

ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้ฮิสโตแกรมทิศทางและ
โครงข่ายนิรอรอด เพื่อประโยชน์การนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์
AUTOMATIC FINGERPRINT VERIFICATION SYSTEM USING
DIRECTIONAL HISTOGRAM AND NEURAL NETWORK
FOR EQUIPMENT CONTROLLING



วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2539

ISBN 974-621-767-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ลิขสิทธิ์ทางปัญญาจะยังคงเป็นของเจ้าของเอกสารตลอดทั้งที่มีกรรมสิทธิ์

**AUTOMATIC FINGERPRINT VERIFICATION SYSTEM USING
DIRECTIONAL HISTOGRAM AND NEURAL NETWORK
FOR EQUIPMENT CONTROLLING**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1996

ISBN 974-621-767-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Automatic Fingerprint Verification System Using Directional Histogram and Neural Network for Equipment Controlling

Student Mr.Kriengkrai Sowcharoensuk

Thesis Advisor Assoc.Prof.Dr.Kanchit Maitree

Level of study Master of Engineering in Electrical Engineering

Department Computer Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1996

ABSTRACT

In this thesis, we applied image processing, learning, recognizing of fingerprint structural checking. The structure of ridges in fingerprint are defected randomly because of incomplete copying or incomplete grasping by video camera. The thesis shows an enhancement of fingerprint images and improvement of matching technique using in AFVS. A neural net is applied in order to perceive directional histogram of each fingerprint. It proofs for a potential use of this technique in automatic controller units. The fingerprint may be 1-10 patterns of authorized persons are recognized correctly with using short time and high speed.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้ฮิสโตแกรม ทิศทางและโครงข่ายนิเวศ เพื่อประโยชน์การนำมาใช้ ควบคุมอุปกรณ์
นักศึกษา	นายเกรียงไกร ไชวเจริญสุข
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ครรชิต ไมตรี
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2539

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เราได้ปรับปรุงอัลกอริทึมการประมวลผลภาพ(Image Processing), การเรียนรู้, จัดจำไว้ และพัฒนาการตรวจโครงสร้างลายเส้นของลายนิ้วมือ(Fingerprint) โดยอยู่อย่างอิสระ สามารถถ่ายลายนิ้วมือจริง(สด)ได้ด้วยกล้องวิดีโอ วิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงการแก้ไขภาพลายนิ้วมือพร้อมทั้งปรับปรุงให้ดีขึ้นตามสภาพความเป็นจริง, ปรับปรุงเทคนิคการตรวจเทียบให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นส่วนของการใช้งานและทำอย่างอัตโนมัติ จากการทดสอบกคลายนิ้วมือ จะถ่ายภาพเป็นข้อมูลภาพระดับเทาเข้ามา ต่อมาได้แปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางไปคูณกับค่าที่ได้จัดจำไว้(ค่าน้ำหนัก) ด้วยวิธีการนิเวศเน็ตและตรวจเทียบให้ผลออกมา ถ้าเอ้าท์พุตเป็น 1 จะมีสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก แต่ถ้าเอ้าท์พุตเป็น 0 จะไม่มีสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งโปรแกรมใช้งานจะตัดสินใจโดยอัตโนมัติ สำหรับจำนวนผู้มีสิทธิใช้ระบบได้อาจใช้เพียง 1-->10 คน โดยใช้ลายนิ้วหัวแม่มือจริง(สด) ซึ่งผลของการใช้งานครั้งนี้สามารถใช้เวลานั้นและรวดเร็ว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบ
ลายนิ้วมืออัตโนมัติ รวมทั้งได้ทดสอบการตรวจเทียบจาก รศ.ดร.ครรชิต ไมตรี ซึ่งเป็น
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบ
พระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ. ทรงชัย วีระทวีมาศ ภาควิชาเทคโนโลยีการวิศวกรรม
อุตสาหกรรม ที่ช่วยเหลือแก้ไขและให้คำแนะนำในบางจุดที่ผู้วิจัยติดปัญหาบางอย่าง ซึ่งมี
ส่วนช่วยทำให้ผู้วิจัยเข้าใจในปัญหานั้น

ขอขอบพระคุณ พ.ต.อ. อนันต์ อุณหันธ์ และ พ.ต.ท.(ญ) วิวรรณ สุวรรณสัมฤทธิ์
จากกองพิสูจน์หลักฐานกรมตำรวจ(ปทุมวัน)กรุงเทพฯ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้าน
ข้อมูลทางทฤษฎีลายนิ้วมือเบื้องต้นตลอดจนให้คำปรึกษาเรื่องต่างๆ ไปของระบบลายนิ้วมือ
อัตโนมัติ

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วย
ตรวจเทียบและแก้ไขทฤษฎีและอื่นๆที่ผิดพลาด จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อ
ผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณ
ทุกท่าน

เกรียงไกร ไชวเจริญสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	X
สารบัญภาพ	XI
อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	XVIII
บทที่	
1. บทนำ	1
อารัมภบท	1
วัตถุประสงค์และคุณประโยชน์ของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่ได้รับ	2
ทฤษฎีและความเป็นมาของลายนิ้วมือ	2
ความเป็นมาของงานวิจัยกับการพัฒนาเครื่องอ่านแพทเทิร์นต่างๆ	3
เรื่องราวโดยย่อของเครื่องอ่านลายนิ้วมือ	4
2. ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ	5
ลักษณะต่าง ๆ ของลายเส้นบนลายนิ้วมือ	5
เส้นนูน (Ridges)	5
รอยร่องหรือเส้นร่อง (Furrows)	5
ลักษณะสำคัญพิเศษ (Characteristics) บนลายนิ้วมือ	6
คำจำกัดความที่สำคัญบนลายนิ้วมือ	7
เส้นขอบ (Type Line)	8
สันคอน (Delta)	8
จุดใจกลาง (Core)	10

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
เส้นเกือกม้าหรือเส้นวกกลับ	13
บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area)	13
ชนิดหรือแบบของลายนิ้วมือ	13
กลุ่มที่ 1 เส้นโค้ง (Arch)	13
กลุ่มที่ 2 ลูปหรือมัดหวนย (Loop)	13
กลุ่มที่ 3 ก้นหอย (Whorl)	15
กลุ่มที่ 4 ชับซ้อน (Accidental Whorl)	16
สรุปความรู้ลายนิ้วมือโดยย่อ	17
3. อุปกรณ์ช่วยการวิเคราะห์และการทำงาน	18
ชุดอุปกรณ์ที่ใช้กับ AFVS	18
การ์ดรับภาพ(DigiIMAGE card)	20
คุณสมบัติของแผงวงจรรับภาพ DigiIMAGE	21
การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์	22
การติดต่อกับการ์ด DigiIMAGE	24
ตัวอย่างการติดต่อกับ DigiIMAGE	26
ขั้นตอนการควบคุม DigiIMAGE	26
ขั้นตอนต่าง ๆ สามารถเขียนเป็นกระบวนการความ	27
ลักษณะของข้อมูลภาพ	31
วงจรรายนอกพร้อม 8255 I/O Card	31
หลักการทํางาน	32
การทำงานและข้อดีของวงจรถอดสเทอริโอ	34
สรุปชุดการใช้อุปกรณ์ของระบบ AFVS	35
4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยฮิสโตแกรม	37
ขั้นตอนในการทำงานของระบบทั้งหมด	37
INPUT	38
PREPROCESS	38

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
RECOGNIZE	40
HISTOGRAM	47
OUTPUT	49
การใช้วิธีการฮิสโตแกรมทิศทางแทนฮิสโตแกรมเดิม	49
วิธีการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทิศทาง 4 ทิศทาง	50
ตัวอย่างการพิจารณาทิศทางขนาด 8x8 จุดภาพ เป็นหนึ่งบล็อก	52
การพิจารณาหาทิศทางโดยรอบ $G(i_m, j_m)$ 4 ทิศทาง	53
ผลลัพธ์ที่ได้จากฮิสโตแกรม	54
การจดจำรูปแบบ (Type recognition) ลายนิ้วมือ	
โดยใช้ฮิสโตแกรมทิศทาง	56
ตัวอย่างของการประมวลผลและจดจำรูปแบบ	56
ตัวอย่างฮิสโตแกรมและกราฟที่ได้จากลายนิ้วมือแต่ละกลุ่มแบบ	56
ลายนิ้วหัวแม่มือที่เก็บไว้กับลายนิ้วมือทดสอบของ	
บุคคลคนเดียวกัน	60
ลายนิ้วหัวแม่มือมือจากบุคคลต่างๆ ของแต่ละกลุ่มแบบ	63
การตรวจเทียบ (Matching)	66
ผลลัพธ์จากการทดลอง	69
การตรวจเทียบลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกัน 5 แพทเทิร์น	69
การตรวจเทียบลายนิ้วมือของบุคคลแต่ละกลุ่มแบบ	71
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุปงานวิจัยในบทนี้	72
ข้อเสียของระบบ	73
ข้อเสนอแนะ	74
5. โครงข่ายนิวรอน (Neural Network)	75
โครงข่ายนิวรอนของสิ่งมีชีวิต (Biological Neural Networks)	75
นิวรอน (The Neural)	75

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
การสื่อสารระหว่างนิวรอน (Communication between neurals)	77
การเรียนรู้โครงข่ายนิวรอน (Learning in Neural Networks)	77
โครงข่ายนิวรอนเทียม (Artificial Neural Networks)	78
นิวรอนเทียม (The Artifical Neural)	78
โครงข่ายการแพร่กลับ(Backpropagation)	79
การเรียนรู้และจดจำ โดยวิธีการแพร่กลับ	80
กฎสามเหลี่ยมทั่วไป (The Generalized Delta Rule)	81
สรุปการเรียนรู้ด้วยวิธีแพร่กลับ จากกฎสามเหลี่ยม	88
ข้อจำกัดการแพร่กลับ (Limitation of Backpropagation)	89
ประโยชน์ของ โครงข่ายแบบแพร่กลับ	90
6. การสร้างฮิสโตแกรมทิศทาง,เรียนรู้จดจำและ	
วิธีตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิวรอน	91
การค้นศูนย์กลางของการกคฉายนิ้วมือ	92
การเก็บข้อมูลภาพ	93
การเตรียมข้อมูล	93
การแปลงข้อมูลภาพลายนิ้วมือ	94
การแบ่งพื้นที่ 1 แพทเทิร์นออกเป็นพื้นที่ย่อยก่อน	
การเรียนรู้และจดจำ	97
การนอร์มอลไลซ์ค่าอินพุตก่อนการเรียนรู้	102
ทดสอบการเรียนรู้และจดจำ	104
ขั้นตอนแผนการเรียนรู้	104
กำหนดขนาดการเรียนรู้และจดจำ	105
การจดจำผลที่ให้เอาท์พุต 1 -> ทุกๆ แพทเทิร์น	105
ถ่ายลายนิ้วมือ 1 นิ้ว ค่อ 200 แพทเทิร์น (200 ครั้ง)	106
ผลสุดท้ายของการเรียนรู้ 400 แพทเทิร์น	
(บุคคลที่ 1 และ บุคคลที่ 2)	108

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
การพิจารณาเพิ่มพื้นที่จาก 5 พื้นที่เป็น 9 พื้นที่	110
ผลลัพธ์ของการเพิ่มพื้นที่อีก 4 พื้นที่	110
สรุปผลของค่าน้ำหนักของพื้นที่ A ที่เก็บลงไฟล์ เมื่ออินพุต 400 แพทเทิร์น	111
การตรวจเทียบ (Matching) และการทำงานโดยอัตโนมัติ	116
การตรวจเทียบด้วยโครงสร้างวงจรมีวธรรวม ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น	116
ตัวอย่างการตรวจเทียบ 9 พื้นที่ (A -> J')	118
สรุปผลการใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กกับฮิสโตแกรมทิศทาง	121
7. การทดลองระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)	
จากการเตรียมฮิสโตแกรมทิศทาง	122
อธิบายความหมายขั้นตอนการใช้งานของ AFVS	123
ผลการตรวจเทียบระหว่างข้อมูลลายนิ้วมือทดสอบกับที่เก็บไว้	125
ทดลองกกลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 1	125
ทดลองกกลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 2	130
ทดลองกกลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 3	135
ที่มาและแนวทางการทดลองโดยย่อ	139
สรุปผลการทดลอง	146
ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง	148
8. เปรียบเทียบงานวิจัยที่ผ่านมาและสรุปผล	149
การตรวจเทียบโดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม	149
การประมวลผลภาพขาวดำและปัญหาที่เกิดขึ้น	150
สรุปเปรียบเทียบการทำให้บาง(thinning)ของข้อมูลภาพ ทั้ง 3 แบบ	151
สิ่งที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้ผลทางสถิติของฮิสโตแกรมดีขึ้น	152
การตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิวรอลรู้จำฮิสโตแกรมทิศทาง	153
การปรับปรุงฮิสโตแกรมทิศทาง	154

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ตรวจเทียบผลการทดลองการนำ AFVS ไปควบคุมอุปกรณ์	155
โดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม	155
วิธีฮิสโตแกรมทิศทาง	156
ประโยชน์ของผลทางสถิติของฮิสโตแกรม	156
ประโยชน์ของโครงข่ายนิเวศรูปร่างฮิสโตแกรมทิศทาง	157
สรุปเปรียบเทียบงานวิจัยทั้ง 2 วิธี	158
บรรณานุกรม	159
ภาคผนวก	161
ก. สรุปแนวทางโดยย่อของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)	162
ข. ผลลัพธ์การตรวจเทียบลายนิ้วมือชนิดเดียวกันด้วยการประมวลผลภาพ	172
ค. โปรแกรมที่ใช้ กับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)	184
ประวัติผู้เขียน	256

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงผลของฮิสโตแกรม 5 แพทเทิร์นของบุคคลคนเดียวกัน	61
2. แสดงผลของฮิสโตแกรมของบุคคลต่างๆและผลการทดสอบ	63
3. แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของ พื้นที่ A, B, C, D, E' เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1	106
4. แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ A, B, C, D, E' เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 0	108
5. แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ A, B, C, D, E' เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1และ0	108
6. แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ F, H, I, J' เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1และ0	111
7. แสดงตรวจเทียบระหว่างถายนิ้วมือของบุคคลที่ไม่ได้เรียนรู้ กับบุคคลที่ได้เรียนรู้	119
8. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่)	126
9. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (1 แพทเทิร์น ต่อ 9 พื้นที่)	128
10. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 2 (1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่)	131
11. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 2 (1 แพทเทิร์น ต่อ 9 พื้นที่)	133
12. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 3 (1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่)	136
13. แสดงตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 3 (1 แพทเทิร์น ต่อ 9 พื้นที่)	138
14. แสดงผลลัพธ์การทดลองใช้งาน (USB)	147
15. แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยทั้ง 2 วิธี	158

สารบัญญภาพ

หน้า

1. แสดงลายเส้นของเส้นนูนกับเส้นร่องจากการถ่ายภาพด้วยกล้องวีดีโอ	5
2. แสดงลักษณะสำคัญพิเศษของหัวข้อ ก.,ข.และค. บนลายนิ้วมือมัดหวาย	6-7
3. แสดงการเดินของเส้นขอบ	8
4. แสดงลักษณะสันคอนตามข้อ 1.,2.	9
5. แสดงลักษณะสันคอนตั้งอยู่บนเส้นระหว่างเส้นขอบ	9
6. แสดงลักษณะสันคอนอยู่ใกล้กึ่งกลางปากทางแยก	10
7. แสดงลักษณะจุดใจกลาง	10-11
8. แสดงลักษณะเส้นววกกลับ	12
9. แสดงตัวอย่างเส้นทำลายแบบต่างๆ	12
10. แสดงลักษณะบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	13
11. แสดงลักษณะโค้งราบ	13
12. แสดงลักษณะโค้งกระโจม	13
13. แสดงลักษณะมัดหวายปิดขวา	14
14. แสดงลักษณะมัดหวายปิดซ้าย	14
15. แสดงลักษณะมัดหวายคู่แบบ1	14
16. แสดงลักษณะมัดหวายคู่แบบ2	14
17. แสดงลักษณะกันหอยขรรมคา	15
18. แสดงลักษณะกันหอยกระเป๋ากลางปิดขวา	15
19. แสดงลักษณะกันหอยกระเป๋ากลางปิดซ้าย	15
20. แสดงลักษณะกันหอยกระเป๋ข้างปิดขวา	15
21. แสดงลักษณะกันหอยกระเป๋ข้างปิดซ้าย	16
22. แสดงลักษณะซับซ้อน	16
23. แสดงกล้องวีดีโอ8(CCD-TR45B)	19
24. แสดงลักษณะการติดตั้งกล้องภายในตู้	19
25. แสดงการติดตั้งการ์ด 8255 และการ์ดรับภาพ(DigiIMAGE Card)	19
26. แสดงชุดระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)	20

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

27. แสดงการ์ดรับภาพ(DigiIMAGE Card)	20
28. แสดงวงจรภายนอกติดต่อกับการ์ดต่างๆและ CPU	33
29. แสดงวงจรโซติคสเตอรีเลย์	34
30. แสดงแผนผังระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ	37
31. แสดงแผนภาพขั้นตอนในการทำการประมวลผลเบื้องต้น	39
32. แสดงช่องหน้าต่างขนาด 3x3 จุดภาพ	39
33. แสดงการติดตามหาจุดภาพตามสายเส้น	40
34. แสดงการแทนจุดภาพของช่องหน้าต่างที่สแกนไปตามแกน x_i และแกน y_i	40
35. แสดงวิธีการหากราฟทิศทางและแทนด้วยการพล็อตจุด	41
36. แสดงจุดภาพ,แนวแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม,	46
37. แสดงผลลัพธ์ทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม,	47
38. แสดงกราฟฮิสโตแกรมของลายนิ้วมือมัดหยาขลุ่แบบ2 (D2)	48
39. แสดงทิศทางที่เป็นไปได้ 4 ทิศทาง	49
40. แสดงรูปลายนิ้วมือโค้งราบ (PA) ภาพขาวดำจากตำรา	51
41. แสดงทิศทางลายนิ้วมือโค้งราบ (PA)	51
42. แสดงผลรวมของฮิสโตแกรมทิศทาง 0, 1, 2 และ 3	52
43. แสดงการหาทิศทางของ S_0	52
44. แสดงการหาทิศทางโดยรอบทั้ง 4 ทิศทาง	53
45. แสดงลายนิ้วมือโค้งกระโจม (TA) (หมึกพิมพ์)	54
46. แสดงความถี่ระดับเทาของกราฟฮิสโตแกรม	55
47. แสดงผลรวมทิศทางของความถี่ของกราฟฮิสโตแกรมทิศทาง	55
48. แสดงการคำนวณและเก็บค่าความถี่	56
49. แสดงกราฟทั้ง 3 แบบของ 12 แบบย่อย	57-59
50. แสดงรูปลายนิ้วมือก้นหอยธรรมดา (W) จากหมึกพิมพ์	60
51. แสดงกราฟช่วงความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรม (ก้นหอยธรรมดา)	62
52. แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทางทั้ง 5 แพทเทิร์น	62

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

53. แสดงกราฟช่วงความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรมของทุกกลุ่มแบบ	64
54. แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 0) ของทุกกลุ่มแบบ	64
55. แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 1) ของทุกกลุ่มแบบ	65
56. แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 2) ของทุกกลุ่มแบบ	65
57. แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง(ทิศทาง 3) ของทุกกลุ่มแบบ	66
58. แสดงการตรวจเทียบค่าความถี่ (f_{max}) ของฮิสโตแกรมของทุกกลุ่มแบบ	67
59. แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 0) ของทุกกลุ่มแบบ	67
60. แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 1) ของทุกกลุ่มแบบ	68
61. แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 2) ของทุกกลุ่มแบบ	68
62. แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 3) ของทุกกลุ่มแบบ	69
63. แสดงการประมวลผลเบื้องต้นของลายนิ้วมือกันหอยจริง (สค)	73
64. แสดง โครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์นิวรอนทั่วไป	76
65. แสดงจุดเชื่อมโยง (synapse)	77
66. แสดงรูปแบบของนิวรอน	78
67. แสดง โครงข่ายการแพร่กลับ : แอคติวชันฟังก์ชันและรูปแบบโครงข่าย	80
68. แสดง โครงสร้างของการแพร่กลับหลายๆชั้น	81
69. แสดงการตั้งศูนย์กลางของการกคลายนิ้วมือ	92
70. แสดงการเก็บข้อมูลภาพ	93
71. แสดงทิศทางรวมมากที่สุดเมื่อแทนทิศทางเดียวกัน ต่อ หนึ่ง บล็อก	95
72. แสดงทิศทางของกันหอยธรรมดาขนาด 32x32 บล็อก ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น	95
73. แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูล	96
74. แสดงการแบ่งภาพออก 5 พื้นที่ๆละ 16x16 บล็อกจากพื้นที่ 32x32 บล็อก	97-98

สารบัญญภาพ(ต่อ)

	หน้า
75. แสดงภาพลายนิ้วหัวแม่มือจริงแบบกันรอยธรรมดา(W)	98
76. แสดงทิศทางของพื้นที่ A ขนาด 16x16 บล็อก	99
77. แสดงการเตรียมข้อมูลทั้ง 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น	99-100
78. แสดงฮิสโตแกรมทิศทางแบบกันรอยธรรมดา(W)	100-101
79. แสดงฮิสโตแกรมทิศทางแบบต่างๆ	101-102
80. แสดงกราฟของสมการเทสโฮลด์	102
81. แสดงข้อมูลทิศทางของอินพุตจริงที่นอร์มอลไลซ์ของพื้นที่ C แพทเทิร์นที่ 1	103
82. แสดงขั้นตอนการเรียนรู้	104
83. แสดงการเรียนรู้โดยวิธีแบบการแพร่กลับ	105
84. แสดงข้อมูลภาพและการเตรียมข้อมูลฮิสโตแกรมทิศทาง	107
85. แสดงผลการแทนทิศทางด้วยค่า 0, 1, 2, 3	107
86. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดพลาดกับจำนวนรอบของ 5 พื้นที่	109
87. แสดงการแบ่งพื้นที่ใหญ่เพิ่มเข้าไป 4 พื้นที่รวมเป็น 9 พื้นที่เท่าๆกัน	110
88. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดพลาดกับจำนวนรอบของ 9 พื้นที่	111
89. แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักเริ่มต้น 199 ค่าเฉพาะโหนดแรก ของพื้นที่ A	112
90. แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักเริ่มต้น 200 ค่า ระหว่างฮิดเคนกับเอาต์พุตของพื้นที่ A	113
91. แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักโหนดแรกของพื้นที่ A เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้	114
92. แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักระหว่างฮิดเคนกับเอาต์พุตของพื้นที่ A เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้	115
93. แสดงบล็อกโคแอมแกรมตรวจเทียบด้วยโครงสร้างวงจรมีวธรรวม ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น	117
94. แสดงการหาทิศทางลายนิ้วมือจริงแบบกันรอย	118

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

95. แสดงบล็อกไคอะแกรมตรวจเทียบจริงแบบกันหอย ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น	120
96. แสดงไฟล์โปรแกรมของ AFVS	122
97. แสดงโปรแกรมการใช้งาน	124
98. แสดงลายนิ้วหัวแม่มือจริงกันหอยธรรมดา (W) ของบุคคลที่ 1 ที่ทำการทดลองขณะนั้น	125
99. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบของ 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น ของบุคคลที่ 1	127
100. แสดงผลลัพธ์ 5 พื้นที่สัญญาออกเป็น 1 อุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)	127
101. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบของ 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น ของบุคคลที่ 1	129
102. แสดงผลลัพธ์ 9 พื้นที่สัญญาออกเป็น 1 อุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)	129
103. แสดงลายนิ้วหัวแม่มือมัดหวายคู่แบบ 2 (D2) ของบุคคลที่ 2	130
104. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 2	132
105. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 2	134
106. แสดงลายนิ้วหัวแม่มือจริงกันหอยธรรมดา(W) ของบุคคลที่ 3	135
107. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 3	137
108. แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 3	139
109. แสดงลายนิ้วมือกันหอยธรรมดา (W) ของบุคคลที่ 1 เมื่อกดทดสอบ หนึ่งครั้งจากหลายครั้ง	141

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

110. แสดงลายนิ้วมือมัดหวายคู่แบบ 2 (D2) ของบุคคลที่ 2 เมื่อทดสอบ หนึ่งครั้งจากหลายครั้ง	144
111. แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์	151
112. แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจากหนังสือ (ขาวดำ)	151
113. แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจริง (สด)	152
114. แสดงขั้นตอนโครงการระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติ	163
115. แสดงขั้นตอนการทำงานระหว่างการ์ดกับ CPU.	164
116. แสดงขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์	165
117. แสดงขั้นตอนโปรแกรมของ AFVS	166
118. แสดงโปรแกรมแปลงเพิ่มข้อมูลรูปลายนิ้วมือเป็นเพิ่มข้อมูลทิศทาง	167
119. แสดงการหาฮิสโตแกรมทิศทาง	168
120. แสดงบล็อกไดอะแกรมของนิวรอลเน็ตเวิร์ก	169
121. แสดงขั้นตอนการเรียนรู้ (learning)	170
122. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลมาตรวจเทียบ <u>ลายนิ้วมือ(ภาพขาวดำ)จากตำรา</u>	171
123. แสดงการประมวลผลเบื้องต้น	173
124. แสดงกราฟทิศทางตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ย y_i	174
125. แสดงกราฟฮิสโตแกรม	174
<u>ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ดำ</u>	
126. แสดงการประมวลผลเบื้องต้น	175
127. แสดงกราฟทิศทางตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม y_i	175
128. แสดงกราฟฮิสโตแกรม	176
<u>ลายนิ้วมือจริง(สด)</u>	
129. แสดงการประมวลผลเบื้องต้น	176
130. แสดงกราฟฮิสโตแกรม	177

สารบัญญภาพ (ต่อ)

หน้า

	<u>ลายนิ้วมือ(ภาพขาวดำ)จากตำรา</u>	
131.	แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง	178
	<u>ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ดำ</u>	
132.	แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง	178
	<u>ลายนิ้วมือจริง(สด)</u>	
133.	แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง	179
134.	แสดงผลลัพธ์ของบุคคลที่ 2 และบุคคลที่ 3	179
135.	แสดงผลลัพธ์ของบุคคลที่ 1 (ให้จงจำเป็น 1)	180
136.	แสดงตัวอย่างลายนิ้วมือที่ถูกแบ่งแยกย่อยออกเป็น 12 ชนิด	181-183

อธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

หน้า

OCR (Optical character reader) = เครื่องอ่านตัวเลขขนาดใหญ่	3
AFIS (Automatic Fingerprint Identification System)	.
= ระบบตรวจสอบลายนิ้วมืออัตโนมัติ	4
AFVS (Automatic Fingerprint Verification System)	.
= ระบบตรวจเทียบ(เปรียบเทียบ)ลายนิ้วมืออัตโนมัติ	4
PA (Plain Arch) = โค้งราบ	13
TA (Tented Arch) = โค้งกระโจม	13
RSL (Right Slant Loop) = มัดหวนยัดขวา	14
LSL (Left Slant Loop) = มัดหวนยัดซ้าย	14
D1 (Double Loop Type1) = มัดหวนคู่หรือมัดหวนแฝดแบบ1	14
D2 (Double Loop Type2) = มัดหวนคู่หรือมัดหวนแฝดแบบ2	14
W (Plain Whorl) = ก้นหอยธรรมดา	15
RCP (Right Central Pocket) = ก้นหอยกระเป๋ากลางยัดขวา	15
LCP (Left Central Pocket) = ก้นหอยกระเป๋ากลางยัดซ้าย	15
RLP (Right Lateral Pocket) = ก้นหอยกระเป๋าข้างยัดขวา	15
LLP (Left Lateral Pocket) = ก้นหอยกระเป๋าข้างยัดซ้าย	15
AW (Accidental Whorl) = ชับซ้อน	16
f_{max} (Maximum Frequency) = ความถี่สูงสุด	37
$X_0 \rightarrow X_s$ = จุดภาพที่กำหนดในช่องหน้าต่างขนาด 3×3 จุดภาพ	39
P_{n-1} = ตำแหน่งของขอบภาพที่ผ่านมา	40
P = ตำแหน่งของจุดเริ่มต้นการตรวจเช็คทิศทาง	40
P_n = ตำแหน่งขอบภาพต่อไป	40
S = ตำแหน่งทิศทางที่พิจารณาให้จุดภาพเป็น 1	40
d = ตัวเลขบอกทิศทางที่เลือกใช้	49
D = ทิศทางของจุดภาพ(pixel)	49
N = จำนวนของทิศทางที่ใช้	49

อธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

	หน้า
M = จำนวนจุดภาพ(pixel) ที่ถูกใช้ในการคำนวณ	50
m = จำนวนจุดภาพ(pixel) เริ่มแรก	50
S_d = ผลรวมความถี่ของความแตกต่างระดับเทาตามทิศทางของ d	50
$G(i,j)$ = ค่าของระดับเทาในแต่ละจุดภาพ(pixel)	50
$G(i_m, j_m)$ = ค่าระดับเทาเริ่มแรกที่ใช้เทียบกับ $G(i,j)$	50
Q = จำนวนปริมาณโดยเฉลี่ยระหว่างค่าต่ำสุดกับค่าสูงสุด	70
R = จำนวนโหนดในชั้นอินพุต	82
U = จำนวนโหนดในชั้นฮิดเดน	82
V = จำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุต	82
w_{ih} = ค่าน้ำหนักที่เชื่อมจากชั้นอินพุตไปยังฮิดเดน	82
w_{hj} = ค่าน้ำหนักที่เชื่อมจากชั้นฮิดเดนไปยังเอาต์พุต	82
a_i = โหนดในชั้นอินพุต	82
a_h = โหนดในชั้นฮิดเดน	82
a_j = โหนดในชั้นเอาต์พุต	82
i_j = ผลรวมอินพุตจากโหนดทั้งหมด i โดย j เป็นเอาต์พุตกระทำต่อเนื่อง กับนิวรอนอื่น a_j	83
θ_j = ฟังก์ชันเทสโวลด์	83
n = จำนวนนิวรอน	83
i_0 = โหนดอินพุตที่เป็น bias กำหนดเท่ากับ 1	83
h_0 = โหนดฮิดเดนที่เป็น bias กำหนดเท่ากับ 1	84
d_j = เป้าหมายของเอาต์พุต	84
E = ความผิดพลาดรวม	84
δ_j = ความแตกต่างของโครงข่ายที่เกิดในชั้นเอาต์พุต	84
δ_h = ความแตกต่างของโครงข่ายที่เกิดในชั้น ฮิดเดน	85
γ = อัตราการเรียนรู้	85

บทที่ 1

บทนำ

อารัมภบท

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการพัฒนาอัลกอริทึมของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือให้เป็นอัตโนมัติสำหรับบุคคลทั่วไป ในขั้นแรกได้นำเอาลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์และลายนิ้วมือจริง (ถ่ายสดจากกล้องวิดีโอ) มาวิเคราะห์ทดสอบโดยใช้วิธีเปรียบเทียบทางสถิติของฮิสโตแกรม [4] อันประกอบไปด้วยเนื้อหาหลักใหญ่ๆ คือ

- ก. หากกราฟของกลุ่มแบบเพื่อคู่ลักษณะลายนิ้วมือ
- ข. หาค่าความถี่ระดับเทา(Gray-Frequency Level)สูงสุด (f_{max}) จากฮิสโตแกรม
- ค. หาผลรวมของฮิสโตแกรมทิศทาง (Directional Histogram)

จากการทดลองพบว่าแนวทางข้างบนนี้มีความยุ่งยาก และซับซ้อน และการใช้งาน เสียเวลามากเพราะต้องเก็บข้อมูลถึง 3 แบบไม่เหมาะกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS) จึงได้เอาสองแบบแรกออก และพิจารณาเฉพาะฮิสโตแกรมทิศทาง โดยได้นำเอาทิศทางวิ่งตามลายเส้นบนลายนิ้วมือมาพิจารณาจากการถ่ายด้วยกล้องวิดีโอซึ่งให้ระยะห่างของกล้องกับกระจกใส(เป็นจุดกลางลายนิ้วมือลงมา) เท่ากันตลอดทุกครั้งเมื่อมีการติดตั้งและให้ความเข้มของแสงเท่ากันตลอดเมื่อกลายนิ้วมือลงไปยังระบบฮาร์ดแวร์จะรับภาพเข้ามาประมวลผล แล้วเก็บข้อมูลไว้ใน หน่วยความจำย่อย จากนั้นนำเอาฮิสโตแกรมทิศทางของภาพมาคำนวณด้วยนิพจน์เวกเตอร์[5] โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 หรือ 9 พื้นที่เท่าๆ กัน (ขนาดพื้นที่ละ 16×16 บิต็อก ซึ่งเหลื่อมสลับทับซ้อนกัน จากข้อมูลภาพที่ถ่ายเข้ามาขนาด 32×32 บิต็อก) เพื่อให้เรียนรู้จกน้ำหนัก(weight) ของแต่ละพื้นที่ และเก็บเป็นไฟล์หนึ่งไว้ในฐานข้อมูลย่อยเพื่อใช้ตรวจเทียบแล้วใช้กับงานจริงผลที่ออกมาปรากฏว่าอุปกรณ์ภายนอกทำงาน แสดงว่าเป็นลายนิ้วมือที่ถูกเก็บไว้จกจกจำเป็น 1 ต่อ 1 พื้นที่ จะมีสัญญาณออกมาเป็น 1 ทั้ง 5 หรือ 9 พื้นที่ และถ้าให้จกจำเป็น 0 ต่อหนึ่งพื้นที่ สัญญาณจะออกมาเป็น 0 ทั้ง 5 หรือ 9 พื้นที่ อุปกรณ์ภายนอกไม่ทำงาน ซึ่งผลที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจ สำหรับบุคคลที่ 3 ไม่มีการเรียนรู้จะได้ผลเอาที่ทุกมีบางพื้นที่เป็น 1 และบางพื้นที่เป็น 0 ดังนั้นเมื่อนำมา แอนกันจะได้สัญญาณเป็น 0 อุปกรณ์ไม่ทำงาน[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์และคุณประโยชน์ของงานวิจัย

ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความต้องการของผลงานวิจัยนี้ ตลอดจนประโยชน์ของงานวิจัยนี้และจะเป็นแนวทางรวมทั้งเป็นต้นแบบของงานวิจัยในอนาคตต่อไป

1. วัตถุประสงค์

1.1. เพื่อพัฒนา,ทดลองสร้างต้นแบบของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ ในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้กับงานได้จริง

1.2. ในส่วนของซอฟต์แวร์ได้ทดลองพัฒนาการใช้อัลกอริทึมที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดกับลายนิ้วมือจริง(สด) ของงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นระบบเล็กใช้เฉพาะบางจุด,บางสถานที่ ดังนั้นจำนวนลายนิ้วมือจึงไม่มากนัก เพราะไม่ใช่โครงการขนาดใหญ่ที่ต้องเก็บข้อมูลภาพจำนวนมากซึ่งอาจเก็บเพียงข้อมูลลายนิ้วมือ 10 นิ้ว

1.3. ปรับปรุงความสามารถทางด้านเทคโนโลยีให้ดีขึ้น และเป็นอัตโนมัติยิ่งขึ้น แนวทางจะมีทั้งการทดลอง, ตรวจเทียบที่เป็นลายนิ้วมือจริง(สด) และเปรียบเทียบลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์ดำ เป็นต้น

2. ประโยชน์ที่ได้รับ

2.1. นำไปใช้สร้างต้นแบบระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ ที่สามารถอ่านลายนิ้วมือและตรวจเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลได้ดี นอกจากนี้นำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกให้ทำงานได้ โดยใช้โปรแกรมคอนโทรลเช่น ระบบรักษาความปลอดภัย (แทนกุญแจ, บัตรหรือสวิตช์เปิดปิดประตู), ระบบแสดงผลและออกคำสั่งอุปกรณ์อื่นๆ

2.2. นำไปใช้ในการสร้างระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ เพื่อสนับสนุนโครงข่ายต่าง ๆ ของระบบข่าวสารและโทรคมนาคม

2.3. เป็นการพิสูจน์แนวทางการวิจัย ด้านโครงข่ายประสาทที่จะสามารถใช้ได้กับการจดจำลายนิ้วมือและนำมาใช้กับวัสดุอุปกรณ์ราคาถูกที่หาซื้อได้ในประเทศไทย

ทฤษฎีและความเป็นมาของลายนิ้วมือ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา นับตั้งแต่การประดิษฐ์เครื่องอ่านตัวเลขไปจนกระทั่งอ่านเป็นตัวเลขและในที่สุดก็จะมาถึงการออกแบบเครื่องอ่านลายนิ้วมือและได้มีการพัฒนาระบบลายนิ้วมือให้ดีขึ้นโดยสามารถทำให้เป็นอัตโนมัติ[2] ซึ่งจะกล่าวต่อไป

1. ความเป็นมาของงานวิจัยกับการพัฒนาเครื่องอ่านแพทเทิร์นต่างๆ

ได้มีการประดิษฐ์เครื่องอ่านตัวเลข (numeric character reader) ซึ่งได้อ่านตัวเลขอาระบิกเมื่อ 20 ปีก่อนเครื่องอ่านนี้มีขนาดใหญ่เรียกว่า OCR (optical character reader) ซึ่งนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการไปรษณีย์ โดยใช้อ่านรหัสพื้นที่ของเขตไปรษณีย์ที่ผู้ฝากส่ง ต้องการส่งจดหมายไปถึงตัวเลขรหัสเหล่านี้มีความยาวประมาณ 2 ถึง 5 หลัก โดยต้องเขียนเป็นตัวเลขอย่างบรรจงลงไปในช่วงสี่เหลี่ยมที่พิมพ์ไว้ในตำแหน่งคงที่บนมุมด้านหนึ่งของซองจดหมาย นอกจากนี้ ยังมีเครื่องเจาะบัตรข้อมูล (Hollerith card) สำหรับป้อนเข้าคอมพิวเตอร์โดยอ่านตัวอักษรโรมัน "อับเปอร์เคส" เป็นลายมือเขียนอย่างบรรจงกรอกลงในกระดาษแบบฟอร์มที่มีตาราง เป็นช่องคงที่ เครื่องอ่านตัวอักษรถูกนำไปใช้ในกิจการต่าง ๆ อีกมากมายเช่น เครื่องตรวจเอกสาร หรือ เช็คนามการ, เครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัย, เครื่องอ่านหมายเลขธนบัตรและอื่น ๆ อีกมากมายส่วนมากเครื่องที่ต่างกันจะอ่านตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งถูกกำหนดเป็นแบบเฉพาะตายตัว และเปลี่ยนแปร (varied) ได้เล็กน้อยเท่านั้น ถ้ามีการเปลี่ยนแปรมากหรือเขียนแบบวัดค่อๆ กัน เครื่องอาจจะจำผิดหรือไม่ยอมรับก็ได้ ความสามารถของเครื่องอ่านตัวอักษรในยุคปัจจุบันยังด้อย กว่าความสามารถในการอ่านและแยกแยะของมนุษย์เป็นอย่างมาก คั้งนั้นสิ่งที่จะต้องพัฒนาไปก็คือ ทำให้เครื่องอ่านตัวอักษรมีความสามารถอ่านตัวอักษรทั้งแบบตัวเดียวโดด ๆ และแบบที่เขียน ค่อหากันไปหลาย ๆ ตัวอักษร (cursive script) และสามารถอ่านตัวอักษรได้ไม่ว่าจะเขียนบรรจงหรือเขียนแบบหวัด รวมทั้งกระดาษที่ใช้เขียนก็ใช้กระดาษต่างๆ กันได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดขนาดของตัวอักษรให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่เท่าๆกัน หรือต้องเขียนลงในช่องที่กำหนดให้โดยเฉพาะเท่านั้น

เพื่อการพัฒนาเครื่องอ่านตัวอักษรให้มีความสามารถเท่าเทียมมนุษย์นั้น จะต้องใช้กำลัง งานวิจัย (effort) เป็นอย่างมาก รวมทั้งต้องใช้ศาสตร์ในด้านต่างๆ อาทิเช่น การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition)[19], การประมวลผลภาพ (Image Processing), ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence), ศาสตร์แห่งความเข้าใจ (Cognitive Science), และอาจต้องใช้ประสบการณ์เข้าช่วยด้วย เป็นต้น นอกจากนี้ความน่าเชื่อถือทางด้านฮาร์ดแวร์ก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะต้องมีความแม่นยำเที่ยงตรงและความละเอียดสูง ทำให้เครื่องอ่านตัวอักษรที่จะสร้างขึ้นมีราคาแพงมากในระยะแรก

ในขณะที่เดียวกันกับที่เครื่องอ่านตัวอักษร ได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถสูงขึ้นเรื่อยๆ ก็ได้มีการพัฒนาเครื่องอ่านต่างๆ ขึ้นและที่ใช้กันแพร่หลายมากคือ เครื่องอ่านบาร์โค้ดซึ่งใช้เทคโนโลยีอย่างง่าย, ราคาถูก และนำไปประยุกต์ใช้ในกิจการต่างๆ ด้านการ

พาณิชย์ได้อย่างมากมาย

2. เรื่องราวโดยย่อของเครื่องอ่านลายนิ้วมือ

เครื่องอ่านลายนิ้วมือ(Fingerprint Reader) ใช้ประโยชน์ในกิจการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย และการพิสูจน์หลักฐานลายนิ้วมือของกรมตำรวจ เครื่องอ่านชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติ (Automatic Fingerprint Identification System = AFIS)คือระบบที่นำเอาลายนิ้วมือเข้าไปตรวจสอบข้อมูลลายนิ้วมือที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลย่อย โดยใช้หลักการหนึ่งนิ้วต่อหลายๆนิ้ว (One-to-Many) และนำจำนวนค่าข้อมูลที่ใกล้เคียงกันที่สุด ออกมาตรวจเทียบโดยให้ผู้ใช้เป็นผู้ตรวจครั้งสุดท้ายอีกครั้งหนึ่ง ชุดอ่านลายนิ้วมือแบบนี้ส่วนมากอ่านจากกระดาษที่พิมพ์ลายนิ้วมือเอาไว้ด้วยหมึกพิมพ์ดำ มักใช้ในกิจการกองพิสูจน์หลักฐานกรมตำรวจและระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (Automatic Fingerprint Verification System = AFVS) คือระบบตรวจลายนิ้วมือที่ถ่ายลายนิ้วลายนิ้วมือเข้ามาด้วยกล้องวิดีโอ ไปเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือในฐานข้อมูลที่ละอันเมื่อได้ข้อมูลที่ตรงกันก็จะให้สัญญาณที่เกี่ยวข้องกันออกมา ระบบนี้ถือว่าเป็นการเปรียบเทียบแบบหนึ่งนิ้วต่อหนึ่งนิ้ว (One-to-One) แล้วทำการประมวลผลและเมทซึ่งแบบเรียลไทม์ใช้เวลาเพียงชั่วครู่ ก็สามารถตอบกลับมาได้ว่าเป็นลายนิ้วมือที่ต้องการหรือไม่ระบบนี้มักใช้ในกิจการด้านรักษาความปลอดภัยเช่น ระบบเปิดปิดประตูใหญ่ของสถานที่สำคัญหรือใช้ในกิจการธนาคาร เป็นต้น

ปัจจุบันระบบเหล่านี้มีราคาแพงมาก เพราะเป็นเทคโนโลยีนำเข้าทั้งหมด และในประเทศไทยก็เริ่มที่จะใช้ระบบเหล่านี้ ในกิจการด้านต่างๆมากขึ้น ประเทศที่ได้ส่งออกเทคโนโลยีประเภทนี้ เช่น ญี่ปุ่นมีระบบ AFIS-NEC และ ระบบ AFVS-HITACHI, อังกฤษมีระบบ PRINTRAX, อเมริกามีระบบ COGENT, Ridge Reader และ IDX-40 เป็นต้น หากประเทศไทยสามารถสร้างระบบเหล่านี้ขึ้นมาเอง ก็จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและงบประมาณลงอย่างมาก

ผลจากการตรวจสอบลายนิ้วมือจากหน่วยงานบางหน่วยงานที่ใช้ AFIS เช่น กรมตำรวจซึ่งได้มีการนำเอาลายนิ้วมือเปรียบเทียบ เพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานและเพื่อทำแผนคดีอาชญากรรม เป็นต้น โดยผลลัพธ์ที่ออกมามีประโยชน์ ช่วยในการตรวจสอบลายนิ้วมือ สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีเดิม (การตรวจด้วยสายตาคนพร้อมแว่นขยายที่มีต่อลายหมึกนิ้วมือ) รวมทั้งสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ได้อย่างมากมาย ส่วน AFVS นั้นอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องมือบางอย่างโดยออกแบบวงจรเชื่อมต่อ (interface) กับฮาร์ดแวร์เช่น เครื่องเปิดปิดประตู ซึ่งเราเอาลายนิ้วมือแทนกุญแจ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

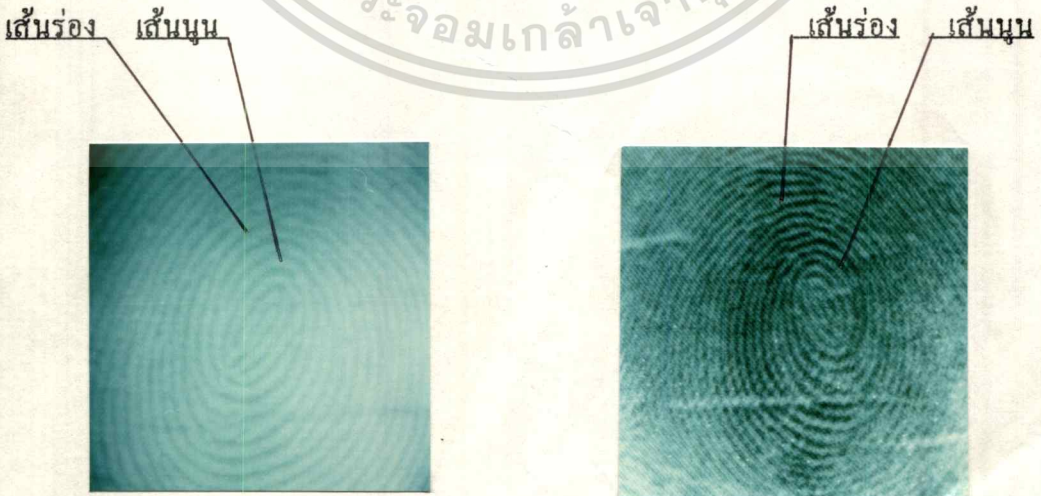
ความรู้เบื้องต้นของลายนิ้วมือ

ที่ผิวหนังบริเวณปลายนิ้วจะเห็นลายนิ้วมือ ประกอบด้วยลายเส้นสองชนิดชนิดหนึ่งเราเรียกว่า เส้นนูน อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า รอยร่องหรือเส้นร่อง เส้นนูนกับเส้นร่องอยู่สลับกันไปตลอด นอกจากนี้ยังมีลักษณะจุดสำคัญต่างๆรวมทั้งยังมีขอบเขตของพื้นที่บนลายนิ้วมือด้วย และมีแบบลักษณะลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันออกไป[2],[20] จากการวิจัยของสก็อตแลนด์ยาร์ดและเอพีไอ พบว่าบุคคลทั่วไปจะมีลายนิ้วมือไม่เลขซ้ำกันเลยจึงมีผลทำให้เราสามารถใช้ลายนิ้วมือ เป็นหลักฐานเพื่อแสดงตัวบุคคล(I.D.)ได้ ในบทนี้จะแสดงการแยกแยะลายนิ้วมือ โดยได้แยกแบบออกมาให้เห็นหลายๆแบบตามมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป อธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

ลักษณะต่างๆของลายเส้นบนลายนิ้วมือ

1. เส้นนูน(Ridges) คือ การเกิดของรอยนูนที่อยู่สูงขึ้นมาจากผิวหนังส่วนนอก
2. รอยร่องหรือเส้นร่อง(Furrows) คือ รอยลึกที่อยู่ต่ำกว่าระดับของเส้นนูน

ภาพที่ 1



(ก) ลายเส้นจากการถ่ายภาพจริง(สด)

(ข) ลายเส้นจากการถ่ายภาพที่เป็นหมึกพิมพ์คำ

แสดงลายเส้นของเส้นนูนกับเส้นร่องจากการถ่ายภาพด้วยกล้องวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ชอบด้วยกฏหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นบนกับเส้นร่องมืออยู่ติดกันไป ดังนั้นจะแลเห็นได้ว่าที่ผิวหนังบนนิ้วมือจะมีเส้นหนึ่งสูง ขึ้นมาและเส้นหนึ่งอยู่ลึกต่ำลงไป(ติดกัน) โดยถ้าเรากดนิ้วมือบนกระจกใส และฉายแสงไปด้านข้างนิ้วเพื่อให้แสงวิ่งเฉียงพื้นที่ผิวหนังของลายนิ้วมือ ผลลัพธ์ที่ได้คือ ส่วนที่บนขึ้นมาจะสว่างและส่วนที่เป็นร่องลึกลงไปจะมีค ดังนั้นเมื่อถ่ายภาพด้วยกล้องวิดิโอจะทำให้เห็นภาพเป็นลายนิ้วมือปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยเส้นขาว(สีจาง)จะเป็นส่วนที่สว่างหรือส่วนบนของผิวหนังและเส้นดำ(สีเข้ม) จะเป็นเส้นร่องหรือส่วนที่มีคคุณภาพ (ก) แต่จะตรงกันข้ามกับลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นจากหมึกพิมพ์ โดยเส้นที่บ(สีเข้ม)เกิดขึ้นจากเส้นบนมีหมึกพิมพ์ติดอยู่ส่วนเส้นขาว(สีจาง) จะเป็นเส้น ร่องเพราะไม่ถูกหมึกพิมพ์หรือถ้ามีหมึกพิมพ์แต่เส้นร่องไม่ได้แตะถูกกระดาษพิมพ์ รูปภาพ(ข) เพราะฉะนั้นลายเส้นสีดำ,สีที่บ(สีเข้ม) ไม่ว่าจะเกิดขึ้นมาจากวิธีการใดก็จะใช้คำว่า ลายเส้น นอกจากนี้ ภาพลายนิ้วมือทั้งหมึกพิมพ์และลายนิ้วมือจริง(ถ่ายจากกล้องวิดิโอสด) ยังแสดงการกลับข้างกัน เพราะการหันหน้าลายนิ้วมือเข้าหากกล้องวิดิโอตรงกันข้ามกัน

ข้อควรจำ: ลายเส้นบนลายนิ้วมือเป็นหลักฐานสำคัญ ในการตรวจพิสูจน์ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

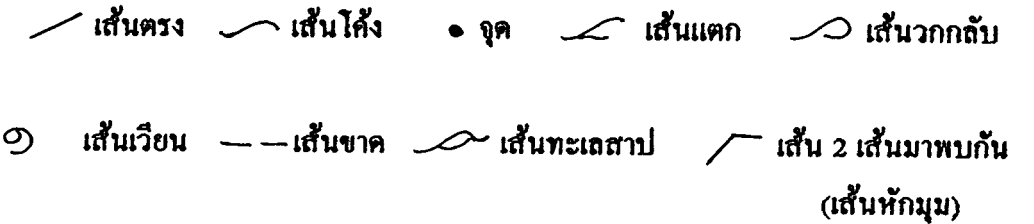
- ก. ลายเส้นของนิ้วมือ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยตั้งแต่เกิดจนกระทั่งตาย
- ข. ไม่มีบุคคล ใดๆที่จะมีลายนิ้วมือที่เหมือนกันหรือซ้ำกันได้เลย

3. ลักษณะสำคัญพิเศษ(Characteristics)บนลายนิ้วมือ

คำนิยามต่างๆบนลายนิ้วมือมีส่วนสำคัญที่จะต้องทราบ และลักษณะลายเส้นรวมทั้งจุดมิมูเทียบจะใช้เป็นหลักฐานสำคัญในการตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคล โดยแยกออกเป็น 3 ข้อ คือ

ภาพที่ 2

ก. คำนิยามและลักษณะต่างๆของลายเส้นต่างๆไป ได้แก่



ข. ลักษณะพิเศษบางอย่าง ได้แก่

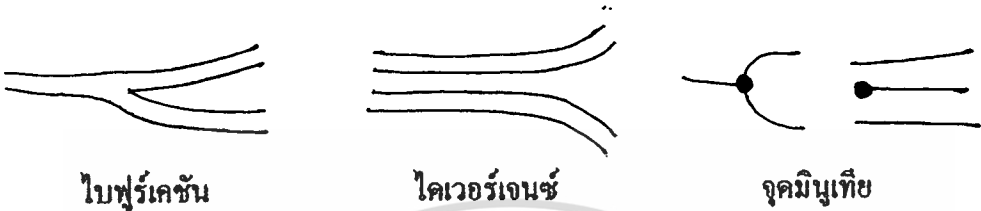
- **ไบฟูเรชัน** คือ ส้อมหรือเส้นขอบหนึ่งที่ได้ถูกแยกออกเป็น 2 เส้น หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

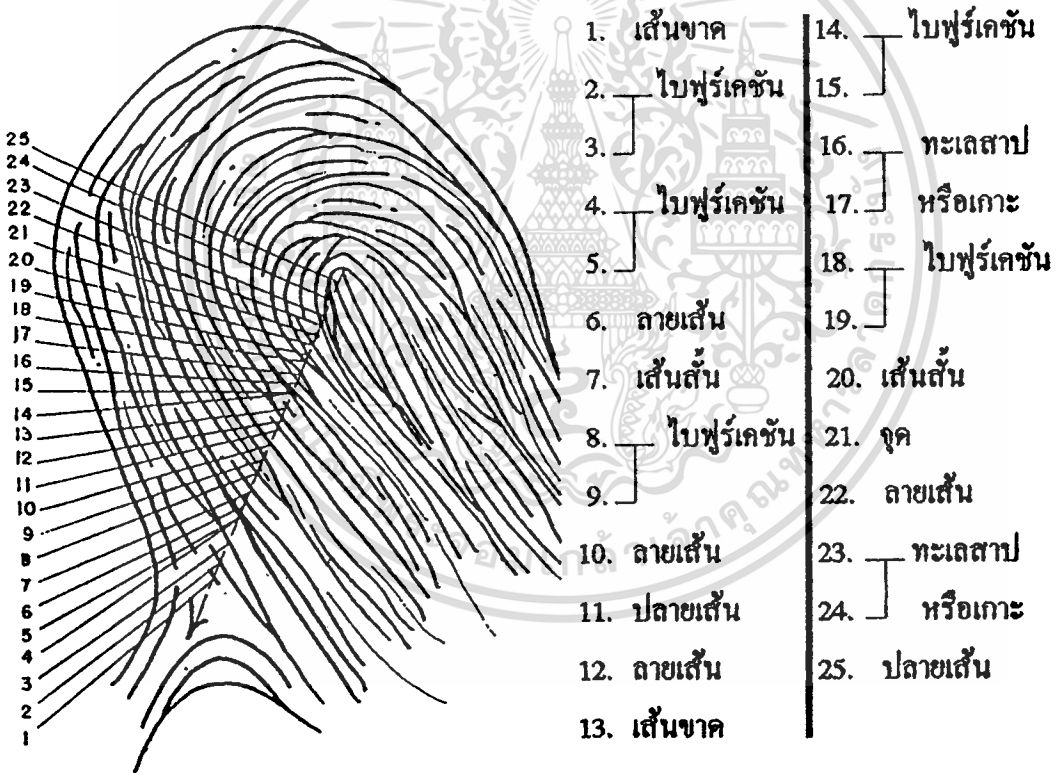
มากกว่า 2 เส้น

- ไคเวอร์เจนซ์ คือ เส้นขอบ 2 เส้นที่ได้วิ่งขนานกันมาหรือเกือบจะขนานและได้แผ่หรือต่างออกไป

- จุดมินูเทีย เป็น จุดบนปลายเส้นหยุคหรือเส้นแยก



ค. แสดงลักษณะสำคัญพิเศษที่เกิดจากการลากเส้นผ่านระหว่างใจกลางกับสันคอน



แสดงลักษณะสำคัญพิเศษของหัวข้อ ก., ข. และ ค. บนลายนิ้วมือมัดหวาย

คำจำกัดความที่สำคัญบนลายนิ้วมือ

เป็นการอธิบายคุณลักษณะหลักสำคัญใหญ่ๆ ที่ต้องศึกษาและทำความเข้าใจ เพราะมีคุณประโยชน์ที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแต่ละลายนิ้วมือซึ่งมีอยู่ 4 ข้อ ได้แก่

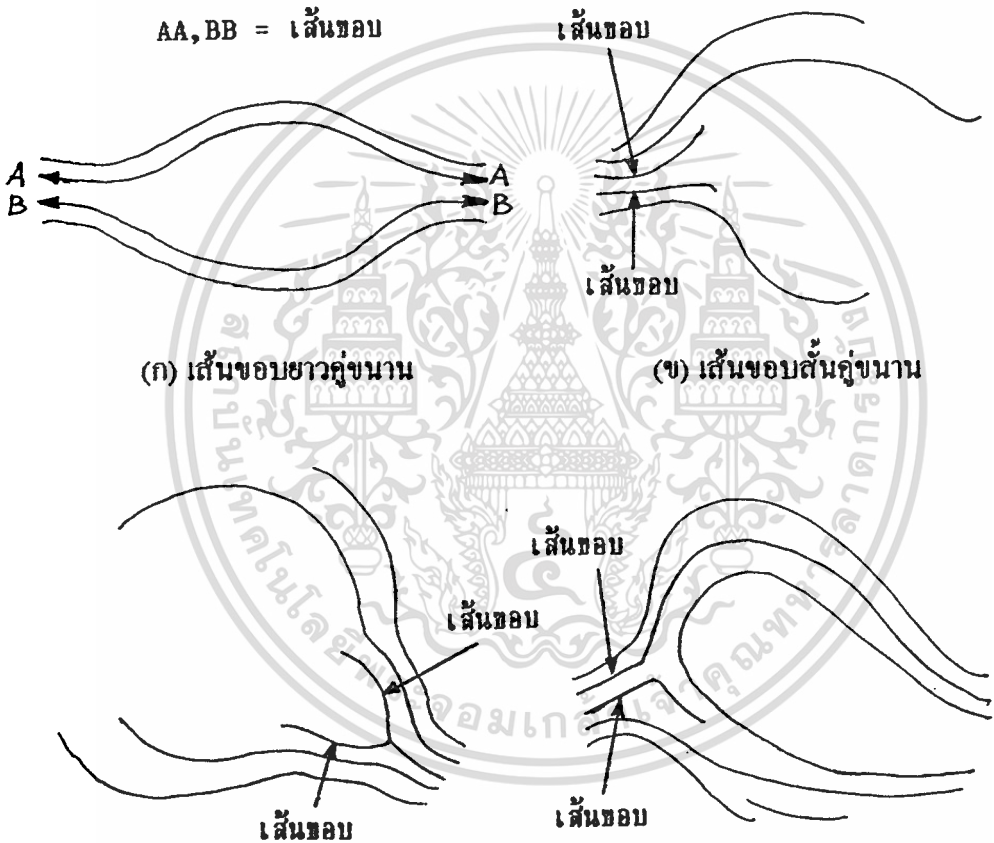
- เส้นขอบ (Type Line)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต้นคอน(Delta)
- จุดใจกลาง(Core)
- บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน(Pattern Area)

1. เส้นขอบ(Type Line) คือ เส้นคู่ขนานคู่ในสุด ซึ่งได้คู่กันมาพอสมควรแล้ว แยกตัวออกเพื่อจะโอบล้อม หรือพยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

ภาพที่ 3



(ก) เส้นขอบที่เป็นเส้นแตกขนานกัน (ง) เส้นหักมุมหรือ 2 เส้นพบกัน ไม่ใช่เส้นขอบ
แสดงการเดินของเส้นขอบ

2. ต้นคอน(Delta) คือ ปลายเส้นในลายนิ้วมือซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางของปากทางแยกของเส้นขอบ โดยเป็นไปตามกฎของต้นคอนดังนี้

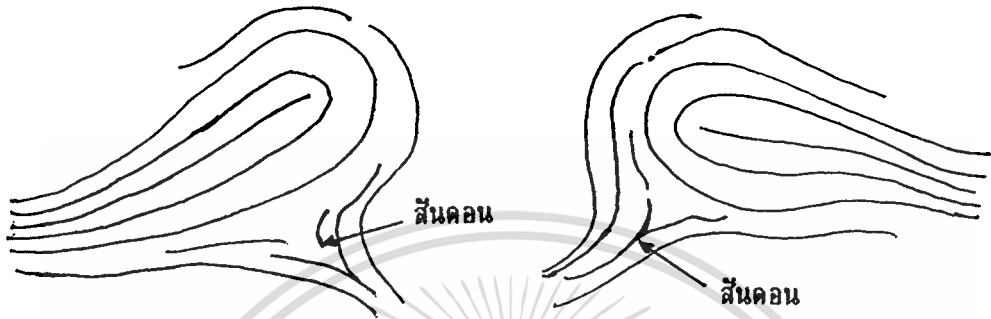
2.1. กฎของการเป็นต้นคอน

2.1.1. ตำแหน่งตั้งอยู่ใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางทางแยกของเส้นขอบทั้งสองแต่

ตั้งอยู่บนเส้นขอบไม่ได้

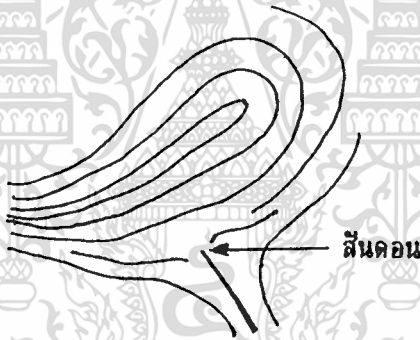
2.1.2. กรณีที่มีเส้นเกิน 1 เส้น อาจถือเป็นต้นคอนได้ตามกฎหมายหลักในการพิจารณาเลือก ดังนี้

ภาพที่ 4



(ก) เส้นแตก,เส้นสั้นๆ,จุดหรือเส้นขาด

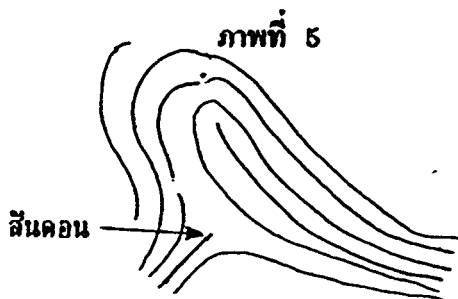
(ข) เส้นแตกที่หัน ไปใกล้จุดใจกลางมากที่สุด



(ค) จุดที่ใกล้ปากทางแยกของเส้นขอบ แสดงลักษณะต้นคอนตามข้อ 1.,2.

2.1.3. จุดต้นคอนจะตั้งอยู่กลางหรือบนเส้นที่อยู่ระหว่างเส้นขอบ แต่มีทิศทางเดียวกันกับเส้นขอบไม่ได้ แต่จะต้องอยู่ที่ปลายเส้นซึ่งอยู่ใกล้กึ่งกลางทางแยกของเส้นขอบมากที่สุด

ภาพที่ 5



แสดงลักษณะต้นคอนตั้งอยู่บนเส้นระหว่างเส้นขอบ

2.1.4. ในกรณีที่มีบริเวณปากทางแยกของเส้นขอบ ไม่มีเส้นต่างๆหรือจุดให้ถือเส้นลัดไปจากปากทางแยกของเส้นขอบและอยู่ใกล้กึ่งกลาง หรือเกือบจะกึ่งกลางของทางแยกของเส้นขอบเป็นสันคอง

ภาพที่ 6



แสดงลักษณะสันคองอยู่ใกล้กึ่งกลางปากทางแยก

หมายเหตุ สันคองจะอยู่ภายนอกเส้นขอบไม่ได้

3. จุดใจกลาง(Core) คือ จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้นหรือบนบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับรูปในสุดและต้องอยู่ภายในของถายนั้วมือ

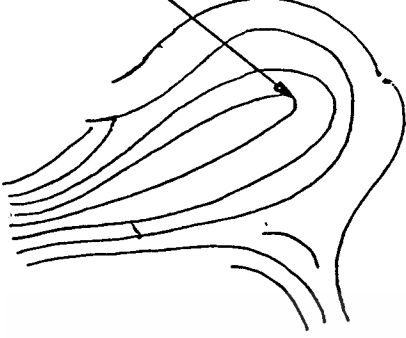
ภาพที่ 7



(ก) เส้นที่พุ่งขึ้นไปถึงบ่าภายในเส้นวกกลับ

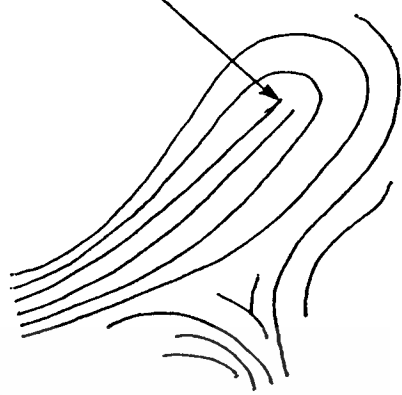
(ข) ปลายเส้นนั้นหรือหลายเส้นพุ่งขึ้นไม่ถึงบ่าด้านที่อยู่ไกลสุดของเส้นวกกลับจากสันคอง

จุดใจกลาง



(ก) ติ่งบ่าหรือไหล่ของเส้นวงกลับ
ด้านที่อยู่ไกลสุดจากต้นคอน

จุดใจกลาง



(ง) เส้นพุ่งถึงบ่า 2 เส้นภายในเส้นวงกลับ
ใช้ปลายเส้นของเส้นไกลสุดจากต้นคอน

จุดใจกลาง



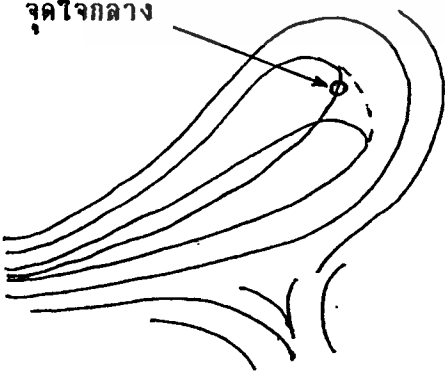
(จ) เส้นพุ่งขึ้นบ่านับได้ 3-5 ขึ้นไป
อยู่ที่ปลายเส้นกลาง

จุดใจกลาง



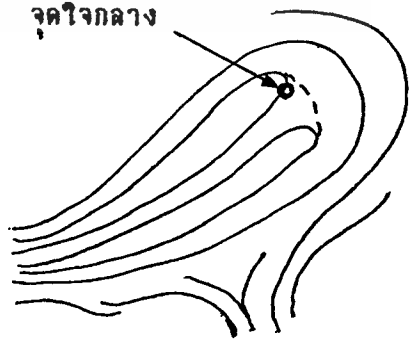
(ฉ) เส้นวงกลับ 2 รูป ตัดกันระหว่างบ่า
หรือไหล่พอดีให้ใช้ตรงจุดตัด

จุดใจกลาง



(ซ) เส้นวงกลับ 2 รูป ตัดกันต่ำหรือสูงกว่าบ่า

จุดใจกลาง



(ฅ) เส้นวงกลับอยู่ภายใน 2 รูปคู่กัน

แสดงลักษณะจุดใจกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

การหาจุดใจกลางบนสายนิ้วมือจำเป็นจะต้องรู้จัก และเข้าใจลายเส้นอีกชนิดหนึ่ง ก่อนคือ เส้นวกกลับหรือเส้นเกือกม้า(RECURVING) ซึ่งมีความสำคัญและจำเป็นในการหาที่ตั้งจุดใจกลาง ของสายนิ้วมือ

เส้นเกือกม้าหรือเส้นวกกลับ คือ เส้นที่วิ่งหรือไหลเข้าไปในบริเวณภายในของสายนิ้วมือซึ่งอยู่หน้าสันคอนเข้าไปแล้วโค้งกลับมาหรือวกกลับมาทางเดียวกับที่วิ่งหรือไหลเข้าไป และได้จำแนกออกไปดังนี้ เส้นวกกลับเพียงเส้นเดียว,เส้นวกกลับหลายเส้น และไม่มีเส้นวกกลับเลย (ซึ่งในที่นี้ไม่ได้นำมาพิจารณามากนัก เพราะสายนิ้วมือประเภทนี้มีน้อย นอกจากนี้เรายังสามารถมอง ไปเป็นแบบมัดหอยได้)

ภาพที่ 8



เส้นวกกลับ 1 เส้น

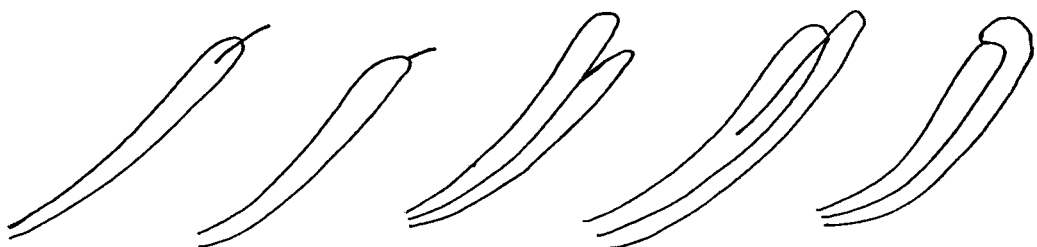
เส้นวกกลับหลายเส้น

ไม่มีเส้นวกกลับเลย

แสดงลักษณะเส้นวกกลับ

เส้นวกกลับหรือเส้นเกือกม้าที่สมบูรณ์ใช้ได้ นั้น ต้องไม่มีเส้นประเภทหนึ่ง คือ เส้นทำตาย (APPENDAGE) มาเชื่อมหรือต่อบนบริเวณบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับ หรือเส้นเกือกม้าขึ้นไปเป็นมุมฉาก หรือเกือบมุมฉากแลเห็นได้ชัดเจน เส้นทำตายนี้อาจจะเป็นเส้นสั้นๆหรือเส้นยาว ถ้าค่าลงมากกว่าบ่าหรือไหล่ของเส้นวกกลับหรือเส้นเกือกม้า ไม่ถือว่าเป็นเส้นที่มาเชื่อม หรือต่ออยู่ด้วยนั้นเป็นเส้นทำตาย

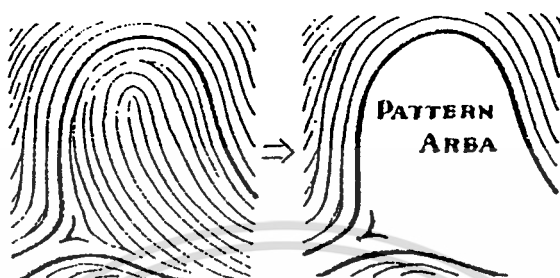
ภาพที่ ๑



แสดงตัวอย่างเส้นทำตายแบบต่างๆ

4. บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน(Pattern Area) คือ พื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อม

ภาพที่ 10



แสดงลักษณะบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

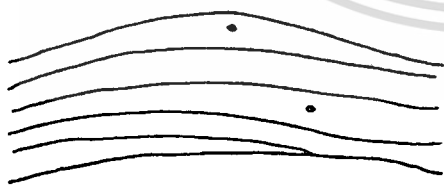
ชนิดหรือแบบของลายนิ้วมือ

ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มแบบ และแบ่งย่อยออกโดยประมาณ 12 แบบ[2] หรืออาจจะแบ่งให้ละเอียดมากกว่านี้ คือ

1. กลุ่มที่ 1 เส้นโค้ง(Arch) ประกอบด้วย
 - 1.1. โค้งราบ (Plain Arch = PA)
 - 1.2. โค้งกระโจม (Tented Arch = TA)

ภาพที่ 11

ภาพที่ 12



แสดงลักษณะโค้งราบ

ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปอีกข้างหนึ่ง, ไม่เกิดมุมแหลมหรือไม่มีเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง



แสดงลักษณะโค้งกระโจม

ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวอน, เป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก

2. กลุ่มที่ 2 รูปหรือมัดหวาย(Loop)

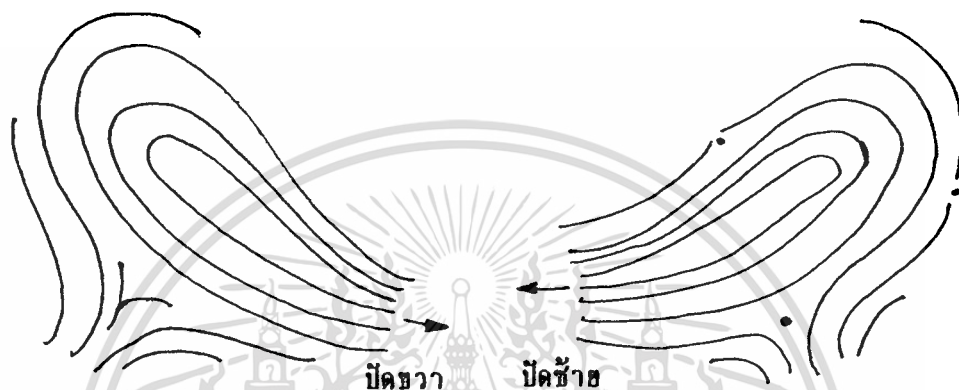
เอกสารนี้เป็นเอกสาร มีต้นคอนเพียงข้างเดียว,เส้นวกกลับอย่างน้อยหนึ่งรูป,ต้องนับเส้นจากจุดต้นคอน การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปถึงจุดใจกลาง โดยเส้นที่นับต้องเป็นเส้นวกกลับที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้น ประกอบด้วย

- 2.1. มัดหวายปัดขวา (Right Slant Loop = RSL)
- 2.2. มัดหวายปัดซ้าย (Left Slant Loop = LSL)

ภาพที่ 13

ภาพที่ 14



แสดงลักษณะมัดหวายปัดขวา

แสดงลักษณะมัดหวายปัดซ้าย

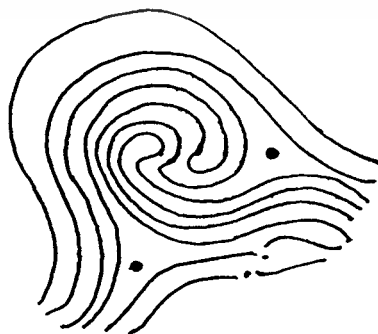
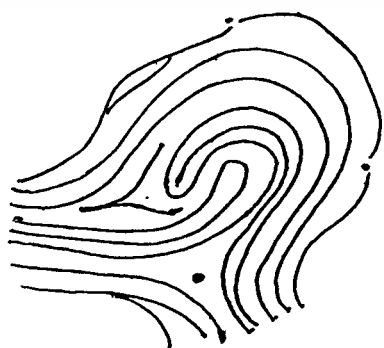
- 2.3. มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝด (Double Loop = D)

เป็นรูปคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวาย 2 รูป มากอดหรือมาก้ากันเป็นลายนิ้วมือที่มีสันคอน 2 สันคอน และไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน ประกอบด้วย

- 2.3.1. มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบ1 (Double Loop Type1 = D1)
- 2.3.2. มัดหวายคู่หรือมัดหวายแฝดแบบ2 (Double Loop Type2 = D2)

ภาพที่ 15

ภาพที่ 16



แสดงลักษณะมัดหวายคู่แบบ1

แสดงลักษณะมัดหวายคู่แบบ2

3. กลุ่มที่ 3 ก้นหอย(Whorl)

ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจร ลักษณะเหมือนลานนาฬิกา,รูปไข่,วงกลม หรือลักษณะอื่นๆ ประกอบด้วย

- 3.1. ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl = W)
- 3.2. ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา (Right Central Pocket = RCP)
- 3.3. ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย (Left Central Pocket = LCP)
- 3.4. ก้นหอยกระเป๋ข้างปัดขวา (Right Lateral Pocket = RLP)
- 3.5. ก้นหอยกระเป๋ข้างปัดซ้าย (Left Lateral Pocket = LLP)

ภาพที่ 17

ภาพที่ 18

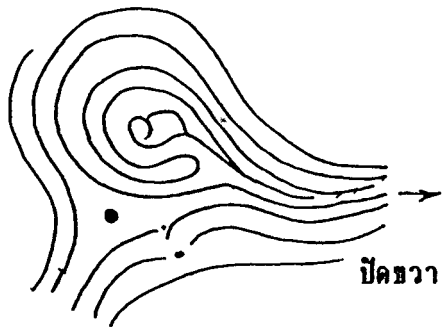
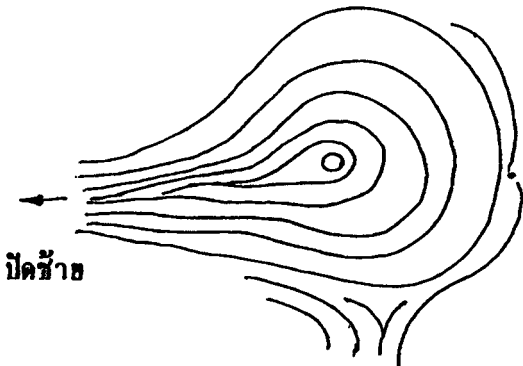


แสดงลักษณะก้นหอยธรรมดา

แสดงลักษณะก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา

ภาพที่ 19

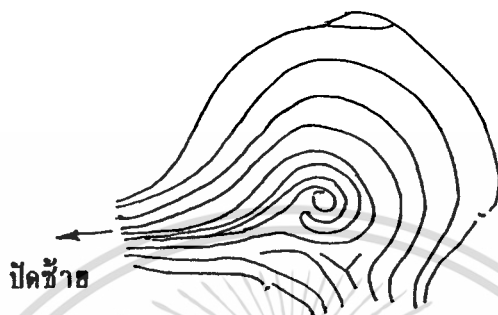
ภาพที่ 20



แสดงลักษณะก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย

แสดงลักษณะก้นหอยกระเป๋ข้างปัดขวา

ภาพที่ 21



แสดงลักษณะกันทอยกระเป๋าช้างปัดซ้าย

4. กลุ่มที่ 4 ชับซ้อน (Accidental Whorl = AW)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่จัดเข้าเป็นลายนิ้วมือชนิดหนึ่งชนิดใดโดยเฉพาะ ประกอบด้วยลายนิ้วมือ 2 แบบมาผสมกันและมีสันคอน 2 สันคอน หรือมากกว่าเช่น กรณีที่ไม่สามารถเข้ากับลายนิ้วมือกลุ่มที่กล่าวมาแล้วข้างต้นไม่ได้เลย โดยมีความยุ่งเหยิงและเป็นรูปแบบที่ไม่แน่นอน

ภาพที่ 22



แสดงลักษณะทับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปความรู้ลายนิ้วมือโดยย่อ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับลายนิ้วมือที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ ซึ่งเราจะรู้ว่า ที่ผิวหนังบริเวณปลายนิ้วมือจะเห็นลายเส้นคือ เส้นนูนและเส้นร่อง อยู่สลับกันไปและมีลักษณะจุดสำคัญต่างๆเช่น เส้นโค้ง,จุด,เส้นแตก,เส้นวกกลับ,เส้นขาด,เส้นทะเลสาป เป็นต้น รวมทั้งจุดสำคัญพิเศษคือ ไบฟูเรชัน,ไคเวอร์เจนซ์,จุดมินูเทีย นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วสิ่งที่มีส่วน ในงานวิจัยอย่างมากคือ เส้นขอบ,สันคอน,จุดใจกลางและบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน โดยขนาดภาพลายนิ้วมือควรจะคลุมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะจะทำให้ลายนิ้วมือมีความผิดพลาดน้อยลง โดยแสดงลายนิ้วมือให้เห็นความแตกต่างกันตามมาตรฐานทั่วไป จะประกอบด้วยแบบลักษณะลายนิ้วมือ 4 กลุ่มแบบและได้ทดลองแบ่งย่อยออกไปอีก 12 แบบย่อย เพื่อให้เห็นแบบที่ต่างกันออกไปให้ชัดเจนมากขึ้น



บทที่ 3

อุปกรณ์ช่วยการวิเคราะห์และการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเตรียมแผงวงจรภายนอกและอุปกรณ์การรับส่งภาพ พร้อมชุดระบบ AFVS ซึ่งใช้เป็นต้นแบบการทดสอบให้ทำงานได้จริงและมีการพัฒนาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ โดยเริ่มนำเอากล้องวิดีโอมาติดตั้งภายในกล่องไม้ซึ่งยึดด้วยกลไกแมกคานิก และมีจุดกดอยู่ด้านบนเป็นร่องลึกลงไปถึงหน้ากระจก 3 ซม. ซึ่งภายในมีไมโครสวิตช์อยู่ 4 ตัวโดยรอบ เพื่อให้หลอดไฟขนาดเล็ก 3vx4 หลอด (ความเข้มของแสงประมาณ 240-300 ลักซ์ และให้หน้ากระจกเลนส์มีระยะห่างคงเดิมถึงหน้ากระจกใสก่อนกดนิ้วมีอลงไป 8 มม) ติดโดยอัตโนมัติ จากการทำงานของวงจรภายนอก, การ์ดรับภาพ โดยมีการ์ด 8255 เชื่อมภายใน CPU ช่วยการทำงานโดยเป็นศูนย์กลางไปยังส่วนต่างๆของชุดอุปกรณ์[๑],[1๑] และมีหลักการทำงานดังนี้

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้กับ AFVS

เป็นชุดอุปกรณ์ที่มีการรับภาพ->ประมวลผลภาพพร้อมทั้งการคำนวณเพื่อส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์บางอย่างเช่น ประตู, หลอดไฟ ฯลฯ ให้ทำงานตามที่ต้องการ ประกอบด้วย

ก. กล้อง CCD-TR45B(6x, Video8 Handycam) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- ชุมภาพ 6 เท่าพร้อมเลนส์มาโครสำหรับถ่ายภาพระยะใกล้
- หน่วยรับภาพแบบ CCD 320,000 จุดรับภาพ
- ความเร็วชัตเตอร์สปีด 4 ระดับจนถึง 1/4,000 วินาที
- ปรับโฟกัสได้ทั้งแบบอัตโนมัติและปรับเองด้วยมือ
- รับแสงต่ำสุด 7 ลักซ์
- เลนส์ => ความยาวโฟกัส 7-42 มม. , รูรับแสง 2.0 มม.

