

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือ
FINGERPRINT VERIFIER SOFTWARE**



๑/๗
๑๖๖๗๑/
๑๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**82448**.....
วัน,เดือน,ปี.....**11 ก.ค. 2551**.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

๓๑๔๑๒๓๘
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือขึ้นต้นการก๊อปปี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FINGERPRINT VERIFIER SOFTWARE



PATRAPORN YODMONDHOP
PARKPOOM SIRIVUTE

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FUFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KINGMONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADGRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือ

ผู้จัดทำ

1. นางสาวภัทรพรพร ขอมณชป 47010551
2. นายภาณุภูมิ ศิริวุฒิ 47010562



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ยุทธนา ทิศใจเดียว)

วันที่ ___/___/___

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมตรวจสอบลายนิ้วมือ	
นักศึกษา	นางสาวภัทรพร ขอมณทป	47010551
	นายภาคภูมิ ศิริวุฒิ	47010562
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
พ.ศ.	2551	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.อุทชนา คิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษา	

บทคัดย่อ

เครื่องสแกนลายนิ้วมือจะส่งข้อมูลของลายนิ้วมือไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ต I/O เพื่อที่จะนำไปใช้ในกระบวนการตรวจสอบเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่จัดเก็บไว้ใน Database โดยที่ภายในคอมพิวเตอร์จะมีซอฟต์แวร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นไว้จากโปรแกรม LabView สำหรับติดต่อกับผู้ใช้ได้สะดวก ไม่ซับซ้อนและใช้การได้ง่าย ซึ่งลำดับแรกรูปที่ได้จากการสแกน จะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการ Preprocessing เป็นการปรับปรุงภาพที่ได้ให้เกิดความชัดมากขึ้น จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอน Post-processing ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการประมวลผลภาพในรูปแบบที่เราได้กำหนดไว้ได้แก่ การทำให้บางแล้วเปลี่ยนภาพที่ได้ให้อยู่ในเวกเตอร์ทิศทาง การหาจุดกึ่งกลางและเคลด้า รวมถึงการหาจุดปลายและจุดแยกของลายนิ้วมือ เพื่อเก็บไว้ทำการเปรียบเทียบ(Matching) กับลายนิ้วมือที่เก็บไว้ใน Database ว่ามีลักษณะเฉพาะเหมือนกันหรือไม่ และวิธีในการเปรียบเทียบ(Matching) ในอัลกอริทึมนี้จะใช้วิธีของ Delaunay (วิธีสามเหลี่ยม) ขั้นตอนนี้จะใช้โปรแกรม MatLab ซึ่งเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ในการช่วยคำนวณ พลัสสามเหลี่ยม และประมวลผลการตรวจสอบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Fingerprint Software Verifier	
Student	Ms.Patraporn Yodmondhop	47010551
	Mr.Parkpoom Sirivute	47010562
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics of Engineering	
Year	2008	
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr. Yuttana Kitjaidure	

Abstract

The project presents the fingerprint verification. The fingerprint data are fed into the computer via input/output port (I/O port) to compare with the stored data kept in Database by a program called "LabVIEW" as being not too complicated for the user to use it. First, the fingerprint data will be enhanced in the preprocessing to improve clarity, then in post-processing, the input will be thinning and transformed into directional vectors. After that, the core and delta including the specific Ridges End and Ridge Bifurcation are extracted. Finally, the MATLAB program is used for the matching by the Delaunay method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีก็ด้วยความสนับสนุนช่วยเหลือและกำลังใจจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยการให้ข้อมูล อุปกรณ์สนับสนุน และชี้แนะข้อคิดเห็นต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการดำเนินการ ไม่ว่าจะเป็นจากพี่ ๆ เพื่อน ๆ ในภาคอิเล็กทรอนิกส์และภาคอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทุก ๆ ด้าน พี่ ๆ ปรียญาโทที่ช่วยกันให้คำปรึกษาและให้กำลังใจในการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ. ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว ที่ให้คำปรึกษาตลอดเวลา และอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุก ๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ชื่อเรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. รายละเอียดโดยย่อของ โครงการงาน	1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการงาน	1
1.3. ขอบเขตของโครงการงาน	1
1.4. ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการงานนี้	1
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ	2
2.1. ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ	2
2.1.1. จุดกึ่งกลาง (Core)	2
2.1.2. ลักษณะสำคัญ (Minutiae)	3
2.2. ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ	4
2.2.1. กลุ่มเส้นโค้ง	4
2.2.2. กลุ่มมัดหวาย (Loop)	5
2.2.3. กลุ่มก้นหอย (Whorl)	6
2.2.4. กลุ่มซบซ้อน (Accidental Whorl)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3	MBF200 Solid State Fingerprint Sensor	8
3.1.	คุณสมบัติ (Feature)	8
3.1.1.	การนำไปใช้งาน	8
3.1.2.	การทำงาน	8
3.2.	Pin Descriptions	9
3.3.	Microprocessor Bus Interface	12
3.4.	Function Register	13
3.5.	แผนภาพแสดงขั้นตอนการส่งงานการทำงานของ MBF200	17
บทที่ 4	ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ	19
4.1.	หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ	19
4.1.1.	หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือโดยทั่วไป	19
4.1.2.	หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือสำหรับโครงการนี้	20
4.2.	ขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ	21
4.2.1.	การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)	21
4.2.2.	การประมวลผลภายหลัง (Postprocessing)	26
บทที่ 5	อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน	44
5.1.	ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51	44
5.2.	การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมโดยใช้ไอซี MAX232	46
5.3.	การใช้งาน 74HC573	47
5.4.	การใช้งาน SRAM K6T1008C2E	48
บทที่ 6	การออกแบบอุปกรณ์เพื่อทำงานกับไอซี MBF200	49
6.1.	หลักการและจุดประสงค์ในการออกแบบ	49
6.2.	อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน	49
6.3.	การออกแบบ	49
6.3.1.	การออกแบบวงจรไอซี MBF200	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2.	การออกแบบวงจรการทำงาน	52
บทที่ 7	การออกแบบโปรแกรมที่ใช้งานกับอุปกรณ์	56
7.1.	จุดประสงค์ในการออกแบบ	56
7.2.	ซอฟต์แวร์ (Software) ที่นำมาออกแบบ	56
7.3.	การออกแบบ	56
7.4.	แผนผังการทำงานของแต่ละโปรแกรม	59
7.4.1.	โปรแกรมแสดงภาพที่สแกนผ่านพอร์ตอนุกรม	59
7.4.2.	โปรแกรมควบคุมการทำงาน MBF200 โดยใช้ MCS-51	61
7.4.3.	โปรแกรมวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือ	63
บทที่ 8	การทดลองและผลการทดลอง	64
8.1.	การทดลองการนำภาพลายนิ้วมือมาวิเคราะห์	64
8.1.1.	การทดลองการปรับสีไล่เฉด (Normalization)	64
8.1.2.	การทดลองการหาภาพทิศทาง (Orientation)	65
8.1.3.	การทดลองการกรองลดสัญญาณรบกวน (Filtering)	66
8.1.4.	การทดลองการทำเส้นลายนิ้วมือให้บาง (Thinning)	66
8.1.5.	การทดลองการหาจุดกึ่งกลางภาพทิศทาง (Core)	67
8.1.6.	การทดลองการหาจุดสำคัญ (Minutiae Extraction)	67
8.2.	วิธีสร้างข้อมูลจากลักษณะเฉพาะ	68
8.2.1.	การทดลองการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X	68
8.2.2.	การทดลองเปรียบเทียบลายนิ้วมือด้วยการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะด้วยวิธีของ Delaunay	79
8.2.3.	เปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีความสัมพันธ์รัศมีและมุมสำคัญกับวิธีเทียบอัตราส่วนสามเหลี่ยมDelaunay ที่ลายนิ้วมือเดียว Template และ Input เดียวกัน	83
8.3.	การทดลองหาค่า False Rejection Rate : FRR และ False Acceptance Rate : FAR	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ ๑	บทวิจารณ์และสรุป	88
9.1.	สรุปผลการทดลอง	88
9.2.	แนวทางการพัฒนา	89
ภาคผนวก		92
บรรณานุกรม		94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง(Core)	2
รูปที่ 2.2 แสดงจุดแยกของลายนิ้วนูน(Ridge Bifurcation)	3
รูปที่ 2.3 แสดงจุดปลายของลายนิ้วนูน (Ridge Ending)	3
รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มโค้งราบ (Arch)	4
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)	4
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวนเอียงขวา (Right Loop)	5
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวนเอียงซ้าย (Left Loop)	5
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวนคู่ (Double Loop)	6
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย (Whorl)	6
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl)	7
รูปที่ 3.1 แสดงเทคโนโลยีและการทำงานของ Static-Capacity Semiconductor Sensor	9
รูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองการทำงานของ MBF200	15
รูปที่ 3.3 แสดงขาสัญญาณของ MBF200	16
รูปที่ 3.4 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของ MBF200	17
รูปที่ 3.5 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความคมชัดของภาพ	17
รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการสแกนภาพ	18
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยทั่วไป	20
รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของเปรียบเทียบลายนิ้วมือในโครงงานนี้	21
รูปที่ 4.3 a) รูปต้นแบบ b) รูปที่ผ่านการทำ normalized	22
รูปที่ 4.4 หน้ากาก Sobel Convolution	23
รูปที่ 4.5 แสดงภาพทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ	24
รูปที่ 4.6 แสดงเส้นลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการกรองแล้ว	25
รูปที่ 4.7 แสดงภาพเส้นลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการทำเส้นลายนิ้วมือให้บางแล้ว	26
รูปที่ 4.8 แสดงจุดกึ่งกลางของภาพลายนิ้วมือ	27
รูปที่ 4.9 แสดงจุดสำคัญที่ได้จากภาพลายนิ้วมือ	28
รูปที่ 4.10 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X	29
รูปที่ 4.11 แสดงขั้นตอนการทำฐานข้อมูล	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12	แสดงการหาจุดเริ่มต้นของการสร้างสามเหลี่ยม	32
รูปที่ 4.13	แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นเริ่มต้นของสามเหลี่ยม	33
รูปที่ 4.14	แสดงการหาข้อมูลในเซลล์ที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม	34
รูปที่ 4.15	แสดงขั้นตอนการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะ	35
รูปที่ 4.16	แสดงขั้นตอนการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะ(ต่อ)	36
รูปที่ 5.9	แสดงจุดสำคัญที่ได้จากภาพลายนิ้วมือ	33
รูปที่ 5.10	แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X	34
รูปที่ 5.11	แสดงขั้นตอนการทำฐานข้อมูล	35
รูปที่ 4.17	แสดงผลของการหาจากจุดลักษณะเฉพาะบนลายนิ้วมือ a)แสดงจุด ลักษณะเฉพาะบน ลายนิ้วมือ b)แสดงสามเหลี่ยมที่ถูกสร้างจากจุดลักษณะเฉพาะ	36
รูปที่ 4.18	การหาพื้นที่สามเหลี่ยมจากจุดสามจุด	37
รูปที่ 4.19	ขั้นตอนการเรียงลำดับด้วย Selection Sort	39
รูปที่ 4.20	แสดงตัวอย่างการเรียงลำดับพื้นที่สามเหลี่ยม	40
รูปที่ 4.21	จำนวนลำดับที่เรียงจากน้อยไปมาก	40
รูปที่ 4.22	แสดงอัตราส่วนที่หาจากพื้นที่สามเหลี่ยม a) อินพุทพื้นที่สามเหลี่ยม b)อัตราส่วนพื้นที่	41
รูปที่ 5.1	การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x	44
รูปที่ 5.2	ไอซี MAX232	47
รูปที่ 5.3	ไอซี 74HC573	47
รูปที่ 5.4	ไอซี SRAM K6T1008C2E	48
รูปที่ 6.1	แสดงการป้อนไฟเลี้ยงให้ไอซี MBF200	50
รูปที่ 6.2	แสดงการออกแบบส่วนไอซี MBF200	51
รูปที่ 6.3	แสดงแผนภาพการออกแบบของวงจรที่ 1 SENSOR BOARD	52
รูปที่ 6.4	แสดงรูปการต่ออุปกรณ์ในวงจรที่ 1 SENSOR BOARD	53
รูปที่ 6.5	แสดงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อรับภาพลายนิ้วมือ	55
รูปที่ 7.1	แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้	56
รูปที่ 7.2	แสดงการออกแบบ โปรแกรมด้วย LabVIEW	57
รูปที่ 7.3	แสดงการออกแบบ โปรแกรมด้วย LabVIEW (ต่อ)	58
รูปที่ 7.4	แสดงการออกแบบ โปรแกรมด้วย LabVIEW (ต่อ)	59
รูปที่ 7.5	แสดงแผนผังการออกแบบโปรแกรมแสดงภาพที่สแกนผ่านพอร์ตอนุกรม	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.6	แสดงการทำงานของ MCS-51 ขณะดึงข้อมูลมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำชั่วคราว	61
รูปที่ 7.7	แสดงการทำงานของการ์ดดึงข้อมูลจากหน่วยความจำชั่วคราวไปยังคอมพิวเตอร์	62
รูปที่ 7.8	แสดงการทำงานของกราฟวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือ	63
รูปที่ 8.1	ภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการสแกน (ก) แบบมัดหอย (ข) แบบกั้นหอย	64
รูปที่ 8.2	ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการทำ Normalize (ก) แบบมัดหอย (ข) แบบกั้นหอย	65
รูปที่ 8.3	ภาพทิศทางของลายนิ้วมือ รูปที่ 8.2 (ก)	65
รูปที่ 8.4	ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการกรองลดสัญญาณรบกวนของรูปที่ 8.2 (ก)	66
รูปที่ 8.5	ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการทำเส้นให้บางของรูปที่ 8.4	66
รูปที่ 8.6	ภาพแสดงตำแหน่งจุดกึ่งกลางที่ได้จากภาพทิศทาง รูปที่ 8.5	67
รูปที่ 8.7	ภาพแสดงตำแหน่งจุดสำคัญที่ได้จากภาพที่ผ่านการทำเส้นให้บาง รูปที่ 8.6	67
รูปที่ 8.8	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญ และมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X	68
รูปที่ 8.9	รูปลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1 (ก)ภาพที่ 1 (ข)ภาพที่ 2	71
รูปที่ 8.10	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลอ้างอิง	72
รูปที่ 8.11	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลเดิม (ภาพที่ 2)	72
รูปที่ 8.12	เปรียบเทียบภาพสองระดับของบุคคลคนเดียวกัน ได้ผลใกล้เคียงกัน	73
รูปที่ 8.13	รูปลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1 (ก)ภาพที่ 1 (ข)ภาพที่ 3	73
รูปที่ 8.14	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลเดิม (ภาพที่ 3)	74
รูปที่ 8.15	เปรียบเทียบภาพสองระดับของบุคคลคนเดียวกัน ได้ผลต่างกัน	75
รูปที่ 8.16	(ก)รูปลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลที่1(ข)รูปลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลที่2	75
รูปที่ 8.17	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลต่างกัน แต่เป็นลายนิ้วมือชนิดเดียวกันบุคคลที่ 2	76
รูปที่ 8.18	เปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลต่างกัน ได้ผลต่างกัน	77
รูปที่ 8.19	(ก)รูปลายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลที่1(ข)รูปลายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลที่3	77
รูปที่ 8.20	รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลต่างกัน ที่เป็นลายนิ้วมือต่างชนิดกันบุคคลที่ 3	78
รูปที่ 8.21	เปรียบเทียบภาพลายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลต่างกัน ได้ผลต่างกัน	79
รูปที่ 8.22	แสดงกลุ่มของสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นจากMinutiae ตัวอย่างที่จะนำมาทำการทดลองโดยรูปซ้าย-ขวาจะเป็นTemplate 1 และ 2 ตามลำดับ	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8.23	รูปที่นำกราฟความสัมพันธ์รัศมีกับมุมสำคัญมาซ้อนกันเพื่อทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ของตาราง 4.11 (Input 1)	83
รูปที่ 8.24	เป็นรูปที่นำกราฟความสัมพันธ์รัศมีกับมุมสำคัญมาซ้อนกันเพื่อทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ	84
รูปที่ i	แสดงการวางเซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือ	92
รูปที่ ii	แสดงลายวงจรเซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือ	92
รูปที่ iii	แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์บอร์ดสแกน	93
รูปที่ iv	แสดงลายวงจรบอร์ดสแกน	93



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 3.1 Truth Table for the Microprocessor Bus Interface	13
ตารางที่ 8.1. แสดงการหาค่าเฉลี่ยกลุ่มเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลบุคคลที่ 1	68
ตารางที่ 8.2. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งต่อไปนี้จะให้เป็นบุคคลอ้างอิง	71
ตารางที่ 8.3. แสดงค่ารัศมีและมุมที่ ของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 2)	71
ตารางที่ 8.4. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง	74
ตารางที่ 8.5. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 3)	74
ตารางที่ 8.6. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง	76
ตารางที่ 8.7. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 2 ที่มีลายนิ้วมือแบบเดียวกัน	76
ตารางที่ 8.8. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง	78
ตารางที่ 8.9. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 3 ที่มีลายนิ้วมือต่างชนิดกัน	78
ตารางที่ 8.10_เปรียบเทียบ input ต่างๆกับtemplateที่1 (รูปที่4.22 ซ้ายมือ)	81
ตารางที่8.11เปรียบเทียบ input ต่างๆกับtemplateที่2 (รูปที่4.22 ขวามือ)	82
ตารางที่ 8.13 แสดงผลการหาค่า FAR จากการสแกนลายนิ้วมือของบุคคล 30 บุคคล เมื่อลายนิ้วมือที่อ้างอิงเป็นลายนิ้วมือแบบมัดหวาย	85
ตารางที่ 8.14แสดงผลการหาค่าFRR จากการสแกนลายนิ้วมือของบุคคลหลายคน จำนวน 30 ครั้ง (ข้อมูลในDATABASEเป็นข้อมูลที่ดีที่สุดของคนๆนั้น)	86

บทที่ 1

บทนำ

โครงการเครื่องสแกนลายนิ้วมือนี้ได้สร้างขึ้นเพื่อสแกนลายนิ้วมือและสามารถเปรียบเทียบลายนิ้วมือได้อย่างถูกต้อง โดยอุปกรณ์นี้สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้งานรักษาความปลอดภัยต่างๆได้ เช่น ระบบประตูรักษาความปลอดภัย ระบบคอมพิวเตอร์รักษาความปลอดภัย

1.1. รายละเอียดโดยย่อของโครงการ

โครงการนี้เป็นโครงการเครื่องสแกนลายนิ้วมือ โดยใช้ไอซี MBF200 เป็นอุปกรณ์ในการสแกนลายนิ้วมือและใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยตัวอุปกรณ์สามารถติดต่อและส่งข้อมูลผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยใช้พอร์ตอนุกรม ส่วนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรมแมทแล็บ (MATLAB) ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาหลักการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลายนิ้วมือ
- 2) เพื่อกำหนดอัลกอริทึมที่ง่ายต่อการนำไปสร้างเป็นเครื่องสแกนลายนิ้วมือ
- 3) เพื่อสร้างเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย
- 4) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในระบบรักษาความปลอดภัย

1.3. ขอบเขตของโครงการ

สร้างเครื่องสแกนลายนิ้วมือที่สามารถสแกนลายนิ้วมือบนโปรแกรมที่สร้างได้ และโดยสามารถเปรียบเทียบลายนิ้วมือได้อย่างถูกต้อง

1.4. ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้

เนื่องจากในปัจจุบันการรักษาความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญในชีวิตประจำวัน และลายนิ้วมือก็เป็นที่ยอมรับมาใช้ในการรักษาความปลอดภัย เพราะสะดวกในการตรวจสอบและมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งอุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลายนิ้วมือ

เมื่อเราหงายมือขึ้นและสังเกตไปที่นิ้วมือแต่ละนิ้ว จะพบว่านิ้วนั้นมีลักษณะเป็นลายอยู่ เมื่อมองเข้าไปใกล้ๆ จะเห็นว่าลายนิ้วมือที่มีลักษณะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นลายนูน (Ridges) และร่อง (Valleys or Furrows) ว่างวนเป็นลักษณะส่วนโค้งไปรอบๆ ช่วงปลายนิ้วมือสลับกันไป ระหว่างร่องและลายนูน ทำให้เกิดเป็นลายขึ้นมา ลายดังกล่าวนี้จะมีส่วนของจุดที่เป็น จุดเฉพาะ (Singular Point) คือ จุดกึ่งกลาง (Core) และ ต้นคอน (Delta) รวมทั้งลักษณะสำคัญ (Minutiae) ซึ่งก็คือ จุดปลายของลายนูน (Ridge Ending) และจุดแยกของลายนูน (Ridge Bifurcation) รูปแบบของลายนิ้วมือจะมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

2.1. ลักษณะของจุดต่างๆบนลายนิ้วมือ

2.1.1. จุดกึ่งกลาง (Core)

จุดบนเส้นโค้งของลายนูนต้องมีลักษณะเป็นโค้งขึ้น และเริ่มที่จะกลับตัว หรือเริ่มที่จะกลายเป็นโค้งลง แล้วจึงวิ่งสวนทางกลับกันกับในตอนแรกก่อนที่จะโค้งขึ้น เส้นโค้งลายนูนนี้ต้องเป็นโค้งลายนูนที่อยู่ชั้นในที่สุดของบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลางนั้น เป็นลักษณะของเส้นโค้งที่โค้งขึ้นมา ซ้อนๆกันหลายๆเส้น ในลักษณะของรูปมดหอยจากโค้งวงกว้างลดลงมาเรื่อยๆ จนโค้งเล็กสุด (เส้นที่อยู่ชั้นในที่สุดอาจไม่เป็นเส้นโค้งก็ได้) ลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งที่อยู่ในบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง



รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณที่มีลักษณะรูปแบบเป็นจุดกึ่งกลาง (Core)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2. ลักษณะสำคัญ (Minutiae)

เป็นลักษณะสำคัญในรูปลายนิ้วมือ ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่

- จุดแยกของลายนิ้ว (Ridge Bifurcation) เป็นจุดที่อยู่บนลายนิ้ว ที่เกิดการแยกจากหนึ่งเส้นทางเป็นสองเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงจุดแยกของลายนิ้ว (Ridge Bifurcation)

- จุดปลายของลายนิ้ว (Ridge Ending) เป็นจุดที่อยู่บนลายนิ้ว ในบริเวณปลายสุดของลายนิ้ว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงจุดปลายของลายนิ้ว (Ridge Ending)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ชนิดและรูปแบบลายนิ้วมือ

รูปแบบลายนิ้วมือนั้นมีลักษณะที่จับกลุ่มกันเป็นรูปแบบ สามารถแบ่งได้หลายชนิด ดังต่อไปนี้

2.2.1. กลุ่มเส้นโค้ง

ลักษณะของรูปแบบในภาพลายนิ้วมือนั้นมีลักษณะการวิ่งของลายนิ้วมือนั้นจากลักษณะที่ขนานกับพื้นราบ แล้วพุ่งโค้งขึ้น แล้วจึงมีการวิ่งในลักษณะขนานกับพื้นราบอีกครั้ง

รูปแบบของกลุ่มเส้นโค้งนั้นมี 2 รูปแบบ คือ

- กลุ่มเส้นโค้งราบ (Arch)
- กลุ่มเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

โดยกลุ่มเส้นโค้งทั้งสองจะแตกต่างกันที่ลักษณะความสูงของส่วนโค้ง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4

และ 2.5



รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มโค้งราบ (Arch)



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของรูปแบบเส้นโค้งกระโจม (Tented Arch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. กลุ่มมัดหวาย (Loop)

1) กลุ่มมัดหวายเดี่ยว (Single Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

มีลักษณะของการวิ่งของลายนิ้วจากบริเวณด้านซ้ายมาที่บริเวณกลางนิ้วมือแล้ววิ่งโค้งขึ้นไปด้านบน แล้วจึงโค้งลงและวิ่งวนกลับไปตามทางเดิมที่ได้วิ่งมา เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเมื่อมีการจับกลุ่มเป็นรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย แล้วจะเอนเอียงไปทางด้านขวา จึงได้เรียกว่า “กลุ่มมัดหวายเอียงขวา” และมีสันคอนอยู่ทางด้านขวาของรูปแบบ



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา (Right Loop)

- กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

รูปแบบจะคล้ายลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงขวา คือ มีการวิ่งของลายนิ้วจากทางด้านขวาที่บริเวณตรงกลางของนิ้วมือ จากนั้นจะวิ่งขึ้นไปด้านบนแล้วโค้ง และวิ่งกลับไปตามทางเดิมที่วิ่งมา เมื่อทำการสังเกตจะพบว่า มีลักษณะรูปแบบคล้ายกับมัดหวาย และรูปแบบดังกล่าวจะมีการเอียงตัวไปทางด้านซ้าย เราจึงเรียกว่า “กลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย” ปกติมักจะมีสันคอนอยู่ทางด้านซ้ายของรูปแบบเช่นกัน



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของกลุ่มมัดหวายเอียงซ้าย (Left Loop)

2) กลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

เป็นกลุ่มของรูปแบบที่เกิดจากการรวมกันของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่มรวมตัวกันเป็นรูปแบบเดียว โดยลักษณะการวิ่งของลายนิ้วอาจมาจากทางเดียวกันแล้วรวมตัวกันเป็นลักษณะของกลุ่มมัดหวายเดี่ยวสองกลุ่ม โดยที่กลุ่มหนึ่งจะมีรูปแบบเป็นลักษณะของโค้งขึ้นและกลุ่มมัดหวายอีกกลุ่มหนึ่งจะมีลักษณะโค้งลง เมื่อรวมกันเป็นกลุ่มมัดหวายคู่รูปแบบดังกล่าวอาจมีการเอียงซ้าย หรือเอียงขวา



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มมัดหวายคู่ (Double Loop)

2.2.3. กลุ่มก้นหอย (Whorl)

ลักษณะการวิ่งของลายนิ้วมีรูปแบบเป็นลักษณะเส้น โค้งเป็นรูวงกลมจากวงใหญ่ค่อยๆ เล็กกลงไปเรื่อยๆ จนเหลือวงกลมวงเล็กที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของกลุ่มก้นหอย (Whorl)

2.2.4. กลุ่มซั้บซ้อ้น (Accidental Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่จัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดใดโดยเฉพาะ ประกอบด้วย ลายนิ้วมือ 2 แบบมาผสมกัน และมีสันดอน 2 – สันดอน หรือมากกว่า เช่นกรณีที่ไม่สามารถเข้ากับ ลายนิ้วมือกลุ่มที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ไม่ได้เลย โดยมีความยุ่งเหยิง และเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะรูปแบบกลุ่มซั้บซ้อ้น (Accidental Whorl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ***

MBF200

Solid State Fingerprint Sensor

3.1. คุณสมบัติ (Feature)

- มีความละเอียด 500 dpi
- มีขนาด 1.28 cm x 1.50 cm
- มีจำนวนแถว 300 แถว จำนวนหลัก 256 หลัก(0.76 เมกกะพิกเซล)
- ช่วงการทำงาน 3.3 V ถึง 5 V
- สแกนภาพเป็นแบบ Gray Scale
- ได้ข้อมูล 8 บิต จากการเปลี่ยน Analog เป็น Digital
- สามารถส่งข้อมูลออกได้ 3 ทาง คือ 1.USB Port 2. Serial Peripheral 3. Microprocessor
- ระบบสแกนลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ

3.1.1. การนำไปใช้งาน

- ในระบบรักษาความปลอดภัย
- ในบัตร Smart Card
- ระบุบุคคลสำหรับบัตร ATM และบัตรประชาชน
- ใช้เป็นรหัสผ่านใน Internet

