบ ๆ (local averaging) การใช้กฎต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภาพที่จะกระทำว่า ภาพที่เหมาะสมกับวิธีใด เช่น ภาพมีความแตกต่าง 2 ระดับ ภาพสี

วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้มาก คือการแทนจุดใด ๆ ใน Array ของภาพด้วยค่าเฉลี่ยกับค่าของ จุดรอบ ๆ สามารถกระทำได้โดยใช้ filter mask ซึ่งนิยมแบ่ง mask เป็น 2 ชนิด คือ 4 และ 8 จุดรอบ โดยในแบบ 4 จุดรอบ จะคำนึงถึง จุดที่อยู่ติดกับจุดที่สนใจ ด้านบน ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านล่าง ส่วนในแบบ 8 จุดรอบ จะสนใจเพิ่มจากแบบ 4 จุดรอบโดยจะสนใจจุดเพิ่มขึ้น คือ บน ซ้าย บนขวา ล่าง ซ้ายและล่างขวา หรือจะแสดงในระบบคู่ลำดับได้ดังนี้

ในแบบ 4 จุกรอบ (4 neighboring pixel) ถ้าตำแหน่งของจุดคือ (x,y) จุดที่สนใจ ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย ด้านขวา จะมีคู่ลำดับเป็น $(x,y-1)$, $(x,y+1)$, $(x-1,y)$ และ $(x+1,y)$ ตามลำดับ ส่วนในแบบ / จุกรอบ เพิ่ม $(x-1,y-1)$, $(x-1,y+1)$, $(x+1,y-1)$, $(x+1,y+1)$ คือจุด บน ซ้าย บนขวา ล่างซ้าย ล่างขวา ตามลำดับ

1/32	3/32	1/32
3/32	<u>1/2</u>	3/32
1/32	3/32	1/32

	1/8	
1/8	<u>1/2</u>	1/8
	1/8	

ภาพที่ 21 ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้แสดงตำแหน่งของจุดที่จะทำการกำจัดสัญญาณรบกวน

วิธีการหาค่าเฉลี่ยเฉพาะจุดโดยการทำ mask ไปทาบบน array ของภาพในทุก ๆ จุด จะ ทำกับจุดใด ให้นำตำแหน่งนั้น ให้ตรงกับตำแหน่งกึ่งกลางของ mask (ตำแหน่งที่ขีดเส้นใต้) ดังแสดงในภาพที่ 21 เสร็จแล้วคำนวณหาผลรวมของผลคูณ ค่าของจุดกับ Weight ของตำแหน่ง นั้น (ค่าบน Mask คือ weight) ทุก ๆ จุดที่อยู่รอบ ๆ (ถ้าใช้แบบ 4 จุกรอบ ก็ผลรวมของ 5 จุด แต่ ถ้าใช้แบบ 8 จุรอบก็คือผลรวมของ 9 จุด) หลังจากนั้นแทนค่าใน array ตำแหน่งนั้น (ตำแหน่งที่ ตรงกับกึ่งกลางของ mask) ด้วยค่าผลรวมที่คำนวณได้

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เลือกใช้วิธีการปรับปรุงภาพโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเฉพาะจุด เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ง่าย และคุณภาพของ ภาพที่ใช้ มีความเหมาะสม

3. การแปลงภาพเป็นชนิดขาว – ดำ (Binarization)

จุดประสงค์หลักของการเปลี่ยนจากภาพระดับสีเทาที่ได้ถูกทำการปรับเพิ่มคุณภาพ ของ ภาพแล้ว ให้เป็นภาพขาว – ดำ เพื่อลดขนาดข้อมูลของภาพจาก 8 บิตต่อจุดภาพให้เหลือ 1 บิตต่อ จุดภาพ คือ จุดของภาพจากหน้าที่เป็นเส้นลายนิ้วมือจะถูกแทนด้วย 1 และจุดของภาพจากหลังจะ ถูก แทนด้วย 0 เพื่อให้การประมวลผลในขั้นตอนถัดไป สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ต่อไปจะ สามารถ เลือกประมวลผลเฉพาะจุดภาพที่เป็นส่วนของเส้นลายนิ้วมือที่มีค่าของจุดภาพเป็น 1 เท่านั้น

ภาพที่ได้จากขั้นตอนการรับภาพชนิดเทา (Grey Level) ซึ่งมีระดับสี 256 ระดับ ก่อนการนำไปประมวลผลในขั้นต่อไปจะต้องแปลงเป็นภาพชนิดขาว-ดำ หรือภาพ 2 ระดับ โดยมีค่าระดับความสว่างเพียง 2 ค่า คือ 0 กับ 1 เรียกภาพแบบนี้ว่าภาพไบนารีโดยอาศัยระดับค่า Threshold แยกแยะจุดภาพว่าเป็นระดับใด ดังสมการ

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

$f(x,y)$ คือ ค่าของ grey levels ของตำแหน่ง x,y

T คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน

$g(x,y)$ คือ ค่าใหม่ที่ได้ของจุด (x,y)

วิธีการหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (T) มี 2 วิธี ได้แก่

3.1 การไบนารีแบบสลิต (Slit Binarize) การไบนารีคือการทำให้ภาพที่เป็น แบบระดับสีเทา (Grey – Scale Image) กลายเป็นภาพขาวดำ :: (Black – White Image) โดยพยายามแบ่ง ภาพออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นภาพฉากหน้าจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสีดำ ส่วนภาพฉากหลังจะถูก เปลี่ยนให้เป็นสีขาว (หรืออาจจะกลับกัน ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน) โดยวิธีการแยกแยะว่าส่วนใด เป็นภาพฉากหน้าและส่วนใดเป็นภาพฉากหลัง ก็มีมากมายหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีสลิตจะเหมาะสมสำหรับ ภาพที่มีความแตกต่างระหว่างฉากหลังกับภาพฉากหน้า และมีทิศทางในบริเวณท้องถิ่นที่ชัดเจน เนื่องจากการไบนารีแบบสลิตมีการใช้คุณสมบัติของทิศทางเข้ามาเกี่ยวข้องจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อหาทิศทางของภายในแต่ละ ส่วน ได้

การคำนวณว่าแต่ละจุดภาพควรจะเป็นฉากหน้าหรือฉากหลัง จะนำจุดต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ จุดภาพที่กำลังพิจารณามาคำนวณ โดยมีรูปแบบของการใช้จุดภาพรอบ ๆ ดังในภาพที่ 22

6		5		4		3		2
7		6	5	4	3	2		1
		7				1		
0		0		c		0		0
		1				7		
1		2	3	4	5	6		7
2		3		4		5		6

ภาพที่ 22 รูปแบบการกำหนดทิศทางของสลิต

การตัดสินใจจุดใดควรเป็นภาพฉากหน้าหรือฉากหลัง จะใช้การประสานกัน ระหว่างจุดเริ่มเปลี่ยนในท้องถิ่น (Local Thresholding) และการเปรียบเทียบสลิต (Slit Comparison)

(1) การตัดสินใจจุดเริ่มเปลี่ยนในท้องถิ่น เป็นไปตามสมการ

$$C > \frac{1}{32} \sum_{i=0}^7 S_i \quad (5)$$

ถ้าค่าสีของจุดภาพที่กำลังพิจารณา (จุด C) มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของจุดภาพในทุกทิศทาง ของสลิต จุดภาพนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นภาพฉากหน้า การพิจารณาหาจุดเริ่มเปลี่ยนในแต่ละท้องถิ่น จะ ดีกว่าใช้จุดเริ่มเปลี่ยนเดียวกันบนทุก ๆ ตำแหน่งของภาพเพราะจะไม่เกิดการผิดพลาดเนื่องจากผลความไม่ คงที่ของความสว่างในภาพ

(2) การตัดสินใจการเปรียบเทียบสลิต เป็นไปตามสมการ

$$\frac{1}{2} (S_{\max} + S_{\min}) > \frac{1}{8} \sum_{i=0}^7 S_i \quad (6)$$

โดย $S_{\max}$ เป็นผลบวกสลิตที่มีค่าสูงที่สุด

$S_{\min}$ เป็นผลบวกสลิตที่มีค่าต่ำที่สุด

ถ้าค่าเฉลี่ยผลบวกสลิตมากที่สุดและผลบวกสลิตน้อยที่สุด มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของ ผลบวกทุกสลิต จุดภาพนั้นก็จะถูกกำหนดให้เป็นภาพฉากหน้า โดยมีเหตุผลของการใช้

สมการดังนี้ ถ้าจุดภาพนั้นอยู่บนร่องระหว่างเส้นลายนิ้วมือ ดังนั้นจะมีหนึ่งสลิทจากทั้งแปดสลิทที่มีทิศทางอยู่บนร่อง ระหว่างเส้นลายนิ้วมือพอดีซึ่งมีค่าสีของจุดภาพที่สูง (สีขาว) ทำให้ผลบวกของสลิทมีค่าสูง ในขณะที่ เจ็ดสลิทที่เหลือจะวางตัวผ่านทั้งเส้นลายนิ้วมือและร่องระหว่างเส้นลายนิ้วมือทำให้มีค่าผลบวกสลิทที่ เกือบจะเท่า ๆ กันและมีค่าต่ำ ทำให้ค่าเฉลี่ยระหว่างผลบวกสลิทที่สูงที่สุด และต่ำที่สุด มีค่าเกินกว่าค่า เฉลี่ยของผลบวกทั้งแปดสลิท ดังนั้นการกำหนดให้จุดนั้นเป็นภาพฉากหลังก็จะถูกต้องแล้ว ในทำนอง เดียวกัน ถ้าจุดภาพนั้นอยู่บนเส้นลายนิ้วมือ ก็จะถูกกำหนดให้เป็นภาพฉากหน้าได้ถูกต้องเช่นกัน การพิจารณาเปรียบเทียบสลิท ซึ่งใช้โครงสร้างของเส้นภาพของเส้นลายนิ้วมือและร่องลายนิ้วมือมา พิจารณามากกว่าที่ใช้เพียงจุดภาพที่อยู่รอบ ๆ โดยสมการที่ (6) มีข้อดีคือมือสามารถที่จะละเลยผล กระทบที่จะเกิดจากช่องว่างบนเส้นลายนิ้วมือหรือเกาะบนเส้นลายนิ้วมือ เพราะจะพิจารณาเพียงเฉพาะ ผลบวกสลิทโดยไม่ได้สนใจค่าของจุดภาพนั้นเลย

จากข้อดีของวิธีในการตัดสินใจทั้งสองแบบสามารถทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้นกว่าใช้เพียง สมการที่ (5) หรือ (6) สมการใดสมการหนึ่งเพียงอย่างเดียวด้วยการรวมทั้งสองแบบเข้าด้วยกัน โดย จะให้น้ำหนักของการตัดสินใจจุดเริ่มเปลี่ยนในท้องถิ่นมากกว่าการตัดสินใจโดยเปรียบเทียบสลิทอยู่สอง เท่า ทำให้ได้เป็นสมการดังนี้

$$4C + S_{\max} + S_{\min} > 3/8 \sum_{i=0}^7 S_i \quad (7)$$

โดยถ้าจุดภาพ C ที่กำลังพิจารณาทำให้สมการที่ (7) เป็นจริง จุดภาพ นั้นจะถูกกำหนดให้เป็นภาพ ฉากหน้า แต่ถ้าไม่เป็นตามสมการที่ (7) จะถูกกำหนดให้เป็นภาพฉากหลัง

3.2 วิธีการคำนวณแบบวนซ้ำ (Iterative Method)

จุดเริ่มเปลี่ยน T จะต้องเป็นจุดที่ดีที่สุดในการแยกภาพฉากหน้าออกจากฉากหลังการหา ค่าที่จะนำมาใช้เป็นจุดเริ่มเปลี่ยน T จะใช้วิธีการคำนวณแบบวนซ้ำ (Iterative Method) โดยเริ่มต้นจะ กำหนดให้จุดเริ่มเปลี่ยนมีค่าเริ่มต้นเท่ากับกึ่งกลางของค่าระดับสีเทาจะได้ $T = 127$ จะแบ่งภาพออกได้เป็น 2 ส่วนคือ $f_1(x,y) = f(x,y) \mid f(x,y) \leq T$ และ $f_2(x,y) = f(x,y) \mid f(x,y) > T$ หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของแต่ละส่วนด้วยสมการ

$$\mu_1 = \frac{1}{N_{<N1>}} \sum f_1(x,y) , \text{ โดย } N1 \text{ เป็นจำนวนจุดภาพใน } f_1(x,y) \quad (8)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{N_{\langle N_2 \rangle}} \sum f_2(x,y) , \text{ โดย } N_2 \text{ เป็นจำนวนจุดภาพใน } f_2(x,y) \quad (9)$$

ในแต่ละส่วนจะทำการหาค่าเฉลี่ยของระดับเมื่อได้ค่าเฉลี่ยของทั้งสองฝั่งแล้ว จะกำหนดค่าจุดเริ่มเปลี่ยนใหม่ T_{new} ให้มีค่าเป็น

$$T_{\text{new}} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \quad (10)$$

ถ้าค่า T_{new} ใหม่ไม่ใช่ค่าเดียวกับค่า T เดิมจะทำการวนรอบทำซ้ำตามวิธีการข้างต้น จนกว่าจะได้ค่า T ที่ถูกต้อง เมื่อได้ค่า T แล้วจะทำการกำหนดให้ค่าของจุดภาพเป็นไปตามสมการที่ (7) ก็จะได้ภาพขาวดำตามที่ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ภาพขาวดำของภาพลายนิ้วมือ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เลือกใช้วิธีการคำนวณแบบวนซ้ำ เนื่องจากวิธีสลับใช้เวลาในการคำนวณที่มากกว่าโดยไม่จำเป็น เพราะในขณะนี้ ได้ภาพของเส้นลายนิ้วมือที่มีคุณภาพค่อนข้างดีแล้ว เป็นผลมาจากการปรับปรุงคุณภาพในขั้นตอนที่แล้ว จึงเลือกใช้วิธีที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า

4. การทำเส้นบาง

การทำให้เส้นลายนิ้วมือบางลง ก็คือ การลดขนาดของข้อมูลของภาพจากเส้นลายนิ้วมือ ที่มีความหนาหลายจุดภาพลงให้เหลือ เส้นที่มีความหนาเพียง 1 จุด ภาพโดยแสดงเฉพาะรูปร่างโครงสร้าง เท่านั้น ซึ่งการทำให้เป็นภาพโครงร่างเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในหลายๆ รูปแบบของการนำการประมวลผลภาพไปใช้งาน เช่น ระบบการตรวจสอบใบหน้าวงจรพิมพ์ แบบอัตโนมัติ การนับจำนวนเส้นใยหินใน แผ่นกรองอากาศ เป็นต้น โดยมีข้อกำหนด ดังนี้

4.1 ต้องไม่ลบจุดที่เป็นจุดปลาย

4.2 ต้องไม่ทำให้การเชื่อมต่อของเส้นขาดลง

4.3 ต้องไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะที่มากเกินไปในแต่ละบริเวณ

ภาพที่ใช้สำหรับทำการทำเส้นบางเป็นภาพไบนารี มีเพียงสองระดับเท่านั้น ส่วนมากจะได้อะมาจากการหาขอบภาพเรียบร้อยแล้ว แต่ขอบภาพยังมีความหนาอยู่ หากนำไปใช้เพื่อเปรียบเทียบลายนิ้วมือ รูปแบบจะต้องทำให้ขอบภาพนั้นบางก่อน

วิธีทำเส้นบางที่จะกล่าวต่อไปนี้ใช้วิธีของจางและซวน (Zhang and Suen) โดยการลบจุดขอบของภาพ มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 1.) ห้ามลบหรือย้ายจุดปลาย (End point)
- 2.) ห้ามทำลายการเชื่อมต่อ (Connectivity)
- 3.) ห้ามทำให้รูปภาพนั้นแตกมากเกินไป

ขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางตามวิธีของจางและซวน (Zhang and Suen)

ในขั้นตอนการทำลายเส้นให้บางนี้กระทำกับภาพขาวดำโดยจุดที่เป็นภาพของวัตถุมีค่าเป็น 1 และจุดที่เป็นพื้นฉากของวัตถุมีค่าเป็น 0 วิธีการทำลายเส้นให้บางวิธีนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่กระทำกับจุดคอนทัวร์ (contour point) โดยจุดคอนทัวร์นี้เป็น pixel ของเนื้อวัตถุที่มีค่าเป็น 1 และมี pixel ข้างเคียงที่ล้อมรอบอย่างน้อย 8 pixel ดังแสดงในภาพที่ 24

P ₈	P ₁	P ₂
P ₇	P ₀	P ₃
P ₆	P ₅	P ₄

ภาพที่ 24 แสดงจุดคอนทัวร์และจุดข้างเคียงที่ใช้ในอัลกอริทึม การทำลายเส้นให้บาง

จากรูปจุดคอนทัวร์ ฟิหนึ่ง (P₀) คือ จุดที่กำลังพิจารณา และจุดที่เหลือ (P₁, P₂, P₃....P₈) เป็นจุดข้างเคียงของจุด ฟิหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 1 ทำเครื่องหมายที่จุดพีหนึ่ง (P_0) ว่าต้องถูกทำลายหรือถูกลบ ก็ต่อเมื่อเงื่อนไขต่อไปนี้เป็นจริง

$$(1) 2 \leq N(P_0) \leq 6$$

$$(2) T(P_0) = 1$$

$$(3) P_1 \cdot P_3 \cdot P_5 = 0$$

$$(4) P_3 \cdot P_5 \cdot P_7 = 0$$

โดยที่ $N(P_0)$ = จำนวนของจุดข้างเคียงจุด P_0 ที่มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ

$$N(P_0) = P_1 + P_2 + \dots + P_8$$

$T(P_0)$ = การเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 เมื่อไล่ตามลำดับ $P_1, P_2, P_3, \dots, P_7, P_8, P_1$

ตัวอย่าง เช่น ภาพที่ 25 มีค่า $N(P_0) = 4$ นั่นคือ จุด P_2, P_4, P_6, P_7 และ $T(P_0) = 3$ คือ การเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 ที่จุด $P_1 \rightarrow P_2, P_3 \rightarrow P_4, P_5 \rightarrow P_6$

$P_8 = 0$	$P_1 = 0$	$P_2 = 1$
$P_7 = 1$	P_0	$P_3 = 0$
$P_6 = 1$	$P_5 = 0$	$P_4 = 1$

ภาพที่ 25 ภาพตัวอย่างการทำเครื่องหมายจุด

ขั้นตอนที่ 2 ทำเครื่องหมายที่จุดอื่นถัดไป (โดยพิจารณาจุดนั้นเป็นจุด P_0) ว่าต้องถูกทำลายหรือถูกลบ ก็ต่อเมื่อเงื่อนไขต่อไปนี้เป็นจริง (เงื่อนไขข้อที่ 1 และ 2 เหมือนเดิม แต่ข้อ 3 และ 4 แตกต่างกัน

$$(1) 2 \leq N(P_0) \leq 6$$

$$(2) T(P_0) = 1$$

$$(3) P_1 \cdot P_3 \cdot P_7 = 0$$

$$(4) P_1 \cdot P_5 \cdot P_7 = 0$$

ในขั้นตอนที่ 1 ให้ทำการคำนวณจนกระทั่งครบทุกพิกเซลขอบ (Border pixel) โดยถ้าเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งไม่เป็นจริงค่าของ จุด P_0 จะไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าทุกเงื่อนไขเป็นจริงจุด P_0 จะถูกทำเครื่องหมายไว้ว่าต้องถูกลบแต่จะไม่ลบโดยทันที และเมื่อคำนวณครบทุกจุดขอบแล้วจึงจะทำการลบจุด ที่ทำเครื่องหมายไว้โดยการเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 จากนั้นจึงทำขั้นตอนที่ 2

ดังนั้น อัลกอริทึมการทำลายเส้นในบาง 1 รอบ จึงประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1 เพื่อทำเครื่องหมายแสดงว่าต้องการลบบนจุดขอบจนครบทุกจุดขอบ
2. ลบจุดที่ถูกทำเครื่องหมายทั้งหมดจาก ข้อที่ 1
3. ทำตามขั้นตอนที่ 2 เพื่อทำเครื่องหมายแสดงว่าต้องการลบบนจุดขอบถัดไปจนครบทุกจุดขอบ
4. ลบจุดที่ถูกทำเครื่องหมายทั้งหมดจาก ข้อที่ 3 ทำซ้ำทุกขั้นตอนจนกระทั่งทุกจุดถูกคำนวณจนหมด

พิจารณาที่เงื่อนไขข้อที่ 1 ซึ่งจะไม่เป็นจริงก็ต่อเมื่อจุด P_0 มีจุดข้างเคียงที่มีค่าเป็น 1 หนึ่งจุดหรือเจ็ดจุด ซึ่งการมีจุดข้างเคียงที่มีค่า 1 เพียงหนึ่งจุดแสดงว่าจุด P_0 นั้นเป็นจุดปลายของการทำเส้นบาง นั้นแสดงว่ามันไม่ควรถูกลบ และการลบจุด P_0 ที่มีจุดข้างเคียงที่มีค่าเป็น 1 จำนวนเจ็ดจุดจะทำให้ภาพแตกในเงื่อนไขข้อที่ 2 กำหนดขึ้น เพื่อให้การทำเส้นบางมีความหนาเท่ากับ 1 pixel และป้องกัน การไม่เชื่อมต่อ (disconnect) ของส่วนของการทำเส้นบางที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำลายเส้นดังแสดงในภาพที่ 26



ภาพที่ 26 แสดงภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการทำเส้นบาง

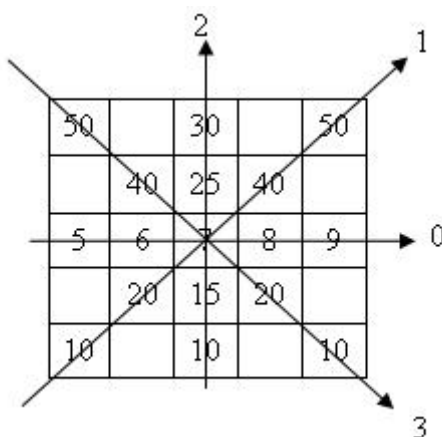
5. การแยกคุณลักษณะเด่น

คุณลักษณะเด่นบนลายนิ้วมือที่ต้องการหาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเปลี่ยนกลุ่มลายนิ้วมือ มี 3 ชนิด คือ

1. จุดปลาย (End Point)
2. จุด 2 ง่าม (Bifurcation Point)
3. จุดโครงร่าง

วิธีที่ใช้เพื่อระบุว่าจุดภาพใดเป็นจุดคุณลักษณะเด่น แบบใดมี 3 วิธี คือ

5.1 วิธีเข้ารหัสทิศทาง (Directional Image) วิธีนี้จะทำการแบ่งภาพเป็นพ็ล็กย่อย ๆ และ จะทำการหาทิศทางหลัก (Dominant Direction) ใน ส่วน ย่อยนั้น ซึ่งสามารถคำนวณจากความเข้มของ แสงจากระดับเทาของภาพ โดยขั้นตอนกำหนดทิศทางย่อย ๆ ของ ส่วน นั้นเช่น ทิศทางที่ 0, 45, 90 และ 135 องศา แล้วหาค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในแต่ละทิศทาง ต่อจากนั้น ทำการคำนวณหาผลรวมของค่า สัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและความเข้มที่แต่ละจุดภาพใน ทิศทางย่อย ๆ ซึ่งทิศทางหลักของ ส่วน นั้น ๆ คือ ทิศทางย่อยที่ให้ค่าผลรวมที่มีค่าต่ำสุด



ภาพที่ 27 ตัวอย่างการเข้ารหัสทิศทางภาพลายนิ้วมือขนาด 5 x 5 จุดภาพ

ภาพที่ 27 เป็นตัวอย่างการคำนวณหาทิศทางหลักของ ส่วนย่อยขนาด 5 x 5 จุดภาพ โดยกำหนดให้ใช้ ทิศทางในการคำนวณ 4 ทิศทาง ทิศทางที่ 0 จะมีค่าความเข้มของแสงเป็น 5, 6, 7, 8, 9 ซึ่งหาค่าเฉลี่ยใน ทิศทางนี้เท่ากับ 7 และหาค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าความเข้มในทิศทางย่อยจาก $\sum_{t=0}^3 |X_i - X|$ จะได้ผลรวมของค่าสัมบูรณ์เท่ากับ 6 และในทำนองเดียวกันสามารถหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าความเข้มในทิศทางย่อยที่ 1, 2 และ 3 ได้เป็น 78.4, 40.1 และ 12.8 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าผลในทิศทางที่ 0 จะมีค่าต่ำที่สุดและจะถูกเลือกให้เป็นทิศทางหลัก ของ ส่วนย่อยนี้

5.2 วิธีการหาสนามทิศทาง เป็นการมองภาพลายนิ้วมือจากทิศทางการไหลของลายเส้น (Ridge Flow) และคำนวณหาทิศทางที่เด่นที่สุดใน ส่วนย่อย ๆ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) หาค่าเกรเดียน (Gradient) ของ ส่วน จากนิยามของเกรเดียนสามารถเขียนแทน

ด้วย $\nabla f(x,y)$:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial X} \\ \frac{\partial f}{\partial Y} \end{bmatrix} \quad (11)$$

ขนาดของเวกเตอร์หาได้จาก

$$|\nabla f| = \text{mag}(\nabla f) = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial X} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (12)$$

แล้วทำการคำนวณหาค่า $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ ได้จากความสัมพันธ์ของตำแหน่งใกล้เคียงโดยการกำหนด หน้าต่างขนาด 3×3 (ดูภาพที่ 28 (a)) โดยทำการหาค่าประมาณที่จุด Z_5 จาก Prewitt Operators (Gonzalez and Woods, 1994) จะได้ว่า

$$|\nabla f| \approx |(Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3)| + |(Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)| \quad (13)$$