ข. กล่องไม้ขนาด 27x27x40 ซม. ภายในมีระบบยึดกล้องด้วยแมกคานิก มีหมุดปรับขึ้นลง, ไปซ้ายขวาได้, มีหมุดยึดและจุดกดบนกล่องไม้เป็นกระจกใส ขนาด 20x30x2 มม.

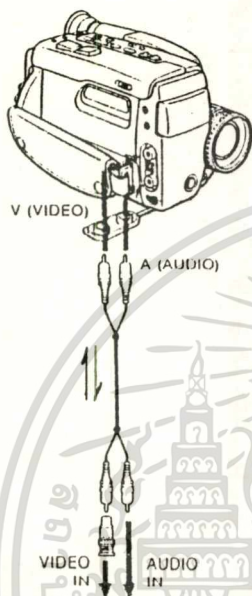
ค. การ์ดรับภาพ (DigiIMAGE Card) รุ่น DZ-II

ง. ชุดคอมพิวเตอร์ PC 80486

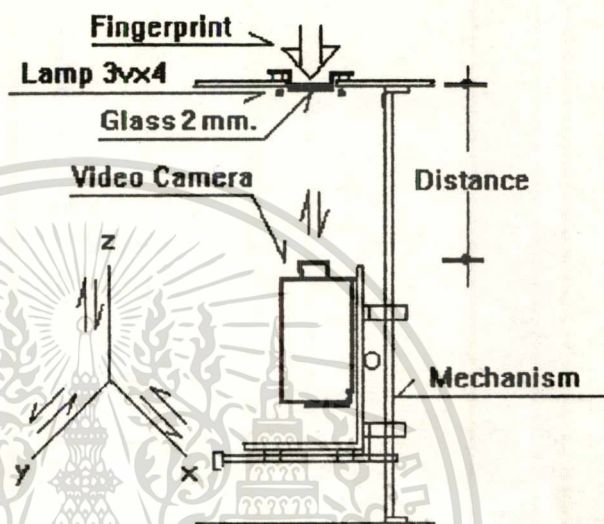
จ. การ์ด display VGA (Teseng)

- ณ. การ์ด 8255 (8255 I/O Card)
- ช. วงจรช่วยการทำงานภายนอกติดต่อกับการ์ดต่าง ๆ

ภาพที่ 23

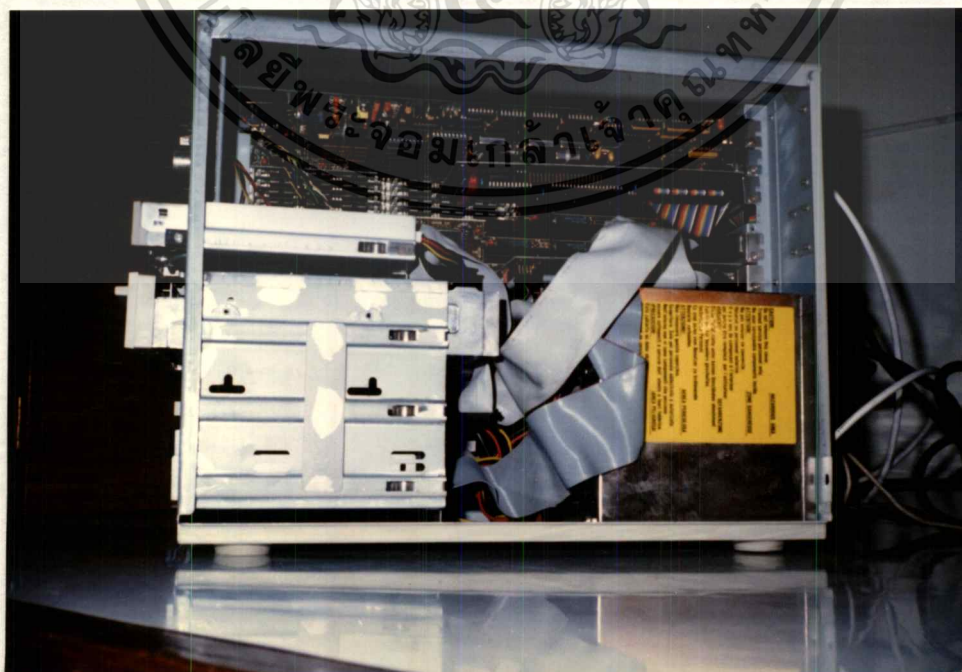


ภาพที่ 24



แสดงกล้องวิดีโอ 8 (CCD-TR45E) แสดงลักษณะการติดตั้งกล้องภายในตู้

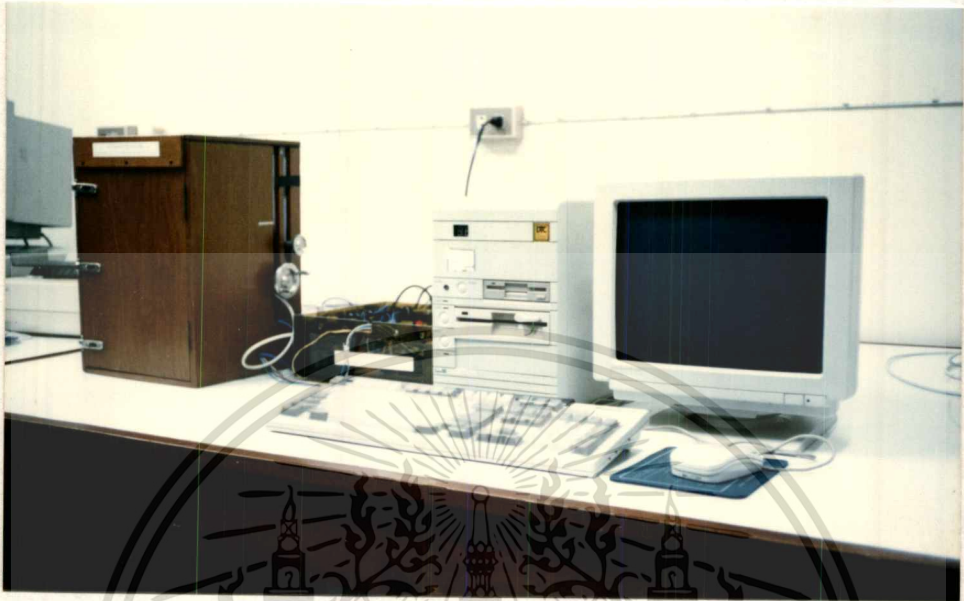
ภาพที่ 25



แสดงการติดตั้งการ์ด 8255 และ การ์ดรับภาพ (DigiIMAGE Card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 26

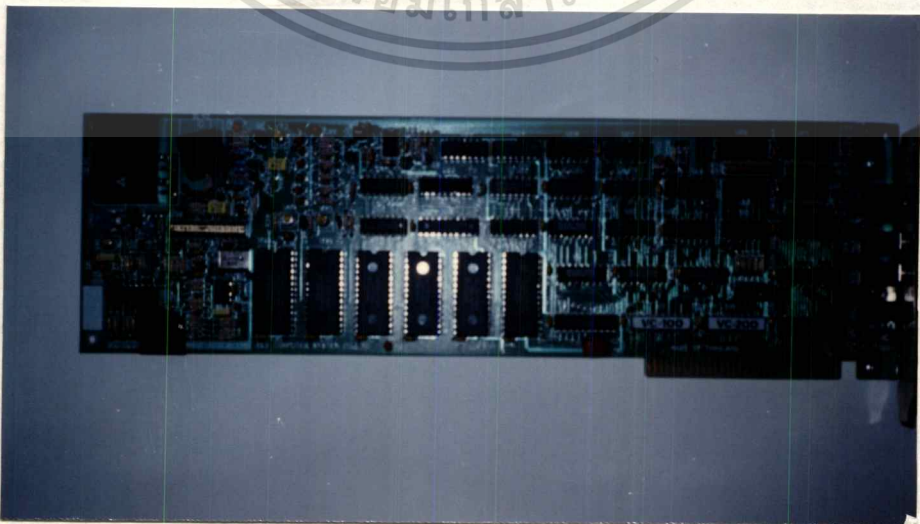


แสดงชุดระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)

การ์ดรับภาพ (DigiIMAGE Card)

เป็น การ์ดที่ใช้เสียบลงไปในสล็อตของเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อเปลี่ยน
สัญญาณภาพเป็นรหัสของข้อมูลภาพ ในที่นี้ใช้การ์ดรับภาพรุ่น DZ-II และมีการทำงานมีดังนี้

ภาพที่ 27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับแสดงการ์ดรับภาพ (DigiIMAGE Card) ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ดรับภาพ เป็นแผงวงจร DigiIMAGE รุ่น DZ-II ช่วยเสริมคอมพิวเตอร์ เช่น IBM PC/XT/AT/PS2 รุ่น 30 หรือเครื่องเทียบเท่า โดยจะช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถถ่ายภาพจากสัญญาณวิดีโอ เช่น สัญญาณจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดเก็บไว้สำหรับนำมาแสดงในภายหลังได้ ซึ่งแสดงภาพที่ถ่ายได้ดีเหมือนเดิม

1. คุณสมบัติของแผงวงจรรับภาพ DigiIMAGE

1.1. การรับภาพจากการ์ด

การรับข้อมูลภาพจากการ์ด DigiIMAGE จะติดต่อส่งงานโดยใช้การรับส่งข้อมูลจากพอร์ต(IN/OUT PORT)โดยการ์ด DigiIMAGE จะเตรียมแอดเดรสส์ของหน่วยความจำของการ์ดไว้ 16 เคไบต์ โดยหลังจากถ่ายภาพแล้ว เราสามารถที่จะทำการอ่านข้อมูลรูปภาพออกจากการ์ดโดยอ่านภาพครั้งละ 16 เคไบต์ ซึ่งจะต้องทำงานทั้งหมด 4 ครั้งสำหรับ 1 สี (64 เคไบต์) สำหรับภาพขาวดำ 64 ระดับเทา(gray level) ต้องอ่านจากทั้งหมด 4 page สำหรับ 1 ภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ในการอ่านภาพลายนิ้วมือจริง(สด) โดยใช้การ์ดรับภาพสำหรับการแสดงผลบนหน้าจอให้ผู้ที่ใช้สามารถเห็นภาพบนจอภาพได้ และการรับภาพขาวดำ 64 ระดับเทาจะทำการมาร์ค บิตที่ 0 และบิตที่ 1 ซึ่งไม่ได้ใช้งานให้มีค่าเป็น 0 และเก็บภาพลงสู่ไฟล์ในรูปแบบของบิตแมพ หรือส่งต่อไปยังขบวนการต่างๆเพื่อวิเคราะห์ผล แต่เนื่องจากแผงวงจร DigiIMAGE เป็นส่วนประกอบที่มีคุณสมบัติต่างๆและมีการทำงานดังนี้

1.1.1. แผงวงจร DigiIMAGE ภาพที่ 27

1.1.1.1. คุณสมบัติของแผงวงจร DigiIMAGE

ก. การถ่ายภาพ

1. บนแผงวงจรมีหน่วยความจำ สำหรับภาพขนาด 192 เคไบต์ คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับหน่วยความจำนี้ได้โดยตรง
2. วงจรถ่ายภาพ เป็นแบบ REAL TIME สำหรับภาพขาวดำ
3. สามารถดูภาพ LIFE TIME จากจอ VGA ขณะถ่าย(digitize)
4. ปรับแต่งภาพถ่าย สามารถควบคุมความสว่าง (brightness), ความชัดเจน(contrast) และ ความเข้มของสี (saturation) ได้จากซอฟต์แวร์
5. รับสัญญาณอินพุท แบบ COMPOSITE ขาวดำหรือสี(ระบบ PAL) เช่น สัญญาณจากกล้องถ่ายวิดีโอ

ข. ความละเอียดของภาพ

ความละเอียดของภาพขาวดำได้ถึง 256x256 จุดภาพ, 64 ระดับเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1.2 หลักการทำงานของแผงวงจร DigiIMAGE

ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญดังนี้ คือ

ก. หน่วยความจำสำหรับภาพอิมเมจ(RAM) 3 Bank Bank ละ 64

เคไบต์

ข. ส่วนแปลงสัญญาณวิดีโอจากอนาล็อกให้เป็นข้อมูลดิจิทัล

ค. ส่วนปรับ contrast,brightness,saturation

ง. ส่วนควบคุมการติดต่อกันระหว่างส่วนต่างๆ จากคอมพิวเตอร์

เมื่อดำเนินการถ่ายภาพ (ส่งจากซอฟต์แวร์หรือจากภาพขบวนการจริง) สัญญาณภาพจะนำไปเข้าส่วนวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลเลย ดังนั้นการเก็บข้อมูลภาพจึงอาจเก็บไว้ในหน่วยความจำเพียง Bank เดียวเท่านั้น ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับหน่วยความจำ(RAM) บนการ์ดได้ โดยการส่งผ่านพอร์ตควบคุมปกติหน่วยความจำภาพจะแยกออกจากระบบของไมโครคอมพิวเตอร์ ในการถ่ายภาพผู้ใช้สามารถเลือกติดต่อกับหน่วยความจำ Bank ใดก็ได้ เพื่อทำการเก็บข้อมูลภาพที่ ถ่ายนั้น ในทำนองเดียวกันการอ่านข้อมูลที่เก็บไว้แล้วมาใช้ จะต้องสั่งให้วงจรหยุดการถ่ายภาพเสียก่อน(freeze) จึงจะทำการอ่านข้อมูลได้ และเมื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเรียบร้อยแล้ว จึงสามารถสั่งให้หน่วยความจำนั้นกลับไปอยู่โหมดการถ่ายภาพเพื่อถ่ายภาพใหม่ได้อีก

2. การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์

แผงวงจร DigiIMAGE สามารถกำหนดตำแหน่งของพอร์ต และหน่วยความจำได้ โดยผู้ใช้ด้วยการตั้งตำแหน่งของ jumper J1 ตำแหน่งแอดเดรสที่เลือกไว้จะมีดังนี้

	a	b	c	d	e	
Jumper J1	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสของพอร์ทเลือกที่ jumper a,b		แอดเดรสของหน่วยความจำเลือกที่ jumper c,d,e		
I/O Address	a b	Memory Address	c	d e
210-21Fh	0 0	C400-C3FFh	0	0 0
2A0-2aFh	0 1	C800-CBFFh	0	0 1
310-31Fh	1 0	CC00-CFFFh	0	1 0
3A0-3AFh	1 1	D000-D3FFh	0	1 1
		D800-DBFFh	1	0 0
		DC00-DFFFh	1	0 1
		E000-E3FFh	1	1 0
		Not select	1	1 1

หมายเหตุ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดแฉวงจร DigiIMAGE ติดตั้งแอดเดรสของพอร์ทไว้ที่ 210H โดยที่ตำแหน่งของ jumper J1 ตรง 0,0 และแอดเดรสของหน่วยความจำไว้ที่ D000H ของ jumper J1 ตรง 0,1,1

แฉวงจร DigiIMAGE จะถูกติดตั้งแอดเดรสของพอร์ทไว้ที่ 210H และแอดเดรสของหน่วยความจำไว้ที่ D000H หากต้องการเลือกแอดเดรสของพอร์ทไว้ที่ตำแหน่งอื่นให้เลือกตำแหน่งของ jumper J1 ตรง a,b หากต้องการเลือกแอดเดรสของหน่วยความจำใหม่ก็ให้เลือกตำแหน่งของ jumper J1 ตรง c,d,e ผู้ใช้สามารถทำการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยตัวเองได้ โดยการเสียบแฉวงจร DigiIMAGE ลงในช่องขยาย (Expansion Slot) ช่องใดช่องหนึ่งของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ทั้งระบบ PC,XT,AT หรือ AT386 ประกอบด้วยแฉจอภาพ (ภาษาไทย 25 บรรทัด, Mono, HGC, CGA, EGA, VGA) แฉควบคุมคิสต์ไครฟ์,ฮาร์ดคิสต์และแฉวงจร Muti I/O (หรือ Multi Function) จะสามารถติดตั้งแฉวงจร DigiIMAGE ลงไปได้ทันที

หากเครื่องคอมพิวเตอร์มีแฉวงจรอื่นนอกจากที่กล่าวมาแล้วติดตั้งอยู่เช่นแฉวงจร LAN, แฉวงจรสแกนเนอร์,แฉวงจร EMS (สำหรับเครื่อง AT บางรุ่น) หากแอดเดรสของพอร์ทหรือหน่วยความจำของวงจรพิเศษเหล่านี้ถูกเลือกไว้ตรงกับแฉวงจร DigiIMAGE ควรจะเลือก jump ไปที่ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ทพร้อมหน่วยความจำใหม่ตามวิธีข้างบนนี้

ส่วนตำแหน่ง jumper ที่ J2 และ J3 ใช้สำหรับการเลือกสัญญาณจากอินพุต เพื่อให้เหมาะสมกับแฉวงจร DigiIMAGE ความหมายและตำแหน่งที่เลือกมีดังนี้

	1	2	3
J2	0	0	0
J3	0	0	0

J2 เชื่อมระหว่างและตั้งไว้ที่ตำแหน่งนี้

1,2 = เลือกใช้กับกล้องที่ให้สัญญาณออกมาเป็น ขาว/ดำ

2,3 = เลือกใช้กับกล้องที่ให้สัญญาณออกมาเป็นสี

J3 เชื่อมระหว่างและตั้งไว้ที่ตำแหน่งนี้

1,2 = สำหรับสัญญาณวิดีโอที่ต้องการ INPUT IMPEDANCE สูง

2,3 = สำหรับสัญญาณวิดีโอที่ต้องการ INPUT IMPEDANCE 75 โอห์ม

หมายเหตุ งานวิจัยนี้ได้ตั้งตำแหน่ง jumper J2 ไว้ที่ 1,2 และ J3 ไว้ที่ 1,2

เมื่อทำการติดตั้งแผงวงจร DigiIMAGE ลงไปในเครื่องเรียบร้อยแล้ว นำสัญญาณวิดีโอไปอินเข้า VDO-IN จากนั้นใช้โปรแกรม Digitize now นำสัญญาณภาพวิดีโอไปแสดงบนจอ VGA ตามขั้นตอนต่อไป

3. การติดต่อกับการ์ด DigiIMAGE

บนแผงวงจร DigiIMAGE มีเอาต์พุตพอร์ต อยู่ 4 พอร์ต, อินพุตพอร์ตอยู่ 2 พอร์ต ซึ่งมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

เอาต์พุตพอร์ต 4 พอร์ต มีดังนี้

3.1. CtrlPort เป็น พอร์ตคำสั่งในการถ่ายภาพ รวมทั้งการเลือก BANK,PAGE ของหน่วยความจำและสิ่งที่ต้องการถ่าย คือ ตำแหน่งของพอร์ตนี้อยู่ที่ 210h, 2a0h, 310h, 3a0h ตามการตั้งตำแหน่งของ jumper ความหมายของพอร์ตนี มีดังนี้

d7 เป็นคำสั่งในการถ่ายภาพหรือหยุดภาพ

0 = ตั้งให้หยุด digitize

1 = ตั้งให้ digitize

d6 สัญญาณนี้คือออกไปที่ช่อง J-out สามารถนำไปควบคุมอะไรก็ได้ รัศับของสัญญาณจะเหมือนกับสัญญาณที่ออกมาจาก IC TTL

d5,d4 เลือกให้สัญญาณที่ต้องการถ่ายไปเข้าวงจรนาฬิกาแปลงเป็นดิจิตอล

00 = เลือกถ่ายสี Y (สัญญาณขาวดำ)

d3,d2 เลือกหน่วยความจำ BANK ต้องการเก็บภาพที่ถูกแปลงเป็นดิจิทัล หรือเลือกหน่วยความจำ BANK ที่ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล คือ

00 = เลือก RAM BANK 0

d1,d0 เลือก PAGE ของหน่วยความจำที่ต้องการอ่านหรือเขียน โดยใน หน่วยความจำแต่ละ BANK จะติดต่อกับ CPU เป็น PAGE ซึ่งมี BANK ละ 4 PAGE แต่ละ PAGE มีหน่วยความจำอยู่ 16 เคไบต์ โดยใช้

00 = เลือก RAM PAGE 0

3.2. RefhPort : มีตำแหน่งอยู่ที่ CtrlPort+1 เป็นค่าของ referent+ สำหรับควบคุมการทำงานของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล

d5-d0 = ค่าตั้งแต่ 0-63

3.3. ReflPort : มีตำแหน่งอยู่ที่ CtrlPort+2 เป็นค่าของ referent- สำหรับควบคุมการทำงานของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล

d5-d0 = ค่าตั้งแต่ 0-63

3.4. SatPort : มีตำแหน่งอยู่ที่ CtrlPort+3 เป็นค่าของ Saturation สำหรับควบคุมการทำงานของวงจรมัลติ

d5-d0 = ค่าตั้งแต่ 0-63

อินพุตพอร์ต 2 พอร์ต มีดังนี้

1. StatPort : มีตำแหน่งอยู่ที่ CtrlPort เป็นพอร์ตอ่านสัญญาณที่ใช้ในการตรวจสอบ เมื่อจะถ่ายภาพรวมทั้งอ่านข้อมูลของ CtrlPort บางอย่างกลับมาด้วย

d7 อ่านมาจาก D7 ของ CtrlPort

d6 ตรวจสอบสัญญาณจากช่อง J-IN เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมต่างๆ ผู้ใช้สามารถต่อไปใช้งานได้สัญญาณที่ต้องการ ต้องมีระดับแรงดันเท่ากับที่อินพุตของ IC TTL ต้องการ ปกติจะถูกดึงขึ้นไฟบวก 5 โวลต์ ด้วยค่าความต้านทาน 4.7 เคโอห์ม

d5 ตรวจสอบสัญญาณการถ่ายภาพ digi_stat (เป็น PULSE)

d4 ตรวจสอบสัญญาณ Hor.sync (เป็น PULSE)

d3-d0 อ่านมาจาก d3-d0 ของ CtrlPort

2. SWPort : มีตำแหน่งของพอร์ตอยู่ที่ CtrlPort+1 เป็นพอร์ตที่ใช้อ่านตำแหน่งของ jumper J1 ตัว c,d,e ที่ได้ตั้งไว้ พอร์ตนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ จะต้องอ่านอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะได้ข้อมูลที่ผิดแต่ครั้งต่อไปจะถูกต้อง

d3,d2,d1 อ่านจากตำแหน่งของ jumper J1 ตรง c,d,e ตามลำดับ (ดูการติดตั้งจากระบบฮาร์ดแวร์)

d0 มีค่าเป็น 0 (สำหรับตรวจสอบว่าเป็นวงจรดี)

4. ตัวอย่าง การติดต่อกับ DigiIMAGE

สั่งให้ DigiIMAGE ถ่ายภาพ(digitize)

out CtrlPort+2,(63-brightness);Ref-

out Ctrlport+1,(reference)+((63-reference-)*(63-contrast))/63;Ref+

out CtrlPort+3,Saturation

out CtrlPort,80h ; ถ่ายสี Y ลง RAM BANK 0

out CtrlPort,0 ; หยุดการถ่าย (freeze)

สั่งให้ติดหน่วยความจำ BANK 0 ของ DigiIMAGE

out CtrlPort,00 ; PAGE 0

out CtrlPort,01 ; PAGE 1

out CtrlPort,02 ; PAGE 2

out CtrlPort,03 ; PAGE 3

5. ขั้นตอนการควบคุม DigiIMAGE

5.1. ก่อนที่เราจะส่งถ่ายภาพ เราจะต้องส่งคำสั่งออกไปทาง RefhPort, ReflPort และ SatPort ก่อนเพื่อกำหนดสถานะของการทำงานของวงจรถ่ายภาพ โดย RefhPort และ ReflPort คือ จำนวนมาจาก Contrast และ Brightness ที่กำหนดไว้ก่อน ส่วน SatPort คือ ค่า Saturation ของภาพ ปกติควรให้ค่าของ Contrast = 32 , Brightness = 50 , Saturation = 32

5.2. ตรวจสอบสัญญาณ Hor-Sync (ที่บิต d4 ของ StatPort) รอจนกว่าจะเป็นขอบขาขึ้น (จาก 0 ไป 1) สั่ง digitize โดยการส่งคำสั่งออก CtrlPort ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งในการถ่าย, เลือกสัญญาณที่ต้องการถ่ายไปเข้าวงจรอนาล็อกเป็นดิจิทัล และเลือกหน่วยความจำ BANK ที่ต้องการ

5.3. ตรวจสอบสัญญาณ digi_stat (ที่บิต d5 ของ StatPort) จะต้องมี PULSE(1) ภายในไม่เกิน 20 ms แล้วรอสัญญาณนี้จนตกเป็น 0 หมายถึงถ่ายภาพครบ 1 frame

5.4. หากต้องการสั่งให้หยุด digitize (freeze) ให้ส่งคำสั่งหยุดภาพออก

CtrlPort (บิต d7 เป็น 0)

5.5. เมื่อต้องการอ่านข้อมูลที่อยู่บนหน่วยความจำของการ์ด DigiIMAGE ลงมายังหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ เราสามารถอ่านได้ครั้งละ 16 ไบต์ หรือ เท่ากับ 1 PAGE และส่งคำสั่งออก CtrlPort เพื่อทำการเลือก BANK และ PAGE ที่ต้องการอ่าน

6. ขั้นตอนต่างๆสามารถเขียนเป็นกระบวนการความ

6.1. ตรวจสอบสัญญาณของการ์ดและสแกนหา Address ของ CtrlPort

เป็นการตรวจหาพอร์ตทั้ง 4 ตำแหน่ง คือ 210h, 2a0h, 310h และ 3a0h โดยการตรวจสอบสัญญาณที่บ่งบอกว่าเป็นการ์ด DigiIMAGE สัญญาณที่ตรวจจะอยู่ที่พอร์ตห่างออกไป 8001h เช่น 210h จะตรวจที่ 8211h เป็นต้น

```
PROCEDURE Chk_ID_Card
```

```
PortBase [ARRAY 1 TO 4] = 210h,2a0h,310h,3a0h
```

```
Index = 1
```

```
FOR Count = 1 TO 4 DO
```

```
CtrlPort = PortBase[Index]
```

```
SWPort = CtrlPort + 1
```

```
ChkPort = CtrlPort OR 8001h
```

```
IN PORT SWPort TO Chk1 (Skip first byte)
```

```
IN PORT SWPort TO Chk1
```

```
Chk1 = ((Chk1 XOR 0fh) AND 0fh)
```

```
Chk2 = Chk1
```

```
FOR Time = 0 TO 200 DO
```

```
IN PORT ChkPort TO Chk1
```

```
Chk1 = ((Chk1 XOR 0fh) AND 0fh)
```

```
IF (Chk1 <> Chk2)
```

```
GOTO NextBase
```

```
END IF
```

```
Chk2 = ((Chk2 XOR 0fh) AND 0fh)
```

```
END FOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

EXIT (with CtrlPort)

NextBase:

Index = Index+1

END FOR

PRINT "Card DigiIMAGE Not Found !!"

END PROCEDURE

```

6.2. การตรวจสอบสัญญาณ Digi_Stat (ที่บิต d5 ของ StatPort)

จะต้องตรวจสอบหลังจาก ส่งคำสั่งถ่ายภาพออกไปแล้ว ซึ่งเมื่อออกจาก PROCEDURE นี้แล้วจะหมายถึงถ่ายภาพได้ครบ 1 เฟรม แต่ถ้าสัญญาณ Digi_Stat ไม่เคยเป็น 1 เลย ภายในช่วงเวลาที่กำหนด แสดงว่าไม่มีสัญญาณวิดีโอส่งมาที่การ์ด

```

PROCEDURE Chk_Digi_Stat
FOR Pulse = 1 DOWN TO 0
  Time = 0
  Time_Out = 4000
  WHILE digi_stat <> Pulse
    Time = Time+1
    IF (Time>Time_Out)
      PRINT "VIDEO Signal Not Found."
      EXIT
    END IF
  END WHILE
END FOR
END PROCEDURE

```

6.3. การส่งถ่ายภาพ เรากลึงเฉพาะ PROCEDURE Digitize_B&W

เป็นการถ่ายภาพขาว-ดำ ขนาด 256x256 จุด ลงหน่วยความจำ BANK 0 เพียง BANK เดียว จะเห็นว่าขั้นตอนในการส่งถ่ายแต่ละครั้ง ต้องทำการตรวจสอบสัญญาณ Digi_Stat เสมอ เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าภาพที่กำลังถ่ายอยู่นั้นถ่ายครบเฟรมหรือยัง เมื่อ

กระบวนการถ่ายเสร็จสิ้นจึงสั่งให้หยุดถ่าย เป็นการถ่ายครบ 1 ภาพ และเมื่อต้องการถ่ายภาพต่อไปให้กระทำดังนี้

```
PROCEDURE Digitize_B&W
DigiCom_Y = 80h (10000000 b)
DigiComStop = 0 (00000000 b)
OUT CtrlPort,DigiCom_Y
CALL Chk_Digi_Stat
OUT CtrlPort,DigiComStop
END PROCEDURE
```

6.4. การปรับค่าของ Contrast, Brightness และ Saturation สามารถเปลี่ยนค่านี้ได้ตั้งแต่ 0-63 ระดับ และค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง เรา ทำตามกระบวนการขั้นตอนกระบวนการความนี้

```
PROCEDURE Con_Bri_Sat_Level
Contrast = 32 (Vary from 0 to 63)
Brightness = 50 (Vary from 0 to 63)
Saturation = 32 (Vary from 0 to 63)
Reference_ = 63-Brightness
RefhPort = CtrlPort+1
RefiPort = CtrlPort+2
SatPort = CtrlPort+3
OUT RefiPort,Reference_
OUT RefhPort,Reference_+[[63-Reference_-]*[63-Contrast]]/63
OUT SatPort,Saturation
END PROCEDURE
```