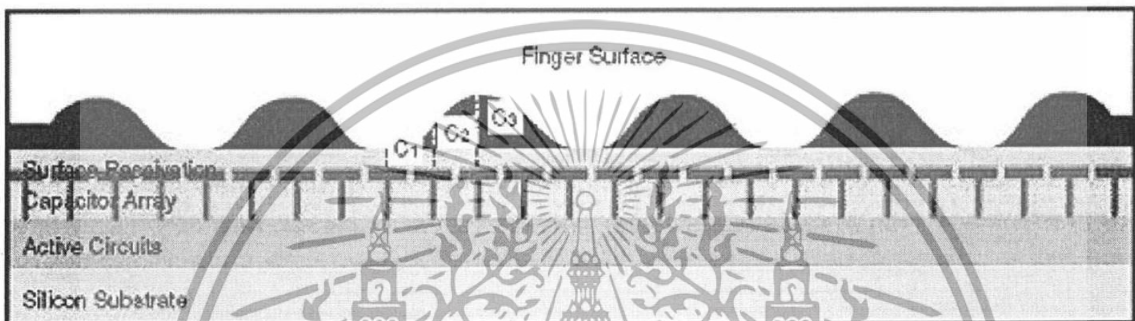
3.1.2. การทำงาน

ตัวเซ็นเซอร์จะมีขนาด 300 แถว 256 หลัก ในหน้าตัดเซ็นเซอร์ การทำงานจะเกี่ยวข้องกับวงจร Sampling and Hold 2 ตัว โดยการทำงานจะจับภาพหรือส่งค่าที่แถว เรียกว่า Row Capture ซึ่งจะประกอบด้วยการทำงาน 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรกเซ็นเซอร์จะทำการกำหนดแถวที่จะทำการจับภาพและจะนำกระแสที่ขา VDD มาอัดประจุไปที่พื้นผิวของแถวที่จะจับภาพ และคงค่านี้ไว้ เรียกขั้นตอนนี้ว่า Precharge

ขั้นตอนที่ 2 แฉกที่จับภาพจะทำการคายประจุคล้ายกับแหล่งจ่าย อัตราที่แผ่นเซ็นเซอร์จะใช้คายประจุจะกำหนดได้โดยรีจิสเตอร์ DCR (Discharge Current) หลังจากนั้นช่วงเวลาหนึ่ง (กำหนดโดยรีจิสเตอร์ DTR (Discharge Time)) และจะคงค่านี้ไว้ เรียกช่วงนี้ว่าช่วง Discharge

ผลต่างระหว่างค่า Precharge และ Discharge จะเป็นค่าของความจุไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ หลังจากเสร็จสิ้นการ Row Capture แต่ละเซลล์ในแถวจะถูกกระบวนการ A/D เพื่อแปลงค่าเป็นตัวเลขส่งเป็นข้อมูลออกมา



รูปที่ 3.1 แสดงเทคโนโลยีและการทำงานของ Static-Capacity Semiconductor Sensor

จากรูปที่ 3.1 เป็นการมองจากภาพตัดขวาง จะเห็นได้ว่ามีตัวคาปาซิเตอร์จำนวนมากถูกจัดวางเรียงอยู่ที่ส่วนผิวชั้นบนของตัวชิป เมื่อนิ้วมือถูกวางลงบนผิว ค่าของคาปาซิเตอร์จะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพความลึกคืบของสันลายนิ้วมือ จากนั้นค่าแต่ละค่าของคาปาซิเตอร์จะถูกแปลงโดย A/D Converter 8 bits เป็นภาพขนาด 300x256 พิกเซล ซึ่งจะให้รายละเอียดของภาพลายนิ้วมือได้ 500 dpi

3.2. Pin Descriptions

VDDA1, VDDA2 (ขา 1 และขา 7) เป็นขาจ่ายไฟใช้ +5V ให้กับส่วน Sensor

VSSA1, VSSA2 (ขา 2 และขา 6) เป็นขากาวัดให้กับส่วน Sensor

VDD1, VDD2, VDD3 (ขา 25, 16 และ 39) เป็นขาจ่ายไฟ ใช้จ่าย +5V ให้กับส่วน Digital Logic และ I/O

VSS1, VSS2, VSS3 (ขา 24, 15 และ 40) เป็นขากาวัดใช้ +5V ให้กับส่วน Digital Logic และ I/O

ISET (ขา3) ต่อ R 200k ระหว่างขา VSSA1 กับ ISET เป็นขาอ้างอิงกระแสไฟฟ้าภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AIN (ขา 4) เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณจากภายนอกมาเปลี่ยนจาก Analog เป็น Digital โดยสามารถควบคุมได้จากการกำหนด AINSEL บิต ในรีจิสเตอร์ CTRLA ถ้าไม่ใช้ต้องต่อขานี้ลงกราวด์

FSET (ขา 5) ต่อขานี้กับ R 56k ลงกราวด์ เพื่อให้ Clock ภายในทำงาน

XTAL1 (ขา 27) เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อ Crystal เพื่อกำเนิด Clock แต่ถ้าใช้แหล่งกำเนิดภายนอกให้ต่อขานี้กับแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น

XTAL2 (ขา 26) เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อ Crystal เพื่อกำเนิด Clock แต่ถ้าใช้แหล่งกำเนิดภายนอกให้ขานี้ปล่อยลอย

D[7:0] (ขา 11-14, 17-20) เป็นขารับ-ส่งข้อมูล สามารถค้างค่าไว้ได้ ไม่ต้องใช้ขานี้ใน SPI, USB mode

A0 (ขา 21) เป็น Address Input ถ้า A0 เป็น 0 (0 Volt) ใช้เป็น Address Index Register ถ้า A0 เป็น 1 (5 Volt) ใช้เป็น Data Buffer ไม่ต้องใช้ขานี้ใน SPI, USB mode

RD (ขา 22) เป็นขาใช้สำหรับอ่านข้อมูลออกจากไอซีไปใช้งาน ทำงานเมื่อเป็น 0 (Active Low) ไม่ต้องใช้ขานี้ใน SPI, USB mode

WR (ขา 23) เป็นขาใช้สำหรับเขียนข้อมูลเข้าไอซี ทำงานเมื่อเป็น 0 (Active Low) ไม่ต้องใช้ขานี้ใน SPI, USB mode

CS0/SCS (ขา 32) เป็นขาใช้สำหรับเลือก Mode การทำงาน ทำงานเมื่อเป็น 0 (Active Low) ใช้ขานี้จะใช้คู่กับขา MODE1, MODE0

- $\text{MODE}[1:0] = 00b$ (Microprocessor Bus Interface Mode)
 $\overline{\text{CS0/SCS}}$ ให้เป็น 0 สำหรับเลือกเป็นอินพุตและให้ CS1 เป็น 1
- $\text{MODE}[1:0] = 01b$ (SPI Slave Mode)
 $\overline{\text{CS0/SCS}}$ ให้เป็น 0 สำหรับเลือกเป็นอินพุต ต่อ R-Pull Up ระหว่าง $\overline{\text{CS0/SCS}}$ กับ VDD
- $\text{MODE}[1:0] = 10b$ (USB Interface Mode, Using Internal ROM)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน
- $\text{MODE}[1:0] = 11b$ (USB Interface Mode, Using External ROM)
 $\overline{\text{CS0/SCS}}$ สำหรับเลือกเป็นเอาต์พุตของไอซี โดยให้เป็น 0 สำหรับเลือก Serial ROM ต่อ R Pull Up ระหว่าง $\overline{\text{CS0/SCS}}$ กับ VDD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CS1/SCLK (ขา 31) เป็นขาใช้สำหรับเลือก Mode การทำงาน ทำงานเมื่อเป็น 1 (Active High) ใช้ขานี้คู่กับขา MODE1, MODE0

- MODE[1:0] = 00b (Microprocessor Bus Interface Mode)
CS1/SCLK ให้เป็น 1 สำหรับเลือกเป็นอินพุตและให้ $\overline{CS0}/\overline{SCS}$ เป็น 0

- MODE[1:0] = 01b (SPI Slave Mode)
CS1/CLK ให้เป็น 0 สำหรับเลือกเป็นเอาต์พุต

- MODE[1:0] = 10b (USB Interface Mode, Using Internal ROM)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน

- MODE[1:0] = 11b (USB Interface Mode, Using External ROM)
CS1/SCLK ให้เป็น 0 สำหรับเลือกเอาต์พุต Serial Clock ต่อ R Pull Up ระหว่าง CS1/SCLK กับ VDD

EXTINT (ขา 30) เป็นขาจับสัญญาณ Interrupt จากภายนอก

INTR (ขา 28) เป็นขาส่งสัญญาณ

WAIT (ขา 29) เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกจากตัวไอซี ขณะที่อ่านค่าจากลายนิ้วมือจะมีสถานะเป็น 0 เมื่ออ่านค่าเสร็จ (แปลง A/D) มีสถานะเป็น 1

MOSI (ขา 33) เป็นขาเอาต์พุตของ SPI Mode โดยใช้คู่กับขา MODE1, MODE0 ไม่ต้องต่อขาใน MCU Mode, USB Mode

- MODE[1:0] = 00b (Microprocessor Bus Interface Mode)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน
- MODE[1:0] = 01b (SPI Slave Mode)
ใช้เป็น Serial Data Input ของ ไอซี
- MODE[1:0] = 10b (USB Interface Mode, Using Internal ROM)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน
- MODE[1:0] = 11b (USB Interface Mode, Using External ROM)
ใช้เป็น Serial Data Output ของ ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **MISO** (ขา 34) เป็นขาอินพุทของ SPI Mode โดยใช้คู่กับขา MODE1, MODE0 ไม่ต้องต่อขา
นี้ใน MCU Mode, USB Mode
- **MODE[1:0] = 00b** (Microprocessor Bus Interface Mode)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน
- **MODE[1:0] = 01b** (SPI Slave Mode)
ใช้เป็น Serial Data Output ของไอซี
- **MODE[1:0] = 10b** (USB Interface Mode, Using Internal ROM)
ไม่มีหน้าที่ใช้งาน
- **MODE[1:0] = 11b** (USB Interface Mode, Using External ROM)
ใช้เป็น Serial Data Input ของไอซี

P0 (ขา 9) เป็นขาเอาต์พุท ถูกควบคุมโดยบิต 0 ของ CTRLC register

P1 (ขา 10) เป็นขาเอาต์พุท ถูกควบคุมโดยบิต 1 ของ CTRLC register

DP (ขา 38) เป็นขา Data USB D+ ใน USB Mode ต้องต่อ R 1.5k ระหว่างขา DP และ VDD3
(ใช้ 3.3V-3.6V) และต่อ R 43 โอห์ม อนุกรมกับขานี้ หรือต่อลงกราวด์ใน MCU Mode, SPI Mode

DM (ขา 37) เป็นขา Data USB D- ใน USB Mode ต้องต่อ R 43 โอห์ม อนุกรมกับขานี้ หรือต่อ
ลงกราวด์ใน MCU Mode, SPI Mode

- **MODE[1:0] (ขา 35, 36)**
- **MODE[1:0] = 00b** (Microprocessor Bus Interface Mode)
- **MODE[1:0] = 01b** (SPI Slave Mode)
- **MODE[1:0] = 10b** (USB Interface Mode, Using Internal ROM)
- **MODE[1:0] = 11b** (USB Interface Mode, Using External ROM)

TEST (ขา 8) ใช้ทดสอบไอซี สำหรับโรงงานตรวจสอบเท่านั้น

No Connect (ขา 41-80)

3.3. Microprocessor Bus Interface

ในการทำงานโหมดนี้จะใช้ขา : D[7:0], A0, RD, WR, CS0, CS1, EXTINT, INTR, WAIT และ
ขา XTAL1/XTAL2 เป็นขาสำหรับกำเนิดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในไอซีตัวนี้มีขารับ-ส่งข้อมูล 8 ขา (D[7:0]) และมีขาสำหรับเลือกการทำงาน คือขา A0 เมื่อให้ขา A0 เป็น '0' เป็นการสั่งให้ Index Register ถ้าให้ขา A0 เป็น 1 เป็นการเขียนข้อมูลลง Index Register และมีขาอินพุตควบคุมอีก 4 ขา คือ CS0, CS1, RD, WR

นอกจากนี้ยังมีขาที่ใช้ในการควบคุมสถานะ 2 ขา คือ INTR, WAIT โดยที่ขา INTR ทำหน้าที่เป็นขาไว้ยืนยันเมื่อมีการเกิดการอินเทอร์รัพท์ขึ้น และขา WAIT จะเป็น low เมื่อ A/D Converter ถูกอ่านขณะมันกำลังทำงาน

ขา WAIT และ INTR ทั้งคู่จะเป็น High Impedance ขณะมันไม่ทำงาน และจะเป็น low เมื่อมัน Active

โหมด SPI และ USB จะไม่ได้ใช้เมื่อกำลังทำงานอยู่ในโหมด Microprocessor Bus Interface

ตารางที่ 3.1 Truth Table for the Microprocessor Bus Interface

CS0	CS1	A0	RD	WR	Mode	Data Lines
H	X	X	X	X	De-selected	High Impedance
X	L	X	X	X	De-selected	High Impedance
L	H	X	H	H	Standby	High Impedance
L	H	L	L	H	Read Index Register	Output
L	H	L	H	L	Write Index Register	Input
L	H	H	L	H	Read Index Register	Output
L	H	H	H	L	Write Index Register	Input

3.4. Function Register

RAH 0x00 เป็นบิตสูงของตัวชี้ตำแหน่งแถว ไว้ใช้สำหรับกำหนดแถวแรกที่จะทำการจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

RAL 0x01 เป็นบิตต่ำของตัวชี้ตำแหน่งแถว ไว้ใช้สำหรับกำหนดแถวแรกที่จะทำการจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

CAL 0x02 เป็นตัวชี้ตำแหน่งหลัก ไว้ใช้สำหรับกำหนดหลักแรกที่จะจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

REH 0x03 เป็นบิตสูงของตัวชี้ตำแหน่งแถว ไว้ใช้สำหรับกำหนดแถวสุดท้ายของการจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

REL 0x04 เป็นบิตต่ำของตัวชี้ตำแหน่งแถว ไว้ใช้สำหรับกำหนดแถวสุดท้ายที่จะทำการจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

CEL 0x05 เป็นตัวชี้ตำแหน่งหลัก ไว้ใช้สำหรับกำหนดหลักสุดท้ายที่จะจับภาพในการ Read Mode Sub-Image

DTR 0x06 รีจิสเตอร์ควบคุมเวลาในการคายประจุ

DCR 0x07 รีจิสเตอร์ควบคุมกระแสในการคายประจุ

CTRLA 0x08 เขียนที่รีจิสเตอร์นี้เพื่อสั่งให้เริ่มการทำงาน การอ่านค่าจากรีจิสเตอร์นี้เพื่อรับค่าจาก A/D Converter และการเขียนรีจิสเตอร์นี้เพื่อกำหนดโหมดในการอ่านรูปภาพลายนิ้วมือ โดยมี 3 โหมด คือ

- 1) GETMG คือโหมดที่จะให้เซ็นเซอร์ทำการเริ่มต้นจับภาพตั้งแต่แถวแรก หลักแรก จนถึงแถวสุดท้ายในคราวเดียวกัน
- 2) GETSUB คือโหมดที่ต้องกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในรีจิสเตอร์ RAH, RAL, CAL, REH, REL, CEL ก่อนทำการจับภาพในบริเวณที่กำหนด
- 3) GETROW คือโหมดที่จับภาพทีละแถว โดยต้องกำหนดแถวในรีจิสเตอร์ RAH, RAL เพื่อที่จะทำการจับภาพ

CTRLB 0x09 เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ปิด/เปิดการทำงานของไอซี

CTRLC 0x0A เป็นตัวควบคุมขาเอาต์พุต P0 และ P1

SRA 0x0B เป็นรีจิสเตอร์ที่ Read Only ขานี้ทำหน้าที่เป็นเงาของรีจิสเตอร์ CTRLA เพื่อทำการตรวจสอบว่าเซ็นเซอร์กำลังทำงานอยู่ในโหมดอะไร

PGC 0x0C เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของเซ็นเซอร์

ICR 0x0D เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ปิด/เปิดการอินเตอร์รัพท์

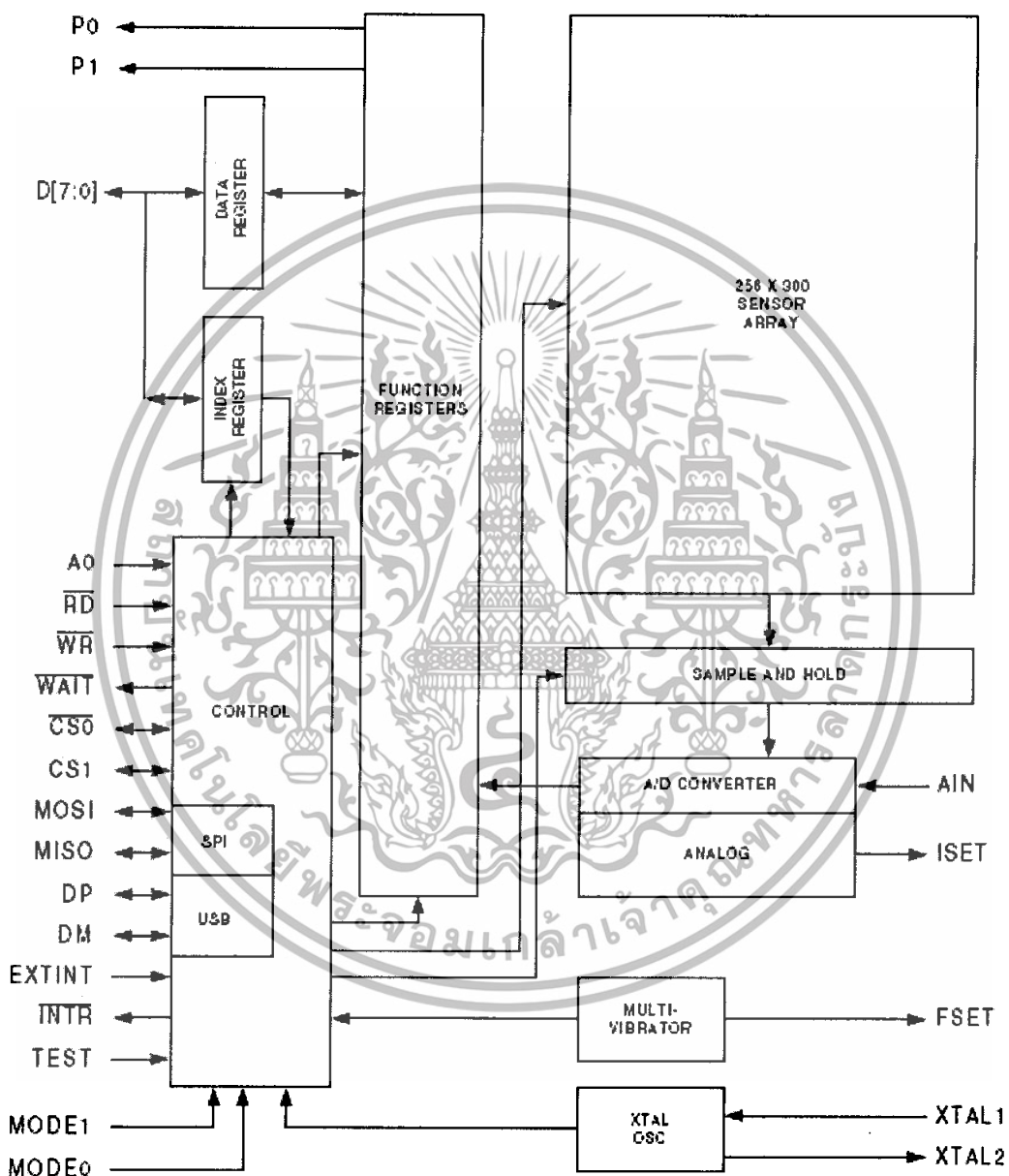
ISR 0x0E เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่บอกสถานะของการอินเตอร์รัพท์

THR 0x0F เป็นรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมค่าขีดเริ่ม (Threshold) ในสถานะอินเตอร์รัพท์ในโหมด Auto Detection

CIDH 0x10 เป็นขา Read Only ทำหน้าที่เก็บไบต์สูงของค่ารุ่นของไอซี

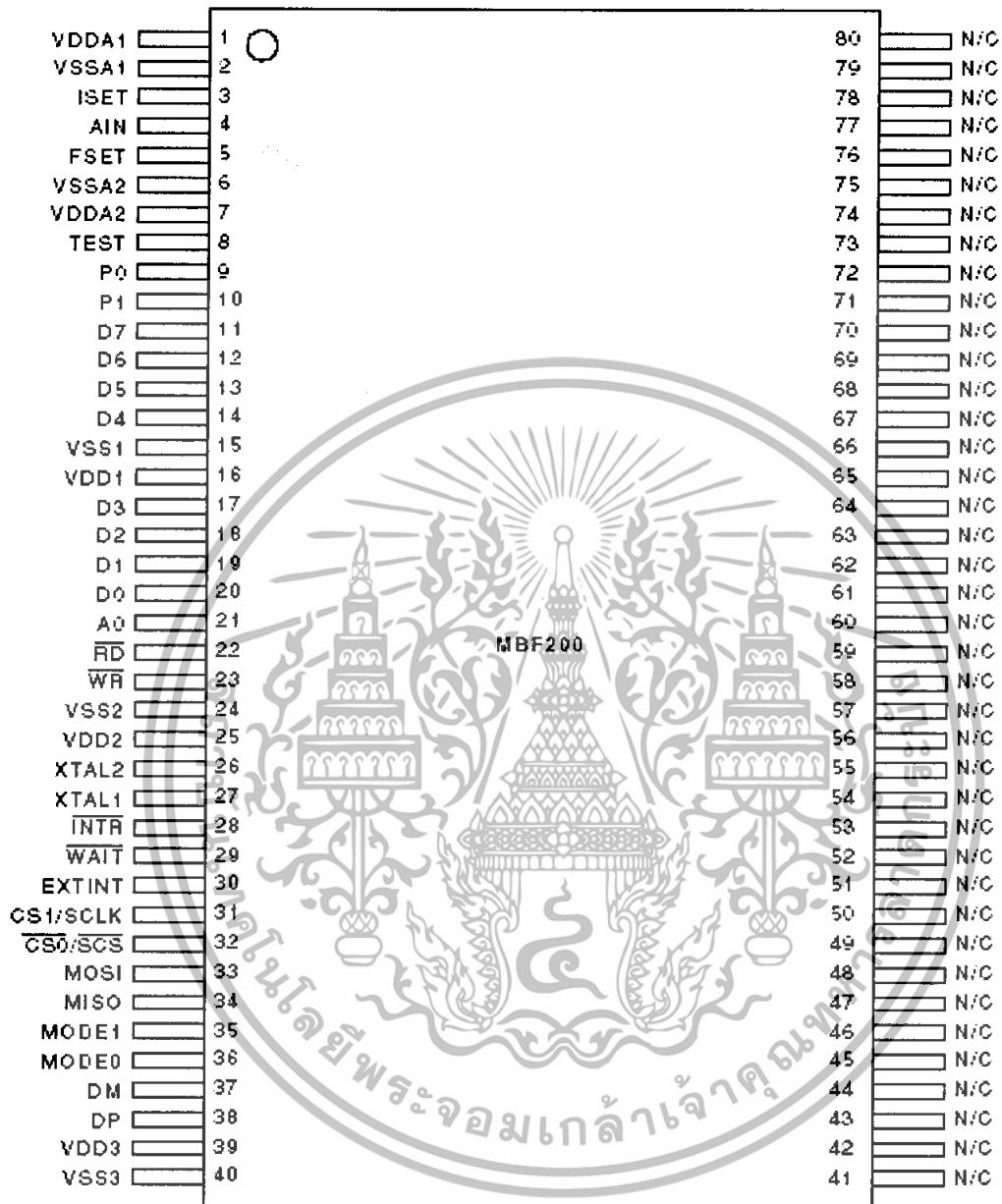
CIDL 0x11 เป็นขา Read Only ทำหน้าที่เก็บไบต์ค่าของค่ารุ่นของไอซี

TST 0x12 ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของไอซี สก๊วนไว้ใช้สำหรับโรงงาน



รูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองการทำงานของ MBF200

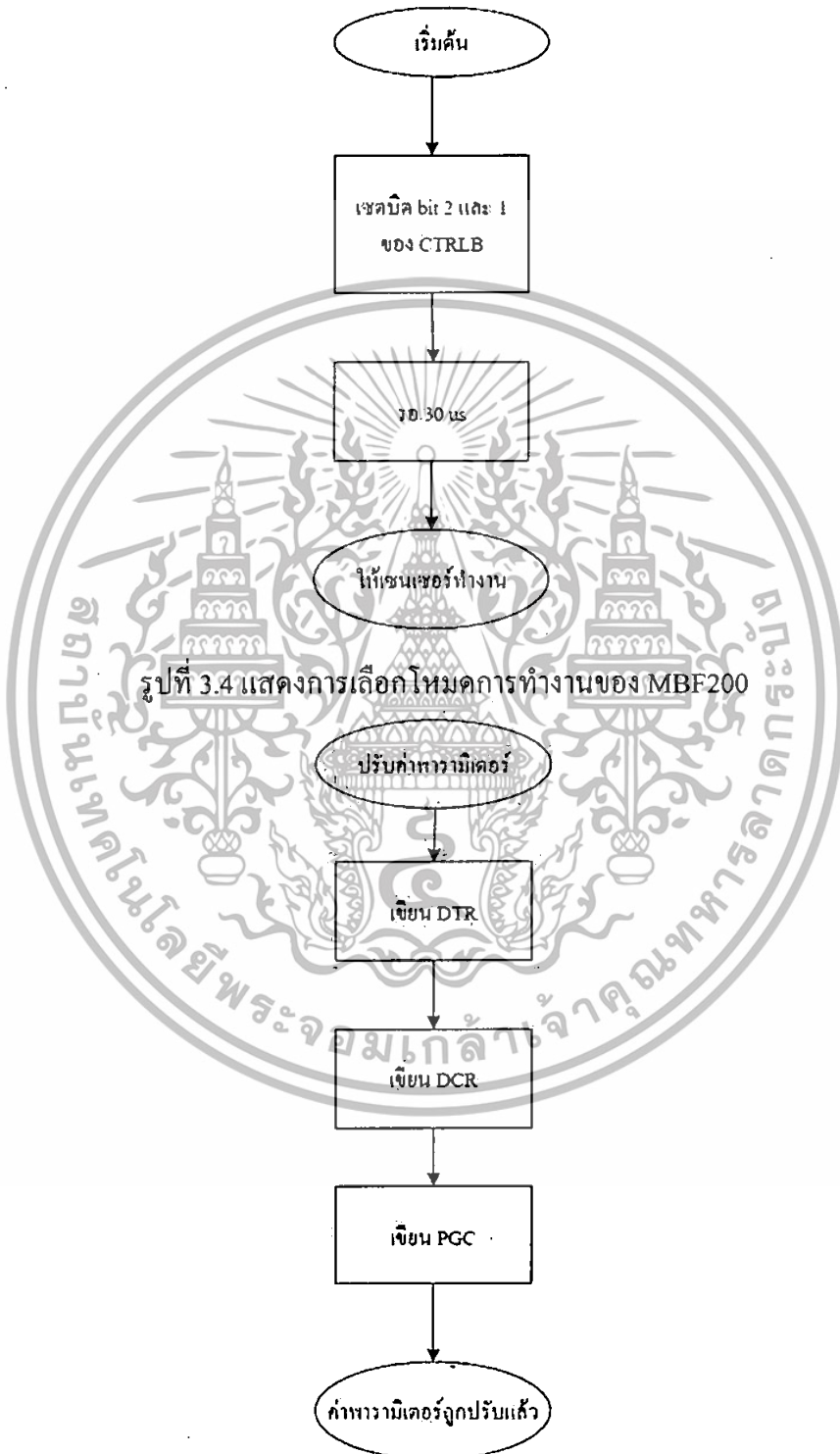
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



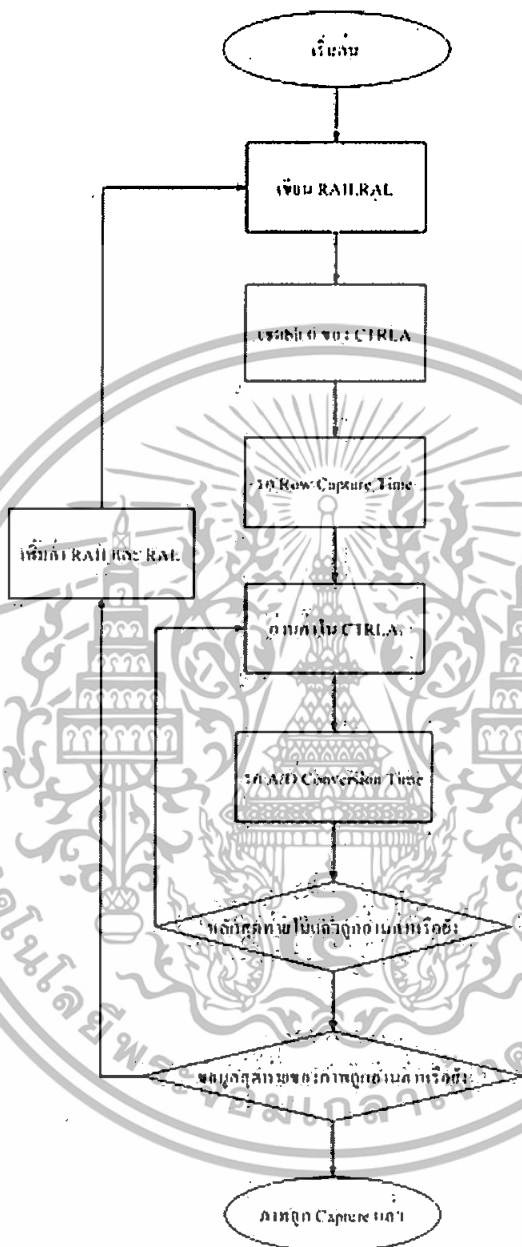
รูปที่ 3.3 แสดงขาสัญญาณของ MBF200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. แผนภาพแสดงขั้นตอนการสั่งงานการทำงานของ MBF200