ในการคำนวณหาค่าเกรเดียนโดยวิธีหาสนามทิศทางจะใช้ Sobel Mask ขนาด 3×3 (ดูภาพที่ 27 (b) และ (c)) โดยการทำคอนโวลูชันกับภาพ ซึ่งจะได้ขนาดภาพเกรเดียน $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ ในทิศทาง x และ y ตามลำดับดังนี้

$$G_x(i, j) = |(Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3)| \quad (14)$$

$$G_y(i, j) = |(Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)| \quad (15)$$

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c)

ภาพที่ 28 Sobel Mask ขนาด 3×3 (a)แสดงตำแหน่งของภาพแทนด้วยสัญลักษณ์ Z (b)หน้าต่างขนาด 3×3 ที่ใช้ในการหา G_x และ (c)หน้าต่างขนาด 3×3 ที่ใช้ในการหา G_y

2) แบ่งภาพเป็น ส่วนย่อยๆ ขนาด $N \times N$ ในที่นี้กำหนดให้เป็น ส่วน ขนาด 16×16 ($N = 16$) แล้วหาทิศทางที่เด่นที่สุดในแต่ละ ส่วน โดยใช้สมการ

$$\theta_d = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N 2G_x(i, j) G_y(i, j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (G_x(i, j)^2 - G_y(i, j)^2)} \right) \quad (16)$$

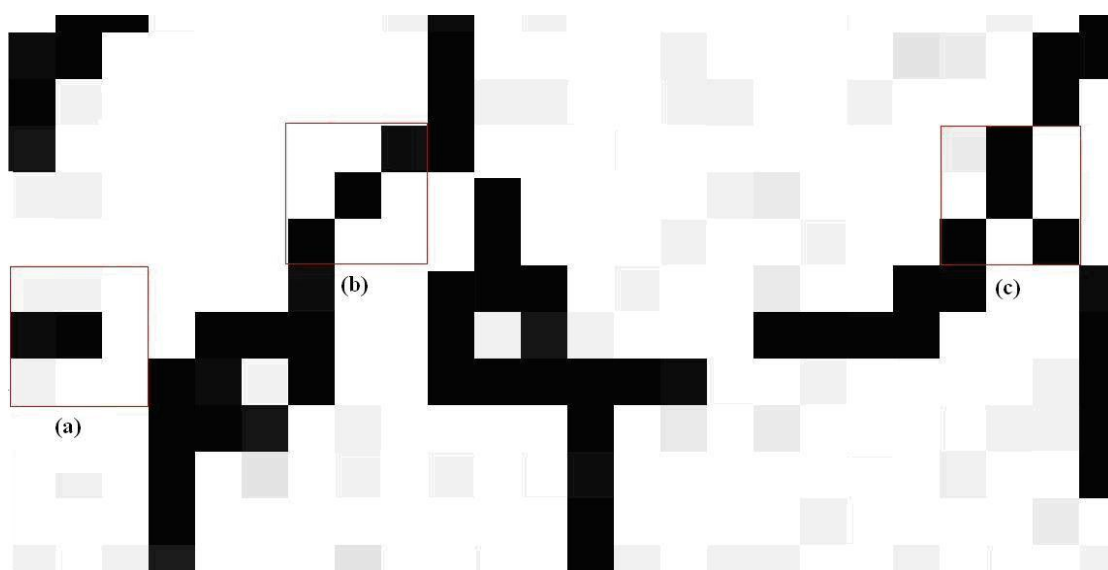
เมื่อ $G_x(i, j)$ และ $G_y(i, j)$ มีค่าไม่เท่ากับ 0 แต่ถ้า $G_x(i, j)$ หรือ $G_y(i, j)$ เป็นศูนย์ ทิศทางที่ได้ อาจ เป็น 0 หรือ 90 องศา แล้วแต่กรณี ค่า θ_d ที่คำนวณได้จะเป็นค่าทิศทางหลักของ ส่วนย่อยๆ นั้น ซึ่งมีค่า ระหว่าง $-\pi/2$ ถึง $\pi/2$ ซึ่งต้องการปรับค่า θ_d ให้เหมาะสมเพื่อกำหนด เป็นทิศทางหลักโดยการกำหนด ช่วงค่า เช่น ถ้า θ_d มีค่าอยู่ระหว่าง $-\pi/16$ ถึง $\pi/16$ ให้ ทิศทางหลักเท่ากับ 0 และ ถ้า θ_d มีค่าอยู่ระหว่าง $\pi/16$ ถึง $3\pi/16$ ให้ทิศทางหลักเท่ากับ $2\pi/16$ เป็นต้น

5.3 วิธีการ Sign Changed

ทำได้โดยการพิจารณาในบริเวณ 3×3 รอบทุกจุดภาพที่เป็นเส้นโครงร่าง (มีค่าของ จุดภาพเป็น “1”) ที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว ดังนั้น จุดภาพโดยรอบของจุดภาพที่กำลังพิจารณาจะมี ทั้งหมด 8 จุดภาพคือ $p_0 - p_7$ ดังได้แสดงการกำหนดตำแหน่งแล้วในภาพที่ 24

จากนั้นจะทำการนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนจาก “0” เป็น “1” หรือ SC (Sing Changed) ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จุดภาพ p จะเป็นจุดปลาย ถ้า $SC = 1$ และทำการเปลี่ยน ให้มีค่าของ จุดภาพจาก “1” เป็น “3”

นอกเหนือจากนั้นจุดภาพ p จะเป็นแค่เพียงเส้นโครงร่าง และมีค่าของจุดภาพเป็น “1” ตามเดิม การที่กำหนดให้จุดรายละเอียดมีค่าของจุดภาพต่างกันและต่างจากจุดเส้นโครงร่างก็ เพื่อใช้ ประโยชน์ในการประมวลผลในขั้นตอนถัดไป ในภาพที่ 29 แสดงค่า SC ที่แตกต่างกัน ของจุดรายละเอียดแต่ละแบบ โดยจะเห็นว่า จุดปลายมีค่า $SC = 1$ จุดสองง่ามมีค่า $SC = 3$ และจุดที่อยู่บนเส้นโครงร่างมีค่า $SC = 2$



ภาพที่ 29 ค่า SC ที่แตกต่างกันของ (a) จุดปลาย , (b) จุดบนเส้นโครงร่างและ (c) จุดสองง่าม

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เลือกใช้วิธี Sign changed เนื่องจากเป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากขั้นตอน ที่แล้วโดยพิจารณาในบริเวณ 3×3 รอบทุกจุดภาพที่เป็นเส้นโครงร่าง โดยทั่วไปจะใช้จุดคุณลักษณะเด่น แค่ 2 ชนิด คือ จุดปลาย และ จุดสองง่าม ส่วนจุดโครงร่างไม่นิยมใช้เนื่องจากเป็นจุดที่มีความคลาดเคลื่อนสูงหากลายนิ้วมือที่ได้มาไม่มีคุณภาพอาจจะมีเส้นโครงร่างที่ไม่ใช่เส้นลายนิ้วมือจริงๆอันเนื่องมาจากแรงกดทับนิ้วมือมากเกินไปเกิดขึ้น ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้จุดคุณลักษณะเด่น ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเพียงพอในการจำแนกลายนิ้วมือ

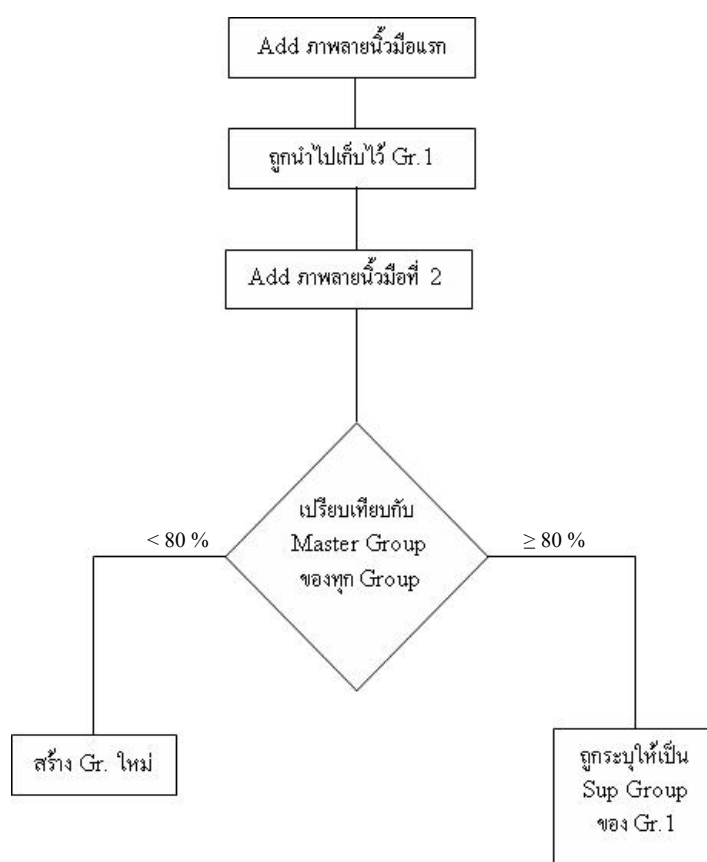
6. การจัดเก็บข้อมูล

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ ขอเสนอวิธีการจัดเก็บและค้นหาข้อมูลแบบใหม่ โดยเรียกวิธีนี้ว่า การจัดเก็บข้อมูลโดยวิธีการแบ่งกลุ่ม โดยมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 30 และรายละเอียด ดังต่อไปนี้ การแบ่งกลุ่ม จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. Master Group คือ ตัวแทนของแต่ละ Group โดยใช้ภาพแรกที่ Add เข้าไปในแต่ละ Group เป็น Master Group ของ Group นั้น ๆ
2. Sup Group คือ สมาชิกที่อยู่ภายใน Group เป็นกลุ่มที่ใช้เก็บภาพลายนิ้วมือ ที่ถูกเปรียบเทียบกับ Master Group ของแต่ละ Group

ขั้นตอนการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือ

1. ทำการ Add ภาพแรกเข้ามา ให้เป็น Master Group กลุ่มแรก
2. ทำการ Add ภาพที่สอง และนำไปเปรียบเทียบกับ Master Group
3. เมื่อเปรียบเทียบกับ Master Group ในแต่ละ Group แล้ว มีความใกล้เคียง มากกว่า 80 % ภาพลายนิ้วมือนั้น จะถูกระบุว่าเป็น Sup Group นั้น ๆ



ภาพที่ 30 แผนภูมิขั้นตอนการจัดเก็บภาพลายนิ้วมือ

7. การค้นหาข้อมูล

การค้นหาข้อมูลแบบ Search Index ซึ่งปกติเปลี่ยนแปลงค่าของ Value Field จะอาศัยการดำเนินการผ่านค่า Key field เป็นค่าที่ถูกกำหนดให้มีเพียงหนึ่งเดียว (Unique) เสมอ โดยไม่

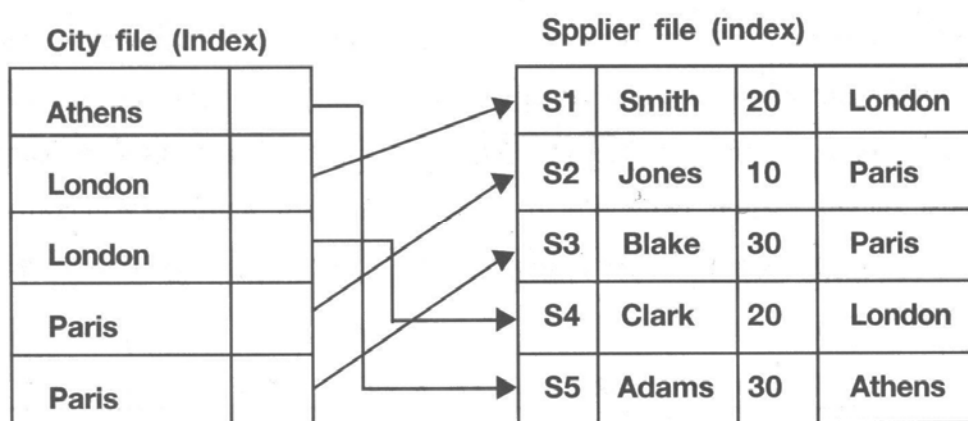
จำเป็นจะต้องระบุถึงตำแหน่งของค่านั้น ๆ จุดประสงค์ในการเลือกใช้ Index ก็เพื่อที่จะเพิ่มความเร็วในการค้นหาข้อมูล การทำงานของ Index มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกับการค้นหาหนังสือในห้องสมุด โดยใช้ดัชนีในการค้นหา เพื่อช่วยลดความสูญเสียเวลาในการค้นหา โดยไม่มีความจำเป็นต้องค้นหาทุก ๆ Index

โครงสร้างการทำงานแบบ Index จะเกี่ยวข้องกับคีย์ที่ต้องการค้นหา (Search Key) เช่น หากมีไฟล์มีการจัดเรียงลำดับเรคคอร์ดไว้แล้ว และทำการกำหนด Index สำหรับการค้นหาไว้หลาย ๆ ตัว Index ที่มีค่า Search Key ระบุอยู่ตามลำดับเรคคอร์ดจะถูกรเรียกว่า Primary Index ในขณะที่ตัวอื่น ๆ จะถูกรเรียกว่า Secondary Index ปกติแล้วค่า Search Key ของ Primary Index จะถูกรเรียกว่า Primary Key นั้นเอง

Search Index สามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ดังนี้

1. Dense Index

ได้แก่การค้นหาข้อมูล ซึ่งถูกกำหนดค่าตารางดัชนีจะเลือกใช้ค่า ที่มีปรากฏอยู่ในทุกเรคคอร์ด การค้นหาจะใช้ค่าของดัชนี มี Pointer ชี้ไปยังเรคคอร์ดที่ถูกระบุ



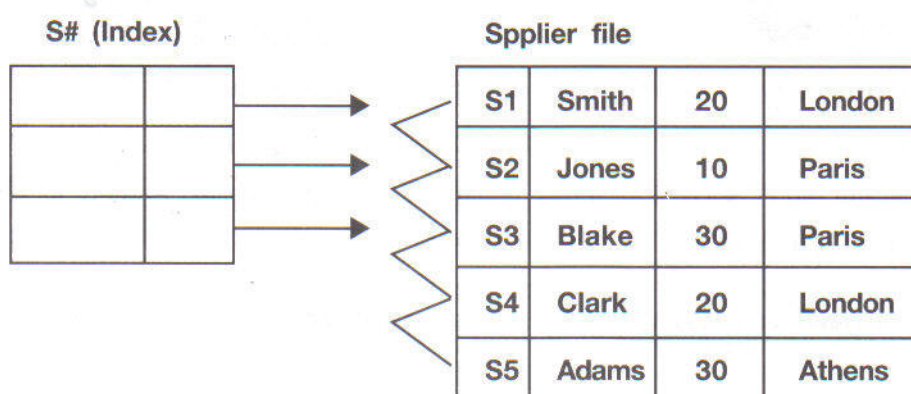
ภาพที่ 31 แสดงการค้นหาแบบ Dense Index

ที่มา : ฐพัล (2544)

จากภาพที่ 31 จะเห็นได้ว่า City ถูกกำหนดให้เป็น Index Record การค้นหาข้อมูลจะทำได้จากการเปรียบเทียบค่าที่เท่ากัน จากนั้นจะตามค่า Pointer ไปยังเรคคอร์ดที่ถูกระบุ เพื่อทำการ Process ต่อไป

2. Sparse Index

การค้นหาวีธีนี้ Index ถูกกำหนดขึ้นจากค่าที่ปรากฏอยู่เพียงบางเรคคอร์ดเท่านั้น การค้นหาจะดำเนินการโดยเริ่มต้นจากตำแหน่งของ Index ที่มีอยู่ จากนั้นจะเลื่อนตำแหน่งการชี้ไปยังเรคคอร์ดถัดไป จนกระทั่งพบกับเรคคอร์ดที่ต้องการ

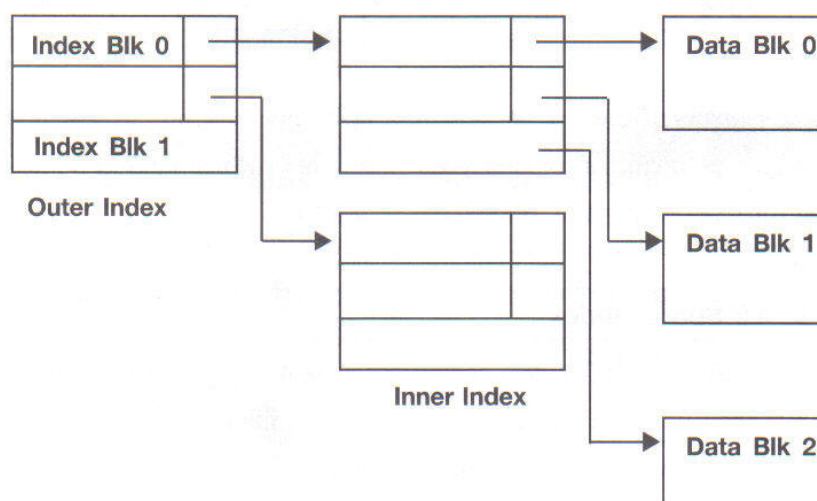


ภาพที่ 32 แสดงการค้นหาแบบ Sparse Index

ที่มา : ฐพัล (2544)

จากภาพที่ 32 ต้องการหาค่าของ S3 เริ่มต้นค้นหาจาก Index Record ที่ S2 ก่อน จากนั้นจะไปยังตำแหน่งที่ Pointer ชี้อยู่ และเริ่มต้นค้นหาในตำแหน่งถัดไป

การค้นหาโดยอาศัย Index ไม่ว่าจะด้วยวิธี Dense หรือ Sparse มีข้อเสีย เช่น ในกรณีเรคคอร์ด มีจำนวนมาก จำนวนของ Index ที่ต้องการใช้ก็จะมีจำนวนมากตามไปด้วย ดังนั้นการแก้ไข อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของ Index ให้เป็น 2 ระดับ (Two Level Index) ดังแสดงในภาพที่ 33 นั่นคือ Outer Index และ Inner Index จนกระทั่งพบค่าที่ต้องการ ซึ่งได้แก่ ค่าเรคคอร์ดที่ถูก Pointer ของ Inner Index ชี้อยู่นั่นเอง



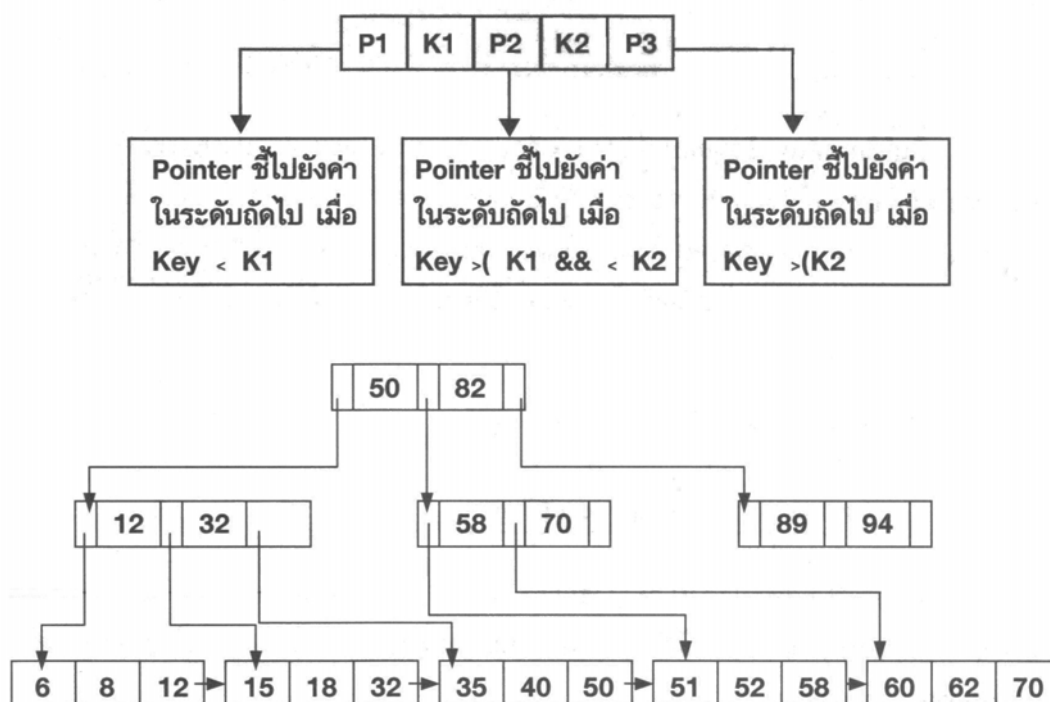
ภาพที่ 33 แสดง Two Level Index

ที่มา : รัชพล (2544)

เนื่องจากการทำงานโดยใช้ Index เหมาะสมที่จะทำงานกับ File ที่มีการจัดเรียงลำดับเรคคอร์ดไว้แล้ว ดังนั้น การ update ข้อมูลกระทำได้เพียง 2 แบบ คือ การลบ (Delete) และการเพิ่มข้อมูล (Insert)

3. Tree Index

คือวิธีการค้นหาข้อมูลแบบ Index อีกวิธีหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมมาก ในระบบฐานข้อมูล Tree Index เป็นโครงสร้างต้นไม้ แบบสมดุลชนิดหนึ่ง ที่ถูกออกแบบมา เพื่อแก้ปัญหาการทำงานของ Index มีข้อจำกัดเมื่อเรคคอร์ดมีจำนวนมาก จำนวนของ Index จะมีจำนวนมากตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง การทำงานของ Tree Index ใช้หลักการของ Pointer โดยทำการกำหนด Index เพื่อที่จะชี้ไปยัง Index อีกตัวหนึ่ง ตามลำดับชั้น



ภาพที่ 34 แสดงการค้นหาข้อมูล แบบ Tree Index

ที่มา : ญัฐพล (2544)

จากภาพที่ 34 ค่า 6, 8, 12,..., 62, 70 เป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็น Index Field ในขณะที่ค่าจาก Root ได้แก่ 50 และ 82 ซึ่งประกอบไปด้วย Pointer 3 ตัว ที่ชี้ไปยังค่าในระดับถัดลงไป ค่าของ Pointer ตัวแรกเป็นตัวกำหนดค่าในระดับถัดไป โดยการเปรียบเทียบน้อยกว่าค่าปัจจุบันคือ 50 ดังนั้น ค่าเหล่านั้นจะมีน้อยกว่า 50 เสมอ ส่วน Pointer ตัวที่สอง ที่ Root อาศัยการเปรียบเทียบค่ามากกว่า 50 จะน้อยกว่า 82 ส่วน Pointer ตัวสุดท้าย จะทำการเปรียบเทียบค่ามากกว่า 82 เพื่อใช้ในการกำหนดค่า ในระดับถัดไปตามลำดับ

การค้นหาข้อมูลแบบนี้ จะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อการ Insert และ Delete เรคคอร์ดจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี ทั้งนี้เนื่องจาก Tree เป็นโครงสร้างต้นไม้แบบสมดุลย์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายใน จะมีผลต่อเนื่องกับความสมดุลย์ของโครงสร้างต้นไม้เสมอ โดยเฉพาะการ Delete เรคคอร์ด ต้องทำการปรับค่าควบคู่กันไปเสมอ ทั้งนี้เพื่อรักษาความสมดุลย์ของโครงสร้างต้นไม้ไว้นั่นเอง

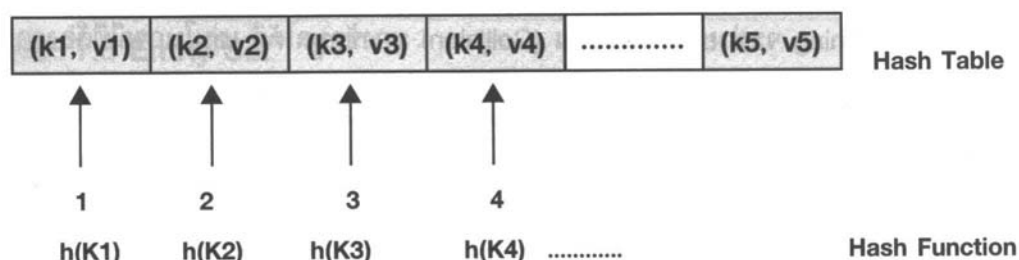
4. Hashing

เป็นวิธีการค้นหาข้อมูลแบบใช้ Index โดยอาศัยรูปแบบการสร้างตารางที่กำหนดให้มีค่า 2 ค่า ได้แก่ คีย์ซึ่งจะใช้เป็น Index สำหรับการค้นหาค่าถัดมา ได้แก่ Value Hashing จะใช้การแปลงค่าของคีย์ให้กลายเป็นแอดเดรสของคีย์นั้น ๆ ค่าที่ได้จากการคำนวณเรียกว่า Hash Value ซึ่งสามารถใช้เป็น Index ในการชี้ข้อมูล มีลักษณะเป็นอาร์เรย์ มีค่าตั้งแต่ 1 จนถึง n ได้

กำหนดให้ x เป็นดัชนีที่ใช้ในการค้นหาข้อมูล

$$X(h(\text{Key})) \quad | \quad < x < n$$

ข้อมูลที่จัดรูปแบบไว้ดังนี้ จะถูกเรียกว่า Hash Table เช่น $T[1 \dots N]$ ของคีย์ และ Value ซึ่งค่าภายในสามารถทำการค้นหาได้โดยตัว Index เป็นตัวกำหนดค่าร่วมกัน h เพื่อใช้ในการเพิ่มค่าหรือรับค่าจากการทำงาน ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 แสดง Hash Table