6.5. การอ่านตำแหน่ง Address ของหน่วยความจำบนการ์ด DigiIMAGE ทำได้ โดยการอ่านค่าของ J1 จาก SWPort แล้วจึงเปิดตารางหาตำแหน่งของแอดเดรส

```
PROCEDURE Read_Address
```

```
SWPort = CtrlPort+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IN SWPort TO ChkSW (LATCH DATA)

IN SWPort TO ChkSW (GET DATA)

ChkSW = Shk AND 0eh (00001110 b)

CASE ChkSW DO

0 : CardSeg = C400h

2 : CardSeg = C800h

4 : CardSeg = CC00h

6 : CardSeg = D000h

8 : CardSeg = D800h

10 : CardSeg = DC00h

12 : CardSeg = E000h

14 : CardSeg = NULL

END CASE

END PROCEDURE

6.6. การติดต่อกับหน่วยความจำของ DigiIMAGE

สำหรับ PROCEDURE Read_Y จะอ่านค่าจากหน่วยความจำ BANK 0 ที่เก็บข้อมูลของภาพขาว-ดำไว้เพียง BANK เดียว เพื่อนำหน่วยความจำของระบบที่จองไว้ 64 เคไบต์ ส่วน PROCEDURE Read_RAM_Bank เป็นโปรแกรมย่อยเพื่อเรียกใช้ โดยจะต้องส่งพารามิเตอร์ RamBank และ BufSeg ไปให้

PROCEDURE Read_Y

Bank0_Y = 0 (00000000 b)

BufSeg_Y = 64 Kbyte ALLOCATE MEMORYIS

CALL Read_RAM_Bank WITH Bank0_Y, BufSeg_Y

END PROCEDURE

โปรแกรมย่อยสำหรับอ่านหน่วยความจำจากการคลงหน่วยความจำของระบบ

PROCEDURE Read_RAM_Bank <RamBank, BufSeg>

(CardSeg from PROCEDURE Read_Address)

CardOffs = 0

BufOffs = 0

FOR Count = 1 TO 4

OUT CtrlPort,RamBank

MOVE DATA FROM CardSeg:CardOffs TO BufSeg:BufOffs

LENGTH 16 Kbyte

RamBank = RamBank+1 (to next page)

BufOffs = BufOffs+16K

END FOR

END PROCEDURE

7. ลักษณะของข้อมูลภาพ

ภาพขาว-ดำที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำขนาด 256x256 จุด โดยใช้จำนวนบิตทั้งหมด 6 บิตบน คือ ตั้งแต่บิต 2 ถึงบิต 7 แบ่งระดับเทาเป็น 0-63 ระดับ และแต่ละจุดจะต้องใช้เนื้อที่ขนาด 1 ไบต์ เรียงกันไปในหน่วยความจำขนาด 64 ไบต์ของ BANK 0 โดยข้อมูลภาพจุดแรกจะอยู่ในหน่วยความจำแอดเดรสแรกคือ 0 ข้อมูลภาพจุดถัดมา(ตามแนวนอน)จะอยู่ที่แอดเดรส 1 เรียงกันไปจนจบข้อมูลภาพจะมีแอดเดรสเป็น 65535 หรือ OFFFFH

โดยปกติข้อมูลบิต 0 และ 1 ของทุกๆไบต์ที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำจะเป็นตัวบอกว่าคุณภาพนี้เป็นสีอะไร คือ

D1 D0

0 0 = ข้อมูลจากสัญญาณ Y

วงจรรายนอกพร้อม 8255 I/O Card

เป็นส่วนของวงจรถ่ายให้การทำงานหลายนิ้วมีอัตโนมัติเป็นไปด้วยดี มีหลักการในการทำงานควบคู่ไปกับ 8255 โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่รับและส่งสัญญาณข้อมูลไปยังส่วนต่างๆ ซึ่งมีอินพุตเข้ามาหนึ่งและส่งสัญญาณออกไปสาม พร้อมทั้งมีการติดต่อรับภาพโดยการ์ดรับภาพและส่งข้อมูลไปมาระหว่าง 8255 I/O Card กับ CPU โดยอธิบายการทำงานพร้อมรูปดังนี้

1. หลักการทำงาน

1.1. เมื่อมีการกดเป็นสวิตช์ 4 ตัว สัญญาณผ่าน NAND GATE (74LS20) ออกที่ (1) เป็นลอจิก "1" และสัญญาณเข้า Monostable(74LS123) เพื่อเป็นสัญญาณในการสร้าง clock ป้อนให้กับ D/FF (74LS74) จึงมีสัญญาณออกที่ (2)

1.2. สัญญาณเข้า clock ของ D/FF(74LS74) เพื่อรับรู้การกดจริงทำให้มีสัญญาณออกที่ (3) เป็นลอจิก "1" ให้สัญญาณแยกออกไป 2 ทางคือ

1.2.1. เข้า AND GATE (74LS08) เพื่อตรวจสอบการกดสวิตช์ที่ออกเป็นลอจิก "1" LED สว่างแสดงว่ามีการกดสวิตช์และใช้ตรวจสอบความผิดพลาดของวงจรที่ (4)

1.2.2. สัญญาณแยกเข้าการ์ด 8255 (8255 I/O Card) ที่ PC3 โดยติดต่อกับ CPU เพื่อใช้เป็นสัญญาณในการควบคุมการรับภาพจากการ์ดรับภาพ (DigiIMAGE Card) มาวิเคราะห์ประมวลผลภาพต่อไป

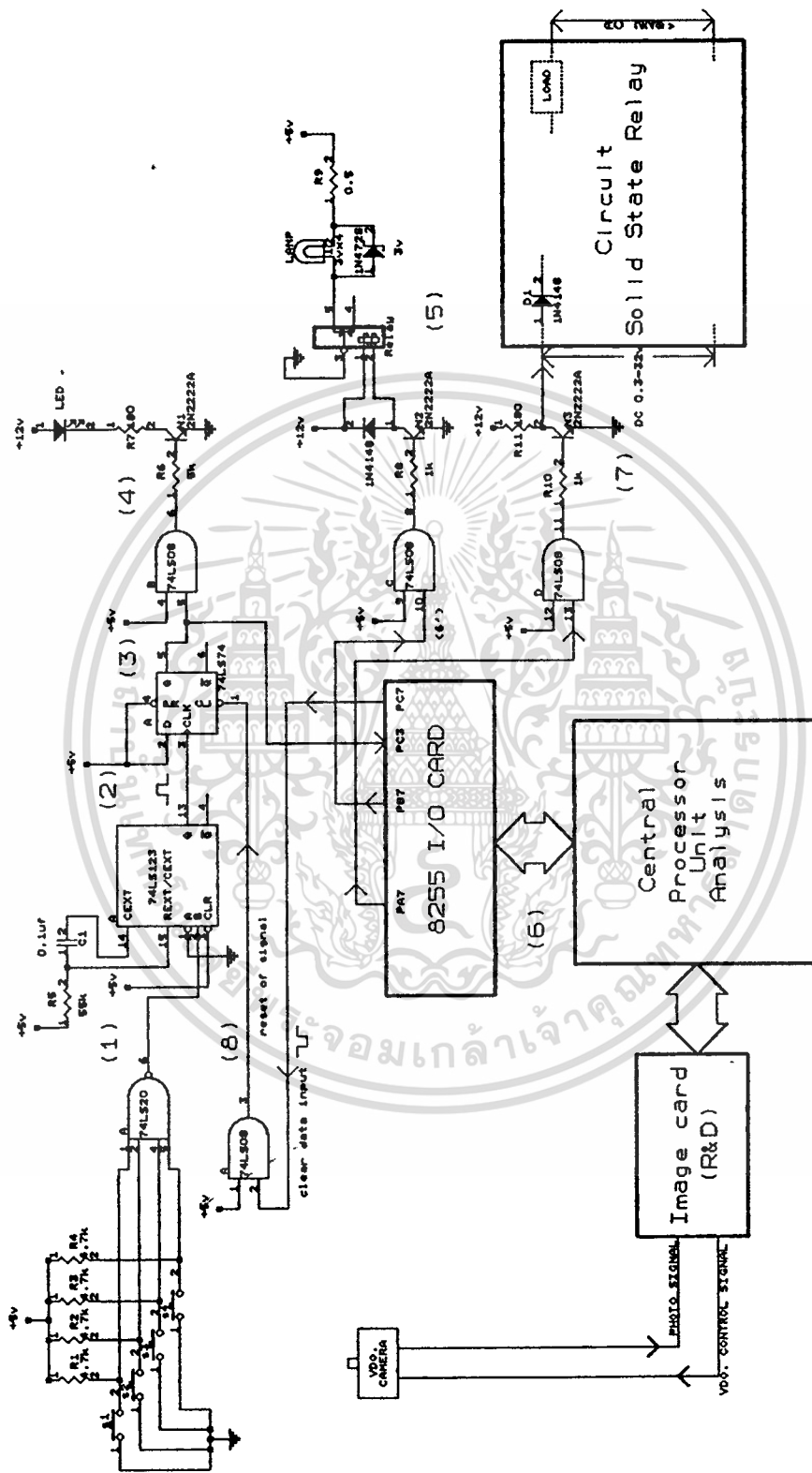
1.3. สัญญาณเอาต์พุตจะออกจาก 8255 ใต้ต้องขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่นำมาควบคุมการทำงานของ CPU ซึ่งจะประมวลผลภาพ, คำนวณและออกคำสั่งผ่าน 8255 จะทำพร้อมทั้งกับกล้องวิดีโอ เมื่อถ่ายภาพเข้ามาด้วยการ์ดรับภาพ โดยโปรแกรมการรับภาพ ส่วนการทำงานของชุด 8255 I/O Card มีสัญญาณออก 3 ทาง พร้อมทั้งการส่งสัญญาณติดต่อที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกันดังนี้คือ

1.3.1. สัญญาณออก PB7 จะทำให้สัญญาณทริกลงเพื่อไปควบคุมการเปิด/ปิดของหลอดไฟสว่าง(3vx4) โดยสัญญาณเข้า AND GATE (74LS08) จะใ้เอาต์พุตผ่านทรานซิสเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆที่ (5)

1.3.2. สัญญาณออกที่(๑) โดยส่งผ่านเข้าการ์ดรับภาพจากกล้องวิดีโอเป็นสัญญาณส่งกลับมาที่การ์ดรับภาพอีกที แล้วถูกส่งเข้าสู่ส่วนวิเคราะห์เพื่อประมวลผลภาพและการตัดสินใจว่าใช่ลายนิ้วมือที่ต้องการหรือไม่ เพื่อเป็นสัญญาณส่งออกจาก PA7 ผ่าน AND GATE (74LS08) เข้าไปภายในวงจรโซลิตสเตรียที่ (7) ใช้ในการควบคุมการทำงานของหลอดไฟหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในกรณีที่ไม่ใช่ลายนิ้วมือที่ต้องการโปรแกรมจะไปเริ่มต้นรอการกดเพื่อรับภาพใหม่

1.3.3. สัญญาณออกที่ PC7 ให้ลอจิก "0" เข้า AND GATE (74LS08) ค้างนั้นเอาต์พุตจึงเป็นลอจิก "0" ที่(8)เพื่อ clear D/FF(74LS74) หลังจากนั้นต้องส่งสัญญาณเป็นลอจิก "1" อีกครั้งเพื่อส่งเป็นสัญญาณให้ D/FF (74LS74) เริ่มต้นทำงานใหม่อีกครั้ง

ภาพที่ 28



แสดงวงจรภายนอกติดต่อกับการ์ดต่าง ๆ และ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

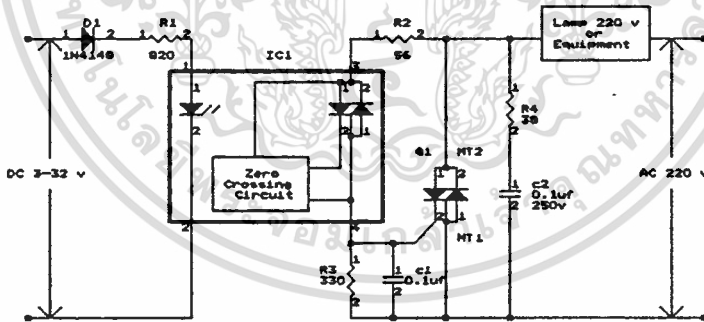
กำหนดหลอดไฟ 4 หลอดให้สว่าง เมื่อสัญญาณผ่านรีเลย์ให้โลจิก "1" ไฟสว่าง และโลจิก "0" ไฟดับ และในขณะเดียวกัน เมื่อมีสัญญาณผ่านวงจรโซลิตสแคทรีเลย์ให้โลจิก "1" ไฟสว่าง (หลอดไฟ 220v) หรืออุปกรณ์ทำงานและโลจิก "0" ไฟดับ(หลอดไฟ 220 v)หรืออุปกรณ์ไม่ทำงาน

2. การทำงานและข้อดีของวงจรโซลิตสแคทรีเลย์

2.1. การทำงานของวงจรรีเลย์

จากภาพที่ 29 ในส่วนแรกจะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของโซลิตสแคทรีเลย์โดยใช้แรงดันไฟต่ำเป็นตัวคอนโทรลตัวเชื่อมโยงทางแสง (Opto coupler) แบบ LED กับไดรแอกทางด้าน LED จะมี R_1 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน LED ไม่ให้เกินค่าสูงสุดซึ่งมีค่าประมาณ 50 มิลลิแอมป์ ส่วน D_1 เป็นตัวป้องกันการเสียหายของตัวเชื่อมโยงจากการป้อนแรงดันควบคุมกลับซ้ำ

ภาพที่ 29



แสดงวงจรโซลิตสแคทรีเลย์

ภายในตัวเชื่อมโยงทางแรงดันนี้ จะมีวงจรตรวจจับแรงศูนย์เมื่อเราป้อนแรงดันควบคุมเข้าไป R_1 จะควบคุมให้กระแสไหลผ่าน LED ภายใน IC_1 ให้มีค่าระหว่าง 3-40 มิลลิแอมป์ LED ที่อยู่ภายใน IC_1 จะทำให้ไฟในไฟโตไดรแอกภายในนำกระแส แต่ไฟโตไดรแอกจะนำกระแสเมื่อแรงดันในสายมีค่าเริ่มจากศูนย์เพิ่มขึ้นทางบวกหรือทางลบ เมื่อไฟไฟโตไดรแอกนำกระแสก็จะไปทริกขาเกตของไดรแอก Q_1 ทำงานที่จุดนี้ทุกครั้ง ส่วน R_2 และ R_3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นตัวแบ่งกระแสที่ไหลผ่านเกทของไครแอคไม่ให้สูงเกินไป C_1 เป็นป้องกันการทำงานผิดพลาด จากสัญญาณรบกวนจากภายนอก R_4 และ R_2 เป็นตัวป้องกันทรานเซียนต์จากการเพิ่มแรงดันของโหลดอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ไครแอคเสียหายได้ นอกจากนี้ C_2 ยังเป็นตัวลดสัญญาณรบกวนกระแสแรงดันกระชากในสายไฟด้วย R_4 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ผ่าน C_2

2.2. ข้อดีของโซลิตสเทรีเลย์

วงจรนี้มีข้อดีมากกว่ารีเลย์แบบกลไกเช่น จะไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวขณะทำงานและไม่เกิดเสียงดัง, ไม่เกิดประกายไฟฟ้าขณะใช้งานติดต่อดังวงจรไฟฟ้าอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าสามารถนำไปใช้งานต่ออินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง และที่พิเศษต่างจากรีเลย์แบบกลไกก็คือมีวงจรตรวจจับแรงดันศูนย์อยู่ภายใน เพื่อช่วยในการกำหนดจุดป้อนกระแสเกทของไครแอคให้นำกระแสที่แรงดันศูนย์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณรบกวนเข้าไปในสายไฟที่ใช้ในบ้านได้

สรุปชุดการใช้อุปกรณ์ของระบบ AFVS

ผลจากการนำเอาอุปกรณ์มาช่วยในงานวิจัยนี้ มีส่วนให้งานประสบผลสำเร็จลงได้ และเป็นต้นแบบในการนำไปใช้ต่อไป สำหรับอุปกรณ์ทั้งหมดนี้มีทั้งอุปกรณ์ที่ซื้อมา, บางอย่างออกแบบสร้างขึ้นมาแล้วประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งอาจไม่ตีเท่ากับอุปกรณ์สำเร็จรูปตามท้องตลาดแต่ก็สามารถใช้งานกว้างซึ่งไม่ได้ใช้งานเฉพาะอย่าง โดยจะมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังนี้

ก. ข้อดี

1. สามารถใช้กล้องวิดีโอถ่ายภาพเข้ามาวิเคราะห์ได้ ถึงแม้จะมีความละเอียดไม่มากนัก
2. กล้องไม้ที่ใช้ติดตั้งกล้องวิดีโอ สามารถใช้ถ่ายภาพที่เป็นลายนิ้วมือจริง (สด) และลายนิ้วมือที่เป็นหมึกพิมพ์รวมทั้งภาพอื่น ๆ ได้ โดยขนาดภาพต้องไม่เกิน 2"
3. กล้องวิดีโอ, วงจรภายนอก, การ์ด 8255 และการ์ดรับภาพ สามารถนำไปใช้กับ งานวิจัยอื่น ๆ ได้
4. ระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ(AFVS)นี้ สามารถเป็นต้นแบบที่จะพัฒนาต่อไป และราคาจะถูกกว่าซื้อสำเร็จรูปจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงกว่า ทั้งที่ความสามารถไม่ต่างกันมากนักเพราะระบบต้นแบบนี้ไม่มีการตรวจเช็คด้วยรหัสอีกที แต่ห้องทดลองนั้นมีรหัสตรวจเช็ค

ข.. ข้อเสีย

สำเร็จรูป

1. ชุดอุปกรณ์ไม่กระชับครีมีขนาดใหญ่ การนำไปสาธิตยุ่งยากกว่าของ
2. ข้อมูลภาพที่ปรากฏหน้าจอไม่ชัดเจนหรือคมชัดเท่าที่องตลาด
3. ชุดระบบ(AFVS)นี้ใช้งานได้มาก แต่ความผิดพลาดก็มีมากด้วย



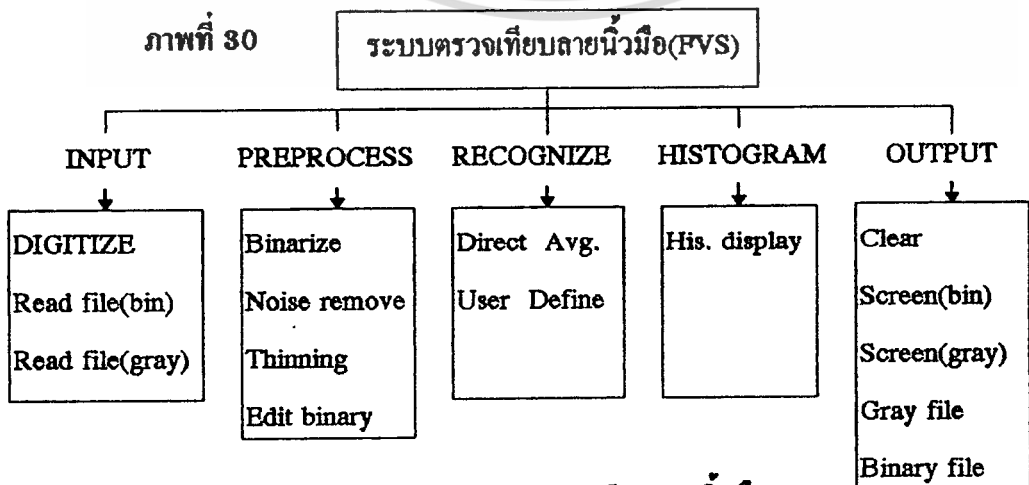
บทที่ 4

การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยฮิสโตแกรม

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์งานทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล[15] กับภาพถ่ายนิ้วมือ เพื่อพัฒนาอัลกอริทึม โดยวิเคราะห์โครงสร้างลายเส้นบนลายนิ้วมือที่มีการหักเหอย่างอิสระ จากการถ่ายภาพนิ้วมือจริง โดยใช้กล้องวีดีโอ, อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ถ่ายภาพเข้ามา 64 ระดับ แล้วแปลงเป็นภาพไบนารีแล้วปรับภาพจนชัดเจนโดยใช้เทคนิคต่างๆทำให้ดีขึ้น เก็บไว้ในฐานข้อมูลย่อยเพื่อใช้วิเคราะห์ทดสอบต่อไป ต่อมาคำนวณลักษณะของลายนิ้วมือแต่ละกลุ่มทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i , ตามแกน y_i และทิศทางเฉลี่ยรวม m_i เพื่อดูความแตกต่างและแยกแยะชนิดของลายนิ้วมือ แล้วสร้างฮิสโตแกรมซึ่งเป็นกราฟแผนภูมิแท่ง แสดงความสัมพันธ์ของแกนความถี่กับแกนระดับเทาของภาพ ซึ่งได้แสดงค่าสูงสุด (f_{max}) และเก็บลงไฟล์ข้อมูล ต่อมาสร้างกราฟฮิสโตแกรมทิศทาง 4 ทิศทาง เป็นข้อมูลทิศทางจากภาพระดับเทาโดยตรงไม่ประมวลผลภาพเบื้องต้น จากการพิจารณาค่าแห่งจุดที่มีความแตกต่างน้อยที่สุดของระดับเทาและเก็บทิศทางรวมของ 0,1,2 และ 3 ลงไฟล์ข้อมูลเพื่อเก็บไว้ตรวจสอบ [3], [4]

ขั้นตอนในการทำงานของระบบทั้งหมด

การทำงานของระบบได้กำหนดเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย INPUT, PREPROCESS RECOGNIZE, HISTOGRAM และ OUTPUT ซึ่งระบบย่อยมีการทำงาน ดังนี้



แสดงแผนผังระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 30 เป็นผังเมนูโปรแกรมที่ได้วางเอาไว้ เพื่อใช้ทดสอบดูซึ่งยังไม่นำมาใช้งานจริง ถ้าใช้แนวทางนี้จะใช้ได้หรือไม่และเหมาะกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือหรือไม่ ดังนั้นจะต้องเข้าใจวิธีการใช้ผังเมนูนี้ โดยอธิบายอย่างย่อดังนี้

1. INPUT

1.1. DIGITIZE เป็นการถ่ายภาพจากกล้องวิดีโอ โดยจะต้องกำหนดตัวเลขเทอร์สโตนัลด์ทุกครั้งที่มีการถ่ายเข้ามา อันเนื่องมาจากความเข้มของแสงที่ส่องไปบนพื้นที่ภาพ ซึ่งถ้ากำหนดได้ก็ภาพที่ออกมาก็จะดีตาม

1.2. Read file (bin) เป็นการเรียกไฟล์ที่แปลงเป็นไบนารีแล้ว และเรียกออกมาดูว่าเก็บไว้ถูกต้องหรือไม่

1.3. Read file (gray) เป็นฟังก์ชันเรียกข้อมูลภาพที่เก็บไว้ มาวิเคราะห์ประมวลผลภาพ(Image Preprocess) เมื่อเรียกชื่อฟังก์ชันเข้ามาจะปรากฏภาพบนจอมุมบนด้านซ้าย ขนาด 256x256 จุดภาพ

2. PREPROCESS

เป็นส่วนประมวลผลเบื้องต้นเมื่อถ่ายภาพลายนิ้วมือเข้ามา แล้วทำการปรับปรุงภาพ[4], [19] เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้ในระบบ AFVS โดยทำตามแผนภาพขั้นตอนในรูปที่ 4.2 และจะสามารถอธิบายได้ดังนี้

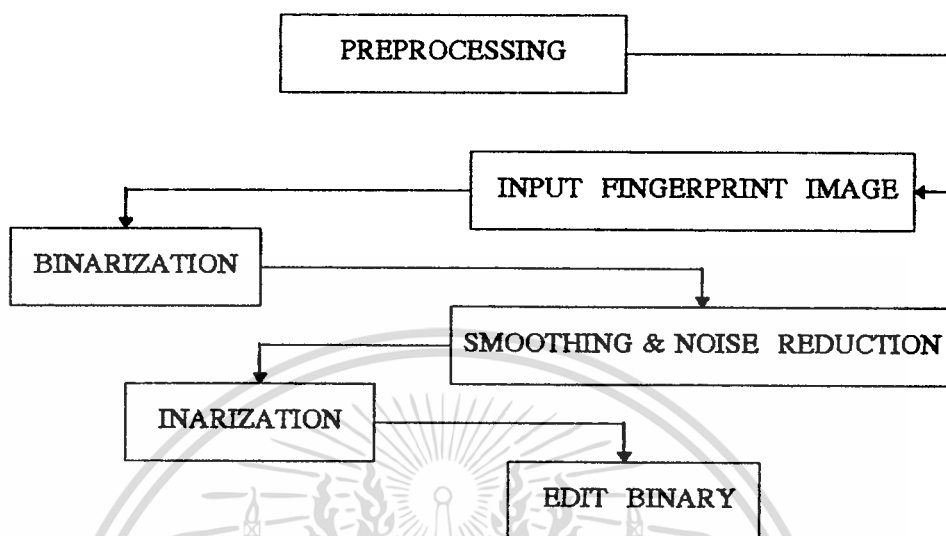
2.1. Binarization เป็นการแปลงข้อมูลภาพจากภาพระดับเทาให้เป็นภาพ 2 ระดับ คือ ระดับขาวกับดำ หรือ 1 กับ 0

2.2. Noise remove เป็นการขจัดส่วนที่รบกวนออกไป

2.3. Thinning เป็นการทำให้เส้นลายนิ้วมือที่หนาให้เส้นบางลง

2.4. Edit binary เป็นการลบกรอบและข้อมูลส่วนเกินออกให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นข้อมูลจริงซึ่งเป็นข้อมูลไบนารี และแก้ไขบางส่วนโดยใช้เมาส์ในการวาดลายเส้น (ปุ่มแรก),ลบลายเส้น (ปุ่มที่ 2) และออกจากโปรแกรมเข้าสู่เมนู (ปุ่มที่ 3 หรือกด ESC)

ภาพที่ 31



แสดงแผนภาพขั้นตอนในการทำการประมวลผลเบื้องต้น

กระบวนการดังกล่าวข้างบนนี้เรียกว่า "การประมวลผลเบื้องต้น" ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้ภาพที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมขึ้น เช่น มีการขจัดสัญญาณรบกวนออกและลดข้อมูลให้มีขนาดน้อยลง ซึ่งมีวิธีการเดียวกันกับการปรับให้เรียบและขจัดสิ่งรบกวน จะใช้การแทนจุดใด ๆ ในอระเระของภาพด้วยค่าเฉลี่ยกับค่าของจุดรอบๆ โดยใช้ filter mask ซึ่งนิยมแบ่งมาส์คเป็น 2 ชนิดคือ 4 และ 8 จุดรอบ ส่วนวิธีการทำให้บางจะใช้วิธีแบบ Fast Algorithm[1] โดยพิจารณาจากช่องหน้าต่าง 3x3 จุดภาพ

ภาพที่ 32

X_3	X_2	X_1
X_4	X_0	X_8
X_5	X_6	X_7

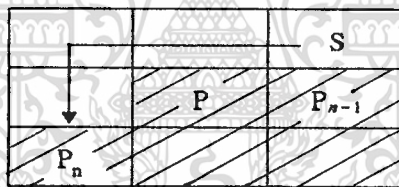
แสดงช่องหน้าต่างขนาด 3x3 จุดภาพ

3. RECOGNIZE

3.1. Direct Avg. เป็นการสร้างกราฟทิศทางเฉลี่ยตามลายนิ้วมือ โดยหาข้อมูลตามแนวแกน x หรือสแกนข้อมูลทิศทางเฉลี่ยตามแนวราบ (x_i) ได้หนึ่งภาพ และหาข้อมูลตามแนวแกน y หรือสแกนข้อมูลทิศทางเฉลี่ยตามแนวตั้ง (y_i) ได้หนึ่งภาพ และนำเอามารวมกันแล้วหาร 2 เป็นทิศทางเฉลี่ยรวม; ซึ่งวิธีการนี้ได้นำเอาข้อมูลภาพที่เสร็จสิ้นการประมวลผลจากการทำให้เส้นบาง (thinning) เรียบร้อยแล้ว ได้พิจารณา ดังนี้

อ่านทิศทางแต่ละแนวตามแกน x_i และแกน y_i โดยใช้วิธีคิดตามขอบภาพที่เป็น "1" เนื่องจากได้ประมวลผลภาพแล้วนำเอาช่องหน้าต่างขนาด 3×3 จุดภาพของภาพที่ 32 ครอบไปยังจุดที่ต้องการแล้วติดตามโดยสแกนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อหาขอบภาพ แล้วเปลี่ยนตำแหน่งที่พิจารณาไปที่จุดนั้นๆ ภาพที่ 33 และกำหนดค่าต่างๆ ภายในช่องหน้าต่าง ภาพที่ 34

ภาพที่ 33



แสดงการติดตามหาจุดภาพตามลายเส้น

- เมื่อ P_{n-1} เป็น ตำแหน่งของขอบภาพที่ผ่านมา
- P เป็น ตำแหน่งของจุดเริ่มต้นการตรวจเช็คทิศทาง
- P_n เป็น ตำแหน่งของขอบภาพต่อไป
- S เป็น ตำแหน่งทิศทางที่พิจารณาให้จุดภาพเป็น 1

ภาพที่ 34

-1	-1	-1
0	1	0
+1	+1	+1

(ก)

-1	0	+1
-1	1	+1
-1	0	+1

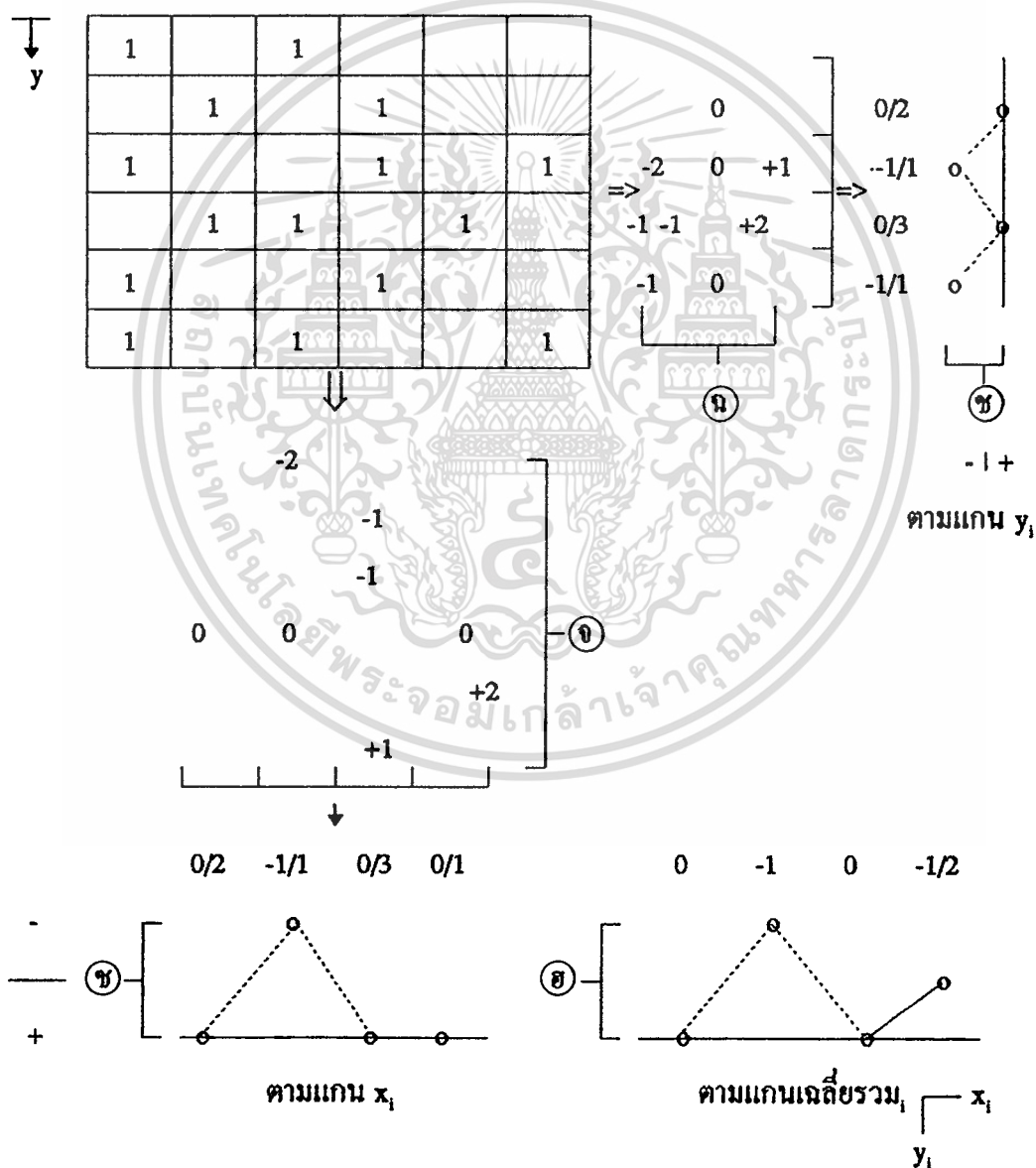
(ข)

แสดงการแทนจุดภาพของช่องหน้าต่างที่สแกนไปตามแกน x_i และแกน y_i

3.1.1. ตัวอย่างแนวทางในการพล็อตกราฟไปตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม y_i

ภาพที่ 35

→ x หลักการและแนวทางสามารถสร้างกราฟพล็อตจุดทิศทางตามแกน x_i , แกน y_i



แสดงวิธีการหากราฟทิศทางและแทนด้วยการพล็อตจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2. อธิบายตามภาพที่ 35

กำหนดให้ภาพที่ 34 (ก) เป็นช่องหน้าต่างที่ครอบและสแกนไปตามแนวแกน x หรือแนวรวาย

เก็บจำนวนจุดที่เป็น "1" ที่วางตำแหน่ง p ลงได้ =>

-1	-1	-1
0	1	0
+1	+1	+1

แถวแรก ->
=>x

	1		1		
1		1			
	1		1		
1			1		1



(ก) สแกนไปตามแนวรวาย (x)
เกิดค่าทิศทางผลลัพธ์เมื่อศูนย์กลาง
(p=1)ของช่องหน้าต่างขนาด 3x3
วางไปบนจุดที่เป็น 1

-1		-1,-1			
+1			+1		

เก็บจำนวนจุดที่เป็น "1" ที่วางตำแหน่ง p ลงได้ =>

แถวที่ 2 ->

			1		
	1		1		
1			1		1
	1	1		1	



เกิดค่าทิศทางผลลัพธ์

			-1		
		+1		+1	

เก็บจำนวนจุดที่เป็น "1" ที่วางตำแหน่ง p ลงได้ =>

แถวที่ 3 ->

		1	1		1	
1				1		1
	1	1			1	
1				1		



เกิดค่าทิศทางผลลัพธ์

-1				-1		-1
	0	0				
+1				+1		

เก็บจำนวนจุดที่เป็น "1" ที่วางตำแหน่ง p ลงได้ =>

แถวที่ 4 ->

					1	
		1	1		1	
1				1		
1			1			1



เกิดค่าทิศทางผลลัพธ์

			-1		-1	
			+1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมจำนวนจุดที่เป็น "1" ที่วางตำแหน่ง p ลงได้ =>

11 1 111 1

เกิดค่าทิศทางผลลัพธ์เมื่อ $p = 1$
 วางไปบนจุดที่เป็น 1 ทั้งหมด โดย
 สแกนไปตามแนวราบ (x)

	-1,-1		
		-1	
		-1,+1	
0	+1,-1		+1,-1
		+1,+1	
	+1		

ค่าที่พล็อตกราฟตามแนวราบ (แกน x)

โดยรวมลงมาตามแนวตั้ง (แกน y) -----> 0/2 -1/1 0/3 0/1

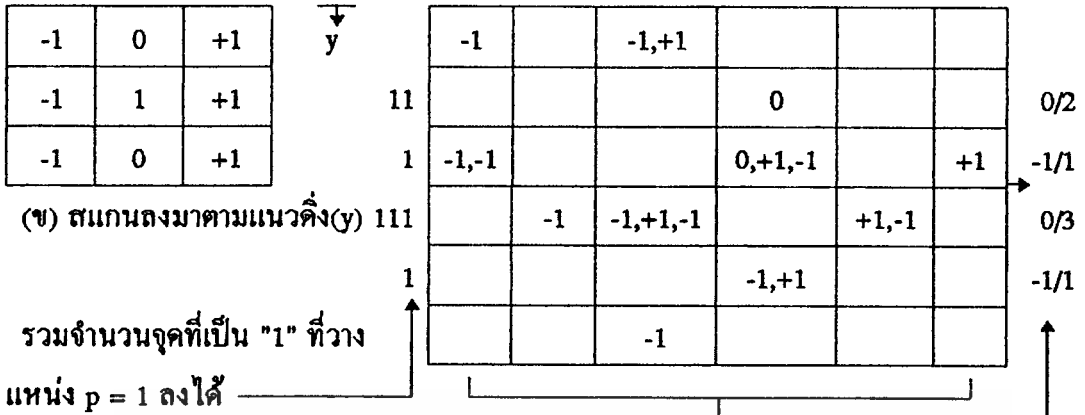
พิจารณาภาพที่ 35 ได้สมมุติภาพขนาด 6x6 จุดภาพ เพื่อต้องการหาแนวทางพล็อตจุดของกราฟทิศทางตามแกน x โดยกำหนดให้

- 1 เป็นตำแหน่งของจุดภาพที่ปรากฏขึ้นมา 1 จุดภาพ
- o เป็นจุดที่พล็อตแสดงทิศทาง
- x_i เป็นตำแหน่งของจุดที่อยู่บนแกน x โดยครอบช่องหน้าต่างขนาด 3x3 ตามภาพ

ที่ 34 (ก) โดยศูนย์กลางภาพคือ x_0 หรือ P วางไปบนจุดภาพที่มีความหนา 1 จุดภาพ ถ้าไม่มีจุดภาพที่เป็น "1" ให้เลื่อนช่องถัดไปจนกว่าจะพบจุดภาพ 1 โดยสแกนไปตามแนวราบ(x) จากมุมบนซ้ายสุดวิ่งไปทางมุมบนขวาสุด และเลื่อนลงมาอีกหนึ่งจุดภาพกลับมาเริ่มต้นจากซ้ายสุดไปขวาสุดจนกระทั่งสิ้นสุดมุมต่างซ้ายสุด จะได้ผลในชุด ๑ ของภาพที่ 35

๑ เป็นการนำผลของ ๑ บวกกันจากบนลงมาตามแนวตั้ง (แกน y) โดยพิจารณาคอลัมน์ที่สองจุดถัดมาเพราะศูนย์กลางลง p วางไปบนจุดภาพ 1 ดังนั้นเมื่อรวมลงมา มี 0 เพียงค่าเดียวทำให้ได้ค่าจุดภาพที่นำพล็อตบนแกนราบ (แกน x) คือ (0/2) ดังนั้นผลอีก 3 จุด คือ (-1/1), (0/3), (0/1) ซึ่งดูกราฟได้จาก ๒ เรียกว่ากราฟทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i

สำหรับการพิจารณาทิศทางเฉลี่ยตามแกน y_i ให้ครอบและวางภาพที่ 34 (ข) ลงไปแล้วเริ่มสแกนไปตามแนวแกน y หรือแนวตั้งจากมุมบนซ้ายสุดลงมามุมต่างซ้ายสุดและเลื่อนมาทางขวาอีก 1 จุด โดยกลับมาเริ่มต้นบนสุดวิ่งลงมาถึงต่างสุดทำอย่างนี้จนกระทั่งสิ้นสุดมุมต่างขวาสุดเช่นกันจะได้ผลในชุด ๓ คูณผลลัพธ์รูปภาพที่ 35



ดังนั้น ผลของกราฟทิศทางเฉลี่ยตามแกน y_i พิจารณาจุดภาพแฉกที่สองเพราะ
 เป็นตำแหน่งจุดที่ทำให้เกิดทิศทางและได้ผลลัพธ์คือ (0/2),(-1/1),(0/3),(-1/1) ตามลำดับ
 โดยแสดงผลที่ (ข) และหาทิศทางเฉลี่ยรวม y_i คือ เอาผลลัพธ์ของทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i
 บวกกับ ทิศทางเฉลี่ยตามแกน y_i แล้วหาร 2 จะได้ดังนี้ (0),(-1),(0),(-1/2) แสดงผลที่ (ข)
หมายเหตุ ตามแนวราบ(x) = ตามแนวแกน x , ตามแนวตั้ง(y) = ตามแนวแกน y

3.1.3. สรุปผลของแนวทางและหลักการที่กล่าวมา
 ก. แนวทางที่กล่าวมาสามารถเขียนเป็นสมการได้ คือ สมการที่ (1'),
 สมการที่ (2') และ สมการที่ (3')

$$\text{ทิศทางเฉลี่ยตามแกน } x_i = \frac{\text{ผลรวมค่าทิศทางผลลัพธ์ตาม } y \text{ เมื่อ } p \text{ วางบนจุด "1" คูณ } Q'}{\text{จำนวนจุดที่เป็น "1" ตามแนวแกน } y \text{ ที่คำนวณทิศทางได้}} \dots\dots(1')$$

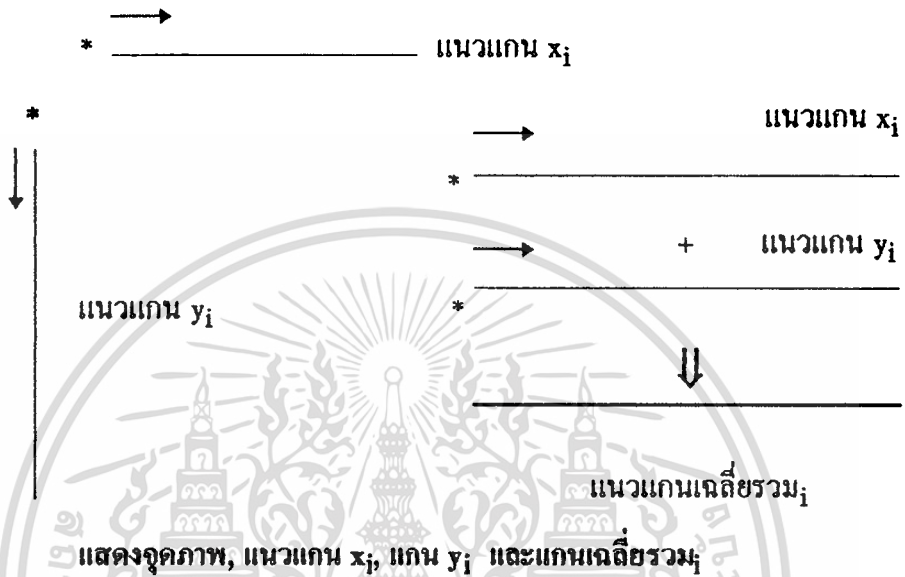
$$\text{ทิศทางเฉลี่ยตามแกน } y_i = \frac{\text{ผลรวมค่าทิศทางผลลัพธ์ตาม } x \text{ เมื่อ } p \text{ วางบนจุด "1" คูณ } Q'}{\text{จำนวนจุดที่เป็น "1" ตามแนวแกน } x \text{ ที่คำนวณทิศทางได้}} \dots\dots(2')$$

$$\text{ทิศทางเฉลี่ยรวม}_i = \frac{\text{ทิศทางเฉลี่ยตามแกน } x_i + \text{ทิศทางเฉลี่ยตามแกน } y_i}{2} \dots\dots(3')$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การวางทิศทางเฉลี่ยของแนวแกน

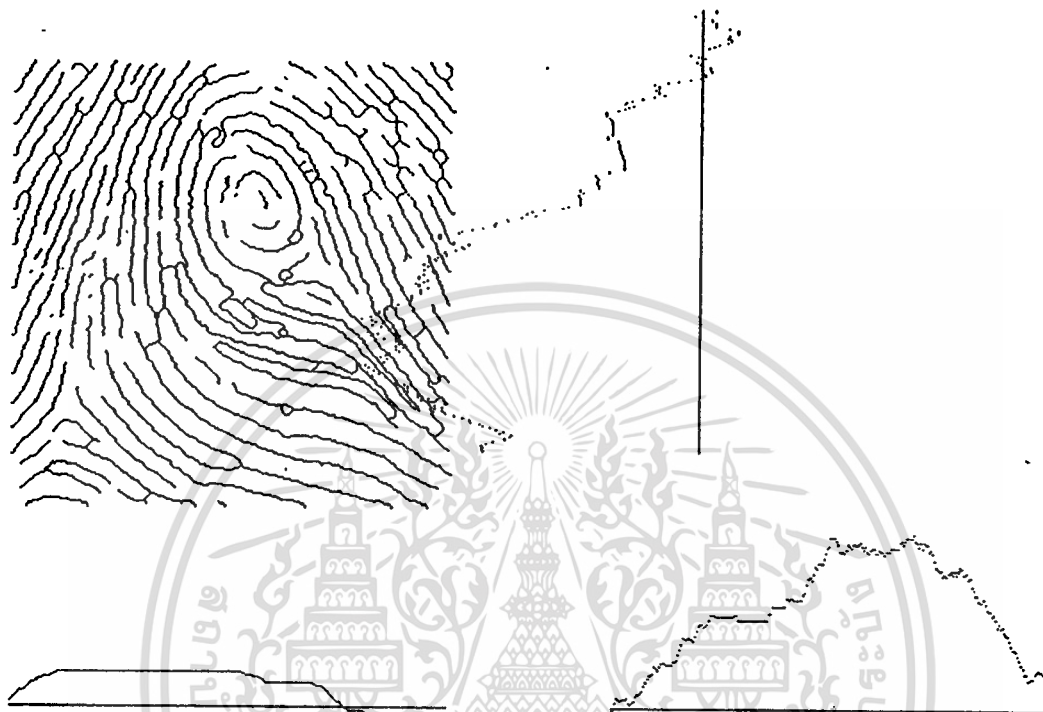
ภาพที่ 36



หมายเหตุ

1. Q' คือ จำนวนเลข(1,2,3,...)ที่คุณเข้าไปเพื่อให้กราฟสูงจากแนวแกน
2. วิธีการนี้มีประโยชน์ในการตรวจดูลักษณะของกราฟที่เกิดขึ้นแต่ละรูป และแต่ละกลุ่มแบบทำให้ทราบความแตกต่างกันออกไป จะสามารถคาดเดาได้ว่าเป็นแบบใด
3. * หมายถึง ตำแหน่งแรกที่เป็นจุดเริ่มต้นของแต่ละแนวแกน
4. ถ้าตลอดทั้งทิศทางแนวแกน x_i และแกน y_i ไม่พบจุดที่เป็น 1 เลยเมื่อครอบหน้าค่าลงไปวางจึงไม่เกิดทิศทางได้ให้ถือว่าที่ตรงตำแหน่งนั้นเท่ากับ 0 และที่จุดภาพแรกและจุดภาพสุดท้ายตลอดทั้งแนวแกนไม่มีเพราะช่องหน้าค่าไม่สามารถวางเลขขอบภาพออกไปได้

ภาพที่ 37



แสดงผลลัพธ์ที่สกัดตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม;

3.2. User Define เป็นการที่วางและหาจุดสำคัญต่างๆบนลายนิ้วมือโดยให้ผู้ใช้มองจากภาพและใช้เมาส์กำหนดเอง เช่น การกำหนดจุดใจกลาง(core), สันคอน(delta), การนับจำนวนเส้นบนเส้นสมมุติที่ตัดเส้นคำของลายนิ้วมือและการกำหนดจุดสำคัญต่างๆ อาทิ เช่น เส้นขาด, ทะเลสาบ, จุดหรือเกาะ เป็นต้น

4. HISTOGRAM

เป็นการแสดงแผนผังฮิสโตแกรม โดยวาดกราฟแสดงค่าความถี่ของภาพระดับเทาเมื่อรับภาพเข้ามา 256 ระดับ แต่การรับภาพแสดงได้เพียง 64 ระดับ จึงได้แสดงผลการวาดกราฟออกมาเป็น 64 ระดับ โดยแสดงจำนวนจุดภาพของความถี่สูงสุด (f_{max}) [2],

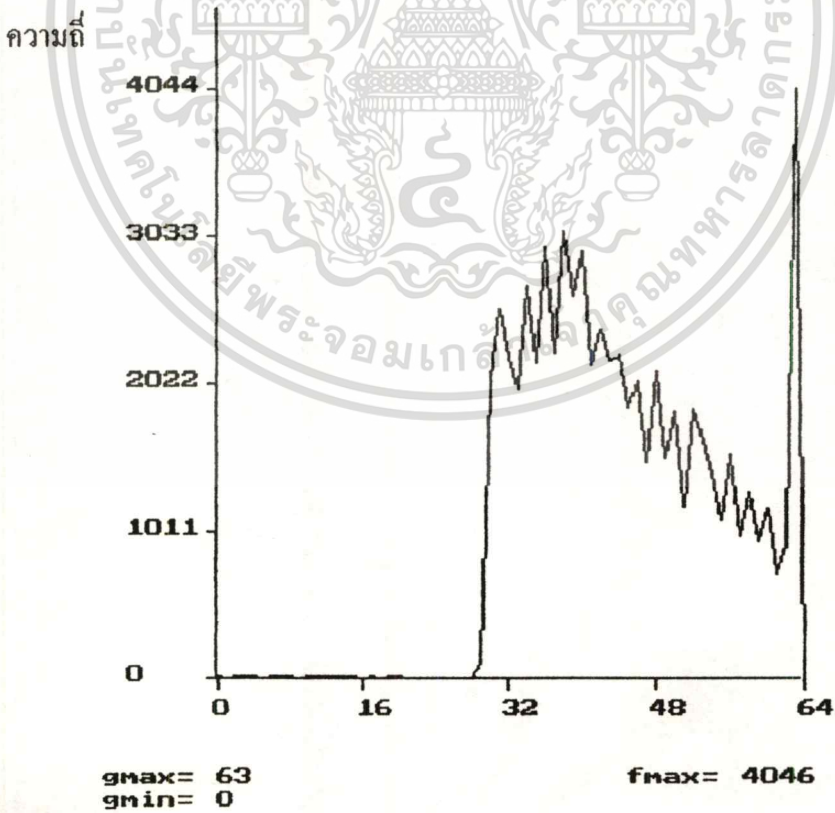
[4] ภาพที่ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 38



ลายนิ้วมือมัดหวายคู่แบบ 2 (D2)



ระดับเทา

แสดงกราฟฮิสโตแกรมของลายนิ้วมือมัดหวายคู่แบบ 2 (D2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. OUTPUT

- 5.1. Clear เป็น การลบข้อมูลภาพที่แสดงทั้งหมดคงไว้เฉพาะคำสั่งเมนู
- 5.2. Screen (bin) เป็น การตรวจดูผลภาพจากการประมวลผล(Preprocess)
- 5.3. Screen (gray) เป็น การแสดงภาพที่ถ่ายเข้ามา
- 5.4. Gray file เป็น การเก็บภาพที่ถ่ายเข้ามาลงไฟล์ข้อมูล
- 5.5. Binary file เป็น การทำให้เส้นบางลงมีความหนา 1 จุดภาพแล้วเก็บลงไฟล์

ข้อมูล

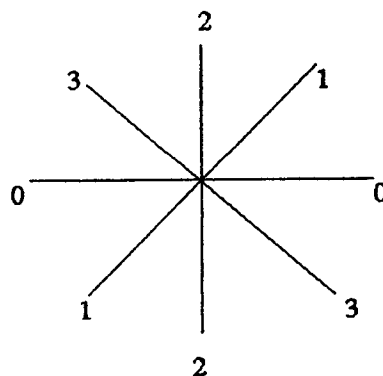
หมายเหตุ ผลลัพธ์สุดท้ายที่จะถูกนำมาพิจารณาที่ RECOGNIZE และ HISTOGRAM

การใช้วิธีการฮิสโตแกรมทิศทางแทนฮิสโตแกรมเดิม

เป็นการเปลี่ยนแปลงจากฮิสโตแกรมมาใช้แนวทางของฮิสโตแกรมทิศทาง (Directional Histogram) ซึ่งเป็นวิธีการค้นหาทิศทางเดินของจุดโดยคำนวณทิศทางตามโครงสร้างของลายเส้นของลายนิ้วมือจะถูกอ่านเข้ามาเป็นระดับเทา แล้วเขียนเส้นตามทิศทาง จะพิจารณาระดับเทา จากตำแหน่งในแต่ละจุดภาพ ซึ่งตำแหน่งใดของจุดมีความแตกต่างระดับเทาน้อยที่สุดของภาพจะถูกบันทึกไว้ พร้อมกับการคำนวณทิศทางที่เรากำหนดเส้นทางเป็น 4 ทิศทางดังนี้

ถ้าให้ D เป็นทิศทางของจุดภาพ (จุดภาพ) ระดับสีเทาในภาพ G (ขนาด $g \times g$) และ ลายนิ้วมือนั้นประกอบไปด้วยทางเดินของจุดที่ทำให้เกิดเป็นลายเส้น ดังนั้นทิศทางของแต่ละจุดจะแทนทิศทางของลายเส้นด้วย แต่ละจุดจะมีทิศทาง $D(i,j)$ ที่จุด (i,j) โดยให้ d เป็นตัวเลขบอกทิศทางที่เลือกใช้ และ N เป็นจำนวนของทิศทางที่ใช้ เมื่อให้ N มีค่าเท่ากับ 4 ดังนั้น ทิศทางจะมีได้เพียง 4 ทิศทางเท่านั้น

ภาพที่ 39



แสดงทิศทางที่เป็นไปได้ 4 ทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ M เป็นจำนวนจุดภาพ (จุดภาพ) ที่ถูกใช้ในการคำนวณ

S_d คือ ผลรวมความถี่ของความแตกต่างระดับเทาตามทิศทางของ d โดยการตรวจเทียบกันระหว่างจุด ถ้าจุดที่อยู่ใกล้เคียงกันจะมีระดับความเข้มที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน แสดงได้ว่ามีทิศทางไปทางเดียวกัน

ดังนั้น S_d ในทิศทางใดมีค่าน้อยจะแสดงทางเดินของจุดลายเส้นหรือร่องในทิศทาง d นั้น

ค่า S_d ทั้งหมด จึงเปรียบเสมือนเป็นฮิสโตแกรมที่แสดงความเป็นไปได้ของทิศทางต่างๆ

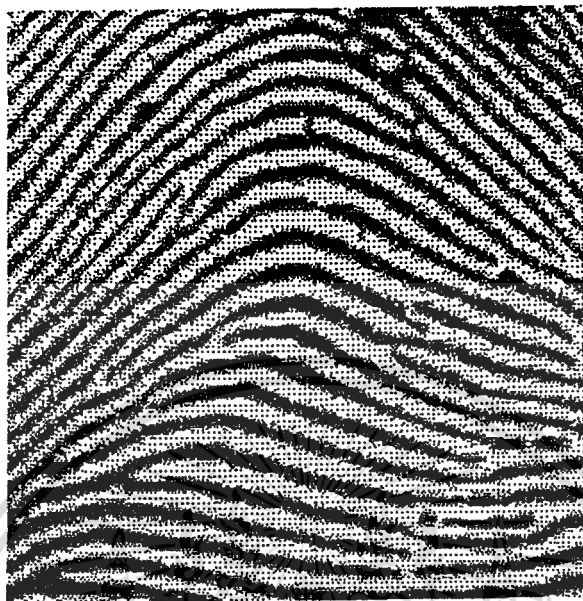
$$S_d = \sum_{m=0}^{M-1} |G(i_m, j_m) - G(i, j)| \quad \text{สำหรับ } d = 1, 2, \dots, N \quad \dots \dots \dots (4')$$

กำหนดจุดที่ $G(i, j)$ เป็นจุดตรวจเทียบกับจุด $G(i_m, j_m)$ ซึ่งเป็นจุดที่พิจารณา โดยข้อมูลภาพแสดงลายเส้นระดับสีเทา ถ้าผลความแตกต่างระหว่างระดับสีเทาของจุด $G(i, j)$ กับจุด $G(i_m, j_m)$ มีความแตกต่างกันน้อยมากหรือใกล้เคียงกับทางเดินของจุดนั้น จะแสดงทิศทางของลายเส้นดังนั้น จึงต้องมีการคำนวณหา S_0 ถึง S_3 เพื่อจะเลือกลายเส้นว่าควรเป็นทิศทางใดของค่า d แล้วนำมาพล็อตลงเป็นรูปแสดงทิศทาง อีกรูปหนึ่งเราจะทำการทดสอบ M จุด ในแต่ละทิศทางของ d ในที่นี้เราให้ค่าของ M มีค่าเท่ากับ 16 โดยคิดรวมกับจุด $G(i, j)$ ด้วยจำนวน N ของทิศทางและมีจำนวนของจุด M จะถูกพิจารณาคำนวณทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับค่าส่วนใหญ่ สำหรับ N ควรมีความสัมพันธ์กับ M เพราะเป็นค่าที่จะใช้คำนวณการแทนทิศทางในการทดลองได้ เลือก $N=4$ พบว่ามีความเหมาะสมดี ถ้าเลือกค่าที่สูงกว่า 4 พบว่าจะต้องคำนวณเพิ่มขึ้นมากในแต่ละรอบผลลัพธ์ที่ได้ยังมีลักษณะใกล้เคียงกับ $N=4$ โดยได้พิจารณาและเป็นผลดังนี้

1. วิธีการแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลทิศทาง 4 ทิศทาง

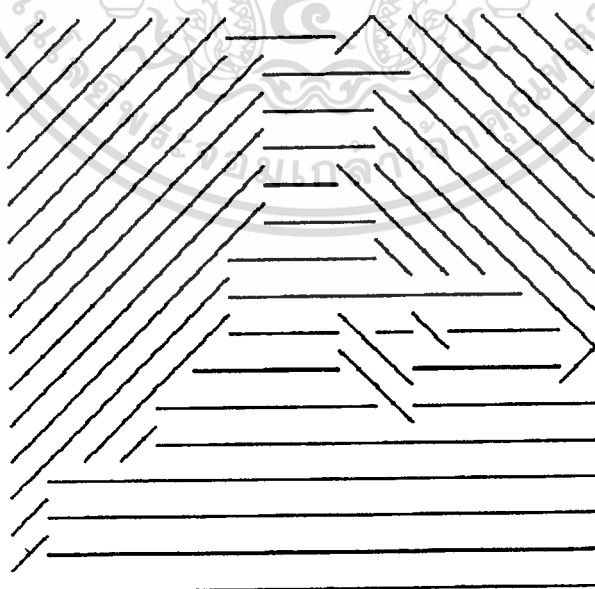
เมื่อถ่ายข้อมูลภาพเข้ามา 256 ระดับ การรับภาพจะเปลี่ยนเป็น 64 ระดับเทา โดย แสดงภาพขนาด 256x256 จุดภาพ และเก็บลงไฟล์หนึ่ง ซึ่งถ้าเรียกไฟล์ข้อมูลภาพที่เก็บเอาไว้ มาประมวลผล จะทำโดยไม่ต้องแปลงเป็นภาพขาวดำ(ไม่ต้องทำไบนารี) ด้วยการคำนวณเป็นทิศทางออกมาทันที 4 ทิศทางคือ 0, 1, 2 และ 3 คูภาพที่ 43 ทิศทางจะเริ่มคำนวณจากมุมซ้าย --> ขวาไป 16 จุดภาพ ซึ่งจะแสดงทิศทางออกมาจนจบใช้เวลาประมาณ 3 -> 4 นาที คูภาพที่ 39 => ภาพที่ 44

ภาพที่ 40



แสดงรูปลายนิ้วมือโค้งราบ (PA) ภาพขาวดำจากตำรา

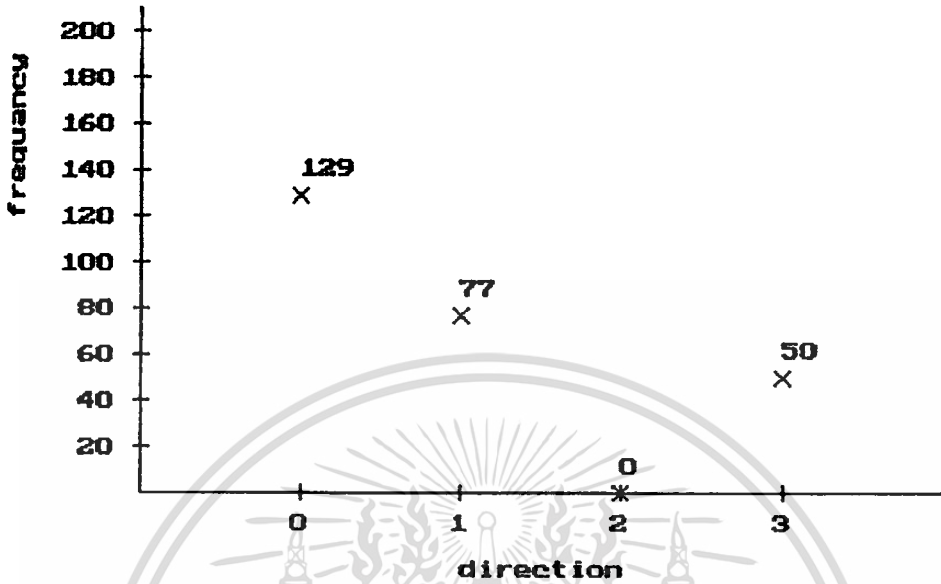
ภาพที่ 41



แสดงทิศทางลายนิ้วมือโค้งราบ (PA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

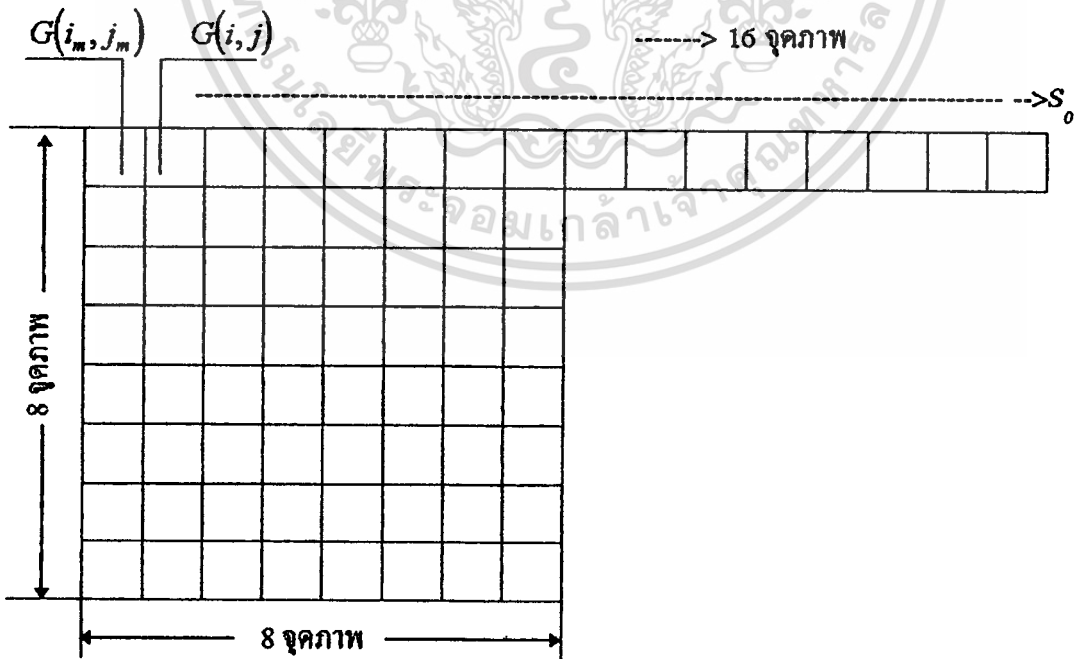
ภาพที่ 42



แสดงผลรวมของฮิสโตแกรมทิศทาง 0, 1, 2 และ 3

- ตัวอย่างการพิจารณาทิศทางขนาด 8x8 จุดภาพ เป็นหนึ่งบล็อก

ภาพที่ 43



หมายเหตุ 1 บล็อก = 8x8 จุดภาพ

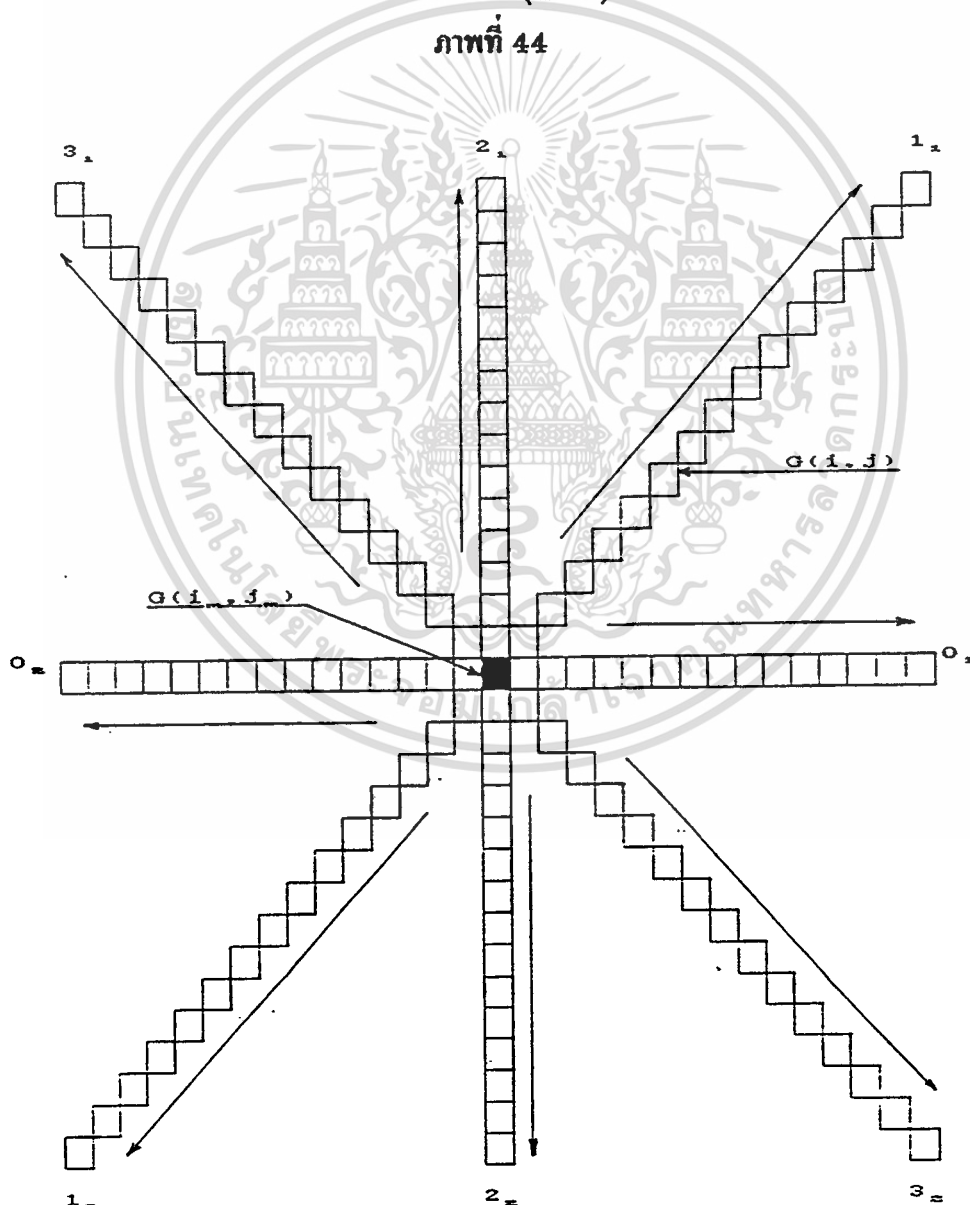
แสดงการหาทิศทางของ S_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากถายนี้อาจมีจุดสำคัญต่าง ๆ เช่น เกาะ (Island), ทะเลสาบ (Lake), เส้นขาด หรือเส้นสั้น (Short line) เป็นต้น จึงมีผลต่อการพิจารณาทิศทาง เพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย ในการนำค่าหลายๆข้อมูลไปเรียนรู้มีผลทำให้ค่าน้ำหนักใกล้เคียงกันมาก แต่ถ้าข้อมูลยิ่งมากจะมีความผิดพลาดมากขึ้นจึงพิจารณาขยายจาก 8 จุดภาพ ออกไป 16 จุดภาพ โดยไม่ต้องพิจารณาจุดสำคัญ เนื่องจากจะก่อให้เกิดความผิดพลาดของทิศทางได้ง่าย และเสียเวลาคำนวณเพิ่มขึ้นซึ่งคิดทิศทางโดยเอาจุดภาพ $G(i_m, j_m)$ ลบ จุดภาพ $G(i, j)$ (เอาตัวเองลบจุดภาพถัดไป) ทุก ๆ ครั้งแล้วนำมารวมกันซึ่งคิดมาจากสมการที่ (4')

3. การพิจารณาหาทิศทางโดยรอบ $G(i_m, j_m)$ 4 ทิศทาง

ภาพที่ 44

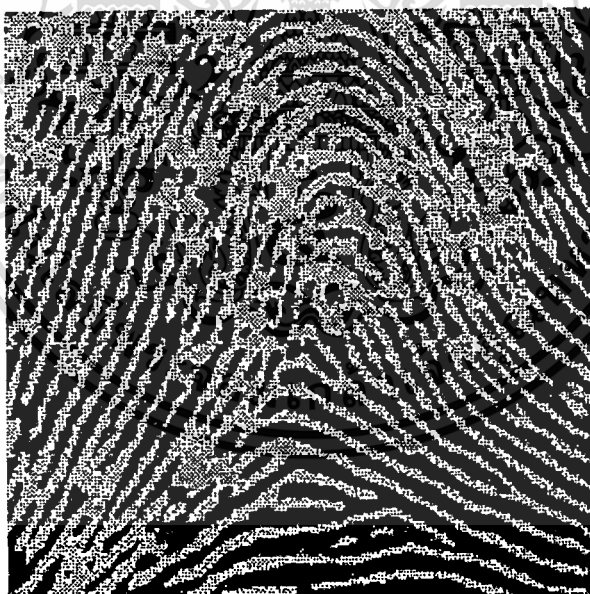


พิจารณาทิศทางการคำนวณออกไป 16 จุดภาพ จาก $G(i_m, j_m)$ โดยทิศทางนั้นจะถูก กำหนดเอาไว้ 4 ทิศทาง ตามภาพที่ 44 การกำหนดทิศทางควรจะอยู่ทางทิศใดจะทำ การตรวจ เทียบตำแหน่งของจุดทุกๆจุดในของแต่ละจุดภาพของทิศทาง 0, 1, 2 และ 3 โดยดู จากผลของการลบกันระหว่างจุดในระดับสี่เทาของภาพ ถ้าผลต่างกันระหว่างจุดมีความแตกต่าง น้อยที่สุดก็แสดงว่าทิศทางควรจะไปอยู่ในทิศทางใดใน 1 ถึง 4 ทิศทาง ต่อจากนั้นก็ ให้ทำในแต่ละบล็อกจนครบทั้งภาพ (ขนาด 256x256 จุดภาพ) ก็จะได้รูปลายนิ้วมือที่มีทิศทางที่เป็นระเบียบ 4 ทิศทาง

ผลลัพธ์ที่ได้จากฮิสโตแกรม

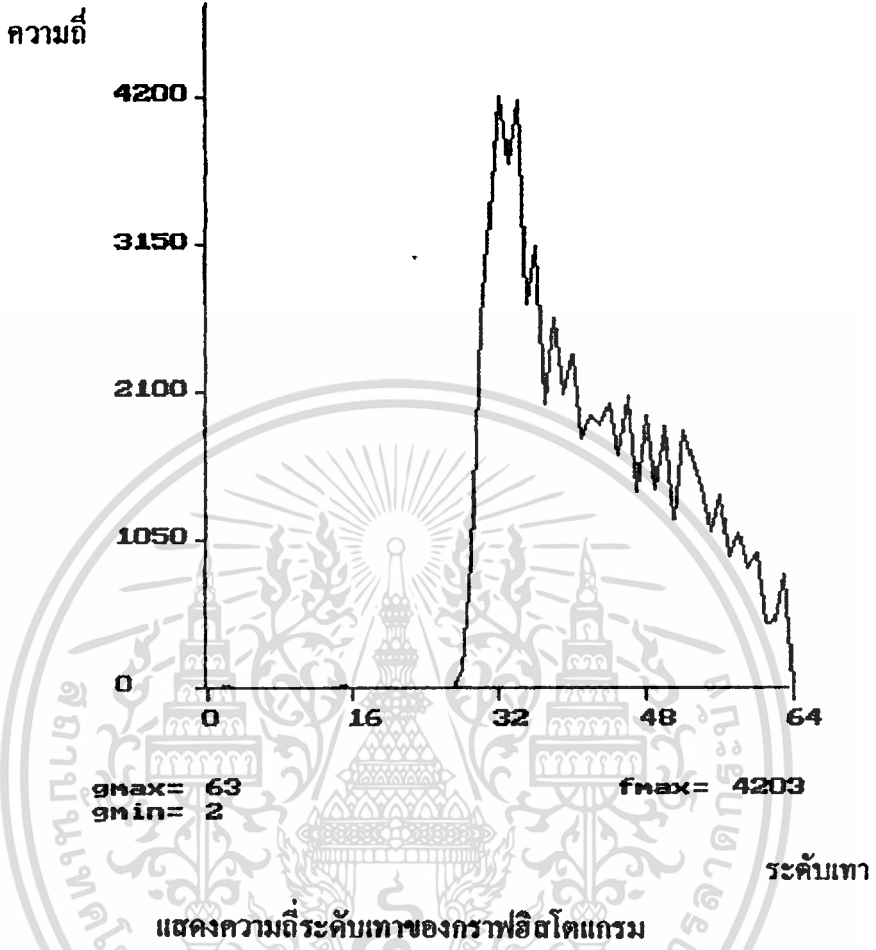
โดยได้แสดงกราฟและผลข้อมูลที่จะนำมาใช้จริงในการวิเคราะห์ทดสอบนี้ ดังเช่น ภาพที่ 45 =>ภาพที่ 47

ภาพที่ 45

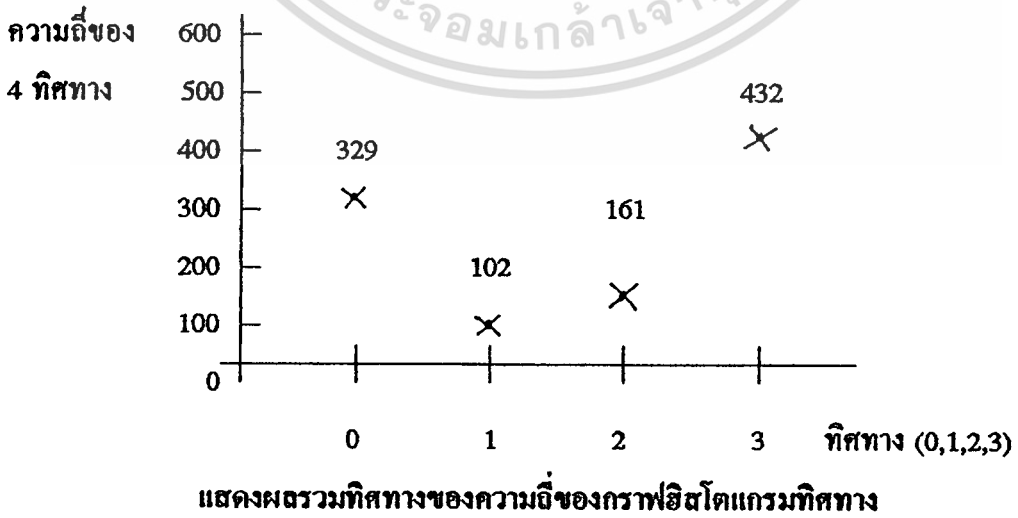


แสดงลายนิ้วมือโค้งกระโจม (TA) (หมึกพิมพ์)

ภาพที่ 46



ภาพที่ 47

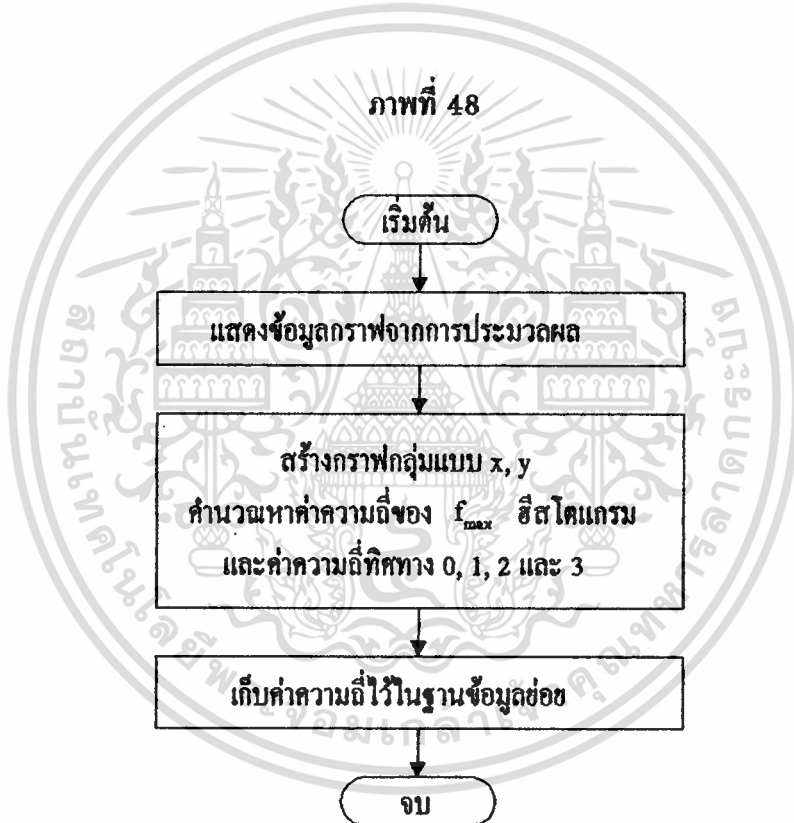


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ การคำนวณหาทิศทาง 4 ทิศ โดยวิธีฮิสโตแกรมทิศทางมีค่ารวมคือ $S_0 = 329$, $S_1 = 102$, $S_2 = 161$, $S_3 = 432$

การจดจำแบบ(Type recognition)ลายนิ้วมือโดยวิธีฮิสโตแกรมทิศทาง

เป็นการจดจำกราฟกลุ่มแบบ x, y เพื่อดูรูปลักษณะ และคำนวณหาค่าความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรม และค่าทิศทางรวมของฮิสโตแกรมทิศทางทั้งลักษณะแบบต่างๆ แล้วเก็บข้อมูลไว้ตรวจสอบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในโอกาสต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้



แสดงการคำนวณและเก็บค่าความถี่

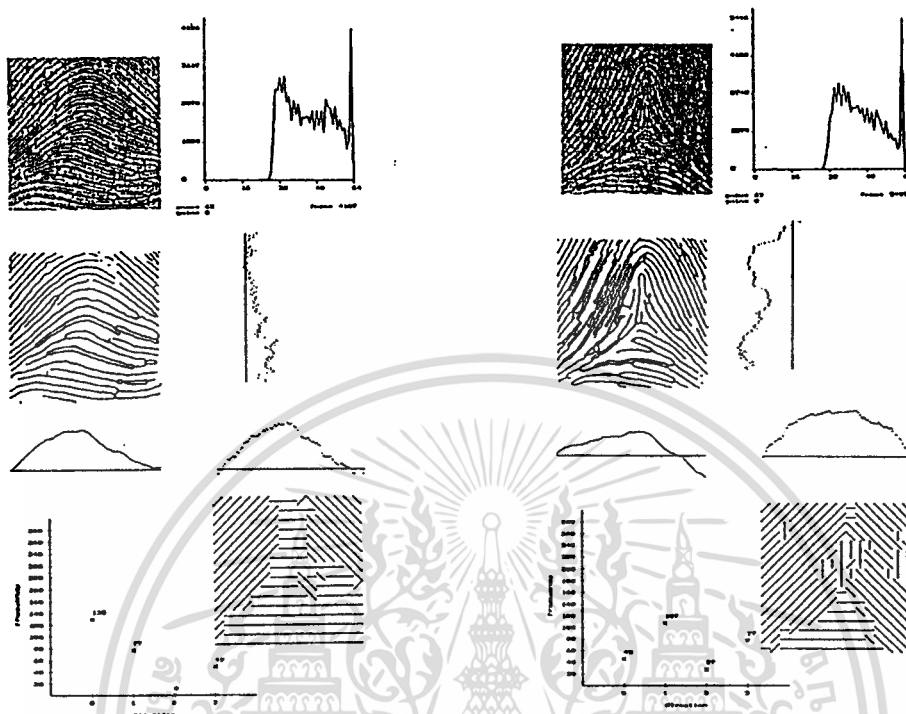
ตัวอย่างของการประมวลผลและจดจำรูปแบบ

เป็นการแสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการประมวลผล, การหาค่าต่างพร้อมกราฟทั้ง 3 แบบ

1. ตัวอย่างฮิสโตแกรมและกราฟที่ได้จากลายนิ้วมือแต่ละกลุ่มแบบ

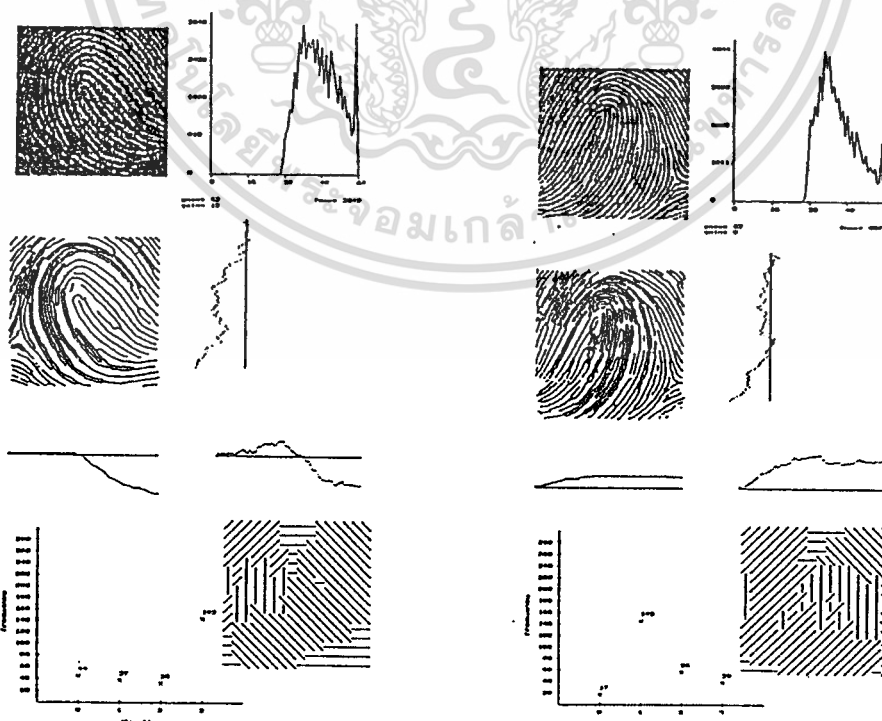
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 49



(1) แบบโค้งราบ (PA)

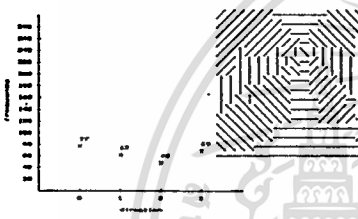
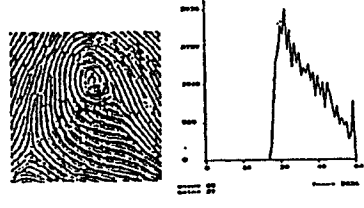
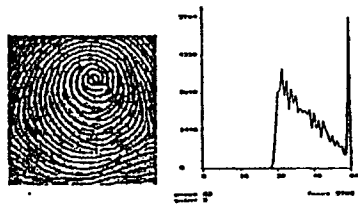
(2) แบบโค้งกระโจม (TA)



(3) แบบมัดหยาบปัดขวา (RSL)

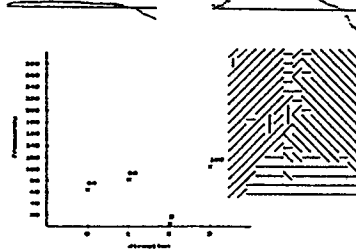
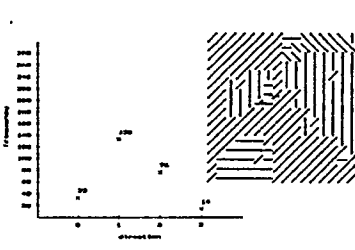
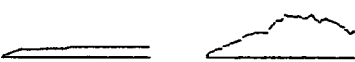
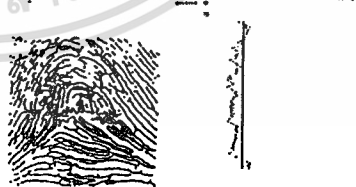
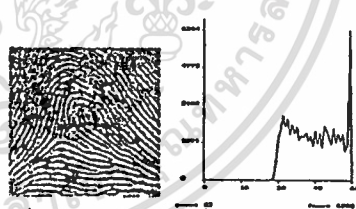
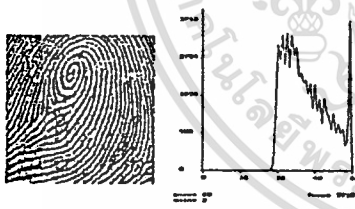
(4) แบบมัดหยาบปัดซ้าย (LSL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(5) แบบก้นหอยธรรมดา (W)

(6) แบบก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา (RCP)

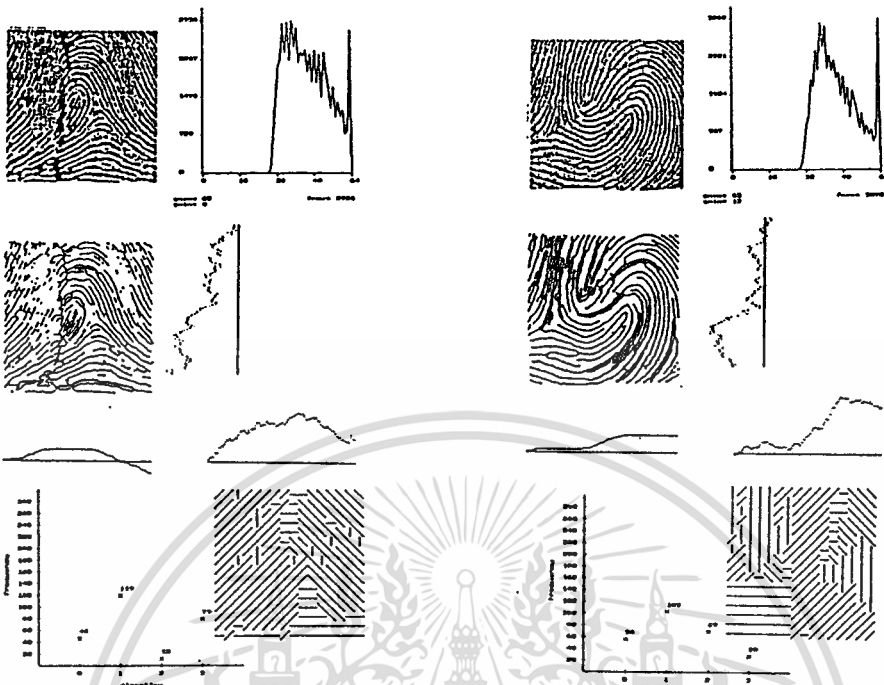


(7)แบบก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย (LCP)

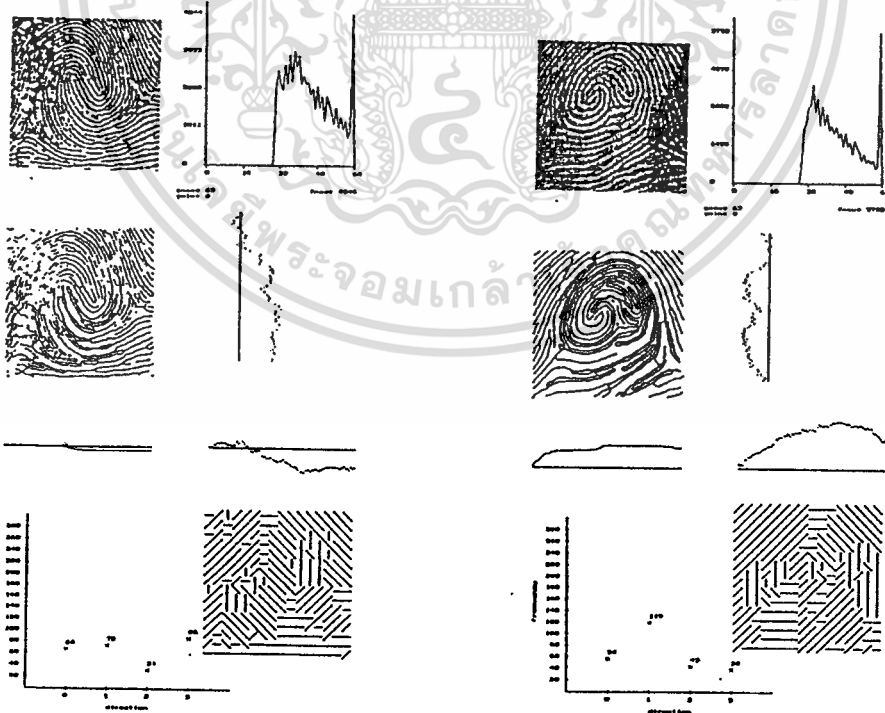
(8)แบบก้นหอยกระเป๋าย่างปัดขวา (RLP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(9) แบบก้นหอยกระเปาะข้างปิดซ้าย (LLP) (10) แบบมัดหอยคู่หรือแฝดแบบ 1 (D1)



(11) แบบมัดหอยคู่หรือแฝดแบบ 2 (D2)

(12) แบบจับซ้อน (AW)

แสดงกราฟทั้ง 3 แบบของ 12 แบบย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลายนิ้วหัวแม่มือที่เก็บไว้กับลายนิ้วหัวแม่มือทดสอบของบุคคลคนเดียวกัน

ภาพที่ 50



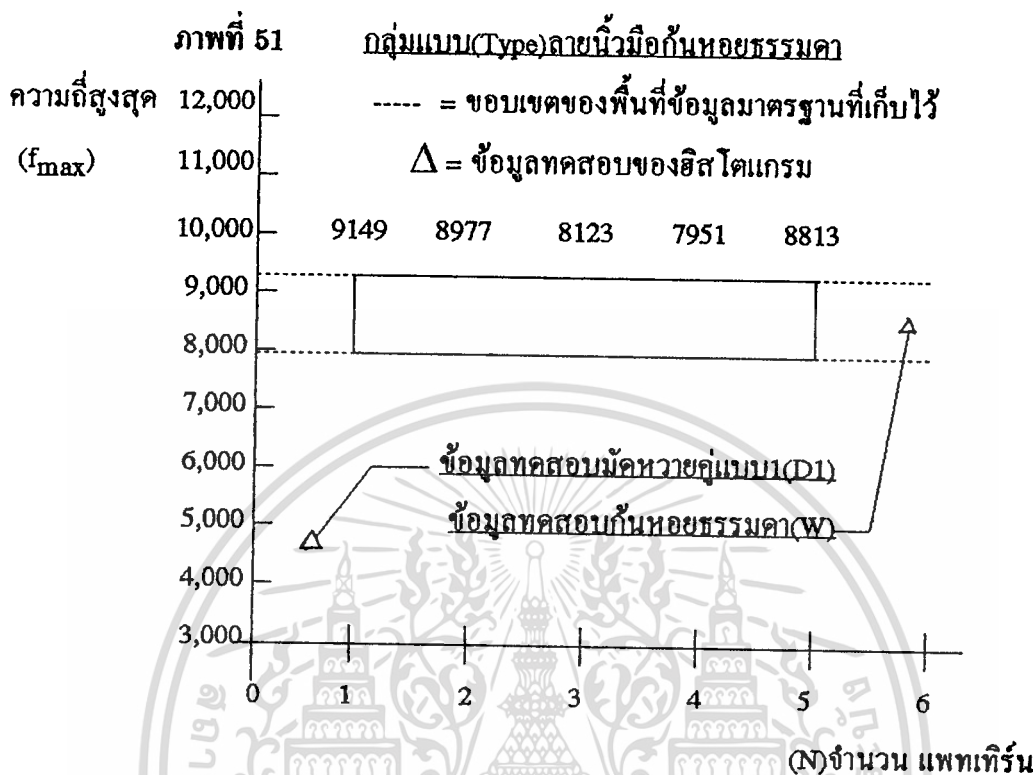
แสดงรูปลายนิ้วมือกันหอยธรรมชาติ (W) จากหมึกพิมพ์

ตารางที่ 1

แพทเทิร์น	กลุ่มแบบ	รหัส	ผลของค่าสูงสุดของความถี่ระดับเทา (ข้อมูลภาพจากหมึกพิมพ์ค่า)		ผลรวมทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางแต่ละทิศทาง (ข้อมูลภาพจริงระดับเทา)					
			ผิดพลาด	ผิดพลาด	ผิด %	<-- ข้อมูลมาตรฐาน				
ที่			ผิดพลาด	ข้อมูลทดสอบ	ผิดพลาด	0	1	2	3	ข้อมูลทดสอบ
1			± 7% ของข้อมูล 8550	9149	± 9% ของข้อมูล 383 (0)	387	75	173	389	360 82 197 385
2			8977	8730	± 28% ของ 75 (1)	419	63	180	362	<กันหอยธรรมดา (W)>
3	กันหอยธรรมดา	W	8123	4873	± 16% ของ 191 (2)	366	54	222	382	389 101 213 321
4			7951	แมม I(D1)	± 18% ของ 388(3)	347	56	161	460	<ไม้คหวายคู่แบบ I(D1)>
5			8813			411	96	200	317	

แสดงผลของฮิสโตแกรม 5 แพทเทิร์น ของบุคคลคนเดียวกัน

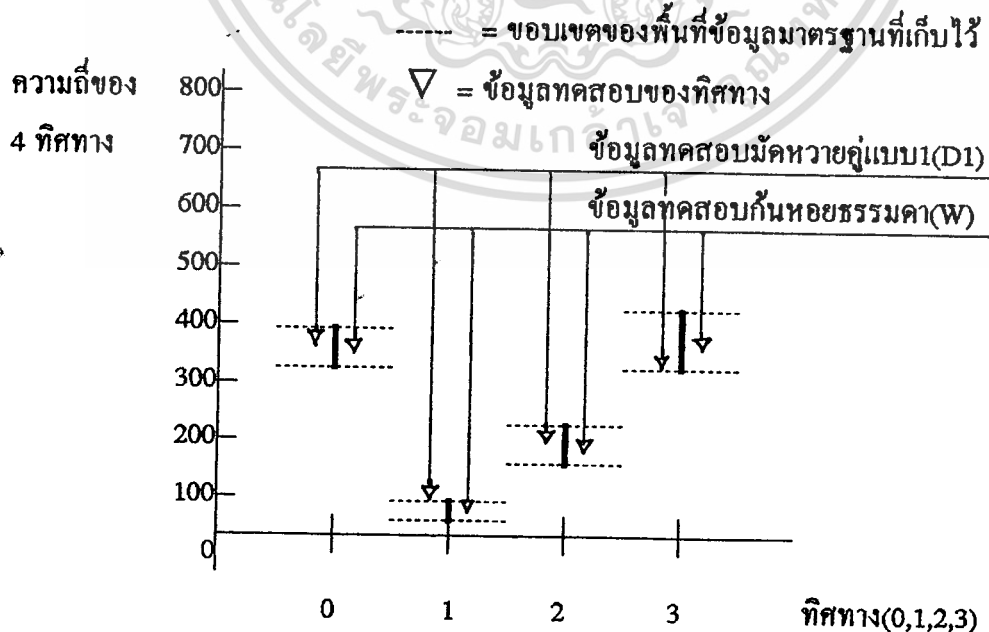
ก. เก็บข้อมูลความถี่สูงสุด(f_{max})ของฮิสโตแกรม



แสดงกราฟช่วงความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรม (กันหอยธรรมชาติ)

ข. เก็บข้อมูลความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง

ภาพที่ 52 กลุ่มแบบ(Type)ลายนิ้วมือกันหอยธรรมชาติ



แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทางทั้ง 5 แพทเทิร์น

3. หมายเหตุหัวแม่มือจากอนุภาคต่าง ๆ ของแอสแตโรลุ่มแบบ

ตารางที่ 2

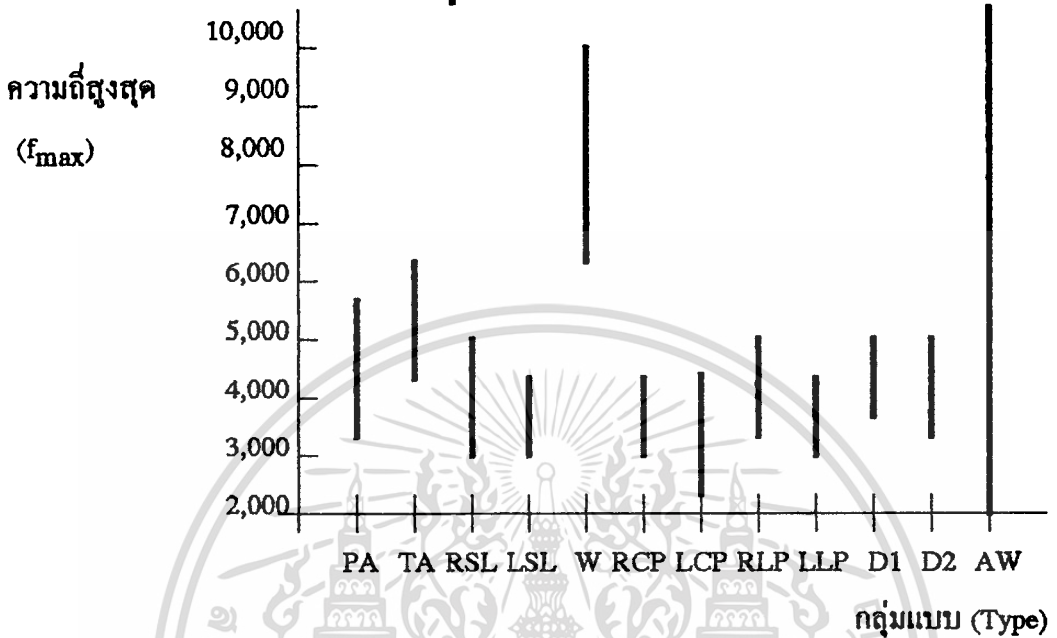
แพทเทิร์น ที่	กลุ่มแบบ	รหัส	ผลของค่าสูงสุดของความถี่ระดับเทา (ข้อมูลจากหามัททิคมัทพ์)		ผลรวมทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางแต่ละทิศทาง (ข้อมูลทางรังสีระดับเทา)	ข้อมูลทดสอบ			ข้อมูลทดสอบ								
			ผิด %	ข้อมูลมาตรฐาน (พิริอาร์ณาเฉพาะ f_{max})		ผิด %	ข้อมูลมาตรฐาน			ข้อมูลทดสอบ							
							ทิศทาง	0	1	2	3	0	1	2	3		
1	โค้งราบ	PA	± 20%	4480	ทิศทาง	365	109	112	438								
2	โค้งระเอน	TA	± 17%	5640	5785		349	113	168	394	314	120	178	412			
3	มิตทวายุบิดซว	RSL	± 23%	4170	โค้งระเอน	401	69	132	422	<โค้งระเอน (TA)>							
4	มิตทวายุบิดซาย	LSL	± 18%	3840	(TA)	333	107	286	378								
5	กั้นทอชรรมค	W	± 20%	8424	8117	400	68	187	369	367	80	163	414				
6	กั้นทอชรรมคเอนักทงมิดซว	RCP	± 16%	3740	กั้นทอช (W)	375	69	183	397	<กั้นทอช (W)>							
7	กั้นทอชรรมคเอนักทงมิดซาย	LCP	± 22%	3411		377	119	210	318								
8	กั้นทอชรรมคเอนักทงมิดซว	RLP	± 36%	4695		402	91	107	424								
9	กั้นทอชรรมคเอนักทงมิดซาย	LLP	± 20%	3697		418	86	176	344								
10	มิตทวายุแบบ 1	D1	± 15%	4372		373	109	214	328								
11	มิตทวายุแบบ 2	D2	± 18%	4261		402	58	150	414								
12	ซัพซัน	AW	-	-		-	-	-	-								

แสดงผลของฮิสโตแกรมของอนุภาคต่าง ๆ และผลการทดสอบ

หมายเหตุ [กลุ่มแบบของซัพซันไม่มีการเพอร์เซ็นต์ (%) ความผิดพลาด เพราะต้องการให้เป็นระบบอัตโนมัติ
เมื่อตรวจเทียบกลุ่มรูปแบบอื่น ๆ ซ้ำกันแล้วไม่สามารถเข้าแบบใดได้เลย

ก. เก็บข้อมูลความถี่สูงสุด(f_{max})ของอิสรโตแกรม

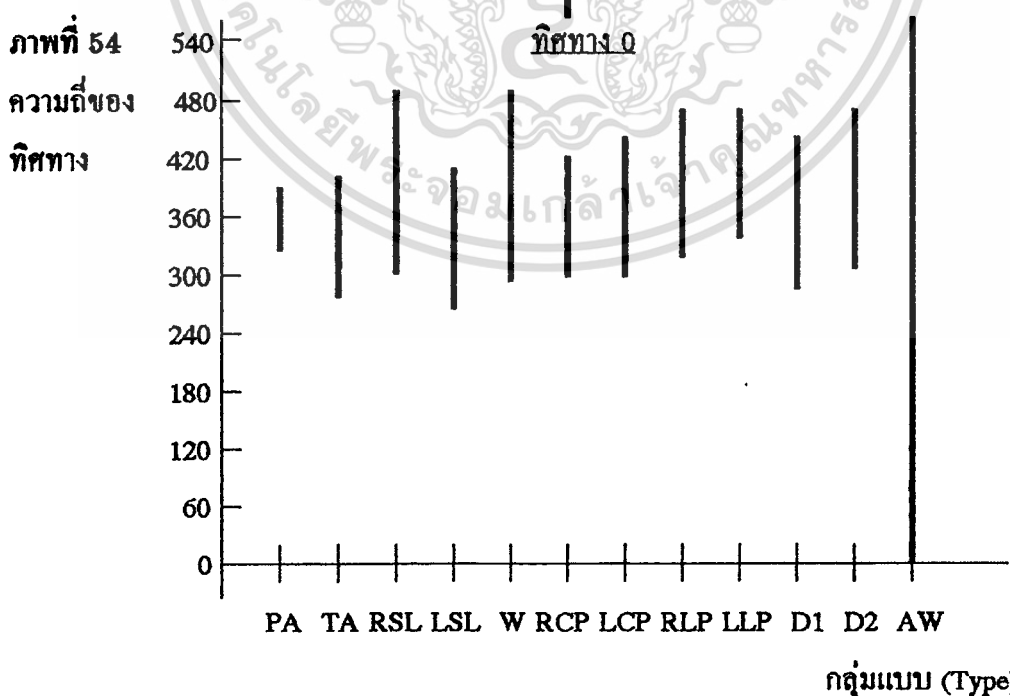
ภาพที่ 53 กำหนดให้ขอบเขต => | = ขนาดของพื้นที่ข้อมูลมาตรฐานที่เก็บไว้



แสดงกราฟช่วงความถี่สูงสุด (f_{max}) ของอิสรโตแกรมของทุกกลุ่มแบบ

ข. เก็บข้อมูลความถี่ของอิสรโตแกรมทิศทาง

กำหนดให้ขอบเขตของทิศทาง 0, 1, 2 และ 3 => | = ขนาดของพื้นที่ข้อมูลมาตรฐานที่เก็บไว้

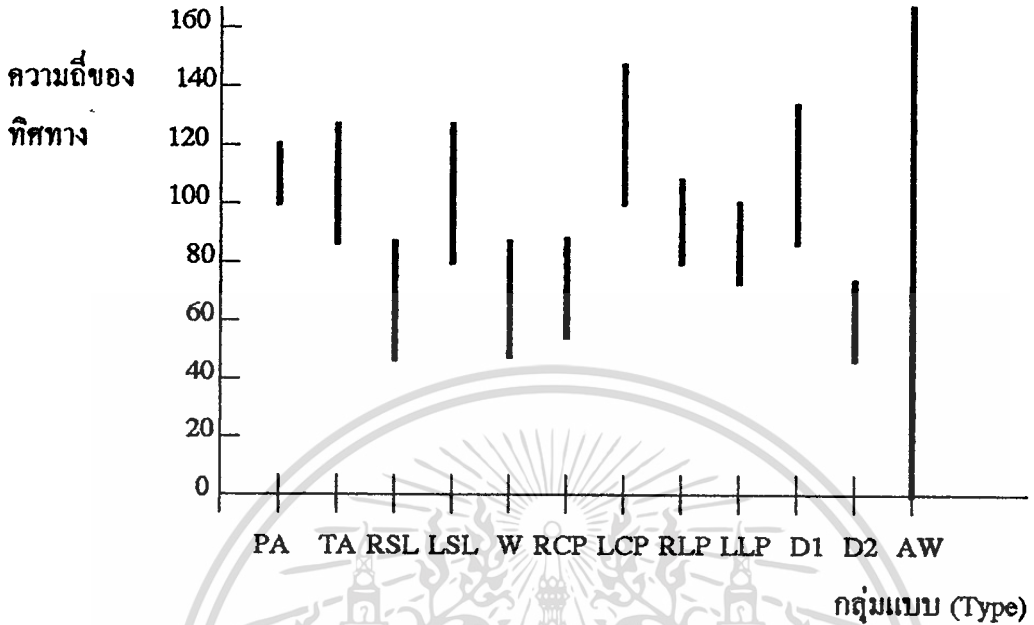


แสดงกราฟช่วงความถี่ของอิสรโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 0) ของทุกกลุ่มแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 55

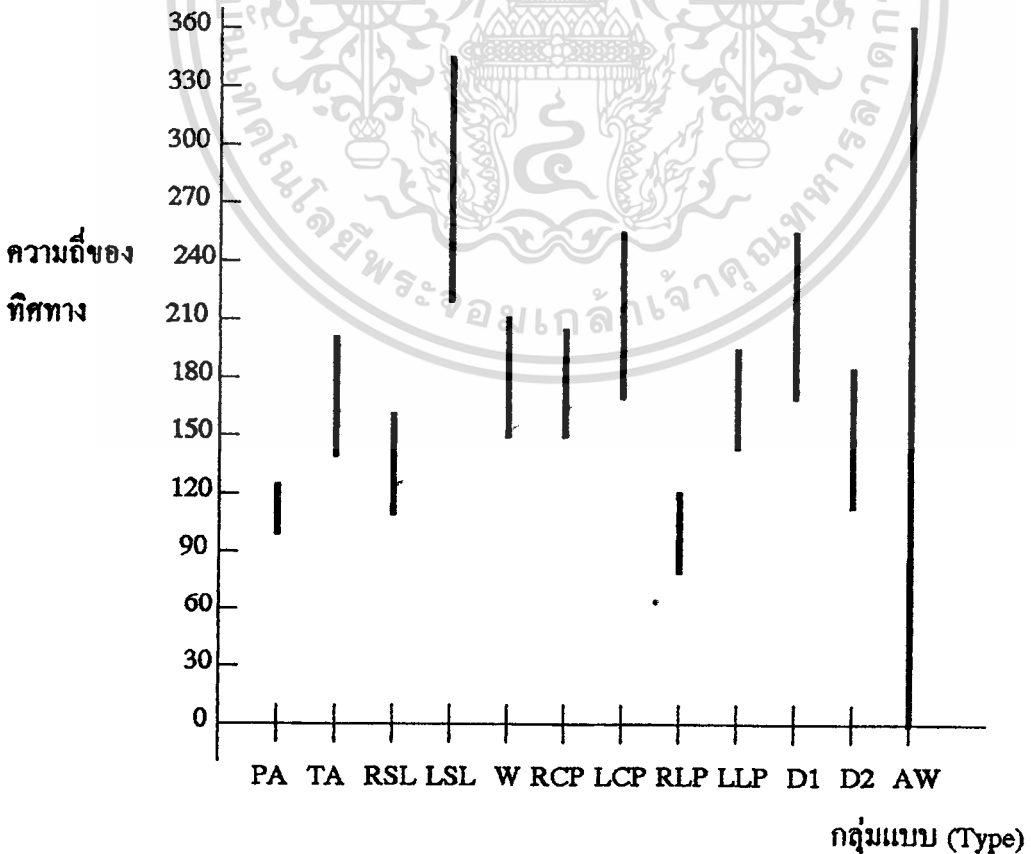
ทิศทาง 1



แสดงกราฟช่วงความถี่ของอัตราทิศทาง (ทิศทาง 1) ของทุกกลุ่มแบบ

ภาพที่ 56

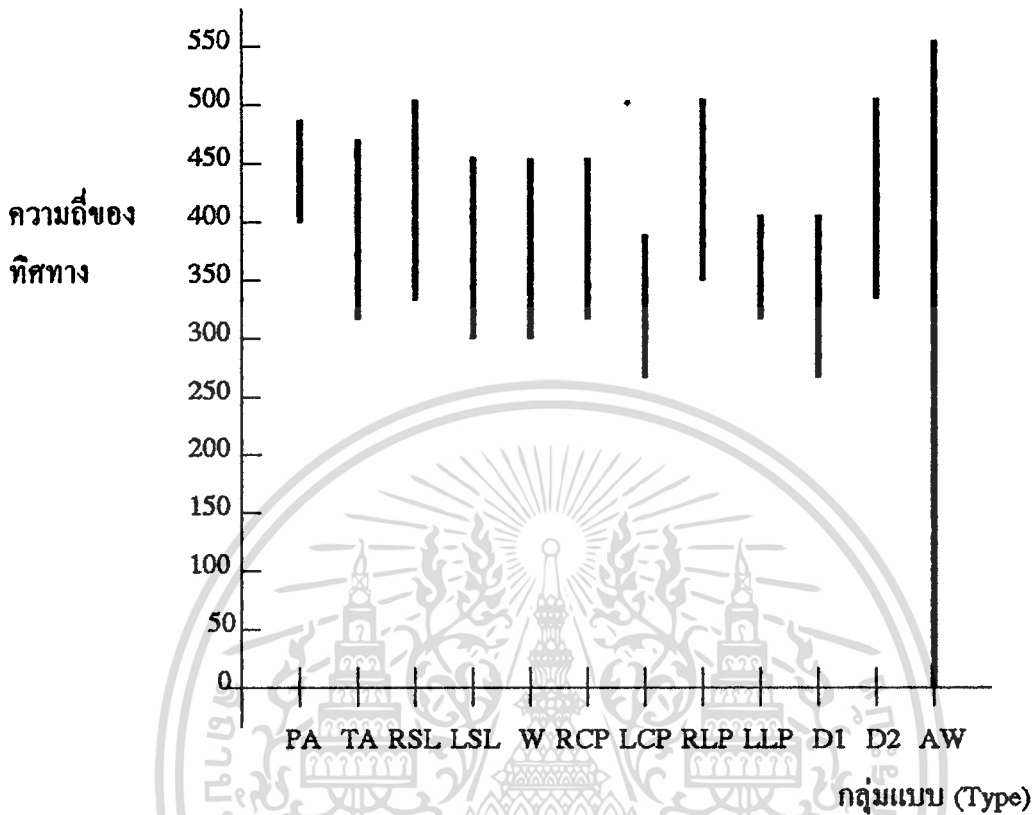
ทิศทาง 2



แสดงกราฟช่วงความถี่ของอัตราทิศทาง (ทิศทาง 2) ของทุกกลุ่มแบบ

ภาพที่ 57

ทิศทาง 3



แสดงกราฟช่วงความถี่ของฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 3) ของทุกกลุ่มแบบ

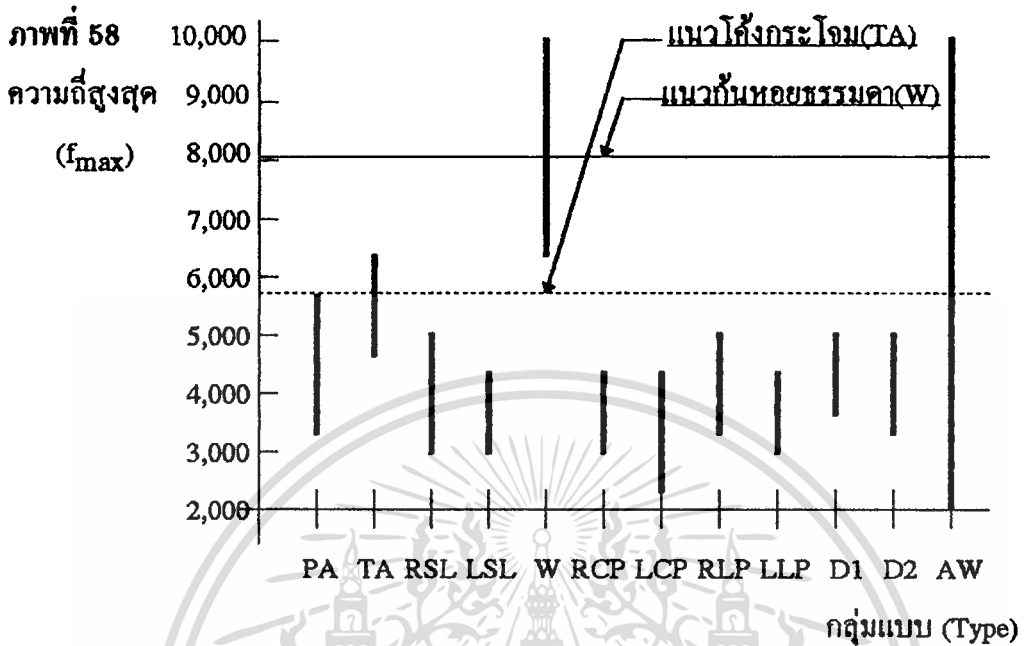
การตรวจเทียบ(Matching)

เป็นการเทียบ(matching) โดยตรวจเทียบจากช่วงของความถี่ฮิสโตแกรมที่อยู่ภายในพื้นที่เดียวกัน จากภาพที่ 53 -> ภาพที่ 57 โดยมีขั้นตอนในการทำดังนี้

1. ประมวลผลภาพและคำนวณ สร้างกราฟหาความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรม และค่าฮิสโตแกรมทิศทาง 0,1,2 และ 3 เมื่ออินพุตข้อมูลภาพทดสอบจากการถ่ายเข้ามา
2. แล้วนำเข้าไปตรวจเทียบกับค่าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลย่อย และตรวจดูกราฟทิศทางเฉลี่ยด้วยสายคาบประกอบกัน
3. ผลที่ได้คือออกมาจะเป็นสัญญาณ (1 หรือ 0) ไปควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ โดยข้อมูลทดสอบฮิสโตแกรมจะต้องอยู่ภายในพื้นที่ f_{max} ของกลุ่มแบบสำหรับฮิสโตแกรม และตกอยู่ภายในพื้นที่ทิศทางทั้ง 4 ทิศทาง ต่อ หนึ่งแบบ ซึ่งถ้าผ่านตามเกณฑ์นี้ให้เป็นสัญญาณ 1 มีผลให้อุปกรณ์ทำงานหรือเปิดอุปกรณ์ และถ้ามีข้อมูลโคอยู่ภายนอกพื้นที่ให้เป็นสัญญาณ 0 ผลก็คืออุปกรณ์ไม่ทำงาน

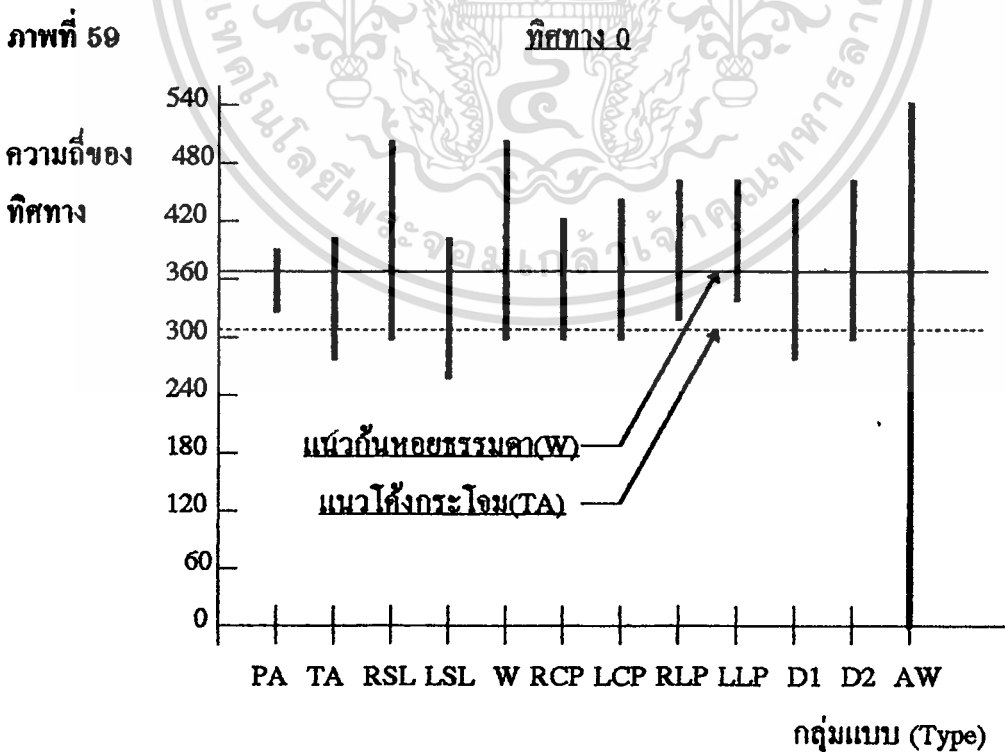
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ฮิสโตแกรม



แสดงการตรวจเทียบค่าความถี่ (f_{max}) ของฮิสโตแกรมของทุกกลุ่มแบบ

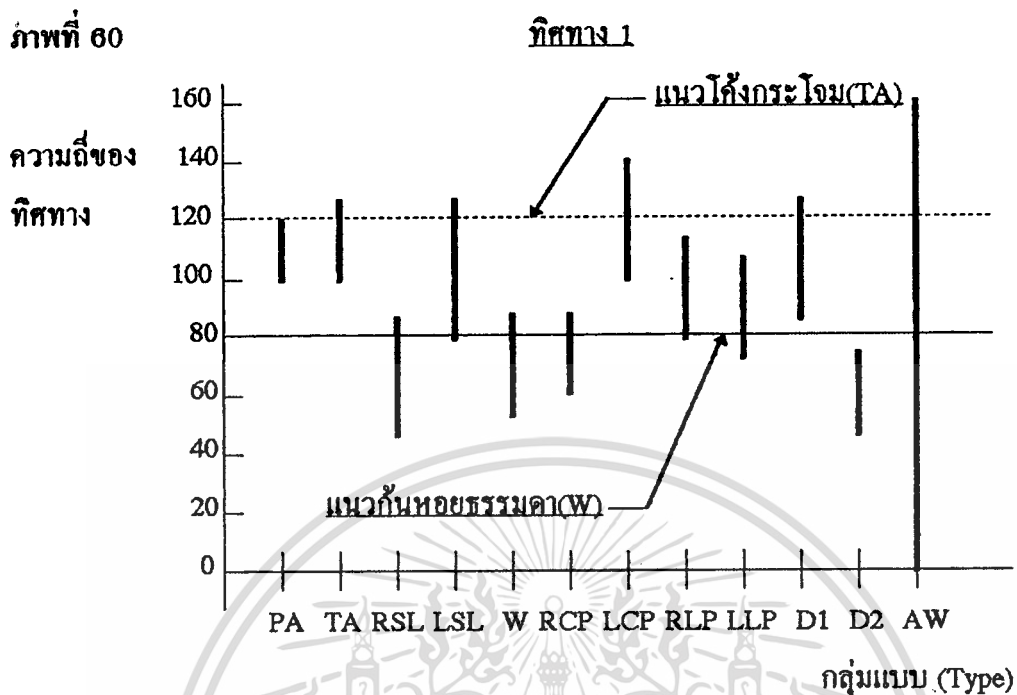
ข. ฮิสโตแกรมทิสทาง



แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิสทาง (ทิสทาง 0) ของทุกกลุ่มแบบ

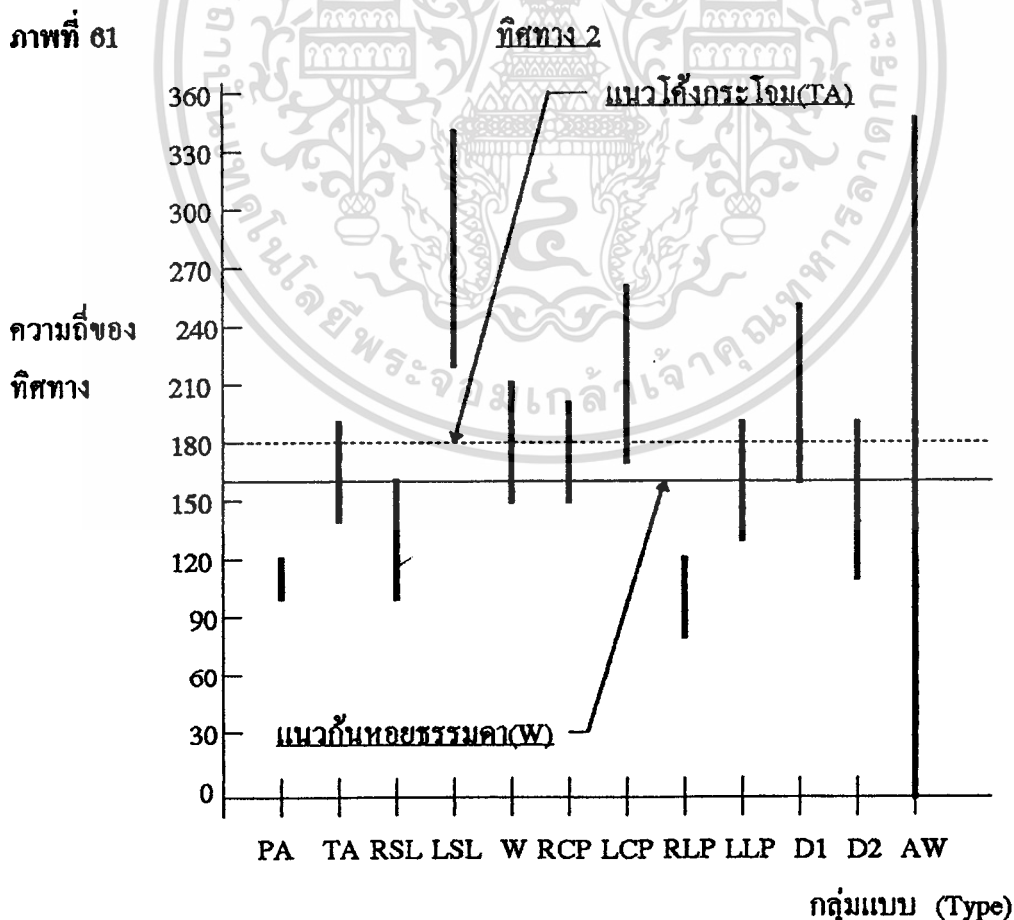
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 60



แสดงการตรวจเทียบค่าอิสรโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 1) ของทุกกลุ่มแบบ

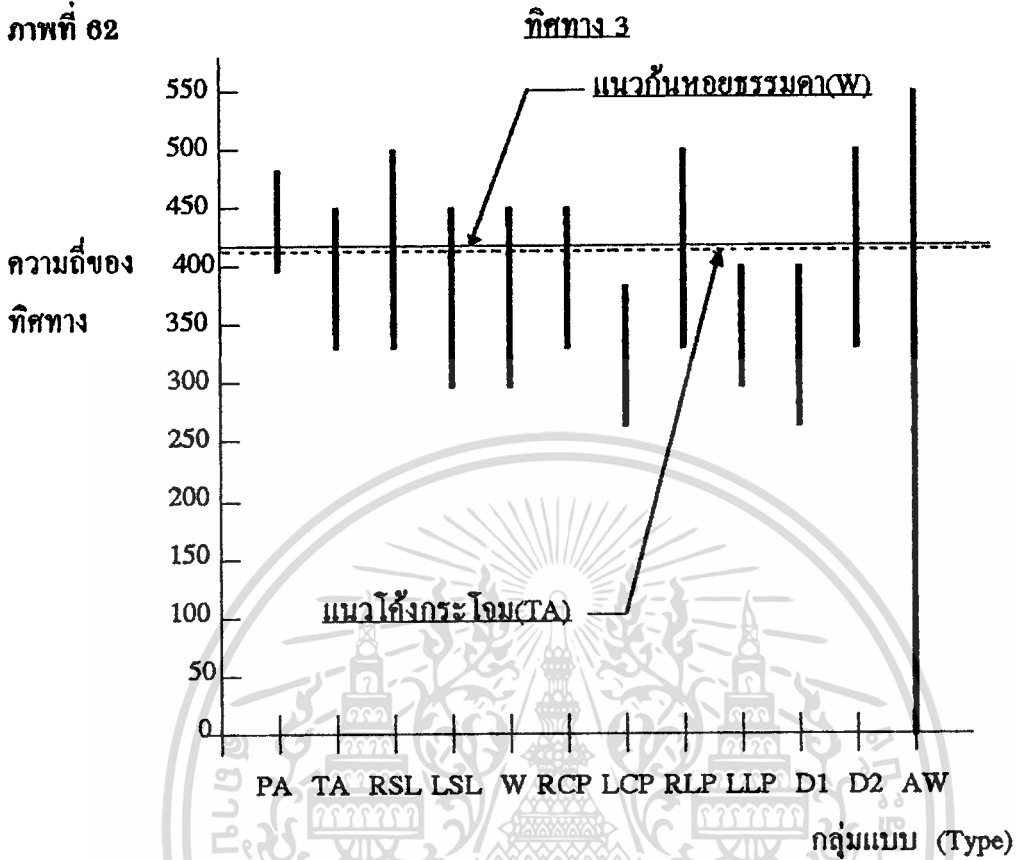
ภาพที่ 61



แสดงการตรวจเทียบค่าอิสรโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง 2) ของทุกกลุ่มแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีซีเอส จำกัด ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ๑๒



แสดงการตรวจเทียบค่าฮิสโตแกรมทิศทาง (ทิศทาง ๑) ของทุกกลุ่มแบบ

หมายเหตุ: ——— แสดงแนวทางการตรวจเทียบของลายนิ้วมือกันหอยธรรมชาติ(W)
 - - - - - แสดงแนวทางการตรวจเทียบของลายนิ้วมือ โค้งระ โจม(TA)

ผลลัพธ์จากการทดลอง

แสดงการตรวจเทียบของบุคคลคนเดียวกันและของแต่ละกลุ่มแบบ มีดังนี้

1. การตรวจเทียบลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกัน 5 แพทเทิร์น

อินพุตลายนิ้วมือหนึ่งจากภาพพิมพ์, ภาพถ่ายหรือภาพวาดขนาดจริงหรือภาพจากนิ้วมือจริง (นิ้วที่ใช้เป็นนิ้วหัวแม่มือ) แปลงเป็นภาพขาวดำ (binary), ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพและลักษณะขั้นคอนสำคัญ เพื่อปรับปรุงแก้ไขภาพ และหาช่วงคะแนนความถี่จึงนำไปทำการวิเคราะห์แล้วตรวจเทียบกับภาพในฐานข้อมูลย่อยตามลำดับชั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ก่อนที่พิจารณาจากลายนิ้วมือของแต่ละคนแต่ละกลุ่มแบบ จะต้องพิสูจน์ลายนิ้วมือของบุคคลคนเดียวกันว่ามีความผิดพลาด จากความสับสนของข้อมูลที่ได้มาเป็นอย่างไร โดยกระทำทั้งหมด 5 ครั้ง ได้ผลลัพธ์ออกมา ดังภาพที่ 50 -> ภาพที่ 52 , ตารางที่ 1