รูปที่ 3.5 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความคมชัดของภาพ



รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการสแกนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ

4.1. หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ

4.1.1. หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือโดยทั่วไป

การวิเคราะห์ลายนิ้วมือของบุคคลโดยทั่วไปนั้น จะเริ่มด้วยการนำลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลแต่ละนิ้วมาหาจุดลักษณะเฉพาะที่สำคัญ

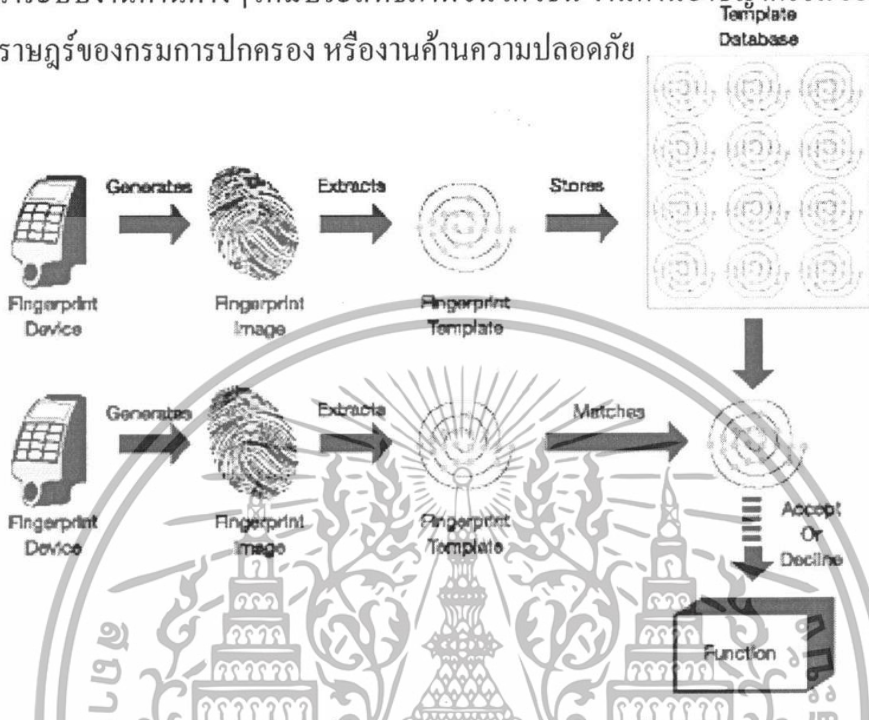
กระบวนการแรกเริ่มของการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือคือ การอ่านภาพลายนิ้วมือเข้ามาเก็บไว้ในฐานข้อมูล (Data base) โดยข้อมูลที่อ่านหรือสแกนเข้ามานั้นจะนำมาผ่านการประมวลผล (Processing) ก่อนแล้วจึงเก็บข้อมูลนั้นไว้เป็นต้นแบบหรือรหัสของผู้ใช้แต่ละคน

จากที่กล่าวมาแล้ว ก่อนที่จะนำลายนิ้วมือเข้าไปเก็บในฐานข้อมูลนั้น จะต้องผ่านขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) และการประมวลผลภายหลัง (Postprocessing) ก่อน ในกระบวนการนี้จะทำให้ภาพที่ได้รับจากการสแกนเข้ามาเกิดความสมบูรณ์มากขึ้น เพราะเมื่อเครื่องสแกนได้รับการสแกนภาพเข้ามาแล้ว ภาพที่อ่านได้อาจไม่ชัดเจน พร่าเลือน ก็จะทำให้การประมวลผลในขั้นตอนถัดไปทำได้ด้วยความยากลำบากหรือทำไม่ได้ ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้ก็อาจไม่ถูกต้องตามที่ควรจะเป็น เมื่อเกิดปัญหาเช่นนี้ในกระบวนการนี้จึงได้มีการกระทำหลายกระบวนการด้วยกันคือ การทำ Normalization, การหาทิศทางภาพ (Orientation), การกรองสัญญาณ (Gabor Filter), การทำลายเส้นให้บาง (Thinning), การหาจุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือ (Core), การหาจุดสำคัญของลายนิ้วมือ (Minutiae) และอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งกระบวนการจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าตัวอุปกรณ์นั้นมีการอ่านค่าลายนิ้วมือที่ได้ภาพออกมาละเอียดและสมบูรณ์แค่ไหน

เมื่อได้ลายนิ้วมือที่ผ่านการประมวลผลแล้ว ก็จะนำข้อมูลหรือภาพนี้ไปเก็บในฐานข้อมูล โดยภาพที่ถูกจัดเก็บไว้จะถูกเก็บไว้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือที่ได้รับการสแกนเข้ามาเมื่อนำตัวอุปกรณ์นี้มาใช้งาน

ขั้นตอนในการใช้งานก็จะคล้ายกับตอนอ่านลายนิ้วมือเข้ามาเก็บไว้ เพียงแต่การอ่านเข้ามาครั้งนี้ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ซึ่งในขั้นตอนต่อไปก็จะนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลกับส่วนที่เก็บในหน่วยความจำชั่วคราวนั้นมาเปรียบเทียบกัน (Matching) เมื่อได้ผลแล้วก็จะแสดงผลให้ทราบว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันหรือไม่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน

การพัฒนากระบวนการด้านต่างๆให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ เช่น งานด้านอาชญากรรมของกรมตำรวจ งานทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครอง หรืองานด้านความปลอดภัย

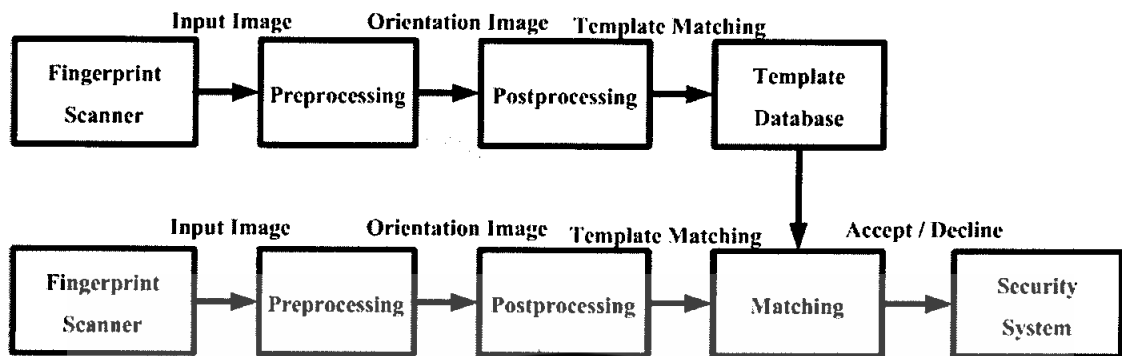


รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยทั่วไป

4.1.2. หลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือสำหรับ โครงงานนี้

สำหรับ โครงงานนี้จะมีหลักการวิเคราะห์ลายนิ้วมือนำมาคล้ายคลึงกับหลักการโดยทั่วไป เพียงแต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนของการประมวลผลเบื้องต้น และการประมวลผลภายหลัง โดยที่ขั้นตอนหรืออัลกอริทึมของการประมวลผลเหล่านี้จำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการนำไปสร้างเป็นเครื่องแสกนลายนิ้วมือที่สามารถประมวลผลบนตัวเครื่องได้เลย และการนำไปพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.2

ดังนั้นเพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของ โครงงาน ในภาคการศึกษานี้จะเป็นการทดสอบหาอัลกอริทึมที่ใช้ในการประมวลผลภาพที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอัลกอริทึมหรือขั้นตอนที่ได้นั้นจะเป็นไปตามหัวข้อที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบการเปรียบเทียบลายนิ้วมือในโครงการนี้

4.2. ขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

ขั้นตอนของการเปรียบเทียบลายนิ้วมือที่ใช้ในโครงการนี้จะประกอบด้วยส่วนของการประมวลผลเบื้องต้น(Preprocessing) การประมวลผลภายหลัง (Postprocessing) และการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ (Matching)

4.2.1. การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)

4.2.1.1. นอร์มัลไลเซชัน Normalization

เนื่องจากภาพลายนิ้วมือที่ได้รับมาแต่ละภาพนั้น มีค่าเฉลี่ยของความสว่างของภาพไม่เท่ากัน เพื่อให้ทุกภาพมีค่าเฉลี่ยของระดับความสว่างของภาพที่เท่ากัน จึงต้องมีการนอร์มัลไลเซชันภาพเสียก่อนซึ่งภาพที่ได้จะง่ายต่อการฟิลเตอร์ภาพต่อไป

ให้ $I(i,j)$ แสดงถึงค่าระดับสีเทาที่กำหนดตำแหน่งพิกเซล (i,j) , M และ VAR แสดงถึงค่าเฉลี่ยโดยประมาณและการเปลี่ยนแปลงของ I และ $G(i,j)$ แสดงถึงค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่งพิกเซล (i,j) ซึ่งผ่านการนอร์มัลไลเซชันแล้วได้ดังต่อไปนี้

$$G(i,j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(I(i,j) - M)^2}{VAR}} & ,if \quad I(i,j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(I(i,j) - M)^2}{VAR}} & ,otherwise \end{cases}$$

โดย $I(i,j)$ เป็นค่าระดับเทา (gray-level value) ที่พิกเซล (i,j)

M เป็นค่า mean ของภาพ

VAR เป็นค่า variance ของภาพ

$G(i, j)$ เป็นค่า normalized ที่พิกเซล (i, j)

M_0 และ VAR_0 เป็นค่า mean และค่า variance ที่ต้องการตามลำดับ

การนอร์มัลไลเซชันเป็นการกระทำในระดับพิกเซลซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงความชัดเจนของโครงสร้างเส้นนูนและร่องของภาพ



a)

b)

รูปที่ 4.3 a) รูปต้นแบบ b) รูปที่ผ่านการทำnormalized

4.2.1.2. Orientation Image (ภาพทิศทาง)

การกำหนดทิศทางของภาพจะแสดงถึงลักษณะที่สำคัญของภาพลายนิ้วมือและการกำหนดค่าตำแหน่งที่คงที่สำหรับสันและร่องในบริเวณที่ใกล้เคียง โดยการพิจารณารายละเอียดของทิศทางของภาพลายนิ้วมือโดยมีขั้นตอนการทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2.1 ทำการคำนวณค่าเกรเดียนท์ $\partial_x(i, j)$ และ $\partial_y(i, j)$ ของแต่ละพิกเซล (i, j) ซึ่งในรายงานนี้ได้ใช้วิธีการหาขอบภาพด้วยวิธีของSobel (Sobel Edge Detection) โดยการใช้หน้ากากขนาด 3x3 ไปทำการ convolution กับภาพของเรา ดังนี้

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

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

Gx

Gy

รูปที่4.4 หน้ากาก Sobel Convolution

4.2.1.2.2 ทำการประมาณทิศทางการกำหนดทิศทางบริเวณใกล้เคียงของแต่ละศูนย์กลางของแต่ละพิกเซล (i, j) โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

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

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

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

โดยที่ $\theta(i, j)$ เป็นค่าประมาณของทิศทางที่ใกล้เคียง ณ ตำแหน่ง (i, j)

4.2.1.2.3 เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นกับลายนิ้วมือได้แก่ โครงสร้างของเส้นนูนและร่องมีส่วนที่ไม่ต้องการเกิดขึ้น ลักษณะหลายอื่น ๆ ทำให้การประมาณทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียง $\theta(i, j)$ ไม่ถูกต้องเสมอไป เนื่องจากการกำหนดทิศทางของสันบริเวณใกล้เคียงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ในบริเวณที่ใกล้เคียงโดยไม่มีจุดเด่นปรากฏขึ้น ฟิเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถใช้ในการปรับปรุงทิศทางที่ไม่ถูกต้องของสันบริเวณใกล้เคียงได้ ในการใช้ฟิเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านนั้น ภาพที่กำหนดทิศทางแล้วจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนกลับไปในรูปแบบของเวกเตอร์ที่ต่อเนื่อง ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

$$\phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j))$$

$$\phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j))$$

โดย ϕ_x เป็น vector field ในแกน x

ϕ_y เป็น vector field ในแกน y

ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Phi_z'(i, j) = \sum_{u=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} \sum_{v=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} W(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw)$$

$$\Phi_y'(i, j) = \sum_{u=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} \sum_{v=-w_\phi/2}^{w_\phi/2} W(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw)$$

โดย W คือ ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านแบบ 2 มิติ โค่นจำนวนเต็มและ $w_\phi \times w_\phi$ คือขนาดของฟิลเตอร์เพื่อให้การใช้งานทำให้ภาพออกมาเรียบที่สุด ขนาดของฟิลเตอร์ที่ใช้ควรจะเป็น 5x5

4.2.1.2.4 กำหนดทิศทางของเส้นที่อยู่ใกล้กัน ณ ตำแหน่ง (i,j) โดยใช้

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan\left(\frac{\Phi_y(i, j)}{\Phi_x(i, j)}\right)$$



รูปที่ 4.5 แสดงภาพทิศทางของเส้นลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3. การกรองลดสัญญาณรบกวน (Filtering)

เพื่อที่จะเอาสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการออกไป และแสดงส่วนเส้นนูนและร่องของเส้นลายนิ้วมือให้เด่นชัดขึ้น จึงทำการกรองภาพลายนิ้วมือให้ทิศทางที่แตกต่างกัน โดยใช้ Gabor filter ซึ่งเป็นแบบจำลองของเซลล์ประสาท ซึ่งสามารถที่จะทำการเลือกหรือกำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับทิศทางและความถี่ได้ และมีความแน่นอนของการเชื่อมต่อที่ดีที่สุดทั้งในโดเมนของที่ว่างและความถี่สำหรับภาพลายนิ้วมือที่มีร่องและสันที่ขนานกัน คุณสมบัติการปรับค่าของ Gabor filter สามารถที่จะเอาสัญญาณรบกวนออกได้ และรักษาโครงร่างของร่องและสันที่แท้จริงเอาไว้ และการแบ่งข้อมูลจะจำกัดทิศทางที่จำเพาะของภาพ โดย Gabor filter มีสมการดังนี้

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

$$x_\phi = x \cos \phi + y \sin \phi$$

$$y_\phi = -x \sin \phi + y \cos \phi$$

โดยที่

ϕ

เป็นทิศทางของ Gabor filter

f

เป็นความถี่ของระนาบคลื่น sine

δ_x

เป็นค่าแวกซ์เรียน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ตามแนวแกน x

δ_y

เป็นค่าแวกซ์เรียน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ตามแนวแกน y



รูปที่ 4.6 แสดงเส้นลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการกรองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4. การทำเส้นลายนิ้วมือให้บาง (Thinning)

นำภาพที่ผ่านกระบวนการกรองแล้ว มาทำให้เส้นบาง จนมีขนาด 1 พิกเซล ซึ่งจะนำภาพที่ได้จากการผ่านกระบวนการนี้ไปหาจุดสำคัญ (minutiae) ต่อไป



รูปที่ 4.7 แสดงภาพเส้นลายนิ้วมือที่ผ่านกระบวนการทำเส้นลายนิ้วมือให้บางแล้ว

4.2.2. การประมวลผลหลัง (Post processing)

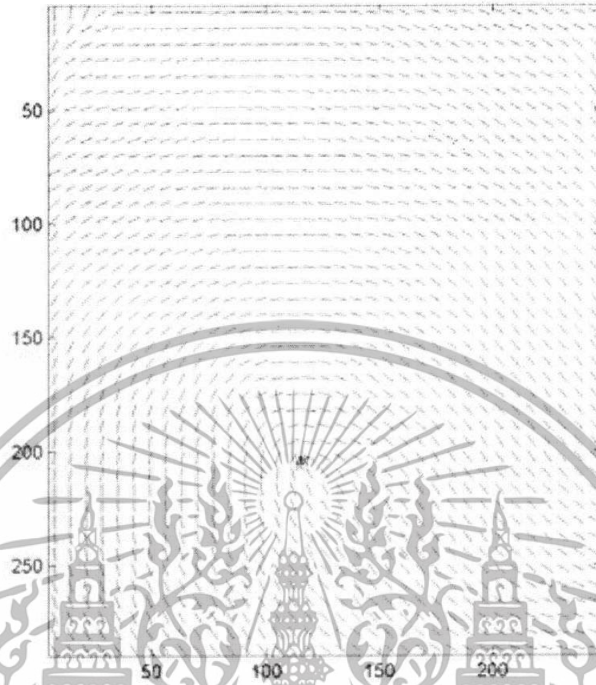
4.2.2.1. การหาจุดกึ่งกลางของภาพทิศทาง

หาได้โดยนำภาพทิศทาง มาหาจุดที่คาดว่าจะจะเป็นจุดกึ่งกลางของภาพ (Core) ซึ่งจุดกึ่งกลางของภาพ จะเป็นจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของทิศทางมากที่สุด โดยสามารถพิจารณาได้จากสมการดังนี้

$$d_x = \sum_{j=-1}^1 \sin(2\theta(i-1, j)) - \sum_{j=-1}^1 \sin(2\theta(i+1, j))$$

$$d_y = \sum_{i=-1}^1 \cos(2\theta(i, j-1)) - \sum_{i=-1}^1 \cos(2\theta(i, j+1))$$

โดยที่ $\theta(i, j)$ เป็นภาพทิศทางของ Block (i, j)



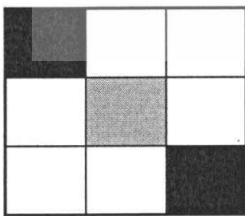
รูปที่ 4.8 แสดงจุดกึ่งกลางของภาพลายนิ้วมือ

4.2.2.2 การหาลักษณะสำคัญของลายนิ้วมือ (Minutiae Extraction)

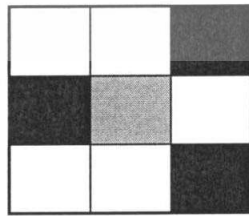
นำภาพที่ได้จากการ Thinning มาหาลักษณะสำคัญ (Minutiae) ตามสมการ

$$cn(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1,8} |val(p_i) - val(p_{i+1})|$$

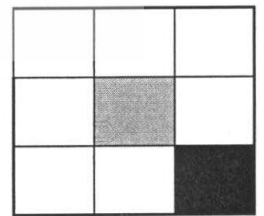
ซึ่ง p_1, p_2, \dots, p_8 เป็นพิกเซลข้างเคียง 8 พิกเซล ของ p
 $Val(p)$ เป็นค่าของพิกเซล



$cn(p)=2$



$cn(p)=3$



$cn(p)=1$

ถ้า $cn(p) = 1$ จะถือว่าเป็นจุดปลายของลายเส้นนูน (Ridge endings)

$cn(p) = 3$ จะถือว่าเป็นจุดแยกของลายเส้นนูน (Ridge bifurcations)

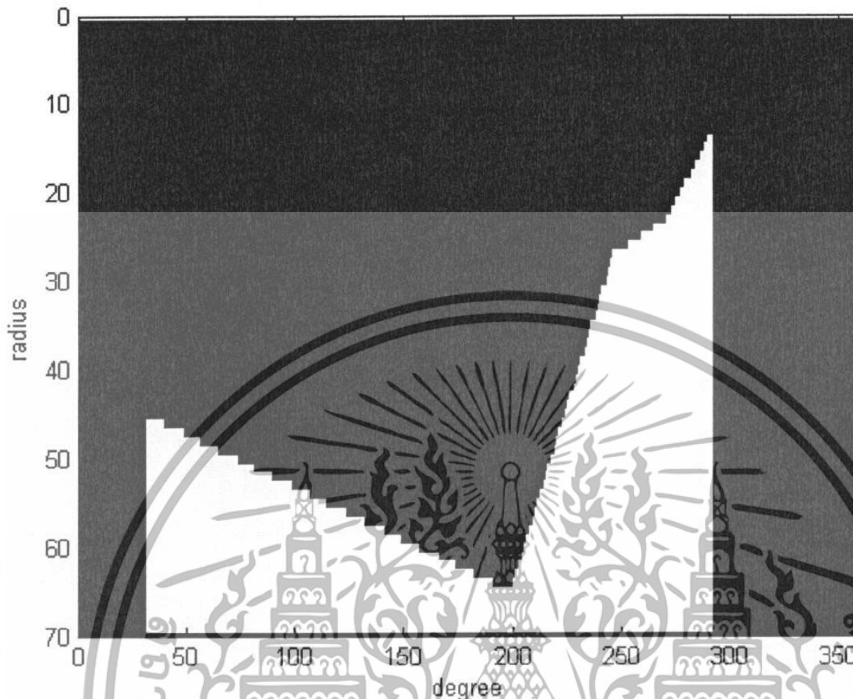
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงจุดสำคัญที่ได้จากภาพลายนิ้วมือ

4.2.2.3. วิธีสร้างข้อมูลจากจุดลักษณะเฉพาะ ***

- 1) การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและมุมของจุดกึ่งกลางจุดสำคัญ
เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X เพื่อที่จะนำไปใช้ในกระบวนการ Matching ต่อไป



รูปที่ 4.10 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X

1.2) การทำฐานข้อมูล(Template Database)

เมื่อเราได้ข้อมูลของรัศมีที่ลากระหว่างจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X มาแล้วเราจะนำข้อมูลนี้มาผ่านกระบวนการหาค่าเฉลี่ยกลุ่มเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลด้วยวิธี Hard C-Means โดยใช้สมการต่าง ๆ ดังนี้

$$J = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \left(\sum_{k, x_k \in G_i} \|x_k - C_i\|^2 \right)$$

โดย J เป็นการหาค่าผลรวมของระยะทางระหว่างข้อมูลแต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มของทุกกลุ่มและ C_i เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มได้มาโดยการสุ่มเลือกจากข้อมูลแรกที่รับเข้ามา

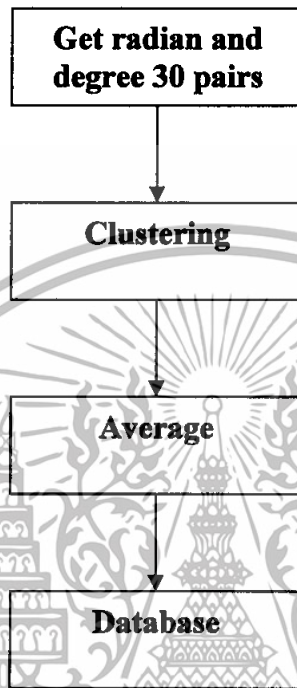
$$u_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } \|X_j - C_i\|^2 \leq \|X_j - C_k\|^2, \text{ for each } k \neq i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

โดย U เป็นการคัดแยกว่าข้อมูลแต่ละจุดเป็นสมาชิกของกลุ่มนั้นหรือไม่ โดยถ้าเป็น 1 คือเป็นสมาชิกแต่ถ้าเป็น 0 คือไม่ใช่สมาชิก

$$C_i = \frac{1}{|G_i|} \sum_{k, x_k \in G_i} X_k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการหาจุดศูนย์กลางเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละกลุ่ม เราจะวนทำกระบวนการนี้จนกว่าจะได้จุดศูนย์กลางเฉลี่ยที่คงที่และเก็บค่านั้นเป็นฐานข้อมูลของแต่ละบุคคล



รูปที่ 4.11 แสดงขั้นตอนการทำงานข้อมูล

1.3) การเปรียบเทียบลายนิ้วมือ (Matching)

เมื่อเราเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X จะได้กราฟลักษณะต่าง ๆ ซึ่งรูปกราฟของบุคคลเดียวกันคาดว่าจะมีลักษณะกราฟใกล้เคียงกัน แต่รูปกราฟของบุคคลต่างกัน คาดว่าจะได้กราฟที่มีลักษณะต่างกัน โดยกระบวนการในการหาความสัมพันธ์นั้น เราจะใช้วิธี Template Matching

1.4) วิธีการวัดความแม่นยำของระบบ

ความแม่นยำของระบบไบโอเมตริกสามารถจะถูกเทียบวัดได้ค่าต่อไปนี้

- 1) False Rejection Rate : FRR คือ อัตราการปฏิเสธการผ่านกับผู้ใช้ที่ถูกต้อง
- 2) False Acceptance Rate : FAR คือ อัตราการหลุดรอดของผู้ปลอมปลอมจากการตรวจจับ

โดยทั่วไปค่า FRR และ FAR เป็นค่าที่ค้ำกันซึ่งกันและกันอยู่ เพราะเมื่อ FAR มีค่าสูง FRR ก็จะมีค่าต่ำไปโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบรักษาความปลอดภัยด้วยลายนิ้วมือนี้ ค่า FRR และ FAR จะเป็นค่าที่สามารถถูกปรับได้ตามความต้องการของผู้ติดตั้งระบบว่าต้องการให้มีความปลอดภัยอยู่มากน้อยเพียงใด

2) การหารูปทรงสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะ

กลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือที่ได้ทำการหาโดยผ่านกระบวนการต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถที่จะนำมาพิจารณาในการนำมาทำการตรวจสอบภาพลายนิ้วมือได้ โคนจะเห็นได้ว่าจุดเหล่านี้จะกระจายกันอยู่บนระนาบและจะใช้จุดเหล่านี้ทำการหารูปทรงสามเหลี่ยม เพื่อที่จะนำมาเป็นเครื่องมือและจะมีประสิทธิภาพมากในการจัดการกับกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะที่กระจัดกระจายกันคือเราจะทำการประยุกต์มาใช้งานการตรวจสอบลายนิ้วมือได้โดยวิธีของ DT (Delaunay Triangulation)

2.1) ขั้นตอนการสร้างรูปตามเหลี่ยมจากกลุ่มข้อมูลของจุดลักษณะเฉพาะโดยใช้ DT (Delaunay Triangulation)

กระบวนการของ DT ที่สร้างรูปทรงสามเหลี่ยมจากกลุ่มของลักษณะเฉพาะในรูปที่ 4.16 นั้นแสดงขั้นตอนการสร้างสามเหลี่ยมจากลักษณะเฉพาะ และในรูปที่ 4.17 แสดงผลของการหาจากจุดลักษณะเฉพาะบนลายนิ้วมือ โดยที่กระบวนการที่ทำนั้นถูกแบ่งเป็นสี่ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ทำการคำนวณหารูปแบบของกริดจะเริ่มจากหาค่าต่ำสุด-สูงสุดของกรอบสี่เหลี่ยมจากกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่จากนั้นทำการขยายกรอบของข้อมูล โดยการทำการเพิ่มออฟเซต คือค่า TOL

$$X_{\min} = x_{\min} - TOL$$

$$X_{\max} = x_{\max} + TOL$$

$$Y_{\min} = y_{\min} - TOL$$

$$Y_{\max} = y_{\max} + TOL$$

โดยที่

x_{\min} คือค่าของข้อมูลที่มีค่าต่ำสุดในทางแกน x

x_{\max} คือค่าของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในทางแกน x

y_{\min} คือค่าของข้อมูลที่มีค่าต่ำสุดในทางแกน y

y_{\max} คือค่าของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในทางแกน y

ทำการคำนวณขนาดของกริดโดย

$$size = \sqrt{\frac{(x_{max} - x_{min})(y_{max} - y_{min})}{n}} \quad (4.1)$$

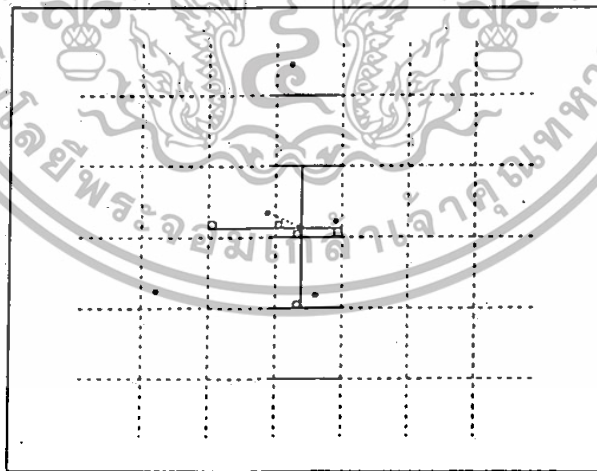
$$x_{res} = \left\lfloor \frac{x_{max} - x_{min}}{size} \right\rfloor - 1 \quad (4.2)$$

$$y_{res} = \left\lfloor \frac{y_{max} - y_{min}}{size} \right\rfloor - 1 \quad (4.3)$$