ที่มา : ญัฐพล (2544)

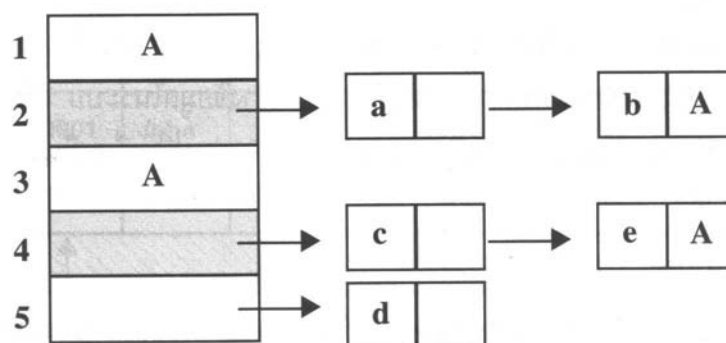
Hash Function $h : \text{Key} \rightarrow \text{Indices}$

วิธีการในการสร้างตารางแบบ Hashing ได้แก่ วิธีการหาร ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$H(x) = (x \text{ MOD } n + 1) ; n \text{ คือ ตัวหารที่เป็นจำนวนเต็มบวก}$$

ข้อควรระวัง คือ หากชื่อที่นำมาทำงาน Hash ผลลัพธ์ออกมาที่ตำแหน่งเดียวกัน ก็จะทำให้เกิดการชน (Collision) กันได้ ดังนั้นในการออกแบบสร้างตาราง Hashing จำเป็นต้องป้องกันการเกิดชนกันของตำแหน่งข้อมูลที่ต้องการด้วย โดยวิธีการ Chaining เป็นวิธีการ

แก้ปัญหาสำหรับการป้องกันการเกิด Collision มีโครงสร้างการทำงาน โดยอาศัยการกำหนดค่าภายในตารางที่มีลักษณะเป็น Linked List นั่นคือ ค่าภายในตารางจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกจะเรียกว่า Prime Area มีลักษณะเป็นอาร์เรย์ที่มีจำนวนคงที่ ใช้สำหรับเก็บค่าของ Pointer ที่ชี้ไปยังข้อมูลจริงเท่านั้นและส่วนที่สอง ได้แก่ ส่วนที่เป็นข้อมูลจริงที่อาจจะทำการชี้ต่อไปยังข้อมูลตัวถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 36



ภาพที่ 36 แสดงวิธีการ Chaining

ที่มา : ฉัฐพล (2544)

Chaining จะช่วยลดการชนกันของข้อมูลได้ดี เช่นในกรณีที่ต้องการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าสู่โครงการ หากมีค่า Hash เท่ากันข้อมูลใหม่จะถูก Linked กับข้อมูลตัวเดิม โดยให้ Linked ตัวสุดท้ายมีค่าเป็น Null เสมอ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เลือกใช้วิธี Tree Index เนื่องจากเป็น Tree Index เป็นโครงสร้างต้นไม้แบบสมดุลชนิดหนึ่ง ที่ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาค่าการทำงานของ Index ที่มีข้อจำกัดเมื่อเรคคอร์ดมีจำนวนมาก มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการค้นหาลายนิ้วมืออย่างรวดเร็ว

8. การเปรียบเทียบคู่ลายนิ้วมือ (Fingerprint Matching)

การเปรียบเทียบคู่จุดคุณลักษณะเด่น จากภาพลายนิ้วมือที่กำลังประมวลผลกับชุดรายละเอียด ในฐานข้อมูลที่ถูกอ้างถึง เพื่อสรุปผลว่าเป็นของบุคคลคนเดียวหรือไม่ การเปรียบเทียบลายนิ้วมือ เป็นขั้นตอนสุดท้ายและสำคัญที่สุดสำหรับการสืบค้นลายนิ้วมือ โดยอัตโนมัติ

วิธีการเปรียบเทียบคู่ลายนิ้วมือมี 4 วิธีดังนี้

1. วิธีการทรานส์ฟอร์มโดยใช้เส้นอ้างอิง

วิธีนี้จะใช้เส้นอ้างอิงที่สร้างจากจุดแกน และจุดสามเหลี่ยม และทำการหมุนเส้นอ้างอิงนี้ให้ซ้อนทับลงบนเส้นอ้างอิงของเทมเพลต แล้วนับจำนวนของจุดรายละเอียดที่ซ้อนทับกันภายในขอบเขตที่กำหนด ทำให้วิธีนี้มีข้อดี คือใช้การคำนวณที่ไม่ซับซ้อนในการเปรียบเทียบ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ จุดแกนและจุดสามเหลี่ยมอาจจะหายากหรือหาไม่ได้ในบางภาพลายนิ้วมือที่มีสัญญาณรบกวนสูง หากนำวิธีการนี้ไปประมวลผลภาพอัตโนมัติจะได้ความเร็ว 5 – 10 วินาทีต่อภาพ (วรากร, 2543)

2. วิธีเปรียบเทียบแบบรูปแบบจุด (Point Pattern Matching)

การเปรียบเทียบโดยใช้วิธีเปรียบเทียบแบบรูปแบบจุดเป็นเทคนิคอันใหม่ที่ได้มีการพัฒนานำมาใช้กัน และยังสามารถใช้งานได้โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการที่ภาพถูกทรานส์ฟอร์มไป เช่น ถูกหมุน (Rotation) ถูกสเกล (Scaling) หรือถูกย้ายตำแหน่ง (Translation) รวมทั้งลักษณะเด่น Feature) ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการเปรียบเทียบก็เป็นเพียงตำแหน่งพิกัดของลักษณะเด่นเท่านั้น เช่น พิกัดของมุมของภาพ พิกัดของวัตถุหรือพิกัดของจุดรายละเอียด ซึ่งวิธีนี้ดีกว่าวิธีอื่นที่ต้องเก็บอะเรย์ของลักษณะเด่นไว้หลายอย่าง ทำให้วิธีการเปรียบเทียบโดยใช้รูปแบบจุดเหมาะสำหรับการใช้งานในภาพที่มีขนาดใหญ่แต่จำนวนของจุดลักษณะเด่นมีน้อย มีการนำวิธีนี้ไปใช้อย่างมากในทางดาราศาสตร์ การประมวลผลสำหรับดาวเทียม การทำแผนที่ และการรู้จำวัตถุ เช่น ตัวอย่างการนำไปประยุกต์ใช้งานเพื่อระบุภาพถ่ายดวงดาวที่ได้จากกล้องโทรทรรศน์มาเทียบกับฐานข้อมูลของแผนที่ดวงดาวเพื่อระบุตำแหน่งและกลุ่มของหมู่ดาว โดยภาพถ่ายที่ได้มานั้นเราไม่จำเป็นต้องรู้พิกัด ทิศทางการหมุน และสเกลของกล้องเมื่อเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูล ใช้ระบุตำแหน่งของตัวดาวเทียมเองว่าอยู่ในพิกัดของหมู่ดาวอะไรโดยใช้กล้องถ่ายภาพดวงดาวแล้วเปรียบเทียบกับแผนที่ดวงดาวที่อยู่ในฐานข้อมูลของดาวเทียม และใช้ในระบบควบคุมกล้องโทรทรรศน์บนภาคพื้นดินเพื่อควบคุมตำแหน่งการหมุนของตัวกล้องโดยอัตโนมัติเพื่อใช้ติดตามกลุ่มดาวที่กำลังเคลื่อนที่ไปเป็นต้น หากนำวิธีการนี้ไปประมวลผลภาพอัตโนมัติจะได้ความเร็ว 5 – 10 วินาทีต่อภาพ (วรากร, 2543)

3. วิธีไวยากรณ์

โดยการเปรียบเทียบวิธีนี้จะใช้สัญลักษณ์ของตัวอักษรแทนลักษณะลายเส้นโดยการสร้างกฎขึ้นมาจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมลักษณะลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ เช่นวิธีที่เรียกว่า Context Free Grammar หากนำวิธีการนี้ไปประมวลผลภาพอัตโนมัติจะใช้เวลาเร็ว 10 – 15 วินาทีต่อภาพ (วรกร, 2543)

4. วิธีโครงข่ายประสาทเทียม

วิธีนี้จะนำภาพที่ได้จากขบวนการแยกลักษณะมาใช้ในการสอนโครงข่ายให้มีการจดจำรูปแบบไว้ ซึ่งโครงข่ายจะเก็บคุณลักษณะของข้อมูลในแต่ละแบบไว้ในรูปของน้ำหนัก (Weight) ต่อจากนั้นจะทดสอบการรู้จำโดยนำภาพลายนิ้วมือแบบต่าง ๆ เข้าไปเพื่อทดสอบการรู้จำของโครงข่าย ซึ่งจะให้คำตอบแสดงว่าลายนิ้วมือนั้น ๆ เป็นใคร (วรกร, 2543)

วิธีเดิมในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือจะนำลายนิ้วมือที่ได้มาเปรียบเทียบกับทุกลายนิ้วมือในฐานข้อมูลซึ่งเหมาะกับฐานข้อมูลขนาดเล็กไม่สามารถใช้กับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ครอบคลุมประชากรทั้งประเทศได้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำวิธีใหม่มาใช้ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยมีรายละเอียดดังนี้ หากนำวิธีการนี้ไปประมวลผลภาพอัตโนมัติจะใช้เวลาเร็ว 15 – 20 วินาทีต่อภาพ

การเปรียบเทียบคู่ลายนิ้วมือโดยวิธีการใส่ Weight

การเปรียบเทียบลายนิ้วมือมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการเปรียบเทียบรูปแบบจุด การใช้โครงข่ายนิเวศ [9][10] ภาพลายนิ้วมือก่อนประมวลผลดังแสดงในภาพที่ 37 จะถูกป้อนเข้ามาเป็น Input และจะถูกแบ่งออกเป็น 16 ส่วน เท่าๆกันดังแสดงในภาพที่ 39

การเปรียบเทียบคู่ลายนิ้วมือโดยวิธีการใส่ Weight ในบทความนี้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในข้อจำกัดของวิธีการเดิม ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้การประมวลผลมีความรวดเร็วมากขึ้น โดยเป็นขั้นตอนต่อเนื่องมาจากขั้นตอน การแยกคุณลักษณะเด่น ซึ่งได้ตัวเลขแสดงจำนวนของจุดคุณลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือ ทั้ง 16 ส่วน (ตามตารางที่ 2 และ 3) ซึ่งเป็นระดับการแบ่งระดับที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง(ตามตารางที่ 1 และ และภาพที่ 38)หากจำนวนจุดคุณลักษณะ

เด่นของภาพลายนิ้วมืออ้างอิงและภาพลายนิ้วมือที่นำมาเปรียบเทียบกับภาพลายนิ้วมือทั้ง 2 ภาพ ไม่สามารถมีจำนวนจุดคุณลักษณะเด่นเท่ากัน 16 ส่วน แบบ 100 % ได้

ดังนั้นบทความฉบับนี้ จึงกำหนดว่าหากมีจำนวนจุดคุณลักษณะเด่นของแต่ละ ส่วนใกล้เคียงกันให้ถือว่าเป็นบุคคลคนเดียวกัน ซึ่งความใกล้เคียงถูกควบคุม โดยค่า Threshold ซึ่งหมายถึงให้จำนวนจุด คุณลักษณะเด่นของภาพลายนิ้วมือทั้ง 2 ภาพ มีความแตกต่างกันได้ ตามค่า 10% Threshold) ซึ่งเป็นระดับที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง(ตามตารางที่ 6 และ และภาพที่ 42) ผลของการนำเอารหัสภาพลายนิ้วมือของทั้ง 2 ภาพมาเปรียบ เทียบกันจะได้ตัวเลขประจำแต่ละส่วน ซึ่งมาจากการใส่ Weight (ตามตารางที่ 4)โดยมีวิธี การเปรียบเทียบ ดังนี้

ข้อกำหนดในการให้ Weight

1. จำนวนจุดคุณลักษณะเด่นเท่ากัน 2 จุด ให้ Weight = 2

2. จำนวนจุดคุณลักษณะเด่นเท่ากัน 1 จุด ให้ Weight = 1

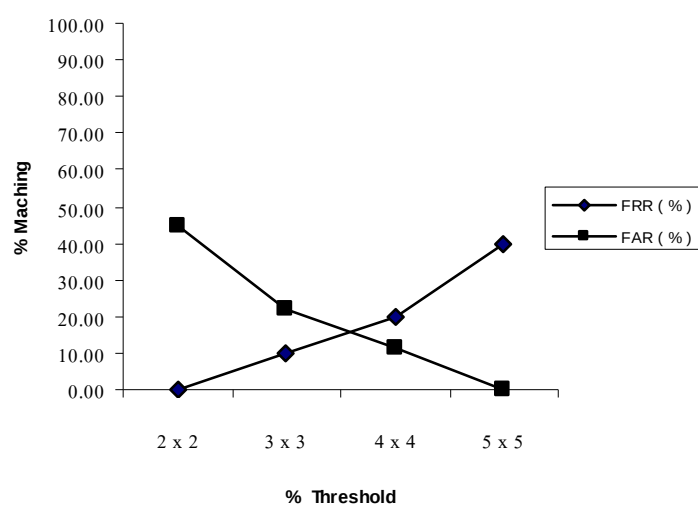
หมายเหตุ: การเปรียบเทียบถ้ามี ค่า Threshold < 10 % ให้ถือว่าเท่ากัน



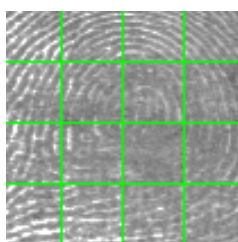
ภาพที่ 37 แสดงภาพลายนิ้วมือก่อนประมวลผล

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบคู่โดยการปรับระดับการแบ่งส่วน

ระดับการแบ่งส่วน	FRR (%)	FAR (%)
2 x 2	0.00	44.44
3 x 3	10.00	22.22
4 x 4	20.00	11.11
5 x 5	40.00	0.00



ภาพที่ 38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบคู่โดยการปรับระดับการ แบ่งส่วน



ภาพที่ 39 แสดงการแบ่งเป็น 16 ส่วน ของภาพลายนิ้วมือ

ตารางที่ 2 แสดงรหัสในแต่ละส่วนที่ได้จากภาพในฐานข้อมูล

ส่วนที่	จุด 2 ง่าม	จุดปลาย
1	1	5
2	2	8
3	8	4
4	2	7
5	5	9
6	2	9
7	7	6
8	9	8
9	12	2
10	7	4
11	3	3
12	4	3
13	4	8
14	1	10
15	5	2
16	6	4

ตารางที่ 3 แสดงรหัสในแต่ละส่วน ที่ได้จากภาพที่นำมาเปรียบเทียบ

ส่วนที่	จุด 2 งาม	จุดปลาย
1	1	5
2	2	8
3	2	4
4	3	7
5	5	10
6	2	9
7	7	7
8	9	7
9	13	2
10	8	6
11	3	3
12	4	3
13	4	8
14	1	10
15	5	2
16	6	5

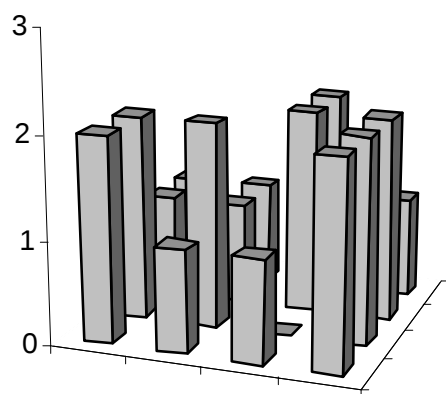
2	2	1	1
1	2	1	1
1	0	2	2
2	2	2	1

ภาพที่ 40 แสดงผลการใส่ Weight จากการเปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือทั้ง 2 ภาพ

การคำนวณหา % Matching โดยที่

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Matching} &= (Fb / 32) \times 100 \\
 &= \left(\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 a_{ij} \right) / 32 \times 100 \\
 &= (2+2+1+1+1+2+1+1+1+0+2+2+2+2+2+1) / 32 \times 100 \\
 &= (23/32) \times 100 \\
 &= 71.88 \%
 \end{aligned}$$

Fb คือ ผลรวมของการเปรียบเทียบทั้ง 16 ส่วน

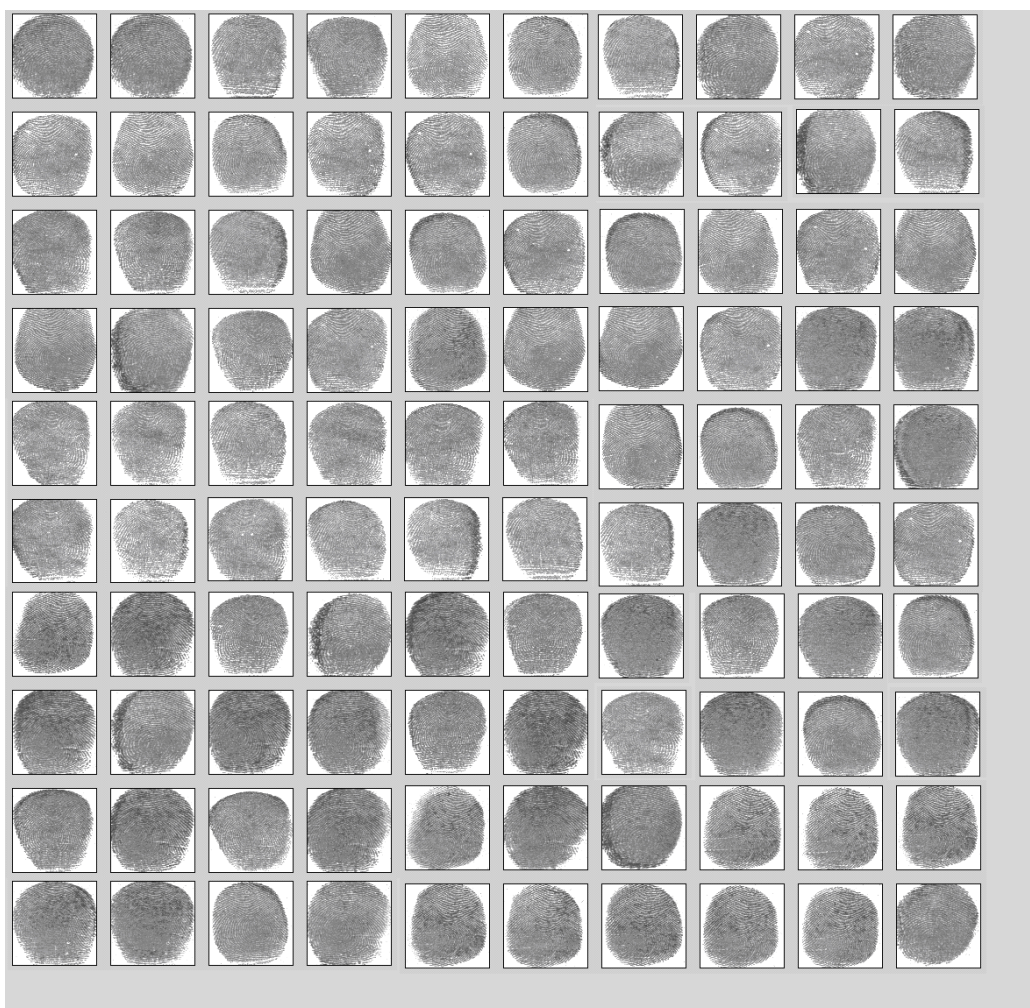


ภาพที่ 41 กราฟแสดงความเหมือนในแต่ละส่วน

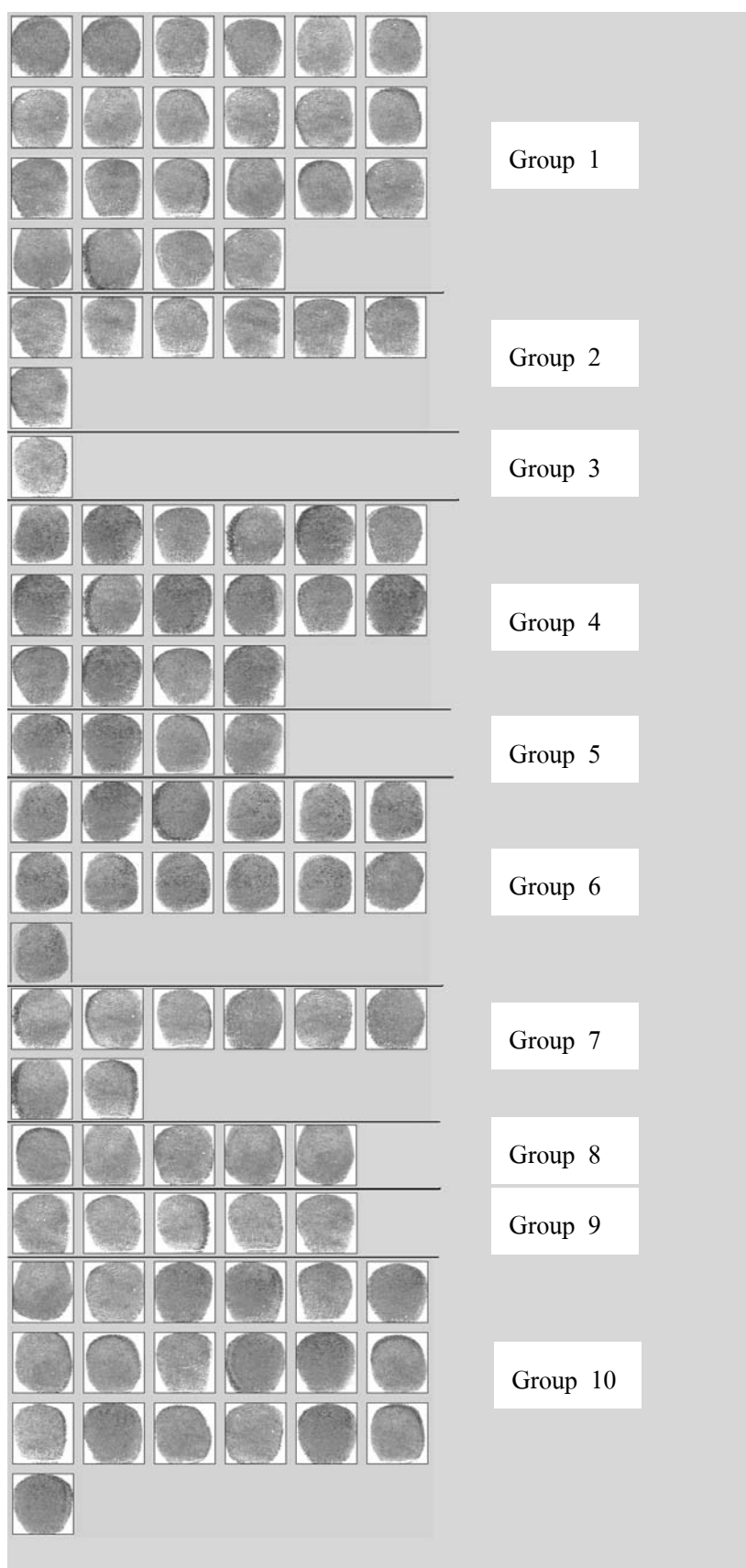
ผลและวิจารณ์

ผล

วิทยานิพนธ์นี้ ได้ทดลองเปรียบเทียบกลุ่มนิ้วมือ ทั้ง 10 นิ้ว โดยประทับลายนิ้วมือ นิ้วละ 10 ครั้ง จะได้ภาพลายนิ้วมือที่จะนำมาใช้ทำการทดลอง จำนวน 100 ภาพ จากขนาดภาพลายนิ้วมือ 108 x 108 จุดภาพ ความละเอียด 1200 dpi ประมวลผลเพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสม (ตามตารางที่ 5) และได้ค่า Threshold ที่เหมาะสม จากจุดตัดระหว่างค่า FAR และ FRR เท่ากับ 10 % ดังแสดงในกราฟ ตามภาพที่ 44 แล้วนำค่า Threshold ที่ได้ไปใช้ในการประมวลผล และ วัดประสิทธิภาพ ของโปรแกรม โดยวัดค่า FAR (False Acceptance Rate) 90 ครั้ง และ วัดค่า FRR (False Reject Rate) 100 ครั้ง ผลการทดลอง เปรียบเทียบกลุ่มนิ้วมือ แสดงได้ตามตารางที่ 6



ภาพที่ 42 แสดงภาพลายนิ้วมือที่นำมาทดลอง



ภาพที่ 43 แสดงการจัดกลุ่มภาพลายนิ้วมือ

ตามภาพที่ 43 จะเห็นว่าภาพถ่ายนิ้วมือจะถูกนำมาประมวลผล และจัดกลุ่มภาพถ่ายนิ้วมือ โดยภาพที่มีจำนวนจุดคุณลักษณะเด่นเท่ากันหรืออาจจะกล่าวได้ว่าภาพที่มีความคล้ายกัน มากกว่า หรือเท่ากับ 80% จะถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การค้นหาทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น โดยไม่จำเป็นจะต้องค้นหาภาพทีละภาพทั้ง 100 ภาพ แล้วเลือกภาพที่คล้ายกันมากที่สุด แต่จะเปลี่ยนเป็น การค้นหาจากตัวแทนของแต่ละกลุ่มแทน เพื่อเลือกภาพถ่ายนิ้วมือ กลุ่มใดที่มีความคล้ายกัน กับภาพถ่ายนิ้วมือที่นำมาเปรียบเทียบมากที่สุด แล้วจึงเข้าไปค้นหาสมาชิกภาพถ่ายนิ้วมือ ภายในกลุ่มนั้นแทน