โดยผลการคำนวณเป็นการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลเฉลี่ย เพื่อเป็นแบบอย่างหาเปอร์เซ็นต์ แต่ละกลุ่มแบบซึ่งมีข้อมูลจำนวนมากจะได้ผลดังนี้

$$Q = \frac{\text{ค่าผิดปกติต่ำสุด} + \text{ค่าผิดปกติสูงสุด}}{2}$$

Q = ปริมาณความถี่โดยเฉลี่ยระหว่างค่าต่ำสุดกับค่าสูงสุดของกลุ่มรูปแบบนั้น

$$\text{ค่าความถี่โดยเฉลี่ย} = \frac{9149 - 7951}{2} = 8550$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติ} = \frac{(9149 - 8550) \times 100}{8550} = 7\% \text{ หรือ}$$

$\pm 7\%$ ของ 8550 หรือข้อมูลทดสอบต้องอยู่ระหว่าง 7951 -> 9149

$$\text{ฮิสโตแกรมของทิศทางของ } d_0 = \frac{419 + 347}{2} = 383$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดปกติ} = \frac{(419 - 383) \times 100}{383} = 9\% \text{ หรือ}$$

$\pm 9\%$ ของ 383 หรือข้อมูลทดสอบต้องอยู่ระหว่าง 347 -> 419

และเช่นกัน $d_1 = \pm 28\%$ ของ 75 $d_2 = \pm 16\%$ ของ 191 $d_3 = \pm 18\%$ ของ 388

ในทางปฏิบัติจะกำหนดช่วงจากค่าต่ำสุด ถึงค่าสูงสุด แต่ถ้าข้อมูลในตารางที่ 2 ใช้ $\pm ?\%$ สูงสุดค่าเดียวของทุกทิศทาง

เมื่อพิจารณาผลตามตารางที่ 1 จะเห็นว่าข้อมูลทดสอบทั้งสองข้อมูลได้ผลแตกต่างกัน

(ก) ข้อมูลทดสอบ-มัดหยาขลุ่ (D1) $f_{\max.} = 4873$ ไม่อยู่ภายในกลุ่ม 7951 -> 9149

และฮิสโตแกรมทิศทางเช่นกัน $d_0 = 389$ อยู่ภายในกลุ่ม 347 -> 419

$d_1 = 101$ ไม่อยู่ภายในกลุ่ม 54 -> 96

$d_2 = 213$ อยู่ภายในกลุ่ม 161 -> 222

$d_3 = 321$ อยู่ภายในกลุ่ม 317 -> 460

สรุปได้ว่า มัดหยาขลุ่ (D1) ไม่อยู่ในกลุ่มกันหอยธรรมชาติ (w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ข้อมูลทดสอบ ก้นหอยธรรมดา(w) $f_{\max} = 8730$ อยู่ภายในกลุ่ม 7951-> 9149

ส่วนฮิสโตแกรมทิศทาง $d_0 = 360$ อยู่ภายในกลุ่ม 347 -> 419

$d_1 = 82$ อยู่ภายในกลุ่ม 54 -> 96

$d_2 = 197$ อยู่ภายในกลุ่ม 161 -> 222

$d_3 = 385$ อยู่ภายในกลุ่ม 317 -> 460

สรุปได้ว่า ข้อมูลนี้ถูกต้องตรงกับกลุ่มก้นหอยธรรมดา (W)

2. การตรวจเทียบลายนิ้วมือของบุคคลแต่ละกลุ่มแบบ

ผลลัพธ์การวิเคราะห์และประมวลผลจำนวน 20 นิ้วมือต่อหนึ่งแบบ ในจำนวน 12 แบบที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลย่อย ซึ่งปรากฏว่าเมื่อมีการทดสอบจริงจากลายนิ้วมือหนึ่ง คู่ได้จากตารางที่ 2, ภาพที่ 58 -> ภาพที่ 62 ซึ่งมีจำนวน 240 นิ้วมือ ต่อ 12 แบบ และสรุปได้ดังนี้

2.1. ข้อมูลทดสอบ ไค้งกระโจม(TA) $f_{\max} = 5785$ อยู่ภายในกลุ่ม $\pm 17\%$ ของ 5640 และเข้าอยู่ในกลุ่มมาตรฐานก้นหอยกระเป๋าช้างปักขวา, ซับซ้อน โดยไม่ตรงกลุ่มแบบอื่น

ส่วนฮิสโตแกรมทิศทาง (d_0, d_1, d_2 และ d_3) จะอยู่เฉพาะภายในกลุ่มไค้งกระโจมเท่านั้น และไม่อยู่ในกลุ่มแบบอื่นใดเลย

2.2. ข้อมูลทดสอบ ก้นหอยธรรมดา(W) $f_{\max} = 8424$ ได้อยู่ภายในกลุ่มที่เก็บข้อมูลมาตรฐานของกลุ่มเดียวกัน คือ $f_{\max} = \pm 20\%$ ของ 8424 และไม่เข้าอยู่ทุกกลุ่มมาตรฐานนอกจากแบบซับซ้อน

ส่วนฮิสโตแกรมทิศทาง (d_0, d_1, d_2 และ d_3) จะอยู่ภายในกลุ่มมัดหอยปักขวา, ก้นหอยธรรมดาและมัดหอยคู่แบบ 2 ส่วนกลุ่มแบบอื่นไม่ตรง

สรุปได้ว่า หลักการคิดในแนวทางนี้ยังมีข้อผิดพลาด โดยเฉพาะข้อมูลเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดมีโอกาสเพิ่มขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลงานวิจัยในบทนี้โดยย่อที่ทำมาแล้วรวมทั้งแสดงข้อเสียของการใช้วิธีนี้ อีกทั้งแสดงข้อเสนอแนะเพื่อให้ตรงกับแนวทางของงานวิจัยนี้

1. สรุปงานวิจัยในบทนี้

1.1. ส่วนที่ 1 ประมวลผลภาพเบื้องต้น (Image Preprocessing) ของลายนิ้วมือ เช่นการแปลงข้อมูลระดับเทาเป็นข้อมูลภาพไบนารี, การกำจัดสิ่งรบกวน, การทำให้ลายเส้นบาง เป็นต้น นำผลมาใช้ในการพล็อตจุดทิศทางของกราฟตามแกน x_i และแกน y_i สำหรับฮิสโตแกรมจะถูกวาดขึ้นมาเป็นกราฟแผนภูมิแท่งแสดงค่าของสถิติความถี่ และฮิสโตแกรมทิศทางจะเขียนทิศทางตามระดับเทา และแทนทิศทางด้วย 0,1,2 และ 3 โดยเป็นกราฟผลรวมของแต่ละทิศทาง

1.2. ส่วนที่ 2 ลักษณะขั้นตอนสำคัญ (Feature Extraction) คือ การพล็อตกราฟแสดงกลุ่มแบบตามแนวแกน x_i และแกน y_i ในขั้นตอนนี้ใช้ในการสังเกตของกลุ่มแบบและฮิสโตแกรมหลังการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งใช้ความถี่สูงสุด(f_{max})ของฮิสโตแกรมเพื่อนำมาใช้ตรวจเทียบ ส่วนฮิสโตแกรมทิศทาง ใช้ผลรวมของข้อมูลแต่ละทิศทางคือ ผลรวมของทิศทาง 0, 1, 2 และ 3 เป็นค่าสำหรับใช้ตรวจเทียบ

1.3. ส่วนที่ 3 การจดจำแบบ (Type Recognition) คือ การจดจำแบบกราฟทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i , แกน y_i และทิศทางเฉลี่ยรวม y_i ของแต่ละกลุ่มแบบ, จดจำค่าความถี่สูงสุด(f_{max}) ของฮิสโตแกรมหลังการประมวลผล และจดจำค่าผลรวมทิศทาง 0,1,2,3 ของฮิสโตแกรมทิศทาง

1.4. ส่วนที่ 4 การตรวจเทียบ (Matching) คือ การพิจารณาเทียบค่าที่อยู่ภายในช่วงความถี่สูงสุด (f_{max}) ของฮิสโตแกรม และตรวจเทียบค่าภายในช่วงผลรวมทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางส่วนกราฟทิศทางเฉลี่ยตามแกน x_i , ตามแกน y_i และทิศทางเฉลี่ยรวม y_i ไม่ได้ถูกนำมาใช้ทดสอบเพราะมีไว้เพื่อคุณลักษณะกลุ่มแบบ

1.5. ส่วนที่ 5 การพิจารณาระบบเป็นอัตโนมัติ ซึ่งในส่วนตรงนี้ยังไม่ได้ทำทั้งระบบ เพราะในส่วนที่ 4 เพียงแต่วางแนวทางและหลักการเอาไว้เนื่องจากได้พิจารณาว่าทั้งฮิสโตแกรมและฮิสโตแกรมทิศทางมีความผิดพลาดมากจากส่วนที่ 3 และการทดสอบกราฟของภาพที่ 58 -> ภาพที่ 62 ซึ่งปรากฏว่าแต่ละกลุ่มแบบเหลื่อมกันหลายกลุ่ม

หมายเหตุ กลุ่มซับซ้อนต้องเฟื่อเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดถึง 100% หมายความว่า กลุ่มรูปแบบนี้จะกลายเป็นลายนิ้วมือที่ไม่สามารถเข้ากับแบบใดๆ ได้จะมากที่ซับซ้อนหมด เพราะเป็นลายที่ยุ่งเหยิงและหาจุดศูนย์กลางยาก เนื่องจากมีลายเส้นมีสองกลุ่มแบบรวมกันขึ้นไปและยากต่อการพิจารณาให้เที่ยงตรงแน่นอน

2. ข้อเสียของระบบ

2.1. มีความยุ่งยากซับซ้อนโดยเฉพาะการประมวลผลเบื้องต้น ใช้เวลาประมาณ 6 นาทีต่อ 1 แพทเทิร์น(1 ภาพ) เฉพาะฮิสโตแกรมประมาณ 4-5 นาทีและฮิสโตแกรมทิศทางอีกประมาณ 1-2 นาที จึงเสียเวลาและไม่เหมาะกับการใช้งาน AFVS ถ้า แพทเทิร์น เพิ่มขึ้น

2.2. ถ้าลายนิ้วมือมีจำนวนเพิ่มขึ้นทำให้รายละเอียดมีมาก โอกาสที่จะผิดพลาดน้อยลง แต่จะตรวจเทียบได้ยากเพราะค่าความถี่ที่ออกมาจะเลื่อมกันมากทำให้การจดจำรูปแบบไม่ถูกต้อง

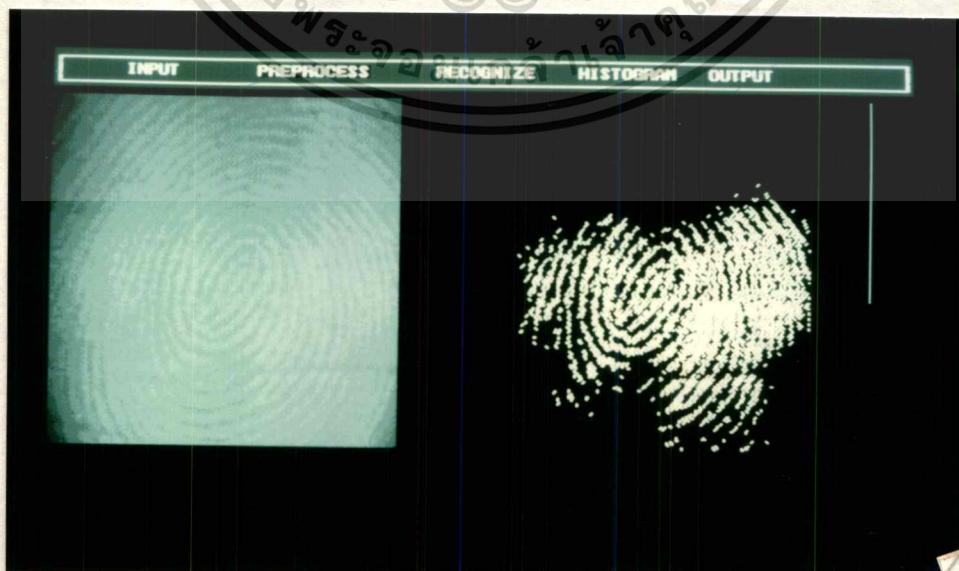
2.3. หลักการนี้ใช้ได้กับลายนิ้วมือที่เป็นหมึกพิมพ์ค่าเพราะภาพขาวดำมีความชัดเจนกว่า และเมื่อแปลงเป็นไบนารีก็จะง่ายในการประมวลผล แต่ถ้าเป็นลายนิ้วมือจริง (สด) ความคมชัดของภาพจะไม่ดีเพราะระดับเทามีความใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อทำการประมวลผลปรากฏว่าโปรแกรมไม่สามารถทำได้โดยตลอด เช่น การทำให้บาง (thinning) รูปภาพที่ 63

2.4. ในการประมวลผลเบื้องต้นจะต้องกำหนดเทสโวลต์ทุกครั้ง โดยกำหนดไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลภาพเพื่อให้มีความชัดและความละเอียดให้มาก

2.5. การนำเอาผลรวมความถี่ฮิสโตแกรมทิศทางทั้ง 4 ทิศ ปรากฏว่าข้อมูลลายนิ้วมือแต่ละนิ้วมีโอกาสตรงกันได้(ดูผลสรุปของตารางที่ 1) ดังนั้นจึงไม่เหมาะนำมาใช้

2.6. งานวิจัยที่กล่าวมา ยังไม่สามารถตรวจเทียบลายนิ้วมือได้ ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการอีกทั้งยังยุ่งยากเกินไป ทำให้ล่าช้า

ภาพที่ 63



แสดงการประมวลผลเบื้องต้นของลายนิ้วมือกันหอยจริง (สด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1. ผลของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ (AFVS) ไม่จำเป็นต้องประมวผล โดยละเอียดเพราะต้องใช้งานให้ได้ผลอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงอาจใช้วิธีการอื่นที่ดีกว่านี้

3.2. เนื่องจากเป็นระบบเล็ก ๆ มีการเก็บลายนิ้วมือไม่มากนัก และใช้เกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัยหรือเปิดปิดอุปกรณ์ โดยผู้ใช้งานมีเพียงไม่กี่คนและไม่จำเป็นต้องทำประมวผลเบื้องต้นคือทำเป็นใบนารี, การทำให้บาง เป็นคั่น ซึ่งทำให้เสียเวลา ด้วยเหตุนี้จึงได้หาวิธีการที่เหมาะสมกว่ามาใช้ ซึ่งได้นำเอาแนวทางและอัลกอริทึม เฉพาะทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางมาใช้โดยตรง และนำเอาวิธีการของนิวโรลเน็ตเวิร์กมาใช้คำนวณเพื่อให้เรียนรู้และจดจำ เพื่อความรวดเร็วของระบบการตรวจเทียบ พร้อมทั้งทำให้เป็นระบบอัตโนมัติได้มากยิ่งขึ้น



บทที่ 5

โครงข่ายนิวรอล (Neural Network)

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและความเป็นมาของโครงข่ายนิวรอล ซึ่งจะกล่าวถึง นิวรอลของสิ่งมีชีวิตและนิวรอลเทียม รวมทั้งประโยชน์ที่ได้จากการเรียนรู้และจดจำโดย เป็นวิธีการที่สามารถเลียนแบบโครงสร้างภายใน ให้คล้ายคลึงกับเซลล์สมองมนุษย์ได้ถึงแม้ จะไม่ใช่เท่าสมองมนุษย์ ซึ่งแนวทางและหลักการนี้ มีประโยชน์ต่อระบบตรวจเทียบลายนิ้ว มืออัตโนมัติ (AFVS) เป็นอย่างมาก อาทิเช่น โครงข่ายนิวรอลอิเล็กทรอนิกส์ ได้เชื่อมต่อกัน เป็นร่างแห เรียกว่า "โมเดลเชื่อมโยง" (Connectionist Models) หรือ "ระบบคอนเน็กชันนิซึม" (Connectionism) [9] มีคุณสมบัติที่สำคัญของระบบนิวรอลเน็ตเวิร์ก 4 ประการ ดังนี้

- ก. การทำงานง่ายเนื่องจากคล้ายเซลล์สมองมนุษย์มีจำนวนมาก
 - ข. โครงข่ายที่เชื่อมต่อกันได้ โดยจะอยู่ในรูปของค่าน้ำหนักที่ต่อเชื่อม (Weighted Connection)
 - ค. ช่วยกันทำงานในลักษณะขนานและแพร่กระจายออกไป
 - ง. มีความสามารถในการเรียนรู้และจดจำแบบอัตโนมัติ
- จึงเป็นระบบที่เหมาะสมกับการทำงาน และการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถ อธิบายของทฤษฎีนิวรอลเน็ตโดยย่อ มีดังต่อไปนี้

โครงข่ายนิวรอลของสิ่งมีชีวิต (Biological Neural Networks)

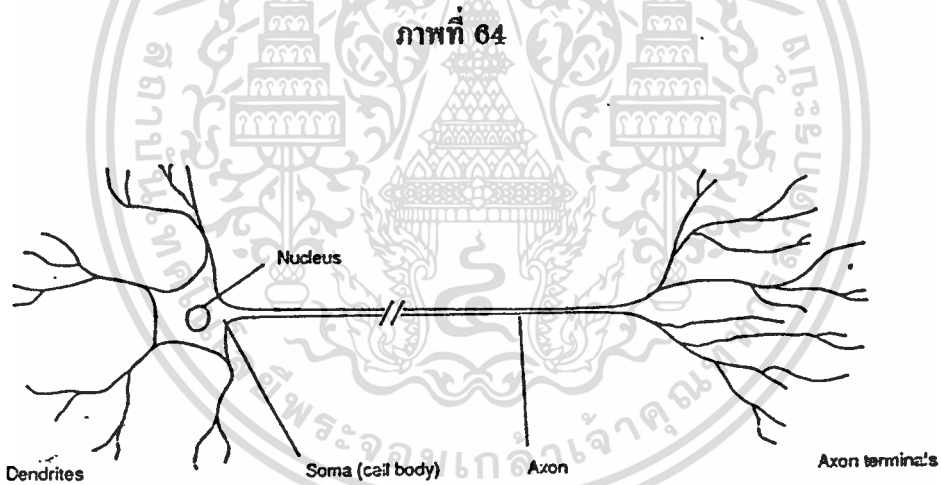
โครงข่ายนิวรอลเริ่มต้นมาจากการศึกษาระบบเซลล์นิวรอลของมนุษย์ เพื่อที่จะเข้าใจ การทำงานของกลุ่มเซลล์นิวรอลในสมอง จึงมีการพัฒนาเป็นแบบจำลองการทำงานของเครือข่ายนิวรอล ในรูปของโมเดลเชิงคณิตศาสตร์ใช้ประโยชน์กับระบบผู้เชี่ยวชาญ เช่น electrophysiological ของเซลล์นิวรอลแต่ละเซลล์ พื้นฐานนี้จะนำไปสู่ฟังก์ชันของนิวรอล โดย เป็นการประมวลผลข่าวสาร (information processors) [11], [12] ซึ่งอธิบายเป็นข้อๆ ดังนี้

1. นิวรอล (The Neuron) นิวรอลมีลักษณะแบบเซลล์ชีวิตที่เป็นร่างแห โดย

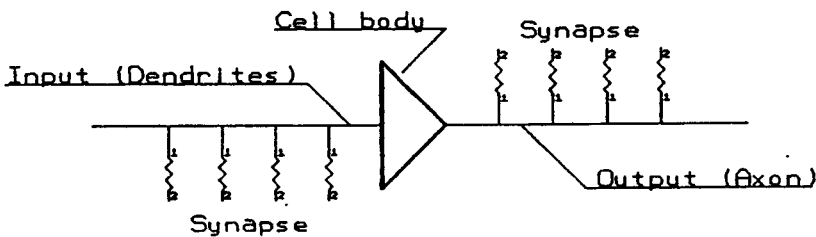
โครงข่ายมีความแตกต่างกันมากมีทั้งขนาดสั้น, ขนาดยาว, รูปร่างกลม, สามเหลี่ยม หรือรูป
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายดาวดูภาพที่ 64 (ก), สมองมนุษย์มีเซลล์นิวรอนเป็นโครงสร้างแต่ละเซลล์จำนวนประมาณ 1011 นิวรอนหรือหนึ่งแสนล้านเซลล์ และประกอบด้วยตัวเซลล์ร่างกาย (cell body) ซึ่งมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลางรอบๆตัวเซลล์นิวรอน จะมีสิ่งที่ยื่นออกไปเพื่อรับข้อมูลภาพเข้ามาประมวลผลและส่งสัญญาณไปที่เซลล์นิวรอนอื่นเรียกว่า เอ็กซอน(axon) และที่ปลายกิ่งจะแตกออกเป็นก้านย่อยๆเพื่อส่งผ่าน ไปยังเดนไดรท์ (dendrite)

ฮอดจ์กินและฮักเลย์ [8] ได้รับรางวัลโนเบลทางชีววิทยา ได้ค้นพบว่าการไหลของสาร ประกอบโซเดียม, ความต่างศักย์ระหว่างสารที่อยู่ในเอ็กซอน และสารที่อยู่นอกเอ็กซอน จะมีค่าของ ความต่างศักย์อยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 มิลลิโวลต์ จากผลการศึกษาดังกล่าว ทำให้เราสามารถจำลองการทำงานของเซลล์นิวรอน โดยอาศัยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ได้ ภาพที่ 64 (ข) เมื่อเทียบความคล้ายคลึงนิวรอนสมองมนุษย์กับนิวรอนอิเล็กทรอนิกส์ จะเห็นว่าเป็นวงจรขยายแบบอนาล็อกรับสัญญาณอินพุตผ่านตัวความต้านทาน แล้วส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยังวงจขยายตัวอื่น ๆ ได้เช่นกัน



(ก) นิวรอนของสมองมนุษย์



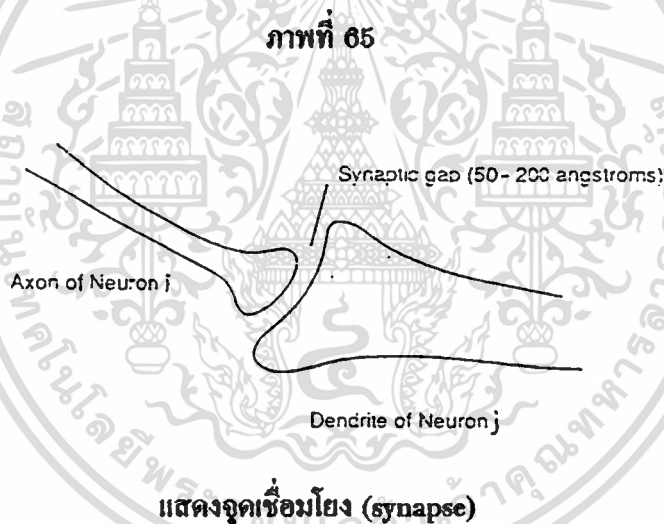
(ข) นิวรอนอิเล็กทรอนิกส์

แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์นิวรอนทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสื่อสารระหว่างนิวรอน (Communication between neurons)

ในทางไฟฟ้าโครงข่ายได้ส่งข่าวสารอย่างอิสระ ด้วยสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ โครงข่ายเชื่อมระหว่างสัญญาณที่ได้ส่งผ่านจากโครงข่ายหนึ่งไปยังอีกโครงข่ายอื่นๆ ดังนั้น กิ่งก้านของเซลล์นิวรอนอาจแสดงโครงข่ายนิวรอนหลายๆอินพุต ไปยังเอาต์พุต โดยเอาต์พุต 1 เส้น จะเป็นแกนโคคๆ ของโครงข่าย และเชื่อมกันด้วยรอยต่อระหว่างกันของเซลล์นิวรอนที่ต่างกันเรียกว่า จุดเชื่อมโยง(ไซแนปส์)อินพุตและเอาต์พุต มีประมาณ 104 การเชื่อมโยงไซแนปส์เป็นจุดเชื่อมโยงของเอ็กซอน (อุปกรณ์เอาต์พุต) ของนิวรอนเซลล์หนึ่ง และเดนไดรต์ (อุปกรณ์อินพุต)ของอีกเซลล์หนึ่ง และยังสามารเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ตามสัญญาณที่ได้ส่งระหว่างกันของเซลล์นิวรอน ทำเหมือนกับการถ่ายเทสารประกอบของโซเดียมไปยังโพแทสเซียม โดยปลายสุดของแกนจะขยายออกเป็นทางเล็กๆมีขนาด 50-200 อังสตรอมส์ เรียกว่า ไซแนปส์ติดแก้ว



ไซแนปส์มีฟังก์ชันการทำงาน 2 ลักษณะคือ ไซแนปส์แ่งบวก (Excitatory Synapses) และไซแนปส์แ่งลบ(Inhibitory Synapse) ไซแนปส์แ่งบวกเป็นชนิดที่จะทำให้สัญญาณเอาต์พุต ส่งผ่านมามีความถี่สูงขึ้น ส่วนไซแนปส์แ่งลบจะให้สัญญาณเอาต์พุตมีความถี่ต่ำลง นอกจากนี้ความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตยังขึ้นอยู่กับความแรง หรือปริมาณสัญญาณอินพุต และเงื่อนไขที่แสดงในรูปของน้ำหนักของจุดเชื่อมโยง(ไซแนปส์) ด้วยคุณสมบัติต่างๆ มีผลต่อการจดจำ (Memory) และการประมวลผล (Processing) ของสมองมนุษย์อีกทั้งจะขึ้น อยู่ กับ โครงสร้างของการเชื่อมโยงน้ำหนักระหว่างจุดไซแนปส์เหล่านี้

3. การเรียนรู้โครงข่ายนิวรอน(Learning in Neural Networks)

นิวรอนมีความสามารถในการเรียนรู้, จดจำ, การหาเหตุผล และแยกแยะข้อมูล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น มิอนุญาตให้拿去เผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สลับซับซ้อนได้โดยอัตโนมัติ เช่น วิธีแบบการแพร่กลับ (Backpropagation) และถ้าออกแบบความประพฤติจะมีความแตกต่างกันออกไปมีลักษณะที่ไม่จำกัด, นิวรอล 1 เส้น ได้แสดงความรู้สึกถึงการรับรู้เสมือนเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ส่งสัญญาณผ่านไปยังส่วนต่างๆของร่างกายเนื่องมาจากสมองประกอบด้วยระบบย่อยหลาย ๆ ระบบที่มีความสลับซับซ้อน ซึ่งอยากต่อการวิเคราะห์ออกมาได้ แต่ในระบบนิวรอลเน็ตเวิร์ก ยังมีฟังก์ชันการเรียนรู้เป็นขบวนการหนึ่งที่มีการคิดปรับค่าน้ำหนักและค่าพิคัด (Theshold Value) ที่อยู่ภายในระบบให้สอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างของชุดข้อมูลอินพุต, เอาท์พุทที่ป้อนเข้าสู่ระบบในช่วงจังหวะของการเรียนรู้ กล่าวคือน้ำหนักของจุดเชื่อมโยงจะต้องถูกปรับแต่งจนกระทั่งการทำงานของฟังก์ชันทั้งระบบเป็นไปตามลักษณะพิเศษของกลุ่มตัวอย่างที่ป้อนให้

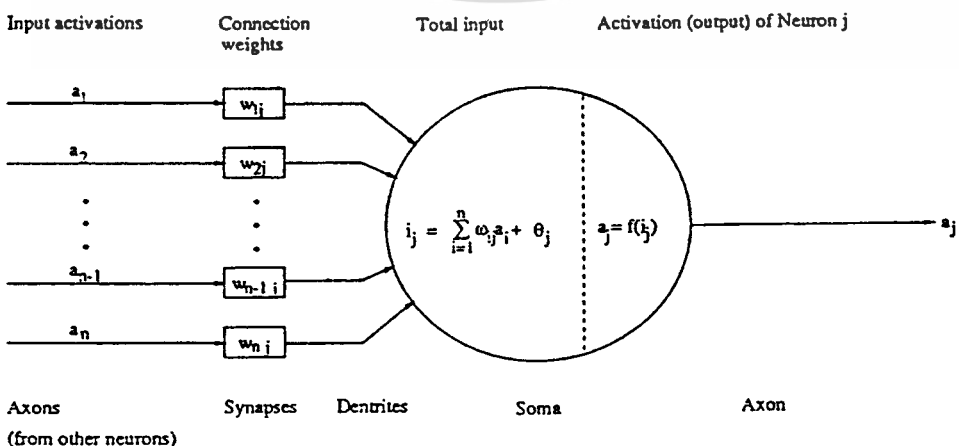
โครงข่ายนิวรอลเทียม (Artificial Neural Networks)

คำว่า "เทียม" (artificial) เป็นการคิดคำนึงถึงหลักของความเป็นจริงที่ทดสอบ และจำลองลักษณะเฉพาะแนวทางและมีความสามารถในทางปฏิบัติเรียกว่า โครงข่ายนิวรอลเทียม โดยมีการออกแบบ, ประดิษฐ์จากงานวิศวกรรมและเทคนิคต่างๆ ดังนี้

1. นิวรอลเทียม (The Artificial Neuron)

ประโยชน์ในทางปฏิบัติที่ได้รับ (รูปภาพที่ 66) เป็นโคแอสแกรมที่ได้แสดงทิศทางคล้ายนิวรอลของสิ่งมีชีวิตและนิวรอลเทียมเป็นขบวนการง่ายๆ โดยนิวรอลเทียมอาจมีอินพุตจำนวนมากเข้ามาอย่างต่อเนื่องและมีเอาท์พุทเพียงหนึ่งเซลล์ที่วิ่งไปยังนิวรอลอื่น ในการคำนวณค่าเอาท์พุทหนึ่งจะเท่ากับ ผลรวมของค่าน้ำหนักที่เข้ามาอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันอินพุตทั้งหมด

ภาพที่ 66



แสดงรูปแบบของนิวรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงข่ายการแพร่กลับ (Backpropagation)

นิวรอนเทียมได้รับแรงกระตุ้นจากฟังก์ชัน (Activation Function) หนึ่ง, หลาย ๆ ครั้ง จึงเรียกว่า ฟังก์ชันการส่งผ่าน (Transfer Function) ดังนั้นโครงข่ายจึงถูกแรงกระตุ้นอย่างคงที่เมื่อเพิ่มอินพุตเป็นแบบลิเนียร์ฟังก์ชันทำให้เกิดความไม่คงที่ของโครงข่ายจึงได้แก้ไขโดย “ข้อจำกัด” เป็นการบังคับนิวรอนให้ทำงานอย่างต่อเนื่องของฟังก์ชันเทสโตนัล (Continuous Threshold Function) เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องที่จำกัดความราบเรียบของเทสโตนัล โดยพบข้อจำกัดโครงข่ายที่สามารถย้อนกลับได้ต่อมาปี 1974 เพอล์ เวอร์บอส เรียกการเรียนรู้ที่ว่าโครงข่ายการแพร่กลับ (Backpropagation) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคำนวณความต่อเนื่องโดยปรับค่าน้ำหนักทุกๆ ชั้น ของโครงข่าย เมื่อค่าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงโครงข่ายเอาต์พุตจะวกกลับเข้ามาที่โครงข่ายอินพุต ดังนั้นการคำนวณโครงข่ายต่อเนื่องจึงใช้กฎลูกโซ่ (Chain rule) จึงมีการคำนวณอนุพันธ์เมื่อกระตุ้นโหนดถัดไปอย่างต่อเนื่อง และในการส่งอนุพันธ์ฟังก์ชันจึงมีผลต่อฟังก์ชันเทสโตนัลโลจิกและฟังก์ชันเซมิลิเนียร์ที่มีความไม่ต่อเนื่อง เพื่อให้ราบเรียบเพิ่มขึ้นโดยไม่จำกัดอนุพันธ์ เมื่อเกิดกระตุ้นผ่านโหนดจึงเรียกวิธีการนี้ว่า ซิกมอยด์ (sigmoid) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ต่อเนื่องนิวรอนแต่ละเซลล์ของระบบโครงข่ายจะประมวลผลให้สัญญาณเอาต์พุต เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอินพุตน้ำหนัก ที่เป็นสายเชื่อมโยงอินพุตแต่ละตัวและค่าพิกัด (Threshold) กล่าว คือ เอาต์พุตของนิวรอนส่งผลลัพธ์เป็น 1 ถ้าผลบวกของผลคูณระหว่างสัญญาณอินพุตและค่าน้ำหนักที่เชื่อม มีค่ามากกว่าค่าพิกัดที่กำหนดไว้ (ปรับค่าได้) เอาต์พุตจะเป็น 0 ต่อมาได้มีการประยุกต์ให้สามารถเรียนรู้แพทเทิร์นที่มีความสลับซับซ้อนและทำได้ต่อเนื่องอย่างอัตโนมัติ ประกอบไปด้วยการเพิ่มจำนวนชั้นหลาย ๆ ชั้นและจำกัดจำนวนโหนด โดยการปรับค่าน้ำหนักจากอินพุตถึงชั้นที่ เรียกว่า ฮิดเดน คือโหนดที่ซ่อนอยู่ภายใน ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้แบบการแพร่กลับ โดยนำเอาฟังก์ชันของความคลาดเคลื่อนระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและสัญญาณที่ส่งออกมาจากตัวนิวรอนเองจากการกระตุ้นอนุพันธ์ฟังก์ชันต่อเนื่อง เพื่อหาความผิดพลาดสำหรับโหนดที่ซ่อนอยู่ภายในแล้วใช้กฎลูกโซ่หาเอาต์พุตโหนดโดยจะไม่สนใจข้อจำกัดเล็ก ๆ น้อย ๆ โครงสร้างของโครงข่ายการแพร่กลับหนึ่งๆ มีการรับรู้ด้วยโหนดเอาต์พุตอยู่หนึ่งโหนดหรือมากกว่า และโหนดชั้นฮิดเดนหรือชั้นที่ซ่อนอยู่ภายในระหว่างชั้นอินพุตและเอาต์พุต ภาพที่ 67 และภาพที่ 68 แสดงชั้นที่ซ่อนอยู่ภายในโครงข่ายมีจำนวนมากซึ่งอาจมี 1, 2, ..., 3 ชั้น โดยเชื่อมโยงเป็นโครงข่ายระหว่างโหนดของชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต

การแพร่กลับ เป็น โครงข่ายชนิดสุ่มน้ำหนักเข้ามาจะปรับค่าน้ำหนักแต่ละครั้ง ที่

เห็นคู่ของอินพุตและเอาต์พุตซึ่งมี 2 แนวทาง คือ การส่งผ่านไปข้างหน้า (Forward pass)

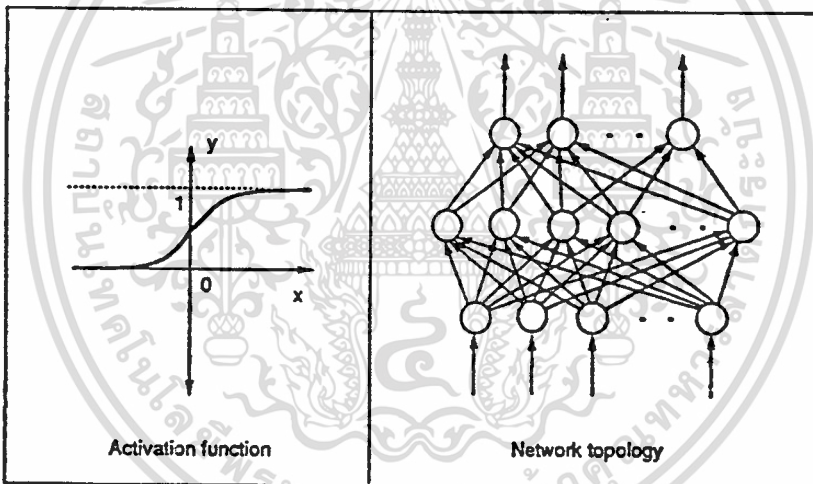
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการส่ง ผ่านกลับมาข้างหลัง (Backward pass)

การส่งผ่านไปยังข้างหน้า เป็นการส่งชุดตัวอย่างของอินพุตไปยังโครงข่าย และกระทำไปจนถึงชั้นเอาต์พุตระหว่างที่มีการวกกลับมา เอาต์พุตจริงของโครงข่ายจะวิ่งไปข้างหน้าและถูกเปรียบเทียบกับเอาต์พุตที่เป็นเป้าหมาย(goal)และประมาณค่าผิดพลาด(error) ระหว่างเอาต์พุตที่ได้กับเอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งได้คำนวณแบบถึเนียบวกกับเทสโสลต์ที่หน่วยเอาต์พุตกับค่าน้ำหนัก (weights) ที่เชื่อมไปยังเอาต์พุต จึงถูกปรับลดความผิดพลาดลงได้ เมื่อประมาณค่าผิดพลาดของ หน่วยเอาต์พุต เราสามารถหาค่าผิดพลาดของหน่วยในชั้นฮิดเดนได้โดยสามารถแก้ไขและปรับค่าน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง ภายในระหว่างโหนดจากนั้นค่าผิดพลาดจะถูกแพร่กลับไปยังจุดเริ่มต้นของ การเชื่อมต่อ โดยเริ่มตั้งแต่หน่วยอินพุตใหม่

ภาพที่ 67



แสดงโครงข่ายการแพร่กลับ: แอคติเวชันฟังก์ชันและรูปแบบโครงข่าย

3. การเรียนรู้และจดจำ โดยวิธีการแพร่กลับ

ได้เอาหลักการนิเวรอลโดยวิธีการแพร่กลับแบบหลายๆ ชั้นนำมาคำนวณเรียนรู้และจดจำ ภาพที่ 68 ประกอบด้วยชั้นของเซลนิเวรอลจำลอง 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุต (input layer= i), ชั้นฮิดเดน (hidden layer $\Rightarrow h$) และชั้นเอาต์พุต (output layer $\Rightarrow j$) ตามลำดับ โดยมีการทำงานได้เร็วและเสี่ยหายยาก ทั้งนี้เพราะถูกสร้างขึ้นมาให้เรียนรู้แบบสมองมนุษย์ วิธีการแบบหลายชั้นจึงเป็นแบบโครงข่ายย้อนกลับทุกๆชั้น ซึ่งเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาของโครงข่ายให้ดีขึ้น เช่นการจำแนกชนิดของงาน เป็นต้น เริ่มจากสัญญาณป้อนเข้ามายังโหนดของชั้นอินพุต ผ่านไปยังโหนด ของชั้นฮิดเดน และออกที่โหนดของชั้นเอาต์พุต เส้นทางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

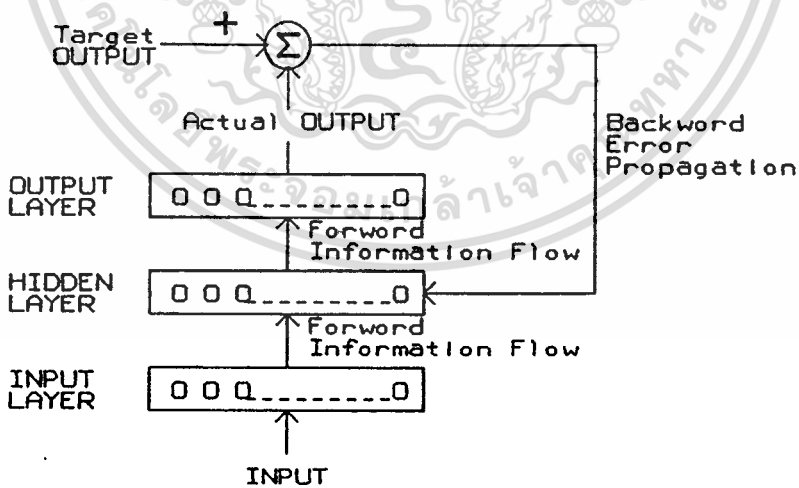
ชั้นจึงเป็นค่าน้ำหนัก(weights) โดยเชื่อมกันทุกๆหน่วย เมื่อเริ่มการทำงานจากอินพุตออกไปยังเอาต์พุต โหนดฮิดเดนจะเป็นตัว รับรู้ลักษณะที่ซับซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพ และพฤติกรรมของฮิดเดนจะเป็นการเรียนรู้แบบอัตโนมัติภายในกลุ่ม มีการสอนแบบมีประสพการณ์สูงสุด ดังนั้นการสอนจะทำให้ได้โดยผลต่างความเข้มของทุกจุดภาพ (pixel) แล้วทำการปรับค่าน้ำหนัก (weights) ทุก ๆ เส้นทางจนถึงเอาต์พุต

การเรียนรู้และจดจำของนิเวรอลเน็ต สามารถแยกอินพุตที่เคยถูกสอนมาให้จำได้เท่านั้นแต่จะ"generalize" และสามารถที่จะแยกอินพุตที่ไม่เคยสอนมาก่อนออกไปได้ เอาต์พุตของการแพร่กลับ จะเป็นเลขจำนวนจริงที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ลักษณะแบบ S-shaped ซึ่งต่อเนื่องและสามารถแสดงความแตกต่างได้จากการรวม (sum) เป็นผลรวมน้ำหนัก(weights)ของอินพุตไปยังหน่วยนั้น และสมการที่จะให้เอาต์พุตของหน่วย คือ

$$\text{เอาต์พุต} = \frac{1}{1 + e^{-sum}} \dots\dots\dots (1)$$

สังเกตได้ว่า $sum = 0$ เอาต์พุตจะเป็น 0.5

ภาพที่ 68



แสดงโครงสร้างของการแพร่กลับหลาย ๆ ชั้น

กฎสามเหลี่ยมทั่วไป (The Generalized Delta Rule)

ในการฝึกฝนโดยวิธีการแพร่กลับ ได้ใช้กฎสามเหลี่ยมสำหรับโครงข่ายโดยกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ค่าน้ำหนัก (weights) สำหรับโครงข่ายทั้ง 3 ชั้น ซึ่งจับคู่อินพุตไปยังเอาต์พุตให้สอดคล้องกันเมื่อให้ R เป็นจำนวนโหนดในชั้นของอินพุต ให้ U เป็นจำนวนโหนด ในชั้นฮิดเดน และ V แทนจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุต โดยชั้นอินพุต,ฮิดเดนและเอาต์พุตจะมีการบวกค่าเทสโวลด์ และให้โหนดในชั้นอินพุตด้วย a_i โหนดในชั้นฮิดเดนด้วย a_h และโหนดในชั้นเอาต์พุตด้วย a_j น้ำหนักที่แสดงการเชื่อมจากชั้นอินพุตไปยังฮิดเดน คือ w_{ih} เมื่ออักษร i ระบุหน่วยอินพุต และ h ระบุหน่วยฮิดเดน สำหรับน้ำหนักที่เชื่อมจากชั้นฮิดเดนไปยังชั้นเอาต์พุต แสดงด้วย w_{hj} ซึ่ง h ระบุหน่วยฮิดเดน และ j ระบุหน่วยเอาต์พุต จึงได้สุ่ม (random) ค่าน้ำหนัก (w) ในโครงข่ายเป็นดังนี้

$$w_{ih} = \text{random}(-0.5 \text{--} +0.5) \quad \text{โดยให้ } i = 0, \dots, R, \quad h = 1, \dots, U$$

$$w_{hj} = \text{random}(-0.5 \text{--} +0.5) \quad \text{โดยให้ } h = 0, \dots, U, \quad j = 1, \dots, V$$

หมายเหตุ เพื่อให้มีการเรียนรู้เร็วขึ้นจึงเพิ่ม โหนดเข้าไปหนึ่งโหนด ณ. ที่ชั้นอินพุต และฮิดเดน เป็นค่าคงที่เท่ากับ 1 เรียกว่า ไบแอส (bias)

จากการเรียนรู้น้ำหนักอย่างต่อเนื่องจะกระทำได้ เมื่อให้อินพุตเวกเตอร์เป็น a_i ฮิดเดนเวกเตอร์เป็น a_h และเอาต์พุตเวกเตอร์คือเป้าหมาย a_j ดังนั้นระดับการกระตุ้น (activation level) เพื่อให้หน่วยอินพุตทำงาน คือ โครงข่ายเอาต์พุตจะเกิดขึ้น จากอินพุตแพทเทิร์น ซึ่งมีผลต่อเอาต์พุตโดยแผ่ไปยังชั้นฮิดเดนทำให้การคำนวณปรับน้ำหนักไปยังชั้นเอาต์พุต ด้วยการกระตุ้นหนึ่งโหนด j ทางสเตตัส j ส่งผ่านฟังก์ชัน f ดังนั้นกระแสอินพุต i_j จึงมีค่าเป็น

$$a_j = f(i_j) \quad \dots \dots \dots (2)$$

ขณะที่ไคนามิค j มีการส่งผ่านฟังก์ชัน f ไปด้วยกระแส $i_j(t)$ กระทำเป็น $a_j(t)$ เปลี่ยนไปเป็นค่าใหม่ $a_j(t+1)$ ดังนั้น

$$a_j(t+1) = f[i_j(t), a_j(t)] \quad \dots \dots \dots (3)$$

โดยผลรวมอินพุต = i_j จากโหนดทั้งหมด i ถูกส่งไปที่นิวรอน โดย j คือตัวอย่างน้ำหนักรวม จากการกระทำของเอาต์พุตที่ต่อเนื่องกับนิวรอนอื่นๆ a_i ผลคูณที่สอดคล้องความต่อเนื่องน้ำหนัก w_{ij} และผลบวกของไบแอสหรือออฟเซต ในเทอม θ_j หลาย ๆ ครั้ง เรียกเทสโวลด์เทอร์ม

$$i_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} a_i + \theta_j \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อแพร่งานจากหน่วยในชั้นอินพุตไปถึงชั้นฮิดเดน โดยใช้ฟังก์ชันการทำงาน ฉะนั้นสมการที่ (4) จะกลายเป็น

$$a_h = f\left(\sum_{i=0}^n w_{hi} a_i\right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

จากสมการ (5) กลายเป็น

$$a_h = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=0}^n w_{hi} a_i}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

w_{ih} เป็นค่าน้ำหนักเทสโวลด์ สำหรับหน่วยฮิดเดน h ใดๆ โดย i_0 เป็นโหนดอินพุตที่เป็นไบแอส ซึ่งกำหนดเท่ากับ 1

และเมื่อแพร่งานจากหน่วยในชั้นฮิดเดนไปยังหน่วยในชั้นเอาต์พุต

$$a_j = f\left(\sum_{h=0}^n w_{hj} a_h\right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

จากสมการ (7) กลายเป็น

$$a_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{h=0}^n w_{hj} a_h}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

w_{hj} เป็นค่าน้ำหนักเทสโสตค์ สำหรับหน่วยเอาต์พุต j โดย w_0 เป็นโหนดฮิดเดนที่เป็นไบแอส ซึ่งกำหนดเท่ากับ 1

สำหรับค่าต่ำสุดของความผิดพลาดบนเส้นโครงข่ายคือ $E = \sum_p E^p$ ดังนั้นอินพุตแพทเทิร์น p ทั้งหมดในการเรียนรู้เซต และในทางปฏิบัติสิ่งนี้ได้กระทำซ้ำหลายครั้ง โดยให้ค่าความผิดพลาดให้น้อยที่สุดหลาย ๆ หน่วยเอาต์พุต ดังนี้

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (d_j - a_j)^2 \quad \dots\dots\dots(9)$$

การใช้กฎเกณฑ์ที่เหมือน ๆ กัน สำหรับกฎสามเหลี่ยมของการปรับน้ำหนักได้จำกัดตามสัดส่วนของอนุพันธ์ความผิดพลาดค่อนำหนัก

$$\Delta w_{ij} = \gamma \frac{\partial E^p}{\partial w_{ij}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

และวิธีการเดียวกันนี้จะได้อนุพันธ์ดังนี้

$$\frac{\partial E^p}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E^p}{\partial i_j} \alpha_j \quad \dots\dots\dots(11)$$

จากสมการที่ (4), แฟกเตอร์ทั้งสองคือ

$$\frac{\partial i_j}{\partial w_{ij}} = a_i \quad \dots\dots\dots(12)$$

และแฟกเตอร์แรกที่ได้เป็นไปตามกฎเคลต้า คือ

$$\delta_j = -\frac{\partial E^p}{\partial i_j} \quad \dots\dots\dots(13)$$

แทนค่าสมการ (12), (13) ไปในสมการที่ (10) ก็จะได้เกิดการปรับปรุงกฎเกณฑ์ของ น้ำหนักซึ่งมีค่าเท่ากับกฎเซลล์

$$\Delta w_{ij} = \gamma \delta_j a_j \dots\dots\dots (14)$$

ความแตกต่างสำหรับโครงข่ายด้วยชั้นฮิดเดน, δ_j จะพบชั้นโครงข่ายต่อกันไปตั้งแต่หลาย ๆ อินพุตที่แตกต่างกัน คึงโครงข่ายนัมเบอร์ของชั้นฮิดเดน (สมมตินิวรอลทั้งหมดเท่ากัน) มีอยู่สอง δ คือ ชั้นเอาต์พุต $\Rightarrow \delta_j$,และชั้นฮิดเดน $\Rightarrow \delta_h$

โดยกฎลูกโซ่ทั้งสองได้ปรับปรุงแก้ไขสมการ (13) ดังนี้

$$\delta_j = -\frac{\partial E^P}{\partial w_{ij}} = -\frac{\partial E^P}{\partial a_j} \frac{\partial a_j}{\partial i_j} \dots\dots\dots (15)$$

และจากสมการ (2) แฟคเตอร์ที่สองคือ

$$\frac{\partial a_j}{\partial i_j} = f'(i_j) \dots\dots\dots (16)$$

อนุพันธ์กระตุ้นฟังก์ชันในส่วนของซิกมอยด์นี้คำนวณแฟคเตอร์แรกตั้งสมการ (15) คึงนั้น ส่วนของชั้นเอาต์พุตและชั้นฮิดเดน ได้พิจารณาดังต่อไปนี้

- Output layer

สำหรับเอาต์พุต j อนุพันธ์อาจจะพิจารณาความผิดพลาดจากสมการ (9)

$$\frac{\partial E^P}{\partial a_j} = -(d_j - a_j) \dots\dots\dots (17)$$

จากกฎเซลล์ แทนสมการ (16) ในสมการ (15)

$$\delta_j = (d_j - a_j) f'(i_j) \dots\dots\dots (18)$$

การกระตุ้นฟังก์ชัน f เป็นซิกมอยด์ สมการเหล่านี้คือ

$$a_j = f(i_j) = \frac{1}{1 + e^{i_j}} \quad \dots\dots\dots(19)$$

ดังนั้นถ้าสมการให้ค่าคงที่หนึ่งจากกฎลูกโซ่จะได้

$$a_j = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_j}} \quad \dots\dots\dots(20)$$

เมื่อ

a_j คือ เออร์ทพุตที่ได้จากนิวรอน j

i_j คือ อินพุตทั้งหมดไปที่นิวรอน j

α คือ ค่าคงที่หนึ่ง

ฟังก์ชันนี้เหมือนกับการจำกัดที่แน่นอน, ซิกมอยด์จึงเป็นความเกี่ยวพันกันและคงที่สำหรับค่าอินพุตหนึ่งที่อยู่ล่างหรือบน, ต่ำหรือสูงของเทสโวลด์ ซึ่งจำกัดระหว่าง 0 และ 1, -1 และ 1, -1/2 และ 1/2 โดยเป็นช่วงกว้างซิกมอยด์ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมคือ ค่าคงที่ α ซึ่งเป็นการเรียนรู้ความประพฤติของโหนดอย่างต่อเนื่องของฟังก์ชันเทสโวลด์ ส่วนคุณสมบัติของฟังก์ชันอื่นๆ อาจจะใช้ไฮเปอร์บอลิกแทนเจนต์ ซึ่งมีความถี่เออร์ทพุต -1 และ 1

จากสมการที่ (19) อนุพันธ์อย่างง่ายคือ

$$\begin{aligned} f'(i_j) &= \frac{\partial}{\partial i_j} \frac{1}{(1 + e^{i_j})} \\ &= \frac{1}{(1 + e^{i_j})^2} (-e^{i_j}) \\ &= \frac{1}{(1 + e^{i_j})^2} \frac{(-e^{i_j})}{(1 + e^{i_j})} \\ &= a_j(1 - a_j) \quad \dots\dots\dots(21) \end{aligned}$$

ถ้าสัญลักษณ์พิคพลาต δ_j สำหรับ เออร์ทพุตจริง ๆ จาก a_j สามารถเขียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\delta_j = (d_j - a_j)a_j(1 - a_j) \quad \text{สำหรับทุก } j = 1, \dots, V \quad \dots\dots\dots (22)$$

แทนเข้าไปในกฎเคลตาในสมการ (14) และปรับปรุงน้ำหนัก w_{hj} ของหน่วยเอาต์พุต j เป็นการปรับระหว่างชั้นฮิดเดนกับชั้นเอาต์พุต ซึ่งอัตราการเรียนรู้แสดงโดย γ โดยมีฟังก์ชันคล้ายกับการเรียนรู้ในเพอเซพตรอน (perceptron) ดังนั้นค่าที่เหมาะสมของ γ คือ 0.25

$$\Delta w_{hj} = \gamma (d_j - a_j) a_j (1 - a_j) a_h \quad \dots\dots\dots (23)$$

เมื่อกำหนดน้ำหนักที่วิ่งระหว่างโหนดชั้นฮิดเดนกับโหนดชั้นเอาต์พุต สำหรับค่า $h = 0, \dots, U$ และ $j = 1, \dots, V$

- ชั้นฮิดเดน (Hidden layers)

สำหรับโหนดที่ซ่อนอยู่ภายในโครงข่าย ได้คำนวณอนุพันธ์หาความผิดพลาดจากกฎลูกโซ่ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{E}^P}{\partial a_j} &= \sum_j \frac{\partial \mathcal{E}^P}{\partial a_j} \frac{\partial a_j}{\partial a_h} \\ &= \sum_j \frac{\partial \mathcal{E}^P}{\partial a_j} \frac{\partial}{\partial a_h} \sum_h w_{hj} a_h \\ &= \sum_j \frac{\partial \mathcal{E}^P}{\partial a_j} w_{hj} \\ &= - \sum_j \delta_j w_{hj} \quad \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

แทนในสมการ (15) โดยที่ h เป็นหน่วยของชั้นฮิดเดน

$$\delta_h = f'(i_h) \sum_j \delta_j w_{hj} \quad \text{สำหรับทุก } h = 0, \dots, U \quad \dots\dots\dots (25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเอาอนุพันธ์แทนในสมการ (21) ,ผลของเคลด้าสำหรับโหนดที่ถูกซ่อนอยู่ภายใน

$$\delta_h = a_h(1 - a_h) \sum_j \delta_j w_{hj} \quad \dots\dots\dots (26)$$

ดังนั้นสมการที่ปรับปรุงน้ำหนักระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นฮิดเดนคือ

$$\Delta w_{ih} = \eta a_i a_h (1 - a_h) \sum_j \delta_j w_{hj} \quad \dots\dots\dots (27)$$

เมื่อคำนวณน้ำหนักจากโหนดชั้นอินพุต ($i = 0, \dots, R$) ไปยังโหนดชั้นฮิดเดน ($h = 1, \dots, U$)

ภายหลังจากจบการทำงานของอินพุตไปยังเอาต์พุตจนจบสมบูรณ์แล้ว จึงวกกลับมาเริ่มต้นการทำงานใหม่ คือ เริ่มอินพุตไปยังเอาต์พุตอีกตามที่ต้องการ

สรุปการเรียนรู้ด้วยวิธีแพร่กลับ จากกฎสามเหลี่ยม

งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการนำโครงข่ายนิวรอลมาช่วยเรียนรู้และจดจำผลของข้อมูลจากบทที่ 4 โดยเก็บเป็นค่าน้ำหนักซึ่งค่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ดังนั้นจึงต้องศึกษาถึงทฤษฎีการเรียนรู้ของโครงข่ายนิวรอลของสิ่งมีชีวิตกับนิวรอลเทียม ซึ่งวิธีการที่ใช้เป็นการเรียนรู้แบบแพร่กลับเพราะวิธีนี้นิยมใช้กันทั่วไป [12] โดยมีวิธีการคำนวณดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. เริ่มต้นจากการสุ่มค่าน้ำหนัก (weights) ให้อยู่ในช่วง (-0.5) ถึง (+0.5)
2. อินพุตแพทเทิร์น p คำนวณไปยังชั้นฮิดเดนและไปยังชั้นเอาต์พุตโดย

$$a_j = f(i_j) \quad \text{และ} \quad a_h = f(i_h) \quad \text{ตามลำดับ}$$

3. คำนวณค่าผิดพลาดแต่ละแพทเทิร์นเก็บรวมไว้เป็นค่าผิดพลาดรวมของระบบ

คือ

$$E_{(new)} = E_{(old)} + \frac{1}{2} \sum_j (d_j - a_j)_p^2$$

4. คำนวณค่าผิดพลาดเพื่อปรับค่าจากเอาต์พุตระหว่างชั้นฮิดเดนกับชั้นเอาต์พุต และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับค่าระหว่างชั้นฮิดเดนกับอินพุต

$$\delta_j = (d_j - a_j)a_j(1 - a_j) \quad \text{และ}$$

$$\delta_h = f'(i_h) \sum_j \delta_j w_{hj} \quad \text{โดย} \quad f'(i_h) = a_h(1 - a_h)$$

5. ปรับค่าน้ำหนักของชั้นเอาต์พุต

$$\Delta w_{hj} = \gamma (d_j - a_j) a_j (1 - a_j) a_h, \quad \text{โดยให้ค่าอัตราการเรียนรู้ } (\gamma) = 0.25$$

6. ปรับค่าน้ำหนักของชั้นฮิดเดน

$$\Delta w_{ih} = \gamma a_i a_h (1 - a_h) \sum_j \delta_j w_{hj}, \quad \text{โดยให้ค่าอัตราการเรียนรู้ } (\gamma) = 0.25$$

7. เมื่อคำนวณเสร็จจะได้ 1 แพทเทิร์นหรือ 1 เซต ดังนั้นต้องให้วนขึ้นไปเริ่มต้นคำนวณใหม่อีก ทำอย่างนี้จนกระทั่งคำนวณครบตามแพทเทิร์นที่กำหนดไว้

8. ผลจากการเรียนรู้หลายครั้ง จึงได้กำหนดค่าผิดพลาดคือ 0.001 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ ดังนั้นเมื่อคำนวณครบตามแพทเทิร์นที่กำหนด จึงตรวจเทียบค่าผิดพลาดที่ได้มาใหม่ (E) ต้องน้อยกว่า 0.001 ซึ่งถ้าค่าผิดพลาดที่ได้มา (E) มากกว่า 0.001 ต้องไปเริ่มต้นคำนวณใหม่ แต่ถ้าได้ค่าน้อยกว่า 0.001 เป็นอันว่าจบ คือ ได้ค่าน้ำหนักที่เก็บลงไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก และเมื่อกำหนดให้ค่าผิดพลาด 0.001 เป็น E_{max} เพราะฉะนั้น

$$E < E_{max}$$

ข้อจำกัดของการแพร่กลับ (Limitation of Backpropagation)

1. กำหนดข้อมูลแพทเทิร์นจำนวนมาก เพื่อเรียนรู้ด้วยโครงข่ายแพร่กลับจะต้องใช้เวลานานและต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องมีความชัดเจนแน่นอน โดยไม่เกิดความผิดพลาดมากเกินไป

2. ต้องพิจารณาค่าที่ออกมาต่ำสุดทั้งหมด

3. กำหนดโครงข่ายเป็นชั้นเดียว เพราะทำให้ง่ายขึ้นไม่ซับซ้อน ซึ่งเหมาะกับการสร้างสัญญาณออกเป็น 1 หรือ 0 เพื่อควบคุมอุปกรณ์ให้ทำงานหรือไม่ทำงานเช่น การกำหนดเอาต์พุตเพียงโหนดเดียว

ประโยชน์ของโครงข่ายแพร่กลับ

1. โครงข่ายนิเวศสามารถเรียนรู้ได้ดี และเวลาใช้งานรวดเร็ว ซึ่งเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear)
2. ช่วยแก้ปัญหาหลายนิ้วมือที่สลับซับซ้อน เพราะคำนวณได้ละเอียดสามารถออกแบบให้เรียนรู้ตามที่กำหนดได้
3. สามารถนำข้อมูลผลลัพธ์มาตรวจเทียบย้อนกลับ จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
4. สามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้และจดจำตัวอักษรและภาษาพูด, คำนวณในการตรวจเทียบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ เป็นต้น

บทที่ 8

การสร้างฮิสโตแกรมทิศทาง, เรียนรู้จดจำและ วิธีตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิเวรอล

ในบทนี้เป็นการนำเอาแนวทางบางจุดของการแยกประเภทแบบลายนิ้วมือ โดยใช้ฮิสโตแกรมจากบทที่ 4 โดยการพิจารณาเฉพาะทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง แต่ทิศทางรวมทั้งหมดของ 0, 1, 2 และ 3 ไม่ได้นำมาพิจารณาค้างเพราะเหตุผลที่ว่าลายนิ้วมือแต่ละแบบมีการเหลื่อมกันมากดังผลที่แสดงไว้ในบทที่ 4 ดังนั้นจึงตัดส่วนนี้ออกไปอีกทั้งวิธีการหาค่า f_{\max} ของความถี่ระดับเทาก็เช่นเดียวกัน ต่อมาได้นำเอาทิศทางมาคำนวณเป็นค่าคะแนนแล้วเก็บไว้เป็นข้อมูลมาตรฐาน ซึ่งต้องมีการเรียนรู้และจดจำเพื่อใช้ในการตรวจเทียบ ดังนั้นโครงข่ายนิเวรอลจึงเหมาะกับการนำเอาทิศทางมาคำนวณโดยเก็บเป็นค่าน้ำหนัก และปรับค่าน้ำหนักให้เหลือเป็นค่าเออร์ทพุตอยู่ 2 ค่า คือ 1 และ 0 เพราะต้องการแปลงเป็นสัญญาณออกเปิดหรือปิด เพื่อประโยชน์ในการควบคุมอุปกรณ์เมื่อนำเอาทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางที่ได้มาคำนวณหาค่าน้ำหนักโดยโครงข่ายนิเวรอล แบบแพร์กลับ เพราะในงานวิจัยต่างๆ มักนิยมใช้นิเวรอลแบบนี้กันมากเนื่องจากจะใช้งานได้ดี และในตำราต่าง ๆ ก็มักจะเสนอแนะนิเวรอลแบบนี้เป็นหลัก ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการตั้งศูนย์กลางของการกดลายนิ้วมือ, เก็บข้อมูลภาพที่ถ่ายเข้ามา, การประมวลผลภาพ(การเตรียมข้อมูล) ซึ่งเป็นการสร้างฮิสโตแกรมทิศทาง, การนำข้อมูลเตรียมมาเรียนรู้, การเก็บข้อมูลการเรียนรู้ที่ได้เพื่อไว้ตรวจเทียบ โดยแยกออกเป็น 3 กลุ่มคือ