โดยที่ n คือจำนวนของจุดข้อมูลที่มี

2. ทำการหาจุดเริ่มต้นและเส้นเริ่มต้น

ทำการหาจุดลักษณะเฉพาะที่จะนำมาทำเป็นจุดเริ่มต้น โดยจะต้องทำการหาจากส่วนที่อยู่ตรงกลางของ กริดหรือทำการหาจุดจากบริเวณนั้นต่อจากนั้นทำการหาจุดลักษณะเฉพาะจุดที่สองซึ่งจุดๆนี้จะต้องมีระยะใกล้กับจุดแรกมากที่สุดของจุดข้างเคียงที่อยู่ใกล้กับจุดเริ่มต้น ต่อจากนั้นทำการเชื่อมจุดลักษณะเฉพาะจุดนี้เข้ากับจุดแรกดังรูปที่ 5.12 หลังจากที่ได้เลือกจุดเริ่มต้น P_1 แล้วทำการหาเส้นเริ่มแรก โดยทำการหาจุดที่มีตำแหน่งใกล้ที่สุด P_2 ต่อมาทำการเชื่อมเส้น P_1 และ P_2 เพื่อใช้สำหรับสร้างสามเหลี่ยมเริ่มต้น

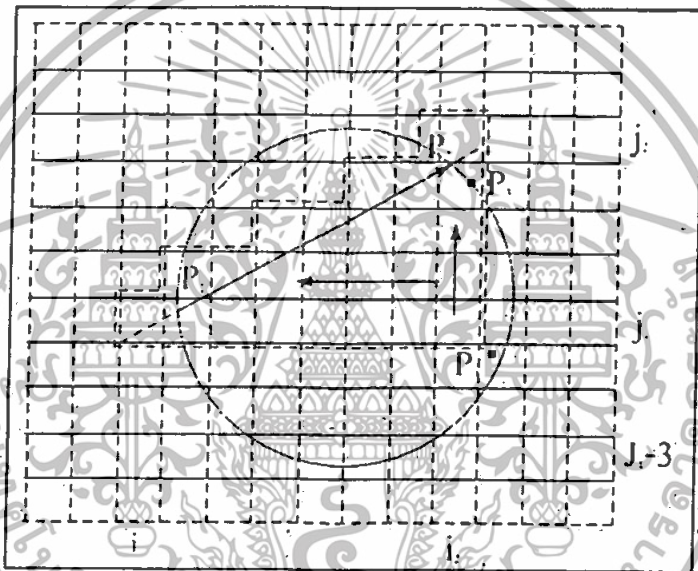


รูปที่ 4.12 แสดงการหาจุดเริ่มต้นของการสร้างสามเหลี่ยม

3. ทำการสร้างสามเหลี่ยม

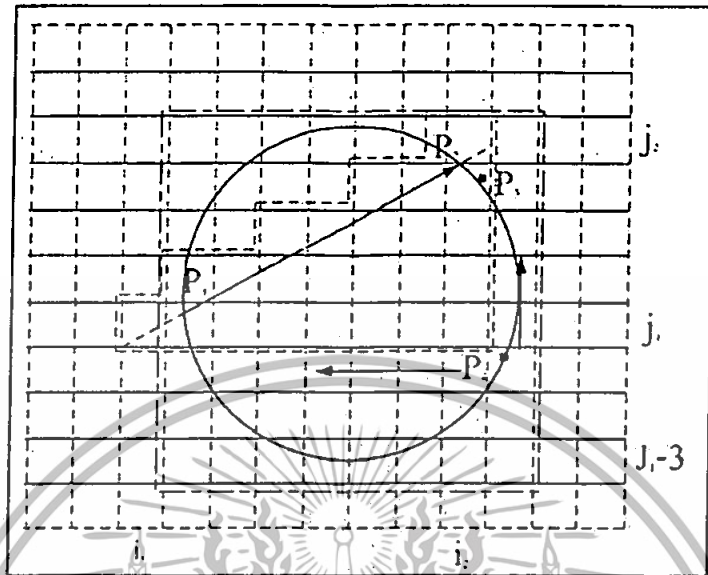
ต่อมาทำการค้นหาจุดทางด้านขวามือของ P_1, P_2 หา เซลล์จากตำแหน่ง (i_1, j_1) และ (i_2, j_2) ทั้งสองในเซลล์เหล่านี้สามารถมีจุดในด้านขวามือ P_1, P_2 หาตำแหน่งเซลล์ที่ตัดผ่านเส้น i , ในทำนองเดียวกัน

หาตำแหน่งที่ตัดผ่าน j_2 ที่อยู่ทางขวามือของ P_2 ต่อมาทำการสร้างสามเหลี่ยม โดยมีพื้นที่ปกคลุมแต่ละเซลล์ของจุดจาก (i_1, j_1) (i_2, j_2) และ (i_3, j_3) ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ทำการเลือกเซลล์ทุกเซลล์ที่ P_1, P_2 ตัดผ่านหลังจากนั้นทำการตรวจสอบข้างในเซลล์แต่ละเซลล์หาจุดที่มีค่ามุมมากที่สุดที่สามารถเป็นไปได้ เมื่อทำการหาจุดที่มีค่ามุมมากที่สุดแล้วทำการสร้างวงกลมที่กำหนดโดย P_1, P_2 แล้วทำการกำหนดค่าต่ำสุด-สูงสุดของกรอบสี่เหลี่ยมของวงกลมดังแสดงรูปที่ 3.14 หาข้อมูลที่อยู่ข้างในแถวและหลักเมื่อเสร็จสิ้นให้ทำเหมือนกับกระบวนการที่ผ่านมาและจะหยุดทำเมื่อ ไม่มีการพบข้อมูลข้างในแถวและหลักในกรอบ



รูปที่ 4.13 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นเริ่มต้นของสามเหลี่ยม

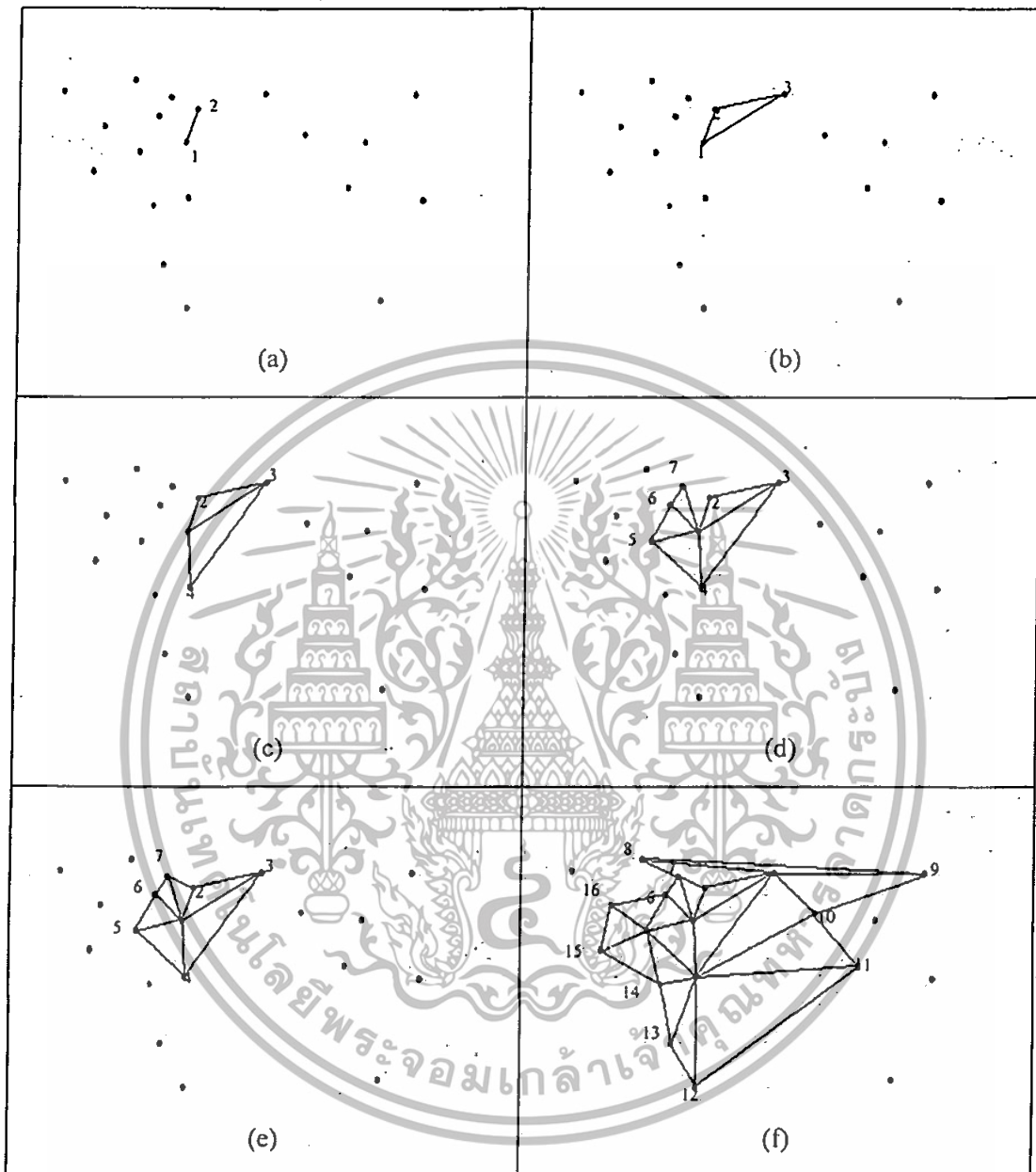
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงการหาข้อมูลในเซลล์ที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม

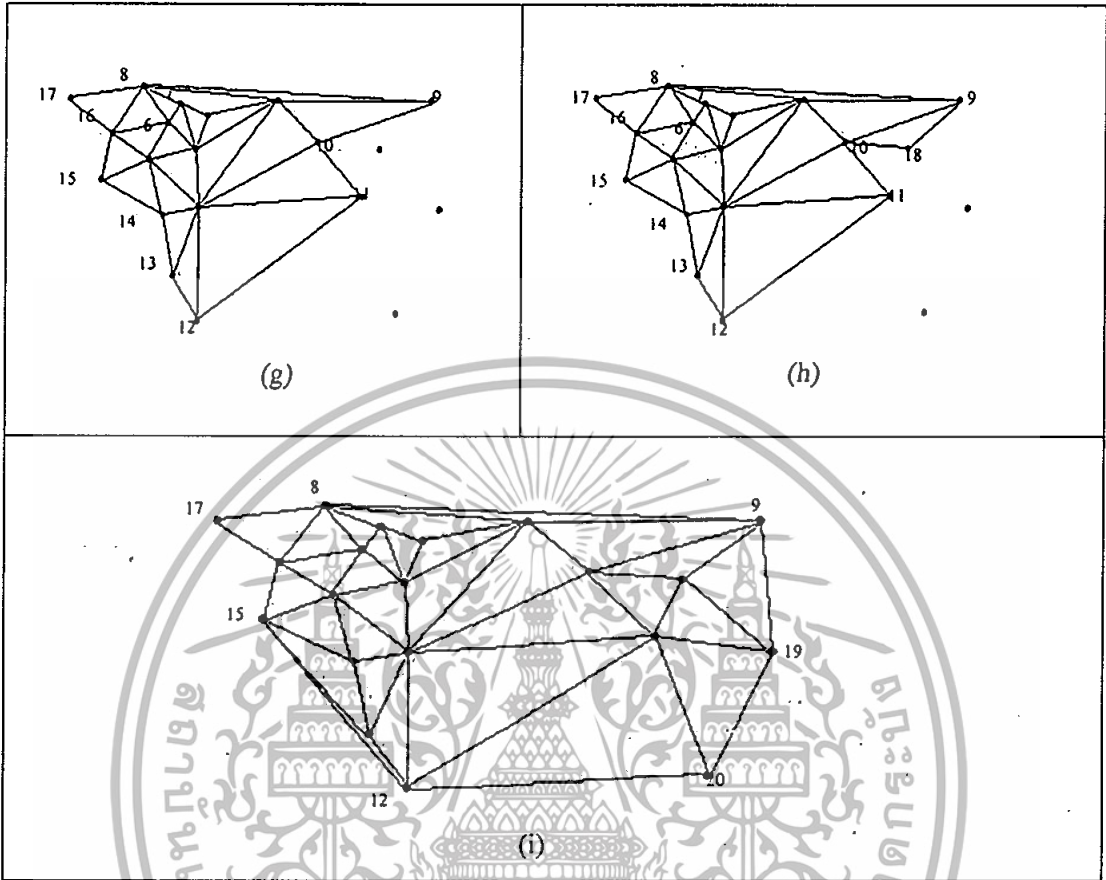
4. ทำการวางสามเหลี่ยมเข้าด้วยกัน

เมื่อทำตามกระบวนการต่างๆจนสร้างสามเหลี่ยมเรียบร้อยแล้วดังนั้นในการเชื่อมต่อสามเหลี่ยมจากกระบวนการทั้งหลายนั้นจะง่ายไม่ซับซ้อนจะไม่เกิดช่องว่างและการข้ามของจุดเกิดขึ้นทำการตรวจสอบกระบวนการทุกกระบวนการที่ได้ดำเนินการไปว่าสามเหลี่ยมเหล่านั้นเรียบร้อยและถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 4.15

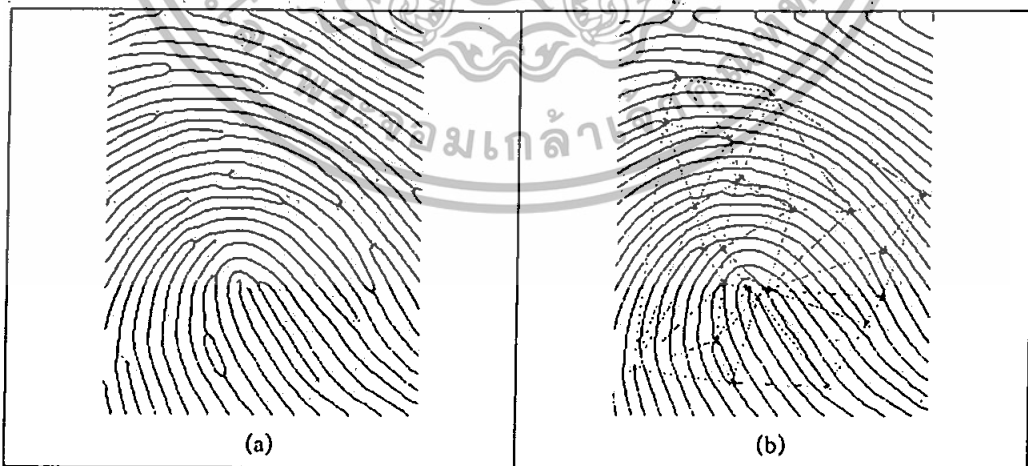


รูปที่ 4.15 แสดงขั้นตอนการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงขั้นตอนการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะ(ต่อ)



รูปที่ 4.17 แสดงผลของการหาจากจุดลักษณะเฉพาะบนลายนิ้วมือ a)แสดงจุดลักษณะเฉพาะบนลายนิ้วมือ b)แสดงสามเหลี่ยมที่ถูกสร้างจากจุดลักษณะเฉพาะ

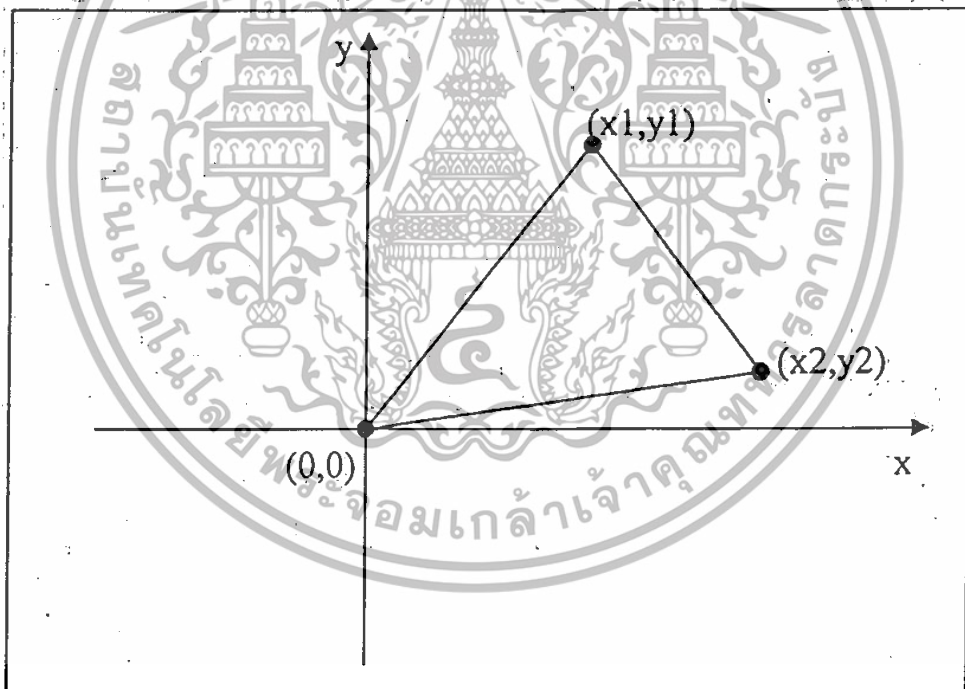
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ

หลังจากทำการนำภาพลายนิ้วมือเพื่อทำการปรับปรุงเพื่อใช้ในภาพลายนิ้วมือที่มีความสมบูรณ์ขึ้น เพื่อง่ายต่อกราฟจุดลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือ ต่อจากนั้นทำการหาสามเหลี่ยมโดยใช้วิธีการของ DT ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้รูปทรงสามเหลี่ยมที่ทำการหามาได้นำมาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือต่อไป

2.2.1) การหาพื้นที่สามเหลี่ยม

รูปทรงสามเหลี่ยมนั้นจะประกอบด้วยด้านทั้งสามด้านและจะมีมุมสามมุมซึ่งในการสร้างรูปทรงสามเหลี่ยมที่ผ่านมานั้นทุกๆสามเหลี่ยมจะถูกจุดจุดสามจุดประกอบกันขึ้นมาต่อหนึ่งสามเหลี่ยม และในการหาพื้นที่นี้ จะนำจุดมาทั้งสามจุดในแต่ละสามเหลี่ยมมาหาพื้นที่สามเหลี่ยมแต่ละอัน โดยในการหานี้ต้องทำการเลื่อนจุดให้จุดใดจุดหนึ่งให้มาอยู่ที่จุดกำเนิด (origin) ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การหาพื้นที่สามเหลี่ยมจากจุดสามจุด

โดยที่

$$\Delta = \frac{|\Delta|}{2} \quad (4.4)$$

จาก

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} \quad (4.5)$$

$$\Delta = |(x_1 * y_2) - (x_2 * y_1)| \quad (4.6)$$

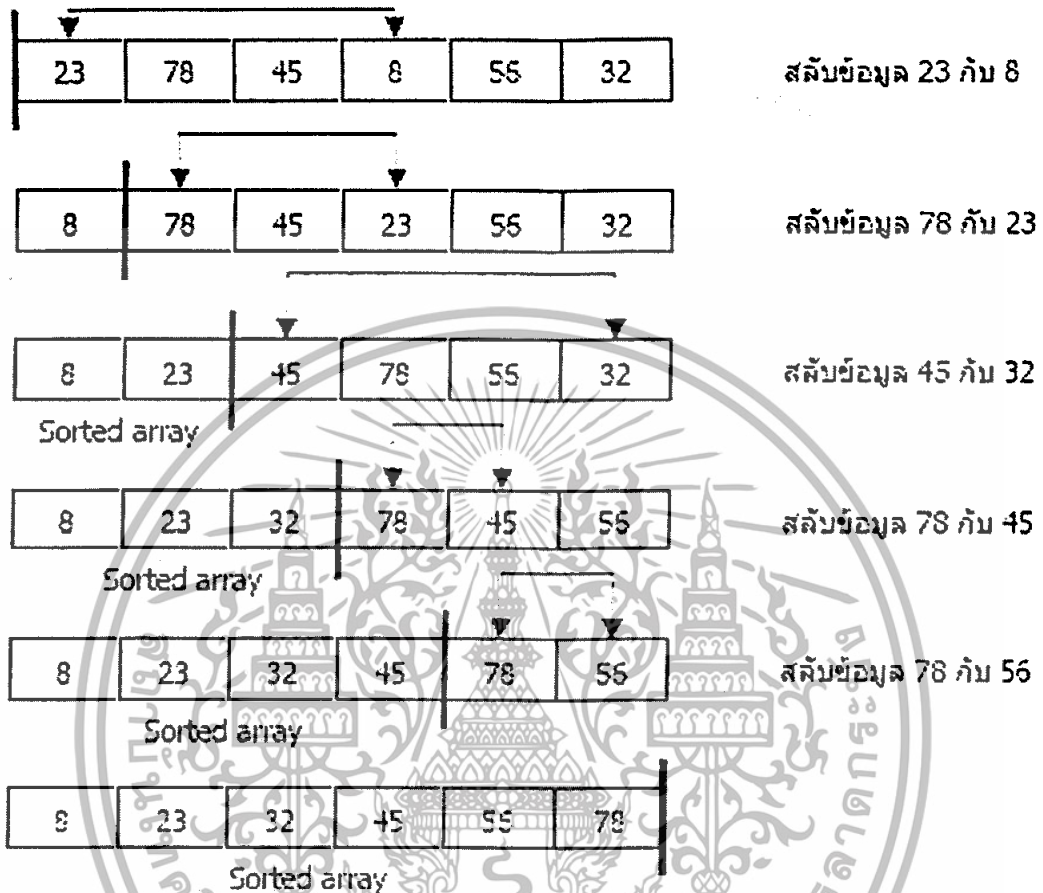
ในสมการที่ (4.4) เป็นสมการการหาพื้นที่สามเหลี่ยม โดยมีจุดใดจุดหนึ่งอยู่บนจุดกำเนิด

2.2.2) การเรียงลำดับของของค่าตัวเลขแบบ (Selection Sort)

การทำงานของ Selection sort เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ซ้ายสุดในแถว กับข้อมูลทางด้านขวาที่เล็กที่สุดในแถว ซึ่งถ้ามีข้อมูลนี้ อยู่ ก็สลับข้อมูลนี้กับข้อมูลตัวแรกสุด จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่เล็กอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว เมื่อได้แล้วเราก็เลื่อนไปทางขวาหนึ่งตำแหน่งและทำการเปรียบเทียบข้อมูล ณ ตำแหน่งนี้กับข้อมูลตัวที่เล็กที่สุดที่อยู่ในแถวทางด้านขวา ถ้ามีเราก็สลับตำแหน่งเรื่อยๆ จนกว่าจะหมดข้อมูลในแถว โดยสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

1. หาข้อมูลที่เล็กที่สุดทางด้านขวาของข้อมูลตัวแรก
2. สลับตำแหน่งของข้อมูลถ้าหาเจอ
3. เลื่อนไปทางขวาหนึ่งตำแหน่ง
4. ทำขั้นตอนทั้งสามจนกว่าจะหมดข้อมูลในแถว

ดังตัวอย่างภาพที่แสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นของการ sort ด้วยการ ใช้ Selection Sort



รูปที่ 4.19 ขั้นตอนการเรียงลำดับด้วย Selection Sort

จากรูปที่ 4.19 เราเริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบ 23 กับ ข้อมูลที่เล็กที่สุดทางขวา ซึ่งก็คือ 8 แล้วจึงสลับข้อมูลทั้งสอง เสร็จแล้วก็เคลื่อนไปทางขวาหนึ่งตำแหน่ง เปรียบเทียบ 78 กับข้อมูลที่เล็กที่สุดทางขวาอีก ซึ่งก็คือ 23 สลับตำแหน่งของ 23 และ 78 เคลื่อนไปทางขวาอีกหนึ่งตำแหน่งเปรียบเทียบ 45 แล้วจึงสลับตำแหน่งของ 45 กับ 23 เราทำการเปรียบเทียบและสลับข้อมูลในลักษณะนี้ไปจนกระทั่งเราเสร็จสิ้นการสลับตำแหน่งของ 78 กับ 56 ซึ่งเป็นข้อมูลคู่สุดท้ายที่มีการสลับตำแหน่ง

2.2.3) การทำฐานข้อมูล (Template Database)

จากกระบวนการที่ผ่านมาจะได้ข้อมูลของพื้นที่สามเหลี่ยม ทำการจัดเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมากดังรูปที่ 4.20 แสดงตัวอย่างการเรียงค่าพื้นที่สามเหลี่ยมจากลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือ (minutiae) การนำพื้นที่สามเหลี่ยมมาใช้เนื่องจากพื้นที่สามเหลี่ยมเป็นค่าที่ไม่ผันแปรแบบสัมพัทธ์ (Relative Invariance) ดังนั้นค่าที่ไม่ผันแปรสัมพัทธ์ของสามเหลี่ยมต้นฉบับคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I = \Delta I' \tag{4.7}$$

เมื่อ

I คือพารามิเตอร์สำหรับการแปลง

Δ คืออัตราส่วนระหว่างค่าที่ไม่ผันแปรแบบสัมพัทธ์

ค่าที่ไม่ผันแปรแบบสมบูรณ์ (Absolute Invariance) นั้นจะหาได้จากการกำจัดแฟกเตอร์ของค่าที่ไม่ผันแปรแบบสัมพัทธ์สองค่า เช่น

$$I_1 = \Delta I'_1 \tag{4.8}$$

$$I_2 = \Delta I'_2 \tag{4.9}$$

จะได้ค่าที่ไม่ผันแปรแบบสมบูรณ์เป็น

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{I'_2}{I'_1} \tag{4.10}$$

โดยค่าอัตราส่วนที่ได้นี้สามารถนำมาตรวจสอบได้ว่าเป็นสามเหลี่ยมชนิดเดียวกันหรือไม่

162.5	32	46	672.5	-----	80	92	380	144
(a) ข้อมูลพื้นที่สามเหลี่ยมที่ต้องการทำการเรียงลำดับ								
32	46	64	78	-----	1266.5	1503	1725	3221
(b) การเรียงลำดับพื้นที่สามเหลี่ยมจากน้อยไปมาก								

รูปที่4.20 แสดงตัวอย่างการเรียงลำดับพื้นที่สามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ทำการเรียงลำดับค่าพื้นที่สามเหลี่ยมจากน้อยไปมากเรียบร้อยแล้วนำค่าที่ได้มาทำการหาอัตราส่วนดังแสดงในรูปที่4.21 ซึ่งค่าที่ได้นี้จะเป็ค่าที่นำไปเปรียบเทียบตรวจสอบกับค่าอินพุทอันอื่นว่าใช้ลายนิ้วมือเดียวกันหรือไม่

Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	-----	Y _{m-1}	Y _m
----------------	----------------	----------------	----------------	-------	------------------	----------------

รูปที่4.21 จำนวนลำดับที่เรียงจากน้อยไปมาก

ดังนั้นจะได้

$$X_1 = \frac{Y_2}{Y_1} \tag{4.11}$$

$$X_2 = \frac{Y_3}{Y_2} \tag{4.12}$$

$$X_3 = \frac{Y_4}{Y_3} \tag{4.13}$$

ทำการหาไปจนถึง

$$X_n = \frac{Y_{n+1}}{Y_n} \tag{4.14}$$

โดยที่สมการที่ 4.14 เป็นสมการที่ใช้ทำการหาอัตราส่วนของพื้นที่สามเหลี่ยม

32	46	64	78	-----	1266.5	1503	1725	3221
(a)								
0.69565	0.71875	0.82051	0.975	-----	0.8713	0.53555		
(b)								

รูปที่4.22 แสดงอัตราส่วนที่หาจากพื้นที่สามเหลี่ยม a) อินพุทพื้นที่สามเหลี่ยม b)อัตราส่วนพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) การเปรียบเทียบหรือการตรวจสอบลายนิ้วมือ

นำค่าเทมเพลต(Template) กับอินพุทที่ได้ทำการเตรียมไว้แล้วมาทำการหาค่าความผิดพลาด โดยที่ค่าความผิดพลาดนั้นจะต้องมีการตั้งระดับเทรชโฮลด์ไว้เพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าความผิดพลาด โดยจะมีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