วิธีการดังกล่าวจะทำให้การประมวลผลภาพถ่ายด้วยคอมพิวเตอร์ทำได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น โดยเฉพาะกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ที่มีภาพจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเป็นไปไม่ได้เลยหากจะค้นหาภาพทีละภาพจากฐานข้อมูลเป็นจำนวนหลายล้านภาพ โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ 4 แสดงการหาค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุด

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
2.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	16.67	1	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	5.56	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	5.56	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	22.22	1	นิ้วนาง - ซ้าย	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	11.11	1	นิ้วก้อย - ซ้าย	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	16.67	1	นิ้วโป้ง - ขวา	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	16.67	1	นิ้วชี้ - ขวา	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	16.67	1	นิ้วกลาง - ขวา	0.00	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	11.11	1	นิ้วนาง - ขวา	0.00	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	5.56	1	นิ้วก้อย - ขวา	5.56	0
		FRR (%)		100%	FAR (%)		0%
5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	38.89	1	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	22.22	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	16.67	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	5.56	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
5 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย4	33.33	1	นิ้วนาง - ซ้าย	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	22.22	1	นิ้วก้อย - ซ้าย	16.67	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	33.33	1	นิ้วโป้ง - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	16.67	1	นิ้วชี้ - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	27.78	1	นิ้วกลาง - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	16.67	1	นิ้วนาง - ขวา	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	11.11	1	นิ้วก้อย - ขวา	16.67	0
		FRR (%)		100%	FAR (%)		0%
7.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	88.91	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	33.33	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	33.33	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	55.56	1	นิ้วนาง - ซ้าย	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	33.33	1	นิ้วก้อย - ซ้าย	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	33.33	1	นิ้วโป้ง - ขวา	11.11	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว	Matching	การปฏิเสธ	นิ้ว	Matching	การยอมรับ
		เปรียบเทียบ	(%)	(< 60 % Matching)	เปรียบเทียบ	(%)	(≥ 60 % Matching)
7.5 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย7	33.33	1	นิ้วชี้ - ขวา	16.67	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	33.33	1	นิ้วกลาง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	22.22	1	นิ้วนาง - ขวา	5.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	38.89	1	นิ้วก้อย - ขวา	22.22	0
		FRR (%)		90%	FAR (%)		0%
10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	72.22	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	33.33	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	44.44	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	55.56	1	นิ้วนาง - ซ้าย	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	38.89	1	นิ้วก้อย - ซ้าย	50.00	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	44.44	1	นิ้วโป้ง - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	50.00	1	นิ้วชี้ - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	44.44	1	นิ้วกลาง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	38.89	1	นิ้วนาง - ขวา	11.11	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
10 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย10	44.44	1	นิ้วก้อย - ขวา	22.22	0
		FRR (%)		90%	FAR (%)		0%
12.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	77.78	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	50.00	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	50.00	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	55.56	1	นิ้วนาง - ซ้าย	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	38.89	1	นิ้วก้อย - ซ้าย	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	55.56	1	นิ้วโป้ง - ขวา	11.11	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	55.56	1	นิ้วชี้ - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	44.44	1	นิ้วกลาง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	33.33	1	นิ้วนาง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	50.00	1	นิ้วก้อย - ขวา	33.33	0
		FRR (%)		90%	FAR (%)		11.11%
15	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	77.78	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	44.44	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	94.47	1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
15 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย3	50.00	1	นิ้วกลาง - ซ้าย	55.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	88.91	0	นิ้วนาง - ซ้าย	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	94.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	55.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	55.56	1	นิ้วโป้ง - ขวา	16.67	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	50.00	1	นิ้วชี้ - ขวา	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	88.91	0	นิ้วกลาง - ขวา	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	50.00	1	นิ้วนาง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	50.00	1	นิ้วก้อย - ขวา	33.33	0
		FRR (%)		60%	FAR (%)		11.11%
		17.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	83.33	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย
นิ้วโป้ง - ซ้าย2	55.56			1	นิ้วชี้ - ซ้าย	72.22	1
นิ้วโป้ง - ซ้าย3	88.91			0	นิ้วกลาง - ซ้าย	50.00	0
นิ้วโป้ง - ซ้าย4	55.56			1	นิ้วนาง - ซ้าย	33.33	0
นิ้วโป้ง - ซ้าย5	88.91			0	นิ้วก้อย - ซ้าย	88.91	1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
17.5 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย6	94.47	0	นิ้วโป้ง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	94.47	0	นิ้วชี้ - ขวา	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	55.56	1	นิ้วกลาง - ขวา	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	50.00	1	นิ้วนาง - ขวา	33.33	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	50.00	1	นิ้วก้อย - ขวา	38.89	0
		FRR (%)		50%	FAR (%)		22.22%
20	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	72.22	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	88.91	0	นิ้วชี้ - ซ้าย	72.22	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	94.47	0	นิ้วกลาง - ซ้าย	94.47	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	94.47	0	นิ้วนาง - ซ้าย	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	94.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	55.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	83.33	0	นิ้วโป้ง - ขวา	22.22	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	88.91	0	นิ้วชี้ - ขวา	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	55.56	1	นิ้วกลาง - ขวา	38.89	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
20 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย9	50.00	1	นิ้วนาง - ขวา	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	94.47	0	นิ้วก้อย - ขวา	50.00	0
		FRR (%)		20%	FAR (%)		22.22%
22.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	94.44	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	55.56	1	นิ้วชี้ - ซ้าย	83.33	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	88.91	0	นิ้วกลาง - ซ้าย	72.22	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	72.22	0	นิ้วนาง - ซ้าย	33.33	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	94.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	94.47	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	77.78	0	นิ้วโป้ง - ขวา	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	72.22	0	นิ้วชี้ - ขวา	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	94.47	0	นิ้วกลาง - ขวา	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	94.47	0	นิ้วนาง - ขวา	27.78	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	94.47	0	นิ้วก้อย - ขวา	50.00	0
		FRR (%)		10%	FAR (%)		33.33%

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
25	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	83.33	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	72.22	0	นิ้วชี้ - ซ้าย	83.33	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	77.78	0	นิ้วกลาง - ซ้าย	77.78	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	72.22	0	นิ้วนาง - ซ้าย	50	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	94.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	94.47	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	77.78	0	นิ้วโป้ง - ขวา	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	94.47	0	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	77.78	0	นิ้วกลาง - ขวา	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	72.22	0	นิ้วนาง - ขวา	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	72.22	0	นิ้วก้อย - ขวา	50.00	0
		FRR (%)		0%	FAR (%)		33.33%
27.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	94.44	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	72.22	0	นิ้วชี้ - ซ้าย	88.89	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	77.78	0	นิ้วกลาง - ซ้าย	83.33	1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

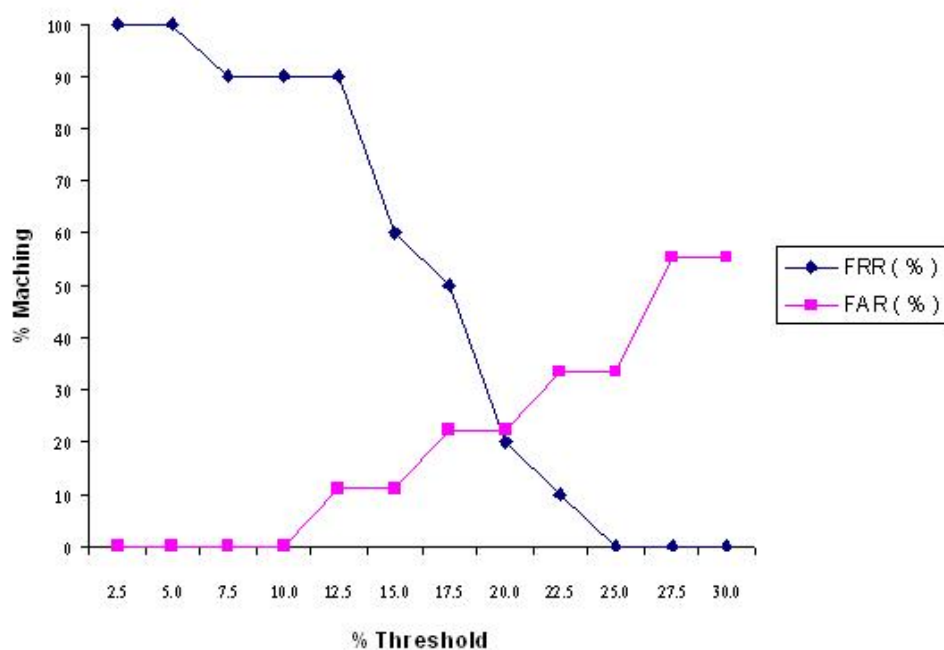
Threshold (%)	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ (< 60 % Matching)	นิ้ว เปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ (≥ 60 % Matching)
27.5 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย4	72.22	0	นิ้วนาง - ซ้าย	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	94.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	83.33	0	นิ้วโป้ง - ขวา	44.44	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย7	72.22	0	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	77.78	0	นิ้วกลาง - ขวา	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	77.78	0	นิ้วนาง - ขวา	38.89	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	83.33	0	นิ้วก้อย - ขวา	50.00	0
		FRR (%)		0%	FAR (%)		55.55%
30	นิ้วโป้ง - ซ้าย	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	100	0	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-
		นิ้วโป้ง - ซ้าย2	77.78	0	นิ้วชี้ - ซ้าย	88.89	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย3	83.33	0	นิ้วกลาง - ซ้าย	77.78	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย4	77.78	0	นิ้วนาง - ซ้าย	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย5	34.47	0	นิ้วก้อย - ซ้าย	94.47	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย6	83.33	0	นิ้วโป้ง - ขวา	55.56	0

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Threshold	นิ้วอ้างอิง	FRR			FAR		
		นิ้ว	Matching	การปฏิเสธ	นิ้ว	Matching	การยอมรับ
(%)		เปรียบเทียบ	(%)	(< 60 % Matching)	เปรียบเทียบ	(%)	(≥ 60 % Matching)
30 (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย (ต่อ)	นิ้วโป้ง - ซ้าย7	83.33	0	นิ้วชี้ - ขวา	55.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย8	83.33	0	นิ้วกลาง - ขวา	88.91	1
		นิ้วโป้ง - ซ้าย9	83.33	0	นิ้วนาง - ขวา	55.56	0
		นิ้วโป้ง - ซ้าย10	83.33	0	นิ้วก้อย - ขวา	55.56	0
		FRR (%)		0%	FAR (%)		55.55%

ตารางที่ 5 ตารางผลการทดลอง การหาค่า Threshold ที่เหมาะสมที่สุด

Threshold	FRR (%)	FAR (%)
2.5	100	0
5.0	100	0
7.5	90	0
10.0	90	0
12.5	90	11.11
15.0	60	11.11
17.5	50	22.22
20.0	20	22.22
22.5	10	33.33
25.0	0	33.33
27.5	0	55.55
30.0	0	55.55



ภาพที่ 44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า FAR และ FRR ต่อค่า Threshold

ตารางที่ 6 การวัดประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม

การประมวลผลครั้งที่	นิ้วอ้างอิง	ความเร็วในลงทะเบียน (วินาที)	FRR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)	FAR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)
			นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ < 60%		นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ ≥ 60 %	
1	นิ้วโป้ง - ซ้าย	1.5	นิ้วโป้ง - ซ้าย1	96.88	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	-	-	-
2			นิ้วโป้ง - ซ้าย2	84.38	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	81.25	1	8.10
3			นิ้วโป้ง - ซ้าย3	93.75	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
4			นิ้วโป้ง - ซ้าย4	59.38	1	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
5			นิ้วโป้ง - ซ้าย5	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	46.88	0	8.10
6			นิ้วโป้ง - ซ้าย6	81.25	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	50.00	0	8.10
7			นิ้วโป้ง - ซ้าย7	96.88	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0	8.10
8			นิ้วโป้ง - ซ้าย8	100.00	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	46.88	0	8.10
9			นิ้วโป้ง - ซ้าย9	100.00	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	43.75	0	8.10
10			นิ้วโป้ง - ซ้าย10	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	65.63	0	8.10
11	นิ้วชี้ - ซ้าย	1.16	นิ้วชี้ - ซ้าย1	96.88	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	81.25	1	8.10
12			นิ้วชี้ - ซ้าย2	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	-	-	-
13			นิ้วชี้ - ซ้าย3	93.75	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	56.25	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การ ประ- มวล ผล ครั้งที่	นิ้ว อ้างอิง	ความ เร็วใน ลงทะ- เบียน (วินาที)	FRR			ความเร็ว ในการ เปรียบ- เทียบ (วินาที)	FAR			ความ- เร็วใน การ เปรียบ- เทียบ (วินาที)
			นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ปลื- เสห < 60%		นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ยอม- รับ ≥ 60 %	
14	นิ้วชี้ - ซ้าย (ต่อ)	1.16 (ต่อ)	นิ้วชี้ - ซ้าย4	59.38	1	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	53.13	0	8.10
15			นิ้วชี้ - ซ้าย5	100.00	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	50.00	0	8.10
16			นิ้วชี้ - ซ้าย6	96.88	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	59.38	0	8.10
17			นิ้วชี้ - ซ้าย7	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	56.25	0	8.10
18			นิ้วชี้ - ซ้าย8	59.38	1	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	46.88	0	8.10
19			นิ้วชี้ - ซ้าย9	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	43.75	0	8.10
20			นิ้วชี้ - ซ้าย10	84.38	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	65.63	1	8.10
21	นิ้วกลาง - ซ้าย	1.04	นิ้วกลาง - ซ้าย1	78.13	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	53.13	0	8.10
22			นิ้วกลาง - ซ้าย2	56.25	1	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	53.13	0	8.10
23			นิ้วกลาง - ซ้าย3	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	-	-	-
24			นิ้วกลาง - ซ้าย4	96.88	0	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	56.25	0	8.10
25			นิ้วกลาง - ซ้าย5	93.75	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	53.13	0	8.10
26			นิ้วกลาง - ซ้าย6	90.63	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	53.13	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การ ประ- มวล ผล ครั้งที่	นิ้ว อ้างอิง	ความ เร็วใน ลงทะ- เบียน (วินาที)	FRR			ความเร็ว ในการ เปรียบ- เทียบ (วินาที)	FAR			ความ- เร็วใน การ เปรียบ- เทียบ (วินาที)
			นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ปลื- เสห < 60%		นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ยอม- รับ ≥ 60 %	
27	นิ้วกลาง - ซ้าย (ต่อ)	1.04 (ต่อ)	นิ้วกลาง - ซ้าย7	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0	8.10
28			นิ้วกลาง - ซ้าย8	100.00	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	56.25	0	8.10
29			นิ้วกลาง - ซ้าย9	87.50	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	56.25	0	8.10
30			นิ้วกลาง - ซ้าย10	59.38	1	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	56.25	0	8.10
31	นิ้วนาง - ซ้าย	1.62	นิ้วนาง- ซ้าย1	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	50.00	0	8.10
32			นิ้วนาง- ซ้าย2	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	53.13	0	8.10
33			นิ้วนาง- ซ้าย3	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
34			นิ้วนาง- ซ้าย4	59.38	1	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	-	-	-
35			นิ้วนาง- ซ้าย5	100.00	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	46.88	0	8.10
36			นิ้วนาง- ซ้าย6	81.25	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	59.38	0	8.10
37			นิ้วนาง- ซ้าย7	59.38	1	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	46.88	0	8.10
38			นิ้วนาง- ซ้าย8	84.38	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	50.00	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การ ประ- มวล ผล ครั้งที่	นิ้ว อ้างอิง	ความ เร็วใน ลงทะ- เบียน (วินาที)	FRR			ความเร็ว ในการ เปรียบ- เทียบ (วินาที)	FAR			ความ- เร็วใน การ เปรียบ- เทียบ (วินาที)
			นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ปลื- เสห < 60%		นิ้ว เปรียบ- เทียบ	Match- ing (%)	การ ยอม- รับ ≥ 60 %	
39	นิ้วนาง- ซ้าย(ต่อ)	1.62 (ต่อ)	นิ้วนาง- ซ้าย9	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	50.00	0	8.10
40			นิ้วนาง- ซ้าย10	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	62.50	1	8.10
41	นิ้วก้อย - ซ้าย	1.27	นิ้วก้อย- ซ้าย1	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	43.75	0	8.10
42			นิ้วก้อย- ซ้าย2	84.38	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	46.88	0	8.10
43			นิ้วก้อย- ซ้าย3	87.50	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	62.50	1	8.10
44			นิ้วก้อย- ซ้าย4	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
45			นิ้วก้อย- ซ้าย5	90.63	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	-	-	-
46			นิ้วก้อย- ซ้าย6	87.50	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	59.38	0	8.10
47			นิ้วก้อย- ซ้าย7	56.25	1	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0	8.10
48			นิ้วก้อย- ซ้าย8	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	56.25	0	8.10
49			นิ้วก้อย- ซ้าย9	100.00	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	50.00	0	8.10
50			นิ้วก้อย- ซ้าย10	84.38	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	46.88	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การประมวลผลครั้งที่	นิ้วอ้างอิง	ความเร็วในลงทะเบียน (วินาที)	FRR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)	FAR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)
			นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ < 60%		นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ ≥ 60 %	
51	นิ้วโป้ง - ขวา	1.04	นิ้วโป้ง-ขวา1	96.88	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	53.13	0	8.10
52			นิ้วโป้ง-ขวา2	93.75	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	62.50	1	8.10
53			นิ้วโป้ง-ขวา3	93.75	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	75.00	1	8.10
54			นิ้วโป้ง-ขวา4	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
55			นิ้วโป้ง-ขวา5	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	50.00	0	8.10
56			นิ้วโป้ง-ขวา6	59.38	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	-	-	8.10
57			นิ้วโป้ง-ขวา7	93.75	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	53.13	0	8.10
58			นิ้วโป้ง-ขวา8	78.13	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	56.25	0	8.10
59			นิ้วโป้ง-ขวา9	87.50	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	56.25	0	8.10
60			นิ้วโป้ง-ขวา10	59.38	1	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	53.13	0	8.10
61	นิ้วชี้ - ขวา	1.04	นิ้วชี้-ขวา1	59.38	1	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	53.13	0	8.10
62			นิ้วชี้-ขวา2	84.38	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	53.13	0	8.10
63			นิ้วชี้-ขวา3	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	56.25	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การประมวลผลครั้งที่	นิ้วอ้างอิง	ความเร็วในลงทะเบียน (วินาที)	FRR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)	FAR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)
			นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ < 60%		นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ $\geq 60\%$	
64	นิ้วชี้ - ขวา (ต่อ)	1.04 (ต่อ)	นิ้วชี้-ขวา4	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	53.13	0	8.10
65			นิ้วชี้-ขวา5	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	53.13	0	8.10
66			นิ้วชี้-ขวา6	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	53.13	0	8.10
67			นิ้วชี้-ขวา7	100.00	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	-	-	8.10
68			นิ้วชี้-ขวา8	81.25	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	50.00	0	8.10
69			นิ้วชี้-ขวา9	90.63	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	53.13	0	8.10
70			นิ้วชี้-ขวา10	87.50	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	50.00	0	8.10
71	นิ้วกลาง - ขวา	9.26	นิ้วกลาง-ขวา1	81.25	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	46.88	0	8.10
72			นิ้วกลาง-ขวา2	59.38	1	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	46.88	0	8.10
73			นิ้วกลาง-ขวา3	84.38	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	56.25	0	8.10
74			นิ้วกลาง-ขวา4	56.25	1	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	53.13	0	8.10
75			นิ้วกลาง-ขวา5	90.63	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	62.50	1	8.10
76			นิ้วกลาง-ขวา6	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	62.50	1	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การประมวลผลครั้งที่	นิ้วอ้างอิง	ความเร็วในลงทะเบียน (วินาที)	FRR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)	FAR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)
			นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ < 60%		นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ ≥ 60 %	
77	นิ้วกลาง - ขวา (ต่อ)	9.26 (ต่อ)	นิ้วกลาง-ขวา7	84.38	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	53.13	0	8.10
78			นิ้วกลาง-ขวา8	87.50	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	-	-	8.10
79			นิ้วกลาง-ขวา9	81.25	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	50.00	0	8.10
80			นิ้วกลาง-ขวา10	93.75	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	46.88	0	8.10
81	นิ้วนาง - ขวา	9.26	นิ้วนาง-ขวา1	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	43.75	0	8.10
82			นิ้วนาง-ขวา2	96.88	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	43.75	0	8.10
83			นิ้วนาง-ขวา3	96.88	0	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	59.38	0	8.10
84			นิ้วนาง-ขวา4	93.75	0	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	50.00	0	8.10
85			นิ้วนาง-ขวา5	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	46.88	0	8.10
86			นิ้วนาง-ขวา6	56.25	1	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	56.25	0	8.10
87			นิ้วนาง-ขวา7	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	50.00	0	8.10
88			นิ้วนาง-ขวา8	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	59.38	0	8.10

ตารางที่ 6 (ต่อ)

การประมวลผลครั้งที่	นิ้วอ้างอิง	ความเร็วในลงทะเบียน (วินาที)	FRR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)	FAR			ความเร็วในการเปรียบเทียบ (วินาที)
			นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การปฏิเสธ < 60%		นิ้วเปรียบเทียบ	Matching (%)	การยอมรับ ≥ 60 %	
89	นิ้วนาง - ขวา	9.26 (ต่อ)	นิ้วนาง-ขวา9	96.88	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	-	-	8.10
90			นิ้วนาง-ขวา10	96.88	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	43.75	0	8.10
91	นิ้วก้อย - ขวา	1.27	นิ้วก้อย-ขวา1	100.00	0	8.10	นิ้วโป้ง - ซ้าย	62.50	1	8.10
92			นิ้วก้อย-ขวา2	100.00	0	8.10	นิ้วชี้ - ซ้าย	56.25	0	8.10
93			นิ้วก้อย-ขวา3	56.25	1	8.10	นิ้วกลาง - ซ้าย	56.25	0	8.10
94			นิ้วก้อย-ขวา4	59.38	1	8.10	นิ้วนาง - ซ้าย	62.50	0	8.10
95			นิ้วก้อย-ขวา5	87.50	0	8.10	นิ้วก้อย - ซ้าย	46.88	0	8.10
96			นิ้วก้อย-ขวา6	87.50	0	8.10	นิ้วโป้ง - ขวา	50.00	0	8.10
97			นิ้วก้อย-ขวา7	90.63	0	8.10	นิ้วชี้ - ขวา	53.13	0	8.10
98			นิ้วก้อย-ขวา8	96.88	0	8.10	นิ้วกลาง - ขวา	46.88	0	8.10
99			นิ้วก้อย-ขวา9	87.50	0	8.10	นิ้วนาง - ขวา	43.75	0	8.10
100			นิ้วก้อย-ขวา10	87.50	0	8.10	นิ้วก้อย - ขวา	-	-	8.10
			FRR (%)		20.00		FAR (%)		11.11	

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความเร็วในการประมวลผลของวิธีการจับคู่ลายนิ้วมือ

วิธีการ	ความเร็วในการจับคู่	
	ต่อ 1 ภาพ (วินาที)	ต่อ 100 ภาพ (นาทีก)
1. วิธีการทรานส์ฟอร์มโดยใช้เส้นอ้างอิง	5 - 10	8 - 17
2. วิธีเปรียบเทียบแบบรูปแบบจุด	5 - 10	9 - 17
3. วิธีไวยากรณ์	10 - 15	17 - 25
4. วิธีโครงข่ายประสาทเทียม	15 - 20	25 - 34
5. วิธีใส่ Weight และค้นข้อมูลจากการจัดกลุ่ม	8.1	1.35

*ความเร็วในการจับคู่โดยวิธีใส่ Weight และค้นข้อมูลจากการจัดกลุ่ม คำนวณที่ 10 กลุ่มลายนิ้วมือ

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าวิธีใส่ Weight และค้นข้อมูลจากการจัดกลุ่ม จะสามารถประมวลผลได้เร็วกว่าวิธีอื่นในฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากการค้นหาเชิงตัวเลขและสามารถลดระยะเวลาลงได้จากการจัดกลุ่มภาพลายนิ้วมือ ดังแสดงภาพในการจัดกลุ่มของลายนิ้วมือในภาคผนวก ก ส่วนวิธีอื่นเป็นการค้นหาโดยการประมวลผลทีละภาพทำให้ใช้เวลามากหากฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่

วิจารณ์

1. เนื่องจากการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยแป้นหมึก และนำไปเข้าเครื่องสแกนเนอร์ จึงทำให้ภาพที่ออกมา มีความผิดเพี้ยน ทั้งในความคมชัดและลายเส้นของลายนิ้วมือ อันเนื่องมาจาก การออกแรงในการกด ความเข้มของหมึกและการขยับของนิ้วมือขณะกด

2. รูปลายนิ้วมือที่นำมาทดสอบมีจำนวนไม่มากเพียงพอที่จะนำมาทดสอบระบบฐานข้อมูล ทำให้ผลการทดลองอาจคลาดเคลื่อนหรือไม่พบปัญหาบางประการได้

3. ในขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ จำเป็นต้องใช้ค่า Threshold ที่เหมาะสมจึงจะทำให้ได้ ค่า FRR และ FAR ตามต้องการ โดยถ้าทำการปรับค่า Threshold สำหรับการเปรียบเทียบให้ได้ค่า FRR ที่ต่ำลง ก็จะเป็นผลให้ค่า FAR มีค่าสูงขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าปรับค่า FAR ที่ต่ำลง ก็จะเป็นผลให้ค่า FRR มีค่าสูงขึ้น วิธีการแก้ผลของความผิดพลาด อาจทำได้โดยทำการ