- ก. กลุ่มบุคคลที่ 1 คือ บุคคลที่ใช้งานได้ โดยกำหนดเออร์ทพุตเป้าหมายเป็น 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200)
- ข. กลุ่มบุคคลที่ 2 คือ บุคคลที่สอนไม่ให้อาสาการใช้งานได้ในทุกกรณี โดยกำหนดเออร์ทพุตเป้าหมายเป็น 0 (แพทเทิร์น 201 -> 400)
- ค. กลุ่มบุคคลที่ 3 คือ บุคคลที่ไม่ได้สอน แต่มีโอกาสเป็นไปได้ทั้งบุคคลที่ 1 หรือ บุคคลที่ 2

สำหรับการเรียนรู้และจดจำพร้อมตรวจเทียบ จะมีการพิจารณา 5 พื้นที่ [6] และการคิด 9 พื้นที่ ก็เพื่อให้มีความละเอียดขึ้น เพราะบางจุดหรือบางตำแหน่งอาจมีความผิดพลาดได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อมีเหลี่ยมของพื้นที่มาก ๆ จะเป็นผลดี แต่มีผลทำให้การตรวจเทียบช้ากว่า 5 พื้นที่ เพราะต้องคำนวณพื้นที่มากกว่าเดิม

โดยการทดสอบกลุ่ม ก. เมื่อเก็บจำนวนแพทเทิร์นทั้งหมดให้ให้ใช้งานได้ แล้วตรวจเทียบให้ดูเมื่อกดนิ้วหัวแม่มือ ไปบนตำแหน่งกด ผลที่ออกมาต้องได้ค่าเอาต์พุตเป็น 1 หมดทุกพื้นที่ แสดงว่าถูกต้องแต่ถ้าเอาต์พุตเป็น 0 อยู่หนึ่งพื้นที่ หรือ 0 ทุกพื้นที่แสดงว่าผิด ซึ่งตรงกันข้ามกับ กลุ่ม ข. ใช้หลักการเดียวกัน แต่จำนวนแพทเทิร์นทั้งหมดสอนไม่ใหใช้งาน ดังนั้นผลของเอาต์พุตทุกพื้นที่เป็น 0 หมด สำหรับ กลุ่ม ค. คือบุคคลที่ไม่ได้เรียนรู้เมื่อตรวจเทียบผลออกมาจะได้ค่าเอาต์พุตเป็น 1 และ 0 แสดงว่ามีบางพื้นที่ที่คำนวณและตรวจเทียบไปตรงกับ บุคคลที่ 1 และบางพื้นที่ไปตรงกับ บุคคลที่ 2 แต่โอกาสที่จะเป็น 1 หมด หรือ 0 หมดทุกพื้นที่ที่ย่อยเป็นไปได้ ทั้งนี้ต้องขึ้นกับหลักการและแนวทาง ซึ่งในบทต่อไปนี้จะมีการทดสอบเรียนรู้และตรวจเทียบของกลุ่มบุคคลทั้ง 3 กลุ่ม โดยนำเอานิวรอลเน็ตมาใช้กับ ฮิสโตแกรมทิศทาง ซึ่งมีดังนี้

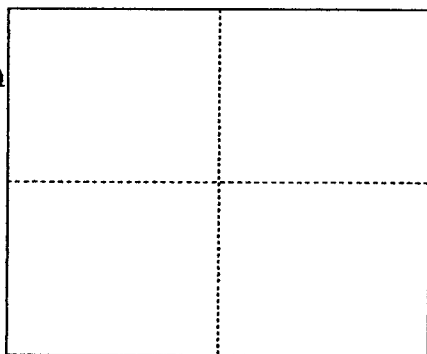
* การเรียนรู้ของโครงข่าย(Network)

การตั้งศูนย์กลางของการกดลายนิ้วมือ

เป็นการตั้งหน้ากระจกที่จะกดลายนิ้วมือลงไป โดยตั้งกรอบเริ่มต้น (initial) ของจอภาพ โดยให้ลายนิ้วมืออยู่ภายในพื้นที่ 256×256 จุดภาพ โดยบังคับลายนิ้วมือไม่ให้เคลื่อนและแบ่งจุด กึ่งกลางพื้นที่ เพื่อให้ปากกล้องวิดีโอกับพื้นที่หน้ากระจกตรงกัน (ดูภาพที่ 69) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ ในการถ่ายภาพที่รับเข้ามาประมวลผลคือ "การเตรียมข้อมูล" โดยเป็นข้อมูลอินพุตเข้ามาเรียนรู้ และการตรวจเทียบซึ่งจะมีผลทำให้ความผิดพลาดลดน้อยลง เพราะจะทำให้ลายนิ้วมือเคลื่อน น้อยลงการจดจำค่าของข้อมูลลงเส้นคงวา

ภาพที่ 69

32x32 บล็อก
(256x256 จุดภาพ)



แสดงการตั้งศูนย์กลางของการกดลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บข้อมูลภาพ

เป็นการถ่ายข้อมูลภาพด้วยกล้องวิดีโอไปปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์และเก็บข้อมูลภาพ โดยวิธีการเซตการ์ด 8255 และการ์ดรับภาพ (digiIMAGE card) เมื่อมีการกดลายนิ้วมือไปบน กระจกใส กล้องวิดีโอจะถ่ายข้อมูลภาพเข้ามาทำงานและคิสเพลย์วนำเอาข้อมูลภาพจากบัฟเฟอร์ แสดงบนจอภาพเป็นข้อมูลภาพ 64 ระดับเทาขนาด 256x256 จุดภาพ เมื่อพอใจกับข้อมูลภาพให้ กด Enter จะเก็บข้อมูลภาพลงไฟล์ทันที หรือถ้าปรากฏข้อมูลภาพให้ กด Enter เก็บข้อมูลภาพ ทันทีเลยก็ได้

ภาพที่ 70



แสดงการเก็บข้อมูลภาพ

การเตรียมข้อมูล

โดยการนำเอาข้อมูลภาพที่ได้จากการถ่ายลายนิ้วมือจริง(สด)เข้ามา แล้วนำมาคำนวณหาทิศทางโดยตรง ซึ่งถือว่าการประมวลผลภาพที่ต้องการความรวดเร็ว เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาทันที ดังนั้นการแปลงภาพเป็นไบนารี, การทำให้เส้นบาง เป็นต้น จึงไม่น่ามาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจะใช้เฉพาะทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง แล้วนำไปคำนวณโดยใช้นิเวศน์เน็ตเวิร์ก เพื่อให้มีการเรียนรู้และจดจำ ซึ่งมีขั้นตอนการทำต่อไปนี้

1. การแปลงข้อมูลภาพลายนิ้วมือ

เป็นการแปลงฮิสโตแกรมทิศทางจากจุดภาพให้เป็นบล็อก โดยมีวิธีการต่อไปนี้

1.1. การพิจารณาข้อมูลภาพออกเป็นทิศทาง

เพื่อให้ง่ายขึ้นเมื่อเปลี่ยนการคำนวณจากจุดภาพ (pixel) ไปเป็นบล็อกแทน มีผลทำให้ง่ายขึ้นซึ่งเป็นไปตามหลักการหาทิศทางของแต่ละบล็อก ($b_x * b_y$) แทนการหาทิศทางของแต่ละจุดเพื่อลดการประมวลผลให้น้อยลงจาก $g * g$ รอบเหลือเป็น $[(g/b_x) * (g/b_y)]$ รอบการกำหนดขนาดของบล็อกเพราะถ้าขนาดของบล็อกใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะภายในขอบเขตนั้น คืออาจทำงานไม่ต่อเนื่องของทิศทางและถ้าขนาดของบล็อกเล็กเกินไป จะทำให้ทิศทางของแต่ละจุดมีความไม่สม่ำเสมอไม่มีทิศทางที่เด่นชัดของแต่ละบล็อกจำนวน N ของทิศทางและจำนวนของจุด M จะถูกพิจารณาสำหรับการคำนวณของทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับค่า N ส่วนใหญ่ที่มีต่อ M เพราะเป็นค่าที่คำนวณแทนทิศทางในการทดลองได้เลือก $N = 4$ พบว่ามีความเหมาะสมดี ถ้าเลือกค่าที่สูงกว่า 4 พบว่าจะต้องคำนวณที่เพิ่มขึ้นมากในแต่ละรอบ แต่ผลที่ได้ยังคงมีลักษณะใกล้เคียงกับ $N = 4$ (ทิศทาง 0, 1, 2, 3) หรือได้ถูกกำหนดไว้ 8 ทิศทางย่อย ($0_1, 0_2, 1_1, 1_2, 2_1, 2_2, 3_1$ และ 3_2)

1.2. การหาทิศทางรวมมากที่สุดของ 4 ทิศทาง

และเมื่อพิจารณาทิศทางของสมการ S_d จากบทที่ 4 คือ

$$S_d = \sum_{m=0}^{M-1} |G(i_m, j_m) - G(i, j)| \quad \text{สำหรับ } d = 1, 2, \dots, N$$

แทนตัวเลขทิศทางแนวราบด้านขวามือจะได้ 0_1 ดังนี้

$$0_1 = \sum_{n=1}^{15} |G_0 - G_n| = |G_0 - G_1| + |G_0 - G_2| + |G_0 - G_3| + \dots + |G_0 - G_{15}|$$

เมื่อได้ทิศทาง 0_1 และค่าทิศทางอื่น ๆ $1_1, 2_1, 3_1, 0_2, 1_2, 2_2, 3_2$ ก็จะได้ค่าออกมา เช่นกันต่อมานำเอาค่าทิศทางมารวมกันให้พิจารณาค่าที่น้อยที่สุด เพราะในทิศทางเดียวกันเมื่อนำเอาค่ามาลบกันจะเข้าใกล้ศูนย์ หรือได้ค่าเท่ากับศูนย์ และเมื่อนำมารวมกันคือ (0_1+0_2) , (1_1+1_2) , (2_1+2_2) และ (3_1+3_2) ก็ยังมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แต่ถ้าเป็นทิศทางอื่นจะมีค่าเป็นตัว เลขที่ไม่ใช่ศูนย์หรือไม่เข้าใกล้ศูนย์เลย สรุปได้ว่าทิศทางเป็นเส้นตรงแทนหลายนิ้วมือใน 1 จุด ภาพ --> 1 บล็อก (8x8 จุดภาพ) แล้วคิดทิศทางมากที่สุดที่เป็นทิศทางทั้งหมดเป็นทิศทางนั้นโดยไม่สนใจทิศทางอื่น

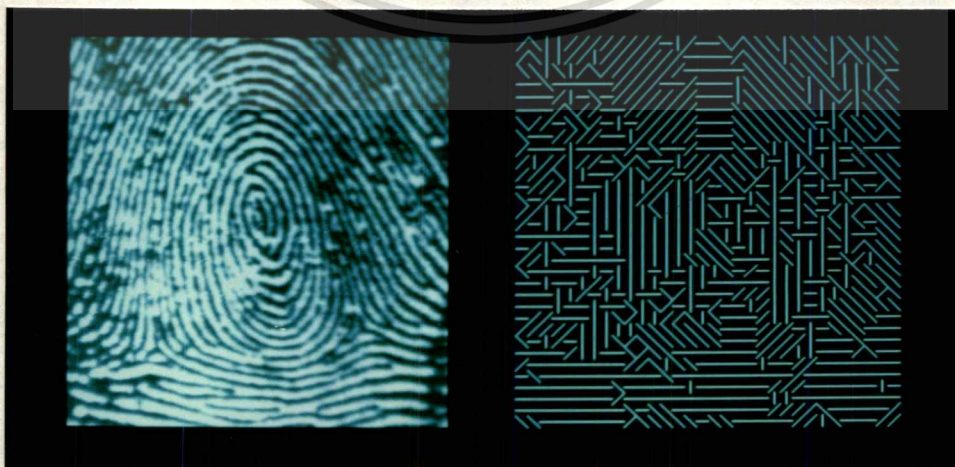
ภาพที่ 71



แสดงทิศทางรวมมากที่สุดเมื่อแทนทิศทางเดียวกัน ต่อ หนึ่งบล็อก

1.3. ขอบเขตการพิจารณาหาทิศทางรอบจุด G_0 ทั้ง 4 ทิศทาง

ภาพที่ 72



แสดงทิศทางของกันหอยธรรมชาติขนาด 32x32 บล็อก ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 72 เป็นผลของ 4 ทิศทางหรือ 8 ทิศทางย่อย คือ $0, 1, 2, 3, 0, 1, 2, 2$ และ $3, 2$ โดยบล็อกอยู่มุมบนซ้ายสุดวิ่งคำนวณไปทางมุมบนขวามือสุดจนถึงสุดหนึ่งแพทเทิร์น โดยพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่อยู่ภายในและทิศทางไม่วิ่งออกนอกขอบภาพจึงคิดนับให้แล้วเสร็จ 1 บล็อก ตั้งแต่ตัวเอง (G_0) ---> (G_{15})

1.4. สรุปลำดับขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพ

นำเอาข้อมูลภาพที่เก็บไว้มาเตรียมเป็นข้อมูลฮิสโตแกรมทิศทาง โดยเอาภาพมา แบ่งออกเป็น 32×32 บล็อก แล้วคำนวณสร้างฮิสโตแกรมทิศทางโดยใช้สูตร S_d จากนั้นแทนทิศทางด้วยข้อมูลเลข 0, 1, 2, 3 ทั้ง 4 ทิศทางที่อธิบายและแสดงไว้ในบทที่ 4 และเก็บข้อมูลลงแฟ้มข้อมูลไว้ตรวจสอบเทียบ

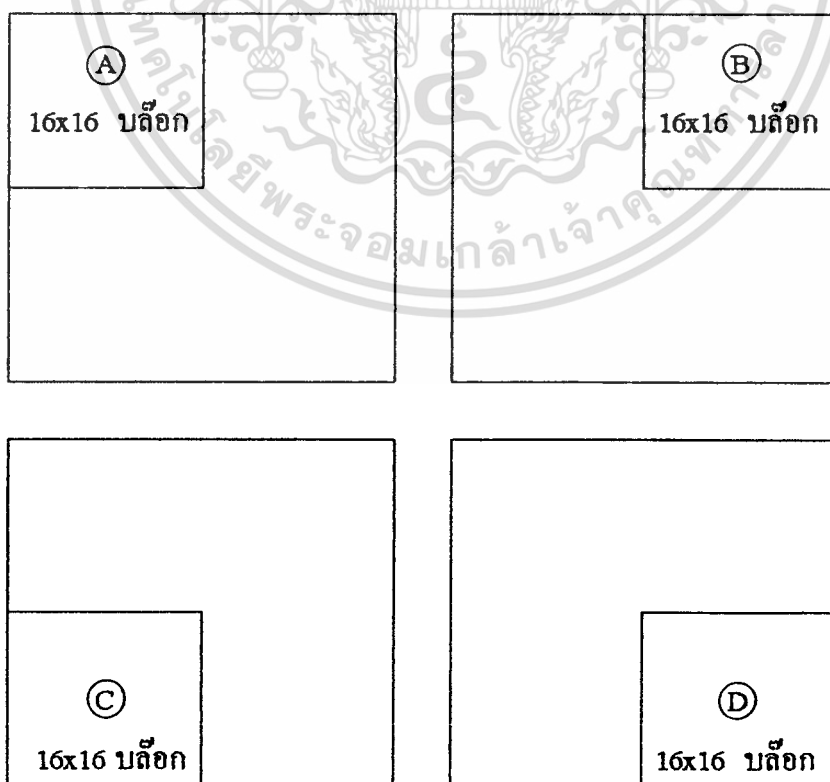


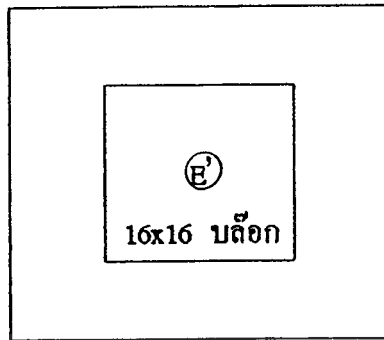
แสดงขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

2. การแบ่งพื้นที่ 1 แพทเทิร์นออกเป็นพื้นที่ย่อยก่อนการเรียนรู้และจดจำ

เป็นการนำเอาวิธีการฮิสโตแกรมทิศทางมาใช้ เมื่อถ่ายลายนิ้วหัวแม่มือจริง (สด) เข้า มาประมวลผลภาพโดยการเตรียมข้อมูลตามแนวของลายเส้นหรือตามความความเข้มของระดับเทา โดยแบ่งออกเป็นไปตามทิศทางที่จะกำหนดขึ้นมาบนพื้นที่ขนาด 256×256 จุดภาพ แต่ต่อมาเห็นว่า จำนวนจุดภาพมากเกินไป ทำให้ความจำของคอมพิวเตอร์ไม่พอเพราะ $256 \times 256 \times 1 = 65536$ ไบต์ เมื่อพิจารณาเห็นว่าข้อมูลนั้นใหญ่เกินไป ภายหลังจากการแบ่งบล็อกๆละ 8×8 จุดภาพ (รูปภาพที่ 71) ข้อมูลภาพของพื้นที่ใหญ่เท่ากับ 32×32 บล็อก เมื่อคำนวณออกมาผล คือ ความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ออกมามากกว่า 640 เคไบต์ จึงได้แบ่งพื้นที่ใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย ๆ 5 ส่วนเท่า ๆ กันตามภาพที่ 74 แล้วแบ่งพื้นที่หนึ่ง ๆ ให้จะมีขนาด 16×16 บล็อก (128×128 จุดภาพ) ดังนั้นความจำแต่ละบล็อก = $8 \times 8 \times 1 = 64$ ไบต์ จะทำให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพให้เป็นทิศทางออกมาสะดวก, ง่ายและรวดเร็ว จึงมีพื้นที่ (A), (B), (C), (D) และพื้นที่ (E) เป็นพื้นที่ที่ใส่เข้ามาเพื่อให้ข้อมูลยังคงอยู่ไม่ขาดหายไป เพราะผลจากการแบ่งเป็น 4 พื้นที่ อาจทำให้ข้อมูลตรงกลางที่บริเวณจุดใจกลางของลายนิ้วมือบางจุดขาดหายไปได้ จึงสร้างข้อมูลคลุมทำให้เรียนรู้จดจำข้อมูลได้ดีขึ้น

ภาพที่ 74





แสดงการแบ่งภาพออก 5 พื้นที่ ๆ ละ 16x16 บล็อกจากพื้นที่ 32x32 บล็อก

2.1. ตัวอย่างแสดงการเตรียมข้อมูล

ภาพที่ 75 เป็น รูปถ่ายนิ้วหัวแม่มือจริงประเภท "กันหอยธรรมชาติ"

ภาพที่ 76 เป็น รูปของทิศทางของ 16x16 บล็อกของพื้นที่ที่ 1 (พื้นที่ A) ได้จากการคำนวณหาฮิสโตแกรมทิศทางต่อหนึ่งบล็อก จะเห็นว่าในรูปจะมีทิศทางอยู่เพียง 4 ทิศทางเท่านั้น และตัวเลขแทนทิศทาง (0,1,2,3)

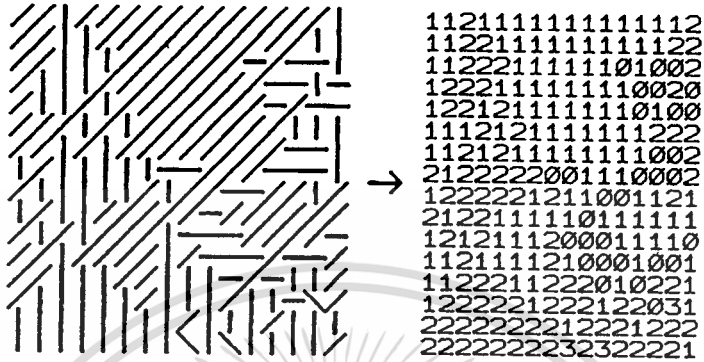
และภาพที่ 77 เป็นรูปการเตรียมข้อมูลทั้ง 5 พื้นที่ (ฮิสโตแกรมทิศทาง) และตัวเลขแทนทิศทาง (0,1,2,3)

ภาพที่ 75



แสดงภาพถ่ายนิ้วหัวแม่มือจริงแบบกันหอยธรรมชาติ(W)

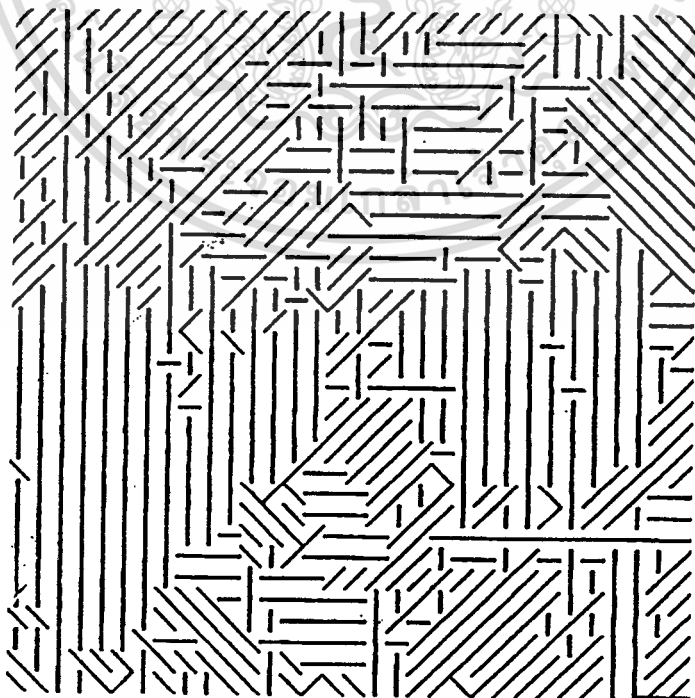
ภาพที่ 76



แสดงทิศทางของพื้นที่ A ขนาด 16x16 บด็อก

2.2. ตัวอย่างเตรียมข้อมูลทั้ง 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งในแพทเทิร์น (หนึ่งนิ้วต่อการกดถ่าย
ภาพหนึ่งครั้ง)

ภาพที่ 77



(ก) แสดงฮิสโตแกรมทิศทางทั้ง 5 พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะภายในเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11211111111111111122111111112332333
 11221111111111111222122000012222333
 1122211111111010020200000012222333
 122211111111100200000000200033333
 122121111111101002000001220333333
 111212111111112222220000120333333
 11212111111110020020001021233333
 21222220011100020020012020033333
 12222212110011210000000010003333
 21221111101111113000000110003333
 12121112000111100000000111332333
 1121111210001001100020030232233
 11222112220102211000022202222213
 1222221202122031211222222222200
 222222221222122221222222222200
 2222222232322221102222222022201
 22222220222222121222222222220
 22222222122222202000022222022221
 2222222202222221111222222222211
 2222222202222221111222222222211
 222222222222221111102222222211
 3222222222222100111132222222111
 22222222222313000112121123211100
 22222222222333000121121221211200
 2222222222035310001100000000000
 22222222000321000011200210202221
 2222222200020001111111111222211
 2222222333020000221211111212211
 3322222333322000021011111212221
 22222230033300000201111111212211
 322333233333230002211111112211
 3322312322332313322113111112211

(ข) แสดงผลของการแทนทศทางด้วยค่า 0,1,2,3
 แสดงการเตรียมข้อมูลทั้ง 5 พื้นที่ต่อหนึ่งแพทเทิร์น

2.3. ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลของพื้นที่ C ของกลุ่มบุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2
 กลุ่มบุคคลที่ 1 ใช้เพียง 1 นิ้ว ต่อ จำนวนแพทเทิร์นที่กำหนด
 ภาพที่ 78



แพทเทิร์นที่ 1 ----->แพทเทิร์นที่ 2 ---->แพทเทิร์นที่ 3->แพทเทิร์นที่ 200

(ก) ทิศทางของลายนิ้วมือแบบก้นหอยธรรมดา (W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

222222221222232	222222002222210	2222222222222312
222222201222210	222222222222201	2222222022222100
222222202222211	222222222222211	2222222322222100
222222222222211	222222222222211	2222220222222111
222222222222211	2222222222232231	2222220222222111
2222222222222021	222222222223200	2222222222200001
2222222222323000	222222222233300	2222222222033000
222222202033000	322202222232000	2222222222330001
222222202032101	322222000230000	2222222220233000
222222000032100	322222200210000	2222222223323300
322222232311003	332222333320000	222222000000001
3322223333000000	3322220033320000	2222223300000000
3333232333300000	3222200333300000	2222223333000000
3333333333300000	2222200033300000	2222223333300000
33333333333320	322222321233201	322223333320000
33223333333330	3222223311113211	322222233323021

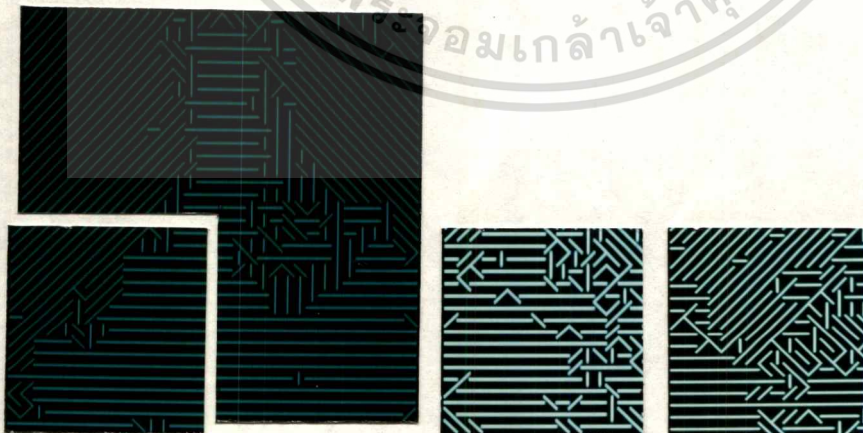
ข้อมูลอินพุต

แพทเทิร์นที่ 1 ----->แพทเทิร์นที่ 2 ----->แพทเทิร์นที่ 3->แพทเทิร์นที่ 200

(ข) ฮิสโตแกรมทิศทาง 0,1,2,3

แสดงฮิสโตแกรมทิศทางแบบกันทอยธรรมดา (W)

กลุ่มบุคคลที่ 2 ใช้ 19 นิ้ว ต่อ จำนวนแพทเทิร์นที่กำหนด
ภาพที่ 79



แพทเทิร์นที่ 1 ----->แพทเทิร์นที่ 2 ---->แพทเทิร์นที่ 3->แพทเทิร์นที่ 200

(ก) ทิศทางของลายนิ้วมือแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1111111111222000	0000000013323333	0111111111111100
1111111110000000	0110200021211333	1111101111111000
1111111110000000	0130000022021310	1111111110001100
1111111110000000	0300000030320100	0011111121001120
1111131110000000	0000130000001023	0001111110013200
1111121100000000	0000000000003110	0101111111132222
0111121000000000	1000000300000100	1301111111032333
1111232200000000	0000000001300100	0030111110023333
1100032000000000	000000000000133	0013121132323331
1100000000000000	000000000123201	0000011123333123
1100000000000000	000000000100003	0000000333310310
0000000000000000	010000000022000	000000002300000
1100000000000000	1000000000000300	0000001101100000
3300000000000000	0000000030100200	0000000000000000
3120000000000000	3000000000000233	0000000311130002
0000000000322000	3330000003300003	0000000330000210

ข้อมูลอินพุต

แพทเทิร์นที่ 1 ----->แพทเทิร์นที่ 2 ----->แพทเทิร์นที่ 3->แพทเทิร์นที่ 200

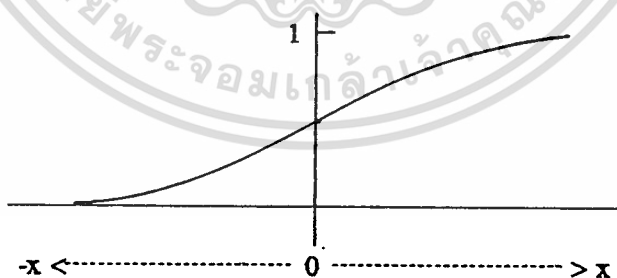
(ข) ฮิสโตแกรมทิศทาง 0,1,2,3

แสดงฮิสโตแกรมทิศทางแบบต่าง ๆ

3. การนอร์มอลไลซ์ค่าอินพุตก่อนการเรียนรู้

ภาพที่ 80

$$\text{เทสโหด}(y) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



แสดงกราฟของสมการเทสโหด

อธิบาย : คูภาพที่80 ค่า x เป็นผลรวมที่เกิดจากอินพุตข้อมูลทิศทางคูณกับค่าน้ำหนักแล้วผ่านโหนดของโครงข่าย ซึ่งมีผลต่อการปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นทุกครั้งที่เราทำซ้ำๆ กันและสอดคล้องกันตลอดทั้งเซต ดังนั้นการเรียนรู้ข้อมูลที่สลับซับซ้อนและมีจำนวนมากจึงต้องพิจารณาอินพุตที่เข้ามา , คูผลแล้วเสร็จของระยะเวลา ดังนั้นการผ่านเทสโหด(y) จะมีส่วนสำคัญ เมื่อข้อมูลทิศทาง 0, 1, 2, 3 เป็นข้อมูลอินพุต ซึ่งข้อมูลนั้นใหญ่จึงจำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เล็กลงไม่ให้เกิน 1 ดังนั้นจึงต้องปรับข้อมูลอินพุตให้อยู่ในช่วง 0 -> 1 ทำให้ข้อมูลที่
ได้กระจายอย่างสม่ำเสมอไม่หนักไปทางใดทางหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับค่าเอาต์พุตที่ใช้สม
การเทสโอสต์ จึงทำให้ค่าเอาต์พุตออกมามีในช่วง 0 -> 1 ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำการนอร์
มอลไลซ์ค่าให้อยู่ในช่วง 0 -> 1 โดยใช้หลักการง่าย ๆ คือเอา 3หาร ข้อมูลที่ให้ค่า 0, 1, 2,
3 โดยตลอดคั้งนั้นค่าต่ำสุดคือ 0 และค่าสูงสุดจะไม่เกิน 1 ซึ่งเป็นค่าอินพุตที่ใส่เข้าไปยัง
ชั้นอินพุต เพื่อการเรียนรู้ต่อไป ดังนี้

i' (ข้อมูลทิศทาง) $\Rightarrow 0, i'_0 = 0/3 = 0.00$
 $1, i'_1 = 1/3 = 0.33$
 $2, i'_2 = 2/3 = 0.66$
 $3, i'_3 = 3/3 = 1.00$

ข้อมูลทิศทาง 0, 1, 2, 3 มีขนาดเล็กลงทำ
ให้ผลการเรียนรู้ง่ายขึ้น โดยผ่านเทสโอสต์
ค่าไม่เข้าใกล้ 1 มากเกินไป ซึ่งจะเฉลี่ยลง
มาอยู่ระหว่าง 0->1 ที่พอเหมาะ

ตัวอย่าง อินพุตที่นอร์มอลไลซ์แล้วของพื้นที่ที่ 3 (พื้นที่ ©) แพทเทิร์นที่ 1 จากภาพที่ 78
ก่อนทำการเรียนรู้

ภาพที่ 81

.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.33	.66	.66	.66	.66	1.0	.66	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.33	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.33	.00	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.33	.33	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.33	.33	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.66	.33
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	1.0	.66	1.0	.00	.00	.00	.00	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.66	.00	1.0	1.0	.00	.00	.00	.00	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.66	.00	1.0	.66	.33	.00	.33	.00	
.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.00	.00	.00	.00	1.0	.66	.33	.00	.00	.00	
1.0	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	1.0	.66	1.0	.33	.33	.00	.00	.00	1.0	
1.0	1.0	.66	.66	.66	.66	1.0	1.0	1.0	1.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
1.0	1.0	1.0	1.0	.66	1.0	.66	1.0	1.0	1.0	1.0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.00	.00	.00	.00	.00	
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.66	.00	
1.0	1.0	.66	.66	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.00	

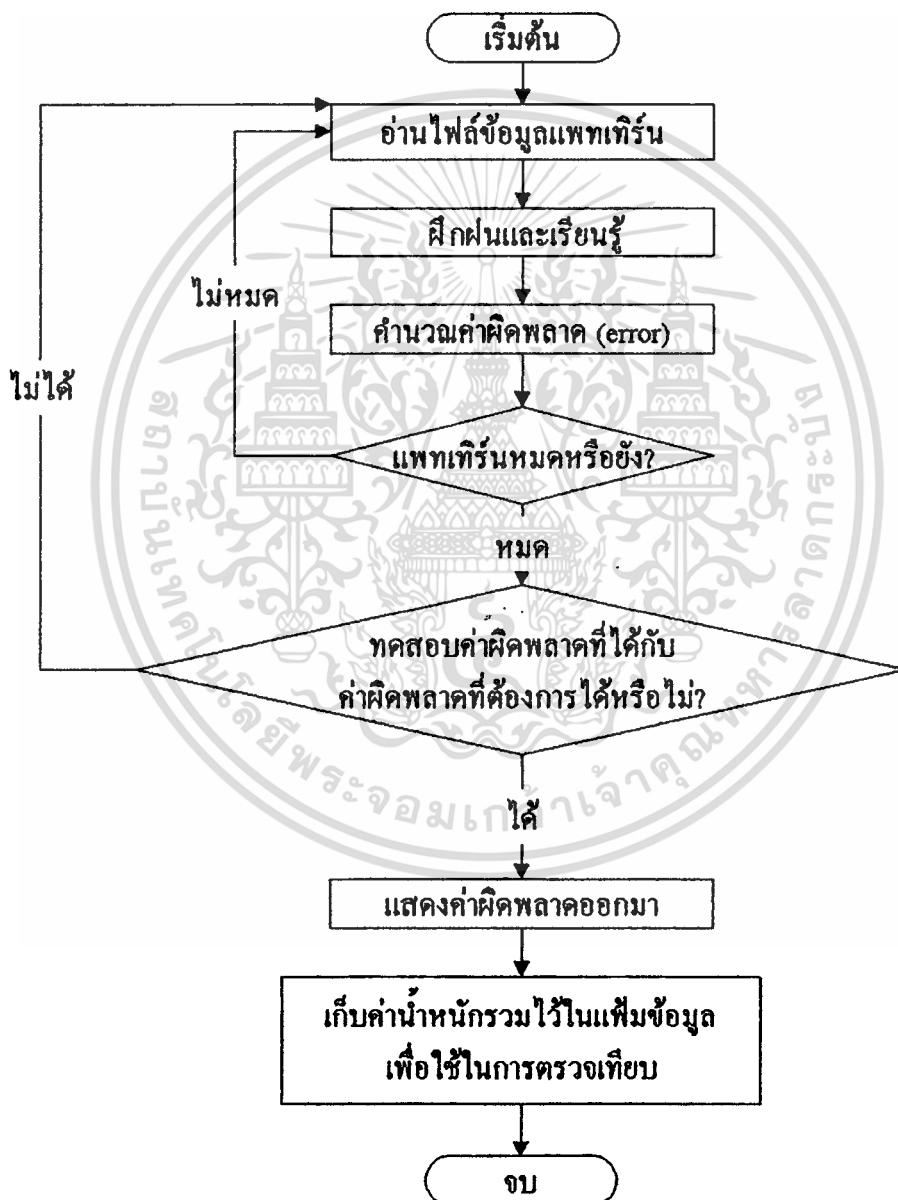
แสดงข้อมูลทิศทางของอินพุตจริงที่นอร์มอลไลซ์ของพื้นที่ © แพทเทิร์นที่ 1

ทดสอบการเรียนรู้และจดจำ

เป็นการพิจารณานำเอาหลักการและแนวทางคำนวณการเรียนรู้จดจำ จากบทที่ 5 มาใช้ ดำเนินการวิเคราะห์แล้วตรวจเทียบต่อหนึ่งพื้นที่ ดังนี้

1. ขั้นตอนแผนการเรียนรู้

ภาพที่ 82



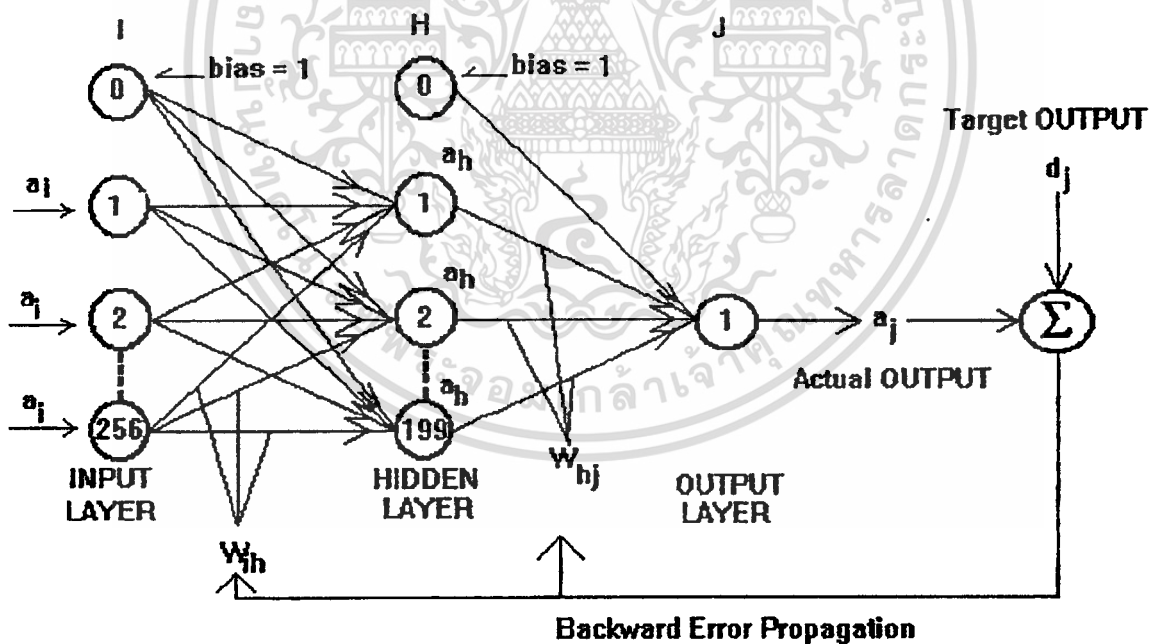
แสดงขั้นตอนการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดขนาดการเรียนรู้และจดจำ

เมื่อได้ข้อมูลอินพุตจากการนอร์มอลไลซ์แล้ว นำเข้ามาเรียนรู้ด้วยโครงข่ายการแพร่กลับ ยังชั้นอินพุตผ่านฮิดเดนและสุดท้ายออกมาที่ชั้นเอาต์พุต โดยเชื่อมระหว่างชั้นด้วยค่าน้ำหนัก(สรุปในบทที่ 5) และพิจารณาแต่ละพื้นที่หนึ่งมีขนาด 16x16 บล็อก(โหนด) ผลจากการฝึกให้เรียนรู้ สามารถกำหนดให้จำนวนโหนดอินพุต = 256+1 (กำหนดให้ไบแอส = 1 เพื่อให้การเรียนรู้เร็วขึ้น), จำนวนโหนดฮิดเดนกำหนดได้คี่ที่สุด = 199+1 (ให้ไบแอส =1) (ค่าฮิดเดน 199 ได้จากการทดสอบการเรียนรู้หลายๆครั้งซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด) แล้วคิดชั้นฮิดเดนเพียงชั้นเดียว เพราะเมื่อทดสอบดูแล้วสามารถใช้งานได้ และโหนดเอาต์พุตกำหนดเพียง 1 เนื่องจากต้องการให้ได้ผลออกมาทันที คือ 1 และ 0 วัตถุประสงค์เพื่อนำสัญญาณไปใช้ได้เลย สรุปเมื่อรวมโหนดทั้งหมดไม่รวมไบแอสเป็นจำนวน 257+200+1 = 458 โหนดต่อ 1 โครงข่ายนิเวศ

ภาพที่ 83



แสดงการเรียนรู้โดยวิธีแบบการแพร่กลับ

การจดจำผลที่ให้เอาต์พุตเป็น 1->ทุกอย่างแพทเทิร์น

เป็นการจดจำแบบของลายนิ้วมือที่ได้เรียนรู้ข้อมูลแบบต่างๆ เก็บข้อมูลไว้เป็นมาตรฐาน ตรวจสอบเมื่อมีข้อมูลเข้ามา โดยเรียนรู้และจดจำข้อมูลของแต่ละพื้นที่ ได้พิจารณาให้

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณออก มามีค่าตัวเลขเข้าใกล้ 0 หรือเท่ากับ 0 ไปจนถึงเข้าใกล้ 1 หรือเท่ากับ 1 คังนั้น จึงกำหนดค่าเอาต์พุตถ้าสูงกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไปให้เท่ากับ 1 ถ้าต่ำกว่า 0.5 ให้เท่ากับ 0 แล้วเก็บไฟล์น้ำหนักไว้ทุกครั้ง ด้วยเหตุนี้จึงได้กำหนดเอาต์พุตที่ป้อนเข้าไป เพื่อให้เรียนรู้และจดจำพร้อม ๆ กันทั้ง 1 และ 0 จากตัวอย่าง 5 พื้นที่ต่อหนึ่งแพทเทิร์น ได้กำหนดให้ใช้งานได้ เรียกว่า คาต้า จำนวน 200 แพทเทิร์น แล้วกำหนดไม่ให้ใช้งาน เรียกว่า เอนคาต้า จำนวน 200 แพทเทิร์น, และกำหนดให้เรียนรู้ทั้ง คาต้า และ เอนคาต้า จากจำนวนรวมทั้งสิ้น 400 แพทเทิร์น รวมทั้งเพื่อความผิดพลาด (error) ตามการคำนวณของวิธีโครงข่ายการแพร่กลับ คือ $E = \sum_p E^p$ โดยกำหนดค่า $E < E_{\max}$ นั้นหมายความว่าค่าความผิดพลาดที่ได้ต้องน้อยกว่าค่าความผิดพลาดสูงสุด (E_{\max}) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนด $E_{\max} = 0.001$

1. ถ่ายลายนิ้วมือ 1 นิ้วคือ 200 แพทเทิร์น (200 ครั้ง)

1.1. ผลสุดท้ายของของข้อมูลอินพุตลายนิ้วหัวแม่มือกันหอยบุคคลที่ 1 (ภาพที่ 75 และ ภาพที่ 76)

ตารางที่ 3

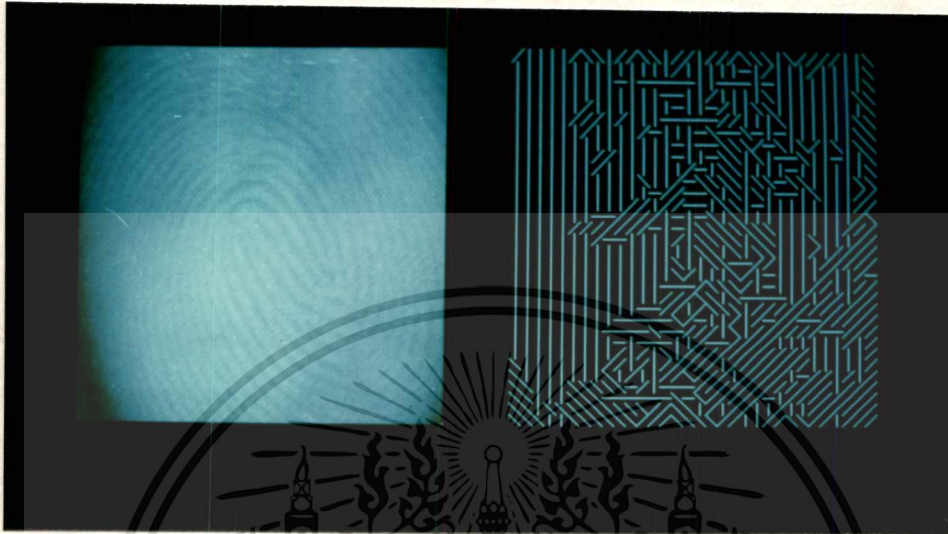
รายการ	พื้นที่	จำนวนรอบ	ค่าผิดพลาด รอบแรก --> รอบสุดท้าย	ใช้เวลา
ลายนิ้วหัวแม่มือ	(A)	2	0.09873953 --> 0.00001377	15 วินาที
ให้จดจำ (คาต้า)	(B)	8	0.94679049 --> 0.00098089	25 วินาที
	(C)	14	0.97341004 --> 0.00099150	30 วินาที
	(D)	2	0.87104958 --> 0.00000658	15 วินาที
	(E)	16	1.86790285 --> 0.00096432	35 วินาที

แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ (A), (B), (C), (D), (E) เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1

1.2. ลายนิ้วหัวแม่มือมีคหวยคู่แบบ 2 ของบุคคลที่ 2

1.2.1. ข้อมูลภาพและการเตรียมข้อมูล

ภาพที่ 84



แสดงข้อมูลภาพและการเตรียมข้อมูลสโตแกรมทิศทาง

ภาพที่ 85

12222133211332112111333231111223
 2222222222222212222021222122223
 2222222220200002200020222222223
 2222222222222002212222322222233
 2222221222222220220122322222223
 22222111212222000001122232222233
 2222212222102222030030202222233
 22222222222222020033310323123233
 22222221122222022033232003220223
 222222122222210233222102222223
 22222222222322103333233033222233
 22222222222201100323232002322211
 2222222222112110023320222222211
 222222200111120203232222222213
 222221111110202333333322222211
 2222221002222123333233222322211
 22222222222222223323233222121111
 22222222222222232233001122221111
 22222222222222312223120222212210
 22222222222220001333120222112211
 22222222222221113323000021211211
 2222222222200112133321111111111
 22222222220000031022121011001111
 22222222200003001112321111100111
 2222222220200022100111122222121
 2222222221212321111111111222221
 3222222211212111112111111222221
 32222222321221131112111120112121
 3322233333012000111111111112111
 3322233300000030311111021111111
 3323333333311332121122122111111
 3332233333111333311221133112111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไขการใช้งาน โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2. ผลสุดท้ายของการเรียนรู้บุคคลที่ 2

ตารางที่ 4

รายการ	พื้นที่	จำนวนรอบ	ค่าผิดพลาด รอบแรก --> รอบสุดท้าย	ใช้เวลา
ลายนิ้วหัวแม่มือ	(A)	2	0.17739083 --> 0.00000523	15 วินาที
ให้จดจำ (เอนคาค้า)	(B)	8	1.49985401 --> 0.00096573	25 วินาที
	(C)	8	1.08879750 --> 0.00009746	20 วินาที
	(D)	2	0.58728071 --> 0.00021453	15 วินาที
	(E)	7	1.46455478 --> 0.00012609	20 วินาที

แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ (A), (B), (C), (D), (E) เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 0

2. ผลสุดท้ายของการเรียนรู้ 400 แพทเทิร์น(บุคคลที่ 1 และบุคคลที่ 2)

ตารางที่ 5

รายการ	พื้นที่	จำนวน รอบ	ค่าผิดพลาด รอบแรก --> รอบสุดท้าย	ใช้เวลา
ลายนิ้วหัวแม่มือ	(A)	375	95.40586323--> 0.00099752	≈ 19 ชม. 50 นาที
ให้จดจำ (1 และ 0)	(B)	338	15.53041102--> 0.00099722	≈ 18 ชม. 00 นาที
	(C)	351	10.36155550--> 0.00099092	≈ 18 ชม. 10 นาที
	(D)	343	8.70865611 --> 0.00099419	≈ 10 ชม. 10 นาที
	(E)	344	17.64114742--> 0.00099080	≈ 22 ชม. 00 นาที

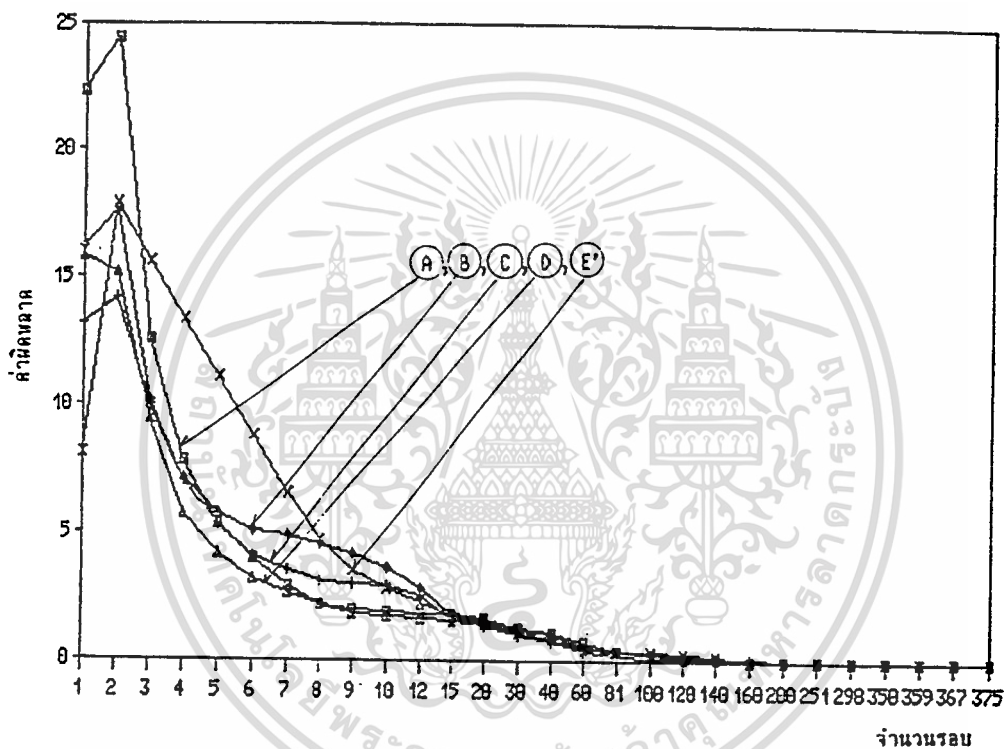
แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ (A), (B), (C), (D), (E) เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1 และ 0

หมายเหตุ ในการทดสอบเก็บลายนิ้วหัวแม่มือจริง ในครั้งแรกให้จดจำเท่ากับ 1 มีเพียง 1 นิ้ว โดยกดถ่าย 200 ครั้ง (200 แพทเทิร์น) และให้จดจำเท่ากับ 0 มีเพียง 19 นิ้ว โดยกดถ่าย 200 ครั้งเช่นกัน ซึ่งแนวทางในการเรียนรู้และจดจำคือกดนิ้วมือ => 1 นิ้ว ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแสดงกราฟระหว่างค่าผิดพลาดต่อจำนวนรอบของ 5 พื้นที่
พื้นที่ (A) , (B) , (C) , (D) , (E)

ภาพที่ 86



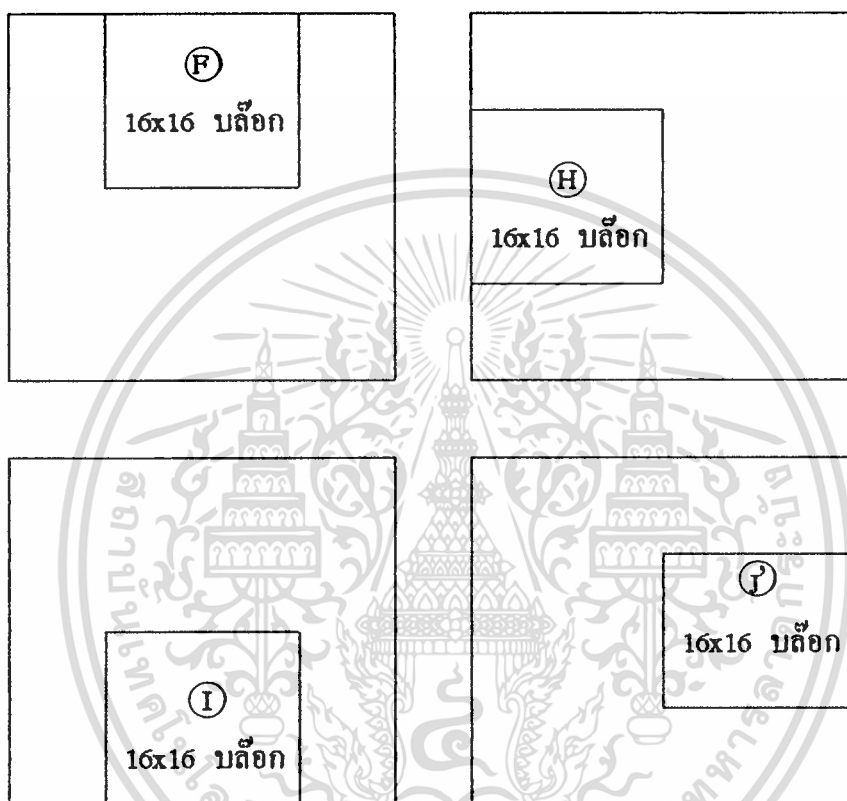
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดพลาดกับจำนวนรอบของ 5 พื้นที่

3. การพิจารณาเพิ่มพื้นที่จาก 5 พื้นที่เป็น 9 พื้นที่

นอกจากนี้ยังได้มีการพิจารณาแบ่งพื้นที่เพิ่มขึ้นไปอีก 4 พื้นที่คือ (F), (H), (I) และ (J) เพื่อให้มีความละเอียดขึ้น, ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีในทางปฏิบัติเพราะมีความผิดพลาดน้อยลงและมีความแน่นอนกว่าการแบ่งเป็น 5 พื้นที่ โดยการเตรียมข้อมูลเหมือนกันทุกประการ ส่วนการเรียนรู้และจดจำก็เช่นกันเพียงเพิ่มอีก 4 พื้นที่รวมอีก 5 พื้นที่แรกเป็น 9 พื้นที่ และตรวจเทียบเป็น 9 พื้นที่ ดังนั้นเมื่อบุคคล 3 กลุ่มได้ทดลองนี้ว่ามีลงไปที่จุดคคของชุดอุปกรณ์ AFVS คือลายนิ้วมือที่ให้ใช้งานได้, ลายนิ้วมือที่ไม่ให้ใช้งาน และลายนิ้วมือที่ไม่

ได้ทำการสอน ดังนั้นผลที่ออกมาจึงมีความถูกต้องมากกว่า 5 พื้นที่ เพราะโอกาสที่บุคคลที่ 2 และ 3 จะไม่มีทางเปิดอุปกรณ์ได้ ถึงเปิดได้โอกาสน้อยมาก

ภาพที่ 87



แสดงการแบ่งภาพพื้นที่ใหญ่เพิ่มเข้าไป 4 พื้นที่รวมเป็น 9 พื้นที่เท่า ๆ กัน

4. ผลลัพธ์ของการเพิ่มพื้นที่อีก 4 พื้นที่

เมื่อเพิ่มพื้นที่อีก 4 พื้นที่จากเดิม 5 พื้นที่รวมเป็น 9 พื้นที่ จำนวนโหนดรวม = $458 \times 9 = 4122$ โหนด เพื่อให้การตรวจเทียบมีความละเอียดมากกว่า 5 พื้นที่

ดังนั้นพื้นที่ (F), (H), (I), (J) จะคำนวณออกมาเช่นกัน โดยเราจะทราบค่าผิดพลาดจากเริ่มต้นไปจนกระทั่งสิ้นสุดการเรียนรู้

ตารางที่ 6

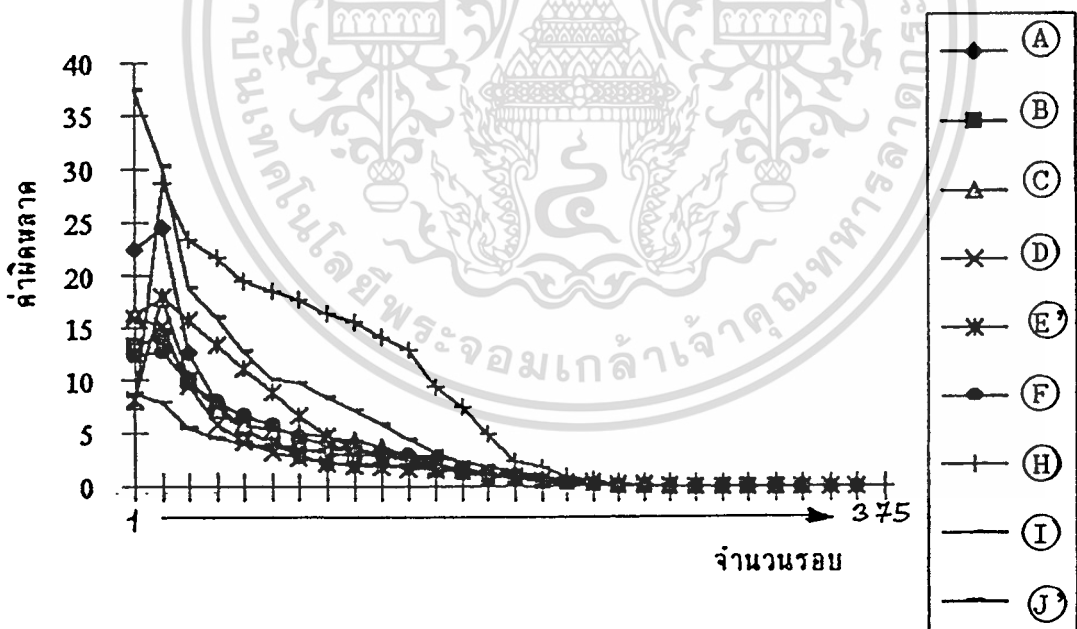
รายการ	พื้นที่	จำนวนรอบ	ค่าผิดพลาด	ใช้เวลา
			รอบแรก --> รอบสุดท้าย	
ถายนิวหัวแม่มือ	(F)	354	28.05656292--> 0.00099537	≈ 18 ชม. 00 นาที
ให้จดจำ (1 และ 0)	(H)	348	10.97441070--> 0.00099492	≈ 16 ชม. 55 นาที
	(I)	329	25.25591101 --> 0.00099317	≈ 18 ชม. 10 นาที
	(J)	346	17.94946699--> 0.00099492	≈ 18 ชม. 5 นาที

แสดงค่าผิดพลาดรอบสุดท้ายของพื้นที่ (F, H, I, J) เมื่อป้อนเอาต์พุตเป็น 1 และ 0

ตัวอย่างแสดงกราฟระหว่างค่าผิดพลาดต่อจำนวนรอบของ 9 พื้นที่

พื้นที่ (A, B, C, D, E, F, H, I, J)

ภาพที่ 88



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าผิดพลาดกับจำนวนรอบของ 9 พื้นที่

5. สรุปผลของค่าน้ำหนักของพื้นที่ A ที่เก็บลงไฟล์เมื่ออินพุต 400 แพทเทิร์น

สุ่ม (random) ค่าน้ำหนักเริ่มแรก (initial weight) เป็นค่าน้อย ๆ โดยให้อยู่ใน

ช่วงระหว่าง (-0.5) -> (0.5) ซึ่งนิเวรอลเน็ตเวิร์กได้คิกค่าน้ำหนักเริ่มต้นออกมาอย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และปรับค่าน้ำหนักจนสิ้นสุดการเรียนรู้และจงจำค่าน้ำหนักที่ปรับสุดท้าย แล้วเก็บลงไฟล์
รูปภาพที่ 89 -> ภาพที่ 92

5.1. ค่าน้ำหนักระหว่างอินพุตกับฮิดเดน w_{ih} เมื่อยังไม่ได้เรียนรู้ ซึ่งได้แสดง
น้ำหนักเริ่มแรกเฉพาะโหนดแรกของพื้นที่ (A) จำนวน 199 ค่าตามจำนวนโหนดฮิดเดนที่
กำหนดไว้

ภาพที่ 89

-0.465	0.330	0.025	0.349	-0.182	0.132	-0.015	0.256	0.409
0.145	0.382	-0.041	0.142	-0.268	-0.476	-0.421	0.044	0.134
0.060	-0.034	0.398	-0.227	0.401	-0.386	-0.414	0.092	-0.088
0.058	-0.298	0.047	-0.268	0.189	-0.273	-0.266	0.242	0.279
0.117	0.121	-0.035	0.220	0.472	-0.231	0.347	0.156	-0.175
0.441	0.110	0.131	-0.129	0.424	0.342	-0.435	0.026	0.294
0.253	-0.360	0.151	-0.297	-0.378	-0.203	0.050	-0.473	-0.060
-0.500	-0.287	0.403	0.294	-0.185	0.158	0.100	0.197	-0.136
-0.136	0.276	0.004	-0.448	-0.405	-0.292	-0.440	-0.367	0.137
-0.112	0.314	0.027	-0.329	0.270	-0.146	-0.408	-0.274	0.402
0.319	0.357	0.306	-0.417	-0.177	-0.457	-0.286	-0.168	0.183
-0.481	0.303	-0.060	-0.026	-0.107	-0.192	-0.029	0.002	0.026
-0.406	0.457	-0.256	0.013	0.377	0.038	-0.320	-0.257	-0.306
-0.385	-0.001	-0.436	-0.136	0.274	-0.322	-0.348	0.036	-0.183
-0.222	0.403	-0.284	0.058	0.178	-0.467	0.084	-0.045	0.392
-0.375	-0.236	0.237	0.399	0.470	-0.263	0.410	-0.002	-0.374
-0.161	0.021	-0.049	0.214	-0.427	-0.249	0.080	-0.388	0.173
-0.369	0.312	-0.140	0.413	0.463	0.460	-0.439	-0.249	0.197
-0.343	-0.499	0.166	0.191	-0.037	0.195	0.418	0.294	0.391
0.422	0.264	-0.198	0.105	0.243	0.125	-0.392	0.141	-0.295
-0.394	-0.086	0.437	0.083	-0.156	-0.431	-0.206	-0.345	0.415
0.020	-0.184	0.372	0.016	0.305	0.038	-0.118	0.421	0.441
								-0.044

แสดงข้อมูลเฉพาะของค่าน้ำหนักเริ่มต้น 199 ค่าเฉพาะโหนดแรกของพื้นที่ (A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. คำนำน้หนักระหว่างฮิคเดนกับเอาร์ทพุด(w_{hj}) เมื่อยังไม่ได้เรียนรู้ ซึ่งได้ แสดงค่าน้ำหนักเริ่มแรกของพื้นที่(A)จำนวน 199+1 ไบแอส = 200 ค่า ตามจำนวนโหนด ฮิคเดนกับหนึ่งเอาร์ทพุด

ภาพที่ 90

-0.408	-0.019	-0.134	-0.389	0.010	0.260	-0.201	0.111	-0.178
-0.073	-0.186	-0.034	0.500	-0.288	0.426	0.008	0.472	-0.013
-0.400	-0.191	0.458	-0.176	-0.355	0.218	0.049	0.500	-0.341
0.290	0.327	-0.479	-0.388	-0.116	-0.197	-0.298	0.356	-0.337
-0.418	0.375	-0.293	-0.070	0.351	-0.487	0.199	-0.303	-0.251
0.339	0.362	-0.320	0.231	0.420	-0.399	0.179	-0.432	0.240
-0.254	-0.007	-0.274	0.483	0.018	0.021	-0.265	0.244	-0.311
-0.281	-0.199	0.191	0.230	-0.433	0.271	0.478	-0.238	-0.274
0.103	-0.033	-0.362	0.150	0.178	-0.479	0.188	0.104	-0.439
0.257	0.243	-0.122	0.338	0.038	0.035	-0.013	-0.037	0.079
-0.320	0.211	-0.279	0.057	0.326	0.006	0.385	0.316	0.316
0.140	-0.181	-0.319	-0.415	0.369	0.082	-0.284	0.391	-0.500
-0.432	0.423	0.147	0.394	-0.095	0.245	-0.429	-0.231	0.127
-0.094	0.010	-0.336	-0.192	0.361	-0.347	0.099	-0.306	0.359
0.189	-0.341	0.178	-0.247	-0.406	-0.424	-0.162	-0.105	-0.423
0.060	-0.454	0.124	0.078	0.396	-0.096	-0.025	-0.500	0.400
0.065	0.265	0.392	-0.458	0.213	0.424	-0.282	0.071	-0.431
-0.106	0.460	-0.206	-0.381	0.245	-0.336	0.329	0.462	-0.120
-0.398	0.303	-0.153	0.324	-0.147	0.275	-0.328	-0.377	0.425
-0.101	-0.431	0.398	-0.338	0.155	-0.125	0.393	-0.188	0.131
-0.050	-0.038	0.364	0.048	0.251	0.285	-0.144	-0.389	0.117
0.215	0.483	0.422	-0.388	0.228	0.096	0.034	-0.037	0.152
								-0.408
								-0.374

แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักเริ่มต้น 200 ค่าระหว่างฮิคเดนกับเอาร์ทพุดของพื้นที่(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3. คำน้่านักระหว่างอินพุตกับฮิดเดน(W_{ih}) เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้แล้ว แสดง เฉพาะโหนดแรกของพื้นที่ (A) จำนวน 199 ค่าตามจำนวนโหนดฮิดเดน

ภาพที่ 91

0.515	-0.083	0.398	0.119	-0.454	-0.140	-0.023	0.471	0.484
0.268	-0.293	-0.332	0.283	0.339	0.498	-0.192	-0.049	0.109
-0.307	-0.309	0.200	0.366	-0.348	-0.279	0.013	0.019	-0.098
0.249	-0.268	-0.169	0.212	0.111	-0.461	0.425	0.435	0.405
0.044	0.330	0.040	-0.145	0.400	-0.186	0.404	-0.464	0.245
-0.049	-0.506	0.306	-0.221	-0.054	-0.021	-0.075	0.232	0.072
0.479	0.170	0.071	-0.220	-0.418	0.206	0.151	0.380	-0.284
0.264	-0.346	-0.518	0.050	0.280	0.207	0.222	-0.272	-0.408
-0.383	0.187	-0.085	-0.140	-0.457	0.343	0.000	-0.446	0.202
-0.307	-0.040	-0.125	0.332	0.099	-0.536	-0.505	0.071	-0.346
-0.040	0.026	-0.042	0.377	0.071	-0.373	-0.287	0.446	-0.353
0.120	0.397	-0.341	0.314	-0.374	0.408	-0.276	-0.033	-0.141
0.348	0.361	-0.458	0.079	-0.381	0.435	0.593	0.159	0.154
-0.310	-0.508	0.159	-0.059	0.330	0.332	0.150	0.295	-0.228
-0.063	0.240	-0.441	-0.477	-0.090	0.000	0.208	-0.468	-0.155
-0.424	-0.301	0.421	-0.303	-0.071	0.377	0.035	0.409	0.498
-0.023	-0.015	0.361	0.251	0.421	-0.052	0.570	-0.139	-0.108
-0.225	0.066	-0.531	-0.300	0.402	-0.117	0.161	0.429	0.521
-0.215	0.018	0.185	0.124	0.160	-0.153	-0.070	-0.036	0.505
0.019	0.103	-0.143	0.230	0.479	0.348	0.196	-0.062	0.155
-0.009	-0.278	0.008	0.259	-0.066	-0.443	-0.214	-0.330	0.159
-0.225	-0.387	-0.025	-0.163	0.467	-0.039	0.278	0.423	-0.108
								0.018

แสดงข้อมูลจำเพาะของค่าน้ำหนักโหนดแรกของพื้นที่ (A) เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้

* การตรวจเทียบของโครงข่าย(Network)

การตรวจเทียบ(Matching)และการทำงานโดยอัตโนมัติ

การตรวจเทียบจะกระทำได้ เมื่อกลายนิ้วหัวแม่มือทดสอบ -> เตรียมข้อมูลทิศทางและแทนข้อมูลเลขทิศทางด้วย 0,1,2,3 โดยเป็นข้อมูลอินพุตคู่กับค่าน้ำหนัก (weight) ใหม่ที่เก็บไว้ในลิงค์ระหว่างอินพุตกับฮิดเดน(w_{ih}) ผ่านเทสโวลต์ของชั้นฮิดเดน ซึ่งเป็นค่าของฮิดเดนโหนดคู่กับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ในลิงค์ ระหว่างฮิดเดนกับเอาต์พุต(w_{hj}) แล้วผ่านเทสโวลต์ของชั้นเอาต์พุต ซึ่งเป็นค่าเอาต์พุตโหนดมีเพียง 1 โหนด ดังนั้นเอาต์พุตจึงออกมาค่าเดียวและตรวจเทียบให้เป็น 1 หรือ 0 โดยถ้าค่าเอาต์พุต ≥ 0.5 ให้เอาต์พุตเป็น 1 และถ้าค่าเอาต์พุต < 0.5 ให้เอาต์พุตเป็น 0 โดยจะเป็นสัญญาณหนึ่งพื้นที่และทุกพื้นที่ที่เป็นเอาต์พุตออกมาจะนำมาทำโลจิก นั่นคือถ้าเอาต์พุตเป็น 0 อยู่หนึ่งพื้นที่หรือ 0 หมดทุกพื้นที่ สัญญาณเอาต์พุตเป็น 0 และถ้าเป็น 1 หมดทุกพื้นที่ สัญญาณเอาต์พุตเป็น 1 ซึ่งจะเป็นสัญญาณผ่านวงจรไซติสเตรียลย์ ทำให้อุปกรณ์ทำงานจนเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนดไว้ ต่อมาโปรแกรมจะไปเริ่มต้นรับการกดคใหม่ แต่ถ้าเอาต์พุตเป็น 0 โปรแกรมจะไปเริ่มต้นรับการกดทันที โดยอัตโนมัติ ดังนี้

1. การตรวจเทียบด้วยโครงสร้างวงจรนิวรอลรวม ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น

หลังจากการเตรียมค่าน้ำหนักของ 9 พื้นที่ไว้ เมื่อมีการทดสอบโดยการกลายนิ้วมือลงไป 1 ครั้ง (1 แพทเทิร์น) และผลจากการตรวจเทียบ ดังนี้

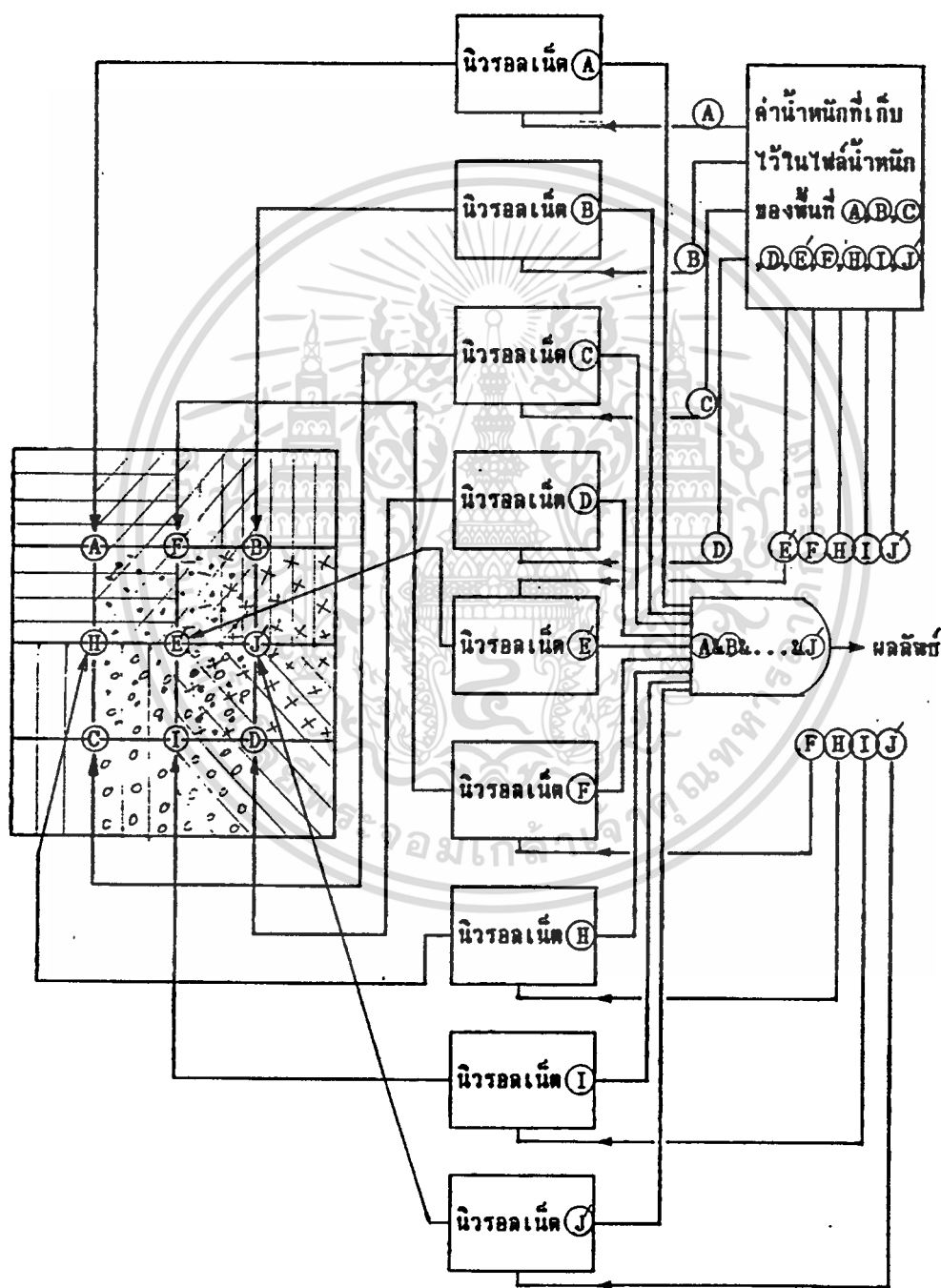
จากภาพที่ 88 เป็นการตรวจเทียบลายนิ้วมือ 1 แพทเทิร์น ที่มีพื้นที่เหลี่ยมหรือทับกันอยู่และถูกดึงออกมาคำนวณด้วยบล็อกโคอะแกรมของนิวรอลเน็ตเวิร์กแต่ละพื้นที่เป็นลำดับจาก(A)→(J) จากการทดสอบเมื่อกลายนิ้วมือทดสอบ 1 ครั้ง(1 แพทเทิร์น)ทั้ง 9 พื้นที่ และมีการคำนวณโดยประมวลผลของการเตรียมข้อมูล ต่อมาดึงเอาค่าน้ำหนักที่อยู่ในไฟล์ น้ำหนักที่เก็บไว้มาคำนวณตรวจเทียบอย่างอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นจากพื้นที่(A) ก่อนและได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น 1 หรือ 0 จากการแปลงค่าเอาต์พุตเรียบร้อยแล้ว ต่อมาเริ่มคำนวณที่พื้นที่(B) จนกระทั่งได้เอาต์พุตออกมาเช่นกันแล้วทำอย่างต่อเนื่องแบบนี้กับพื้นที่ (C), (D), (E), (F), (H), (I) และ (J) จนได้เอาต์พุตหมดทุกพื้นที่ แล้วนำเอาเอาต์พุตมาพิจารณาด้วยการแอนด์กัน สรุปออกมาเป็นเอาต์พุตสุดท้ายจากการคิดถ้ามี 0 เพียงหนึ่งพื้นที่ผลสรุปของเอาต์พุตคือ 0 สำหรับข้อมูลทดสอบมีอยู่ 3 แบบ ที่ได้พิจารณาคือ

1.1. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1

ตรวจเทียบจากการกลายนิ้วมือที่เรียนรู้ 1 ทดสอบกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อ จำนวนแพทเทิร์นทั้งหมด โดยผลลัพธ์ทุกพื้นที่ต้องเท่ากับ 1 หมดหลังจาก

การแปลงเอาท์พุทแล้ว ซึ่งแสดงว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน แต่ผลออกมาเป็น 0 บางพื้นที่ โดยคำนวณหาค่าน้ำหนักไปตรงกับค่าน้ำหนักที่ให้เรียนรู้ 0 ผลสุดท้ายจะเป็น 0 ทั้งหมด

ภาพที่ ๑๑



แสดงบล็อกโคแอมตรองเทียบด้วยโครงสร้างวงจรนิวรอนรวม ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่สามารถนำ
ไปว่ากรณิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 2

ตรวจเทียบจากการกดลายนิ้วมือที่เรียนรู้ 0 ทดสอบกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อจำนวนแพทเทิร์นทั้งหมด โดยผลลัพธ์ทุกพื้นที่ต้องเท่ากับ 0 หมดหลังจากการแปลงเอาร์ทพุตแล้ว แสดงว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกันแต่ถ้ามีบางพื้นที่เป็น 1 ทำให้ผลเป็น 0 แสดงว่าบางพื้นที่หาค่าน้ำหนักออกมาแล้วมีบางพื้นที่ไปตรงกับค่าน้ำหนักที่เรียนรู้ เป็น 1

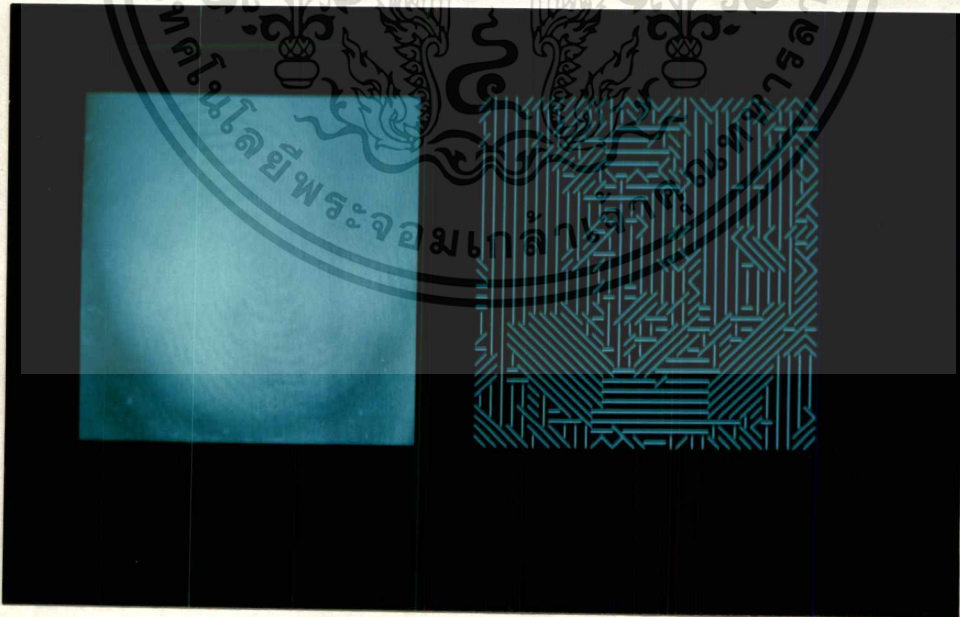
1.3. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 3