1. ทำการหาค่าความผิดพลาดระหว่างค่าอัตราส่วนของเทมเพลตกับอัตราส่วนของอินพุตดัง
สมการ

$$error = \left(\frac{ratio_T - ratio_1}{ratio_T} \right) \times 100\% \quad (4.15)$$

โดยที่

$ratio_T$ คือ อัตราส่วนของเทมเพลต

$ratio_1$ คือ อัตราส่วนของอินพุท

โดยจะต้องทำการหาค่าความผิดพลาดของทั้งหมด

2. ทำการตั้งระดับค่าความผิดพลาดเพื่อทำการตรวจสอบหาค่าความผิดพลาดที่ได้ในแต่ละตำแหน่งว่ายอมรับได้หรือไม่ ต้องทำการตรวจสอบทีละตำแหน่ง

3. หาค่าความยาวของตำแหน่งของค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้และติดกันมากที่สุด โดยเปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดที่กำหนดไว้ ต่อจากนั้นทำการนำค่าผิดพลาดในช่วงนั้นมาทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาด

4. เมื่อทำขั้นตอนทั้งสามเสร็จแล้วจะต้องทำการเลื่อนตำแหน่งของอัตราส่วนของอินพุทหรือทำการหมุนแล้วทำตามขั้นตอนที่ผ่านมา จะหยุดเมื่อตำแหน่งที่เลื่อนหรือหมุนวนกลับมาอยู่ที่เดิม

5. นำค่าความยาวของทั้งหมดที่ได้มานำมาหาค่าความยาวที่มากที่สุดพร้อมกับนำค่าความผิดพลาดเฉลี่ยในช่วงนั้นมาทำการตรวจสอบว่าใช่หรือไม่ใช่ดังสมการ

$$m = \begin{cases} yes, & error_{long} \geq T_1, error_{mean} < T_2 \\ no, & error_{long} < T_1 \end{cases} \quad (5.16)$$

เมื่อ

$Error_long$ คือ ค่าความยาวของค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ติดต่อกันมากที่สุด

$Error_mean$ คือ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย

I_1 คือ ค่าเทรซโฮล์ของค่าความยาวอัตราส่วน

I_2 คือ ค่าเทรซโฮล์ของค่าความผิดพลาดเฉลี่ย



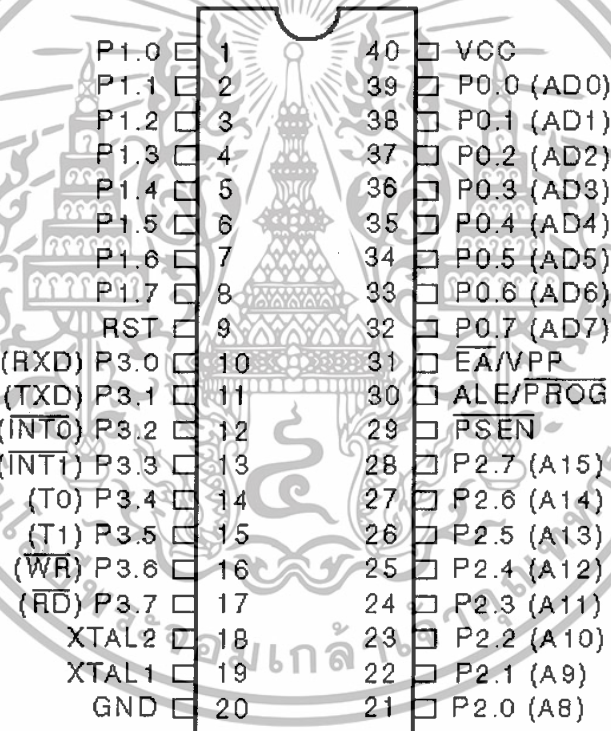
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 *** อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน

5.1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

มีโครงสร้างของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเป็นแบบ Flash Memory ขนาด 4K Bytes ซึ่งสามารถโปรแกรมแล้วลบได้ 1,000 ครั้ง โดยใช้สัญญาณทางไฟฟ้าในการ โปรแกรมและลบข้อมูล (Programmable and Erasable ROM: PEROM)

รายละเอียดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 5.1 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

GND เป็นขากราวด์ ใช้สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

พอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรส และขาข้อมูล

พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย

พอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีการต่อพูลอัพไว้ภายในแล้ว ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การ ใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นตอนต่อไป

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST รีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้การป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ซินไซเคิล โดยที่วงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

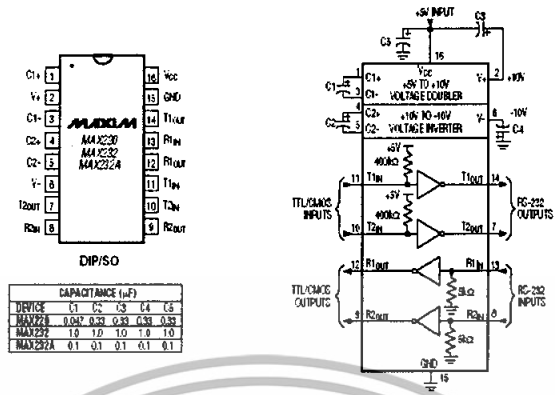
PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซ์ซินไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายในขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมโดยใช้ไอซี MAX232

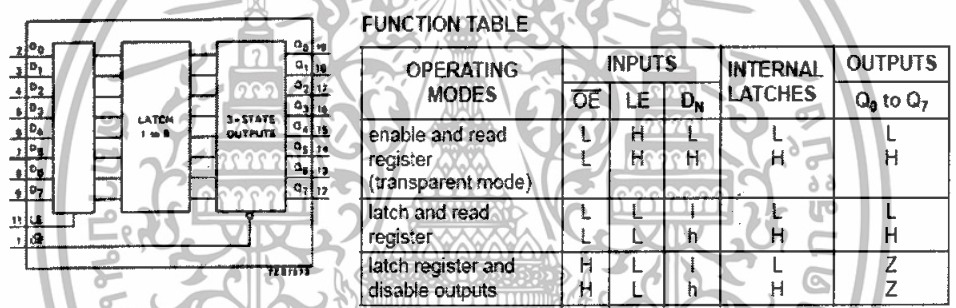
เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ใช้ไฟเลี้ยง +5V ทำให้เมื่อนำมาเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์จึงไม่สามารถทำได้ เนื่องจากแรงดันในพอร์ตจะอยู่ระหว่าง 3V ถึง 12V ดังนั้นในการเชื่อมต่อจึงต้องใช้ไอซีไดรเวอร์เฉพาะ ซึ่งในวงจรใช้ไอซีเบอร์ MAX232 ทำให้การรับส่งข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมอยู่ภายใต้ระดับแรงดันที่ที่แอลเหมือนกัน สายสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อมีเพียง 3 เส้น คือ TxD, RxD และ GND



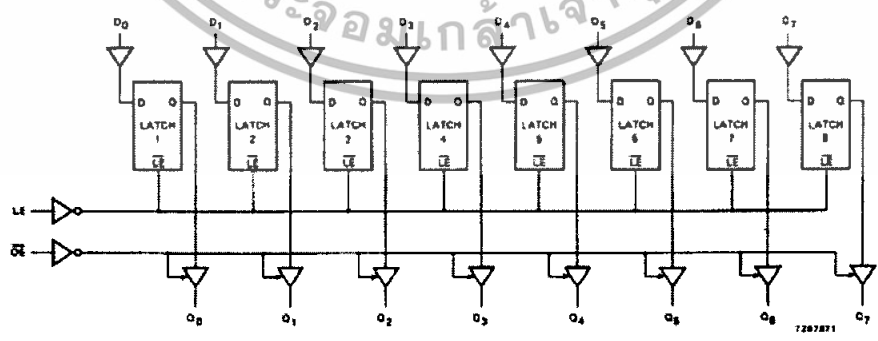
รูปที่ 5.2 ไอซี MAX232

5.3. การใช้งาน 74HC573

รายละเอียดไอซี 74HC573 แสดงดังรูปที่ 5.3



Notes
 1. H = HIGH voltage level
 h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
 LE transition
 L = LOW voltage level
 l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
 Z = high impedance OFF-state



รูปที่ 5.3 ไอซี 74HC573

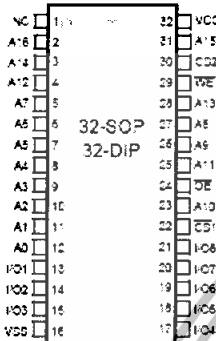
หน้าที่ของไอซี 74HC573 นั้นนำมาใช้เพื่อการ Latch ข้อมูลที่ได้มาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4. การใช้งาน SRAM K6T1008C2E

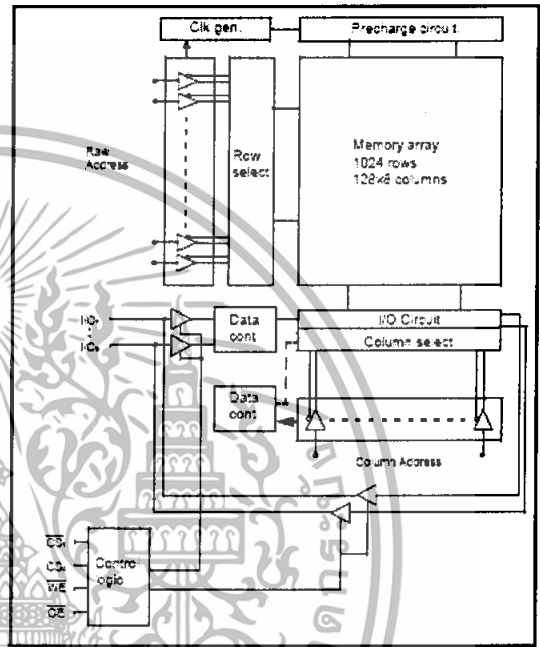
รายละเอียดไอซี SRAM K6T1008C2E แสดงดังรูปที่ 5.4

PIN DESCRIPTION



Name	Function
CS1, CS2	Chip Select Input
OE	Output Enable Input
WE	Write Enable Input
I/O1~I/O8	Data Inputs/Outputs
A0~A16	Address Inputs
Vcc	Power
Vss	Ground
NC	No Connection

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 5.4 ไอซี SRAM K6T1008C2E

SRAM K6T1008C2E มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการสแกน เพื่อที่จะนำข้อมูลนี้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูล

บทที่ 6 ***

การออกแบบอุปกรณ์เพื่อทำงานกับไอซี MBF200

6.1. หลักการและจุดประสงค์ในการออกแบบ

6.1.1. เพื่อให้สามารถใช้งาน ไอซี MBF200 ได้

6.1.2. เพื่อให้เครื่องสแกนลายนิ้วมือประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ได้ ด้วยโปรแกรม LabVIEW และ MATLAB

6.1.3. เพื่อให้ชิ้นงานนี้สามารถประมวลผลการทำงานระบบบุคคลที่มีความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้

6.2. อุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน

6.2.1. ไอซี MBF200

6.2.2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

6.2.3. หน่วยความจำชั่วคราว (RAM)

6.2.4. ไอซี MAX232

6.2.5. ไอซี 74HC573

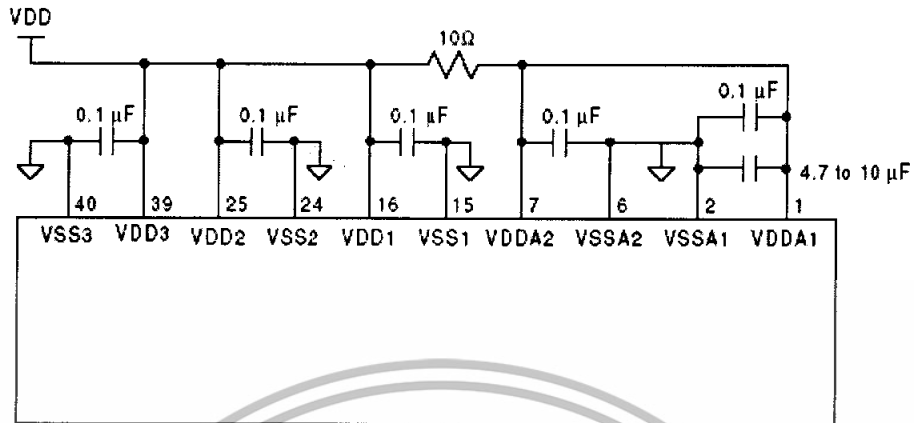
6.2.6. LCD 16*2

6.2.7. KEYPAD 4*3 DECODINGS

6.3 การออกแบบ

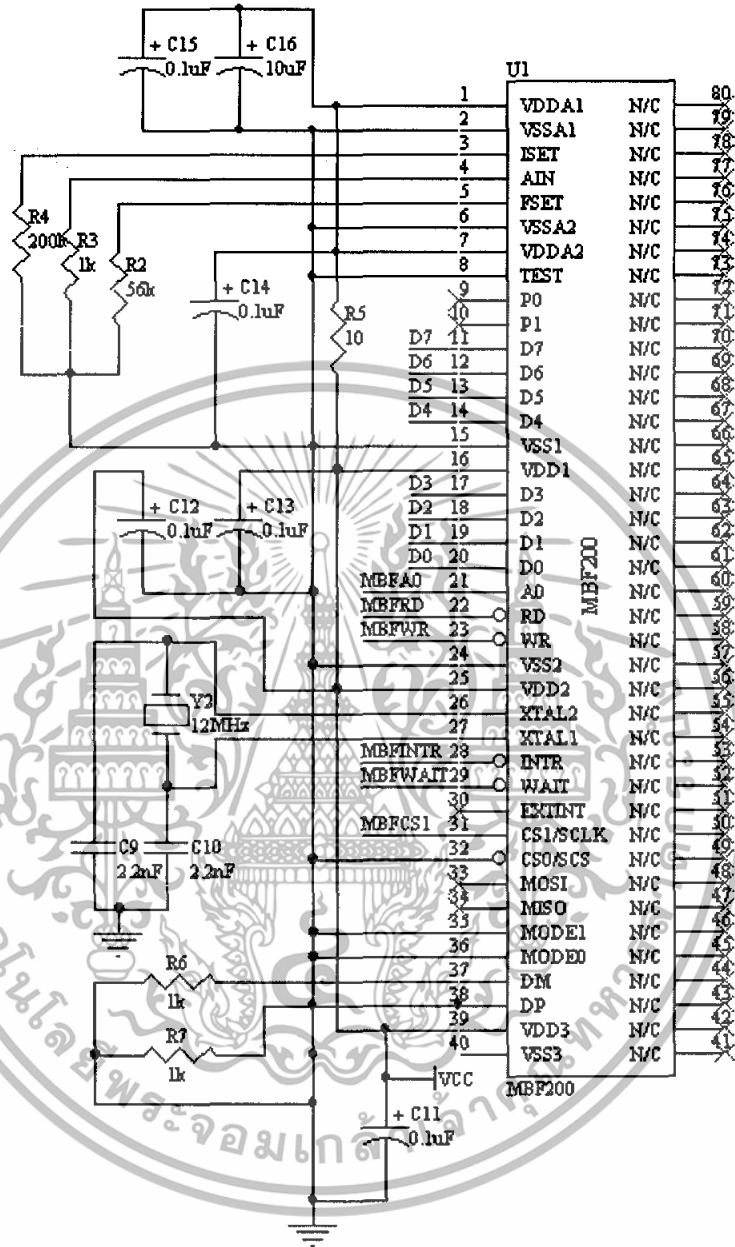
6.3.1. การออกแบบวงจรไอซี MBF200

เนื่องจากตัวไอซี MBF200 มีการออกแบบการจ่ายไฟเลี้ยงให้อุปกรณ์ที่แน่นอนอยู่แล้ว ทำให้สามารถออกแบบตามที่ทางผู้ผลิตมีข้อมูลมาให้ซึ่งเป็นการต่อไฟเลี้ยงและกราวด์เพื่อจะลดสัญญาณรบกวน ทำให้ได้ภาพลายนิ้วมือที่ดีที่สุดจากเซ็นเซอร์ (Sensor) โดยวงจรจะแสดงดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงการป้อนไฟเลี้ยงให้ไอซี MBF200

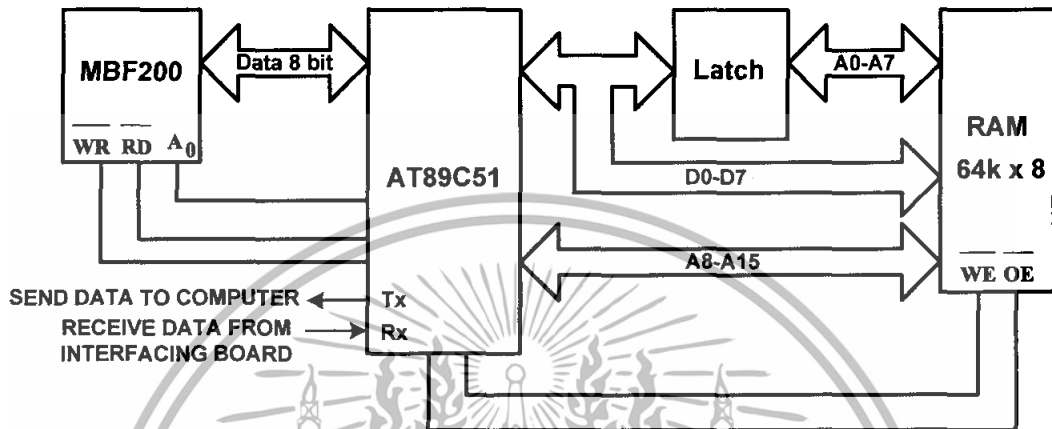
โดยการออกแบบได้ปฏิบัติตามกระบวนการที่ทางผู้ผลิตนั้นได้มีมาให้ เมื่อได้ออกแบบในส่วน
ของไฟเลี้ยงแล้วขั้นตอนต่อไปก็เริ่มออกแบบส่วนของตัวขาต่างๆ ของ MBF200 เพื่อให้ตัวไอซีมีการ
ทำงานและสามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งในการออกแบบเพื่อใช้งานนี้ได้เลือกใช้การ
ทำงานจากวงจรสร้างความถี่ภายนอก (External Crystal) โดยวงจรแสดงดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 แสดงการออกแบบส่วนไอซี MBF200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2. การออกแบบวงจรการทำงาน MCS-51, MBF200, RAM และ Serial port ให้ทำงานร่วมกัน การออกแบบในส่วนของการนำเอาโมดูลต่าง ๆ มาทำงานร่วมกัน โดยการออกแบบให้ข้อมูลที่ ได้มาจากไอซี MBF200 นั้นเข้ามาเก็บไว้ที่หน่วยความจำชั่วคราว แล้วส่งข้อมูลที่จัดเก็บไว้ใน หน่วยความจำชั่วคราวไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม อธิบายได้ตามรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงแผนภาพการออกแบบของวงจรที่ 1 SENSOR BOARD

จากรูปที่ 6.3 เป็นแผนผังการออกแบบตัวอุปกรณ์ของโครงการนี้เมื่อนำหลักการดังกล่าวไป ดำเนินการออกแบบและปฏิบัติจะได้วงจรการทำงานของอุปกรณ์นี้ดังรูปที่ 6.4 ซึ่งแต่ละส่วนได้ แบ่งแยกการทำงานไว้เป็นส่วน

วงจรประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์, โมดูล MBF200, พอร์ตอนุกรมและหน่วยความจำชั่วคราวภายนอก

ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจของการทำงานของวงจร เพราะจะต้องควบคุมการทำงานของส่วนอื่นๆ ที่เหลือ ส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาเป็นตัวควบคุมการทำงาน

ในส่วนของหน่วยความจำชั่วคราวนั้นจะใช้หน่วยความจำชั่วคราวขนาด $64K \times 8 \text{ bit}$ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้นสามารถอ้างหน่วยความจำได้มากที่สุด $64K \times 8 \text{ bit}$ ซึ่งทำการเชื่อมต่อโดยใช้วงจรแลตซ์เข้ามาช่วยและใช้พอร์ต P0 และ P2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการติดต่อ โดย P2 จะใช้อ้างแอดเดรสไบต์สูง ส่วน P0 จะใช้อ้างแอดเดรสไบต์ต่ำ นอกจากนั้นยังใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกด้วย

ในส่วนของ การควบคุมโมดูล MBF200 นั้นสามารถควบคุมได้โดยการต่อขาสัญญาณ A0, \overline{RD} และ \overline{WR} ของไอซี MBF200 เข้ากับขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์และในการเปิดการใช้งาน ไอซี MBF200 นั้นจะต่อขา CS1 กับสัญญาณ 5 โวลต์ และต่อขา CS0 กับสัญญาณ 0 โวลต์ การเขียนและอ่านข้อมูลจาก MBF200 นั้นจะเป็นข้อมูลแบบ 8 บิตวิ่งขนานกันมาเข้าพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ขาสัญญาณ \overline{RD} คุมการอ่านข้อมูล และ \overline{WR} คุมการเขียนข้อมูล ส่วนขาสัญญาณ A0 นั้นใช้เลือกกระหว่างการชี้ไปยัง Index register หรือ Data register ของ MBF200

ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟของวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805 แปลงระดับแรงดันจาก 9 โวลต์เป็น 5 โวลต์ อุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นมีลักษณะดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อรับภาพลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การออกแบบโปรแกรมเพื่อทำงานร่วมกับอุปกรณ์

7.1. จุดประสงค์ในการออกแบบ

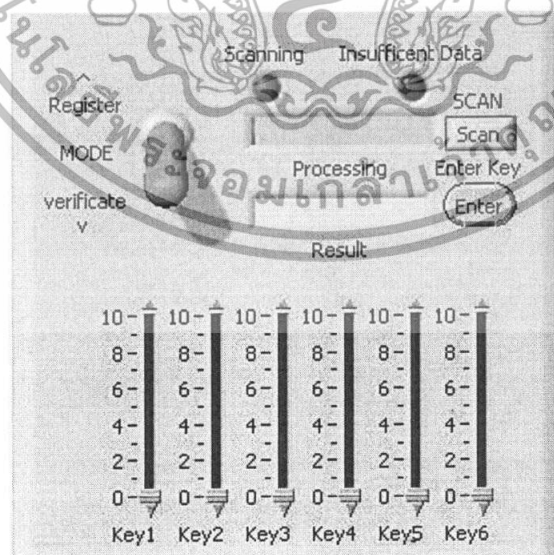
- 7.1.1. เพื่อให้สามารถติดต่ออุปกรณ์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้
- 7.1.2. เพื่อให้สามารถอ่านค่าและแสดงผลลายนิ้วมือที่ผ่านการสแกนได้
- 7.1.3. เพื่อให้สามารถจัดเก็บภาพลายนิ้วมือไว้ในคอมพิวเตอร์ได้
- 7.1.4. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือได้
- 7.1.5. เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน

7.2. ซอฟต์แวร์ (Software) ที่นำมาออกแบบ

- 7.2.1. LabVIEW 8.2
- 7.2.2. MatLab R2006b

7.3. การออกแบบ

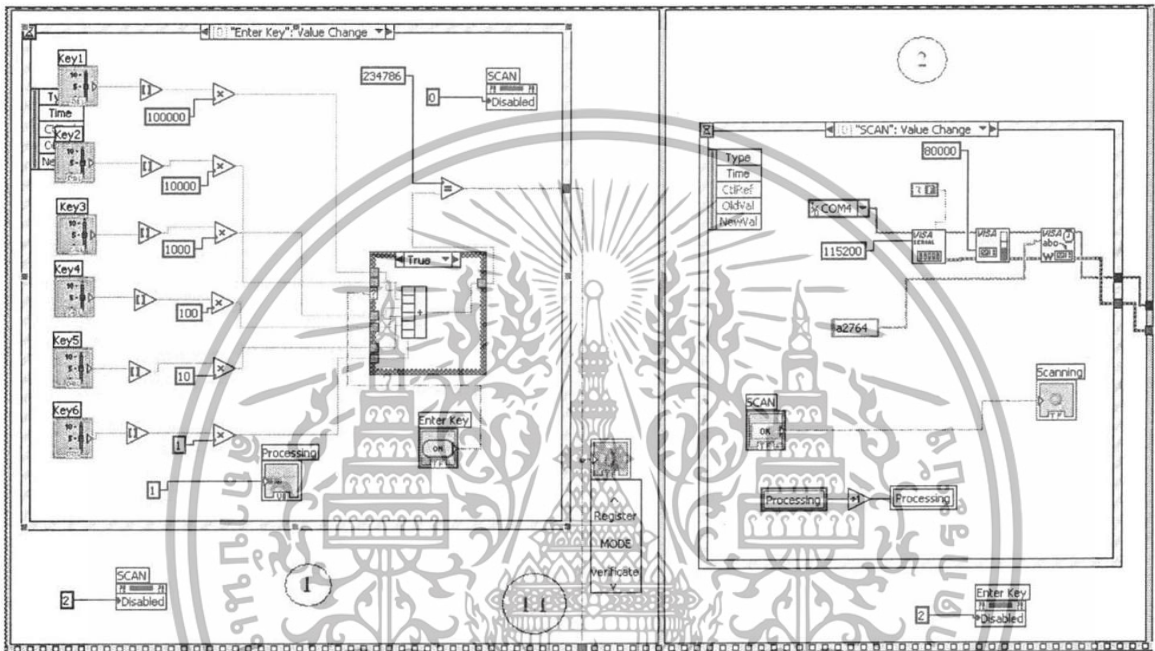
การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการสแกนภาพลายนิ้วมือแสดงดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปด้านบนเป็นหน้าปัดที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน ใช้การได้อย่างสะดวกเป็นขั้นตอน เข้าใจง่าย สามารถอธิบายได้ดังนี้ เนื่องจากโปรแกรมLabVIEWมีการส่งข้อมูลแบบ DATA FLOW ฉะนั้นเราจึงกำหนดSequence ให้เพื่อให้เกิดความเป็นลำดับขั้นตอน คือ

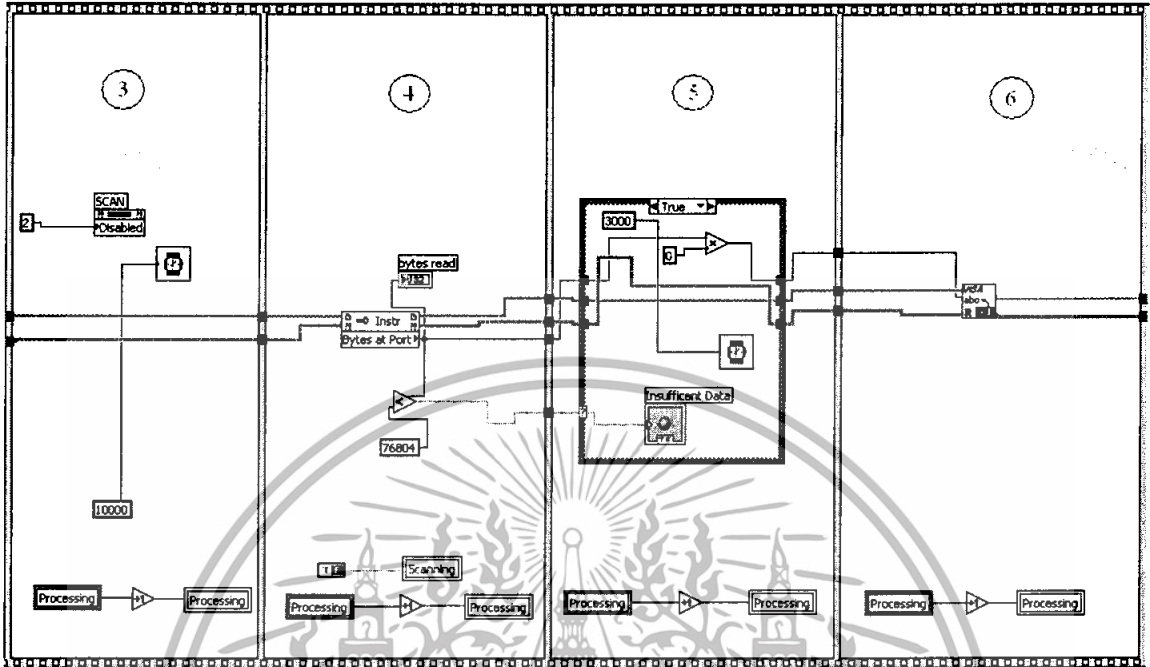


รูปที่ 7.2 แสดงการออกแบบโปรแกรมด้วย LabVIEW

Sequence1.) ป้อนPasswordว่าต้องการจะกำดั่งปฏิบัติการในModeใด(Verification or Register) โดยผ่านช่องทางที่1.1