ตรวจสอบลายนิ้วมือของบุคคลนั้นโดยการประมวลผล 3 ครั้ง และผลการเปรียบเทียบคู่ ทั้ง 3 ครั้ง จะต้องถูกต้องตรงกันหมด

4. ในขั้นตอนการแยกลักษณะเด่นจากลายนิ้วมือ เนื่องจากวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้วิธีการกำหนดจุด Center ลายนิ้วมือและแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็น 16 ส่วน ทำให้รูปลายนิ้วมืออาจมีจำนวนลักษณะเด่นแต่ละชนิดในแต่ละส่วนไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการกำหนดจุด Center ของลายนิ้วมือ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการทดลอง การเปรียบเทียบกล้วยนิ้วมือ ผลการทดลอง ได้เวลาในการประมวลผลการลงทะเบียนเท่ากับ 8 วินาที และการจับกล้วยนิ้วมือเท่ากับ 8 วินาที ซึ่งค่อนข้างเป็นที่น่าพอใจ และให้อัตราการยอมรับที่ผิดพลาด (FAR : False Acceptance Rate) และอัตราการปฏิเสธที่ผิดพลาด (FRR : False Reject Rate) เท่ากับ 11.11 % และ 20.00 % ตามลำดับ ซึ่งอาจจะถือว่าไม่ต่ำมากนัก แต่แสดงให้เห็นว่าสามารถจำแนกบุคคลได้ ความผิดพลาดส่วนหนึ่งเกิดจากกคลาดเคลื่อนของจุด Center ลายนิ้วมือ ถ้าจุด Center มีความคลาดเคลื่อนมาก ต้องกำหนดค่า Threshold ให้มากขึ้น แต่อาจจะมีโอกาส ที่การยอมรับที่ผิดพลาดมีมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกอัลกอริทึม ที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการเขียนโปรแกรม สามารถจำแนกลายนิ้วมือได้ในระดับที่ยอมรับได้และมุ่งเน้นถึงการใช้เวลาในการประมวลผลของการจับกล้วยนิ้วมือให้น้อยที่สุด เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ สามารถให้โปรแกรมทำงานบนฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยครอบคลุมประชากรทั้งประเทศ สามารถพัฒนาต่อให้สามารถใช้งานได้จริงในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. การได้มาซึ่งภาพลายนิ้วมือ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพมากที่สุด ควรใช้อุปกรณ์ ในการรับภาพลายนิ้วมือโดยเฉพาะ เช่นเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
2. ควรรวบรวม ภาพลายนิ้วมือให้ครอบคลุมทุกชนิดของลายนิ้วมือและมีจำนวนมากพอ เพื่อให้ในการทดสอบโปรแกรม
3. ในการกำหนดจุด Center ของลายนิ้วมือควรเป็นการกำหนดแบบอัตโนมัติ เพื่อลดความ ผิดพลาดในขั้นตอนการกำหนดจุด Center
4. ควรเลือกใช้ Spece Computer สดุดสุดที่มีในปัจจุบัน เพื่อให้ผลลัพธ์ เวลาในการประมวลผลดีขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เกรียงไกร โชวเจริญสุข. 2539. ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ อัตโนมัติโดยการใช้ฮาร์ดแวร์มิกซ์และโครงข่ายนิวรอล เพื่อประโยชน์การนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณัฐพล อุ่นยัง. 2544. เทคนิคการใช้ Microsoft Access ฉบับ Programing. บริษัท เอส.พี.ซี. บุ๊คส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศุภชัย โชติโรจน์ผล และ ทัดพงษ์ บุญญาภาส. 2547. ระบบรู้จำและเปรียบเทียบลายนิ้วมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ภทริยา ฐานิสโร. 2541. เทคนิคการปรับปรุงวิธีการจำแนกลายนิ้วมืออัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วรรณศักดิ์ เวชราภรณ์. 2547. การหาคุณลักษณะเหมาะสมที่สุดสำหรับการพิสูจน์เอกลักษณ์จากลายนิ้วมือเชิงสถิติ โดยใช้เทคนิคการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรากร คำแก้ว. 2543. การประมวลผลภาพสำหรับการรู้จำลายนิ้วมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ บุญภูมิ. 2544. การประเมินผลการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจสอบประวัติลายพิมพ์นิ้วมือของกองทะเบียนประวัติอาชญากร สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สมทรง ณ นคร และ โสภชา ภูสนิท. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชานิติวิทยาศาสตร์เบื้องต้น. มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำรวจ เวียงสมุทร. 2549. การปรับแต่งความชัดภาพพิมพ์ลายนิ้วมือโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบ
ลงคะแนน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Bergengruen, O. 1994. Preprocessing of Poor-Quality Fingerprint Images. *In XIV
Int. Conf. of the Chilean Computer Science Society.*

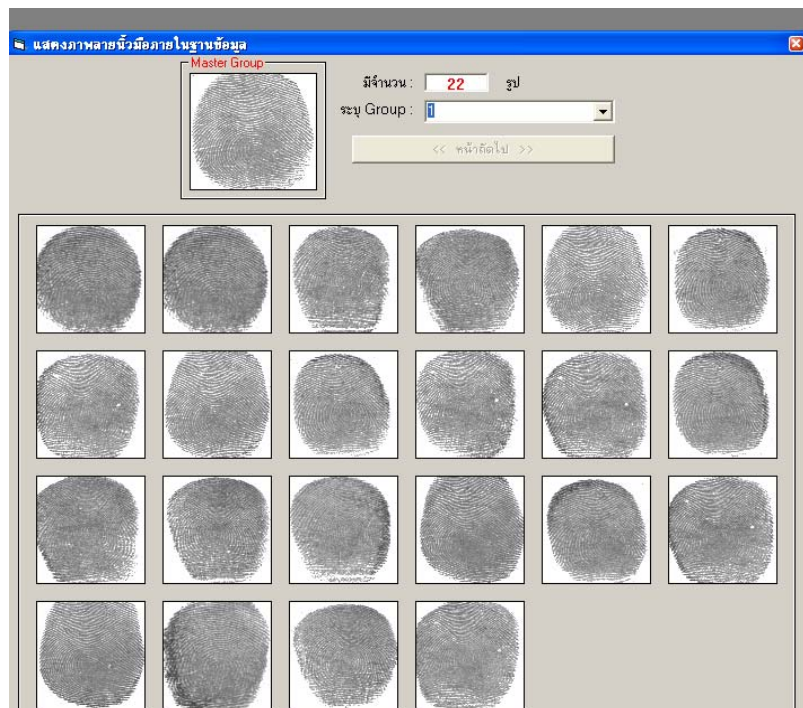
Hopkins, R. 1997. A Challenge to the **Biometrics Industry**-Technical Paper 1.
GU20-7056-00, Advanced Identification Solutions. IBM Corporation,
Feltham Middlesex.

Jain, A., L. Hong and R. Bolle. 1997. On-Line fingerprint verification. **IEEE
Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligent 19(4): 302-314.**

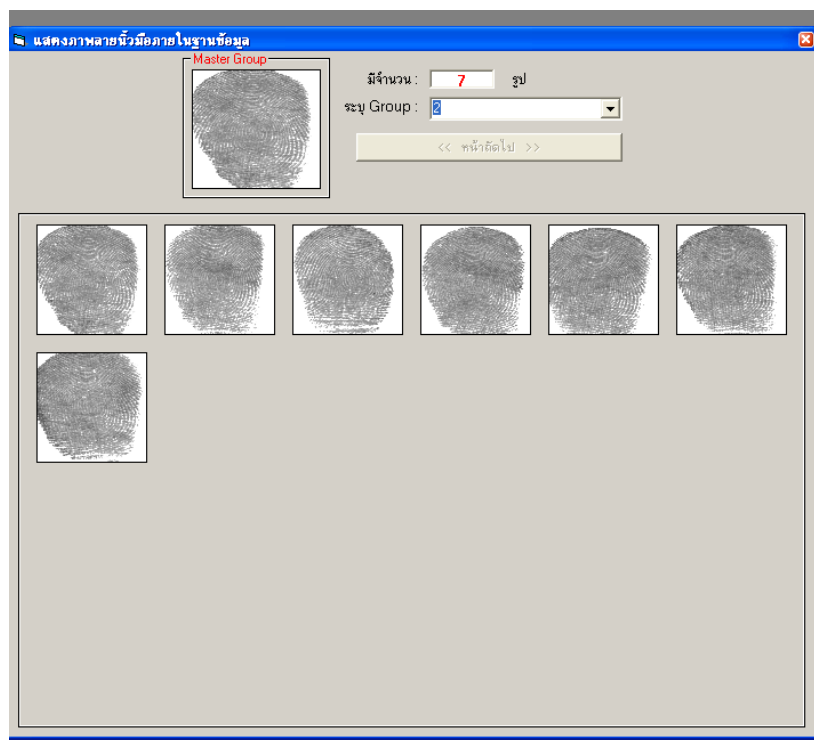
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

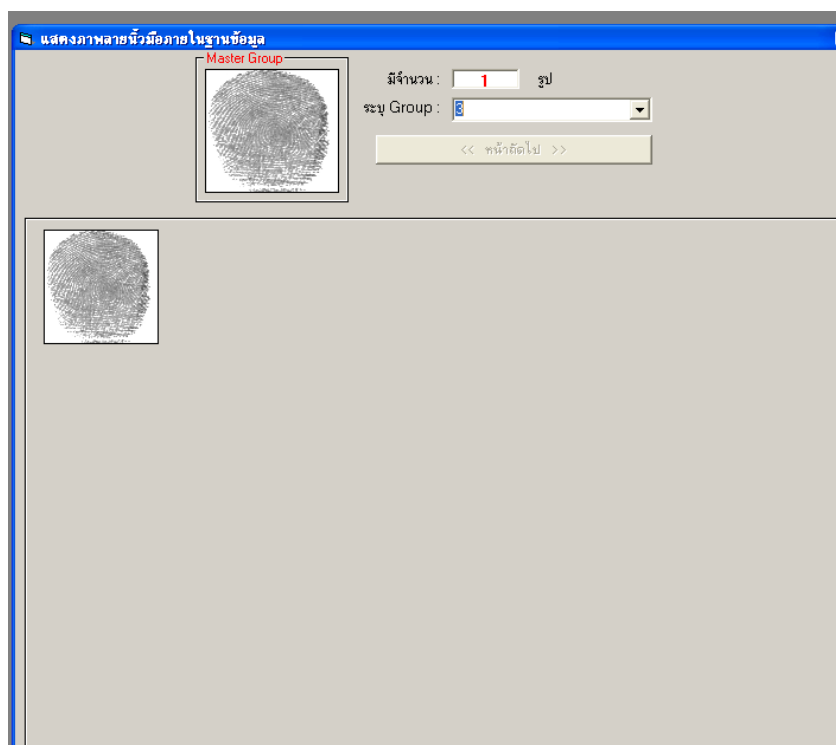
แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล



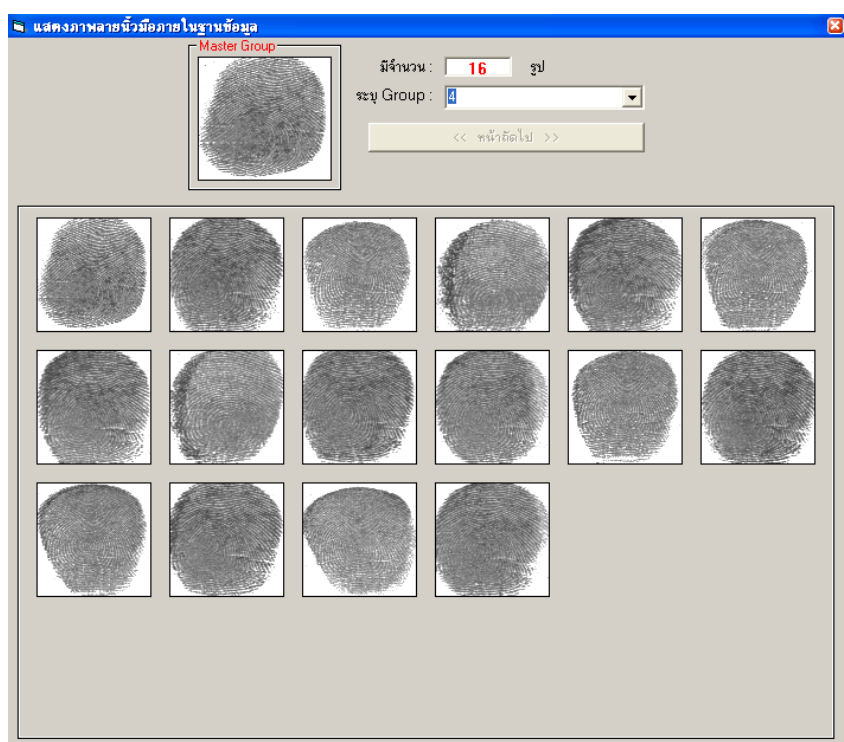
ภาพผนวกที่ ก1 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 1



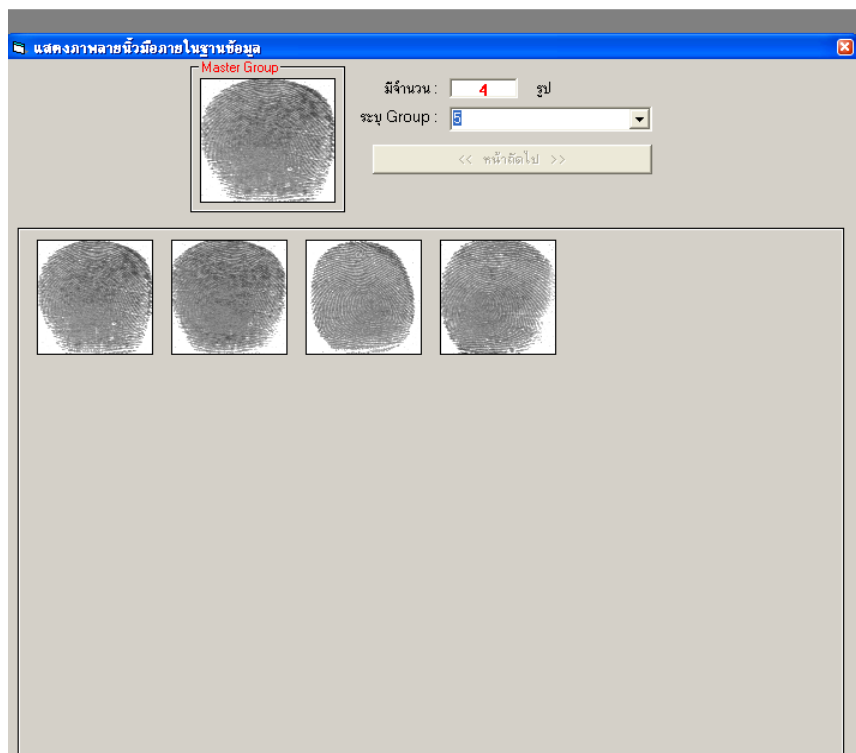
ภาพผนวกที่ ก2 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 2



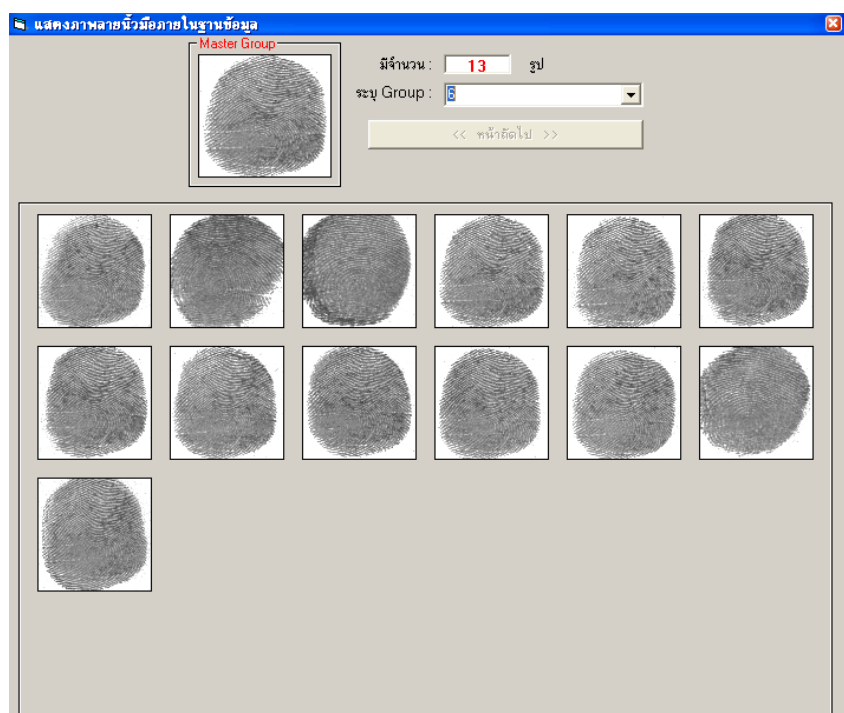
ภาพผนวกที่ ก3 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 3



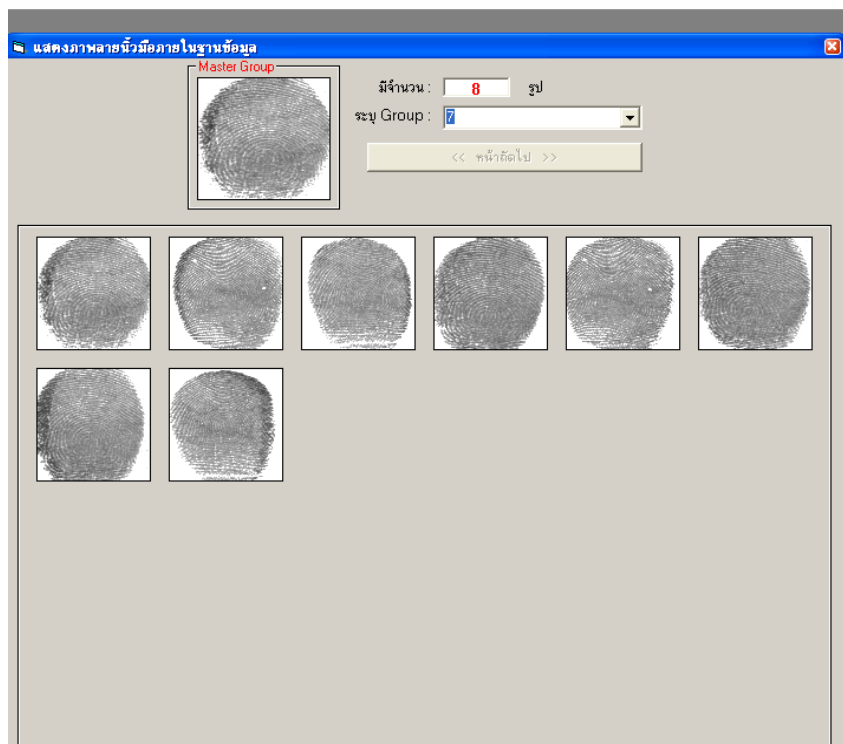
ภาพผนวกที่ ก4 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 4



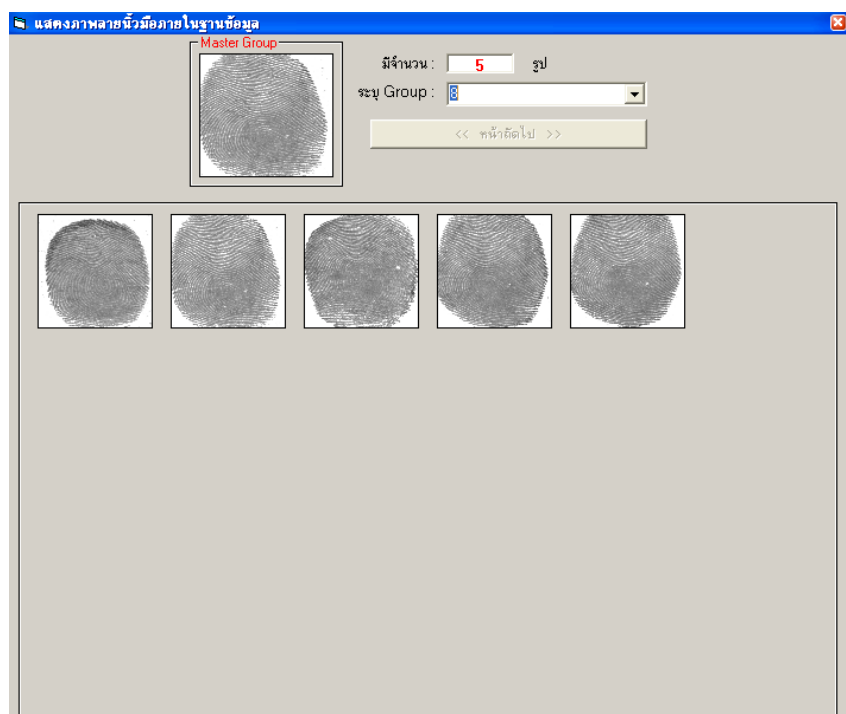
ภาพผนวกที่ ก5 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 5



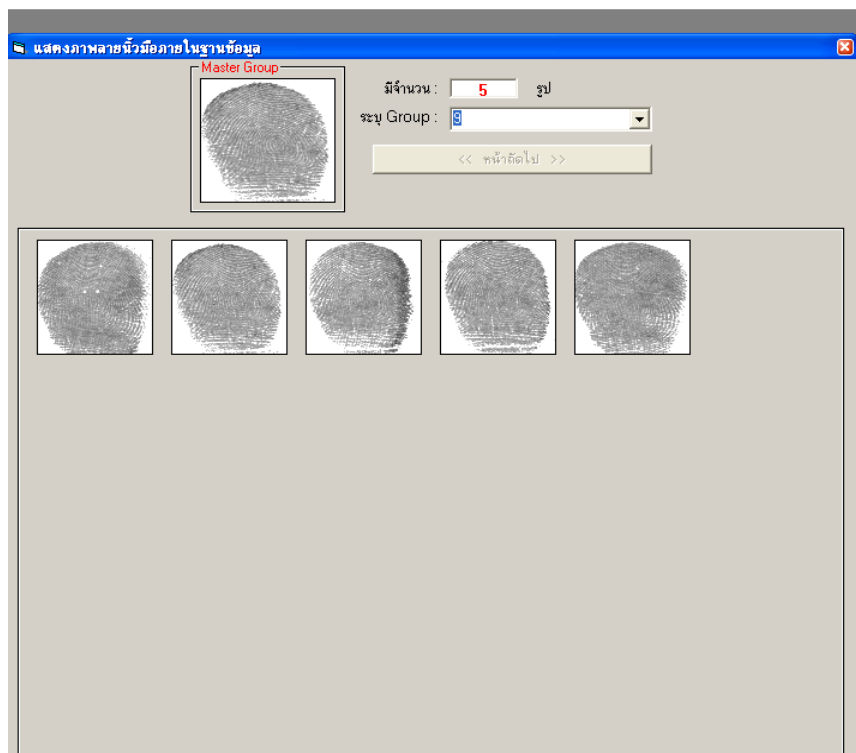
ภาพผนวกที่ ก6 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 6



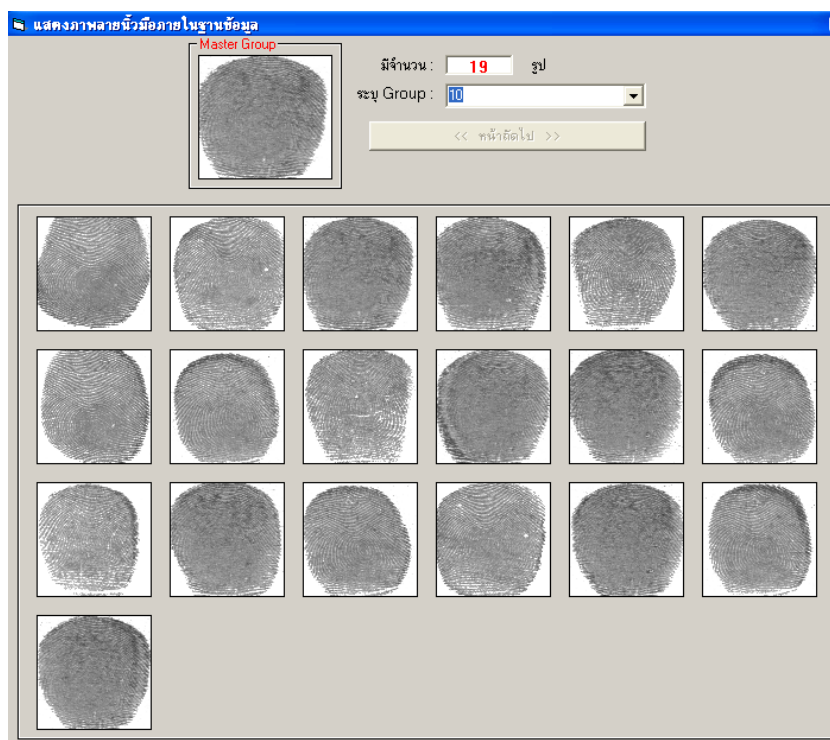
ภาพผนวกที่ ก7 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 7