ตรวจเทียบจากการกดลายนิ้วมือที่ไม่ได้เรียนรู้ 1 หรือ 0 ผลทดสอบกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ทั้ง 9 พื้นที่ต่อจำนวนแพทเทิร์นทั้งหมด โดยผลลัพธ์จะมีบางพื้นที่เป็น 1 และบางพื้นที่เป็น 0 ผลสรุปที่ออกมาเป็น 0 หลังจากการแปลงค่าเอาร์ทพุตแล้ว ซึ่งแสดงว่าเป็นลายนิ้วมือเป็นลายนิ้วมือที่ไม่ได้เรียนรู้จริง

2. ตัวอย่างการตรวจเทียบ 9 พื้นที่ (A) -> (J)

2.1. ลายนิ้วหัวแม่มือจริงแบบกันหอย (บุคคลที่ 3)

ภาพที่ 94



แสดงการหาทิศทางลายนิ้วมือจริงแบบกันหอย

2.1.1. การตรวจเทียบเป็นค่าเอทพุตที่แปลงเป็น 1 และ 0 จากค่านำหนัก
ที่เก็บไว้ 400 แพทเทิร์น

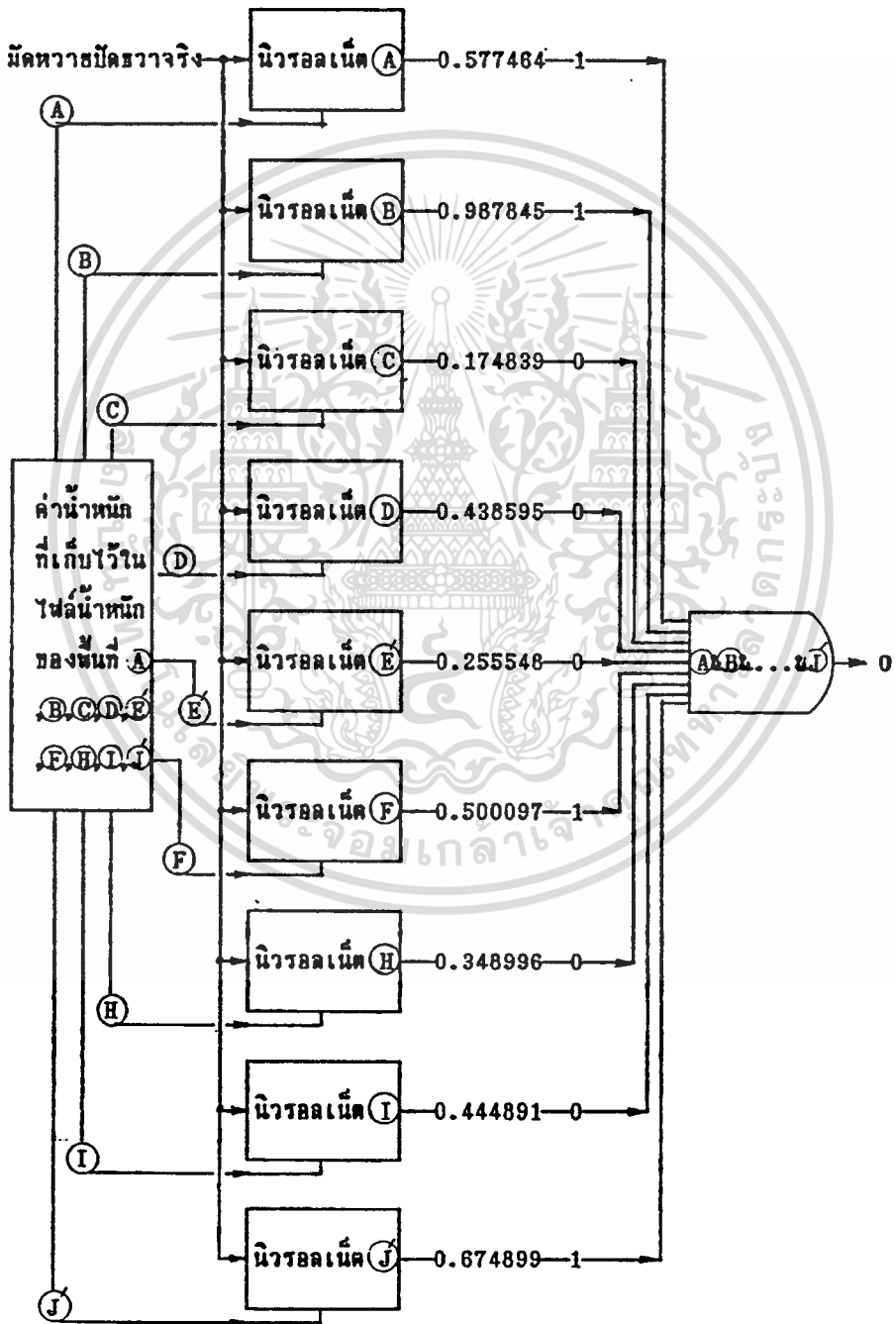
ตารางที่ 7

แพทเทิร์น ที่	การปรับค่าเอทพุต จำนวนจริงให้เป็น เอทพุตแบบดิจิทัล	แพทเทิร์นลายนิ้วมือจริง					
		1->200	200->400	ผลตรวจเทียบของค่าเอทพุตทดสอบ			
Ⓐ	ถ้า $x' \geq 0.5$ เอทพุต=1	0.500000	0.499999	0.577464	1		
Ⓑ	ถ้า $x' < 0.5$ เอทพุต=0	↓	↓	0.987845	1		
Ⓒ	เมื่อ x' คือ เอทพุต			0.174839	0		
Ⓓ	ของพื้นที่ Ⓐ -> Ⓙ			0.438595	0		
Ⓔ				0.255548	0		
Ⓕ				0.500097	1		
Ⓖ				0.348996	0		
Ⓘ				0.444891	0		
Ⓙ				1.00000	0.000000	0.674899	1
สรุปผลลัพธ์ของ 9 พื้นที่					1,1,0,0,0,1,0,0,1		

แสดงตรวจเทียบระหว่างลายนิ้วมือของบุคคลที่ไม่ได้เรียนรู้กับบุคคลที่ได้เรียนรู้

2.1.2. แสดงบล็อกโคอะแกรมการตรวจเทียบลายนิ้วหัวแม่มือระหว่างผู้
ไม่ได้เรียนรู้กับข้อมูลที่เก็บไว้

ภาพที่ 95



แสดงบล็อกโคอะแกรมการตรวจเทียบของจริงแบบกันหอย ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการแข่งขันหรือการประกวดชิงรางวัล โดยผู้จัดระเบียบงานนี้ขอสงวนสิทธิ์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กกับฮิสโตแกรมทิศทาง

1. ถ่ายภาพลายนิ้วมือเข้ามาจากการกดลายนิ้วหัวแม่มือจริง ได้มีการตั้งศูนย์กลางภาพก่อนซึ่งแสดงข้อมูลภาพ 64 ระดับขนาด 256x256 จุดภาพ และจัดเก็บลงไฟล์ข้อมูลเมื่อได้จำนวนตามที่กำหนด จากนั้นประมวลผลด้วยการเตรียมข้อมูลขนาด 32x32 บล็อกๆละ 8x8 จุดภาพ เพื่อสร้าง ฮิสโตแกรมทิศทางของ 4 ทิศทาง ต่อมานำเอาผลของฮิสโตแกรมทิศทางมาเรียนรู้จดจำโดยใช้โครงข่ายนิวรอล แต่เนื่องจากเขียนโปรแกรมบนคอสมอสจึงต้องลดขนาดจาก 32x32 บล็อกลงมาเป็น 16x16 บล็อก ต่อ 1 พื้นที่ เพราะจำนวนจุดภาพมีมากเกินไปทำให้ความจำไม่พอคือ $256 \times 256 \times 8 = 524,288$ จุดภาพ นอกจากนี้การซอยพื้นที่ออกเป็น 5 พื้นที่ จะทำให้มีความถูกต้องมากขึ้นแต่การใช้งานจะยาก ซึ่งจะเป็นผลดีเพราะจะเป็นประโยชน์ต่อลายนิ้วมือที่ใช้งานได้เท่านั้น ต่อมาได้เพิ่มเป็น 9 พื้นที่ โดยวางตามภาพที่ 84 ได้มีการจัดแบ่งการเรียนรู้จดจำ พร้อมทั้งได้เก็บค่าน้ำหนักไว้ซึ่งได้แบ่งไว้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มบุคคลที่ 1, กลุ่มบุคคลที่ 2, กลุ่มบุคคลที่ 3 เมื่อมาถึงการตรวจเทียบโดยข้อมูลอินพุตคูณกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ใช้งานจริง และเอาที่พุดออกมาไปเทียบว่าถ้าเอาที่พุดที่ออกมา ≥ 0.5 ให้เป็น 1 และเอาที่พุด < 0.5 ให้เป็น 0 และแสดงผลเป็น 5 พื้นที่ หรือ 9 พื้นที่และนำมาแอนกันซึ่งถ้าเป็น 0 อยู่หนึ่งพื้นที่หรือทุก 0 พื้นที่จะเป็น 0 ทันที ดังนั้น จึงต้องเป็น 1 หมดจึงจะเป็น 1 ส่วนรายละเอียดการทดสอบตั้งแต่การถ่ายภาพเข้ามา--> การเก็บข้อมูลภาพ --> การเตรียมข้อมูล --> การเรียนรู้จดจำ --> เก็บค่าน้ำหนักที่ได้ --> การตรวจเทียบ ซึ่งทดสอบลองดูหลายๆครั้งจากอุปกรณ์ที่ใช้ โดยต้องมีปรับแต่งและแก้ไขให้ดีกว่าเดิม รวมทั้งกำหนดจำนวนของข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการเรียนรู้ให้แน่นอน

2. ตัวแปรที่ใช้กับนิวรอลเน็ตและเป็นค่าที่กำหนดให้ใช้ในการเรียนรู้ โดยเป็นค่าที่ได้จากการทดลองและสามารถเรียนรู้ได้จนสำเร็จ ซึ่งได้ตั้งค่าไว้ดังนี้

- อัตราการเรียนรู้ (γ) = 0.25
- ค่าผิดพลาดของระบบ (E_{max}) = 0.001
- ค่าน้ำหนักเริ่มต้น(initial weight) = -0.5 -> 0.5
- จำนวนโหนดที่ใช้ในการเรียนรู้

อินพุตโหนด = 256 , ฮิดเดนโหนด = 199 , เอาท์พุตโหนด = 1
และ ไบแอสโหนด = 1

หมายเหตุ : 1 โหนด = 1 บล็อก(8x8 จุดภาพ)

ดังนั้น 1 พื้นที่ = 16x16 โหนด และ 1 แพทเทิร์น = 32x32 โหนด

โดยกำหนด 1 แพทเทิร์นถูกแบ่งออกเป็น 5 พื้นที่ หรือ 9 พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

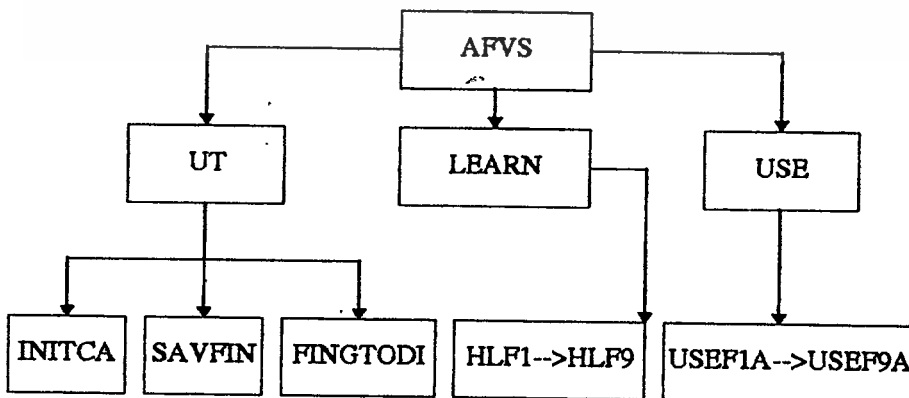
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การทดลองระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS) จากการเตรียมฮิสโตแกรมทิศทาง

ผลของงานวิจัยและพัฒนาการตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS) จะเป็นประโยชน์และเหมาะสมกับระบบรักษาความปลอดภัยหรือควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะลายนิ้วมือไม่มากนักและใช้เฉพาะนิ้วหัวแม่มือจริง จึงเป็นการตรวจเทียบลายนิ้วมือระหว่างนิ้วต่อนิ้ว หรือนิ้วต่อหลาย ๆ นิ้วที่ไม่มากนัก ดังนั้นการเรียนรู้และจดจำลายนิ้วมือจึงพิจารณาลักษณะของลายเส้นที่เกิดขึ้นจากเส้นนูนและเส้นร่องที่เกิดขึ้นแต่เนื่องจากข้อมูลภาพที่เข้ามาเป็นระดับเทา 64 ระดับ ดังนั้นในส่วนของ การประมวลผลภาพ ได้พิจารณาฮิสโตแกรมทิศทางมาใช้กับนิเวศน์เน็ตเวิร์ก เพื่อนำไปใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ควบคุมเครื่องมือเปิดปิดประตู, เปิดปิดดวงไฟ โดยเอาลายนิ้วมือแทนการใช้กุญแจ ซึ่งมีขั้นตอนจากการเตรียมข้อมูลภาพ, เรียนรู้และตรวจเทียบจากผลเอาที่ทุกที่กำหนดให้ออกมา ≥ 0.5 แปลงเป็น 1 และ < 0.5 แปลงเป็น 0 โดยนำสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์และเมื่ออุปกรณ์กำลังทำงาน โปรแกรมจะรอนกว่าอุปกรณ์เสร็จสิ้นและจะกลับไปเริ่มต้นรอกการกลายนิ้วมือใหม่ ถ้าอุปกรณ์ไม่ทำงาน เนื่องจากสัญญาณออกเป็น 0 โปรแกรมจะไปเริ่มต้นการกลายนิ้วมือใหม่ทันที และถ้าจะออกจากโปรแกรมใช้ ESC

ภาพที่ 96



แสดงไฟล์โปรแกรมของ AFVS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายความหมายขั้นตอนการใช้งานของ AFVS

1. UT เป็นส่วนของการตรวจอุปกรณ์,เก็บและเตรียมข้อมูล ประกอบไปด้วย

1.1. INITCA เป็น โปรแกรมสำหรับการปรับตั้งหน้ากล้อง ให้ตรงกึ่งกลางกับ หน้ากระจก ซึ่งเป็นตำแหน่งกลายนิ้วมือลงมา พร้อมทั้งปรับตั้งแสงของหลอดไฟ 3vx4

1.2. SAVFIN เป็น โปรแกรมเก็บภาพลายนิ้วมือ วิธีใช้โดยเขียนคำสั่ง SAVFIN ตามด้วยชื่อไฟล์ลายนิ้วมือ,ช่วงเวลาแสดงภาพ(วินาที) เขียนดังนี้ SAVFIN KRF01.FIN 3 เมื่อกลายนิ้วมือไปบนตำแหน่งกด ถ้าพอใจกด Enter จะเก็บภาพลงไฟล์เป็น 1 แพทเทิร์น (1 ภาพ)

1.3. FINGTODI เป็นโปรแกรมประมวลผลโดยเตรียมข้อมูลทิศทาง จากการคำนวณได้แปลงภาพลายนิ้วมือไปเป็นข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง มีวิธีใช้โดยเขียนคำสั่ง FINGTODI ตามด้วยชื่อลายนิ้วมือที่เก็บไว้และชื่อไฟล์ทิศทาง ดังนี้ FINGTODI KRF01.FIN F01.DAT เมื่อเขียนและกด Enter จะเตรียมอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติจนครบ จำนวนลายนิ้วมือที่กำหนดไว้

2. LEARN เป็นโปรแกรมที่นำเอาข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางมาคำนวณ เพื่อให้เรียนรู้และจดจำ ใช้แนวทางและหลักการของนิเวศน์คอมพิวเตอร์คำนวณเก็บค่าน้ำหนักไว้ ตรวจสอบเป็นไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก คือ WT1.WET->WT5.WET (5พื้นที่) และ WT1.WET->WT9.WET (9พื้นที่) ต่อจำนวนแพทเทิร์นที่กำหนด ดังนี้

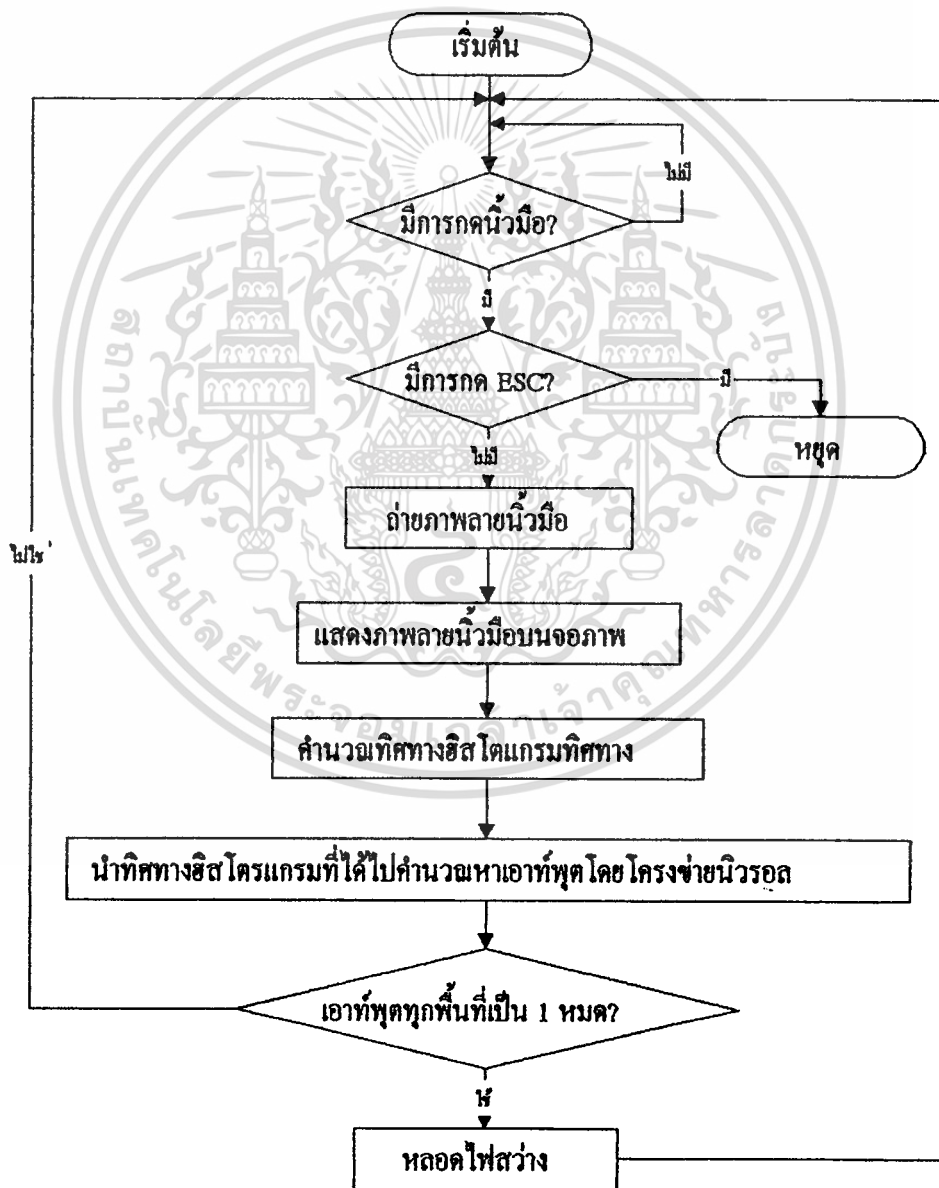
2.1. HLF1->HLF5 เป็นโปรแกรมเรียนรู้และจดจำข้อมูลอินพุตของพื้นที่ที่ 1 ถึงพื้นที่ที่ 5 ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น ซึ่งกำหนดจำนวนอินพุตแพทเทิร์นไว้ ทำการสอน 230,280,300,400 แพทเทิร์น และเก็บค่าน้ำหนักลงไฟล์ไว้ แต่เมื่อการสอนครั้งนี้เป็นการสอนแบบคู่ โดยมีอินพุตข้อมูลเข้าไปหนึ่งแพทเทิร์นและป้อนข้อมูลเอาท์พุตหนึ่งไฟล์พร้อมกัน ซึ่งข้อมูลอินพุตเป็นทิศทางส่วนข้อมูลเอาท์พุตที่ป้อนเข้าไปเป็น 1 และ 0 จากการสร้าง ขึ้นมาเป็นข้อมูลแพทเทิร์น 1->200 ได้ป้อนเอาท์พุตเป็น 1 ดังนั้นจึงสร้างไฟล์ข้อมูล OF1.DAT->OF200.DAT เรียกว่า คาค้า (ต้องการให้เรียนรู้เป็น 1) และแพทเทิร์น 201->400 ได้ป้อนเอาท์พุตเป็น 0 จึงได้สร้างข้อมูล OF201.DAT->OF400.DAT เรียกว่า เอนคาค้า เมื่อเรียนรู้เสร็จเก็บลงไฟล์ข้อมูลน้ำหนักคือ WT1.WET -> WT5.WET

2.2. HLF1->HLF9 เป็นการเพิ่มจำนวนพื้นที่จาก 5 พื้นที่ไปเป็น 9 พื้นที่ เพื่อวัตถุประสงค์ไม่ให้ผู้อื่นมาใช้งานได้

3. USE เป็น โปรแกรมการใช้งานและทำอย่างอัตโนมัติ โดยจะไปเริ่มการกลาย

นิ้วมือใหม่ทุกครั้ง เมื่ออินพุตเข้าไปจะไปจุดค่าน้ำหนักที่เก็บไว้แล้วผ่านเทสโอสต์ จนกระทั่งผ่านขบวนการเน็ตเวิร์กเป็นเอาต์พุตออกมา แล้วไปเทียบกับ 1 และ 0 ถ้าค่าเอาต์พุต ≥ 0.5 ให้ปรับเป็น 1 ถ้าเอาต์พุตเป็น < 0.5 ได้ค่าเอาต์พุตเป็น 0 ผลที่ได้จะเป็นเอาต์พุต 5 พื้นที่ และนำมาแอนกันผลก็คือ ถ้าสัญญาณออกเป็น 1 อุปกรณ์ทำงานทันทีและถ้าเป็น 0 โปรแกรมจะไปเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งสำหรับข้อมูลไฟล์ที่ใช้คือ USEF5A ใช้ตรวจเทียบ 5 พื้นที่ และ USEF9A ใช้ตรวจเทียบ 9 พื้นที่

ภาพที่ ๑๗



แสดงโปรแกรมการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจเทียบระหว่างข้อมูลลายนิ้วมือทดสอบกับที่เก็บไว้

โดยกำหนดให้ข้อมูลทดสอบและผลลัพธ์การทดสอบที่ออกมาเป็นดังนี้

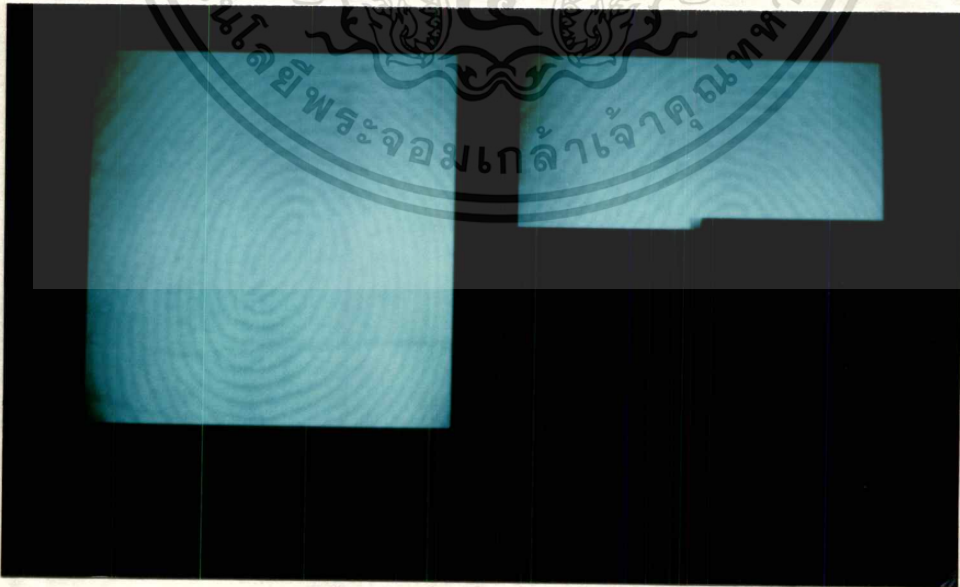
ก. \times คือ ข้อมูลทดสอบจากการกดลายนิ้วหัวแม่มือใหม่ตรวจเทียบกับตารางมาตรฐานของผลของเอาร์ทพุทที่ออกมาเมื่อ $\geq 0.5=1$, $< 0.5=0$

ข. การกำหนดผลลัพธ์ ให้ค่าเอาร์ทพุทที่แปลงออกมาเป็น 1 หมดทั้ง 5 พื้นที่และ 9 พื้นที่ ให้มีผลลัพธ์เท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงให้อุปกรณ์ทำงานหรือหลอดไฟสว่าง และถ้าเอาร์ทพุทที่แปลงออกมาเป็น 0 หมดทั้ง 5 พื้นที่และทั้ง 9 พื้นที่หรือมี 0 อยู่ 1 พื้นที่ขึ้นไปผลลัพธ์เท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ไม่ทำงานหรือหลอดไฟไม่สว่าง และสรุปออกมาของกลุ่มบุคคล 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 1 (คาต้า = บุคคลที่สอนให้ใช้งานได้)
2. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 2 (เอนคาต้า = บุคคลที่สอนไม่ทำให้ใช้งานได้ในทุกกรณี)
3. ลายนิ้วมือของบุคคลที่ 3 (บุคคลที่ไม่ได้สอน)

1. ทดลองกดลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 1

ภาพที่ 98



แสดงลายนิ้วหัวแม่มือจริงกันหอยธรรมชาติ(W)ของบุคคลที่ 1 ที่ทำการทดลองขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1. การทดสอบ 5 พื้นที่

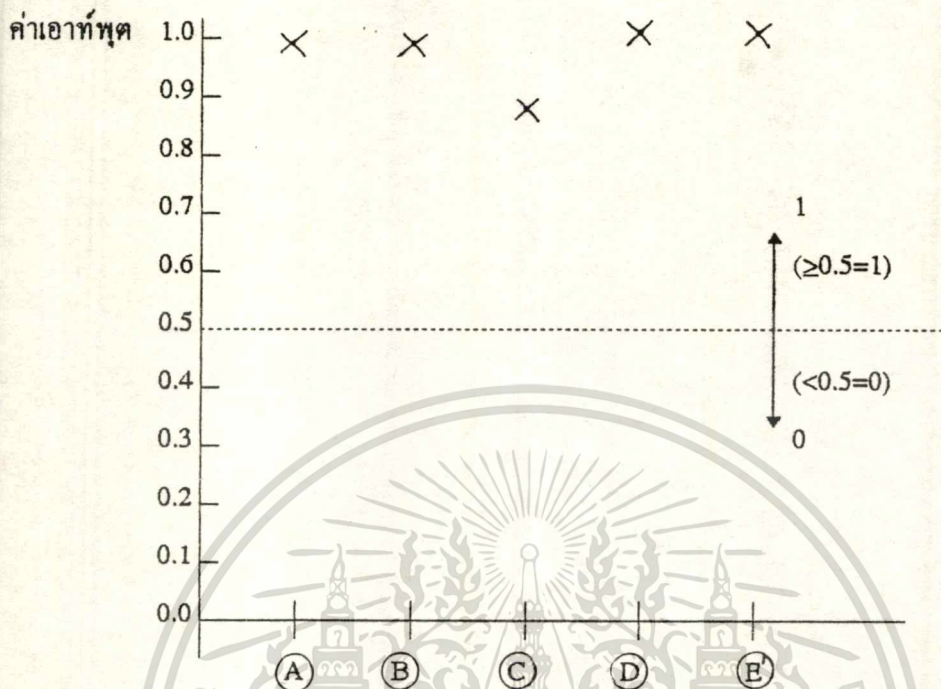
เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกคขณะนั้น

ตารางที่ 8

การปรับค่าเอาร์ทพูด จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพูดแบบคิจิตอล	ค่านำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพูด	กคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 1) 1 แพทเทิร์นต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
ถ้า $x' \geq 0.5$ เอาร์ทพูด = 1 ถ้า $x' < 0.5$ เอาร์ทพูด = 0 เมื่อ x' คือ เอาร์ทพูด ของพื้นที่ (A) -> (E')	0.998244 1 ↓ 1.00000 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200) 0.000423 0 ↓ 0.00000 0 (แพทเทิร์น 201->400)	0.999988 1 0.984449 1 0.887694 1 1.00000 1 1.00000 1	1
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ทำ งาน(หลอด ไฟสว่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารแสดง ตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่) ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 99



พื้นที่ (16x16 บล็อก)

แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบของ 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 1

สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 1 ทั้ง 5 พื้นที่ผลของอุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)

ภาพที่ 100



แสดงผลลัพธ์ 5 พื้นที่สัญญาณออกเป็น 1 อุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

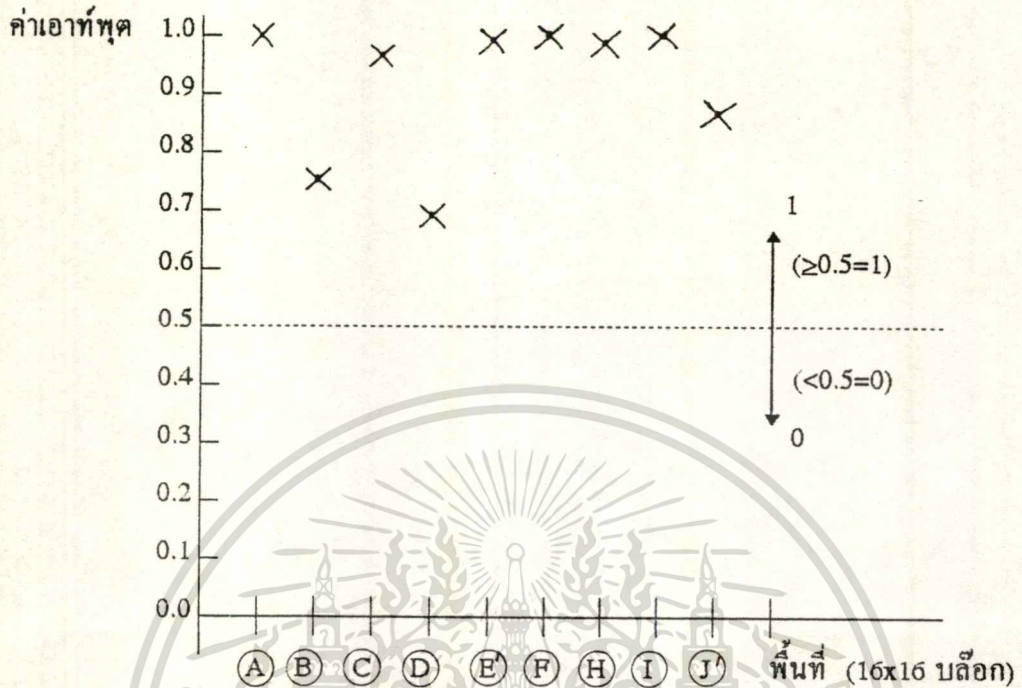
1.2. การทดสอบ 9 พื้นที่

เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกคขณะนั้น

ตารางที่ 9

การปรับค่าเอาร์ทพูด จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพูดแบบคิจิตอล	ค่านำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพูด	กคลายนี้มีบุคคลที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 1) 1 แพทเทิร์นต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
ถ้า $x' \geq 0.5$ เอาร์ทพูด = 1 ถ้า $x' < 0.5$ เอาร์ทพูด = 0 เมื่อ x' คือ เอาร์ทพูด ของพื้นที่ (A) -> (J)	0.998244 1 ↓ 1.00000 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200) 0.000423 0 ↓ 0.00000 0 (แพทเทิร์น 201->400)	1.00000 1 0.778944 1 0.985798 1 0.690497 1 0.999576 1 1.00000 1 0.999975 1 1.00000 1 0.879204 1	1
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ทำงาน หรือหลอดไฟ สว่าง

ภาพที่ 101



แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบของ 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งในแพทเทิร์นของบุคคลที่ 1

สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 1 ทั้ง 9 พื้นที่ผลของอุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)

ภาพที่ 102

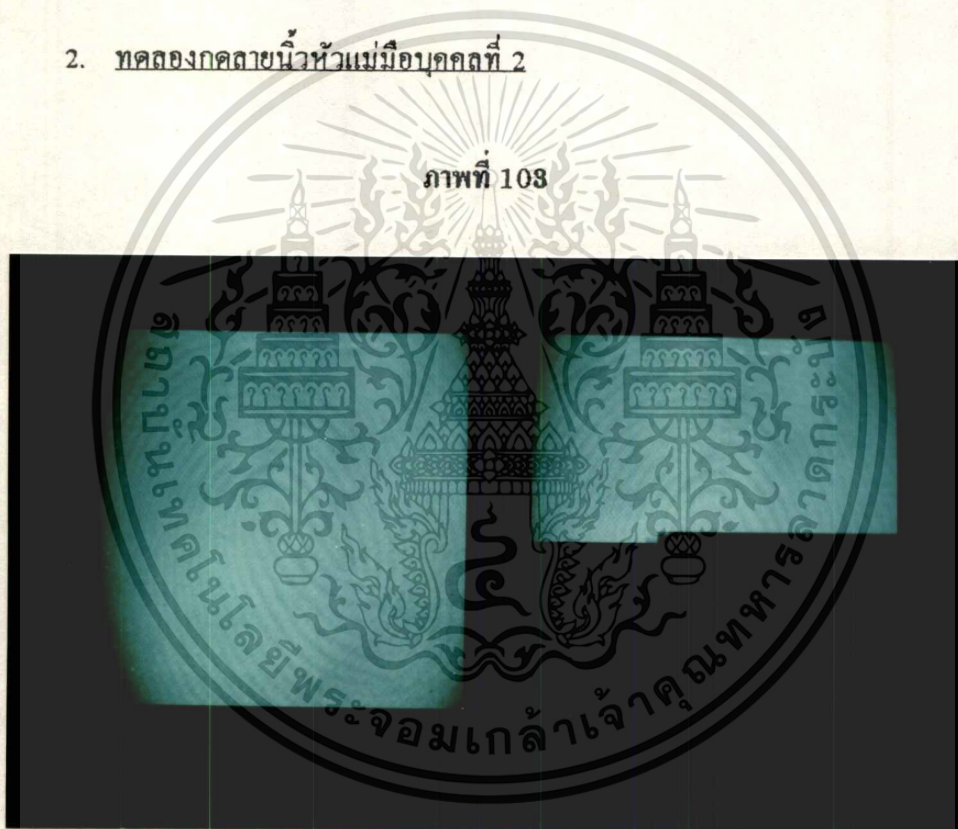


แสดงผลลัพธ์ 9 พื้นที่สัญญาณออกเป็น 1 อุปกรณ์ทำงาน (หลอดไฟสว่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดลองกลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 2



แสดงลายนิ้วหัวแม่มือจริงมัดหวายคู่แบบ 2(D2)ของบุคคลที่ 2

2.1. การทดสอบ 5 พื้นที่

เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกคชขณะนั้น

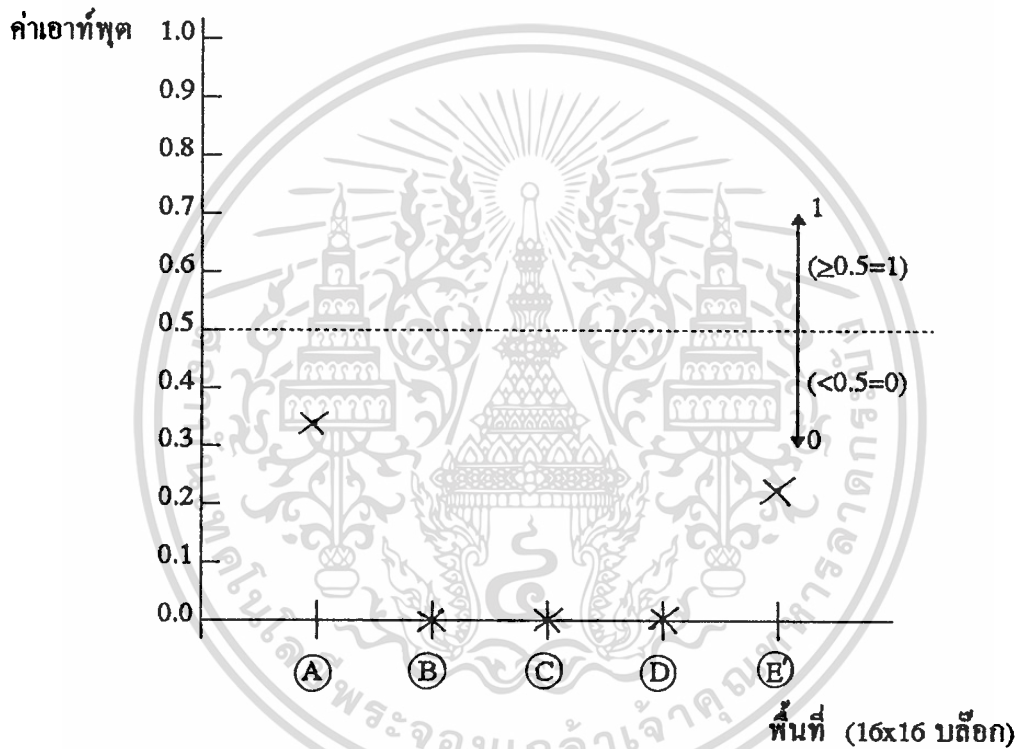
ตารางที่ 10

การปรับค่าเอาร์ทพุต จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพุตแบบดิจิทัล	ค่านำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพุต	กคชวินวมือบคคชที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 0) 1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
<p>ถ้า $x' \geq 0.5$ เอาร์ทพุต = 1</p> <p>ถ้า $x' < 0.5$ เอาร์ทพุต = 0</p> <p>เมื่อ x' คือ เอาร์ทพุต ของพื้นที่ (A) -> (E')</p>	<p>0.998244</p> <p>1</p> <p>↓</p> <p>1.00000</p> <p>1</p> <p>(แพทเทิร์น 1 -> 200)</p> <p>0.000423</p> <p>0</p> <p>↓</p> <p>0.00000</p> <p>0</p> <p>(แพทเทิร์น 201->400)</p>	<p>0.333571</p> <p>0</p> <p>0.000125</p> <p>0</p> <p>0.001769</p> <p>0</p> <p>0.000000</p> <p>0</p> <p>0.223711</p> <p>0</p>	<p>0</p>
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ไม่ทำงาน(หลอดไฟไม่สว่าง)

แสดง ตรวจเทียบกคชวินวมือบคคชที่ 2 (1 แพทเทิร์นต่อ 5 พื้นที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 104



แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 2
สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 0 ทั้ง 5 พื้นที่ผลของอุปกรณ์ไม่ทำงาน (หลอดไฟไม่
 สว่าง)

2.2. การทดสอบ ๑ พื้นที่

เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกคขณะนั้น

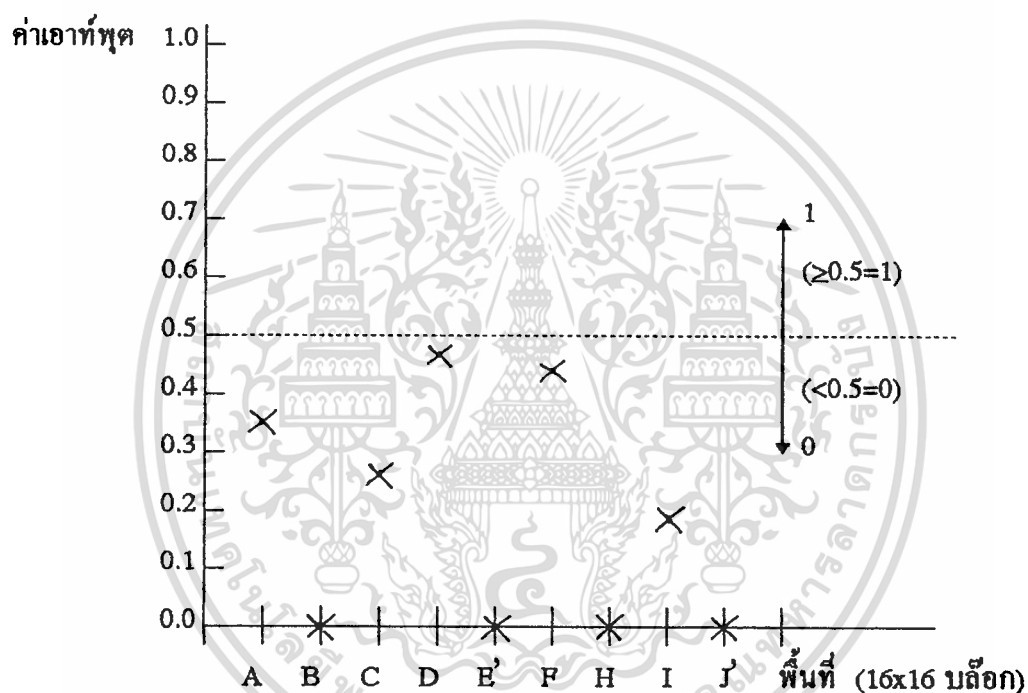
ตารางที่ 11

การปรับค่าเอาร์ทพุต จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพุตแบบดิจิทัล	ค่านำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพุต	กคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 0) 1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
ถ้า $x' \geq 0.5$ เอาร์ทพุต = 1 ถ้า $x' < 0.5$ เอาร์ทพุต = 0 เมื่อ x' คือ เอาร์ทพุต ของพื้นที่ (A) -> (J)	0.998244 1 ↓ 1.00000 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200) 0.000423 0 ↓ 0.00000 0 (แพทเทิร์น 201->400)	0.366473 0 0.001222 0 0.271478 0 0.483211 0 0.001769 0 0.457299 0 0.033471 0 0.200771 0 0.000995 0	0
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ไม่ทำงาน(หลอดไฟไม่สว่าง)

แสดง ตรวจเทียบกคลายนิ้วมือบุคคลที่ 2 (1 แพทเทิร์น ต่อ ๑ พื้นที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 105

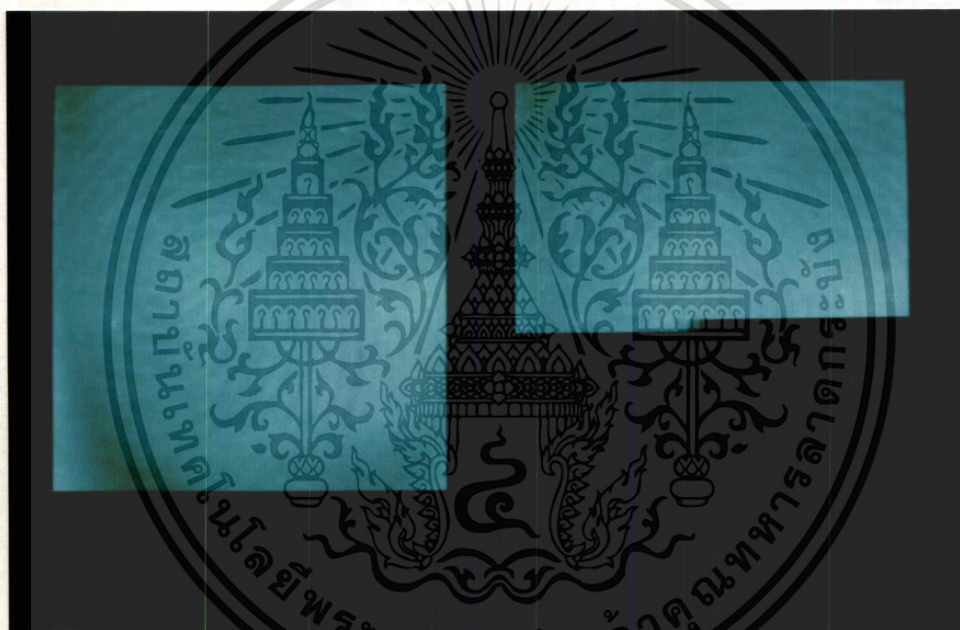


แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งพื้นที่ของบุคคลที่ 2

สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 0 ทั้ง 9 พื้นที่ ผลก็คือ อุปกรณ์ไม่ทำงาน (หลอดไฟไม่สว่าง)

3. ทดลองกลายนิ้วหัวแม่มือบุคคลที่ 3

ภาพที่ 106



แสดงลายนิ้วหัวแม่มือจริงกับรอยขรรคมดา(W)ของบุคคลที่ 3

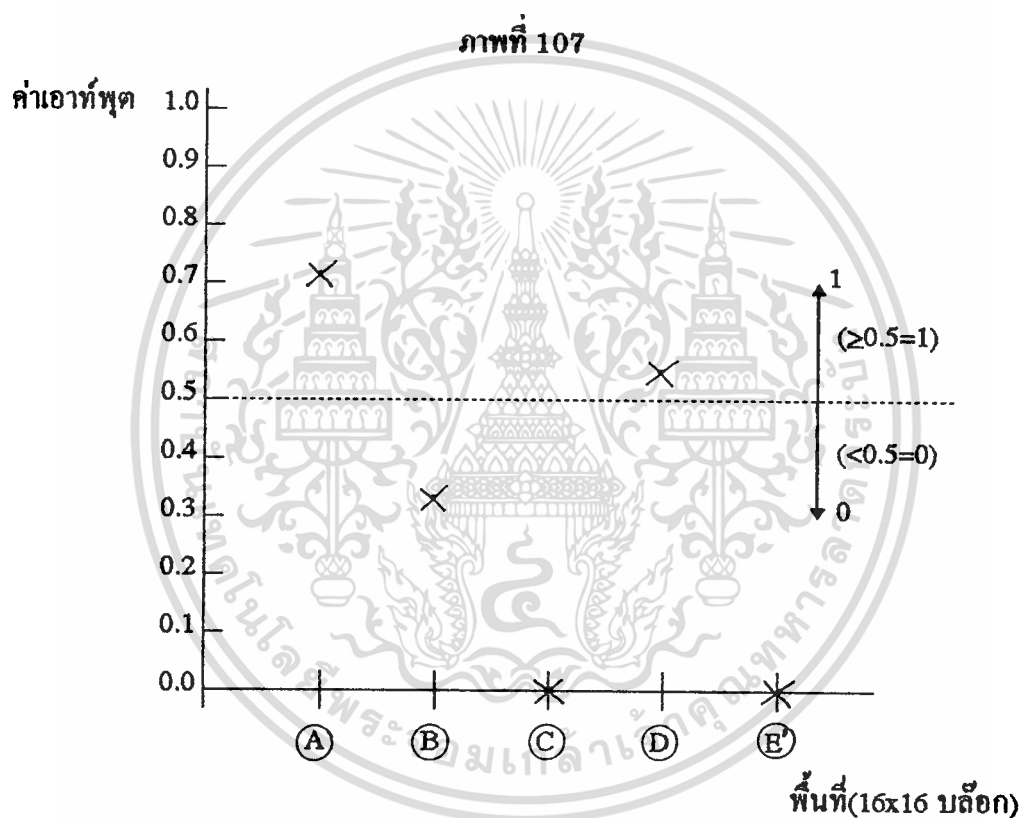
3.1. การทดสอบ 5 พื้นที่

เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกดขณะนั้น
ตารางที่ 12

การปรับค่าเอาร์ทพุต จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพุตแบบดิจิทัล	ค่านำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพุต	กดลายนีวมือบุคคลที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 0) 1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
<p>ถ้า $x \geq 0.5$ เอาร์ทพุต = 1 ถ้า $x < 0.5$ เอาร์ทพุต = 0 เมื่อ x' คือ เอาร์ทพุต ของพื้นที่ (A) -> (E)</p>	<p>0.998244</p> <p>1 ↓ 1.00000 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200)</p> <p>0.000423 0 ↓ 0.00000 0 (แพทเทิร์น 201->400)</p>	<p>0.710039 1 0.337288 0 0.000000 0 0.555722 1 0.002351 0</p>	<p>0</p>
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ไม่ทำงาน(หลอดไฟไม่สว่าง)

แสดง ตรวจเทียบกดลายนีวมือบุคคลที่ 3 (1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ คือ หนึ่งในแปดเทิร์นของบุคคลที่ 8

สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 1 รวม 2 พื้นที่และ 0 รวม 3 พื้นที่ ซึ่งทั้ง 5 พื้นที่มี 1 และ 0 ผลก็คือ อุปกรณ์ไม่ทำงาน(หลอดไฟไม่สว่าง)

3.2. การทดสอบ 9 พื้นที่

เป็นการตรวจเทียบระหว่างค่าที่ถูกเก็บไว้กับค่าที่คำนวณจากการกดขณะนั้น

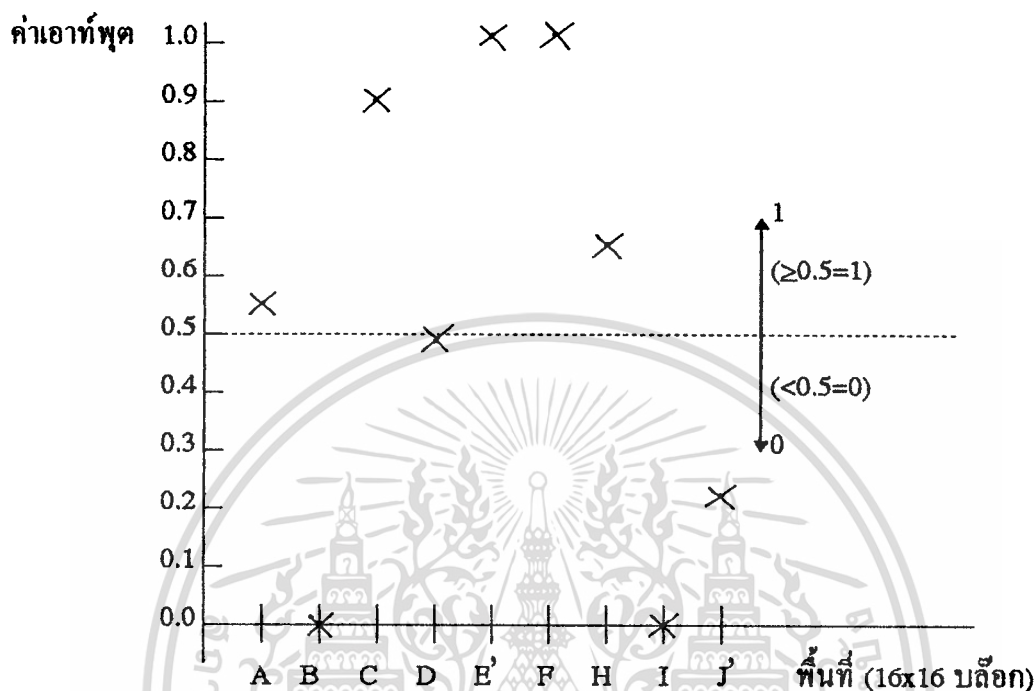
ตารางที่ 18

การปรับค่าเอาร์ทพุต จำนวนจริงให้เป็น เอาร์ทพุตแบบดิจิทัล	ค่าน้ำหนักที่ถูกเก็บไว้ 1->400 แพทเทิร์น แสดงออกเป็นเอาร์ทพุต	กคลายนิ้วมือบุคคลที่ 1 (ที่ได้เรียนรู้เป็น 0) 1 แพทเทิร์น ต่อ 5 พื้นที่	สรุปผลลัพธ์
ถ้า $x \geq 0.5$ เอาร์ทพุต = 1 ถ้า $x < 0.5$ เอาร์ทพุต = 0 เมื่อ x' คือ เอาร์ทพุต ของพื้นที่ (A) -> (J)	0.998244 1 ↓ 1.00000 1 (แพทเทิร์น 1 -> 200) 0.000423 0 ↓ 0.00000 0 (แพทเทิร์น 201->400)	0.563978 1 0.037699 0 0.904829 1 0.498209 0 0.999995 1 1.00000 1 0.667291 1 0.046828 0 0.257811 0	0
สรุปผลของการตรวจเทียบ (Matching)			อุปกรณ์ไม่ทำงาน(หลอดไฟไม่สว่าง)

แสดง ตรวจเทียบบุคคลลายนิ้วมือบุคคลที่ 3 (1 แพทเทิร์น ต่อ 9 พื้นที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 108



แสดงผลลัพธ์ของการตรวจเทียบพื้นที่ทั้ง 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์นของบุคคลที่ 8

สรุปผลลัพธ์ แสดงสัญญาณออกเป็น 1 รวม 5 พื้นที่และ 0 รวม 4 พื้นที่ ซึ่งทั้ง 9 พื้นที่มี 1 และ 0 ผลก็คือ อุปกรณ์ไม่ทำงาน (หลอดไฟไม่สว่าง)

ที่มาและแนวทางการทดลองโดยย่อ

เนื่องจากลายนิ้วมือแต่ละนิ้วของบุคคลมีความแตกต่างกันโดยตรง ทั้งกลุ่มรูปแบบและลักษณะที่แตกต่างภายในอีก และเมื่อได้นำเอาลายนิ้วมือมาใช้ประโยชน์ จึงต้องหาวิธีการและแนวทางพร้อมอัลกอริทึมที่จะนำมาใช้ได้โดยต้องคู่ที่วัตถุประสงค์ว่าจะนำไปใช้เกี่ยวกับประโยชน์ทางด้านใด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเอาลายนิ้วมือไปใช้กับการควบคุมอุปกรณ์ จึงได้มีการทดลองทำคู่ก่อน เช่น ได้นำเอาลายนิ้วมือหมึกพิมพ์มาทดลองใช้ก่อน ถ้าได้ผลจะใช้วิธีนี้ไปใช้กับลายนิ้วมือจริง (สด) แต่ในงานวิจัยได้เลือกเอาเฉพาะทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทางมาใช้ร่วมกับการคำนวณ โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์กเพื่อให้เรียนรู้และจดจำ จากการแบ่งพื้นที่ 256x256 จุดภาพ (32x32 บล็อก) และเป็นพื้นที่ย่อยเท่า ๆ กันขนาดพื้นที่ละ 128x128 จุดภาพ (16x16 บล็อก) โดย 8x8 จุดภาพ = 1 บล็อกและยังใช้เทคนิคต่างมาใช้เช่น การกำหนดกลุ่มข้อมูลเรียนรู้ 2 กลุ่มได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าต่ำ คือ บุคคลที่ 1 โดยใช้ข้อมูลลายนิ้วหัวแม่มือจำนวน 1 นิ้ว กำหนดให้เรียนรู้ และ จดจำเป็น 1 เพื่อใช้งานได้

และเอนค่าต่ำ คือ บุคคลที่ 2 โดยใช้ข้อมูลลายนิ้วหัวแม่มือจำนวน 19 นิ้ว กำหนดให้ เรียนรู้และจดจำเป็น 0 เพื่อไม่ให้ใช้งานทุกกรณี

จากการทดสอบหลายครั้งและหลายแบบ จะมีเปลี่ยนแปลงจำนวนแพทเทิร์น และแบบลายนิ้วมือ 2 แบบ คือ กั้นหอยธรรมชาติและมัดหวายคู่แบบ2 พิจารณาทดสอบการกด 100 ครั้ง จากกลุ่มบุคคล 3 กลุ่ม คือ

1. ลายนิ้วหัวแม่มือของผู้ใช้งาน (ค่าต่ำ) คือ ผลถูกต้อง(เอาท์พุททั้ง 5 พื้นที่เป็น 1 หมค) หลอดไฟ 220v สว่าง ถ้าไม่ถูกต้อง(เอาท์พุททั้ง 5 พื้นที่เป็น 0 หมค หรือมีทั้ง 1 และ 0) หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง

2. ลายนิ้วหัวแม่มือของผู้ไม่ให้งาน(เอนค่าต่ำ)คือ ผลถูกต้องจริง(เอาท์พุททั้ง 5 พื้นที่ เป็น 0 หมค) หรือถูกต้องไม่จริง (เอาท์พุท 5 พื้นที่มีทั้ง 1 และ 0) หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ถ้าไม่ถูกต้องหลอดไฟ 220v สว่าง (เอาท์พุททั้ง 5 พื้นที่เป็น 1 หมค)

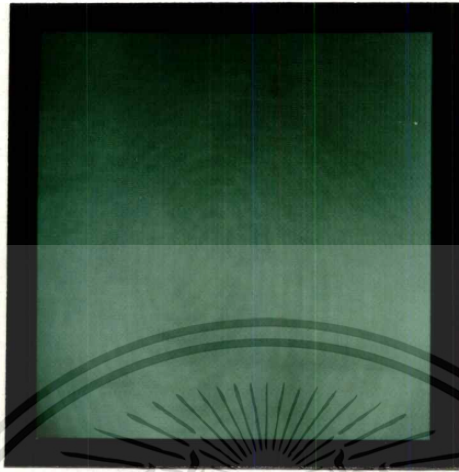
3. ลายนิ้วหัวแม่มือของผู้ที่ได้สอนเลข (บุคคลที่ 3) คือ ผลถูกต้องจริง (เอาท์พุท 5 พื้นที่มีทั้ง 1 และ 0) หรือถูกต้องไม่จริง (เอาท์พุท 5 พื้นที่เป็น 0 หมค) หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ถ้าไม่ถูกต้อง (เอาท์พุททั้ง 5 พื้นที่เป็น 1 หมค) หลอดไฟ 220v สว่าง

ตัวอย่างแบบที่ได้ทดสอบ

ก. แบบกั้นหอยธรรมชาติ(w) (ค่าต่ำ)

เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพและจำนวน แพทเทิร์น ทำให้มีผลในการเรียนรู้อย่างมาก เพราะลายเส้นมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะความหนาบางของเส้น ประกอบกับอุปกรณ์เครื่องมือยังเป็นต้นแบบที่ต้องแก้ไขต่อไป ดังนั้นผลจึงออกมาตรงที่ไม่สามารถเรียนรู้ได้ถ้าจำนวนแพทเทิร์นมากเกินไป ซึ่งสำหรับลายนิ้วมือกั้นหอยที่ทดสอบนี้มีลายเส้นที่ไม่หนาทำให้เห็นชัดบ้างเป็นบางครั้ง จึงสามารถเรียนรู้และจดจำได้มากที่สุด 400 แพทเทิร์น และสามารถใช้งานได้ที่มีจำนวนน้อยสุด 123 แพทเทิร์น ซึ่งมีการทดสอบจำนวนแพทเทิร์นทั้งค่าต่ำ (1), เอนค่าต่ำ (0) อยู่ 3 ชุด คือ 123, 300 และ 400 แพทเทิร์นจากลายนิ้วหัวแม่มือ 20 นิ้วมือดังนี้

ภาพที่ 109



แสดงลายนิ้วมือกันหอยธรรมชาติ (W) ของบุคคลที่ 1 เมื่อกดทดสอบหนึ่งครั้งจากหลายครั้ง

ก.1 จำนวน 123 แพทเทิร์น ต่อ 20 ลายนิ้วแม่่มือ

คาค้า = 80 แพทเทิร์น , เอนคาค้า = 43 แพทเทิร์น

การทดสอบจริงของ 5 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. ลายนิ้วแม่่มือของคาค้า = ผลถูกต้องประมาณ 60 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 40 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. ลายนิ้วมือของเอนคาค้า = ผลถูกต้องประมาณ 70 ครั้ง หลอดไฟ 220 v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 30 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง
3. ลายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 60 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 40 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง

เริ่มต้นคำนวณรอบแรกจากค่าสูงสุดไปจนถึงค่าน้อยสุด

ค่าผิดพลาดรอบแรก $E[1] = 13.9873477220021830225$

สิ้นสุดการคำนวณในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 8 นาที

ค่าผิดพลาดรอบสุดท้าย $E[267] = 0.0009961862241003340$

แสดงผลเออร์ทพุต 123 แพทเทิร์น

$$o[1] = 0.999999$$

.

.

$$o[80] = 0.999976$$

$$o[81] = 0.023822$$

.

.

$$o[123] = 0.000332$$

ผลของข้อมูลเออร์ทพุต ค่าต่ำ(1-80) => 1 หรือ = 1 และ
ข้อมูลเออร์ทพุต เอนค่าต่ำ(81-123) => 0 หรือ = 0 ตรง
ตามที่กำหนดเออร์ทพุตเอาไว้

ก.2 จำนวน 300 แพทเทิร์น ต่อ 20 ลายนิ้วหัวแม่มือ

ค่าต่ำ = 200 แพทเทิร์น , เอนค่าต่ำ = 100 แพทเทิร์น

การทดสอบจริงของ 9 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. ลายนิ้วหัวแม่มือของค่าต่ำ = ผลถูกต้องประมาณ 70 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่างไม่ถูกต้องประมาณ 30 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. ลายนิ้วมือของเอนค่าต่ำ = ผลถูกต้องประมาณ 80 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่างไม่ถูกต้องประมาณ 20 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง
3. ลายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 80 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 20 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง

เริ่มต้นคำนวณรอบแรกจากค่าสูงสุดไปจนถึงค่าน้อยสุด

$$\text{ค่าผิดพลาดรอบแรก } E[1] = 22.0282460376081985000$$

สิ้นสุดการคำนวณในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 11 ชั่วโมง 20 นาที

$$\text{ค่าผิดพลาดรอบสุดท้าย } E[305] = 0.0009992371668736929$$

แสดงผลเอาต์พุต 300 แพทเทิร์น

$$o[1] = 1.00000$$

.

.

$$o[200] = 0.997843$$

$$o[201] = 0.003291$$

.

.

$$o[300] = 0.002708$$

ผลของข้อมูลเอาต์พุตค่า(1-200) => 1 หรือ = 1 และ
ข้อมูลเอาต์พุตเอนค่า (201-300) => 0 หรือ = 0 ตรง
ตามที่กำหนดเอาต์พุตเอาไว้

ก.3 จำนวน 400 แพทเทิร์น ต่อ 20 สายนิ้วหัวแม่มือ

ค่า = 200 แพทเทิร์น , เอนค่า = 200 แพทเทิร์น

การทดสอบจริงของ 5 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. สายนิ้วหัวแม่มือของค่า = ผลถูกต้องประมาณ 70 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 30 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. สายนิ้วมือของเอนค่า = ผลถูกต้องประมาณ 95 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 5 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง
3. สายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 85 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 15 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง

การทดสอบจริงของ 9 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. สายนิ้วหัวแม่มือของค่า = ผลถูกต้องประมาณ 65 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 35 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. สายนิ้วมือของเอนค่า = ผลถูกต้องประมาณ 90 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 10 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง
3. สายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 85 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 15 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง

เริ่มต้นคำนวณรอบแรกจากค่าสูงสุดไปจนถึงค่าน้อยสุด

ค่าผิดพลาดรอบแรก $E[1] = 28.0565629237880287000$

สิ้นสุดการคำนวณในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 17 ชั่วโมง

ค่าผิดพลาดรอบสุดท้าย $E[354] = 0.0009953705274628592$

แสดงผลเออร์ทพุต 400 แพทเทิร์น

$o[1] = 1.00000$

.
.

$o[200] = 0.999988$

$o[201] = 0.000000$

.
.

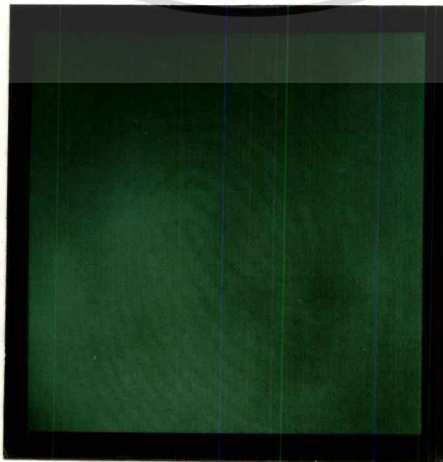
$o[400] = 0.000009$

ผลของข้อมูลเออร์ทพุตค่า (1-200) => 1 หรือ = 1 และ
ข้อมูลเออร์ทพุตเอนค่า (201-400) => 0 หรือ = 0 ตรง
ตามที่กำหนดเออร์ทพุตเอาไว้

ข. แบบมัลติพายล์แบบ 2 (D2) (ค่าตัว)

เมื่อกำหนดให้ค่าตัวเป็นข้อมูลภาพแบบมัลติพายล์แบบ 2 (D2) ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานหรือบุคคลที่ 1 โดยสามารถเรียนรู้ได้ค่านำหนักออกมาและนำไปใช้งานได้ ซึ่งได้ทดลองและได้กำหนดจำนวน 140 แพทเทิร์น เมื่อกำหนดจำนวนที่ใช้สอน 280 แพทเทิร์น ดังนี้

ภาพที่ 110



แสดงลายนิ้วมือมัลติพายล์แบบ 2 (D2) ของบุคคลที่ 2 เมื่อทดสอบหนึ่งครั้งจากหลายครั้ง
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การเชิงพาณิชย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดข้อมูลในการเรียนรู้และจดจำ 280 แพทเทิร์น ต่อ 20 นิ้วหัวแม่มือ

ค่าต่ำ = 140 แพทเทิร์น , เอนค่าต่ำ = 140 แพทเทิร์น

เริ่มต้นคำนวณรอบแรกจากค่าสูงสุดไปจนถึงค่าน้อยสุด

ค่าผิดพลาดรอบแรก $E[1] = 6.5886328245559774730$

สิ้นสุดการคำนวณในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง 15 นาที

ค่าผิดพลาดรอบสุดท้าย $E[448] = 0.0009836731044882898$

แสดงผลเออร์ทพุต 280 แพทเทิร์น

$o[1] = 1.00000$

$o[2] = 0.990417$

.

.

$o[140] = 0.999976$

$o[141] = 0.000000$

.

.

$o[280] = 0.000410$

ผลของข้อมูลเออร์ทพุตค่าต่ำ(1-140) \Rightarrow 1 หรือ = 1 และ
ข้อมูลเออร์ทพุตเอนค่าต่ำ(141-280) \Rightarrow 0 หรือ = 0 ตรง
ตามที่กำหนดเออร์ทพุตเอาไว้

สรุปผลการเรียนรู้(learning) เมื่อทดสอบการใช้งานสามารถใช้งานได้

การทดสอบจริงของ 5 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. ถายนิ้วหัวแม่มือของค่าต่ำ = ผลถูกต้องประมาณ 80 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 20 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. ถายนิ้วมือของเอนค่าต่ำ = ผลถูกต้องประมาณ 85 ครั้งหลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 15 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง หรือไม่สว่างถ้าผลออกมาเป็นทั้ง 1 และ 0
3. ถายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 95 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่างไม่ถูกต้องประมาณ 5 ครั้งหลอดไฟ 220v สว่างหรือไม่สว่างถ้าผลออกมาเป็นทั้ง 1 หรือ 0 ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบจริงของ 9 พื้นที่ ผลลัพธ์ดังนี้

1. ปลายนิ้วหัวแม่มือของคาค้า = ผลถูกต้องประมาณ 60 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 40 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง
2. ปลายนิ้วมือของเอนคาค้า = ผลถูกต้องประมาณ 80 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 20 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่าง หรือไม่สว่างถ้าผลออกมาเป็นทั้ง 1และ0
3. ปลายนิ้วมือที่ไม่ได้สอน(บุคคลที่ 3) = ผลถูกต้องประมาณ 80 ครั้ง หลอดไฟ 220v ไม่สว่าง ไม่ถูกต้องประมาณ 20 ครั้ง หลอดไฟ 220v สว่างหรือไม่สว่างถ้าผลออกมาเป็นทั้ง 1หรือ0ทั้งหมด

สรุปผลการทดลอง

การทดลองจริงของระบบ AFVS มีชุดโปรแกรมอยู่ 3 กลุ่ม คือ UT, LEARN และ USE แต่ละกลุ่มแบ่งเป็นโปรแกรมย่อยต่างๆ รูปที่ 7.1 ซึ่งโปรแกรมกลุ่ม UT เป็นส่วนที่จัดภาพให้เข้ากับกรอบภาพขนาด 256x256 จุดภาพ ด้วยกล้องวิดีโอและเก็บภาพตามจำนวนแพทเทิร์น (กคลายนิ้วมือ 1 ครั้ง) ที่ต้องการ แล้วเตรียมข้อมูลทิศทางขนาด 16x16 จุดภาพ ซึ่งใช้เวลา 45 วินาที ต่อมาต้องการให้ลายนิ้วมือมีความละเอียด เป็นขนาด 8x8 จุดภาพ ทั้งนี้ต้องการทิศทางวิ่งตามลาย เส้นสีเขียว วิธีการดูจากบทที่ 4 ต่อมาเป็นขั้นตอนการคำนวณเรียนรู้

โปรแกรมกลุ่ม LEARN เป็นส่วนเรียนรู้และจดจำโดยนำข้อมูลฮิสโตแกรมทิศทาง คือ 0, 1, 2, 3 มาสอนและจดจำเก็บไว้เป็นค่านำหนักทั้ง 5 พื้นที่ย่อยต่อมาเห็นว่าอาจมีบางแห่งผิดพลาดไม่ตรงกับข้อมูลที่เป็นจริงจึงเพิ่มเป็น 9 พื้นที่ เพื่อให้ละเอียดขึ้นกว่าเดิม ซึ่งจะเห็นความชัดเจนของความผิดพลาดระหว่างพื้นที่ที่ทับซ้อนกัน และการทดลองนี้ได้กำหนดจำนวนแพทเทิร์น คือ ข้อมูลคาค้า ใช้ลายนิ้วมือเพียงนิ้วเดียวของคนเพียงคนเดียวและข้อมูลเอนคาค้า ใช้ลายนิ้วมือ 19 นิ้ว จากจำนวนคน 10 คน โดยป้อนเอาต์พุตทั้ง 1และ0 ให้เอาต์พุตของแพทเทิร์นที่ 1->200 ลบ 1 และให้เอาต์พุตของแพทเทิร์นที่ 201 -> 400 ลบ 0 เมื่อสอนทั้ง 400 แพทเทิร์นจนจบการเรียนรู้ จะเก็บเป็นค่านำหนักลงไฟล์ต่อหนึ่งพื้นที่ ดังนั้นเมื่อทดสอบการใช้งานเอาต์พุตจะเป็น 1 หรือ 0 ซึ่งอาจเป็น 1 หกหรือ 0 หก ทุกพื้นที่ หรืออาจมีทั้ง 1 บางพื้นที่ หรือ 0 บางพื้นที่ ขึ้นอยู่กับลายนิ้วมือที่กด, แต่ถ้าป้อนเอาต์พุตเป็น 1 อย่างเดียว ให้เรียนรู้ ผลการทดสอบเอาต์พุตเป็น 1 เท่านั้น และถ้าป้อนเอาต์พุตเป็น 0 อย่างเดียว ให้เรียนรู้ ผลการทดสอบเอาต์พุตเป็น 0 และในการเรียนรู้ได้กำหนดคาค้า และเอนคาค้า เท่ากัน ซึ่งผลสามารถเรียนรู้ได้สูงสุด 400 แพทเทิร์น โดยคาค้า (ลายนิ้วมือกันหอยธรรมดา) 200 แพทเทิร์นและเอนคาค้า(ลายนิ้วมือทั่วไป) 200 แพทเทิร์นแต่เมื่อเปลี่ยน

เอกสาลายนิ้วมือมัดห่วยคู่แบบ2 หรือ ผลการเรียนรู้ได้สูงสุด คือ 280 แพทเทิร์นไป เนื่องจากบางการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพทเทิร์นของคาค้าและเอนคาค้า คำนวณค่าน้ำหนักให้ค่าที่ตรงกันหรือคล้ายคลึงกันจึงยากต่อการเรียนรู้ สำหรับระยะเวลาในการเรียนรู้จดจำบอกแน่นอนไม่ได้ว่าเท่าไร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ (ขณะนี้ใช้ 486DX-25 MHz.) สำหรับงานวิจัยนี้ 400 แพทเทิร์น เรียนรู้ประมาณ 22 ชั่วโมง, 300 แพทเทิร์นประมาณ 12 ชั่วโมง เป็นต้น แต่ถ้าข้อมูลเรียนรู้ต่ำกว่า 150 แพทเทิร์น โอกาสทดสอบใช้งานจะถูกต่อน้อยกว่าการเรียนรู้จำนวนแพทเทิร์นมาก ๆ แต่ถ้าเรียนรู้ข้อมูลลายนี้นิ้วมือมากจะใช้เวลานานเกินไปหรืออาจเรียนรู้ไม่ได้เลย เนื่องจาก เขียนโปรแกรมบนคอส

โปรแกรม USE เป็น ส่วนที่ใช้งานจริงจากการทดลองนิ้วมือ ไปบนตำแหน่ง กค->ประมวลผลด้วยการเตรียมฮิสโตแกรมทิศทางไปคูณกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้ ผ่านเทสโฮลด์ เป็นเอาร์ทพุตตรวจโดยอัตโนมัติ ผลดูตารางที่ 14

ตารางที่ 14

ความถูกต้องในการใช้งานของข้อมูลลายนิ้วมือที่ได้เรียนรู้จดจำ (ทดลองนิ้วมืทดสอบของแต่ละบุคคล เป็นจำนวน 100 ครั้ง)	จำนวนแพทเทิร์นที่ใช้ทดลองเรียนรู้ของแต่ละชุด							
	5 พื้นที่ต่อหนึ่งแพทเทิร์น				9 พื้นที่ต่อหนึ่งแพทเทิร์น			
	123	280	300	400	123	280	300	400
1. คาค้า(บุคคลที่เรียนรู้จดจำเป็น 1)	60	75	75	70	-	65	70	65
2. เอนคาค้า(บุคคลที่เรียนรู้เป็นจดจำ 0)	70	90	90	95	-	80	80	90
3. บุคคลที่ 3(บุคคลที่ไม่ได้เรียนรู้จดจำ)	60	90	90	85	-	80	80	85
ผลรวมของความถูกต้อง ต่อ 300 ครั้ง	190	255	255	250	-	225	230	240
เวลาแล้วเสร็จของการใช้งาน (สัญญาณเอาร์ทพุตออกมา 1 หรือ 0)	1 นาที 15 วินาที ต่อหนึ่งครั้ง				2 นาที 15 วินาที ต่อหนึ่งครั้ง			
ตั้งเวลาให้อุปกรณ์ทำงาน(เอาร์ทพุต = 1)	15 วินาที ต่อ หนึ่งครั้ง							

แสดง ผลลัพธ์การทดลองใช้งาน (USE)

- หมายเหตุ 1. กคหนึ่งครั้ง = หนึ่งแพทเทิร์น
2. จำนวนแพทเทิร์น ต่อ หนึ่งชุด ที่ใช้ในการทดลองคือ 123, 280, 300 และ 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง

1. ได้นำเอาวิธีการของฮิสโตแกรมทศทางมาใช้ในการวิเคราะห์ จากการเตรียมข้อมูล โดยไม่ต้องประมวลผลภาพอย่างละเอียด (ไบนารี, กำจัดสิ่งรบกวน, การทำให้บางเป็นต้น) แต่ได้ใช้ภาพระดับเทา 64 ระดับของลายนิ้วมือออกมาใช้ตรงๆ เพื่อหาทิศทางและคำนวณทิศทางด้วยนิวรอลเน็ตเวิร์กทันทีซึ่งเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องเพื่อเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในส่วนซอฟต์แวร์

2. ในงานวิจัยนี้ควรปรับปรุงต่อไปทิศทางเช่น 4 ทิศทาง ไปเป็น 8,16 ทิศทาง

3. ข้อมูลค่าที่นำไปใช้งาน ได้มีเพียงลายนิ้วมือเดียว ซึ่งน้อยกว่าลายนิ้วมืออื่นที่ไม่ให้ใช้งาน จึงควรปรับปรุงโดยเพิ่มลายนิ้วมือของผู้ใช้งานเช่นอาจเป็น 5,6,...,10 ลายนิ้วมือ แต่ควรเขียนบนวินโดวส์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น,ละเอียดขึ้นและระบบความจำใช้ได้เต็ม เป็นต้น

4. เนื่องจากการส่มลายนิ้วมือหลายๆแพทเทิร์นข้อมูลจำนวนมาก ในการนำมาฝึกสอน จึงควรหาความเที่ยงตรงและถูกต้องมากขึ้นกว่าเดิม คือ การหาศูนย์กลางลายนิ้วมือ (core) ซึ่งจะช่วยลดจำนวนลายนิ้วมือลงได้ด้วย และผลที่ตามมาอีกอย่างคือ ลดเวลาในการเรียนรู้

5. อุปกรณ์การกดเป็นตู้ไม้ภายในมีกล้องวีดีโอรองรับการกดนิ้วมือ ไปบนจุดกด โดยเป็นต้นแบบแรกของงานวิจัยนี้จึงยังไม่สมบูรณ์แต่จะเป็นประโยชน์สำหรับต้นแบบรุ่นต่อไป ซึ่งอาจนำมาใช้หรือพัฒนาให้ดีขึ้นกว่าเดิม

6. อุปกรณ์ถ่ายภาพที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นกล้องวีดีโอสี ทำให้เกิดความซับซ้อนในส่วนของภาพสี ซึ่งโครงสร้างยุ่งยากทำให้เสียเวลามากขึ้น จึงได้เปลี่ยนไปใช้โหมดขาวดำแทน, มีผลทำให้ช่วยลดเวลาในการใช้งานให้น้อยลงและนอกจากนี้ต้องมีความละเอียดมากกว่านี้ เช่นจุดรับภาพ, ความเร็วชัตเตอร์สปีดและรับแสงต่ำสุด เป็นต้น

7. เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องประมวลผล, เรียนรู้จดจำและตรวจเทียบให้ได้เร็วกว่านี้ เช่น อาจใช้ CPU ที่มีความเร็วสูง หรือใช้การ์ดมัลติโปรเซสเซอร์ช่วยในการคำนวณให้เร็วขึ้น