Sequence2.) เริ่มทำการเปิดPort Serial เพื่อรับภาพที่จะสแกนเข้ามา และกดSCANเพื่อWRITE buffer เพื่อเป็นคำสั่งเริ่มทำการสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



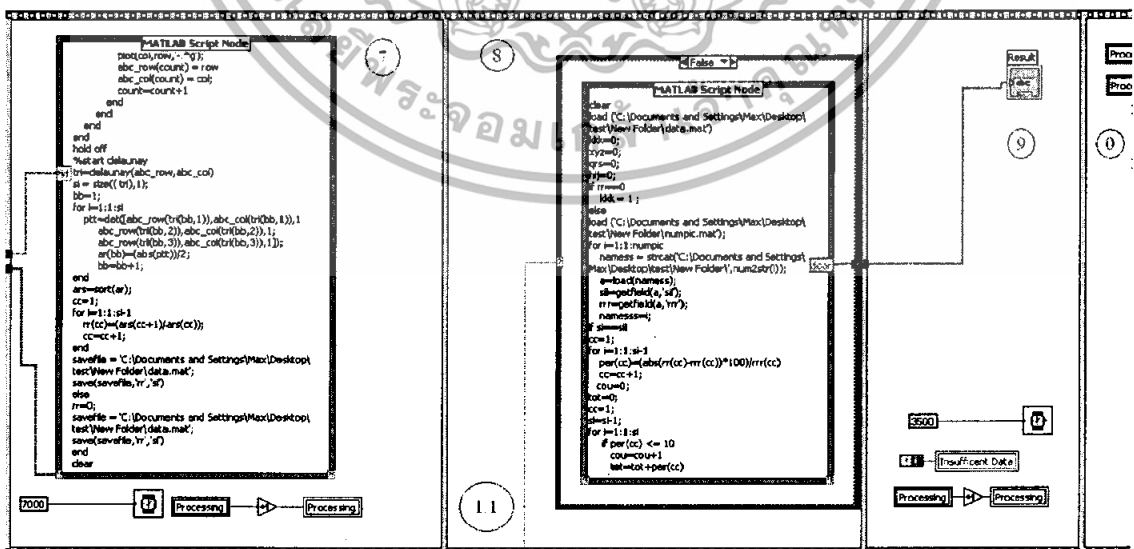
รูปที่ 7.3 แสดงการออกแบบโปรแกรมด้วย LabVIEW (ต่อ)

Sequence3.) Delay Times 10 วินาทีเครื่องสแกนกำลังทำการสแกน

Sequence4.) Check Property จำนวนข้อมูลที่สแกน เข้ามาว่าครบตามที่กำหนดหรือไม่

Sequence5.) ถ้าข้อมูลไม่ครบจะมีสัญญาณไฟสีแดง(Insufficient Data)เตือนขึ้น 3 วินาที

Sequence6.) READ DATA จากเครื่องสแกนเข้าสู่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 7.4 แสดงการออกแบบโปรแกรมด้วย LabVIEW (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sequence7.) เข้าสู่การประมวลผลของโปรแกรมMATLAB ในขั้นตอนของการPRE-POST Process Sequence8.) เป็นส่วนที่ทำงานเปลี่ยนแปลงไปตามMODEการทำงานที่ได้เลือกไว้ จากช่องทาง หมายเลข 1.1 (เส้นสีเขียว)

Verification Mode > ทำการMATCHING ระหว่างข้อมูลที่เข้ามา กับ DATABASE

Register Mode > ทำการเซฟข้อมูลอัตราส่วนสามเหลี่ยมจากจุดสำคัญ เป็นFile
นามสกุล.mat

Sequence9.) ส่วนนี้จะทำการแสดงผลที่ได้ผ่านกระบวนการมาทั้งหมดว่าสำเร็จหรือไม่

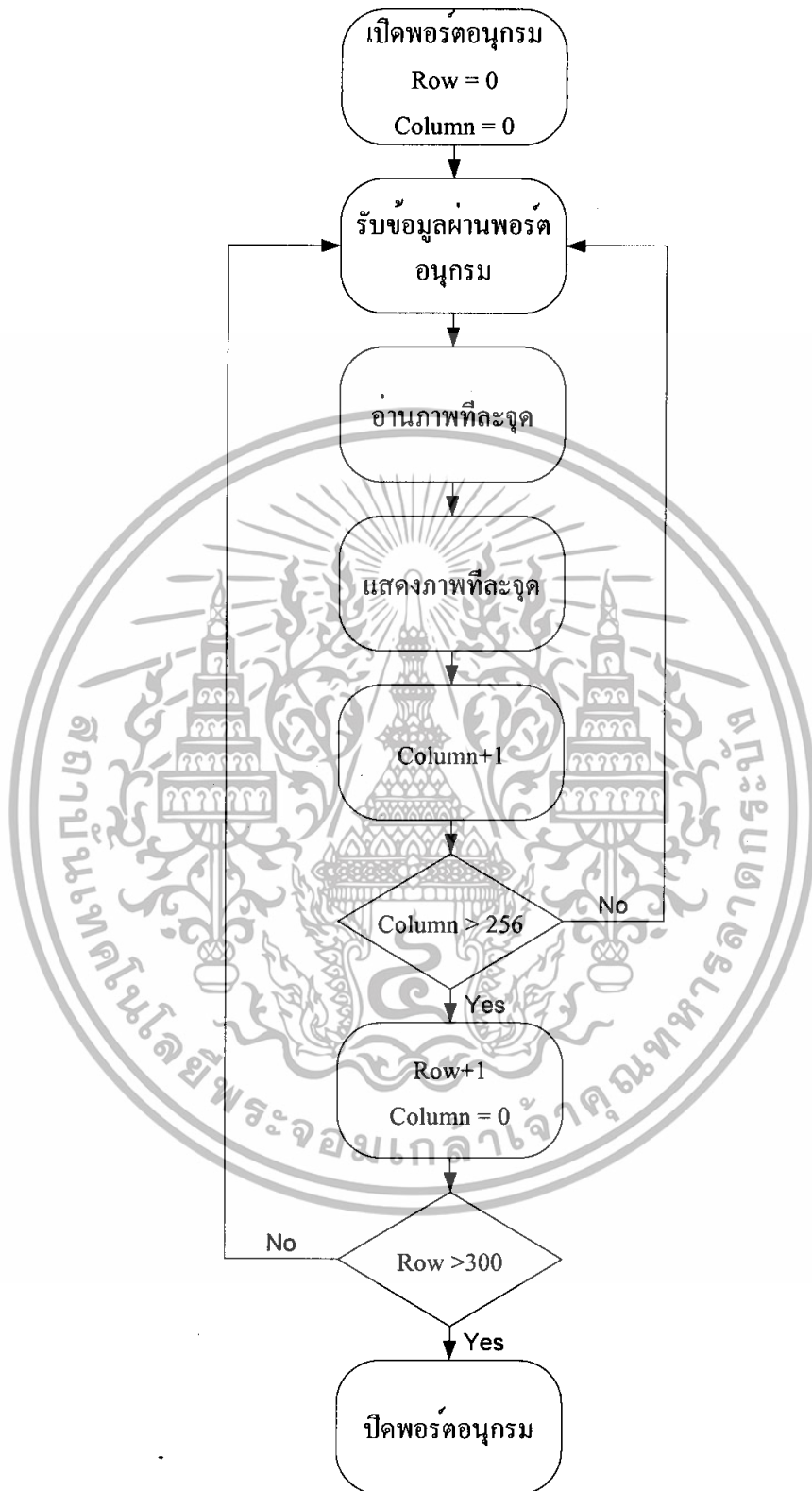
Sequence10.) ลำดับสุดท้ายเป็นการ Set Default ให้แก่หน้าปัดต่างๆเพื่อรอการเริ่มทำขั้นตอนในรอบต่อไป

Sequence ทั้งหมดจะถูกปิดล้อมด้วย While Loop เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่จำเป็นต้องหยุดการทำงานหากมีการเปลี่ยนแปลงMODEของการใช้งาน MODEการใช้งานโดยปกติจะSet Default ไว้ที่MODE Verification หากต้องการทำงานในMODE Register จะต้องป้อนPasswordที่ถูกต้องเพื่อที่จะสามารถลงทะเบียนเก็บข้อมูลของบุคคลนั้นไว้DATABASE ความจุของDATABASEนี้ขึ้นกับของความจุของHARDDISKของเครื่องๆนั้น หากเกิดการERROR จะมีหลอดPROCESSที่ทุกๆ Sequence เพื่ออำนวยความสะดวกตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดว่า ERRORที่เกิดขึ้นนั้น อยู่ในขั้นตอนใด

7.4. แผนผังการทำงานของแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมน้อย

7.4.1. โปรแกรมแสดงภาพที่สแกนผ่านพอร์ตอนุกรม

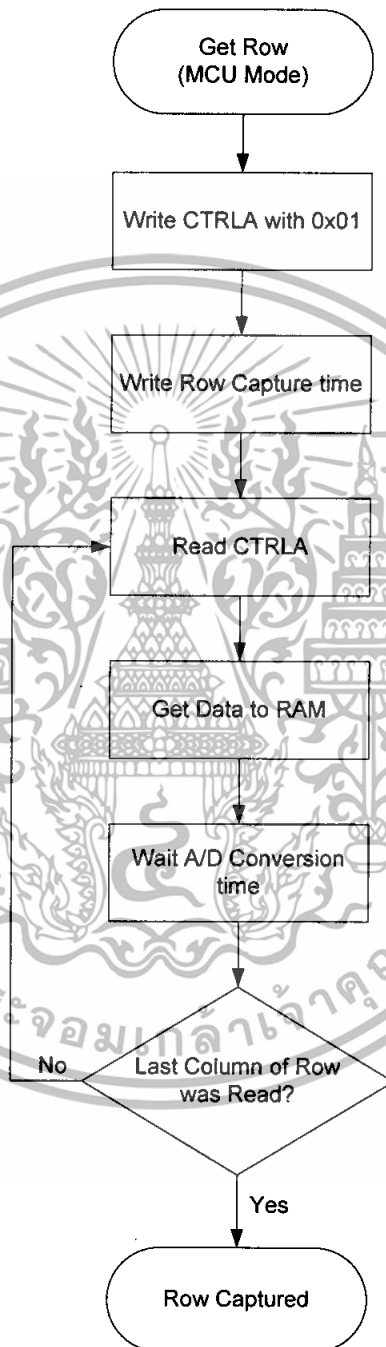
รายละเอียดในการเขียนตัวโปรแกรมแสดงดังแผนผังของรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.5 แสดงแผนผังการออกแบบ โปรแกรมแสดงภาพที่สแกนผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

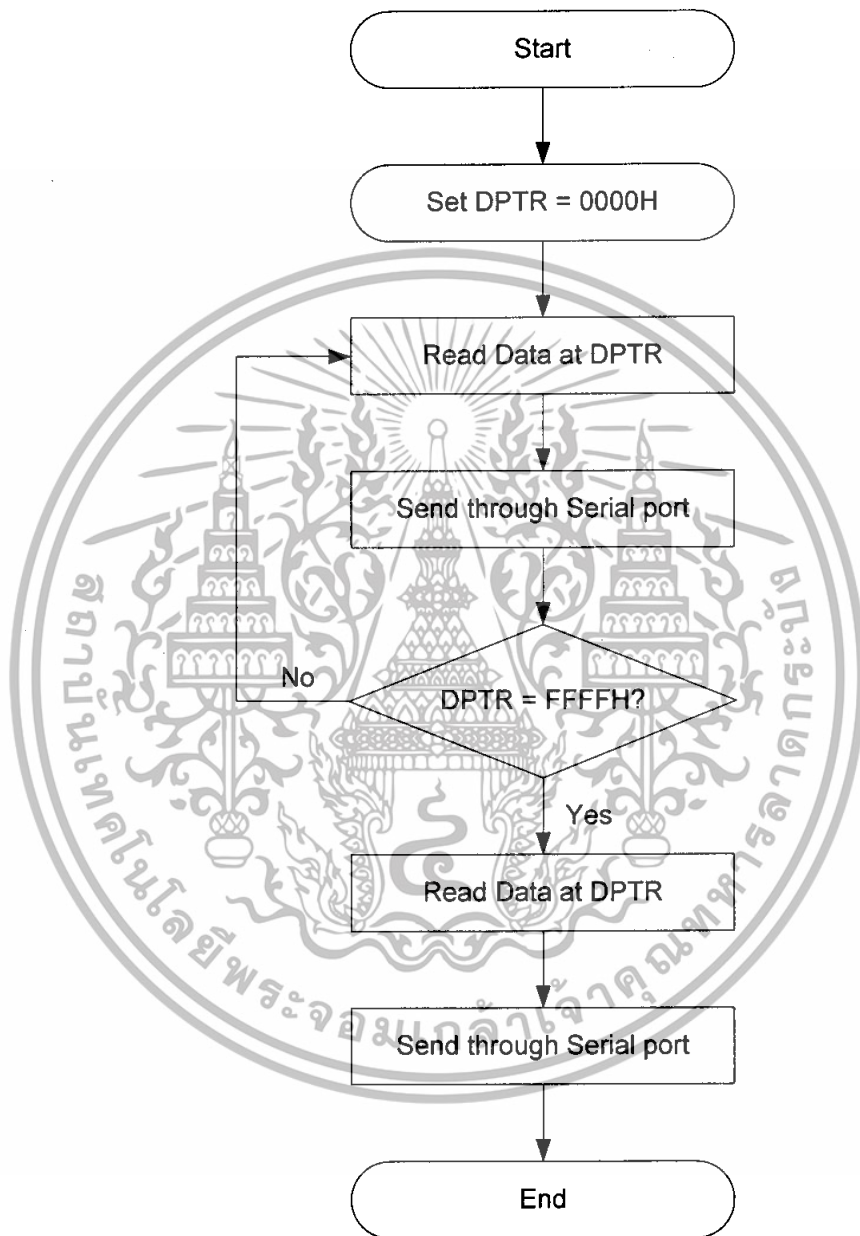
7.4.2. โปรแกรมควบคุมการทำงานการอ่านค่าจาก MBF200 โดยใช้ MCS-51 การอ่านข้อมูลมาจัดเก็บไว้ที่ตัวหน่วยความจำชั่วคราวโดยใช้ MCS-51 ในการจัดการมีรายละเอียดในการเขียนตัวโปรแกรมแสดงดังแผนผังของรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.6 แสดงการทำงานของ MCS-51 ขณะดึงข้อมูลมาเก็บไว้ที่หน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ การอ่านค่าข้อมูลภายในมือจากหน่วยความจำชั่วคราวส่งมาทางพอร์ตอนุกรม มีการทำงานดังนี้

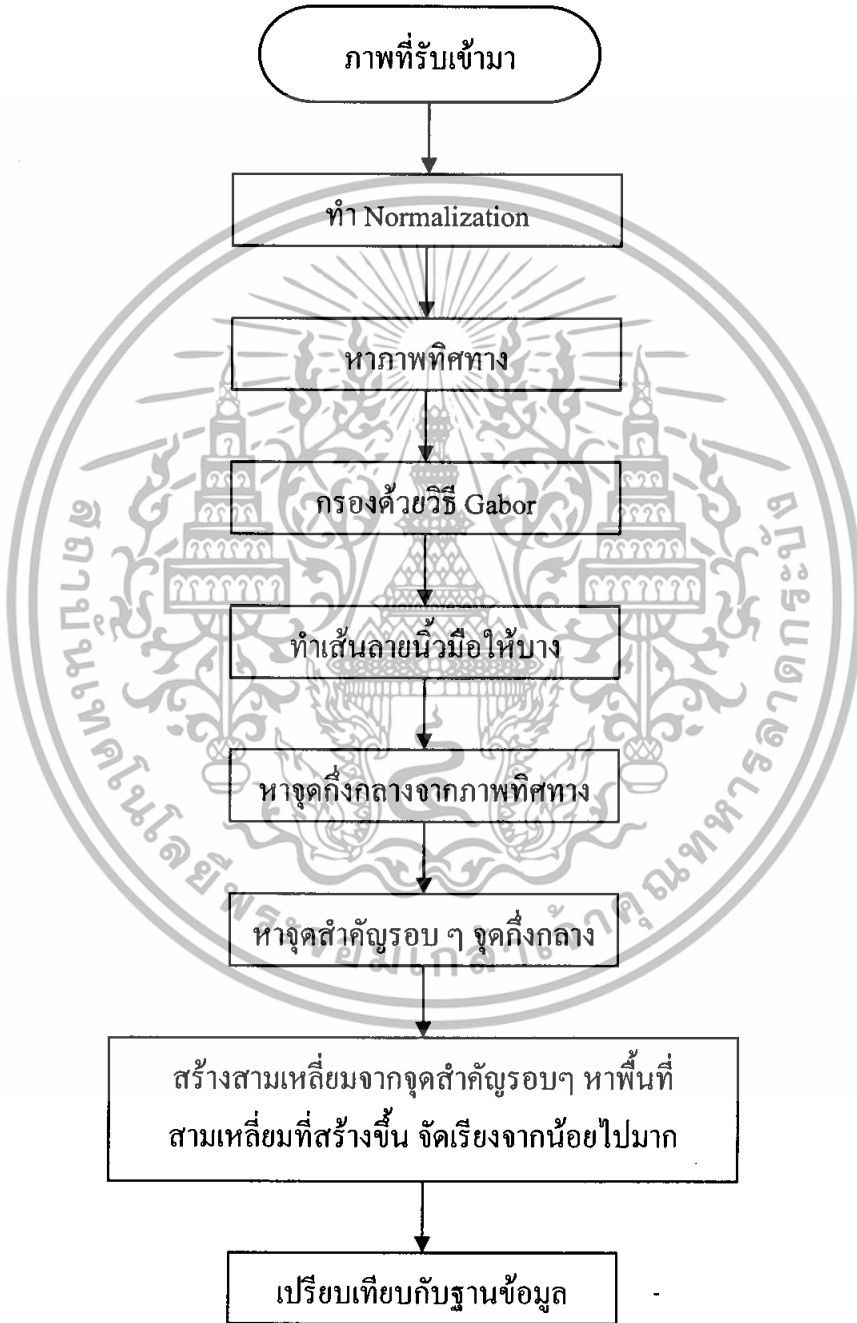


รูปที่ 7.7 แสดงการทำงานของ การดึงข้อมูลจากหน่วยความจำชั่วคราวไปยังคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.3. โปรแกรมวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือ

รายละเอียดในการเขียนตัวโปรแกรมด้วยโปรแกรมแล็บวิว(LabVIEW) โดยการใช้การติดต่อประมวลผลด้วยโปรแกรมเมทแล็บ (Matlab) แสดงผังแผนผังของรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.8 แสดงการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

การทดลองและผลการทดลอง

8.1. การทดลองการนำภาพลายนิ้วมือมาวิเคราะห์

โดยแบ่งการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

8.1.1. การทำ Normalization

เนื่องจากภาพที่สแกนเข้ามาแต่ละภาพนั้น มีความเข้มต่างกัน จึงต้องมีการทำ Normalize ภาพ เพื่อให้ ความเข้มสีของภาพนั้นมีความเข้มประมาณเดียวกัน



รูปที่ 8.1 ภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการสแกน (ก) แบบมั่วห่วย (ข) แบบกันหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 8.2 ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการทำ Normalize (ก) แบบมิดทวาย (ข) แบบก้นหอย
จากภาพผลการทดลองที่ได้จะพบว่าเมื่อผ่านการทำ Normalize แล้ว ภาพที่ได้จะมีความเข้มสี
ใกล้เคียงกัน

8.1.2. การทดลองการหาภาพทิศทาง (Orientation)



รูปที่ 8.3 ภาพทิศทางของลายนิ้วมือ รูปที่ 8.2 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.3. การทดลองการกรองลดสัญญาณรบกวน (Filtering)



รูปที่ 8.4 ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการกรองลดสัญญาณรบกวนของรูปที่ 8.2 (ก)

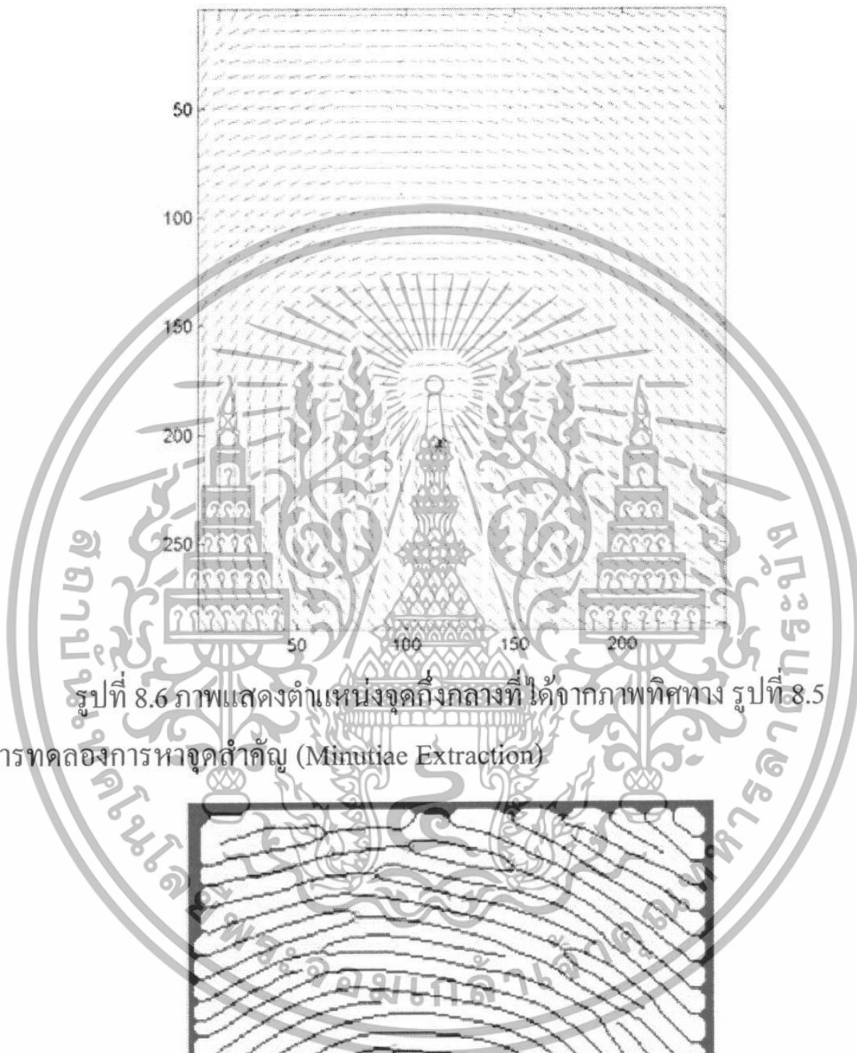
8.1.4. การทดลองการทำเส้นลายนิ้วมือให้บาง (Thinning)



รูปที่ 8.5 ภาพลายนิ้วมือที่ผ่านการทำให้บางของรูปที่ 8.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.5. การทดลองการหาจุดกึ่งกลางภาพทิศทาง (Core)



รูปที่ 8.6 ภาพแสดงตำแหน่งจุดกึ่งกลางที่ได้จากภาพทิศทาง รูปที่ 8.5

8.1.6. การทดลองการหาจุดสำคัญ (Minutiae Extraction)

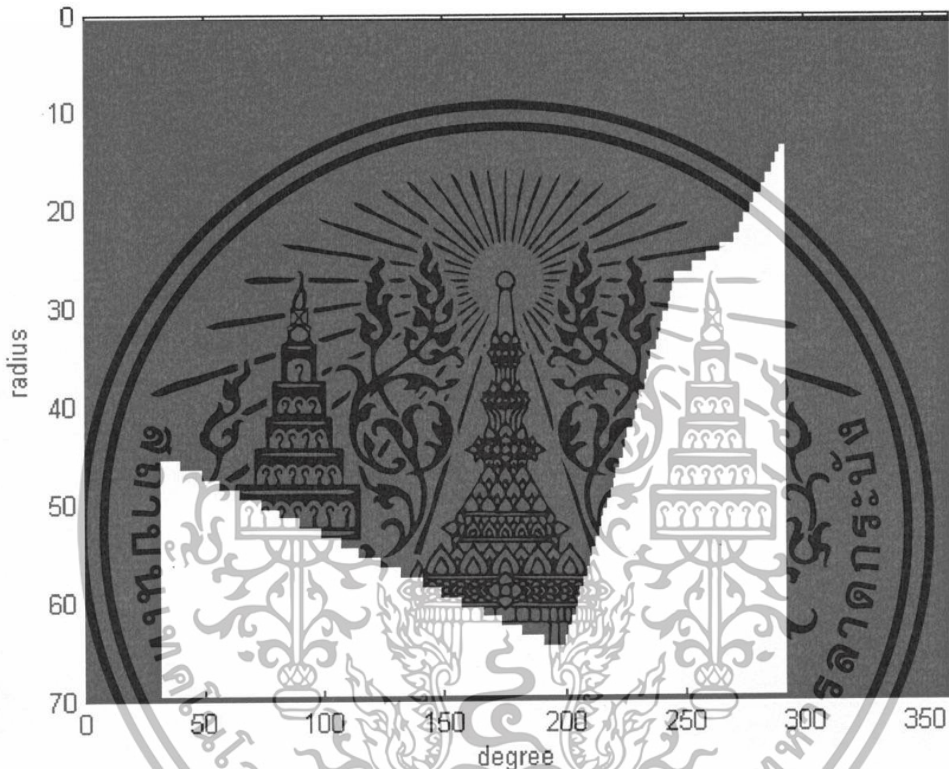


รูปที่ 8.7 ภาพแสดงตำแหน่งจุดสำคัญที่ได้จากภาพที่ผ่านการทำเส้นให้บาง รูปที่ 8.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.วิธีสร้างข้อมูลจากลักษณะเฉพาะ

8.2.1.การทดลองการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X ***



รูปที่ 8.8 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีที่ลากจากจุดกึ่งกลางถึงจุดสำคัญและมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน X

8.2.1.1.การทดลองการทำฐานข้อมูล (Template Database) ด้วยวิธี Hard C-Means

ตารางที่ 8.1. แสดงการหาค่าเฉลี่ยกลุ่มเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลบุคคลที่ 1

ลำดับที่		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	%error
1	r	13.6	45.4				-			30.8532
	θ	186.5	253.68							
2	r	11.1	12.4	14.6	43.5	46.1	58			8.0159
	θ	341.41	291.78	174.47	248.66	134.86	73.195			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