ภาพผนวกที่ ก8 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 8



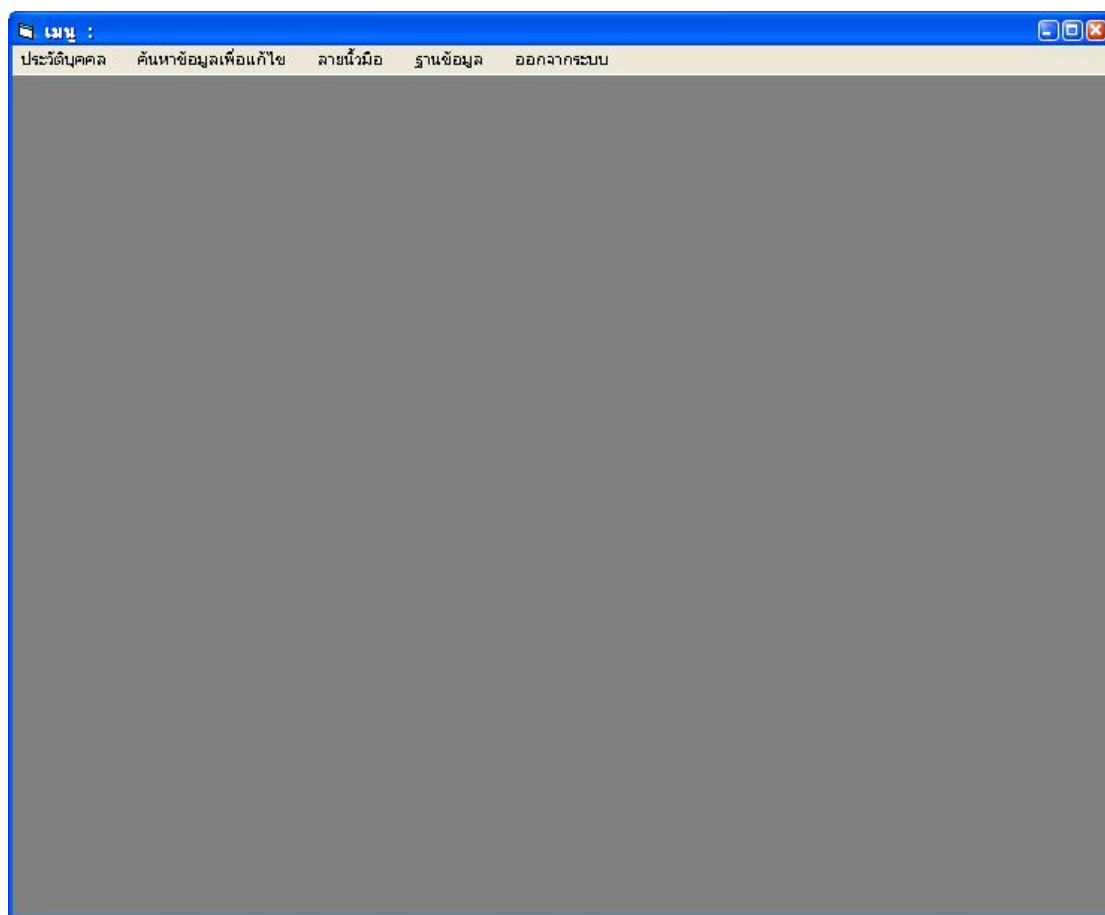
ภาพผนวกที่ ก9 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 9



ภาพผนวกที่ ก10 แสดงภาพลายนิ้วมือภายในฐานข้อมูล Group 10

ภาคผนวก ข

Source code Visual Basic 6.0



ภาพผนวกที่ ข1 แสดง Main Menu ของโปรแกรม

Option Explicit

```
Dim Msg As String
Dim Connect As ADODB.Connection
Dim Rs As ADODB.Recordset
Dim Path As String
Dim Myfso As New FileSystemObject, mytxtfile, tmpfil1, tmpfil2
Dim Myfile As File
Dim Myfolder As Folder
```

Private Sub CheckDatabase()

' เช็คว่ฐานข้อมูล

```
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
```

```

        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM resume", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
        If Rs.EOF Then ' ถ้าในฐานข้อมูลไม่มีข้อมูลอยู่เลยให้ทำการสร้าง Folder
Picture ไว้เพื่อสำหรับเก็บรูปภาพ
            Set Myfso = New FileSystemObject
            Set Myfso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
            Set Myfolder = Myfso.GetFolder(App.Path)
            Myfso.CreateFolder (App.Path & "Picture")
        End If
        Connect.Close

' ถ้าไม่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลให้สร้าง Folder ขึ้นมาชื่อ Picture เพื่อใช้ในการเก็บรูปภาพ

' เช็คข้อมูลที่เป็น buffer ว่ามีหรือไม่ถ้ามีให้ลบทิ้งให้หมด
        Set Connect = New ADODB.Connection
        Set Rs = New ADODB.Recordset
        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close

' ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่ table ชื่อ bufferresume เพื่อไว้ใช้ในการค้นหา
        FrmResume.Adodc1.ConnectionString =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" &
App.Path & "\databasefinger.mdb"
        FrmResume.Adodc1.CommandType = adCmdText
        FrmResume.Adodc1.RecordSource = "SELECT * FROM bufferresume"
        FrmResume.Adodc1.Refresh
        FrmResume.DataGrid1.Refresh

End Sub

Private Sub DeleteAllData_Click()

```

'ทำการลบฐานข้อมูล และ Folder ที่ทำเก็บรูปภาพทิ้ง และทำการสร้างขึ้นมาใหม่'

On Error Resume Next

Msg = MsgBox("ยืนยันการลบข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล", vbInformation + vbYesNo, "Clear All Database")

If Msg = vbYes Then

```
Set mytxtfile = Myfso.GetFile(App.Path & "\backup.mdb")
Set tmpfil1 = Myfso.GetFile(App.Path & "\backup.mdb")
tmpfil1.Copy (App.Path & "\databasefinger.mdb")
Set Myfso = New FileSystemObject
Set Myfso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
Set Myfolder = Myfso.GetFolder(App.Path)
Myfso.DeleteFolder (App.Path & "\Picture")
```

Call CheckDatabase

Msg = MsgBox("ลบข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว", vbInformation + vbOKOnly, "Clear Database Complete")

End If

End Sub

Private Sub Exit_Click()

On Error Resume Next

Msg = MsgBox("ยืนยันการออกจากระบบ", vbInformation + vbYesNo, "Confrim Exit Program")

If Msg = vbYes Then

End

End If

End Sub

Private Sub Form_Load()

On Error Resume Next

' เรียกฟังก์ชัน CheckDatabase เพื่อเช็คว่ามีข้อมูลในฐานข้อมูล resume หรือไม่ถ้าไม่ให้ทำการสร้าง Folder ขึ้นมาเพื่อใช้ในการเก็บรูปภาพ

Call CheckDatabase

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

On Error Resume Next

Msg = MsgBox("ยืนยันการออกจากระบบ", vbInformation + vbYesNo, "Confrim
Exit Program")

If Msg = vbYes Then

End

End If

End Sub

Private Sub MeuResume_Click()

' โหลดฟอร์ม FrmResume เพื่อทำการแก้ไข ลบ เพิ่ม ประวัติ

FrmResume.CmdCreateNew.Value = True

FrmResume.Show vbModal

End Sub

Private Sub SearchAllData_Click()

' ค้นหาจากข้อมูลทั้งหมด

On Error Resume Next

FrmResume.CmdCreateNew.Value = True

Set Connect = New ADODB.Connection

Set Rs = New ADODB.Recordset

Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"

Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic

If Not Rs.EOF Then

Rs.MoveFirst

Do While Not Rs.EOF

Rs.Delete

Rs.MoveNext

Loop

End If

Connect.Close

```

FrmResume.Adodc1.Refresh
FrmResume.DataGrid1.Refresh
FrmResume.Txt1.Text = ""
FrmResume.Option5.Value = True
FrmResume.CmdSearchResume.Value = True
FrmResume.Show vbModal

```

End Sub

Private Sub SearchFingerFromDatabase_Click()

' นำชื่อจังหวัดมาใส่ไว้ใน combo เพื่อไว้ใช้ในการค้นหา

```

On Error Resume Next
FrmSearchDatafinger.Combo1.Clear
FrmSearchDatafinger.Combo2.Clear
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
Rs.Open "SELECT * FROM city", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
If Not Rs.EOF Then
Rs.MoveFirst
Do While Not Rs.EOF
Msg = Rs.Fields("city").Value
FrmSearchDatafinger.Combo1.AddItem Msg
Rs.MoveNext
Loop
End If
Connect.Close
Msg = "ทั้งหมด"
FrmSearchDatafinger.Combo1.AddItem Msg
FrmSearchDatafinger.Combo1.Text = "ทั้งหมด"
FrmSearchDatafinger.Combo2.Text = "ทั้งหมด"
FrmSearchDatafinger.Show vbModal

```

End Sub

Private Sub SearchFromCity_Click()

' ค้นหาจากจังหวัด

```

On Error Resume Next
FrmResume.CmdCreateNew.Value = True
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset

```

```

        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close
        FrmResume.Adodc1.Refresh
        FrmResume.DataGrid1.Refresh
        FrmResume.Txt1.Text = ""
        FrmResume.Option4.Value = True
        FrmResume.Show vbModal

```

End Sub

Private Sub SearchFromName_Click()

'ค้นหาจากชื่อ

On Error Resume Next

```

        FrmResume.CmdCreateNew.Value = True
        Set Connect = New ADODB.Connection
        Set Rs = New ADODB.Recordset
        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close
        FrmResume.Adodc1.Refresh
        FrmResume.DataGrid1.Refresh
        FrmResume.Txt1.Text = ""
        FrmResume.Option1.Value = True
        FrmResume.Show vbModal

```

End Sub

Private Sub SearchFromSurname_Click()

' ค้นหาจากนามสกุล

On Error Resume Next

 FrmResume.CmdCreateNew.Value = True

 Set Connect = New ADODB.Connection

 Set Rs = New ADODB.Recordset

 Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"

 Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic

 If Not Rs.EOF Then

 Rs.MoveFirst

 Do While Not Rs.EOF

 Rs.Delete

 Rs.MoveNext

 Loop

 End If

 Connect.Close

 FrmResume.Adodc1.Refresh

 FrmResume.DataGrid1.Refresh

 FrmResume.Txt1.Text = ""

 FrmResume.Option2.Value = True

 FrmResume.Show vbModal

End Sub

Private Sub SearchFromZone_Click()

' ค้นหาจากเขต

On Error Resume Next

 FrmResume.CmdCreateNew.Value = True

 Set Connect = New ADODB.Connection

 Set Rs = New ADODB.Recordset

 Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"

 Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic

 If Not Rs.EOF Then

 Rs.MoveFirst

 Do While Not Rs.EOF

 Rs.Delete

 Rs.MoveNext

 Loop

 End If

 Connect.Close

```

FrmResume.Adodc1.Refresh
FrmResume.DataGrid1.Refresh
FrmResume.Txt1.Text = ""
FrmResume.Option3.Value = True
FrmResume.Show vbModal

```

```
End Sub
```

```
Private Sub ShowAllData_Click()
```

```
' แสดงข้อมูลทั้งหมด
```

```
On Error Resume Next
```

```

    FrmShowAllData.Adodc1.ConnectionString =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" &
App.Path & "\databasefinger.mdb"
    FrmShowAllData.Adodc1.CommandType = adCmdText
    FrmShowAllData.Adodc1.RecordSource = "SELECT * FROM resume ORDER
BY name"

```

```

    FrmShowAllData.Adodc1.Refresh
    If Not FrmShowAllData.Adodc1.Recordset.EOF Then

```

```

        FrmShowAllData.DataGrid1.Refresh
        FrmShowAllData.Show vbModal

```

```
    Else
```

```

        Msg = MsgBox("ขณะนี้ไม่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูล", vbCritical + vbOKOnly,
"File Not Found")

```

```
    End If
```

```
End Sub
```

ภาพผนวกที่ ข2 แสดง Application การบันทึกประวัติใหม่

Option Explicit

Dim Msg As String, CheckData As String, Path As String

Dim Connect As ADODB.Connection ' ทำการประกาศตัวแปรเพื่อใช้ในการเปิดฐานข้อมูล

Dim Rs As ADODB.Recordset ' ทำการประกาศตัวแปรเพื่อใช้ในการกำหนดฐาน ข้อมูลที่เรา

จะเปิด table 'ไหนและมีเงื่อนไขอย่างไร

Dim Con As ADODB.Connection

Dim Tr As ADODB.Recordset

Dim Myfso As New FileSystemObject, mytxtfile, tmpfil1, tmpfil2

Dim Myfile As File

Dim Myfolder As Folder

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim C As Variant

Private Sub DeleteBuffer()

Set Connect = New ADODB.Connection

Set Rs = New ADODB.Recordset

Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"

Rs.Open "SELECT * FROM bufferresume", Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic

If Not Rs.EOF Then

Rs.MoveFirst

```

        Do While Not Rs.EOF
            Rs.Delete
            Rs.MoveNext
        Loop
    End If
    Connect.Close
End Sub
Private Sub CmdAddPic_Click()

' โหลดรูปบุคคล

    On Error Resume Next

    Com.Filter = "Images |*.jpg;*.gif;*.bmp"
    Com.ShowOpen
    Path = Com.FileName
    If Path <> "" Then
        Label3(0).Caption = Path
        If id.Caption <> "" Then
            Image1.Picture = LoadPicture(Path)
            Image1.Visible = True
        End If
    End If

End Sub

Private Sub CmdCreateNew_Click()
Dim num As Variant

'ทำการเคลียร์ข้อมูลทั้งหมดเพื่อเริ่มรายการใหม่และรันหมายเลข id ใหม่

    On Error Resume Next

    Call CreateNew

    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM resume", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then
        Rs.MoveLast
        num = Val(Rs.Fields("id").Value)
        num = num + 1
        id.Caption = num
    End If
End Sub

```

```

        Else
            num = 1
            id.Caption = num
        End If
    Connect.Close

End Sub

Private Sub CmdDeleteData_Click()

' ทำการลบข้อมูลของบุคคลออกจากฐานข้อมูล

    On Error Resume Next

    If id.Caption <> "" And Text1.Text <> "" And Text2.Text <> "" And Text3.Text <> "" And Text8.Text <> "" And Text9.Text <> "" And Text10.Text <> "" Then

        Msg = MsgBox("ยืนยันการลบข้อมูลนี้ออกจากฐานข้อมูล", vbInformation + vbYesNo, "Confirm Delete Data")

        If Msg = vbYes Then

            'ตรวจรหัส id ของฐานข้อมูลที่แสดงอยู่แล้วทำการค้นหาข้อมูลนั้นแล้วทำการลบข้อมูล
            'ออกจากตาราง resume

            Msg = id.Caption
            Msg = "" + Msg + ""
            Set Connect = New ADODB.Connection
            Set Rs = New ADODB.Recordset
            Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
            Rs.Open "SELECT * FROM resume WHERE id=" & Msg, Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
            If Not Rs.EOF Then
                Rs.MoveFirst
                Do While Not Rs.EOF
                    Rs.Delete
                    Rs.MoveNext
                Loop
            End If
            Connect.Close

            'ทำการเปิดตาราง datafinger แล้วทำการลบข้อมูลที่มีรหัสฐานข้อมูลนั้นออก
            Set Connect = New ADODB.Connection

```

```

        Set Rs = New ADODB.Recordset
        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM datafinger WHERE id=" & Msg,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close

        Msg = MsgBox("ลบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว", vbInformation + vbOKOnly,
"Delete Data Complete")
        Call CreateNew

    End If

End If

End Sub

Private Sub CmdDeletePic_Click()
    On Error Resume Next
    Label3(0).Caption = ""
    Image1.Visible = False
End Sub

Private Sub CmdSaveData_Click()
    On Error Resume Next

    If id.Caption <> "" And Text2.Text <> "" And Text3.Text <> "" And Text8.Text
<> "" And Text9.Text <> "" Then

        Msg = MsgBox("ยืนยันการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล", vbInformation +
vbYesNo, "Confirm Save Data")

        If Msg = vbYes Then

            ' บันทึกข้อมูลประวัติลงในฐานข้อมูล ที่ table ชื่อ resume
            Msg = id.Caption
            Msg = "" + Msg + ""
            Set Connect = New ADODB.Connection

```

```

Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
Rs.Open "SELECT * FROM resume WHERE id=" & Msg,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
If Rs.EOF Then
Rs.AddNew
Else
Rs.MoveFirst
End If
Rs.Fields("id").Value = id.Caption
Rs.Fields("idcard").Value = Text1.Text
Rs.Fields("name").Value = Text2.Text
Rs.Fields("sname").Value = Text3.Text
Rs.Fields("n").Value = Text4.Text
Rs.Fields("soi").Value = Text5.Text
Rs.Fields("road").Value = Text6.Text
Rs.Fields("qwang").Value = Text7.Text
Rs.Fields("zonee").Value = Text8.Text
Rs.Fields("city").Value = Text9.Text
Rs.Fields("birth").Value = Text10.Text
Rs.Fields("religion").Value = Text11.Text
Rs.Fields("moo").Value = Text12.Text
If Option6.Value = True Then
Rs.Fields("sex").Value = "M"
ElseIf Option7.Value = True Then
Rs.Fields("sex").Value = "F"
End If

```

```

'เซ็กรูปและทำการบันทึกรูปลงใน Folder Picture
For i = 1 To 10
If Label3(i).Caption <> "" Then
CheckData = Right(Label3(i).Caption, 3)
If CheckData = "BMP" Or CheckData = "bmp" Or CheckData
= "jpg" Or CheckData = "JPG" Or CheckData = "GIF" Or CheckData = "gif" Then
Path = Label3(i).Caption
Set mytxtfile = Myfso.GetFile(Path)
Set tmpfil1 = Myfso.GetFile(Path)
tmpfil1.Copy (App.Path & "\Picture\" & id.Caption &
"fpic" & i & ".BMP")
End If
End If
Next i
If Label3(0).Caption <> "" Then
CheckData = Right(Label3(0).Caption, 3)

```

```

        If CheckData = "BMP" Or CheckData = "bmp" Or CheckData
= "jpg" Or CheckData = "JPG" Or CheckData = "GIF" Or CheckData = "gif" Then
            Path = Label3(0).Caption
            Set mytxtfile = Myfso.GetFile(Path)
            Set tmpfil1 = Myfso.GetFile(Path)
            tmpfil1.Copy (App.Path & "\Picture\" & id.Caption &
".BMP")
        End If
    End If

```

'บันทึกชื่อ รูปที่ทำการบันทึกลงใน Folder Picture

```

    For i = 1 To 10
        If Label3(i).Caption <> "" Then
            Rs.Fields("fpic" & i).Value = "fpic" & i
        Else
            Rs.Fields("fpic" & i).Value = Label3(i).Caption
        End If
    Next i
    If Label3(0).Caption <> "" Then
        Rs.Fields("pic").Value = id.Caption
    Else
        Rs.Fields("pic").Value = Label3(0).Caption
    End If

    Rs.Update
    Connect.Close

```

' เป็นขั้นตอนการบันทึก datafinger

```

    Msg = id.Caption
    Msg = "" + Msg + ""
    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM datafinger WHERE id=" & Msg,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then
        Rs.MoveFirst
        Do While Not Rs.EOF
            Rs.Delete
            Rs.MoveNext
        Loop
    End If
    For j = 1 To 10

```

```

        If Label3(j).Caption <> "" Then
            CheckData = "fpic" & j
            CheckData = "" + CheckData + ""
            Set Con = New ADODB.Connection
            Set Tr = New ADODB.Recordset
            Con.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
            Tr.Open "SELECT * FROM bufferdatafinger WHERE
id=" & Msg & "AND nfinger=" & CheckData, Con, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

                If Not Tr.EOF Then
                    Tr.MoveFirst
                    Rs.AddNew
                    Rs.Fields("id").Value =
Tr.Fields("id").Value
                    Rs.Fields("nfinger").Value =
Tr.Fields("nfinger").Value
                    Rs.Fields("ngroup").Value =
Tr.Fields("ngroup").Value
                    Rs.Fields("zonee").Value = Text8.Text
                    Rs.Fields("city").Value = Text9.Text
                    For i = 1 To 9
                        Rs.Fields("bi" & i).Value =
Tr.Fields("bi" & i).Value
                        Rs.Fields("ri" & i).Value =
Tr.Fields("ri" & i).Value
                    Next i
                    Rs.Update
                End If
            Con.Close
        End If
    Next j
Connect.Close

```

```

' บันทึกเขตกับ จังหวัดเก็บไว้เพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการ searchdatafinger
Msg = Text8.Text
Msg = "" + Msg + ""
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
Rs.Open "SELECT * FROM zonee WHERE zonee=" & Msg,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
If Rs.EOF Then
    Rs.AddNew
    Rs.Fields("zonee").Value = Text8.Text

```

```

        Rs.Fields("city").Value = Text9.Text
        Rs.Update
    End If
    Connect.Close
    Msg = Text9.Text
    Msg = "" + Msg + ""
    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM city WHERE city=" & Msg,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
    If Rs.EOF Then
        Rs.AddNew
        Rs.Fields("city").Value = Text9.Text
        Rs.Update
    End If
    Connect.Close

    Msg = MsgBox("บันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว", vbInformation + vbOKOnly,
"Save Data Complete")
    End If

Else
    Msg = MsgBox("กรุณาระบุรายละเอียดให้ครบ", vbCritical + vbOKOnly, "Please
Insert Data")
    End If
End Sub

Private Sub CmdSearchResume_Click()

' เช็คนี้ออกไปเพื่อทำการค้นหา

    On Error Resume Next

' ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่ table ชื่อ bufferresume เพื่อไว้ใช้ในการค้นหา
    Call DeleteBuffer
    Adodc1.ConnectionString = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist
Security Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Adodc1.CommandType = adCmdText
    Adodc1.RecordSource = "SELECT * FROM bufferresume"
    Adodc1.Refresh
    DataGrid1.Refresh

    If Option1.Value = True Then

```

```

Call DeleteBuffer
CheckData = UCase(Txt1.Text)
C = Len(CheckData)
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM resume", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then
        Rs.MoveFirst
        Adodc1.Refresh
        Do While Not Rs.EOF
            Msg = Rs.Fields("name").Value
            Msg = Left(Msg, C)
            If Msg = CheckData Then
                Adodc1.Recordset.AddNew
                Adodc1.Recordset.Fields("id").Value =
Rs.Fields("id").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("name").Value =
Rs.Fields("name").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("sname").Value =
Rs.Fields("sname").Value
                Adodc1.Recordset.Update
                Adodc1.Refresh
            End If
            Rs.MoveNext
        Loop
    Else
        Msg = MsgBox("ไม่มีข้อมูลใด ๆ ในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
        Txt1.Text = ""
    End If
Connect.Close
Adodc1.Refresh
If Adodc1.Recordset.EOF Then
    Msg = MsgBox("ไม่พบข้อมูลที่ต้องการในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
    Txt1.Text = ""
    CmdCreateNew.Value = True
End If
DataGrid1.Refresh
ElseIf Option2.Value = True Then
    Call DeleteBuffer
    CheckData = UCase(Txt1.Text)
    C = Len(CheckData)

```

```

Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
Rs.Open "SELECT * FROM resume", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then
        Rs.MoveFirst
        Adodc1.Refresh
        Do While Not Rs.EOF
            Msg = Rs.Fields("sname").Value
            Msg = Left(Msg, C)
            If Msg = CheckData Then
                Adodc1.Recordset.AddNew
                Adodc1.Recordset.Fields("id").Value =
Rs.Fields("id").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("name").Value =
Rs.Fields("name").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("sname").Value =
Rs.Fields("sname").Value
                Adodc1.Recordset.Update
                Adodc1.Refresh
            End If
            Rs.MoveNext
        Loop
    Else
        Msg = MsgBox("ไม่มีข้อมูลใด ๆ ในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
        Txt1.Text = ""
    End If
Connect.Close
Adodc1.Refresh
If Adodc1.Recordset.EOF Then
    Msg = MsgBox("ไม่พบข้อมูลที่ต้องการในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
    Txt1.Text = ""
    CmdCreateNew.Value = True
End If
DataGrid1.Refresh
ElseIf Option3.Value = True Then
    Call DeleteBuffer
    CheckData = UCase(Txt1.Text)
    CheckData = "" + CheckData + ""
    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset

```

```

        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM resume WHERE zonee=" & CheckData,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Adodc1.Refresh
            Do While Not Rs.EOF
                Adodc1.Recordset.AddNew
                Adodc1.Recordset.Fields("id").Value =
Rs.Fields("id").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("name").Value =
Rs.Fields("name").Value
                Adodc1.Recordset.Fields("sname").Value =
Rs.Fields("sname").Value
                Adodc1.Recordset.Update
                Adodc1.Refresh
                Rs.MoveNext
            Loop
        Else
            Msg = MsgBox("ไม่พบข้อมูลที่ต้องการในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
            Txt1.Text = ""
        End If
        Connect.Close
        Adodc1.Refresh
        DataGrid1.Refresh
        ElseIf Option4.Value = True Then
            Call DeleteBuffer
            CheckData = UCase(Txt1.Text)
            CheckData = "" + CheckData + ""
            Set Connect = New ADODB.Connection
            Set Rs = New ADODB.Recordset
            Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
            Rs.Open "SELECT * FROM resume WHERE city=" & CheckData,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
            If Not Rs.EOF Then
                Rs.MoveFirst
                Adodc1.Refresh
                Do While Not Rs.EOF
                    Adodc1.Recordset.AddNew
                    Adodc1.Recordset.Fields("id").Value =
Rs.Fields("id").Value
                    Adodc1.Recordset.Fields("name").Value =
Rs.Fields("name").Value