8. อุปกรณ์หลอดไฟ ส่องลายนิ้วมือต้องใช้แสงสูงกว่า 7 ลักซ์ เพราะกล้องวีดีโอที่ใช้งานต้องให้ระยะที่ถ่ายภาพเท่ากันตลอด และแสงที่ใช้ส่องลายนิ้วมือควรเป็นสีขาวนวล เพราะจะทำให้เห็นลายเส้นคมชัดเกินกว่าสีอื่น รวมทั้งความสว่างต้องเท่ากันทุกด้านของลายนิ้วมือ สำหรับงานวิจัยนี้เป็นหลอดไฟขนาด 3vx4 ให้แสงสีเหลืองซึ่งเป็นสีที่ส่องสว่างเห็นลายเส้นของลายนิ้วมือ ได้น้อยกว่าแสงสีนวลเพราะสีไปใกล้เคียงกับสีของลายนิ้วมือ แต่หลอดสีขาวนวลขนาด 3vx4 ไม่มีในท้องตลาดจึงต้องใช้หลอดไฟสีเหลืองแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับเป็นต้นแบบไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

เปรียบเทียบงานวิจัยที่ผ่านมาและสรุปผล

การเปรียบเทียบขั้นตอนดำเนินงานวิจัยที่ทำมาแล้วและได้เปลี่ยนไปใช้แนวทางที่ดีขึ้น เพื่อความสะดวกและรวดเร็วขึ้นเมื่อมีการตรวจสอบในขณะใช้งาน สำหรับการเปรียบเทียบจากงานวิจัยที่ได้ทำมา มี 2 แนวทางคือ

1. การตรวจเทียบโดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรมทิศทาง
2. การตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิเวศของรูปร่างฮิสโตแกรมทิศทาง

ซึ่งทั้ง 2 แนวทางนี้จะแตกต่างกันตรงที่ **วิธีแรก** เฉพาะในส่วนของอินพุต, การประมวลผลภาพ, การเก็บข้อมูลและแสดงผลลัพธ์เบื้องต้นมีความยุ่งยาก, ซ้ำและยากที่จะทำให้เป็นอัตโนมัติได้จึงได้เปลี่ยนแนวทางใหม่เป็น **วิธีที่ 2** มีการประมวลผลภาพที่ง่ายกว่าสามารถใช้งานได้อย่างอัตโนมัติมากขึ้น โดยจะอธิบายงานวิจัยที่ทำมาแล้วดังนี้

การตรวจเทียบโดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม

โดยมีเครื่องมือที่ช่วยในงานวิจัยประกอบไปด้วยดังนี้ คือ

- ก. การ์ดรับภาพ (digiIMAGE Card)
- ข. กล้อง CCD-TR45E (videoHi8)
- ค. คอมพิวเตอร์ PC 80486 1 ชุด พร้อม Printer
- ง. การ์ด display VGA (Teseng)

ในส่วนของ **ซอฟต์แวร์** จุดเริ่มต้นจะมีความซับซ้อนค่อนข้างมาก และยากต่อการทำให้อัตโนมัติทั้งระบบได้ นอกจากนี้เวลาใช้งานนานเกินไปจึงเปลี่ยนมาใช้แนวทางใหม่ เนื่องจากระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือ เป็นแนวทางที่ต้องการพัฒนาข้อมูลภาพโดยรับเข้ามาจากการถ่ายด้วยกล้องวิดีโอมาปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จากนั้นแก้ไขและปรับปรุงภาพด้วยการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) แล้วจึงนำเอาผลของข้อมูลภาพเบื้องต้นนี้ไปคำนวณตรวจเทียบและต้องทำให้อัตโนมัติ แต่จากการประมวลผลมีความผิดพลาดและยุ่งยากเพราะข้อมูลภาพไม่ชัด, ไม่สะอาด นอกจากนี้ต้องใช้เวลาเนื่องจากวิธีการประมวลผลเพื่อหาค่าออกมาถึง 3 แบบ ซึ่งมากเกินไป (สร้างและดูกราฟข้อมูลภาพ, หา f_{max} ของ

ความถี่ระดับเทา , ผลรวมทิศทาง 0,1,2,3 ของฮิสโตแกรมทิศทาง) วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมกับลายนิ้วมือสด (จริง) เพราะต้องใช้ความละเอียดในการพิจารณาจึงเหมาะกับหมึกพิมพ์มากกว่า เนื่องจากข้อมูลภาพจะคมชัดเห็นลายเส้นเพราะเป็นหมึกพิมพ์ดำ โดยลายเส้นสีดำ คือลายเส้นนูน ส่วนที่เป็นสีขาวเป็นเส้นร่องซึ่งข้อมูลภาพจะเป็นระดับเทา 64 ระดับ

ส่วนลายนิ้วมือจริง(สด)แสดงความคมชัดน้อยกว่า เนื่องมาจากลายเส้นของลายนิ้วมืออาจบางทำให้ข้อมูลภาพจางและผลจากภาพเป็นสีผิวเนื้อของมนุษย์ อีกทั้งลายเส้นสีดำ (สีเข้ม) ที่แสดงเป็นเส้นร่อง เนื่องจากไม่ได้รับแสงหรือรับแสงน้อย เพราะให้แสงส่องเฉียงผิวหน้าลายนิ้วมือนั้นส่วนที่เป็นสีขาวจึงเป็นเส้นนูน นอกจากนี้ระบบของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ไม่มีความละเอียดพออาจแสดงออกมาเป็นภาพมัว และบางแห่งไม่เห็นลายเส้นเลย ซึ่งข้อมูลภาพจะเป็น 64 ระดับเทาเช่นกัน โดยรูปภาพที่ 111 -> ภาพที่ 113

1. การประมวลผลภาพขาวดำและปัญหาที่เกิดขึ้น

1.1. การประมวลผลภาพเบื้องต้น เป็นการนำเอาข้อมูลภาพมาปรับปรุงให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมขึ้นเพื่อประโยชน์ในทางวิจัย และเมื่อถ่ายข้อมูลภาพเข้ามาจะเปลี่ยนภาพระดับเทา(gray) ไปเป็น 2 ระดับคือ ขาว, ดำ (Binarization), กำจัดสิ่งรบกวน(Redundancies) , การทำให้เส้นนูน (ridge) ของลายนิ้วมือเห็นชัดขึ้น เช่น การทำให้บาง (thinning) เป็นต้น

1.2. ลักษณะสำคัญพิเศษ หลังจากการทำให้บางเพื่อให้เกิดลายเส้นของลายนิ้วมือที่ชัดเจนซึ่งจะต้องใช้เวลาการคำนวณมาก แต่จะให้ผลความถูกต้องแน่นอนเมื่อได้ลายเส้นที่สมบูรณ์แล้วโดยมีจุดสำคัญต่างๆบนลายนิ้วมือนิ้วด้วย เช่นจุดใจกลาง(Core), สันคอน (Delta), จุดแยก (Branch), จุดเดี่ยวหรือเกาะ (Island) และเส้นขาด (Short line)

แต่เมื่อทำจริง ๆ แล้วจุดสำคัญเหล่านี้ไม่ได้นำมาพิจารณาเพราะการประมวลผลครั้งแรกมีผลทำให้ต้องแก้ไขปรับปรุง เช่น การทำให้บาง (thinning) เพราะข้อมูลภาพหมึกพิมพ์สกปรกและเอะอะ จึงต้องลบจุดที่สกปรกนั้นออกไปเสียก่อน ก่อนที่จะประมวลผลทำให้ต้องเสียเวลาเพิ่มและไม่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

1.3. การจดจำแบบลายนิ้วมือ สามารถจดจำแบบของลายนิ้วมือออกเป็นกลุ่มแบบใหญ่ ๆ มีอยู่ 4 ประเภท คือ เส้นโค้ง, ก้นหอย, มัดหวายและซับซ้อน แต่การทำวิจัยได้แบ่งแยกย่อยของแต่ละกลุ่มแบบแบ่งย่อยออกเป็น 12 แบบ เพื่อให้รูปแบบชัดเจน

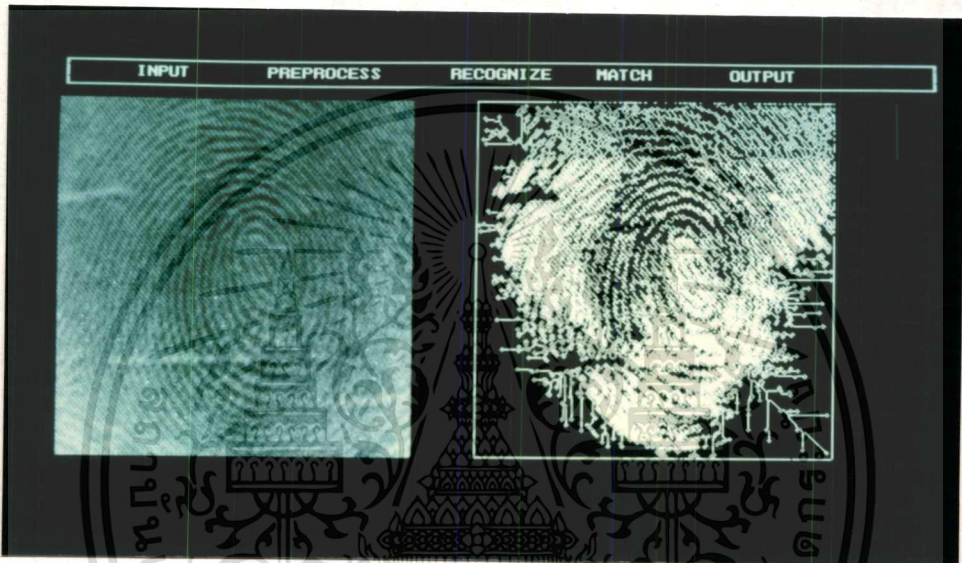
1.4. การตรวจเทียบ ใช้วิธีเปรียบเทียบความถูกต้องหรือความเหมือนมากที่สุด และการคำนวณวัดความคล้ายคลึง(Similarity degree) กำหนดค่าเทสโสด์ให้เหมาะสมที่จะตัดสินใจเลือกเอาลายนิ้วมืออันใดอันหนึ่งขึ้นมาซึ่งเป็นไปได้ยาก

2 สรุปเปรียบเทียบการทำให้บาง (thinning) ของข้อมูลภาพทั้ง 3 แบบ

2.1. ภาพหมึกพิมพ์ขาวดำหรือภาพจากหนังสือขาวดำ

เมื่อเป็นลายนิ้วมือที่เป็นขาวดำเช่น ลายนิ้วมือจากการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ดำ และจากตำราที่เป็นภาพขาวดำ ได้ผลลัพธ์ของการประมวลผลเบื้องต้นดังภาพที่ 111 และภาพที่ 112 แต่ไม่เหมาะกับงานวิจัยนี้เพราะต้องใช้เป็นลายนิ้วมือจริง(สด) กดไปยังจุดทดสอบ

ภาพที่ 111



แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจากหมึกพิมพ์

ภาพที่ 112

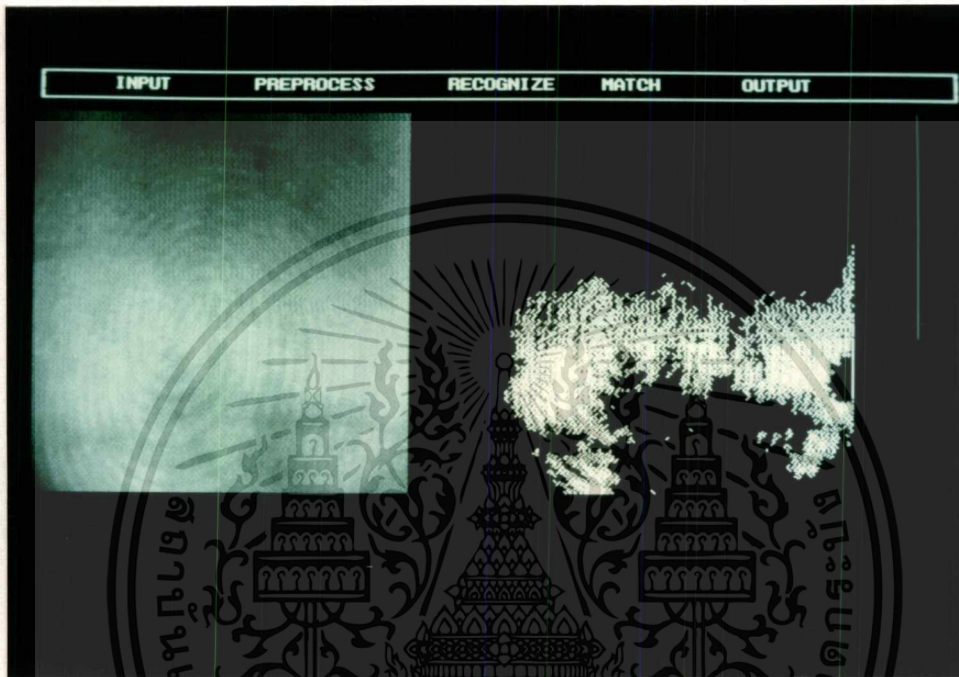


แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจากหนังสือ (ขาวดำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ภาพลายนิ้วมือจริง (สด)

ภาพที่ 113



แสดงการทำให้บาง (thinning) ของลายนิ้วมือจริง (สด)

3. สิ่งที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้ผลทางสถิติของฮิสโตแกรมดีขึ้น

แนวทางแรกนี้ทำให้เกิดปัญหาที่ยากต่อการปรับปรุงหลายประการ คือ

3.1. ข้อมูลภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอสีจะมีจุดเสียอยู่ที่ โครงสร้างของข้อมูลมีความซับซ้อนมากทำให้เสียเวลาเพิ่มขึ้นจึงต้องเปลี่ยนไปใช้โหมดขาวดำแทน จะช่วยลดความซับซ้อนลงได้

3.2. แก้ไขปรับปรุงเทสโฮลด์เพื่อให้ข้อมูลภาพที่ถูกดึงเข้ามา และเก็บเอาไว้ให้ปรับโดยอัตโนมัติหรือตั้งให้แน่นอน พร้อมทั้งแสดงออกหน้าจออยู่ในสภาพที่ดีเหมือนกับต้นแบบนอกจากนี้ ปริมาณความเข้มของแสงมีส่วนเกี่ยวข้อง เพราะการตั้งเทสโฮลด์มีส่วนเกี่ยวข้องกับแสงเป็นอย่างมากเช่น ภาพอาจจะมืดหรือสว่าง ,ภาพคมชัดหรือภาพมัว ซึ่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการแก้ไข คือ การทำห้องมืดขึ้นมาเพื่อติดตั้งกล้องวิดีโอภายใน นอกจากนี้ยังได้ใช้วิธีการปรับปรุงซอฟต์แวร์ที่ไม่ต้องมีการตั้งเทสโฮลด์

3.3. ผลของข้อ 3.2. มีส่วนทำให้ประมวลผลภาพออกมาไม่ดีเท่าที่ควรเช่น การทำให้เส้นบางถ้าข้อมูลภาพเบื้องต้นขุ่นมัวเส้นไม่ชัดไม่คมหรือบางจุดมีความสว่าง บางจุดมืด, บางจุดดำหรือเลอะ ซึ่งถ้าไม่แก้ไขจุดนี้ผลการคำนวณจะผิดไปด้วยทำให้ภาพที่ออกมาโยงเป็นตาข่ายไม่เป็นเส้นตามลายนิ้วมือจริง จึงเป็นส่วนที่ทำให้การเก็บตัวเลขเอาไว้เป็นมาตรฐานทางสถิติไม่ดีไปด้วย โดยเก็บไว้ในหน่วยความจำย่อยมีความผิดพลาด ดังนั้นจึงต้องแก้ไขในส่วนนี้ เพื่อความถูกต้องของลายเส้นอาทิ เช่น การติดตั้งของหลอดไฟเพื่อให้ปริมาณของแสงตกลงบนพื้นี่ของภาพเท่ากันทุก ๆ จุดบนพื้นที่ภาพที่รับเข้ามาคือ 256x256 จุดภาพ โดยให้ความสว่างเสมอกันทุกพื้นที่ ซึ่งมีผลต่อการคำนวณ, การเก็บข้อมูลดีขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบ

การตรวจเทียบโดยใช้โครงข่ายนิรอรณัฐจำฮิสโตแกรมทิศทาง

ประกอบด้วยอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้ามาจากเดิม คือ

ก. ชุดวงจรภายนอกที่มีการรับภาพ,ส่งสัญญาณภาพพร้อมทั้งการ์ด 8255 เป็นการ์ดช่วย

ข. กล่องไม้ขนาด 27x27x40 ซม. ภายในมีระบบยึดกล้องด้วยเทคนิคโดยปรับขึ้นลงไปซ้ายและไปขวาได้ และมีตำแหน่งกคลายนิ้วมือลงไป

สำหรับในส่วน ซอฟต์แวร์ เมื่อถ่ายข้อมูลภาพเข้ามา -> สร้างข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง -> หาค่าน้ำหนักโดยนิรอรณัฐเน็ตเวิร์กและเก็บลงไฟล์ -> เทียบข้อมูล เมื่อข้อมูลอินพุตทดสอบเข้ามาคูณกับค่าน้ำหนักที่เก็บไว้แล้วเป็นเอาต์พุตเทียบเป็น 1 หรือ 0 โดยอัตโนมัติแล้วไปควบคุมอุปกรณ์ ดังนี้

1. กคลายนิ้วหัวแม่มือ เพื่อถ่ายข้อมูลภาพไปเรียนรู้และเก็บเป็นค่าน้ำหนักใหม่ไว้ โดยผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งได้กำหนดจำนวนข้อมูลภาพที่ให้เรียนรู้ เช่น คาค้า = 200 แพทเทิร์น, เอนคาค้า = 200 แพทเทิร์น

2. นำเอาข้อมูลภาพระดับเทา(gray) 64 ระดับ มาประมวลผลภาพเบื้องต้น จาก การเตรียมข้อมูลเป็นทิศทางของกราฟฮิสโตแกรมทิศทาง และเก็บเป็นข้อมูลทิศทาง

3. ลักษณะสำคัญพิเศษที่ถูกแปลงให้เป็นค่าน้ำหนัก คือ การนำเอาข้อมูลจากการเตรียมมาคำนวณเรียนรู้และจดจำ (โดยใช้วิธีแบบแพร์กลับของทฤษฎีโครงข่ายนิรอรณัฐ) ซึ่งสร้างข้อมูลน้ำหนัก (weight) ใหม่ แล้วเก็บลงไฟล์น้ำหนัก

4. การจดจำรูปแบบ คือ การเรียนรู้และจดจำค่าน้ำหนักไว้ โดยจดจำแบบและลักษณะลายเส้น ด้วยแทนด้วยข้อมูลตัวเลขทิศทาง คือ 0, 1, 2, 3 ซึ่งเป็นอินพุตข้อมูลแต่ละ

แพทเทิร์นและจดจำค่าน้ำหนักที่สุ่มไว้และค่าน้ำหนักใหม่ที่ถูกสร้างข้อมูลจากการเรียนเป็นเซต โดยอินพุตเข้าทางหนึ่งและป้อนเอาต์พุตอีกทางหนึ่งเป็น 1 และ 0 พร้อมกัน

5. การตรวจเทียบ (Matching) คือ กกลายนิ้วมือทดสอบเข้าไปสร้างข้อมูลทิศทางไปคู่กับค่าน้ำหนักใหม่ที่เก็บไว้ในโครงข่ายนิวรอล จะคำนวณจากอินพุตโหนด->ฮิดเดนโหนด-> เอาต์พุตโหนด -> แปลงข้อมูลภาพ -> ให้เอาต์พุตออกมาเป็น 1 หรือ 0 ต่อหนึ่งพื้นที่ ซึ่งถ้าพื้นที่ใดเป็น 0 เพียงพื้นที่เดียวเอาต์พุตจริงจะเป็น 0 ดังนั้นเอาต์พุตจริงเป็น 1 เมื่อทุกพื้นที่เป็น 1 ซึ่งสัญญาณ 1 อุปกรณ์ทำงาน แต่ถ้าเอาต์พุตจริงเป็น 0 ไม่มีสัญญาณออกมา อุปกรณ์จะไม่ทำงาน

การปรับปรุงฮาร์ดแวร์

1. ในส่วนที่เป็นระบบฮาร์ดแวร์ เช่น การใช้อุปกรณ์เครื่องมือกลายนิ้วมือที่เป็นกล่องไม้ ควรเป็นกล่องที่มีจุดกดให้แน่นอนไม่มีการขยับไปมาและภายในกล่องควรมีเลนส์ที่มีคุณภาพติดตั้ง สำเร็จพร้อมทั้งไฟสว่างส่องลายนิ้วมือที่ตำแหน่งกดลงมาต้องดีกว่าที่ใช้ในปัจจุบันนี้ คือ การใช้กล้องวิดีโอที่ยังมีคุณภาพต่ำอยู่ได้แก่ จำนวนจุดรับภาพ, กำลังขยาย, ความเร็วชัตเตอร์สปีดและความเข้มแสงควรต่ำกว่า 7 ลักซ์ โดยใช้แสงจากหลอดไฟขนาดเล็กให้ความเข้มของแสงสูงหรืออาจใช้อุปกรณ์เครื่องมือชนิดที่มีคุณภาพในท้องตลาด ซึ่งมีประสิทธิภาพเห็นลายนิ้วมือคมชัดมาก

2. ถ้าต้องการความละเอียดและเก็บข้อมูลภาพได้มากขึ้น อาจเปลี่ยนไปเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์แทน เพราะสามารถจดจำได้มากกว่าเขียนบนคอสมอสส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ควรเป็น Super VGA ที่มีความเร็วสูง

3. ในส่วนของซอฟต์แวร์ควรใช้อัลกอริทึมที่สามารถหาจุดใจกลาง (core) โดยอัตโนมัติ เพื่อตั้งเป็นจุดศูนย์กลางแล้วขยายพื้นที่ออกจากจุดใจกลางให้เท่ากันและสม่ำเสมอ จะทำให้ลดความผิดพลาดและอาจลดจำนวนแพทเทิร์นให้น้อยลงได้ ซึ่งจะมีผลเรียนรู้เร็วขึ้น ถ้าอัลกอริทึมที่ใช้มีประสิทธิภาพจะเรียนรู้และจดจำเพียงแพทเทิร์นเดียว (เก็บค่าน้ำหนัก 1 นิ้ว ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น) สามารถทดสอบได้อย่างถูกต้องทุกครั้งแสดงผลลัพธ์ได้ถึง 100% หรือเกือบ 100%

4. ระบบนี้ควรได้รับการปรับปรุงต่อไปให้ใช้งานได้จริง ซึ่งถ้ามีความถูกต้องในการใช้งานทุกครั้ง และสามารถใช้เครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะมีประโยชน์อย่างมาก ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

ตรวจเทียบผลการทดลองการนำ AFVS ไปควบคุมอุปกรณ์

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของงานวิจัยทั้งสองแนวทางที่ผ่านมา และในที่สุดจึงเห็นว่าควรลดขั้นตอนให้น้อยลงเพื่อให้ง่ายมากขึ้นโดยสะดวกในการใช้งานได้ด้วยแล้ว ยังเป็นระบบอัตโนมัติที่วัดผลลัพธ์ออกมาควรใกล้เคียงกับการใช้งานปกติเช่น การยิบเอาลูกกัญแจมาไขแม่กัญแจออกเพื่อเปิดประตู ซึ่งเวลาไม่ควรห่างมากนักเพื่อการพัฒนาในอนาคตต่อไป ส่วนการเปิดหลอดไฟ 220v การเปิดปิดหลอดไฟจะเร็วกว่า แต่ไม่ใช่ระบบอัตโนมัติในงานวิจัยนี้เมื่อตั้งจุดประสงค์เพื่อระบบรักษาความปลอดภัย จะเปรียบเทียบทั้งสองแนวทางได้ดังนี้

1. โดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม

1.1. มีความยุ่งยากซับซ้อน โดยเฉพาะการประมวลผลเบื้องต้น(Preprocessing) ซึ่งต้องพิจารณาการเก็บข้อมูลมีอยู่ 3 รูปแบบ เพื่อป้องกันความผิดพลาดอันเนื่องมาจากแต่ละแบบมีความผิดพลาด ในตัวของมัน คือ

1.1.1. กราฟรูปแบบของแต่ละกลุ่มแบบเพื่อชี้ให้เห็นว่าอยู่ในกลุ่มอะไร ซึ่งแต่ละกลุ่มควรจะต่างกันออกไป

1.1.2. การหาความถี่สูงสุด(f_{max})ของความถี่ระดับเทา และเก็บค่าไว้หลายๆ แพทเทิร์นเป็นแต่ละกลุ่มแบบแล้วภายในกลุ่มจะแยกออกเป็นแต่ละแพทเทิร์น

1.1.3. ผลรวมของฮิสโตแกรมทิศทาง 4 ทิศทาง โดยรวมทิศทางของแต่ละทิศคือ 0, 1, 2 และ 3 ซึ่งการทดสอบต้องได้ทิศทางตรงกันทั้ง 4 ทิศทาง

สรุปผล ปรากฏว่าต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูลโดยประมาณ 3 นาที 40 วินาที

1.2. ลายนิ้วมือจริงไม่สามารถจะประมวลผลได้ โดยเฉพาะการทำให้งา(thinning) บางครั้งไม่สามารถทำงานได้แม้ว่าจะเปลี่ยนข้อมูลภาพไปเป็นไบนารี (1 และ 0) รูปภาพที่ 113

1.3. ในการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) ต้องมีการตั้งเทสโฮลด์ทุกครั้ง ที่ถ่ายภาพเข้ามาซึ่งกำหนดไม่แน่นอน เพราะขึ้นอยู่กับความเข้มของสีและความชัดเจนของภาพและการรับภาพที่แสดงรายละเอียดของภาพได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ผลทางสถิติ อาจต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆช่วยเช่น แม้าส์ จึงทำให้ช้าและถ้าเก็บผลโดยอัตโนมัติจะไม่สามารถทำได้ เพราะการตรวจสอบแบบ AFVS เมื่อคัดลายนิ้วมือแล้วต้องตรวจและออกผลออกมาควบคุมอุปกรณ์ได้ทันที

2. วิธีฮิสโตแกรมทิศทาง

ส่วนระบบฮิสโตแกรมทิศทาง เป็นการพิจารณาให้ได้ผลในการทดสอบที่รวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องตัดวิธีการบางอย่างออกไปจากระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือโดยอัตโนมัติ จึงได้นำเอาเฉพาะฮิสโตแกรมทิศทางมาใช้พิจารณาร่วมกับนิวเน็ตเวิร์ก มีดังนี้

2.1. วิธีการของงานวิจัย AFVS นี้ ต้องการใช้งานให้ผลเร็วและใช้งานได้ทันที จึงต้องใช้อัลกอริทึมที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนหรือสร้างเงื่อนไขมากเกินไป เพื่อว่าระบบจะสามารถตัดสินใจได้โดยอัตโนมัติได้ทันที

2.2. ไม่ยุ่งยากซับซ้อนและง่ายต่อการต่อการแก้ไขตรวจสอบ

2.3. สามารถตรวจสอบโดยอัตโนมัติว่าอุปกรณ์จะทำงานได้หรือไม่ เช่น เปิดปิดหลอดไฟ

2.4. การประมวลผลได้นำเอาภาพมาสร้างข้อมูลฮิสโตแกรมทิศทางได้ โดยตรงจากภาพ 64 ระดับเทา โดยไม่ได้ทำเป็นขาวดำ(binary)

2.5. เวลาในการเรียนรู้และจดจำลายนิ้วมือทั้งหมดได้ทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.5.1 กำหนดทดสอบ 400 แพทเทิร์น(นิ้ว) โดย 200 แพทเทิร์น ต่อหนึ่งแบบ (นิ้วหัวแม่มือขวา) เป็นข้อมูลจดจำ 1 (คาต้า) และอีก 200 แพทเทิร์น ต่อ 19 แบบ เป็นข้อมูลทั่วไปจดจำ 0 (เอนคาต้า) ใช้เวลาประมาณ 19 ชั่วโมง

2.5.2 กำหนดทดสอบ 280 แพทเทิร์น (นิ้ว) โดย 140 แพทเทิร์น ต่อหนึ่งแบบ (นิ้วหัวแม่มือซ้าย) เป็นข้อมูลจดจำ 1 (คาต้า) และอีก 140 แพทเทิร์น ต่อ 19 แบบ เป็นข้อมูลทั่วไปจดจำ 0 (เอนคาต้า) ใช้เวลาประมาณ 11->12 ชั่วโมง

2.5.3. ถ้ากำหนดทดสอบเรียนรู้เพียง 1 แพทเทิร์น จะใช้เวลาประมาณ 20 วินาที

2.6. การใช้งานโดยตรวจเทียบให้ผลรวดเร็วประมาณ 1 นาที 15 วินาที ซึ่งเป็นสิ่งที่งานวิจัยนี้ต้องการ

ประโยชน์ของผลทางสถิติของฮิสโตแกรม

1. เมื่อมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นจะทำให้ความผิดพลาดลดน้อยลง มีความละเอียดเพิ่มขึ้นและเรียนรู้และจดจำได้เร็ว ทั้งการตรวจสอบได้ผลเร็ว ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะนำไปใช้กับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ(Automatic Fingerprint Identification System: AFIS)

2. เป็นแนวทางเริ่มแรกในการพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทางด้านลายเอกสารถูกนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิ้วมือ ซึ่งอาจรวมไปถึงข้อมูลภาพอื่นๆ ได้อีกด้วยการนำเอาคอมพิวเตอร์ที่เก็บข้อมูลได้มาก, มีความเร็วสูง, การนำเอาเมมเฟรมมาใช้และออกแบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น เครื่องสแกนเนอร์ โดยสามารถถ่ายหรือสแกนภาพเข้าไปวิเคราะห์นับตั้งแต่ 1 นิ้วไปจนถึงครึ่งละ 10 นิ้ว หรือเรียกว่า เทนพริ้นท์ (Tenprint) ซึ่งข้อมูลภาพชัดมากมีความละเอียดสูง เหมาะกับงานเพิ่มทะเบียนประวัติของตัวบุคคล หรือเก็บเป็นทะเบียนคดีอาชญากรรมต่างๆ โดยค้นหาตัวบุคคลระหว่างหนึ่ง แพทเทิร์นต่อหลายๆแพทเทิร์น หรือหลายๆแพทเทิร์นต่อหลายๆแพทเทิร์น

3. สรุปผลประโยชน์ที่ได้รับเหมาะกับลายนิ้วมือที่เป็นหมึกพิมพ์ แต่ไม่เหมาะกับลายนิ้วมือจริง (สด)

ประโยชน์ของโครงการนิรอรู้อำริศไตรกรมทิตทง

1. ลดความละเอียดของลายนิ้วมือ จะช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนด้วยและทำให้มีทิตทงเป็นระเบียบมากขึ้น จึงเป็นการง่ายในการกำหนดเงื่อนไขและพิจารณาลักษณะเด่นของลายเส้นตลอดจนหาจุดที่สำคัญของลายนิ้วมือในโอกาสต่อไป

2. ลักษณะทิตทง เป็นพื้นฐานเบื้องต้นในการประยุกต์แก้ไขปรับปรุงลายนิ้วมือ

3. สามารถนำเอาวิธีการอริศไตรกรมทิตทงมาเตรียมข้อมูล และใช้นิรอรูเ็ดเว็กรมาช่วยคำนวณเรียนรู้, จดจำและวิเคราะห์ลายนิ้วมือ ได้ อีกทั้งรวดเร็วใช้เวลาน้อย

4. สรุปผลประโยชน์ที่ต้องอาศัยความรวดเร็วและจำนวนแพทเทิร์นไม่มากนัก จึงเหมาะกับลายนิ้วมือจริง, ตรงกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (Fingerprint Verification System)

สรุปเปรียบเทียบงานวิจัยทั้ง 2 วิธี

ตารางที่ 15

สรุปการเปรียบเทียบงานวิจัย	
โดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม	โดยวิธีฮิสโตแกรมทิศทาง -> นีวรอล
1. อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ การ์ดรับภาพ, กล้องวิดีโอ, ชุดคอมพิวเตอร์, การ์ด display VGA, แม้าส์เพื่อต่อและแต่งลายเส้น	1. อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ การ์ดรับภาพ, กล้องวิดีโอ, ชุดคอมพิวเตอร์, การ์ด display VGA, ตู้หรือห้องมีคิมิเมคคาทรอนิกส์ เพื่อจับกล้องวิดีโอมีจุดกดเพื่อถ่ายภาพที่เที่ยงตรงทุกครั้ง
2. ถ่ายข้อมูลภาพออกหน้าจอ ขนาด 256x256จุดภาพ (ส่วนมากข้อมูลภาพเป็นหมึกพิมพ์ดำ) โดยกำหนดเทสโฮสต์	2. ถ่ายข้อมูลภาพ ออกหน้าจอ ขนาด 256x256 จุดภาพ (ส่วนมากข้อมูลภาพจริง (สด)) ไม่ต้องกำหนดค่าเทสโฮสต์
3. ความชัดเจนของภาพดีค่อนข้างสปรก และมีสิ่งรบกวน(noise)อยู่มากโดยมีการกำจัดด้วยโปรแกรมในการประมวลผล	3. ความชัดเจนของภาพขึ้นอยู่กับแมคคาทรอนิกส์ ลักษณะลายเส้นเช่นความหนาบางของเส้นมีสิ่งรบกวน(noise) ปรากฏบ้างแต่ไม่จำเป็นต้องกำจัด
4. แปลงข้อมูลภาพระดับเทา(gray)เป็นขาวดำ (binary), ทำให้บาง (thinning) ฯลฯ	4. ใช้ข้อมูลภาพระดับเทา(gray) คำนวณหาทิศทางและเขียนออกหน้าจอ
5. เวลาประมวลผลภาพจนถึงฮิสโตแกรมของความถี่ระดับเทา 2 นาที 40 วินาที	5. เวลาประมวลผลภาพ (เตรียมข้อมูล) ประมาณ 1 นาที 20 วินาที และเรียนรู้จดจำใช้เวลา20วินาที ต่อหนึ่งแพทเทิร์น
6. ผลสำเร็จของขั้นตอนการนำไปใช้งานเป็นเพียงแต่แนวทางการทดลองเพื่อเรียนรู้และหลักการเบื้องต้นเพื่อสนับสนุนงานวิจัยในขั้นต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากผลลัพท์ของการประมวลผลไม่เหมาะกับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมือจริง (สด) แต่นำไปใช้ได้กับลายนิ้วมือที่เป็นหมึกพิมพ์	6. ผลสำเร็จเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้วางไว้โดยเตรียมข้อมูล -> เก็บค่าน้ำหนักใหม่จากเรียนรู้->ตรวจเทียบ-> สัญญาณเอาร์ท่ทุไปควบคุมอุปกรณ์ โดยระยะเวลาใช้งาน \approx 1.25 นาทีต่อลายนิ้วมือ และตั้งเวลาให้อุปกรณ์ทำงานภายใน 15 วินาที

แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยทั้ง 2 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กิตติ โพชญ์วัฒนกิจ และ ทรงชัย วีระทวีมาศ, “อัลกอริทึมในการทำให้วัตถุในภาพบางอย่างรวดเร็ว”, ประชุมใหญ่ทางวิชาการประจำปี 2534. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 31 ตุลาคม-3 พฤศจิกายน 2534, หน้า(781-790)
2. ครรชิต ไมตรี, มนัส สังวรศิลป์ และ สุรพันธ์ เอื้อไพฑูลย์, “ระบบเปรียบเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ”, การประชุมวิชาการครั้งที่ 4 ของ NBCTBC, ณ โรงแรมอโนมาสวิลไฮเต็ล, 21-22 ตุลาคม 2535, หน้า(17-27)
3. ครรชิต ไมตรี, อัสวิน วัฒนะทรัพย์ และ สุขสถิต สุขใจ, “การหาฮิสโตแกรมค่านวมทิศทางของลายพิมพ์นิ้วมือ”, บทความการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 3-4 ธันวาคม 2535, หน้า(6-48)-(6-50)
4. ครรชิต ไมตรี, เกரியงไกร ไชวเจริญสุข และ ทรงชัย วีระทวีมาศ, “ระบบเปรียบเทียบลายนิ้วมือโดยวิธีวิเคราะห์ผลทางสถิติของฮิสโตแกรม”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16, ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 25-26 พฤศจิกายน 2536, หน้า(268-269)
5. ครรชิต ไมตรี, เกரியงไกร ไชวเจริญสุข และ สุขสถิต สุขใจ, “ระบบตรวจลายนิ้วมือโดยการใช้โครงข่ายประสาท”, บทความการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1-2 ธันวาคม 2537, หน้า (276 - 282)
6. ครรชิต ไมตรี และ เกரியงไกร ไชวเจริญสุข, “ระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติโดยการใช้โครงข่ายนิวรอลเพื่อประโยชน์การนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี จอมเทียน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 22-24 พฤศจิกายน 2538, หน้า (1020-1026)
7. ไพรัช รัชพงษ์, พลผดุง ผดุงกุล, ธนัย อนันต์วัฒนาวิทย์ และ นพวงศ์ วินิจวรรณกมล, “ระบบประมวลผลภาพด้วยควมเทียมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์”, ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2529, หน้า(57-60)
8. นิสิทธิ์ สมมิตรสมบูรณ์,ชาติรี พันธุ์อัจฉริยกุล และ ชวาล วรุณเทพรักษา, “ระบบประมวลผล

ภาพสำหรับสำหรับหุ่นยนต์สำรวจ”,ปริญญาณิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2536 , หน้า (49-54)

9. สมนึก คีรีโต และ ประทีป สันติประภพ, "นิวรอลเน็ตเวิร์กและพีชซีลอจิก", สาร NECTEC ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ISSN 0858-2556 (พฤษภาคม - มิถุนายน 2537): 35-42
10. C.V.Kameshwara Roo, B.Prasad and K.R. Shama, " Automatic fingerprint a syntactic approach", Proc.3rd Int.Conf. on Pattern Recognition , San Diego, November 1976, pp. (778-782)
11. James A. Freeman, and David M. Skapura, "Neural Networks" , Addison Wesley, 1991.
12. L. BOULLART, A. KRIJGSMAN and R.A. VINGERHOEDS, " APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PROCESS CONTROL", June 1992, pp.(170-183) &(187-194)
13. Philip D.Waserman, "Neural Computing Theory and Practice", Van Nostrand Reinhold 1989
14. T. Pavlidis: "Structural Pattern Recognition", Springer Series in Electrophysics 1, 1977.
15. Rafael C.Gonzalez, Paul Wintz, "Digital Image Processing", Second Edition, Addison -Wesley Publishing Company, 1987.
16. R & D Computer System Co.,Ltd., "USING DigiIMAGE card model DZ-II", pp.(2-13).
17. Richard P.Lippmann, " An Introduction to Computation with Neural Nets ", IEEE ASSP Magazine, 1987.
18. Robert J.Schalkoff, "Digital image processing and computer vision ", John Wiley & Sons, Singapore, 1989.
19. Stephen P.Banks , " Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition " , Prentice Hall, 1990.
20. UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION, "THE SCIENCE OF FINGERPRINTS Classification and Uses" , by the Superintendent of Documents , U.S. Government Printing Office: 1979, Washington D.C. 20402, pp.(1-85)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการปฏิบัติการวิจัยระบบจดจำลายนิ้วมืออัตโนมัติ

ภาพที่ 114



แสดงขั้นตอนโครงการระบบตรวจลายนิ้วมืออัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขั้นตอนการทำงานระหว่างการ์ดกับ CPU.

โดยจะอธิบายออกเป็นข้อๆดังนี้

1. ส่วนของการรับภาพ

1.1 กล้องวิดีโอ รุ่น CCD-TR45E

1.2 การ์ดรับภาพ (digiIMAGE card)

2. ส่วนของการควบคุมสวิทซ์และการติดต่อระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.1 ชุดรับข้อมูลการกดสวิทซ์และส่ง/อ่านลายนิ้วมือ

2.2 ชุดตรวจสอบการกดสวิทซ์

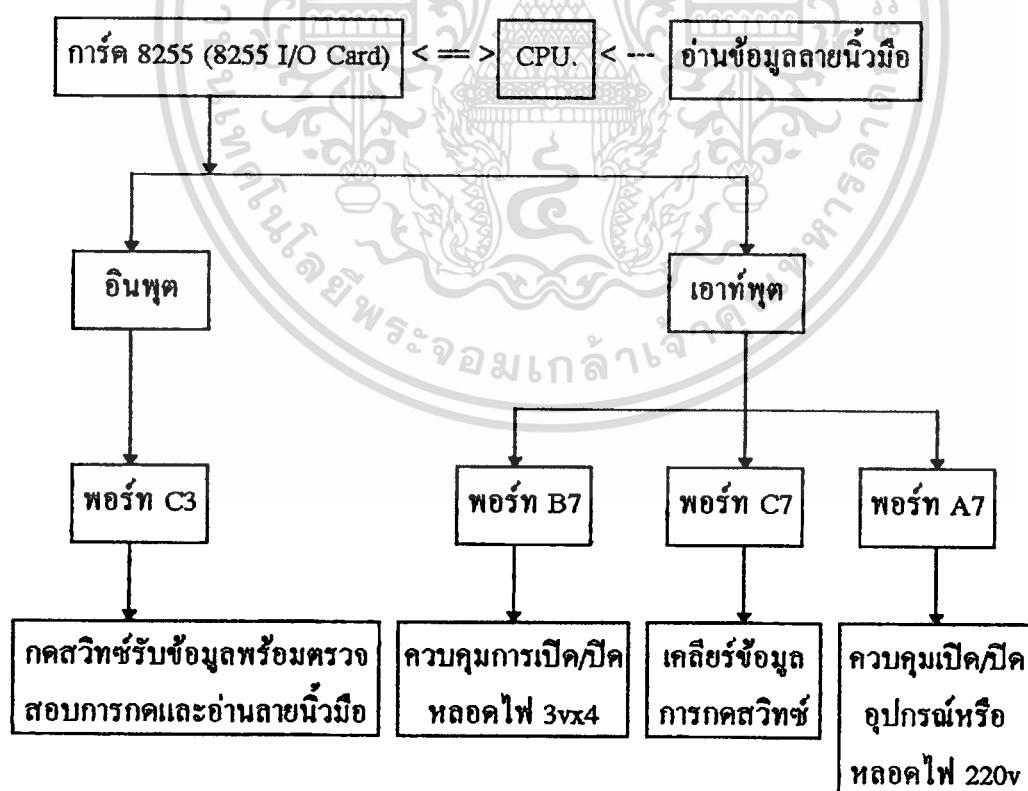
2.3 ชุดควบคุมการเปิด/ปิดหลอดไฟ 3vx4

2.4 ชุดควบคุมเปิด/ปิดอุปกรณ์

2.5 ชุดเคิลียร์ข้อมูลการกดสวิทซ์

หมายเหตุ: ศูนย์กลางการตรวจสอบ, เคิลียร์ข้อมูลและควบคุมโดยการ์ด 8255

ภาพที่ 115

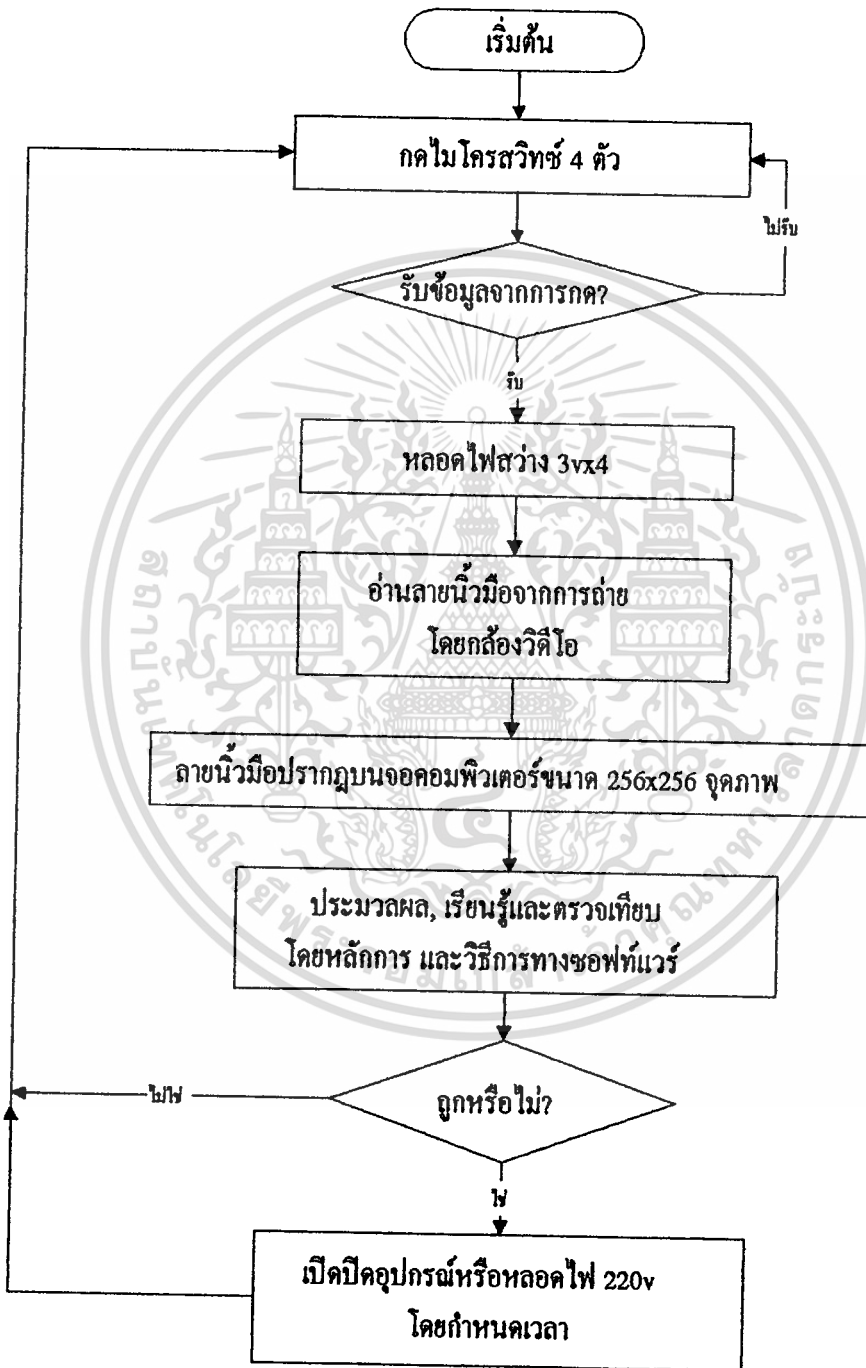


แสดงขั้นตอนการทำงานระหว่างการ์ดกับ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์

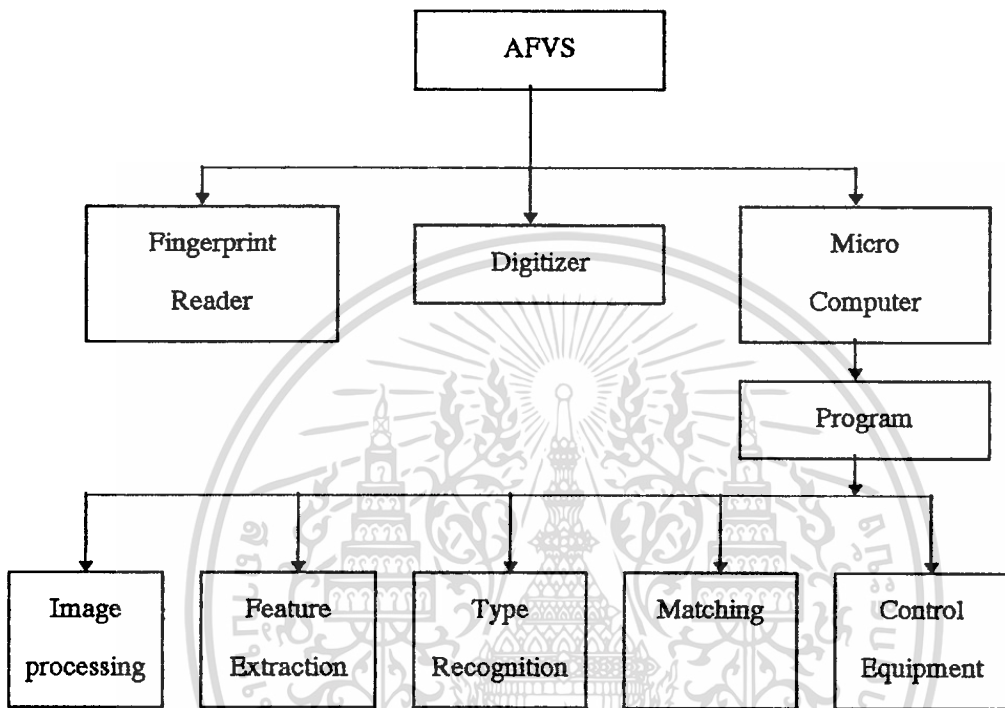
ภาพที่ 116



แสดงขั้นตอนการทำงานของชุดอุปกรณ์

3. ขั้นตอนซอฟต์แวร์ของระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ(AFVS)

ภาพที่ 117

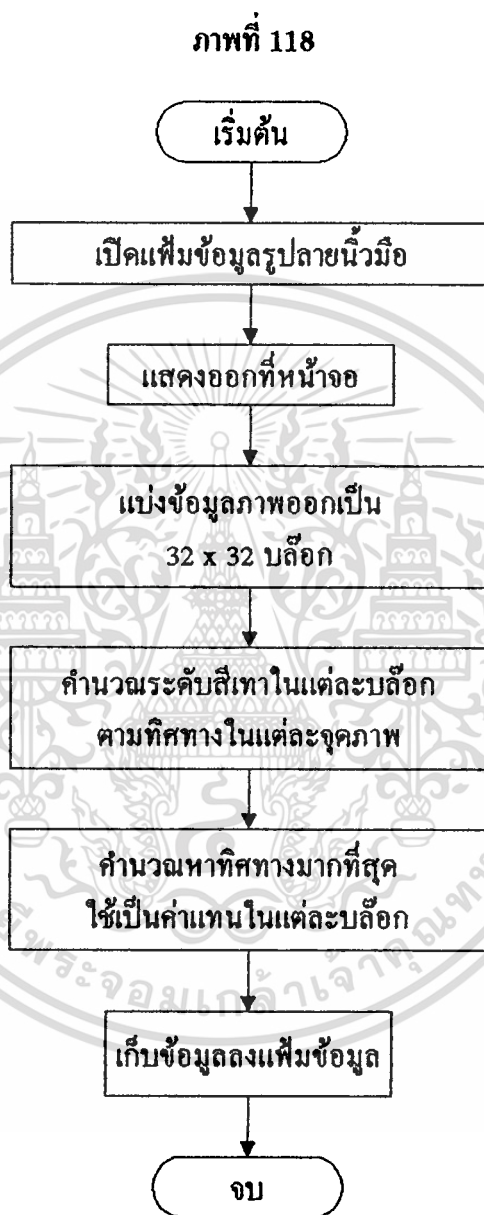


แสดงขั้นตอนโปรแกรมของ AFVS

4. การประมวลผลจากการเตรียมข้อมูล

4.1 โปรแกรม: FNGTODI

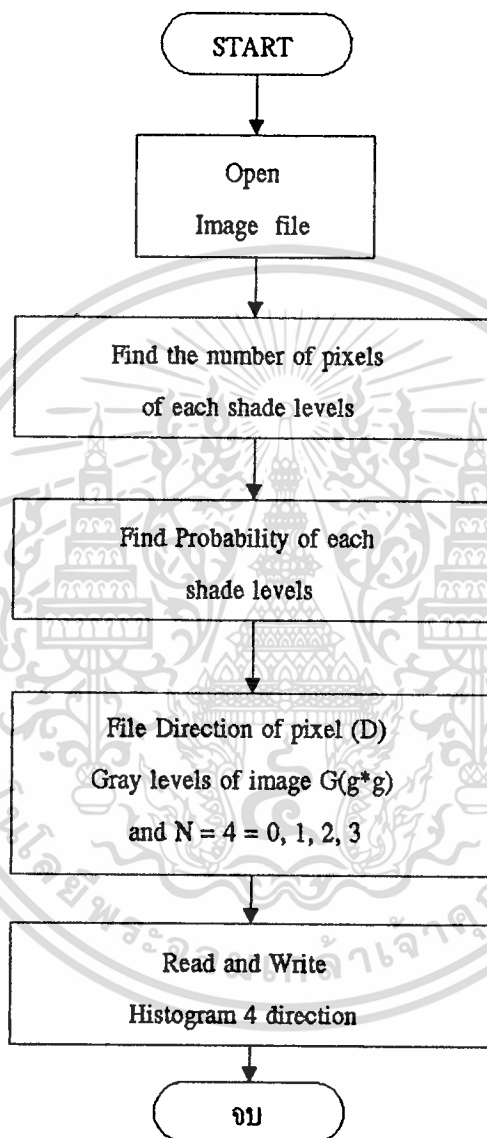
ภาพที่ 118



แสดงโปรแกรมแปลงเพิ่มข้อมูลรูปลายนิ้วมือเป็นเพิ่มข้อมูลทิศทาง

4.2 ฮิสโตแกรมทิศทาง (Directional Histogram)

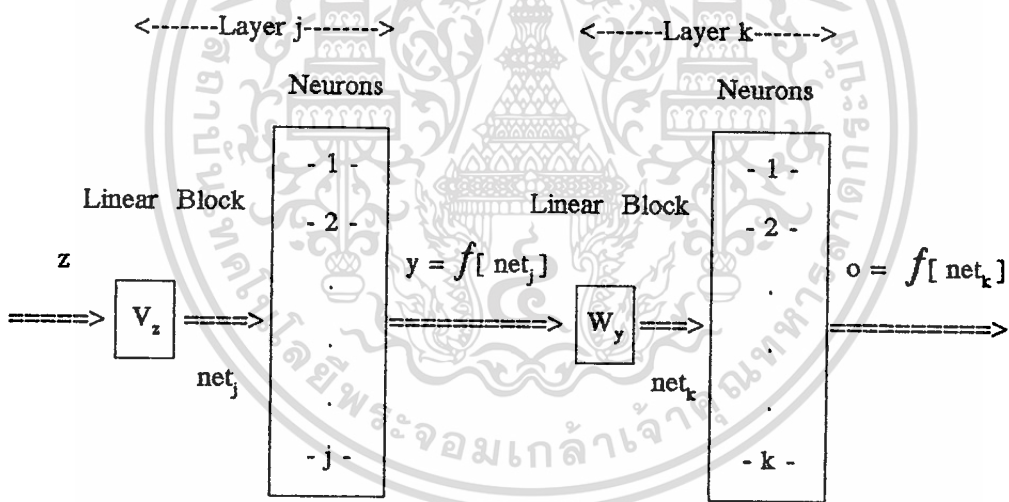
ภาพที่ 119



แสดงการหาฮิสโตแกรมทิศทาง

5. แนวทางของขั้นตอนคำนวณโดยนิเวรอลเน็ตเวิร์ก

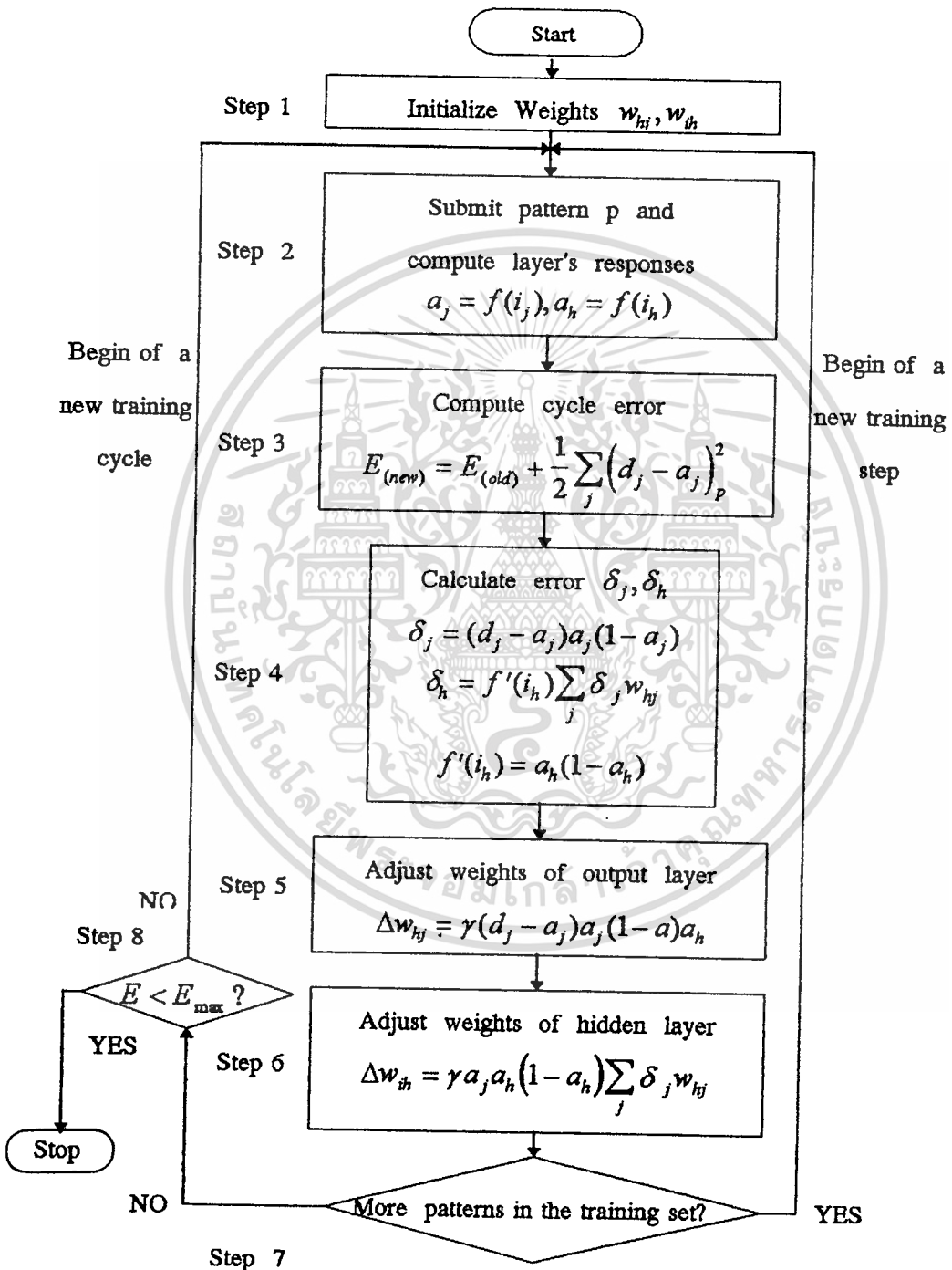
ภาพที่ 120



แสดงบล็อกไออะแกรมของนิเวรอลเน็ตเวิร์ก

6. ขั้นตอนการเรียนรู้

ภาพที่ 121

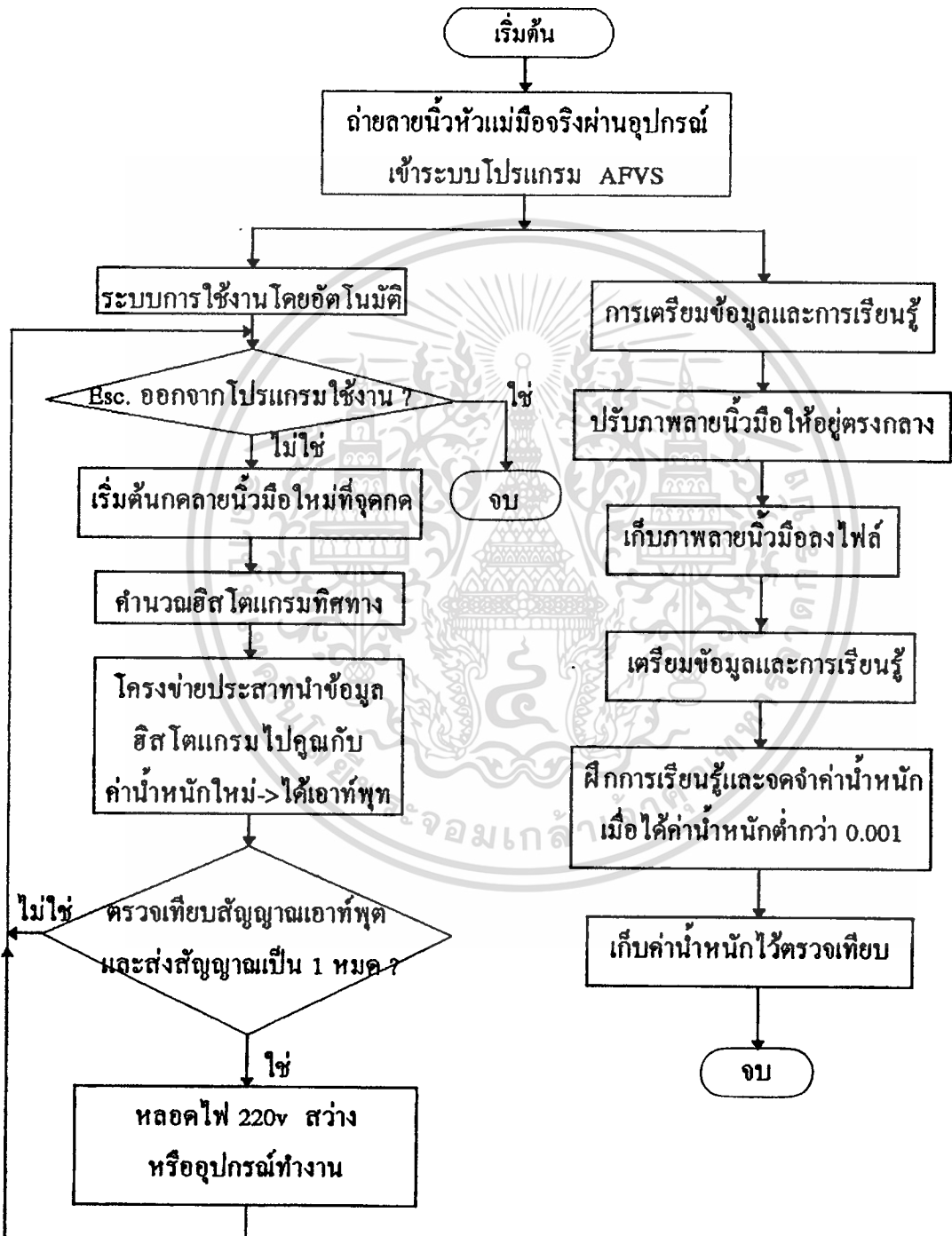


แสดงขั้นตอนการเรียนรู้ (learning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ขั้นตอนการนำข้อมูลที่เก็บไว้มาตรวจสอบ

ภาพที่ 122



แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลมาตรวจเทียบ



ผลลัพธ์การประมวลผล

โดยแสดงภาพลายนิ้วมือชนิดเดียวกัน ซึ่งได้ยกตัวอย่างลายนิ้วมือมัดหวายปิดขวา จากการเตรียมข้อมูลภาพและทดสอบโดยแสดง 3 แบบ คือ

- ก. ลายนิ้วมือ (ภาพขาวดำ) จากตำรา
- ข. ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ดำ
- ค. ถ่ายลายนิ้วมือจริง (สด)

และได้แยกออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. แสดงการประมวลผลภาพความถี่ระดับเทา (Gray-Frequency Level) และผลลัพธ์

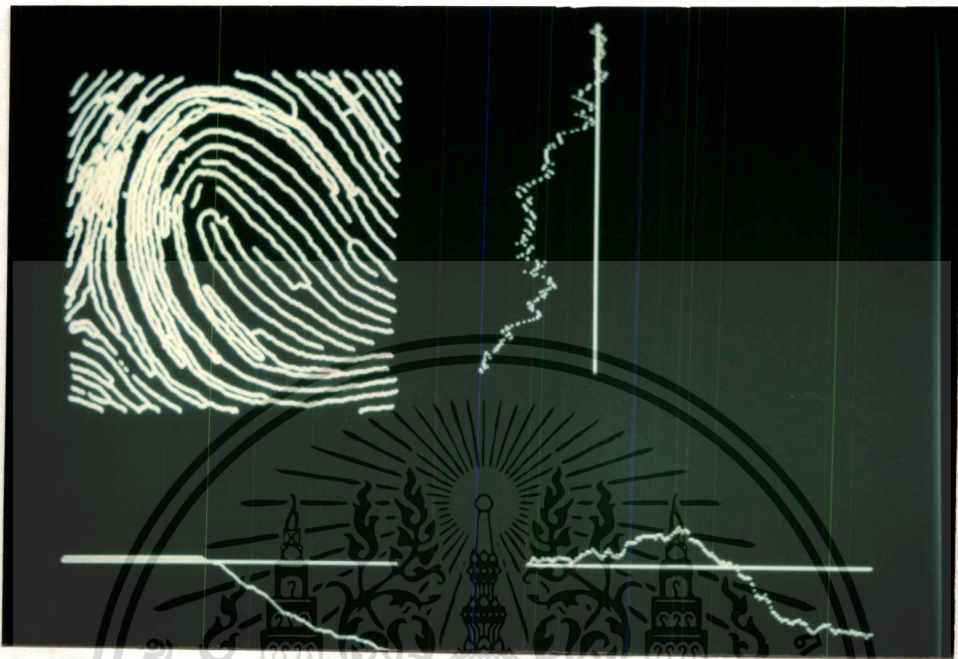
- ก. ลายนิ้วมือ (ภาพขาวดำ) จากตำรา

ภาพที่ 123



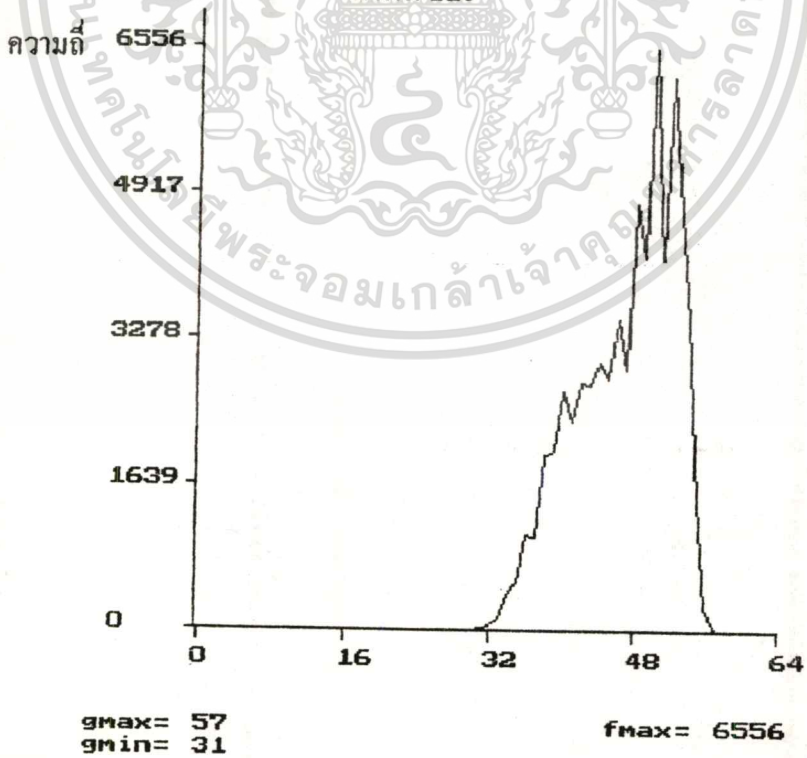
แสดงการประมวลผลเบื้องต้น

ภาพที่ 124



แสดงกราฟทิศทางตามแกน x_1 , แกน y_1 และแกนเฉลี่ยรวม

ภาพที่ 125



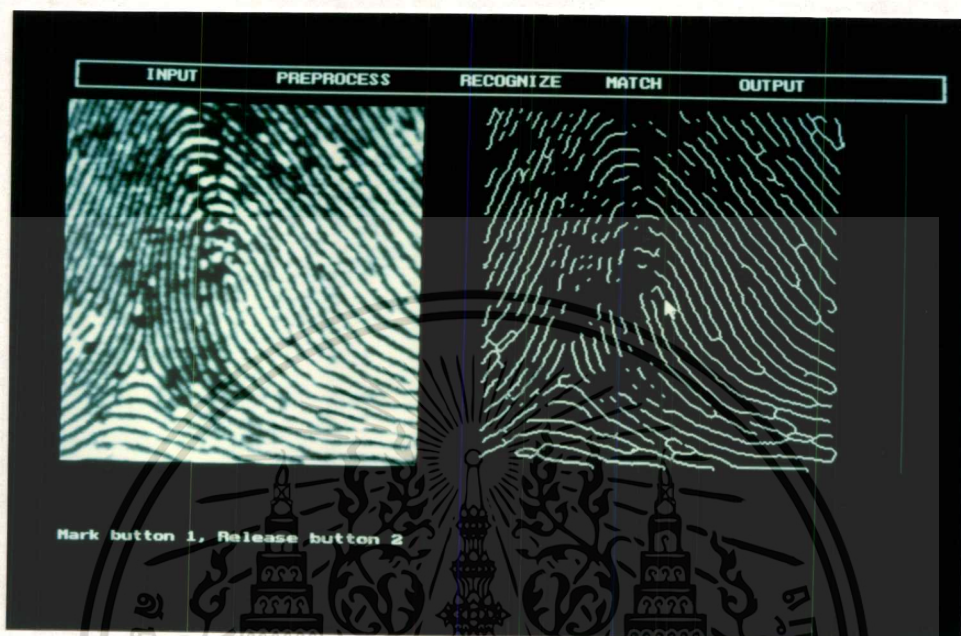
ระดับเทา

แสดงกราฟฮิสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

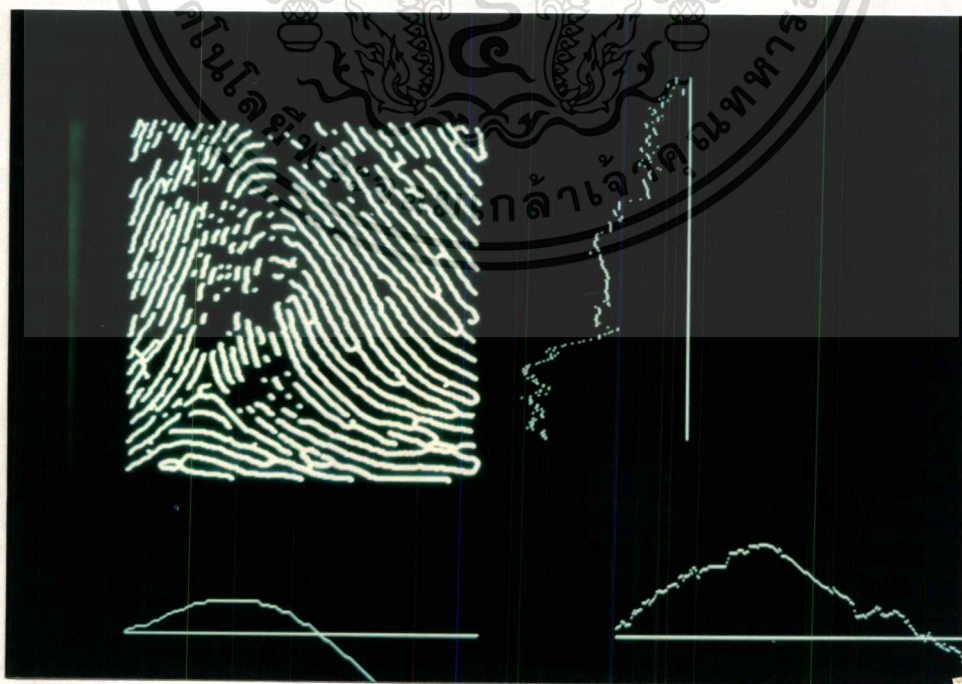
ข. ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ดำ

ภาพที่ 126



แสดงการประมวลผลเบื้องต้น

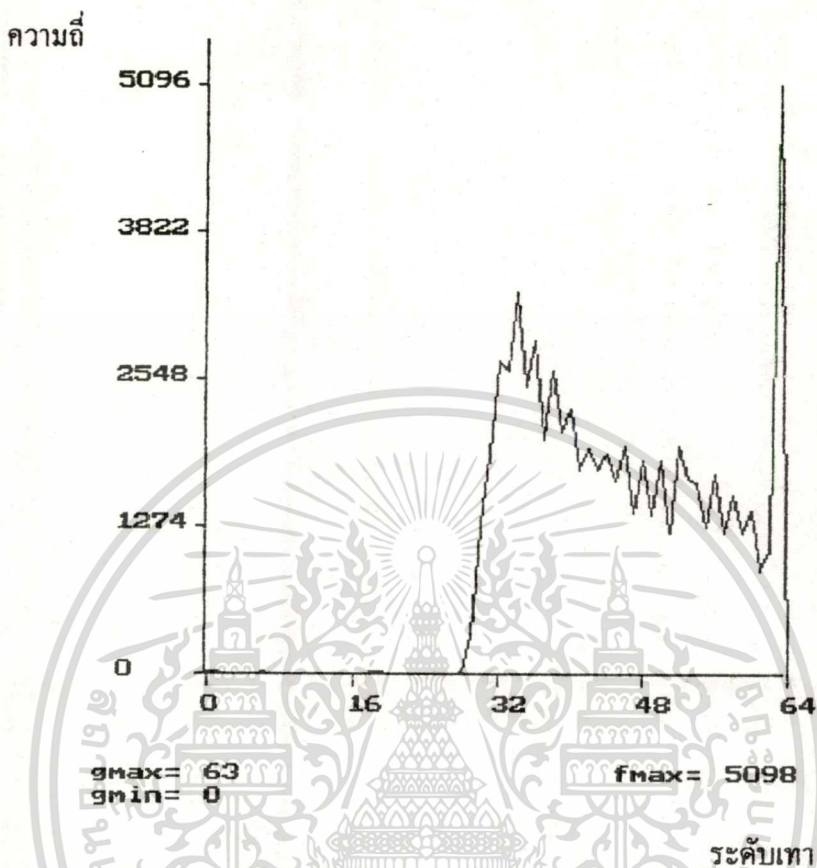
ภาพที่ 127



แสดงกราฟทิศทางตามแกน x_i , แกน y_i และแกนเฉลี่ยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

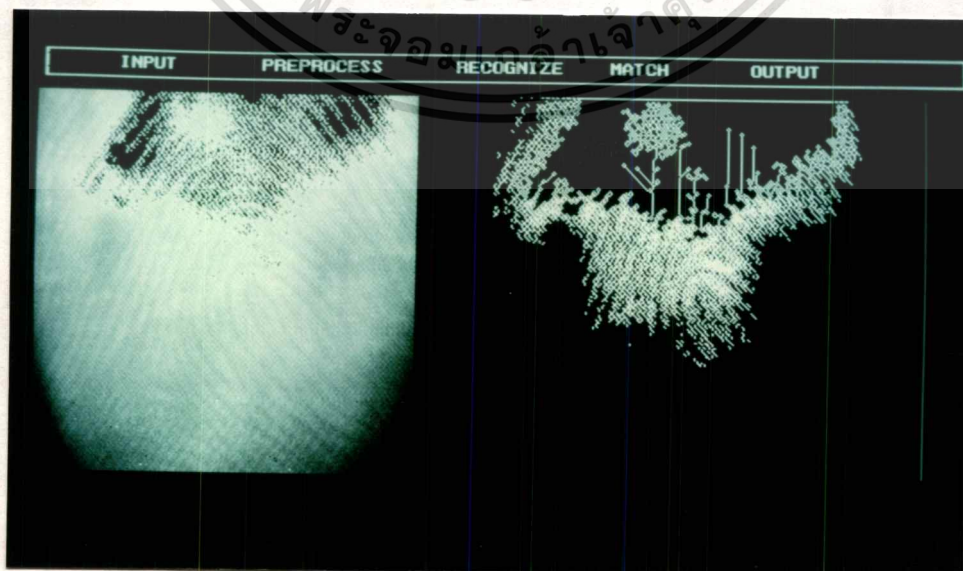
ภาพที่ 128



แสดงกราฟฮิสโตแกรม

ค. ภาพถ่ายลายนิ้วมือจริง (สค)

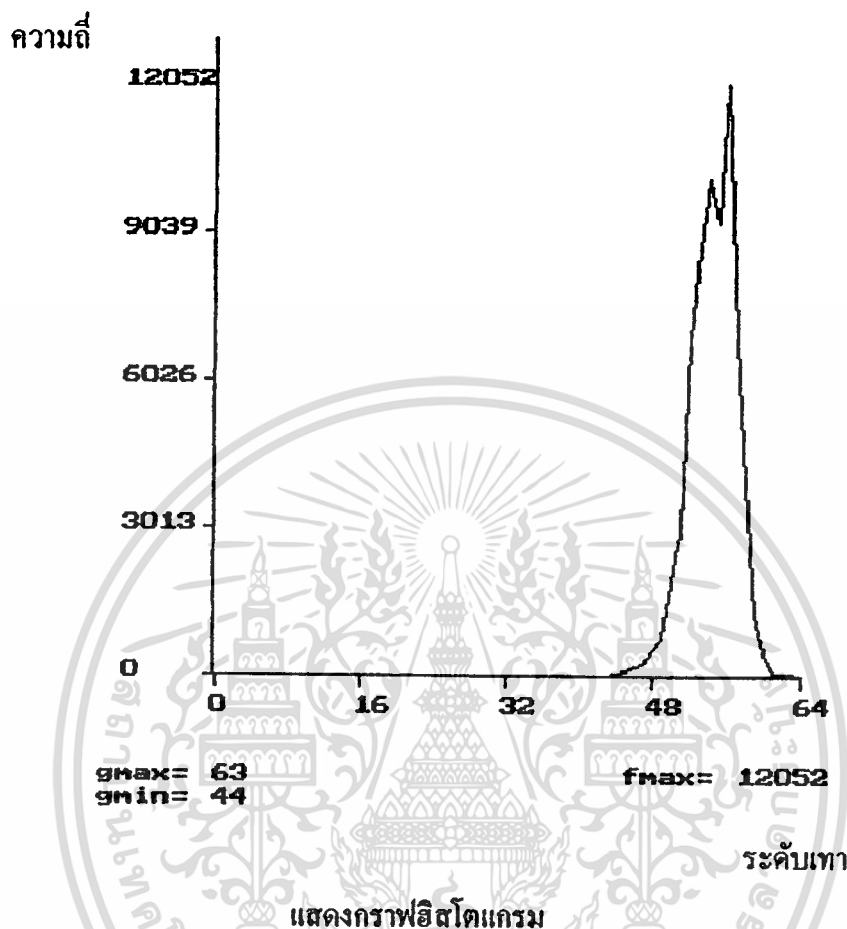
ภาพที่ 129



แสดงการประมวลผลเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 180



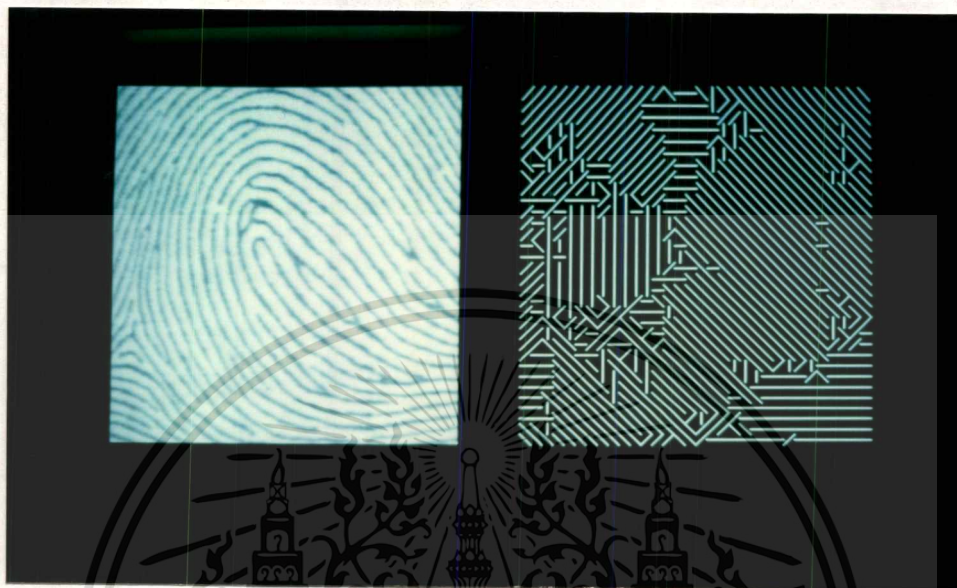
หมายเหตุ สรุปผลการประมวลผลของภาพถ่ายลายนิ้วมือจริง (สด) เข้ามาด้วยกล้องวิดีโอ ผลไม่สามารถประมวลผลได้สำเร็จคั้งนั้นการแสดงกราฟทิศทางตามแกน x_i , แกน y_i และ แกนเฉลี่ยรวม; ส่วนกราฟความถี่ระดับเทาหา f_{max} ถึงแม้แสดงออกมาให้เห็นแต่ก็เป็นเครื่อง แสดงว่ามีความผิดพลาดเช่นเดียวกัน

2. แสดงการประมวลผลภาพ (เตรียมข้อมูล) โดยใช้วิธีของฮิสโตแกรมทิศทาง (Directional Histogram) หาทิศทางของภาพขนาด 256x256 จุดภาพ เพื่อคุณสมบัติทิศทางที่ต่างกัน ออกไป ซึ่งจะเห็นว่าจากตารางจะเรียบร้อยและชัดเจนกว่าโอกาสผิดพลาดน้อย รองลงมาคือ พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ดำ ซึ่งผิดพลาดมากถ้าละแะหมึกดำมากต่อมาลายนิ้วมือจริง (สด) เป็นการนำมาใช้กับงานวิจัยนี้โดยตรงจนสำเร็จ แต่ความไม่ชัดมีผลทำให้ผิดพลาดพอสมควร ซึ่งมีผลมาจากอุปกรณ์ที่ใช้, ความเข้มแสงที่ส่องและสีของผิวของนิ้ว คั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ลายนิ้วมือ(ภาพขาวดำ) จากตำรา

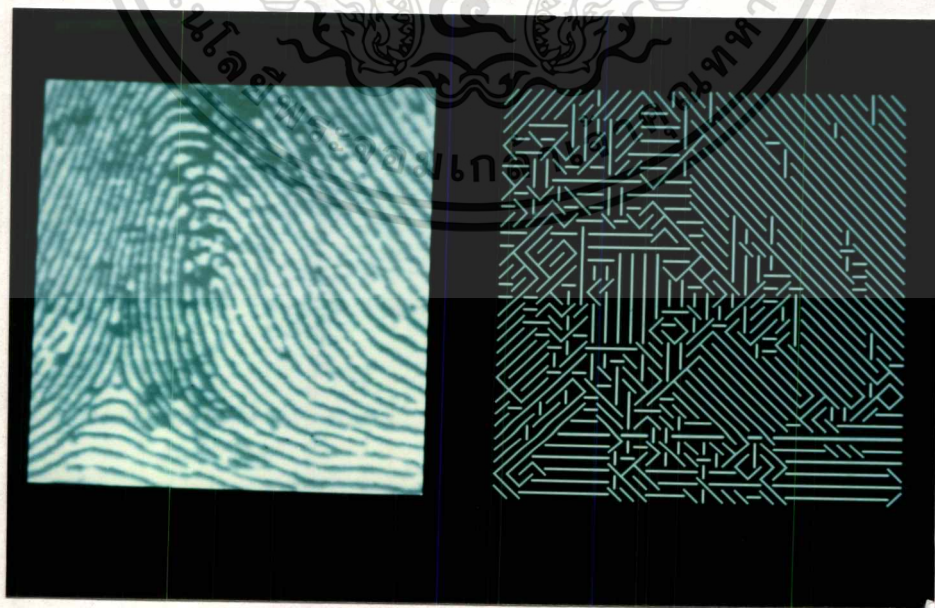
ภาพที่ 131



แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง

ข. ลายนิ้วมือด้วยหมึกพิมพ์ดำ

ภาพที่ 132

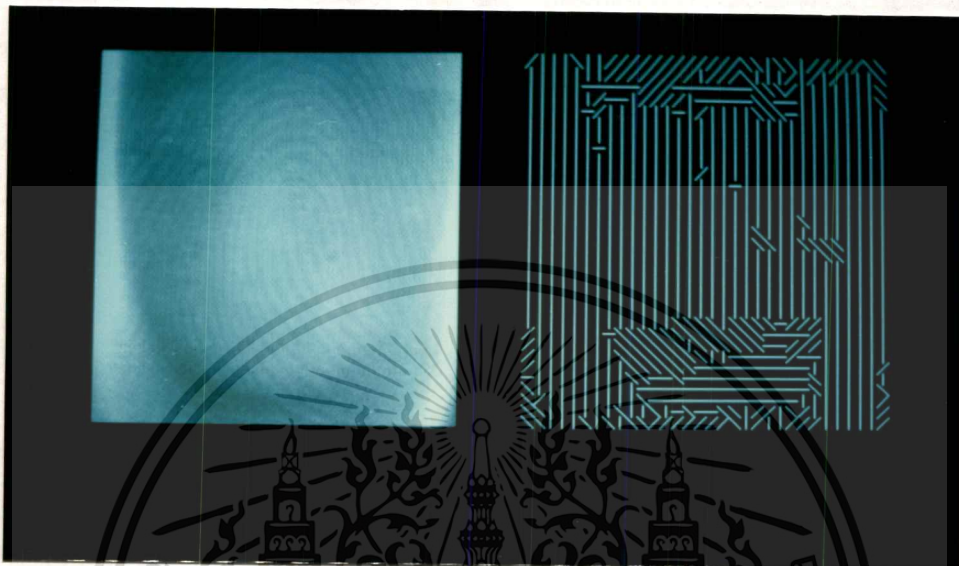


แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ภาพถ่ายลายนิ้วมือจริง (สด)

ภาพที่ 133



แสดงการเตรียมข้อมูลทิศทางของฮิสโตแกรมทิศทาง

ตัวอย่างภาพแสดงผลของฮิสโตแกรมทิศทาง

1. ผลหลอดไฟไม่ติด(ไม่สว่าง)ของ 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น โดยกลายนิ้วมือทดสอบเป็นบุคคลที่ให้เรียนรู้จดจำ 0 , และบุคคลที่ไม่ได้เรียนรู้จดจำ 1 และ/หรือ 0 เลข

ภาพที่ 134

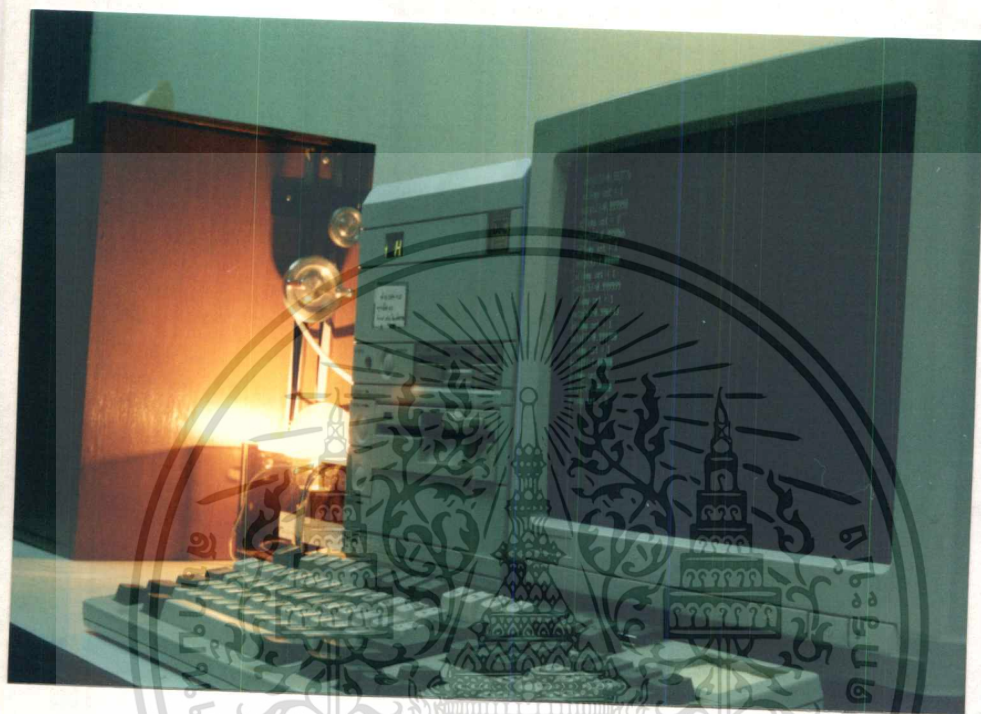


แสดงผลลัพธ์ของบุคคลที่ 2 และบุคคลที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของหลอดไฟติด(สว่าง)ของ 9 พื้นที่ ต่อ หนึ่งแพทเทิร์น โดยกลายนิ้วมือทดสอบที่ให้เรียนรู้จดจำเป็น 1

ภาพที่ 135



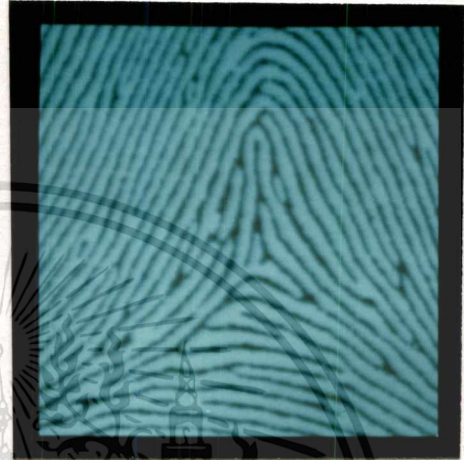
แสดงผลลัพธ์ของบุคคลที่ 1 (ให้จดจำ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างลายนิ้วมือที่ถูกแบ่งแยกย่อยออกเป็น 12 ชนิด
ภาพที่ 136



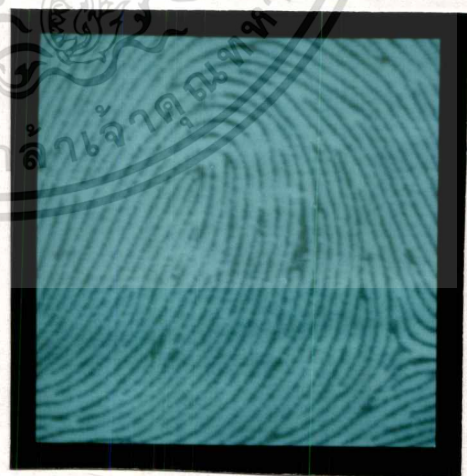
โค้งราบ
(Plain Arch=PA)



โค้งกระโจม
(Tented Arch=TA)

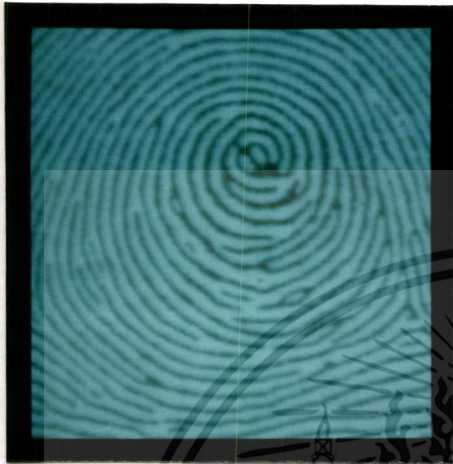


มัดหวนปัดขวา
(Right Slant Loop=RSL)

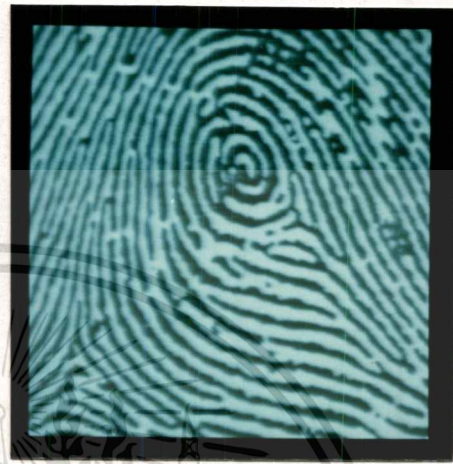


มัดหวนปัดซ้าย
(Left Slant Loop=LSL)

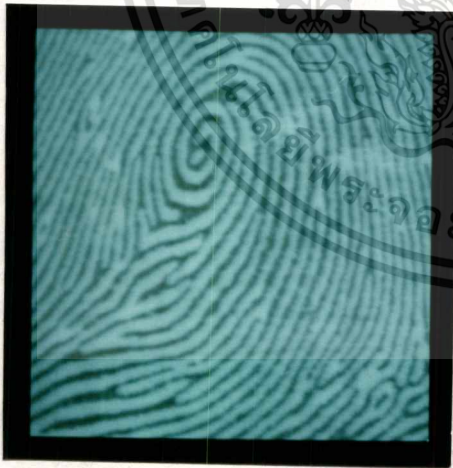
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



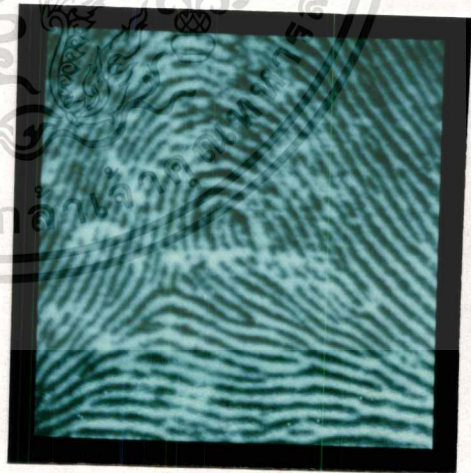
ก้นหอยธรรมดา
(Plain Whorl=W)



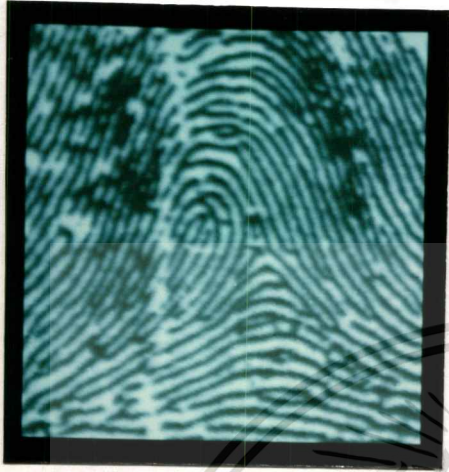
ก้นหอยกระเป๋ากลางปิดขวา
(Right Central Pocket=RCP)



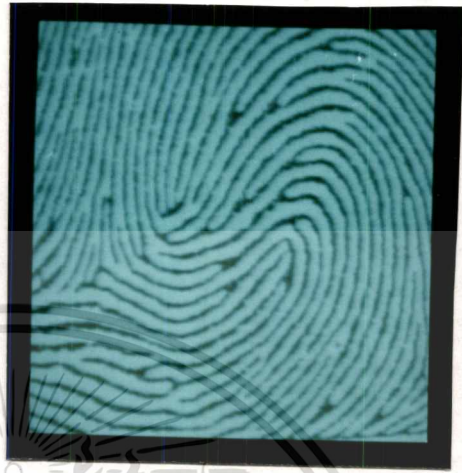
ก้นหอยกระเป๋ากลางปิดซ้าย
(Left Central Pocket=LCP)



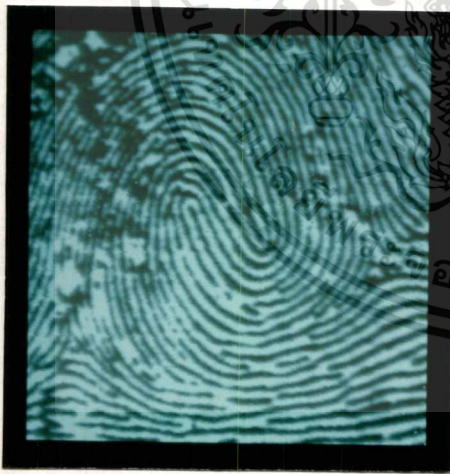
ก้นหอยกระเป๋าข้างปิดขวา
(Right Lateral Pocket=RLP)



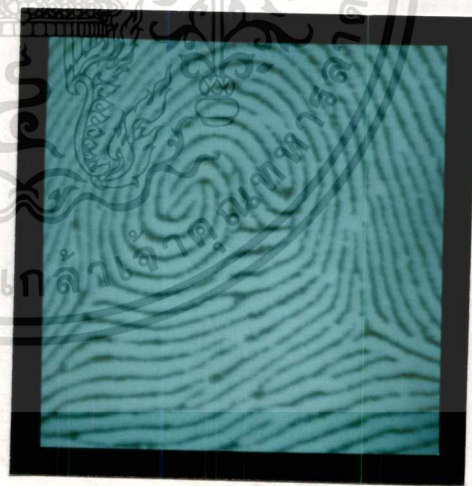
กันหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย
(Left Lateral Pocket=RLP)



มัดหอยคู่หรือมัดหอยแฝดแบบ1
(Double Loop Type1=D1)



มัดหอยคู่หรือมัดหอยแฝดแบบ2
(Double Loop Type2=D2)



จับซ้อน
(Accidental Whorl=AW)

แสดงตัวอย่างลายนิ้วมือที่ถูกแบ่งแยกย่อยออกเป็น 12 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมที่ใช้กับระบบตรวจเทียบลายนิ้วมืออัตโนมัติ (AFVS)

ที่จะแสดงเฉพาะโปรแกรมที่ใช้งานจริงเท่านั้นคือ โปรแกรมของฮิสโตแกรมทิศทางนับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ(หัวข้อ 3->ข้อ 7) สำหรับโปรแกรมที่ไม่ได้แสดงโปรแกรมแต่ได้นำมาเปรียบเทียบและได้ช่วยในการทดลองเริ่มแรกมีข้อ 1 และข้อ 2 ดังนี้

1. โปรแกรมทดลอง "การประมวลผลภาพเบื้องต้น"
2. โปรแกรมการทดสอบระหว่างวงจรภายนอก, การ์ดและ CPU



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <alloc.h>
#include <dos.h>
#include <mem.h>
#include <string.h>
#include <graphics.h>

#define origx 201
#define origy 121
#define PORT 0x1b4
#define PortA 0
#define PortB 1
#define PortC 2
#define Ctrl 3
#define COLUMN 200
#define ROW 50

/* define type and global variable */
typedef unsigned char Byte;
typedef unsigned int Word;
typedef struct
{
    Byte Red;
    Byte Grn;
    Byte Blu;
} RGB;
typedef RGB Palette_Register[256];
static Palette_Register Color;

unsigned ctrlport,cardseg;
char *obj[4];

void chk_ID_card(void);
void read_addr(void);
void vdo2buff(void);
void Init8255(void);
void digitizeBW(void);
void chk_digi_stat(void);
void test8255anddigitize(void);

int huge detectEGA(void);
void checkerrors(void);
void initvga256(void);
void Set_Palette(Palette_Register Hue);
void graypal(Palette_Register Color);
void displayfing(int x,int y);

/*****
/* MAIN PROGRAM */
*****/
void main(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i;
int key;

/* for(i=0;i<4;i++)
{
    obj[i]=farmalloc((16*1024)*sizeof(char));
    if(obj[i]==NULL)
    {
        printf("Allocate IMAGE:%d buffer failed\n",i);
        exit(1);
    }
} */

Init8255();
printf("ok 8255\n");

initvga256();
test8255anddigitize();

/* for(i=0;i<4;i++)
{
    farfree(obj[i]);
} */
getch();
closegraph();
}

/*****
/* check ID card */
/*****/
void chk_ID_card(void)
{
    int port[]={0x210,0x2a0,0x310,0x3a0};
    int index=0,cnt;
    unsigned swport,time,chk1,chk2,chkport;

    for(cnt=1;cnt!=4;cnt++)
    {
        ctrlport=port[index];
        swport=ctrlport+1;
        chkport=ctrlport ; 0x8001;
        chk1=inportb(swport);
        chk1=inportb(swport);
        chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
        chk2=chk1;

        for(time=0;time<200;time++)
        {
            chk1=inportb(chkport);
            chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
            if(chk1!=chk2) goto nextbase;
            chk2=(chk2 ^ 0xf) & 0xf;
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return;
nextbase:
        index++;
    }
    /* closegraph(); */
    printf("Card DZ-II Not Found !!");
    exit(1);
}

/*****/
/*      READ ADDRESS      */
/*****/
void read_addr(void)
{
    unsigned chksw,swport;

    swport=ctrlport+1;
    chksw=inportb(swport);
    chksw=inportb(swport);
    chksw=chksw & 0xe;
    switch(chksw)
    {
        case 0:
            cardseg=0xc400;
            break;
        case 2:
            cardseg=0xc800;
            break;
        case 4:
            cardseg=0xcc00;
            break;
        case 6:
            cardseg=0xd000;
            break;
        case 8:
            cardseg=0xd800;
            break;
        case 10:
            cardseg=0xdc00;
            break;
        case 12:
            cardseg=0xe000;
            break;
        case 14:
            cardseg=0x9000;          /*NULL*/
            break;
    }
}

/*****/
/*      check digit state      */
/*****/
void chk_digi_stat(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
    int pulse,time;

    for(pulse=1;pulse!=0;pulse--)
    {
        time=0;
        while((inportb(ctrlport)>>5)&!=pulse)
        {
            time++;
            if(time>4000)
            {
                closegraph(); /*
                printf("video signal not found");
                exit(1);
            }
        }
    }
}

/*****
/*      Digitize B&W      */
/*****
void digitizeBW(void)
{
    unsigned digicom_y=0x80;
    unsigned digicomstop=0;
    unsigned contrast=63,brightness=50,ref_neg;

    ref_neg=63-brightness;
    outportb(ctrlport+2,ref_neg);
    outportb(ctrlport+1,ref_neg + ((63-ref_neg)*(63-contrast))/63);
    outportb(ctrlport,digicom_y);
    delay(1000);
/*      chk_digi_stat(ctrlport); */
    chk_digi_stat();
    outportb(ctrlport,digicomstop);
    return;
}

/*****
/*      MOVE data form VIDEO RAM to obj */
/*****
void vdo2buff(void)
{
    int i,j,k,m;
    char far *ob;
    char obb=10;
    int xx,yy;
    int of=0;

    ob=&obb;
    xx=origx;yy=origy;