*** หน้าข้อ 8.2.1 อ้างอิงจากปริญาพนธ์ เรื่อง เครื่องสแกนลายนิ้วด้วยวิธีมมและรัศมีที่จุดสำคัญ ปีการศึกษา 2549
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	r	12.4	12.4	14.6	43.8	57.2	68.1	69.8		5.7698
	θ	291.78	338.4	181.99	247.66	66.678	113.3	264.71		
4	r	11.9	12.1	12.6	39.9	44.7	57.9	64.3	69.4	7.5317
	θ	297.79	341.91	172.96	250.17	134.86	67.681	278.74	119.32	
5	r	11.8	12.4	15.6	43.1	46.9	59.2			8.6071
	θ	347.43	291.78	178.48	250.17	137.37	72.694			
6	r	13.4	14.7	15.6	45.4	52	60.9	69.1		6.3571
	θ	289.77	336.9	181.99	132.35	252.17	68.182	262.7		
7	r	12.1	13.4	13.6	45.6	47.5	61.3	68.8		5.0476
	θ	341.91	289.77	173.46	128.84	249.67	67.179	264.71		
8	r	9.7	10.7	17.6	45.6	50.4	61.3			9.5437
	θ	348.43	278.24	173.96	245.66	134.86	76.203			
9	r	9.9	10.2	15.6	43.8	45.6	59.9			6.4325
	θ	284.76	338.9	178.48	244.65	130.35	65.675			
10	r	11.5	13	14.6	41.9	50.5	52.7	62.1		7.004
	θ	336.4	285.76	173.46	243.65	254.18	250.17	63.67		
11	r	8.9	11.1	15.6	45.3	63.5				17.4841
	θ	286.77	341.41	178.48	125.84	260.19				
12	r	10.2	11.8	15.6	42.5	58.6	69			5.0516
	θ	290.27	347.43	174.97	242.15	61.665	108.29			
13	r	11.1	12.4	14.6	44.7	47.8	58.5			6.293
	θ	341.41	291.78	181.99	131.35	252.17	66.177			
14	r	8	14	15	42.8	44.7	56.6	65.2	67.8	1.8849
	θ	288.27	344.92	165.44	244.15	131.35	63.169	261.7	110.29	
15	r	6.7	21.9	37	49.8	59.6	61.3	61.9		16.3651
	θ	13.035	159.43	223.6	264.21	268.72	256.18	71.19		
16	r	7.7	10.7	16	42.9	59.8	63.8			7.7143
	θ	281.25	348.93	165.94	241.14	63.67	258.69			
17	r	8.7	11.1	16.6	43.3	45.9	59.8	63.7		4.1865
	θ	280.25	341.41	174.97	240.14	126.84	63.67	259.19		
18	r	9.9	10.2	14.6	43.8	46	63.1	64		3.5437
	θ									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	θ	284.76	338.9	174.47	244.65	120.82	61.665	263.2		
19	r	11.6	15.1	39.8	57.2	65				13.5278
	θ	187.5	333.39	129.85	56.15	108.79				
20	r	9.7	11.5	15.6	45.9	48.2	59.1	66.7		5.4087
	θ	279.25	336.4	174.97	126.84	244.65	60.662	259.19		
21	r	7.7	9.9	15	41.6	45	57.3	65.8	68.4	3.4524
	θ	281.25	343.92	165.44	238.64	129.35	60.161	258.69	109.29	
22	r	9.9	10.2	14.6	45	45.1	60.3			5.8254
	θ	284.76	338.9	174.47	127.84	244.15	62.667			
23	r	12.6	13.3	14.3	41.3	44.2	55.9			8.3135
	θ	187	329.88	288.77	131.85	246.66	64.673			
24	r	9.9	9.9	15	43.3	45	58.6	69		5.4484
	θ	284.76	343.92	165.44	240.14	127.84	59.659	263.2		
25	r	7.7	10.9	14.8	43.8	46.4	60.8			7.1706
	θ	281.25	344.92	168.45	244.65	123.83	61.665			
26	r	8	10.6	17.6	39.8	60.5	61.9			6.0992
	θ	288.27	352.44	173.96	240.14	66.678	263.7			
27	r	10.2	10.9	16.6	43.8	45.3	58.6	63.8	68	2.6349
	θ	290.27	344.92	173.96	241.64	125.84	59.659	258.69	105.28	
28	r	9.3	14.3	15	43.8	44.9	59.3	62.1	69.1	5.1389
	θ	292.28	340.91	165.44	241.64	123.33	56.651	257.19	102.27	
29	r	8.7	12.1	15.8	44.2	44.9	58.9	63.5	69.1	5.9524
	θ	280.25	341.91	168.95	240.64	123.33	54.145	255.68	102.27	
30	r	10.6	11.8	15.6	46.1	46.4	60			7.373
	θ	333.89	282.25	173.96	241.64	123.83	59.158			
ข้อมูลเฉลี่ย	r	10.9418	9.84211	15.5119	44.5488	45.5625	59.3771	66.083	68.2636	
	θ	341.906	284.945	174.019	246.918	126.777	63.7546	262.332	110.416	

%error คือค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละข้อมูลกับ ข้อมูลเฉลี่ยที่เก็บเป็นฐานข้อมูลของแต่ละบุคคลคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.1.2 การทดลองการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

8.2.1.2.1 การทดลองการเปรียบเทียบลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันและได้ผลว่าเป็นบุคคลเดียวกัน



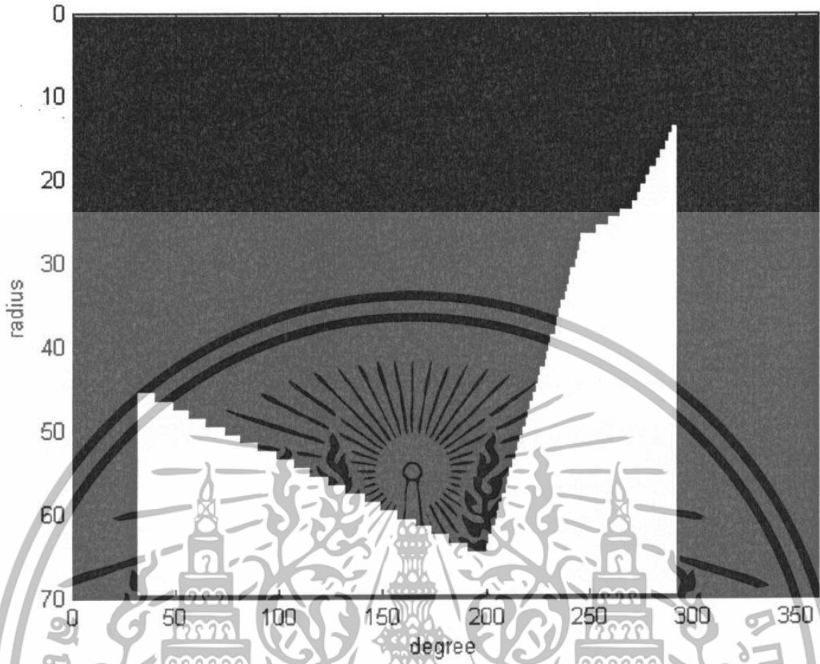
ตารางที่ 8.2. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งต่อไปนี้จะให้เป็นบุคคลอ้างอิง

R	24.9	6	43.8	48.25	56.18
Θ	35.14	194.18	246.42	270.91	289.78

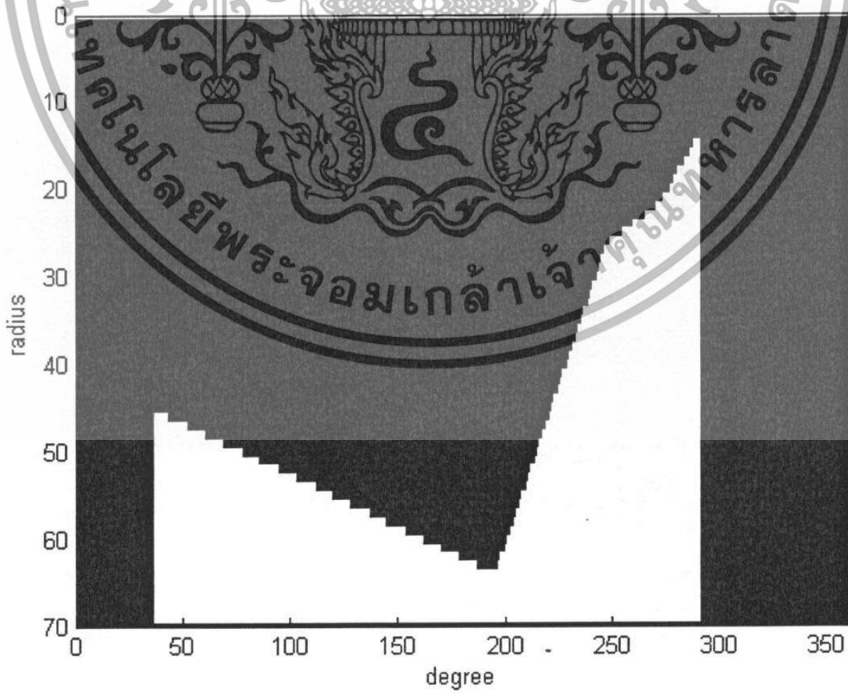
ตารางที่ 8.3. แสดงค่ารัศมีและมุมที่ ของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 2)

r	25	5	43	47	57
Θ	30.424	197.5	244.94	269.69	290.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

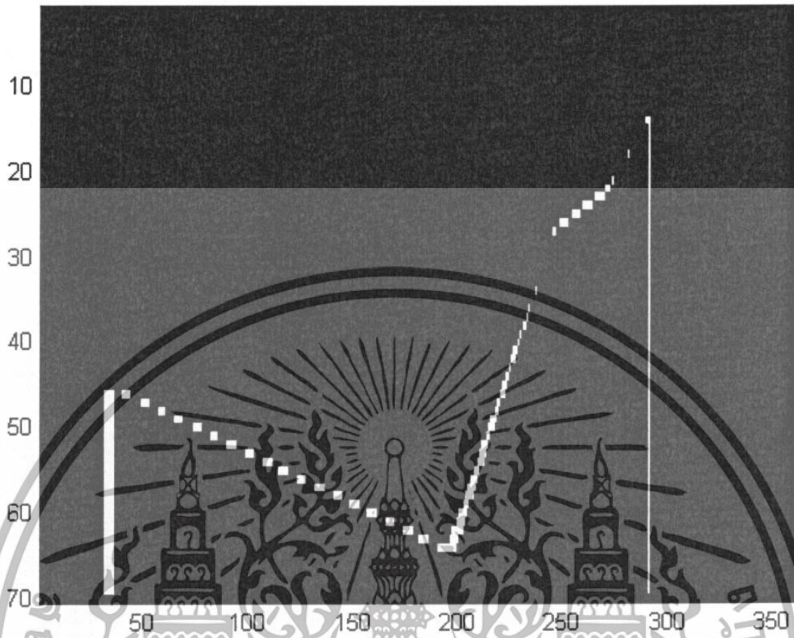


รูปที่ 8.10 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลอ้างอิง



รูปที่ 8.11 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลเดิม (ภาพที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.12 เปรียบเทียบกราฟแสดงรัศมีและมุมของบุคคลคนเดียวกัน ได้ผลใกล้เคียงกัน ผลการเปรียบเทียบจะถือว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน (Match)

8.2.1.2.2 การทดลองการเปรียบเทียบลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันและได้ผลต่างกัน



(ก) (ข)
รูปที่ 8.13 รูปลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1 (ก)ภาพที่ 1 (ข)ภาพที่ 3

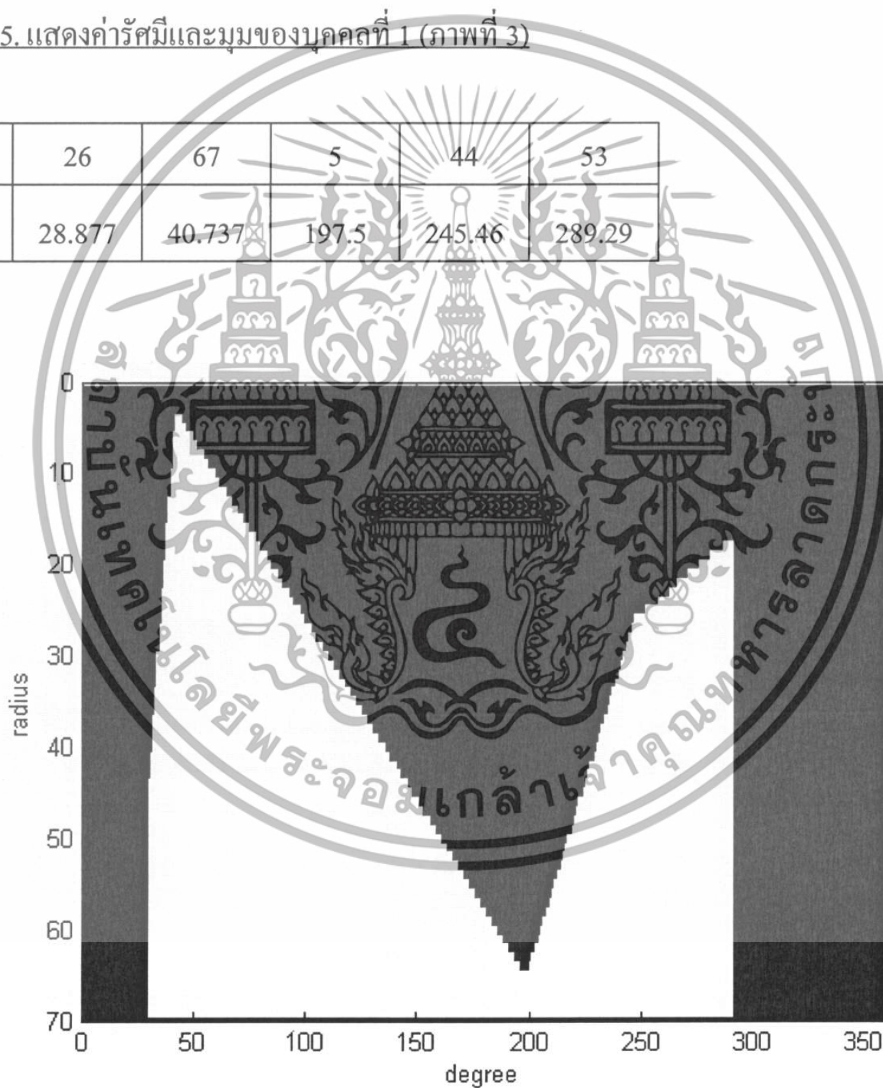
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.4. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง

r	24.9	6	43.8	48.25	56.18
θ	35.14	194.18	246.42	270.91	289.78

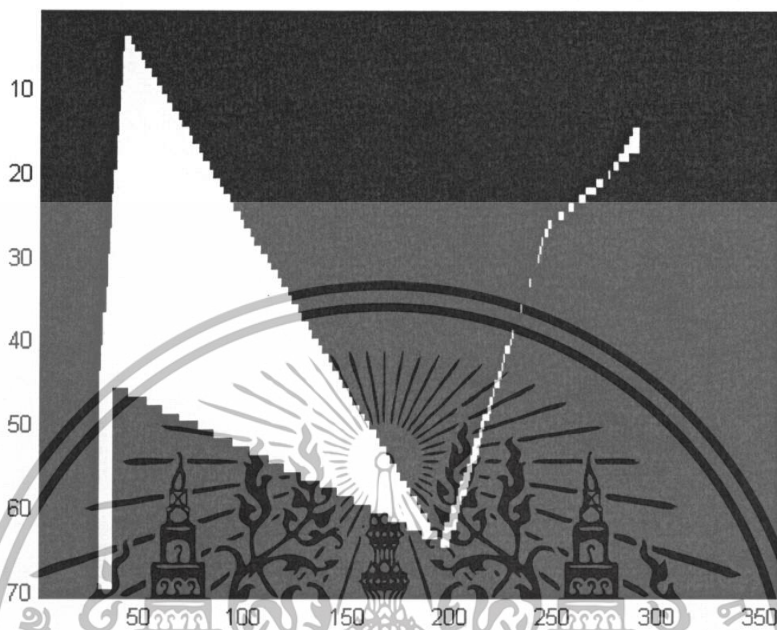
ตารางที่ 8.5. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 3)

r	26	67	5	44	53
θ	28.877	40.737	197.5	245.46	289.29



รูปที่ 8.14 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลเดิม (ภาพที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.15 เปรียบเทียบกราฟแสดงรัศมีและมุมของบุคคลคนเดียวกัน ได้ผลต่างกัน ผลการเปรียบเทียบจะถือว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลต่างกัน (Mismatch) ถือเป็นความผิดพลาดแบบการปฏิเสธการผ่านของผู้ใช้ที่ถูกต้อง (FRR)

8.2.1.2.3 การทดสอบการเปรียบเทียบลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลต่างกัน ได้ผลต่างกัน



(ก)

(ข)

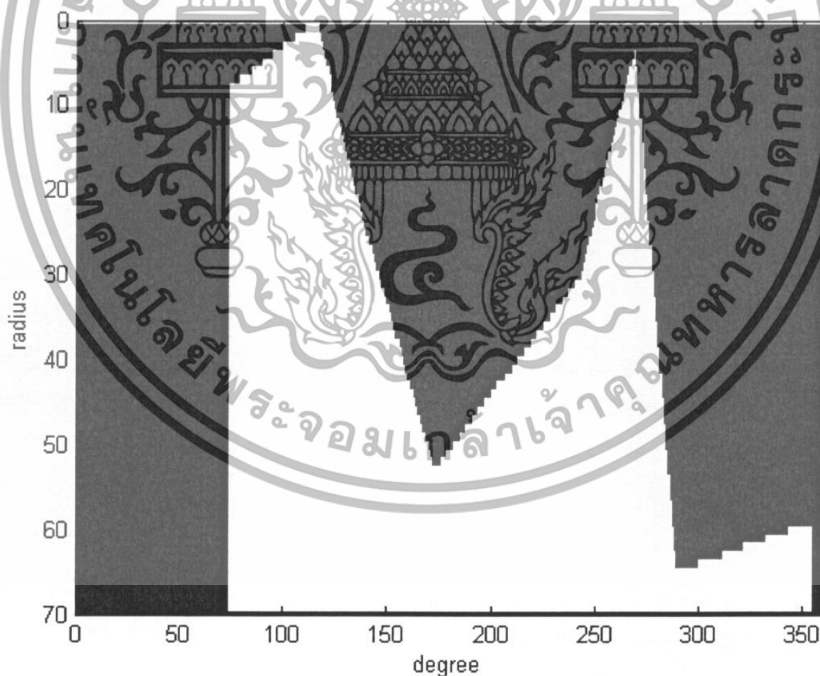
รูปที่ 8.16 (ก) รูปลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลที่ 1 (ข)รูปลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลที่ 2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.6. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง

r	24.9	6	43.8	48.25	56.18
Θ	35.14	194.18	246.42	270.91	289.78

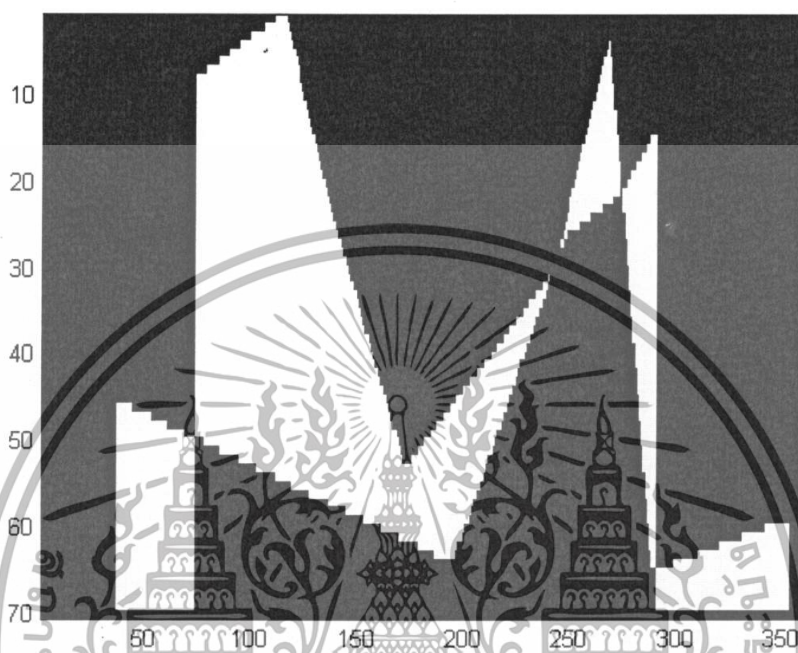
ตารางที่ 8.7. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 2 ที่มีลายนิ้วมือแบบเดียวกัน

r	62	70	49	17	40	67	5	11
Θ	72.708	114.48	134.07	171.72	241.33	267.11	287.74	352.2



รูปที่ 8.17 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลต่างกัน แต่เป็นลายนิ้วมือชนิดเดียวกันบุคคลที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.18 เปรียบเทียบกราฟแสดงรัศมีและมุมของลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลต่างกัน ผลการเปรียบเทียบจะถือว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลต่างกัน (Mismatch)

8.2.1.2.4 การทดลองการเปรียบเทียบลายนิ้วมือชนิดเดียวกันของบุคคลต่างกัน ได้ผลต่างกัน



(ก)

(ข)

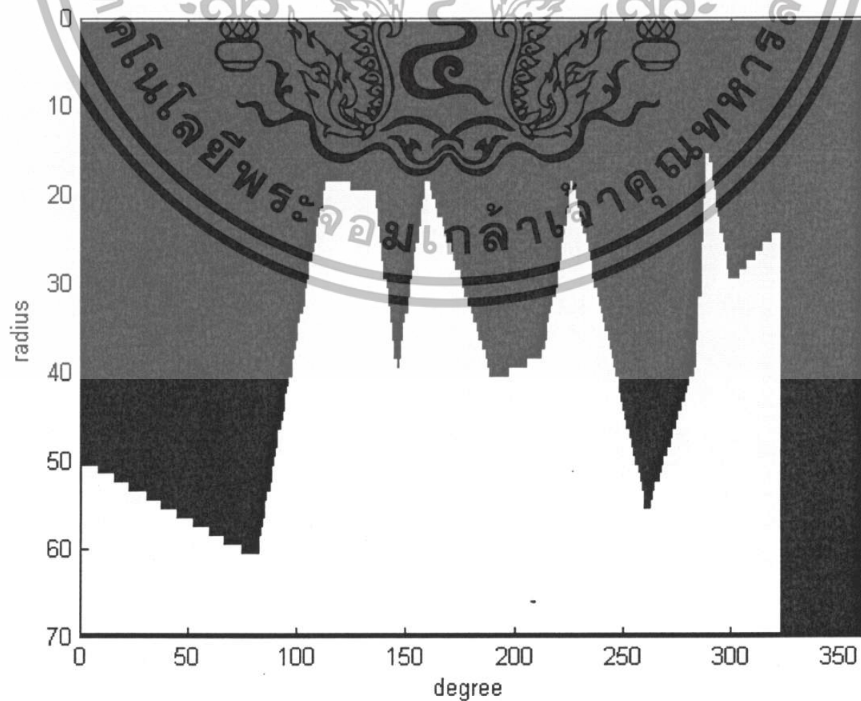
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8.19 (ก) รูปถ่ายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลที่ 1 (ข)รูปถ่ายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลที่ 3 ตารางที่ 8.8. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบุคคลอ้างอิง

r	24.9	6	43.8	48.25	56.18
θ	35.14	194.18	246.42	270.91	289.78

ตารางที่ 8.9. แสดงค่ารัศมีและมุมของบุคคลที่ 3 ที่มีถายนิ้วมือต่างชนิดกัน

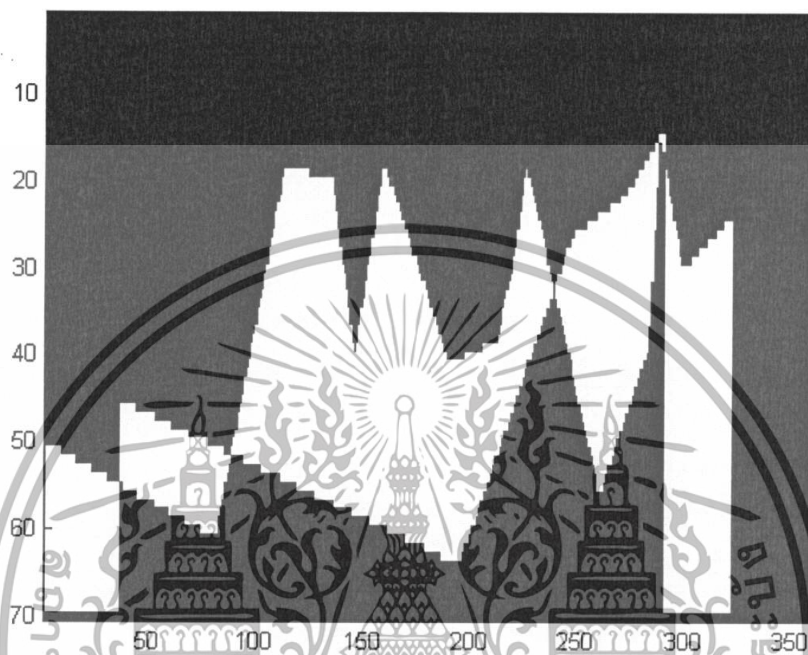
r	20	9	52	50	30	52	29	32
θ	0	80.443	112.41	134.07	144.9	158.31	189.25	211.42
r	42	52	14	31	56	40	46	
θ	219.67	224.83	259.89	282.58	287.22	298.05	321.77	



รูปที่ 8.20 รูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างรัศมี และมุมของบุคคลต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นลายนิ้วมือต่างชนิดกันบุคคลที่ 3



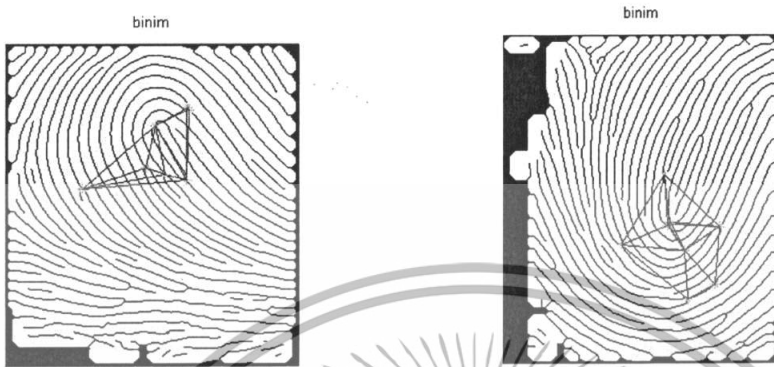
รูปที่ 8.21 เปรียบเทียบกราฟแสดงรัศมีและมุมของลายนิ้วมือต่างชนิดกันของบุคคลต่างกัน ผลการเปรียบเทียบจะ ได้ว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลต่างกัน (Mismatch)

8.2.2. การทดลองเปรียบเทียบลายนิ้วมือด้วยการสร้างสามเหลี่ยมจากกลุ่มของจุดลักษณะเฉพาะด้วยวิธีของ Delaunay

ขั้นตอนนี้เป็นอีกวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลใน Template กับข้อมูลinput ว่าใช่หรือไม่ใช่คนเดียวกันหรือไม่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.2.1 การสร้างสามเหลี่ยมจากจุดลักษณะเฉพาะ (Minutiae)



รูปที่ 8.22 แสดงกลุ่มของสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นจาก Minutiae ตัวอย่างที่จะนำมาทำการทดลองโดยรูปซ้าย-ขวาจะเป็น Template 1 และ 2 ตามลำดับ

8.2.2.2 การหาพื้นที่สามเหลี่ยมแต่ละรูปและการจัดเตรียม Template

เมื่อทำการสร้างสามเหลี่ยมเรียบร้อยแล้วเราจะนำค่าจุดยอดของของสามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นมาแทนสูตรหาพื้นที่สามเหลี่ยม นั่นคือ พื้นที่สามเหลี่ยมเท่ากับดีเทอร์มิแนนซ์ของจุดยอดทั้ง 3 วางเรียงตัวกันแล้วมีคอลัมน์ที่ 3 ของพิกัดเป็น $(x, y, z) = (x, y, 1)$ เหตุที่ต้องใส่เป็น 1 เพราะต้องทำให้เกิดเป็นเมทริกจัตุรัส 3×3 จึงสามารถหาค่าดีเทอร์มิแนนซ์ได้ เมื่อได้ค่าพื้นที่สามเหลี่ยมครบทั้งหมดแล้วนำมาเรียงเป็นลำดับจากน้อยไปมากโดยใช้วิธี selection sort ของ Mat-lab เราจะได้ array ที่เป็นชุดของมูลค่าของพื้นที่สามเหลี่ยมที่เรียงลำดับจากน้อยไปมากซึ่งนี่ยังนำมาใช้การไม่ได้ เราจึงต้องใช้สูตรส่วนของพื้นที่สามเหลี่ยมที่เรียงลำดับไว้แล้ว โดยที่จะนำค่าทางด้านขวาของตัวแรกซึ่งมีค่ามากกว่าลำดับเป็นตัวตั้งหารด้วยค่าของตัวที่น้อยกว่าดังสมการ $X_n = \frac{a_n - 1}{n}$ เสร็จสิ้นขั้นตอนนี้เราจะได้ Template ที่พร้อมใช้ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

8.2.2.3 การเปรียบเทียบลายนิ้วมือและขั้นตอนการตัดสินใจ

เราจะยกตัวอย่าง Template จากรูป 4.22 เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการ Simulate ลายนิ้วมือข้างเคียงที่เป็นประเภทเดียวกันคนเดียวกันหรือประเภทเดียวกันแต่คนละบุคคลกันดังนี้

ข้อมูล Template อ้างอิง	9.5	3.3158	4.5952	1.0743	1.0547	1.1463	2.1782	1.1368
Input_1	1.1388	1.0278	1.7027	1.1914	1.3782			
Error	88.013	69.003	62.946	10.900	30.672			
Input_2	9.5	3.3684	4.8594	1.0418	1.0123	1.7561	1.0903	1.4825
Error	0.000	1.586	5.749	3.025	4.020	53.197	49.945	30.410

ตารางที่8.10เปรียบเทียบ input ต่างๆกับtemplateที่1 (รูปที่4.22 ซ้ายมือ)

เราจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลโดยการหาerror ที่ลำดับแต่ละลำดับ เมื่อหาแล้วจะนำค่าerrorที่อยู่ในค่าที่ยอมรับได้และติดกันมากที่สุด (จากตารางจะเห็นได้ว่าinput1 errorมีค่ามากเกินไปค่าที่ยอมรับได้และไม่มีที่สามารถยอมรับได้เลยแสดงให้เห็นว่าเป็นคนละบุคคลหรือinputที่รับมาไม่สมบรูณ์อย่างมาก) ในการทดลองนี้ตั้งค่า%Errorไว้ไม่เกิน 12% เพราะฉะนั้น ค่า Error_long จะเป็นช่วง 0.00-4.020 มีความยาวเป็น 5/8 column length (เรากำหนด $T_1 = 50%$ ของcolumn) นำเปอร์เซ็นต์ในช่วงนี้มาหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจะได้ Error_Mean = 2.8588% (เรากำหนด $T_e = 10%$) ซึ่งInput2 นี้ถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่สมบรูณ์มากเกิดค่าผิดพลาดเพียงเล็กน้อย

ขั้นตอนการตัดสินใจ Yes/No จะพิจารณาสมการดังที่ได้กล่าวไว้คือ

$$m = \begin{cases} \text{yes, } error_{long} \geq T_1, error_{mean} \leq T_e \\ \text{no, } error_{long} < T_1 \end{cases}$$

ในกรณีInput2 $M = \text{Yes}$ จาก $5/8 \geq 50\% \text{ column length} \ \& \ 2.8588\% < 10\%$

เพราะฉะนั้น ในCase Input2 จะถือว่า Match!!