```

```

                                Adodc1.Recordset.Fields("sname").Value =
Rs.Fields("sname").Value
                                Adodc1.Recordset.Update
                                Adodc1.Refresh
                                Rs.MoveNext
                                Loop
                            Else
                                Msg = MsgBox("ไม่พบข้อมูลที่ต้องการในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
                                Txt1.Text = ""
                                End If
                                Connect.Close
                                Adodc1.Refresh
                                DataGrid1.Refresh
                            ElseIf Option5.Value = True Then
                                Call DeleteBuffer
                                Set Connect = New ADODB.Connection
                                Set Rs = New ADODB.Recordset
                                Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
                                Rs.Open "SELECT * FROM resume", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
                                If Not Rs.EOF Then
                                    Rs.MoveFirst
                                    Adodc1.Refresh
                                    Do While Not Rs.EOF
                                        Adodc1.Recordset.AddNew
                                        Adodc1.Recordset.Fields("id").Value =
Rs.Fields("id").Value
                                        Adodc1.Recordset.Fields("name").Value =
Rs.Fields("name").Value
                                        Adodc1.Recordset.Fields("sname").Value =
Rs.Fields("sname").Value
                                        Adodc1.Recordset.Update
                                        Adodc1.Refresh
                                        Rs.MoveNext
                                    Loop
                                Else
                                    Msg = MsgBox("ไม่มีข้อมูลใด ๆ ในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
                                    Txt1.Text = ""
                                    End If
                                    Connect.Close
                                    Adodc1.Refresh
                                    DataGrid1.Refresh
                                End If

```

' เมื่อทำการเช็คเงื่อนไขแล้วก็แสดงข้อมูลออกมาแสดงทาง DataGrid เพื่อให้เราทำการคลิกเลือกกว่า
ต้องการแก้ไขประวัติบุคคลใด

End Sub

Private Sub CreateNew()

' เป็นฟังก์ชันในการเคลียร์ข้อมูลในหน้าจอทั้งหมด

```

Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
Text3.Text = ""
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
Text6.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
Text9.Text = ""
Text10.Text = ""
Text11.Text = ""
Text12.Text = ""
Combo1.Text = ""
Combo2.Text = ""
Option6.Value = True
Option7.Value = False
Image1.Visible = False
Fpic1.Visible = False
Fpic2.Visible = False
Fpic3.Visible = False
Fpic4.Visible = False
Fpic5.Visible = False
Fpicr1.Visible = False
Fpicr2.Visible = False
Fpicr3.Visible = False
Fpicr4.Visible = False
Fpicr5.Visible = False
For i = 0 To 10
    Label3(i).Caption = ""
Next i
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM bufferdatafinger", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic

```

```

        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close

End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Dim Choice As String

    ' เป็นการโหลดรูปลายนิ้วมือข้างขวา

    On Error Resume Next

    Choice = Combo1.Text
    If Choice <> "" Then

        Select Case Choice

            Case "นิ้วโป้ง"
                If id.Caption <> "" Then
                    FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic1"
                    FrmAddDatafinger.Show vbModal
                Else
                    Fpic1.Visible = False
                End If

            Case "นิ้วชี้"
                If id.Caption <> "" Then
                    FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic2"
                    FrmAddDatafinger.Show vbModal
                Else
                    Fpic2.Visible = False
                End If

            Case "นิ้วกลาง"
                If id.Caption <> "" Then
                    FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic3"
                    FrmAddDatafinger.Show vbModal
                Else
                    Fpic3.Visible = False
                End If

            Case "นิ้วนาง"

```

```

        If id.Caption <> "" Then
            FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic4"
            FrmAddDatafinger.Show vbModal
        Else
            Fpicr4.Visible = False
        End If
    Case "นิ้วก้อย"
        If id.Caption <> "" Then
            FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic5"
            FrmAddDatafinger.Show vbModal
        Else
            Fpicr5.Visible = False
        End If
    End Select
End If

End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Dim Choice As String

    ' เป็นการลบรูปลายนิ้วมือข้างขวา

    On Error Resume Next

    Choice = Combo1.Text
    If Choice <> "" Then

        Select Case Choice

            Case "นิ้วโป้ง"

                Label3(1).Caption = ""
                Fpicr1.Visible = False

            Case "นิ้วชี้"

                Label3(2).Caption = ""
                Fpicr2.Visible = False

            Case "นิ้วกลาง"

                Label3(3).Caption = ""
                Fpicr3.Visible = False

```

Case "นิ้วนาง"

Label3(4).Caption = ""
Fpicr4.Visible = False

Case "นิ้วก้อย"

Label3(5).Caption = ""
Fpicr5.Visible = False

End Select
End If

End Sub

Private Sub Command3_Click()
Dim Choice As String

'โหลดรูปลายนิ้วมือข้างซ้าย

On Error Resume Next

Choice = Combo2.Text

If Choice <> "" Then

Select Case Choice

Case "นิ้วโป้ง"

If id.Caption <> "" Then
FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic6"
FrmAddDatafinger.Show vbModal
Else
Fpicl1.Visible = False
End If

Case "นิ้วชี้"

If id.Caption <> "" Then
FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic7"
FrmAddDatafinger.Show vbModal
Else
Fpicl2.Visible = False
End If

Case "นิ้วกลาง"

If id.Caption <> "" Then

```

        FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic8"
        FrmAddDatafinger.Show vbModal
    Else
        Fpicl3.Visible = False
    End If
Case "นิ้วนาง"
    If id.Caption <> "" Then
        FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic9"
        FrmAddDatafinger.Show vbModal
    Else
        Fpicl4.Visible = False
    End If
Case "นิ้วก้อย"
    If id.Caption <> "" Then
        FrmAddDatafinger.Label1.Caption = "fpic10"
        FrmAddDatafinger.Show vbModal
    Else
        Fpicl5.Visible = False
    End If
End Select

End If

End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Dim Choice As String

    'โหลดรูปลายนิ้วมือข้างซ้าย

    On Error Resume Next

    Choice = Combo2.Text
    If Choice <> "" Then

        Select Case Choice

            Case "นิ้วโป้ง"

                Label3(6).Caption = ""
                Fpicl1.Visible = False

            Case "นิ้วกลาง"

                Label3(7).Caption = ""

```

```

        Fpicl2.Visible = False

    Case "นิ้วกลาง"

        Label3(8).Caption = ""
        Fpicl3.Visible = False

    Case "นิ้วนาง"

        Label3(9).Caption = ""
        Fpicl4.Visible = False

    Case "นิ้วก้อย"

        Label3(10).Caption = ""
        Fpicl5.Visible = False

End Select
End If

End Sub

Private Sub DataGrid1_Click()

' ทำการแสดงผลประวัติและโหลครูปลายนิ้วมือของบุคคลที่ทำการคลิกเพื่อเลือกดูข้อมูล

On Error Resume Next

    Call CreateNew
    Msg = Adodc1.Recordset.Fields("id").Value
    Msg = "" + Msg + ""
    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM resume WHERE id=" & Msg, Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then
        Rs.MoveFirst
        Text1.Text = Rs.Fields("idcard").Value
        Text2.Text = Rs.Fields("name").Value
        Text3.Text = Rs.Fields("sname").Value
        Text4.Text = Rs.Fields("n").Value
        Text5.Text = Rs.Fields("soi").Value
        Text6.Text = Rs.Fields("road").Value

```

```

Text7.Text = Rs.Fields("qwang").Value
Text8.Text = Rs.Fields("zonee").Value
Text9.Text = Rs.Fields("city").Value
Text10.Text = Rs.Fields("birth").Value
Text11.Text = Rs.Fields("religion").Value
Text12.Text = Rs.Fields("moo").Value
id.Caption = Rs.Fields("id").Value
If Rs.Fields("sex").Value = "M" Then
    Option6.Value = True
ElseIf Rs.Fields("sex").Value = "F" Then
    Option7.Value = True
End If
For i = 0 To 10
    Label3(i).Caption = ""
Next i

' ขั้นตอนการโหลดรูป
Path = Rs.Fields("pic").Value
If Path <> "" Then
    Label3(0).Caption = Path
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\"Picture\" & Path & ".BMP")
    Image1.Visible = True
Else
    Image1.Visible = False
End If

' โหลดรูปบุคคล
' โหลดรูปนิ้วโป้งขวา
Path = Rs.Fields("fpic1").Value
If Path <> "" Then
    Label3(1).Caption = Path
    Fpic1.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\"Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
    Fpic1.Visible = True
Else
    Fpic1.Visible = False
End If

' โหลดรูปนิ้วชี้ขวา
Path = Rs.Fields("fpic2").Value
If Path <> "" Then
    Label3(2).Caption = Path
    Fpic2.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\"Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")

```

```

        Fpic2.Visible = True
    Else
        Fpic2.Visible = False
    End If

    ' โหลดรูปนี้่กกลางขวา
    Path = Rs.Fields("fpic3").Value
    If Path <> "" Then
        Label3(3).Caption = Path
        Fpic3.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
        Fpic3.Visible = True
    Else
        Fpic3.Visible = False
    End If

    ' โหลดรูปนี้่กนางขวา
    Path = Rs.Fields("fpic4").Value
    If Path <> "" Then
        Label3(4).Caption = Path
        Fpic4.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
        Fpic4.Visible = True
    Else
        Fpic4.Visible = False
    End If

    ' โหลดรูปนี้่ก้อยขวา
    Path = Rs.Fields("fpic5").Value
    If Path <> "" Then
        Label3(5).Caption = Path
        Fpic5.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
        Fpic5.Visible = True
    Else
        Fpic5.Visible = False
    End If

    ' โหลดรูปนี้่กโป่งซ้าย
    Path = Rs.Fields("fpic6").Value
    If Path <> "" Then
        Label3(6).Caption = Path
        Fpic11.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
        Fpic11.Visible = True
    End If

```

```

Else
    Fpic11.Visible = False
End If

' โหลดรูปนิ้วชี้ซ้าย
Path = Rs.Fields("fpic7").Value
If Path <> "" Then
    Label3(7).Caption = Path
    Fpic12.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
    Fpic12.Visible = True
Else
    Fpic12.Visible = False
End If

' โหลดรูปนิ้วกลางซ้าย
Path = Rs.Fields("fpic8").Value
If Path <> "" Then
    Label3(8).Caption = Path
    Fpic13.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
    Fpic13.Visible = True
Else
    Fpic13.Visible = False
End If

' โหลดรูปนิ้วนางซ้าย
Path = Rs.Fields("fpic9").Value
If Path <> "" Then
    Label3(9).Caption = Path
    Fpic14.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
    Fpic14.Visible = True
Else
    Fpic14.Visible = False
End If

' โหลดรูปนิ้วก้อยซ้าย
Path = Rs.Fields("fpic10").Value
If Path <> "" Then
    Label3(10).Caption = Path
    Fpic15.Picture = LoadPicture(App.Path &
"\Picture\" & id.Caption & Path & ".BMP")
    Fpic15.Visible = True
Else

```

```

        Fpic15.Visible = False
    End If
    ' โหลดครบทุกนิ้วที่มีในฐานข้อมูล

    ' นำข้อมูล datafinger ของบุคคลที่เลือกไปเก็บไว้ใน
bufferdatafinger ก่อนเพื่อมีการแก้ไขและลบข้อมูล

        Set Connect = New ADODB.Connection
        Set Rs = New ADODB.Recordset
        Connect.Open
        "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" &
App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM bufferdatafinger",
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Rs.Delete
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Set Con = New ADODB.Connection
        Set Tr = New ADODB.Recordset
        Con.Open
        "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security Info=False;Data Source=" &
App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Tr.Open "SELECT * FROM datafinger
WHERE id=" & Msg, Con, adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Tr.EOF Then
            Tr.MoveFirst
            Do While Not Tr.EOF
                Rs.AddNew
                Rs.Fields("id").Value =
Tr.Fields("id").Value
                Rs.Fields("nfinger").Value =
Tr.Fields("nfinger").Value
                Rs.Fields("ngroup").Value =
Tr.Fields("ngroup").Value
                For i = 1 To 9
                    Rs.Fields("bi" & i).Value =
Tr.Fields("bi" & i).Value
                    Rs.Fields("ri" & i).Value =
Tr.Fields("ri" & i).Value
                Next i
                Rs.Update
                Tr.MoveNext
            Loop

```

```

                                End If
                                Connect.Close
                                Con.Close

                                Else
                                    Call CreateNew
                                End If
                                Connect.Close

End Sub

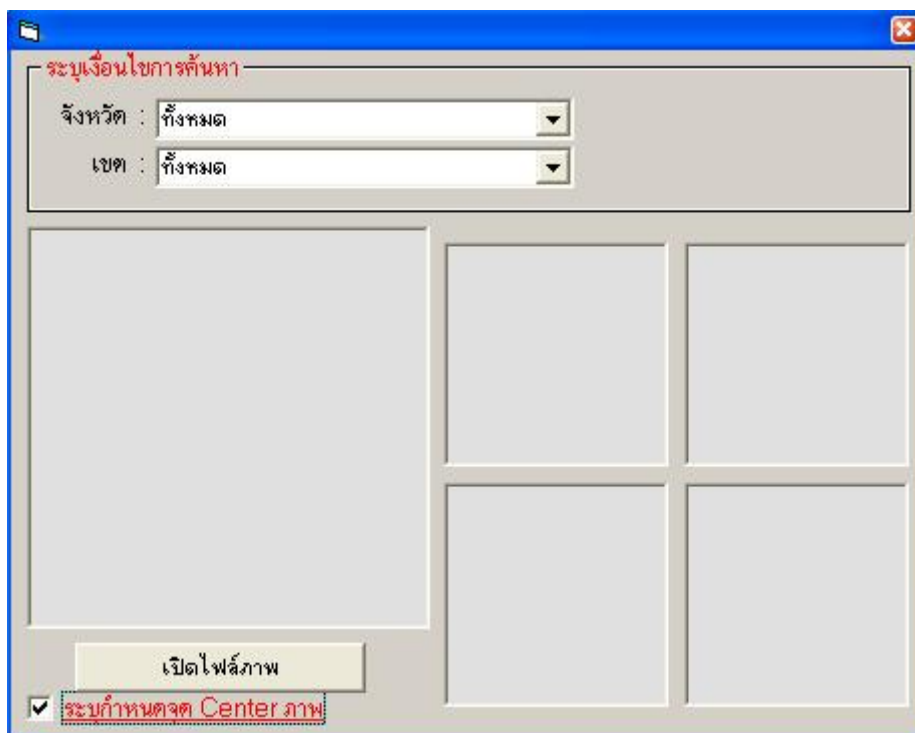
Private Sub Option1_Click()
    Txt1.Text = ""
    Call DeleteBuffer
End Sub

Private Sub Option2_Click()
    Txt1.Text = ""
    Call DeleteBuffer
End Sub

Private Sub Option3_Click()
    Txt1.Text = ""
    Call DeleteBuffer
End Sub

Private Sub Option4_Click()
    Txt1.Text = ""
    Call DeleteBuffer
End Sub

Private Sub Option5_Click()
    Txt1.Text = ""
    Call DeleteBuffer
End Sub
```



ภาพผนวกที่ ข3 แสดง Application การเปรียบเทียบเพื่อจับคู่ลายนิ้วมือ

Option Explicit

Dim Path As String, Msg As String

Dim i As Integer, j As Integer, n As Integer

Dim Col(100000) As Variant

Dim Xmin As Long, Xmax As Long, Ymin As Long, Ymax As Long

Dim tmpOutput As String

Dim zoneRidge(1 To 9) As Integer

Dim zoneBifur(1 To 9) As Integer

Dim tmpName() As String

Dim bi As Variant

Dim ri As Variant

Dim C As Variant

Dim d As Variant

Dim num As String, a As String

Dim StartTime As Variant

Dim EndTime As Variant

Dim Number As Variant

Dim Stre As String

Dim Choice As String

Dim Weigth As Variant

Dim CT As Variant

Dim Myfso As New FileSystemObject, mytxtfile, tmpfil1, tmpfil2

Dim Myfile As File

```

Dim Myfolder As Folder

Dim Connect As ADODB.Connection
Dim Rs As ADODB.Recordset
Dim InputFileName As String      'Name of File
Dim picWidth As Long             'length of pic
Dim picHeight As Long
Dim k As Integer
Dim ArrRawImage() As String      'Array's original image

Dim ColorLow As Long
Dim ColorHigh As Long
Dim myThreshold As Integer
Dim arr2() As Long
Dim arr3() As Long
Dim round As Integer
Dim resultCon1 As Boolean
Dim resultCon2 As Boolean
Dim resultCon3_1 As Boolean
Dim resultCon4_1 As Boolean
Dim resultCon3_2 As Boolean
Dim resultCon4_2 As Boolean
Dim Finish As Boolean
Dim resultEqual As Boolean
Dim itm As MSComctlLib.ListItem
Dim subItm As MSComctlLib.ListSubItem
Dim numArr As Integer

Dim backProp As New ClassBackprop
Dim hiddenWgt() As Double
Dim outputWgt() As Double
Dim biasOutp() As Double
Dim biasHidd() As Double
Dim InputN(0 To 17) As Double
Dim Target() As Double

Const LEARNING_RATE As Double = 0.5

Private Sub CmdLoadPicFinger_Click()
    On Error Resume Next

    'เคลียร์หน้าจอให้ว่าง
    For i = 0 To 8
        txtBifur(i).Text = ""
        txtRidge(i).Text = ""
    Next i
    Pic.Cls

```

```

        picInput(0).Cls
        picInput(1).Cls
        picInput(2).Cls
        picInput(3).Cls
    FrmSearchDatafinger.Caption = ""

    ' เปิดไฟล์ภาพให้เลือก
    Com.Filter = "Images |*.jpg;*.gif;*.bmp"
    Com.ShowOpen
    Path = Com.FileName
    If Path <> "" Then
        Image1.Picture = LoadPicture(Path)
        Pic.PaintPicture Image1.Picture, 0, 0, Pic.ScaleWidth, Pic.ScaleHeight
        Pic.Cls
        Pic.PaintPicture Image1.Picture, 0, 0, Pic.ScaleWidth, Pic.ScaleHeight
        If Check1.Value = Unchecked Then
            picInput(0).PaintPicture Image1.Picture, 0, 0,
picInput(0).ScaleWidth, picInput(0).ScaleHeight
            Pic.Enabled = False
            ColorLow = RGB(0, 0, 0)           'RGB(0, 0, 0) สีดำ
            ColorHigh = RGB(255, 255, 255)    'RGB(255, 255,
255) สีขาว
            picWidth = picInput(0).ScaleWidth ' ความกว้างของภาพ

            picHeight = picInput(0).ScaleHeight ' ความยาวของภาพ

            ReDim ArrRawImage(picWidth, picHeight) As String
            StartTime = Time ' เริ่มจับเวลา
            Call Recognition
        Else
            Pic.Enabled = True
        End If
    Else
        Pic.Cls
        picInput(0).Cls
        picInput(1).Cls
        picInput(2).Cls
        picInput(3).Cls

        For i = 0 To 8
            txtBifur(i).Text = ""
            txtRidge(i).Text = ""
        Next i
    End If

```

End Sub

```

Private Sub Combo1_Click()
Dim CCity As String
On Error Resume Next
    Combo2.Clear
    If Combo1.Text <> "zonee" Then
        CCity = Combo1.Text
        CCity = "" + CCity + ""
        Set Connect = New ADODB.Connection
        Set Rs = New ADODB.Recordset
        Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
        Rs.Open "SELECT * FROM zonee WHERE city=" & CCity, Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
        If Not Rs.EOF Then
            Rs.MoveFirst
            Do While Not Rs.EOF
                Msg = Rs.Fields("zonee").Value
                Combo2.AddItem Msg
                Rs.MoveNext
            Loop
        End If
        Connect.Close
        Msg = "ทั้งหมด"
        Combo2.AddItem Msg
        Combo2.Text = "ทั้งหมด"
    Else
        Combo2.Clear
        Combo2.Text = "ทั้งหมด"
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Pic_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As
Single)
Dim R As String
Dim G As String
Dim B As Long
Dim nGray As Long

On Error Resume Next
StartTime = Time ' เริ่มจับเวลา

```

' กำหนดจุด Center แล้วให้ทำการ plot จุด Center ไว้แล้วตัดภาพมาให้เหลือขนาด กว้าง 108 pixel ยาว 108 pixel

```

    Pic.Cls
    picInput(0).Cls
    picInput(1).Cls
    picInput(2).Cls
    picInput(3).Cls
    Pic.PaintPicture Image1.Picture, 0, 0, Pic.ScaleWidth, Pic.ScaleHeight
    Xmin = X - 54
    Xmax = X + 54
    Ymin = Y - 54
    Ymax = Y + 54
    n = 0
    For i = Xmin To Xmax
        For j = Ymin To Ymax
            n = n + 1
            Col(n) = Pic.Point(i, j)
        Next j
    Next i
    n = 0
    For i = 0 To 108
        For j = 0 To 108
            n = n + 1
            picInput(0).PSet (i, j), Col(n)
        Next j
    Next i
    Pic.Circle (X, Y), 5, RGB(255, 0, 0)
    Pic.Circle (X, Y), 53, RGB(255, 0, 0)
    ColorLow = RGB(0, 0, 0)           'RGB(0, 0, 0)
    ColorHigh = RGB(255, 255, 255)    'RGB(255, 255, 255)
    picWidth = picInput(0).ScaleWidth

    picHeight = picInput(0).ScaleHeight

    ReDim ArrRawImage(picWidth, picHeight) As String

    Call Recognition ' เรียกฟังก์ชันเพื่อไปประมวลผล ปรับภาพ

```

End Sub

```

Private Sub Recognition()
Dim R As String
Dim G As String
Dim B As Long
Dim nGray As Long
Dim Msg As String

```

On Error Resume Next

```
For i = 0 To picHeight
  For j = 0 To picWidth
    ArrRawImage(j, i) = picInput(0).Point(j, i)    'Extracting pixel form image
  Next j
Next i
```

' เคลียร์ค่าต่าง ๆ

```
picInput(1).Picture = Nothing
picInput(2).Picture = Nothing
picInput(3).Picture = Nothing
```

```
For i = 0 To 8
  txtBifur(i).Text = ""
  txtRidge(i).Text = ""
Next i
```

```
For i = 1 To 9
  zoneRidge(i) = 0
  zoneBifur(i) = 0
Next i
```

myThreshold = 190 ' เป็นการกำหนดค่าสีกลางว่าถ้ามีค่ามากกว่าให้ปรับเป็นสีขาว ถ้าน้อยกว่าปรับเป็นสีดำ

Call Smoothing ' เรียกฟังก์ชัน Smoothing เพื่อปรับภาพให้มีความนุ่มนวลและและปรับระดับสีให้มีค่าเป็นสีในระดับเดียวกัน

' เป็นขั้นตอนการปรับภาพให้เหลือค่าสีแค่ 2 สี คือ ขาวกับดำ

```
For i = 0 To picHeight          'binarization
  For j = 0 To picWidth
```

```
    R = CStr(ArrRawImage(j, i) Mod &H100)
    G = CStr((ArrRawImage(j, i) \ &H100) Mod &H100)
    B = CStr((ArrRawImage(j, i) \ &H10000) Mod &H100)
    nGray = Int((Val(R) * 0.299) + (Val(G) * 0.587) + (Val(B) * 0.114))
```

```
    If nGray < myThreshold Then
      ArrRawImage(j, i) = ColorLow 'Black
      picInput(2).PSet (j, i), ArrRawImage(j, i)
    Else
      ArrRawImage(j, i) = ColorHigh ' White
      picInput(2).PSet (j, i), ArrRawImage(j, i)
```

```

        End If
    Next j
Next i

Dim C As Integer
Dim d As Integer
ReDim arr2(picWidth, picHeight) As Long
ReDim arr3(picWidth, picHeight) As Long
Finish = False

    loop for Binarization
' เช็ค่าสีและเก็บไว้ใน array ถ้าสีดำมีค่าเป็น 1 สีขาวมีค่าเป็น 0
    For j = 1 To picHeight - 2
        For i = 1 To picWidth - 2
            If (ArrRawImage(i, j) = RGB(0, 0, 0)) Then 'if the pixel is black color,its
value is 1
                arr2(i, j) = 1
                arr3(i, j) = 1
            Else 'if the pixel is white color,its value is 0
                arr2(i, j) = 0
                arr3(i, j) = 0
            End If
        Next i
    Next j

' LOOP for check all condition are true or false for each pixel

Do Until Finish

    For j = 1 To picHeight - 2
        For i = 1 To picWidth - 2
            If (arr2(i, j) = 1) Then
                resultCon1 = CheckCondition1(arr2(), i, j)
                resultCon2 = CheckCondition2(arr2(), i, j)
                If (round = 1) Then
                    resultCon3_1 = CheckCondition3_1(arr2(), i, j)
                    resultCon4_1 = CheckCondition4_1(arr2(), i, j)
                    If (resultCon1 = True And resultCon2 = True And resultCon3_1 = True
And resultCon4_1 = True) Then arr3(i, j) = 0
                Else
                    resultCon3_2 = CheckCondition3_2(arr2(), i, j)
                    resultCon4_2 = CheckCondition4_2(arr2(), i, j)
                    If (resultCon1 = True And resultCon2 = True And resultCon3_2 = True
And resultCon4_2 = True) Then arr3(i, j) = 0
                End If
            End If
        Next i
    Next j

```

```

    Next i
Next j

If (round = 1) Then
    round = 2
Else
    round = 1
End If

'When all pixel are tested, Copy content from array3 to array2
resultEqual = IsEqual(arr2(), arr3())

    If (Not resultEqual) Then
        For j = 1 To picHeight - 2
            For i = 1 To picWidth - 2
                arr2(i, j) = arr3(i, j)
            Next i
        Next j
    Else
        Finish = True
    End If
Loop

For C = 1 To picHeight - 2
    For d = 1 To picWidth - 2
        If (arr2(d, C) = 0) Then
            picInput(3).PSet (d, C), RGB(255, 255, 255)
            ArrRawImage(d, C) = RGB(255, 255, 255)
        Else
            picInput(3).PSet (d, C), RGB(0, 0, 0)
            ArrRawImage(d, C) = RGB(0, 0, 0)
        End If
    Next d
Next C

picInput(0).Line (picWidth / 3, 0)-(picWidth / 3, picHeight), RGB(255, 0, 0)
picInput(0).Line (2 * (picWidth / 3), 0)-(2 * (picWidth / 3), picHeight),
RGB(255, 0, 0)
'row
picInput(0).Line (0, picHeight / 3)-(picWidth, picHeight / 3), RGB(255, 0, 0)
picInput(0).Line (0, 2 * (picHeight / 3))-(picWidth, 2 * (picHeight / 3)),
RGB(255, 0, 0)

Call FeatureExtraction ' เป็นฟังก์ชันในการประมวลหาค่า จุดสองง่าม และ จุดปลาย เพื่อใช้ในการ
การเก็บในฐานข้อมูลเพื่อไว้ใช้ในการค้นหา