ตัวอย่างที่ 2

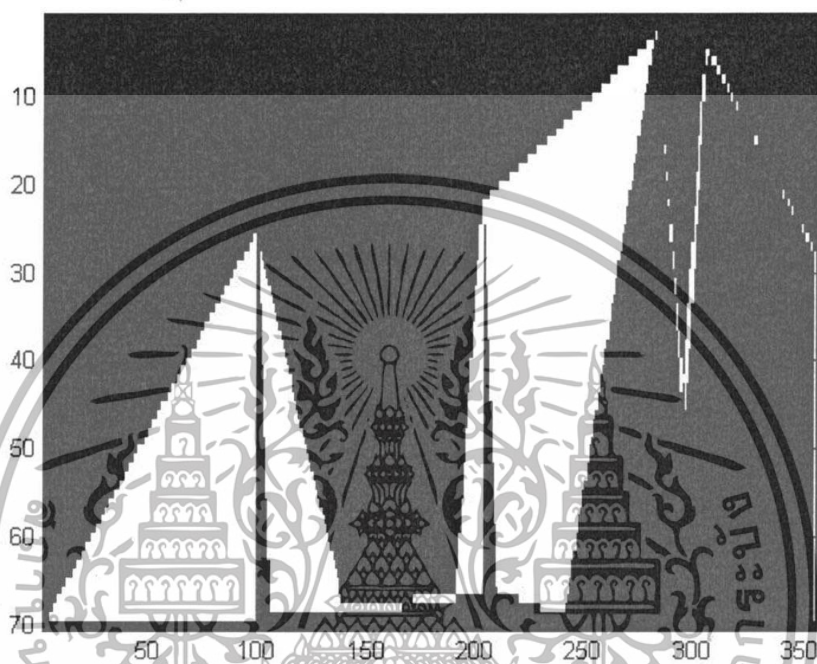
ตารางที่ 8.11 เปรียบเทียบ input ต่างๆกับ template ที่ 2 (รูปที่ 4.22 ขวามือ)

ข้อมูล												
Template	2.6667	2.75	3.6364	1	1.2375	9.5354	1.1345	1.0803	1.2939	1.2211	1.0372	1.2621
อ้างอิง												
Input_1	2	2	19.25	1.0649	1.2439	8.8431	1.214	1.0228	1.3402	1.1872	1.0988	1.2523
Error	25.001	27.273	429.37	6.490	0.517	7.260	7.007	5.323	3.578	2.776	5.939	0.776
Input_2	1.1762	1.0228	1.3402	1.3045	1.0322	1.2133						
Error	55.893	62.807	63.145	30.450	16.590	87.276						

Input2 ถือว่าใช้การไม่ได้เพราะเกิดปัญหาในขั้นตอนการรับภาพหรือการหาจุดลักษณะเฉพาะทำให้เกิดอัตราส่วนของสามเหลี่ยมไม่ครบทำให้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ พิจารณา Input1 พบช่วงของความผิดพลาดที่ยอมรับได้และติดกันมากที่สุดคือช่วง 6.49-0.776 % คือเป็นความยาว 9/12 column length นั้นหมายถึงเกิน 50% column length เพราะฉะนั้น $Error_long \geq T_1$ ผ่านเงื่อนไขแรก จากนั้นหาค่า $Error_Mean = (6.49+0.517+7.26+7.007+5.323+3.578+2.776+5.939+0.776) / 9 = 4.407\%$ $4.407\% < 10\%$ ($Error_Mean < T_1$) ผ่านเงื่อนไขที่สอง สรุปผล M = Yes [Match!!]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

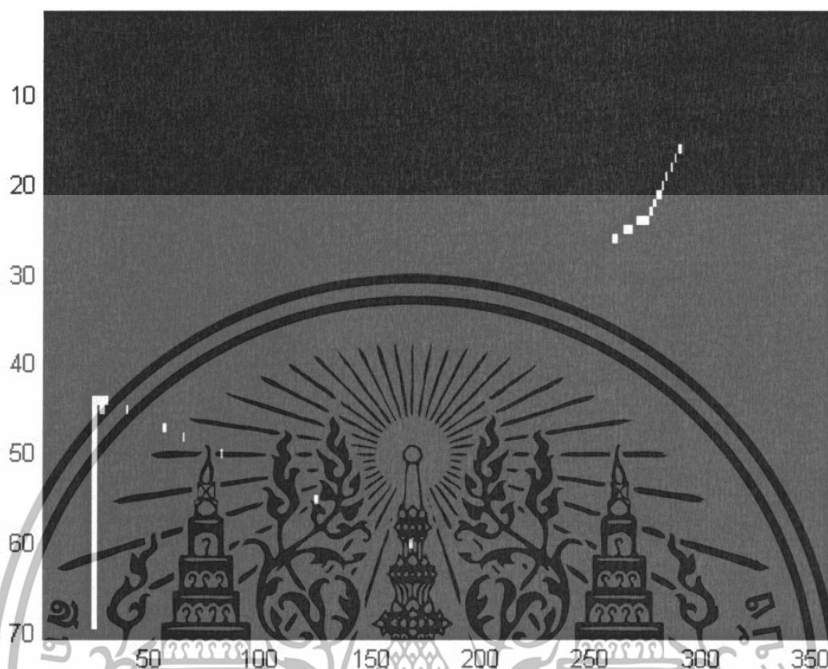
8.2.3 เปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีความสัมพันธ์รัศมีและมุมสำคัญกับวิธีเทียบอัตราส่วนตามเหลี่ยมDelaunay ที่ลายนิ้วมือเดียว Template และ Input เดียวกัน



รูปที่8.23 รูปที่นำกราฟความสัมพันธ์รัศมีกับมุมสำคัญมาซ้อนกันเพื่อทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ ของตาราง4.11 (Input1)

จากรูป8.23 เป็นรูปที่ได้จากrun Template เดียวกันกับตารางที่8.11และเป็นinputที่1 จากกราฟแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีค่ามาก (ส่วนที่เป็นสีขาว)ถึง 24.8175 % ในวิธีแบบกราฟความสัมพันธ์รัศมีกับมุมสำคัญถือว่า Mismatch แต่ในวิธีของDelaunay ดังตัวอย่างที่2 ค่าError_Mean ที่เกิดขึ้นมีเพียง 4.407% ถือว่าMatch ซึ่งอันที่จริงแล้วลายนิ้วมือ Input1นี้เป็นบุคคลเดียวกันกับTemplate data แสดงถึงวิธี Delaunay มีความแม่นยำมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.24 เป็นรูปที่นำกราฟความสัมพันธ์รัศมีกับมุมสำคัญมาซ้อนกันเพื่อทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือของตาราง 8.10 (Input2)

จากรูปกราฟของ Template กับ Input2 เคียบซ้อนทับกันสนิทมีค่าความผิดพลาดเพียง 0.0357% เป็นค่าความผิดพลาดที่น้อยมากสรุปผลว่า Match แต่ส่วนวิธีของ Delaunay นั้น ได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่คำนวณได้เท่ากับ 2.8588% ถึงแม้ว่าความแม่นยำจะน้อยกว่าวิธีการความสัมพันธ์แต่ผลที่สรุปจากเงื่อนไขยังถือว่าลายนิ้วมือทั้งสองยัง Match กันอยู่ แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่ตัดสินใจได้แม่นยำกว่าของวิธี Delaunay

8.3 การทดสอบหาค่า False Rejection Rate : FRR และ False Acceptance Rate : FAR

โดยเราจะเริ่มหาค่า FAR จากคน 30 คน โดยมีลายนิ้วมือของคนหนึ่งที่ใช้อ้างอิงเป็นลายนิ้วมือแบบมัดหวาย (30 คนนี้ อาจจะไม่ใช้มัดหวายหรือลายใดลายหนึ่งเพียงอย่างเดียว)

หมายเหตุ O/C = Out of Case (ไม่เข้ากรณีที่สามารถทำการ match ได้)

100% หมายถึง ค่าที่ ERROR ที่เกิดขึ้นเกินที่กำหนด จะ SET ERROR ให้เป็น 100%

ตารางที่ 8.13 แสดงผลการหาค่า FAR จากการสแกนลายนิ้วมือของบุคคล 30 บุคคล เมื่อลายนิ้วมือที่อ้างอิงเป็นลายนิ้วมือแบบมัดหวาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	Match / Mismatch
1	100	Mismatch
2	100	Mismatch
3	100	Mismatch
4	100	Mismatch
5	O/C	Mismatch
6	O/C	Mismatch
7	100	Mismatch
8	O/C	Mismatch
9	100	Mismatch
10	100	Mismatch
11	100	Mismatch
12	100	Mismatch
13	100	Mismatch
14	100	Mismatch
15	O/C	Mismatch
16	O/C	Mismatch
17	O/C	Mismatch
18	100	Mismatch
19	O/C	Mismatch
20	O/C	Mismatch
21	O/C	Mismatch
22	100	Mismatch
23	O/C	Mismatch
24	100	Mismatch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	O/C	Mismatch
26	O/C	Mismatch
27	100	Mismatch
28	O/C	Mismatch
29	O/C	Mismatch
30	100	Mismatch
FAR=(0/30)*100=0%		

ต่อไปเป็นการหาค่า **FRR** โดยการสุ่มเอาบุคคลจำนวนหนึ่งมาทำการเก็บข้อมูลของตนไว้แล้วใช้เครื่องสแกนทำการตรวจสอบลายนิ้วมือของตนเอง ทำทั้งหมด30ครั้ง ได้ผลดังตารางต่อไปนี้ ตารางที่ 8.14 แสดงผลการหาค่า FRR จากการสแกนลายนิ้วมือของบุคคลหลายคน จำนวน 30 ครั้ง (ข้อมูลในDATABASEเป็นข้อมูลที่ดีที่สุดของคนๆนั้น)

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์ความ คลาดเคลื่อน (%)	Match / Mismatch
1	0.8223	Match
2	0.0159	Match
3	2.5317	Match
4	100	Mismatch
5	O/C	Mismatch
6	4.6671	Match
7	O/C	Mismatch
8	100	Mismatch
9	2.2236	Match
10	100	Mismatch
11	O/C	Mismatch
12	1.1546	Match

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	1.2930	Match
14	3.0847	Match
15	O/C	Mismatch
16	2.5266	Match
17	0.1865	Match
18	0.0054	Match
19	100	Mismatch
20	1.4362	Match
21	0.4994	Match
22	3.7854	Match
23	0.3135	Match
24	1.4484	Match
25	100	Mismatch
26	O/C	Mismatch
27	O/C	Mismatch
28	2.1126	Match
29	5.9524	Match
30	3.3313	Match
FRR=(11/30)*100= 36.67%		
O/C = 6 ครั้ง : '100' = 5 ครั้ง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 8.1. การทดลองการนำภาพลายนิ้วมือมาวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า เราได้ทำการปรับปรุงภาพที่รับเข้ามา (Image Enhancement) โดยทำการ Normalize ภาพ เพื่อนำภาพที่ได้ไปหาภาพทิศทาง (Orientation Image) ซึ่งเป็นกระบวนการประมาณทิศทางของเส้นนูนของภาพลายนิ้วมือ (จากเดิมภาพทิศทางมีแค่ 8 ทิศทางแต่ละทิศทางต่างกัน 22.5 ซึ่งเป็นทิศที่หยาบมาก ทำให้ไม่สามารถหา core ที่ถูกต้องได้) มีทิศทางตั้งแต่ $0^\circ - 180^\circ$ จากนั้นนำภาพทิศทางที่ได้ไปหาจุดกึ่งกลางภาพ (Core) ซึ่งได้ตำแหน่งใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางของลายนิ้วมือจริง ขั้นตอนต่อมาคือกระบวนการกรองลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีของ Gabor เพื่อให้ภาพมีลายเส้นนูนและร่องชัดเจนและถูกต้องยิ่งขึ้น เพื่อที่จะนำไปทำ Thinning เพื่อหาจุดสำคัญของภาพลายนิ้วมือต่อไป

ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่า ถ้าภาพลายนิ้วมือที่รับเข้ามาหากไม่มีความชัดเจน มีลักษณะของเส้นลายนิ้วมือที่ไม่สมบูรณ์มาก หรือภาพที่มีจุดกึ่งกลางภาพไม่อยู่ในบริเวณกลางภาพมาก ๆ ภาพที่ได้จากการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) และจุดกึ่งกลางภาพที่ได้จากการประมวลผลจะไม่ถูกต้องไปด้วย ดังนั้นอัลกอริทึม (algorithm) นี้จะใช้ได้ดีกับภาพลายนิ้วมือที่ค่อนข้างชัดเจนและสมบูรณ์

จากผลการทดลองที่ 8.2.1 การทดลองการเปรียบเทียบลายนิ้วมือสามารถสรุปได้ว่า อัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้สำหรับการเปรียบเทียบสามารถตรวจสอบและแยกแยะลายนิ้วมือของบุคคลได้ดี นั่นคือสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกันได้ สามารถแยกลายนิ้วมือรูปแบบเดียวกันของบุคคล 2 บุคคลได้ และสามารถแยกลายนิ้วมือที่มีรูปแบบต่างกันของบุคคล 2 บุคคลได้ โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางกับจุดสำคัญ (x) กับมุมที่จุดสำคัญทำกับแกน $x(\theta)$ ซึ่งบุคคลแต่ละคนจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป

จากผลการทดลองที่ 8.2.2 การทดลองที่ใช้วิธีการสร้างสามเหลี่ยมจากจุดลักษณะเฉพาะ (Delaunay) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือถึงแม้ว่าจะมีการเตรียม Template ที่ยุ่งยากกว่าแต่เป็นข้อมูลที่อธิบายและเข้าใจได้ง่ายเนื่องจากเป็นอัตราส่วนเชิงคณิตศาสตร์แบบพื้นฐานมาเปรียบเทียบกันเป็นแบบลำดับแล้วประมาณช่วงที่สามารถยอมรับได้ซึ่งเป็นส่วนที่กำหนดไว้แล้ว ความยืดหยุ่นของ %Error นี้เป็นข้อดีของวิธีนี้อย่างหนึ่งเพราะกำหนดได้ง่ายและถ้าลด %Error ที่กำหนดนี้ให้มีความน้อยลงก็จะเป็นการเพิ่มความปลอดภัยภายในตัว

จากผลการทดลองที่ 8.2.3 เปรียบเทียบวิธีการการเปรียบเทียบทั้งสองแบบพบว่า แบบที่ใช้กราฟ ความสัมพันธ์ของรัศมีกับมุมสำคัญสามารถตัดสินใจได้เร็วกว่าแบบสามเหลี่ยม (Delaunay) แต่เมื่อเป็นInputที่มีความซับซ้อนมากขึ้นหรือมีความคมชัดน้อยลงวิธีที่ใช้กราฟ ความสัมพันธ์นี้อาจตัดสินใจผิดพลาดได้ ในขณะที่วิธีของDelaunayนั้นถึงแม้ว่า%Error ที่ออกมาจาก ภายนี้วิธีที่ไม่ซับซ้อนจะมีค่ามากกว่าวิธีกราฟความสัมพันธ์แต่ผลคำตัดสินยังคงเป็นmatch เช่นเดียวกับวิธีแรก เมื่อได้รับInput ที่มีความซับซ้อนของลายนิ้วมือมากขึ้นวิธีสามเหลี่ยมนี้ยังคงตัดสิน ได้ถูกต้องมากกว่าวิธีที่ใช้กราฟ แสดงให้เห็นถึงข้อดีในความแม่นยำสูงของวิธีสามเหลี่ยม(Delaunay) จึงเหมาะสำหรับที่ๆต้องใช้ระบบความปลอดภัยระดับสูงได้แก่ ธนาคาร หรือ กระทรวงที่เกี่ยวข้องกับ ความมั่นคงของชาติ ส่วนแบบกราฟความสัมพันธ์เหมาะสำหรับใช้กับหอพักหรือแบบทั่วไปตาม สำนักงานและครัวเรือน

ผลการทดลองที่ 8.3 ค่าFAR(อัตราการหลุดรอดของผู้ปลอมแปลงจากการตรวจจับ) มีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง โอกาสที่จะสามารถปลอมแปลงลายนิ้วมือเพื่อให้ออกจากการตรวจสอบนั้นน้อยมากจนเป็น ศูนย์ ด้วยเหตุนี้ทำให้เป็นข้อสนับสนุนของความมีความปลอดภัยที่สูงในระบบนี้ ส่วนค่าของFRR(การ ปฏิเสธการผ่านกับผู้ใช้ที่ถูกต้อง)ที่สูงถึง 36.67% ก็ไม่ใช่เรื่องผิดปกติแต่อย่างใด เพราะยังมีความ ปลอดภัยสูงๆ ค่าของ DATA IN ที่ได้จากSENSOR SCANจะต้องยังมีความชัดเจนและแน่นอนในทุกๆ ครั้งที่ทำการSCAN จากค่าในตาราง O/C และ ค่า 100% เกิดขึ้น 6 และ 5 ครั้งตามลำดับ ค่าO/Cนี้จะ เกิดขึ้นเมื่ออัตราส่วนที่เป็นColumn(หรือ array)ระหว่าง DATA-IN กับ DATABASE มีค่าต่างกันมากๆ เช่น 8 ต่อ 3 หรือ 5 ต่อ 12 เป็นต้น ทั้งนี้เป็นเพราะเครื่องSENSORที่เก่ามาก เมื่อเกิดกรณีนี้ขึ้น โปรแกรม MATLAB จะไม่ประมวลผลต่อเพราะถือว่าข้อมูลที่มีอยู่นั้นไม่เพียงพอที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน ส่วนกรณี ERROR = 100% เกิดขึ้นเพราะมีจุดลักษณะสำคัญปลอมแปลงเกิดขึ้นอาจเป็นเพราะจุดขาวๆ เกิดขึ้นระหว่างเส้นดำทำให้มีจุดลักษณะสำคัญมีเพิ่มขึ้นการสร้างสามเหลี่ยมและอัตราส่วนพื้นที่จึง เปลี่ยนแปลงตามกันไป ERRORที่ออกมาได้จึงเกินที่เราตั้งไว้คือ6% เราจะไม่เก็บค่าERRORที่เกิน กำหนดนี้เราจึงSET ERRORให้ขึ้นเป็น100%

9.2. แนวทางการพัฒนา

ในการลดค่าFRR สามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนSENSOR SCAN (MBF 200) ใหม่ เพราะ ปัจจุบันหน้าปัดสแกนมีลายขีดขวนมากมายจนภาพที่รับเข้ามามีจุดขาวมากมาย ส่วนจุดดำที่เกิดขึ้น สามารถแก้ไขได้โดยนำสารอุดความชื้นวางไว้ที่หน้าปัดสแกน และก่อนทำการสแกนผู้สแกนจะต้องมีการ ผลิตแป้งบางๆบริเวณนิ้วมือเพราะจะช่วยไม่ให้เกิดความมันและความชื้น

ในการพัฒนาระบบDATABASE อาจจะใช้โปรแกรมMY SQLมาช่วยเพื่อให้ใช้เวลาในการ MATCHINGนั้นน้อยลงเพราะในโปรแกรมนี้มีระบบ INDEX ที่สามารถระบุได้อย่างรวดเร็วว่า DATA-INที่เข้ามานั้นควรจะไปเปรียบเทียบกับตัวใดในDATABASE จะได้ไม่ต้องเสียเวลาในการทำการ MATCHINGกับข้อมูลทุกๆตัวที่เก็บไว้หากเก็บไว้มากในระดับ200-300ข้อมูล วิธีของกลุ่มข้าพเจ้าอาจ เสียเวลาเป็นนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

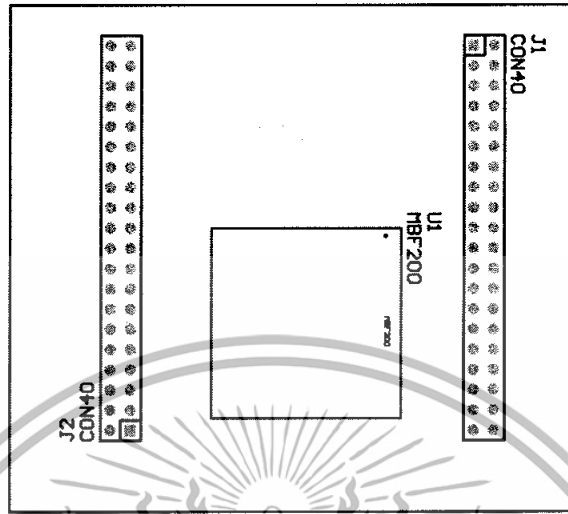
บรรณานุกรม

1. เกரியงไกร โขวเจริญสุข, “Automation Fingerprint Verification System Using Directional Histogram and Neural Network for Equipment Controlling”, วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2539
2. ขวัญชัย เรืองบุญคุ้มสุข, สุเมธ สำเร็จศิลป์, แสนศักดิ์ บวรจิโรภาส, “ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือระบุนุคคด”, วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546
3. ชานินทร์ พินทอง, สรณรินทร์ นพรัตน์, “Fingerprint Recognition”, วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2539
4. ปกรณ์ มีรอด, สุมันต์ พึ่งพิพัฒน์, อุดมศักดิ์ มีพัฒน์, “เครื่องสแกนลายนิ้วมือ”, วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2547
5. วิทยานิพนธ์ เรื่อง เครื่องสแกนลายนิ้วมือ โดยใช้มูมและรัศมีที่จุดสำคัญ ปีการศึกษา 2549
6. พิชณนาถ จิวสิทธิ์ประไพ, วสุ เฟื่องสวัสดิ์, “การเปรียบเทียบลายนิ้วมือและตรวจสอบลายนิ้วมือ”, วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2545
7. อารัมภ์ จันทร์ไย, โสรัตน์ อุณหะวารากร, “เครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือสำหรับระบบรักษาความปลอดภัย”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 244-245 มกราคม 2546
8. DAVIDE MALTONI, DARIO MAIO, ANIL K.KAIN, SALIL PRABHAKAR, “Handbook of Fingerprint Recognition”, Springer
9. JIE ZHOU and JINWEI GU, “A Model-Based Method for the Computation of Fingerprints’ Orientation Field”, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 13, NO. 6, JUNE 2004
10. F.A. Afsar, M. Arif and M. Hussain, “Fingerprint Identification and Verification System using Minutiae Matching, National Conference on Emerging Technologies 2004
11. Xudong Jiang¹, Manhua Liu² and Alex Chichung Kot, “Reference Point Detection for Fingerprint Recognition”, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR’04)

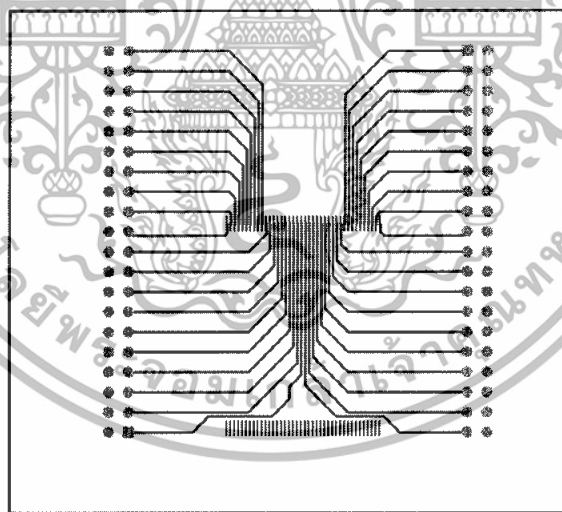
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

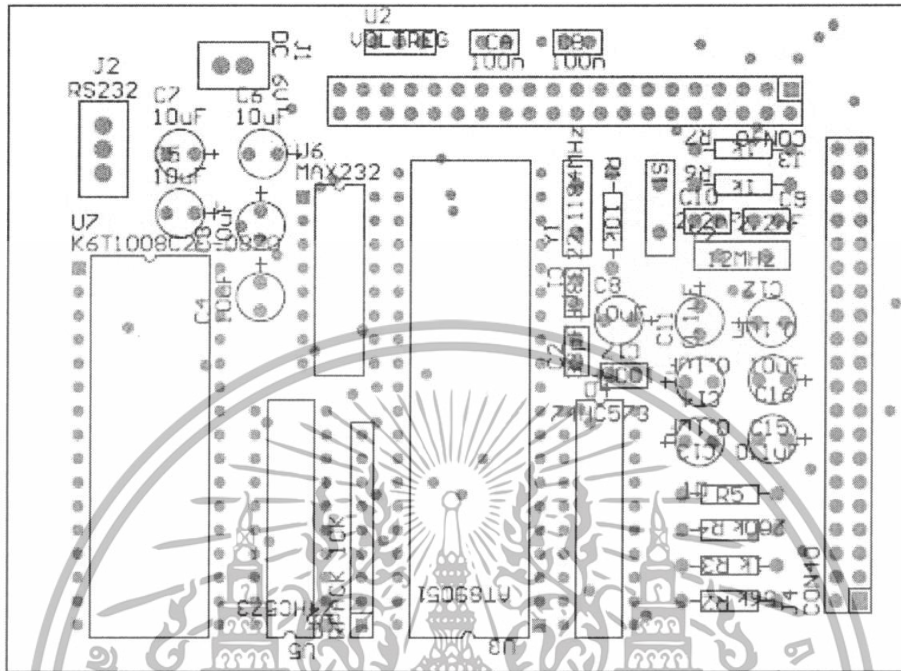


รูปที่ i เซนเซอร์สแกนลายนิ้วมือ

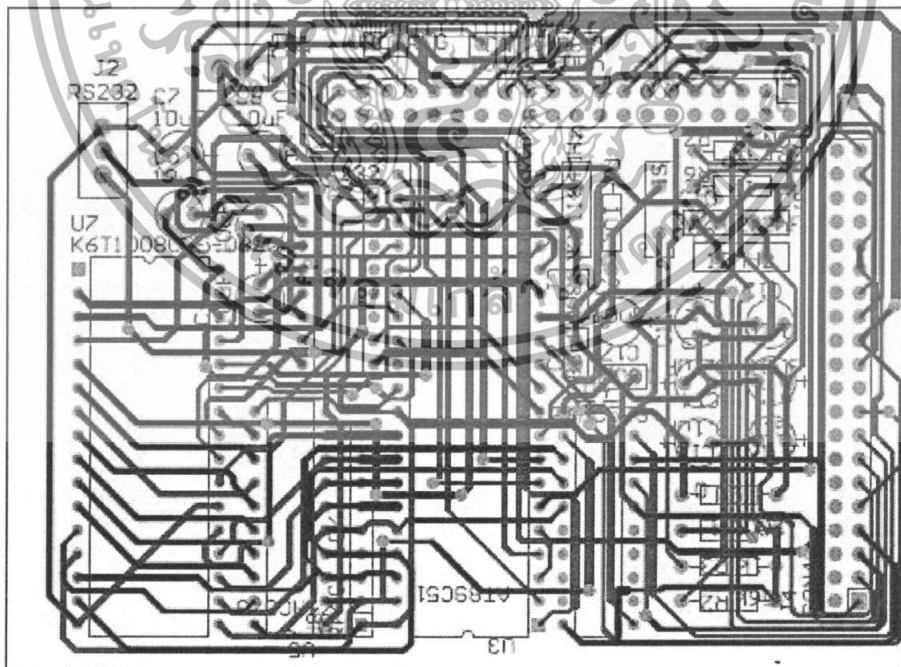


รูปที่ ii แสดงลายวงจรตัวเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ iii แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์บอร์ดสแกน



รูปที่ iv แสดงลายวงจรบอร์ดสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้