```

Call CheckMasterGroup ' เช็คว่ารูปนี้มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับ group ไหนมากที่สุด

Call SearchFinger ' ทำการค้นหาลายนิ้วมือตามเงื่อนไขที่ระบุจากฐานข้อมูล

If Label3(0).Caption = "Y" Then

 EndTime = Time ' เวลาสิ้นสุด

 Number = EndTime - StartTime

 Stre = Left(Number, 7)

 Number = Val(Stre)

 Stre = Format(Number, "0.00")

 FrmSearchDatafinger.Hide

 FrmShowDataSearch.Caption = "ใช้เวลาในการประมวลและค้นหาทั้งหมด" & Stre &

"วินาที"

 FrmShowDataSearch.Show vbModal

End If

End Sub

Private Sub Smoothing()

'Smoothing by filter

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim resultRed As Long

Dim resultGreen As Long

Dim resultBlue As Long

On Error Resume Next

For i = 0 To picHeight

 For j = 0 To picWidth

 If j - 1 > -1 And i - 1 > -1 Then

 'Top Left

 resultRed = resultRed + Val(colorRed(ArrRawImage(j - 1, i - 1))) / 32

 resultGreen = resultGreen + Val(colorGreen(ArrRawImage(j - 1, i - 1))) /

32

 resultBlue = resultBlue + Val(colorBlue(ArrRawImage(j - 1, i - 1))) / 32

 End If

 If j + 1 <= picWidth And i - 1 > -1 Then

 'Top Right

 resultRed = resultRed + Val(colorRed(ArrRawImage(j + 1, i - 1))) / 32

 resultGreen = resultGreen + Val(colorGreen(ArrRawImage(j + 1, i - 1))) /

32

```

    resultBlue = resultBlue + Val(colorBlue(ArrRawImage(j + 1, i - 1))) / 32

End If

If i + 1 <= picHeight And j - 1 > -1 Then
    'Down Left
    resultRed = resultRed + Val(colorRed(ArrRawImage(j - 1, i + 1))) / 32
    resultGreen = resultGreen + Val(colorGreen(ArrRawImage(j - 1, i + 1))) /
32
    resultBlue = resultBlue + Val(colorBlue(ArrRawImage(j - 1, i + 1))) / 32

End If

If i + 1 <= picHeight And j + 1 <= picWidth Then
    'Down Right
    resultRed = resultRed + Val(colorRed(ArrRawImage(j + 1, i + 1))) / 32
    resultGreen = resultGreen + Val(colorGreen(ArrRawImage(j + 1, i + 1))) /
32
    resultBlue = resultBlue + Val(colorBlue(ArrRawImage(j + 1, i + 1))) / 32

End If

If i - 1 > -1 Then
    'Up
    resultRed = resultRed + (Val(colorRed(ArrRawImage(j, i - 1))) * 3) / 32
    resultGreen = resultGreen + (Val(colorGreen(ArrRawImage(j, i - 1))) * 3) /
32
    resultBlue = resultBlue + (Val(colorBlue(ArrRawImage(j, i - 1))) * 3) / 32

End If

If i + 1 <= picHeight Then
    'Down
    resultRed = resultRed + (Val(colorRed(ArrRawImage(j, i + 1))) * 3) / 32
    resultGreen = resultGreen + (Val(colorGreen(ArrRawImage(j, i + 1))) * 3) /
32
    resultBlue = resultBlue + (Val(colorBlue(ArrRawImage(j, i + 1))) * 3) / 32

End If

If j - 1 > -1 Then
    'Left
    resultRed = resultRed + (Val(colorRed(ArrRawImage(j - 1, i))) * 3) / 32
    resultGreen = resultGreen + (Val(colorGreen(ArrRawImage(j - 1, i))) * 3) /
32
    resultBlue = resultBlue + (Val(colorBlue(ArrRawImage(j - 1, i))) * 3) / 32

```

```

End If
If j + 1 <= picWidth Then
    'Right
    resultRed = resultRed + (Val(colorRed(ArrRawImage(j + 1, i))) * 3) / 32
    resultGreen = resultGreen + (Val(colorGreen(ArrRawImage(j + 1, i))) * 3) /
32
    resultBlue = resultBlue + (Val(colorBlue(ArrRawImage(j + 1, i))) * 3) / 32

End If

resultRed = resultRed + Val(colorRed(ArrRawImage(j, i))) / 2
resultGreen = resultGreen + Val(colorGreen(ArrRawImage(j, i))) / 2
resultBlue = resultBlue + Val(colorBlue(ArrRawImage(j, i))) / 2

picInput(1).PSet (j, i), RGB(resultRed, resultGreen, resultBlue)
ArrRawImage(j, i) = picInput(0).Point(j, i)
resultRed = 0
resultGreen = 0
resultBlue = 0
Next j

Next i

End Sub

Private Function colorRed(tmpColor As String) As String

    colorRed = CStr(tmpColor Mod &H100) ' หาค่าสีแดง

End Function

Private Function colorGreen(tmpColor As String) As String

    colorGreen = CStr((tmpColor \ &H100) Mod &H100) ' หาค่าสีเขียว

End Function

Private Function colorBlue(tmpColor As String) As String

    colorBlue = CStr((tmpColor \ &H10000) Mod &H100) ' หาค่าสีน้ำเงิน

End Function

Function CheckCondition1(Temp() As Long, ii As Integer, jj As Integer) As Boolean

```

```

Dim a1 As Integer
Dim a2 As Integer
Dim a3 As Integer
Dim b1 As Integer
Dim b2 As Integer
Dim b3 As Integer
Dim cnt As Integer

```

```

a1 = ii
b1 = jj
a2 = ii - 1
b2 = jj - 1
a3 = ii + 1
b3 = jj + 1
cnt = 0

```

```

If (Temp(a2, b1) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point2

```

```

If (Temp(a2, b3) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point3

```

```

If (Temp(a1, b3) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point4

```

```

If (Temp(a3, b3) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point5

```

```

If (Temp(a3, b1) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point6

```

```

If (Temp(a3, b2) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point7

```

```

If (Temp(a1, b2) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point8

```

```

If (Temp(a2, b2) = 1) Then cnt = cnt + 1    'point9

```

```

If (cnt >= 2 And cnt <= 6) Then
    CheckCondition1 = True
Else
    CheckCondition1 = False
End If

```

```

End Function

```

```

'          To check condition2 is true or not ?

```

```

Function CheckCondition2(Temp() As Long, i As Integer, j As Integer) As Boolean

```

```

Dim countChange As Integer

```

```

countChange = 0

```

```

If (Temp(i - 1, j) = 0) Then          'point2 to point3
    If (Temp(i - 1, j + 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If
If (Temp(i - 1, j + 1) = 0) Then      'point3 to point4
    If (Temp(i, j + 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If
If (Temp(i, j + 1) = 0) Then          'point4 to point5
    If (Temp(i + 1, j + 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If
If (Temp(i + 1, j + 1) = 0) Then      'point5 to point6
    If (Temp(i + 1, j) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If
If (Temp(i + 1, j) = 0) Then          'point6 to point7
    If (Temp(i + 1, j - 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If

If (Temp(i + 1, j - 1) = 0) Then      'point7 to point8
    If (Temp(i, j - 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If

If (Temp(i, j - 1) = 0) Then          'point8 to point9
    If (Temp(i - 1, j - 1) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If

If (Temp(i - 1, j - 1) = 0) Then      'point9 to point2
    If (Temp(i - 1, j) = 1) Then countChange = countChange + 1
End If

If (countChange = 1) Then
    CheckCondition2 = True
Else
    CheckCondition2 = False
End If

```

End Function

' To check condition3_1 is true or not ?

Function CheckCondition3_1(Temp() As Long, i As Integer, j As Integer) As Boolean

```

If ((Temp(i - 1, j) * Temp(i, j + 1) * Temp(i + 1, j)) = 0) Then
    CheckCondition3_1 = True
Else
    CheckCondition3_1 = False
End If

```

End Function

```

'                                To check condition4_1 is true or not ?

Function CheckCondition4_1(Temp() As Long, i As Integer, j As Integer) As
Boolean
    If ((Temp(i, j + 1) * Temp(i + 1, j) * Temp(i, j - 1)) = 0) Then
        CheckCondition4_1 = True
    Else
        CheckCondition4_1 = False
    End If

End Function

'                                To check condition3_2 is true or not ?

Function CheckCondition3_2(Temp() As Long, i As Integer, j As Integer) As
Boolean
    If ((Temp(i - 1, j) * Temp(i, j + 1) * Temp(i, j - 1)) = 0) Then
        CheckCondition3_2 = True
    Else
        CheckCondition3_2 = False
    End If

End Function

'                                To check condition4_2 is true or not ?

Function CheckCondition4_2(Temp() As Long, i As Integer, j As Integer) As
Boolean
    If ((Temp(i - 1, j) * Temp(i + 1, j) * Temp(i, j - 1)) = 0) Then
        CheckCondition4_2 = True
    Else
        CheckCondition4_2 = False
    End If

End Function

Function IsEqual(Temp() As Long, temp1() As Long) As Boolean
Dim k As Integer
Dim l As Integer
Dim C As Integer
C = 0
For k = 1 To picHeight - 2
    For l = 1 To picWidth - 2
        If (Temp(l, k) <> temp1(l, k)) Then C = C + 1
    Next l
Next k
If (C = 0) Then IsEqual = True Else IsEqual = False

```

End Function

Function findColor(tmp As Long) As Integer

 If tmp = RGB(255, 255, 255) Then

 findColor = 0

 ElseIf tmp = RGB(0, 0, 0) Then

 findColor = 1

 Else

 findColor = 1

 End If

End Function

Public Sub cutToTarget(tmp As String, tmpArr As Integer)

 Dim i As Integer

 For i = 1 To tmpArr

 Target(i - 1) = Val(Mid(tmp, i, 1))

 Next i

End Sub

Private Sub FeatureExtraction()

 Dim i As Integer

 Dim j As Integer

 Dim tmp As Integer

 On Error Resume Next

 For j = 0 To picHeight / 3

 'zone 1

 For i = 0 To picWidth / 3

 tmp = findFeature(picInput(3), i, j, 0, 0, picHeight / 3, picWidth / 3)

 If tmp = 1 Then

 zoneRidge(1) = zoneRidge(1) + 1

 ElseIf tmp = 3 Then

 zoneBifur(1) = zoneBifur(1) + 1

 End If

 Next i

 Next j

 For j = 0 To picHeight / 3

 'zone 2

 For i = (picWidth / 3) + 1 To (picWidth / 3) * 2

 tmp = findFeature(picInput(3), i, j, (picWidth / 3) + 1, 0, (picWidth / 3) * 2, picWidth / 3)

 If tmp = 1 Then

 zoneRidge(2) = zoneRidge(2) + 1

 ElseIf tmp = 3 Then

 zoneBifur(2) = zoneBifur(2) + 1

 End If

 Next i

Next j

```

For j = 0 To picHeight / 3                                'zone 3
  For i = ((picWidth / 3) * 2) + 1 To picWidth
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, ((picWidth / 3) * 2) + 1, 0, picWidth,
picWidth / 3)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(3) = zoneRidge(3) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(3) = zoneBifur(3) + 1
    End If
  Next i
Next j

```

```

For j = (picHeight / 3) + 1 To (picHeight / 3) * 2        'zone 4
  For i = 0 To picWidth / 3
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, 0, (picHeight / 3) + 1, picWidth / 3,
(picHeight / 3) * 2)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(4) = zoneRidge(4) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(4) = zoneBifur(4) + 1
    End If
  Next i
Next j

```

```

For j = (picHeight / 3) + 1 To (picHeight / 3) * 2        'zone 5
  For i = (picWidth / 3) + 1 To (picWidth / 3) * 2
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, (picWidth / 3) + 1, (picHeight / 3) + 1,
(picWidth / 3) * 2, (picHeight / 3) * 2)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(5) = zoneRidge(5) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(5) = zoneBifur(5) + 1
    End If
  Next i
Next j

```

```

For j = (picHeight / 3) + 1 To (picHeight / 3) * 2        'zone 6
  For i = ((picWidth / 3) * 2) + 1 To picWidth
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, ((picWidth / 3) * 2) + 1, (picHeight / 3) +
1, picWidth, (picHeight / 3) * 2)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(6) = zoneRidge(6) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(6) = zoneBifur(6) + 1
    End If
  Next i

```

```

Next j

For j = ((picHeight / 3) * 2) + 1 To picHeight          'zone 7
  For i = 0 To picWidth / 3
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, 0, ((picHeight / 3) * 2) + 1, picWidth / 3,
picHeight)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(7) = zoneRidge(7) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(7) = zoneBifur(7) + 1
    End If
  Next i
Next j

For j = ((picHeight / 3) * 2) + 1 To picHeight          'zone 8
  For i = (picWidth / 3) + 1 To (picWidth / 3) * 2
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, (picWidth / 3) + 1, ((picHeight / 3) * 2) + 1,
(picWidth / 3) * 2, picHeight)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(8) = zoneRidge(8) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(8) = zoneBifur(8) + 1
    End If
  Next i
Next j

For j = ((picHeight / 3) * 2) + 1 To picHeight          'zone 9
  For i = ((picWidth / 3) * 2) + 1 To picWidth
    tmp = findFeature(picInput(3), i, j, ((picWidth / 3) * 2) + 1, ((picHeight / 3) * 2)
+ 1, picWidth, picHeight)
    If tmp = 1 Then
      zoneRidge(9) = zoneRidge(9) + 1
    ElseIf tmp = 3 Then
      zoneBifur(9) = zoneBifur(9) + 1
    End If
  Next i
Next j

For i = 0 To 8
  txtBifur(i).Text = Str(zoneBifur(i + 1))
  txtRidge(i).Text = Str(zoneRidge(i + 1))
Next i
End Sub

Function findFeature(tmpPicture As Object, i As Integer, j As Integer, startWidth As
Long, startHeight As Long, endWidth As Long, endHeight As Long) As Single
  Dim result As Single

```

On Error Resume Next

```

    If j - 1 > startHeight - 1 And i - 1 > startWidth - 1 Then
        'Top Left
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j - 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j))))
    End If

    If j + 1 <= Width And i - 1 > startWidth - 1 Then
        'Top Right
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j - 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i, j - 1))))
    End If

    If i + 1 <= Height And j - 1 > startHeight - 1 Then
        'Down Left
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j + 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i, j + 1))))
    End If

    If i + 1 <= Height And j + 1 <= Width Then
        'Down Right
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j + 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j))))
    End If

    If i - 1 > startWidth - 1 Then
        'Up
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i, j - 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j - 1))))
    End If

    If i + 1 <= Height Then
        'Down
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i, j + 1)) -
findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j + 1))))
    End If

    If j - 1 > startHeight - 1 Then
        'Left
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j)) -
findColor(tmpPicture.Point(i - 1, j + 1))))
    End If

```

```

    If j + 1 <= Width Then
        'Right
        result = result + Abs((findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j)) -
findColor(tmpPicture.Point(i + 1, j - 1))))
    End If

```

```

    result = 0.5 * result
    findFeature = result

```

```
End Function
```

```

Private Sub AddCheckGroup(C As Variant, total As Variant)
Dim Con As ADODB.Connection
Dim Tr As ADODB.Recordset

```

```
On Error Resume Next
```

```

    Set Con = New ADODB.Connection
    Set Tr = New ADODB.Recordset
    Con.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Tr.Open "SELECT * FROM checkgroup", Con, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    Tr.AddNew
    Tr.Fields("ngroup").Value = C
    Tr.Fields("total").Value = total
    Tr.Update
    Con.Close

```

```
End Sub
```

```

Private Sub DeleteCheckGroup()
Dim Con As ADODB.Connection
Dim Tr As ADODB.Recordset

```

```
On Error Resume Next
```

```

    Set Con = New ADODB.Connection
    Set Tr = New ADODB.Recordset
    Con.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Tr.Open "SELECT * FROM checkgroup", Con, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Tr.EOF Then
        Tr.MoveFirst
        Do While Not Tr.EOF
            Tr.Delete
        Loop
    End If

```

```

        Tr.MoveNext
    Loop
End If
Con.Close

End Sub

Private Sub CheckMasterGroup()
Dim id As String
Dim rid(10) As Variant
Dim bif(10) As Variant
Dim Crid(10) As Variant, Cbif(10) As Variant
Dim name As String
Dim total As Variant
Dim prid As Variant
Dim Msg As String
Dim Pbif As Variant
Dim Pske As Variant
Dim C As Variant
Dim Nn As Variant
Dim NGroup As String
Dim Nfinger As String
Dim Ptotal(11) As Variant
Dim Con As ADODB.Connection
Dim Tr As ADODB.Recordset
    On Error Resume Next

    'เช็คหาค่า ความสัมพันธ์ของแต่ละ master group
    Set Connect = New ADODB.Connection
    Set Rs = New ADODB.Recordset
    Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Rs.Open "SELECT * FROM mastergroup", Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Rs.EOF Then

        Call DeleteCheckGroup

        Rs.MoveFirst
        Do While Not Rs.EOF
            C = Val(Rs.Fields("ngroup").Value)
            For i = 1 To 9
                rid(i) = Val(Rs.Fields("ri" & i).Value)
                bif(i) = Val(Rs.Fields("bi" & i).Value)
            Next i

            For i = 0 To 8

```

```

        Crid(i + 1) = Val(txtRidge(i).Text)
        Cbif(i + 1) = Val(txtBifur(i).Text)
    Next i
    Weigth = 0
    For i = 1 To 9
        If Crid(i) > rid(i) Then
            prid = Val((Crid(i) * 10) / 100)
        Else
            prid = Val((rid(i) * 10) / 100)
        End If
        If Cbif(i) > bif(i) Then
            Pbif = Val((Cbif(i) * 10) / 100)
        Else
            Pbif = Val((bif(i) * 10) / 100)
        End If
        If (Abs(Crid(i) - rid(i)) <= prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) <= Pbif) Then
            Weigth = Weigth + 2

            ElseIf (Abs(Crid(i) - rid(i)) > prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) <= Pbif) Or (Abs(Crid(i) - rid(i)) <= prid) And (Abs(Cbif(i) - bif(i)) > Pbif)
Then
                Weigth = Weigth + 1

            ElseIf (Abs(Crid(i) - rid(i)) > prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) > Pbif) Then
                Weigth = Weigth + 0
            End If
    Next i
    If Weigth > 0 Then
        total = Val((Weigth / 18) * 100)
        total = Format(total, "##.##")
    Else
        total = 0
    End If

    Call AddCheckGroup(C, total)

    Rs.MoveNext
Loop
Connect.Close
End If

End Sub

Private Sub SearchFinger()

```

```

Dim CZone As String, CCity As String, NGroup As String
Dim id As String
Dim rid(10) As Variant
Dim bif(10) As Variant
Dim Crid(10) As Variant, Cbif(10) As Variant
Dim name As String
Dim total As Variant
Dim prid As Variant
Dim Msg As String
Dim Pbif As Variant
Dim Pske As Variant
Dim C As Variant
Dim Nn As Variant
Dim Nfinger As String
Dim Ptotal(11) As Variant

```

```

On Error Resume Next

```

```

'หาชื่อ master group ที่มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุด
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
Rs.Open "SELECT * FROM checkgroup ORDER BY total", Connect,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
If Not Rs.EOF Then
Rs.MoveLast
NGroup = Rs.Fields("ngroup").Value ' นำชื่อ group มาเก็บไว้ในตัวแปร NGroup
End If
Connect.Close
NGroup = "" + NGroup + ""

```

```

' เช็คนเงื่อนไขการค้นหา
If Combo1.Text <> "ทั้งหมด" And Combo2.Text <> "ทั้งหมด" Then
CZone = Combo2.Text
CCity = Combo1.Text
CZone = "" + CZone + ""
CCity = "" + CCity + ""
Set Connect = New ADODB.Connection
Set Rs = New ADODB.Recordset
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"

```

```
Rs.Open "SELECT * FROM datafinger WHERE zonee=" & CZone &
"AND city=" & CCity & "AND ngroup=" & NGroup, Connect, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
```

```
ElseIf Combo1.Text <> "ทั้งหมด" And Combo2.Text = "ทั้งหมด" Then
```

```
CCity = Combo1.Text
```

```
CCity = "" + CCity + ""
```

```
Set Connect = New ADODB.Connection
```

```
Set Rs = New ADODB.Recordset
```

```
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
```

```
Rs.Open "SELECT * FROM datafinger WHERE city=" & CCity &
"AND ngroup=" & NGroup, Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
```

```
ElseIf Combo1.Text = "ทั้งหมด" And Combo2.Text = "ทั้งหมด" Then
```

```
Set Connect = New ADODB.Connection
```

```
Set Rs = New ADODB.Recordset
```

```
Connect.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
```

```
Rs.Open "SELECT * FROM datafinger WHERE ngroup=" & NGroup,
Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic
```

```
End If
```

' ขั้นตอนการประมวลผลหาค่าความสัมพันธ์

```
If Not Rs.EOF Then
```

```
Call DeleteCheckMapping
```

```
Rs.MoveFirst
```

```
Do While Not Rs.EOF
```

```
    C = Val(Rs.Fields("id").Value)
```

```
    Nfinger = Rs.Fields("nfinger").Value
```

```
    For i = 1 To 9
```

```
        rid(i) = Val(Rs.Fields("ri" & i).Value)
```

```
        bif(i) = Val(Rs.Fields("bi" & i).Value)
```

```
    Next i
```

```
    For i = 0 To 8
```

```
        Crid(i + 1) = Val(txtRidge(i).Text)
```

```
        Cbif(i + 1) = Val(txtBifur(i).Text)
```

```
    Next i
```

```
    Weigth = 0
```

```
    For i = 1 To 9
```

```
        If Crid(i) > rid(i) Then
```

```
            prid = Val((Crid(i) * 10) / 100)
```

```

Else
    prid = Val((rid(i) * 10) / 100)
End If
If Cbif(i) > bif(i) Then
    Pbif = Val((Cbif(i) * 10) / 100)
Else
    Pbif = Val((bif(i) * 10) / 100)
End If
If (Abs(Crid(i) - rid(i)) <= prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) <= Pbif) Then
    Label3(i).Caption = "2"
    Weigth = Weigth + 2

ElseIf (Abs(Crid(i) - rid(i)) > prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) <= Pbif) Or (Abs(Crid(i) - rid(i)) <= prid) And (Abs(Cbif(i) - bif(i)) > Pbif)
Then
    Label3(i).Caption = "1"
    Weigth = Weigth + 1

ElseIf (Abs(Crid(i) - rid(i)) > prid) And (Abs(Cbif(i) -
bif(i)) > Pbif) Then
    Label3(i).Caption = "0"
    Weigth = Weigth + 0
End If

Next i
If Weigth > 0 Then
    total = Val((Weigth / 18) * 100)
    total = Format(total, "##.##")
Else
    total = 0
End If

Call AddCheckMapping(C, total, Nfinger) ' เก็บค่าความ
สัมพันธ์ที่ได้ไปเก็บไว้ใน table ชื่อ checkmapping

Rs.MoveNext
Loop
Connect.Close
Label3(0).Caption = "Y"
Else
    Msg = MsgBox("ไม่พบลายนิ้วตามเงื่อนไขที่ระบุในฐานข้อมูล", vbCritical +
vbOKOnly, "File Not Found")
    picInput(0).Cls
    picInput(1).Cls
    picInput(2).Cls

```

```

        picInput(3).Cls
        Label3(0).Caption = "N"
    End If

```

```
End Sub
```

```

Private Sub DeleteCheckMapping()
    Dim Con As ADODB.Connection
    Dim Tr As ADODB.Recordset

```

```
On Error Resume Next
```

```

    Set Con = New ADODB.Connection
    Set Tr = New ADODB.Recordset
    Con.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Tr.Open "SELECT * FROM checkmapping", Con, adOpenDynamic,
adLockOptimistic
    If Not Tr.EOF Then
        Tr.MoveFirst
        Do While Not Tr.EOF
            Tr.Delete
            Tr.MoveNext
        Loop
    End If
    Con.Close

```

```
End Sub
```

```

Private Sub AddCheckMapping(C As Variant, total As Variant, Nfinger As String)
    Dim Con As ADODB.Connection
    Dim Tr As ADODB.Recordset
    Dim id As String

```

```
On Error Resume Next
```

```

    id = C
    id = "" & id & ""
    Set Con = New ADODB.Connection
    Set Tr = New ADODB.Recordset
    Con.Open "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Persist Security
Info=False;Data Source=" & App.Path & "\databasefinger.mdb"
    Tr.Open "SELECT * FROM checkmapping Where id=" & id, Con,
adOpenDynamic, adLockOptimistic
    If Not Tr.EOF Then
        Tr.MoveFirst
        If Tr.Fields("total").Value >= total Then
            total = Val(Tr.Fields("total").Value)

```

```
        Nfinger = Tr.Fields("nfinger").Value
    End If
Else
    Tr.AddNew
End If
    Tr.Fields("id").Value = C
    Tr.Fields("nfinger").Value = Nfinger
    Tr.Fields("total").Value = total
    For i = 1 To 9
        Tr.Fields("w" & i).Value = Label3(i).Caption
    Next i
    Tr.Update
Con.Close

End Sub
```