```

```

for(i=0;i<4;i++)
{
    outportb(ctrlport,i);
/* movedata(cardseg,0,FP_SEG(obj[i]),FP_OFF(obj[i]),16*1024); */
    for(m=0;m<16;m++)
    {
        for(j=0;j<4;j++)
        {
            for(k=0;k<256;k++)
            {
                movedata(cardseg,of,FP_SEG(ob),FP_OFF(ob),1);
                putpixel(xx,yy,(int)(*ob>>2));
                of++;
                xx++;
            }
            xx=origx;
            yy++;
        }
        of=0;
    }
}

void Init8255(void)
{
    int p;
    unsigned char data;
/* port A,B and upper C are output , lower C is input */
    data=0x81;
    p=PORT+Ctrl;
    outport(p,data);
/* reset LEMP 220V */
    data=0xff;
    p=PORT+PortA;
    outport(p,data);
/* reset LEMP 5V */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
/* input prompt */
    data=0xf0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
/* reset input data (LED) */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
    data=0xf0;
    outport(p,0xf0);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void test8255anddigitize(void)
{
    int p;
    unsigned char data;
    int flag1=0;
    int i;

    rectangle(201-3,121-3,456+3,376+3);
    line(328,121-3,328,121-3-5);
    line(456+3,248,456+3+5,248);
    line(201-3,248,201-3-5,248);
    line(328,376+3,328,376+3+5);
    setcolor(0);
    for(i=400;i<=408;i++)
    {
        line(0,i,639,i);
    }
    setcolor(63);
    outtextxy(100,400,"Please press finger on the box.");

    /* Reset LED or - Clear Flip Flop - */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
    data=0xf0;
    outport(p,0xf0);

    /* Check LED or - Open Lamp in the box - */
    p=PORT+PortC;
    data=0x0;
    while(data==0x0)
    {
        data=inport(p);
        data=data&8;
    }

    setcolor(0);
    for(i=400;i<=408;i++)
    {
        line(0,i,639,i);
    }
    setcolor(63);

    outtextxy(100,400,"Status A is On");

    data=0x0;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* digitize image */
chk_ID_card();
read_addr();

while(flag1!=1)
{
    do
    {
        digitizeBW();
        vdo2bufp();
        displaying(origx,origy); /*
/*
    } while(kbhit()==0);
    if(bioskey(0)==283) flag1=1;    **
}

setcolor(0);
for(i=400;i<=408;i++)
{
    line(0,i,639,i);
}
setcolor(63);
outtextxy(100,400,"
outtextxy(100,400,"delay 1000 ms");
delay(1000);
setcolor(0);
for(i=400;i<=408;i++)
{
    line(0,i,639,i);
}
setcolor(63);
outtextxy(100,400,"
outtextxy(100,400,"Status A is Off");
data=0xff;
p=PORT+PortB;
outport(p,data);

/* Set Lamp output */
data=0;
p=PORT+PortA;
outport(p,data);
data=0xff;
p=PORT+PortB;
outport(p,data);

delay(3000);
/* Reset Lamp output */
data=0xff;

p=PORT+PortA;
outport(p,data);
data=0xff;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        p=PORT+PortB;
        outport(p,data);
    }

    /* detects EGA or VGA cards */
    int huge detectEGA(void)
    {
        int driver, mode, sugmode = 2; /* VGA 256 */

        detectgraph(&driver, &mode);
        if ((driver == EGA) || (driver == VGA))
            /* return suggested video mode number */
            return sugmode;
        else
            /* return an error code */
            return grError;
    }

    /* check for and report any graphics errors */
    void checkerrors(void)
    {
        int errorcode;

        /* read result of last graphics operation */
        errorcode = graphresult();
        if (errorcode != grOk)
        {
            printf("Graphics error: %s\n", grapherrormsg(errorcode));
            printf("Press any key to halt:");
            getch();
            exit(1);
        }
    }

    /* initial VGA 256 colour */
    void initvga256(void)
    {
        int gdriver, gmode;
        int i;
        Palette_Register cc;

        /* install a user written device driver */
        gdriver = installuserdriver("SVGA256"; detectEGA);

        /* must force use of detection routine */
        gdriver = DETECT;

        /* check for any installation errors */
        checkerrors();

        /* initialize graphics and local variables */
        initgraph(&gdriver, &gmode, "");
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    /* check for any initialization errors */
    checkerrors();
    graypal(cc);
    Set_Palette(cc);
}

/* set palette */
void Set_Palette(Palette_Register Hue)
{
    int subi;

    for(subi=0;subi<256;subi++)
    {
        setrgbpalette(subi,Hue[subi].Red,Hue[subi].Grn,
                      Hue[subi].Blu);
    }
}

/* set gray level 64 level */
void graypal(Palette_Register Color)
{
    Word i;

    for(i=0;i<256;i++)
    {
        Color[i].Red=i;
        Color[i].Grn=i;
        Color[i].Blu=i;
    }
}

void displaying(int x,int y)
{
    int i,j,k;
    char cp;
    int q;

    for(i=0;i<4;i++)
    {
        q=0;
        for(j=0;j<64;j++)
        {
            for(k=0;k<256;k++)
            {
                cp=(obj[i]+q);
                putpixel(x+k,y+j+(64*i),(int)(cp>>2));
                q++;
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <alloc.h>
#include <dos.h>
#include <mem.h>
#include <string.h>
#include <graphics.h>

#define origx 201
#define origy 121
#define PORT 0x1b4
#define PortA 0
#define PortB 1
#define PortC 2
#define Ctrl 3
#define COLUMN 200
#define ROW 50

/* define type and global variable */
typedef unsigned char Byte;
typedef unsigned int Word;
typedef struct
{
    Byte Red;
    Byte Grn;
    Byte Blu;
} RGB;
typedef RGB Palette_Register[256];
static Palette_Register Color;

unsigned ctrlport,cardseg;
char *obj[4];
char fn[13];
FILE *of;
unsigned dw;

void chk_ID_card(void);
void read_addr(void);
void vdo2bufp(void);
void Init8255(void);
void digitizeBW(void);
void chk_digi_stat(void);
void test8255anddigitize(void);

int huge detectEGA(void);
void checkerrors(void);
void initvga256(void);
void Set_Palette(Palette_Register Hue);
void graypal(Palette_Register Color);
void displayfing(int x,int y);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

/*****/
/*    MAIN PROGRAM    */
/*****/
void main(int arg,char *agv[])
{
    int i;
    int key;

    if(arg==3)
    {
        sprintf(fn,agv[1]);
        dw=(unsigned)((atoi(agv[2]))*1000);

        for(i=0;i<4;i++)
        {
            obj[i]=farmalloc((16*1024)*sizeof(char));
            if(obj[i]==NULL)
            {
                printf("Allocate IMAGE:%d buffer failed\n",i);
                exit(1);
            }
        }

        Init8255();
        printf("ok 8255\n");

        initvga256();
        test8255anddigitize();

        if((of=fopen(fn,"wb"))==NULL)
        {
            printf("Cannot open file name :%s\n",fn);
            exit(1);
        }
        else
        {
            for(i=0;i<4;i++)
            {
                fwrite(obj[i],16*1024,1,of);
            }
        }

        for(i=0;i<4;i++)
        {
            farfree(obj[i]);
        }
        getch();
        closegraph();
    }
    else
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("*****\n");
printf("SAVFIN.EXE , Copyright (C) 1995.  \n\n");
printf("Program save image fingerprint to file.\n\n");
printf("SAVFIN [drive:][path][fingerprint file]
      [delay time display(seconds)]\n\n");
printf("Example \n\n");
printf("      SAVFIN KRF01.FIN 3      \n\n");
printf("*****\n");
printf("\n");
}
}

/*****/
/*      check ID card      */
/*****/
void chk_ID_card(void)
{
    int port[]={0x210,0x2a0,0x310,0x3a0};
    int index=0,cnt;
    unsigned swport,time,chk1,chk2,chkport;

    for(cnt=1;cnt!=4;cnt++)
    {
        ctrlport=port[index];
        swport=ctrlport+1;
        chkport=ctrlport ; 0x8001;
        chk1=inportb(swport);
        chk1=inportb(swport);
        chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
        chk2=chk1;

        for(time=0;time<200;time++)
        {
            chk1=inportb(chkport);
            chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
            if(chk1!=chk2) goto nextbase;
            chk2=(chk2 ^ 0xf) & 0xf;
        }
        return;
    nextbase:
        index++;
    }
    /*      closegraph(); */
    printf("Card DZ-II Not Found !!");
    exit(1);
}

/*****/
/*      READ ADDRESS      */
/*****/
void read_addr(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

unsigned chksw,swport;

swport=ctrlport+1;
chksw=inportb(swport);
chksw=inportb(swport);
chksw=chksw & 0xe;
switch(chksw)
{
    case 0:
        cardseg=0xc400;
        break;
    case 2:
        cardseg=0xc800;
        break;
    case 4:
        cardseg=0xcc00;
        break;
    case 6:
        cardseg=0xd000;
        break;
    case 8:
        cardseg=0xd800;
        break;
    case 10:
        cardseg=0xdc00;
        break;
    case 12:
        cardseg=0xe000;
        break;
    case 14:
        cardseg=0x9000;    /*NULL*/
        break;
}

}

/*****
/*      check digit state      */
*****/
void chk_digi_stat(void)
{
    int pulse,time;

    for(pulse=1;pulse!=0;pulse--)
    {
        time=0;
        while((inportb(ctrlport)>>5)&1!=pulse)
        {
            time++;
            if(time>4000)
            {
                closegraph(); /*
                printf("video signal not found");
                exit(1);
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
}

/*****
/*      Digitize B&W      */
*****/
void digitizeBW(void)
{
    unsigned digicom_y=0x80;
    unsigned digicomstop=0;
    unsigned contrast=63,brightness=50,ref_neg;

    ref_neg=63-brightness;
    outputb(ctrlport+2,ref_neg);
    outputb(ctrlport+1,ref_neg + ((63-ref_neg)*(63-contrast))/63);
    outputb(ctrlport,digicom_y);
    delay(1000);
/*
chk_digi_stat(ctrlport); */
chk_digi_stat();
outputb(ctrlport,digicomstop);
return;
}

/*****
/* MOVE data form VIDEO RAM to obj */
*****/
void vdo2buff(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<4;i++)
    {
        outputb(ctrlport,i);
        movedata(cardseg,0,FP_SEG(obj[i]),FP_OFF(obj[i]),16*1024);
    }
}

void Init8255(void)
{
    int p;
    unsigned char data;
/* port A,B and upper C are output , lower C is input */
    data=0x81;
    p=PORT+Ctrl;
    output(p,data);
/* reset LEMP 220V */
    data=0xff;
    p=PORT+PortA;
    output(p,data);
/* reset LEMP 5V */
    data=0xff;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    p=PORT+PortB;
    output(p,data);
/* input prompt */
    data=0xf0;
    p=PORT+PortC;
    output(p,data);
/* reset input data (LED) */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    output(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    output(p,data);
    data=0xf0;
    output(p,0xf0);
}

void test8255anddigitize(void)
{
    int p;
    unsigned char data;
    int flag1=0;
    int i;

    rectangle(201-3,121-3,456+3,376+3);
    line(328,121-3,328,121-3-5);
    line(456+3,248,456+3+5,248);
    line(201-3,248,201-3-5,248);
    line(328,376+3,328,376+3+5);
    setcolor(0);
    for(i=400;i<=408;i++)
    {
        line(0,i,639,i);
    }
    setcolor(63);
    outtextxy(100,400,"Please press finger
    on the box.");

/* Reset LED or - Clear Flip Flop - */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    output(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    output(p,data);
    data=0xf0;
    output(p,0xf0);

/* Check LED or - Open Lamp in the box - */
    p=PORT+PortC;
    data=0x0;
    while(data==0x0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    data=inport(p);
    data=data&8;
}

setcolor(0);
for(i=400;i<=408;i++)
{
    line(0,i,639,i);
}
setcolor(63);

outtextxy(100,400,"Status A is On");

data=0x0;
p=PORT+PortB;
outport(p,data);

/* digitize image */
chk_ID_card();
read_addr();

while(flag1!=1)
{
    do
    {
        digitizeBW();
        vdo2buff();
        displayfing(origx,origy);
        delay(dw);
    } while(kbhit()==0);
    if(bioskey(0)==7181) flag1=1;
}

setcolor(0);
for(i=400;i<=408;i++)
{
    line(0,i,639,i);
}
setcolor(63);
outtextxy(100,400,"");
outtextxy(100,400,"delay 1000 ms");
delay(1000);

setcolor(0);
for(i=400;i<=408;i++)
{
    line(0,i,639,i);
}
setcolor(63);
outtextxy(100,400,"");
outtextxy(100,400,"Status A is Off");
data=0xff;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        p=PORT+PortB;
        outport(p,data);

        /* Set Lamp output */
        data=0;
        p=PORT+PortA;
        outport(p,data);
        data=0xff;
        p=PORT+PortB;
        outport(p,data);

        delay(3000);
        /* Reset Lamp output */
        data=0xff;

        p=PORT+PortA;
        outport(p,data);
        data=0xff;
        p=PORT+PortB;
        outport(p,data);
    }

    /* detects EGA or VGA cards */
    int huge detectEGA(void)
    {
        int driver, mode, sugmode = 2; /* VGA 256 */

        detectgraph(&driver, &mode);
        if ((driver == EGA) || (driver == VGA))
            /* return suggested video mode number */
            return sugmode;
        else
            /* return an error code */
            return gError;
    }

    /* check for and report any graphics errors */
    void checkerrors(void)
    {
        int errorcode;

        /* read result of last graphics operation */
        errorcode = graphresult();
        if (errorcode != grOk)
        {
            printf("Graphics error: %s\n", grapherrmsg(errorcode));
            printf("Press any key to halt:");
            getch();
            exit(1);
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* initial VGA 256 colour */
void initvga256(void)
{
    int gdriver, gmode;
    int i;
    Palette_Register cc;

    /* install a user written device driver */
    gdriver = installuserdriver("SVGA256", detectEGA);

    /* must force use of detection routine */
    gdriver = DETECT;

    /* check for any installation errors */
    checkerrors();

    /* initialize graphics and local variables */
    initgraph(&gdriver, &gmode, "");

    /* check for any initialization errors */
    checkerrors();
    graypal(cc);
    Set_Palette(cc);
}

/* set palette */
void Set_Palette(Palette_Register Hue)
{
    int subi;

    for(subi=0;subi<256;subi++)
    {
        setrgbpalette(subi,Hue[subi].Red,Hue[subi].Grn,
            Hue[subi].Blu);
    }
}

/* set gray level 64 level */
void graypal(Palette_Register Color)
{
    Word i;

    for(i=0;i<256;i++)
    {
        Color[i].Red=i;
        Color[i].Grn=i;
        Color[i].Blu=i;
    }
}

void displaying(int x,int y)
{
    int i,j,k;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

char cp;
int q;

for(i=0;i<4;i++)
{
    q=0;
    for(j=0;j<64;j++)
    {
        for(k=0;k<256;k++)
        {
            cp=(obj[i]+q);
            putpixel(x+k,y+j+(64*i),(int)(cp>>2));
            q++;
        }
    }
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* include file */
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <io.h>
#include <math.h>

/* define constants */
/* #define originx 192
   #define originy 112 */
#define originx 0
#define originy 0

/* define type and global variable */
typedef unsigned char Byte;
typedef unsigned int Word;
typedef struct
{
    Byte Red;
    Byte Grn;
    Byte Blu;
} RGB;
typedef RGB Palette_Register[256];
static Palette_Register Color;
char fname[13]; /* file name of picture finger print */
FILE *in;
int dblock[32][32];
int datagraph[4];
char foutname[13]; /* file name of direction */
FILE *outf;

/* function prototypes */
int huge detectEGA(void);
void checkerrors(void);
void initvga256(void);
void Set_Palette(Palette_Register Hue);
void graypal(Palette_Register Color);
int changebytesrange(int data);
void displayfing(int xorig,int yorig);
int directionpixel(int x,int y,int xorig,int yorig);
int directionblock(int x,int y);
void alldirectionblock(void);
void displaydirec(int x,int y,int dbk);
void alldisplaydirec(void);
void savedatadirec(void);

/* main program */
void main(int argc,char *argv[])
{
    int i,j;

    if(argc==3)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    sprintf(fname,agv[1]);
    sprintf(foutname,agv[2]);
    displayfing(originx,originy);
    alldirectionblock();
    savedatadirec();
/*
    getch(); */
    alldisplaydirec();
/*
    getch(); */
    closegraph();
    for(i=0;i<=3;i++)
        datagraph[i]=0;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            switch(dblock[i][j])
            {
                case 0:datagraph[0]=datagraph[0]+1;break;
                case 1:datagraph[1]=datagraph[1]+1;break;
                case 2:datagraph[2]=datagraph[2]+1;break;
                case 3:datagraph[3]=datagraph[3]+1;break;
            }
        }
    }
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            printf("%d",dblock[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    for(i=0;i<=3;i++)
        printf("datagraph[%d]=%d\n",i,datagraph[i]);
}
else
{
    printf("*****\n");
    printf("FINGTODI.EXE , Copyright (C) 1995.\n\n");
    printf("Program convert fingerprint file to direction file.\n\n");
    printf("FINGTODI [drive:][path][fingerprint file] [drive:][path]
        [direction file]\n\n");
    printf("Example \n\n");
    printf("        FINGTODI KRF01.FIN F01.DAT \n\n");
    printf("*****\n");
    printf("\n");
}
}

/* detects EGA or VGA cards */
int huge detectEGA(void)
{
    int driver, mode, sugmode = 2; /* VGA 256 */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

detectgraph(&driver, &mode);
if ((driver == EGA) || (driver == VGA))
    /* return suggested video mode number */
    return sugmode;
else
    /* return an error code */
    return grError;
}

/* check for and report any graphics errors */
void checkerrors(void)
{
    int errorcode;

    /* read result of last graphics operation */
    errorcode = graphresult();
    if (errorcode != grOK)
    {
        printf("Graphics error: %s\n", grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt:");
        getch();
        exit(1);
    }
}

/* initial VGA 256 colour */
void initvga256(void)
{
    int gdriver, gmode;
    int i;
    Palette_Register cc;

    /* install a user written device driver */
    gdriver = installuserdriver("SVGA256", detectEGA);

    /* must force use of detection routine */
    gdriver = DETECT;

    /* check for any installation errors */
    checkerrors();

    /* initialize graphics and local variables */
    initgraph(&gdriver, &gmode, "");

    /* check for any initialization errors */
    checkerrors();
    graypal(cc);
    Set_Palette(cc);
}

/* set palette */
void Set_Palette(Palette_Register Hue)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int subi;

for(subi=0;subi<256;subi++)
{
    setrgbpalette(subi,Hue[subi].Red,Hue[subi].Grn,
                  Hue[subi].Blu);
}

/* set gray level 64 level */
void graypal(Palette_Register Color)
{
    Word i;

    for(i=0;i<256;i++)
    {
        Color[i].Red=i;
        Color[i].Grn=i;
        Color[i].Blu=i;
    }
}

/* display picture finger print */
void displaying(int xorig,int yorig)
{
    int bytes;
    int x,y;

    if((in=fopen(fname,"rb"))==NULL)
    {
        printf("Cannot open file name:%s\n",fname);
        exit(1);
    }
    else
    {
        initvga256();
        x=xorig;
        y=yorig;
        while(!feof(in))
        {
            bytes=fgetc(in);
            bytes=changebytesrange(bytes);
            if(x>=xorig+255)
            {
                if(y<=yorig+255)
                {
                    putpixel(x,y,bytes);
                    x=xorig;y++;
                }
            }
            else
            {
                if(y<=yorig+255)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        {
            putpixel(x,y,bytes);
            x++;
        }
    }
}
fclose(in);
}
}

/* change data 256 to data 64 level */
int changebytesrange(int data)
{
    int retdata;

    retdata=data>>2;

    return(retdata);
}

/* function calculate direction one pixel(x,y) to 4 direction */
int directionpixel(int x,int y,int xorig,int yorig)
{
    int x1,x2,y1,y2;
    int sumdirec[8];
    int unidirec[4];
    int direc,direcold;
    int i,j;
    int pex,pext;
    int dd;
    int dis=15;

    x1=xorig;
    y1=yorig;
    x2=xorig+255;
    y2=yorig+255;
    pex=getpixel(x,y);

    for(i=0;i<=7;i++)
    {
        sumdirec[i]=0;
    }

    /* direction 0 */
    i=x+1;
    dd=0;
    if(i<=x2)
    {
        while((i<=x+dis)&&(i<=x2))
        {
            pext=getpixel(i,y);
            sumdirec[0]=sumdirec[0]+abs(pex-pext);
            i++;
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        dd++;
    }
}
else sumdfrec[0]=9999;
/* direction 1 */
i=x+1;
j=y-1;
dd=0;
if((i<=x2)&&(j>=y1))
{
    while((i<=x+1+dis)&&(i<=x2)&&(j>=y-1-dis)&&(j>=y1))
    {
        pext=getpixel(i,j);
        sumdirec[1]=sumdirec[1]+abs(pex-pext);
        i++;
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[1]=9999;
/* direction 2 */
j=y-1;
dd=0;
if(j>=y1)
{
    while((j>=y-1-dis)&&(j>=y1))
    {
        pext=getpixel(x,j);
        sumdirec[2]=sumdirec[2]+abs(pex-pext);
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[2]=9999;
/* direction 3 */
i=x-1;
j=y-1;
dd=0;
if((i>=x1)&&(j>=y1))
{
    while((i>=x-1-dis)&&(i>=x1)&&(j>=y-1-dis)&&(j>=y1))
    {
        pext=getpixel(i,j);
        sumdirec[3]=sumdirec[3]+abs(pex-pext);
        i--;
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[3]=9999;
/* direction 4 */
i=x-1;
dd=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

if(i>=x1)
{
    while((i>=x-1-dis)&&(i>=x1))
    {
        pext=getpixel(i,y);
        sumdirec[4]=sumdirec[4]+abs(pex-pext);
        i--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[4]=9999;
/* direction 5 */
i=x-1;
j=y+1;
dd=0;
if((i>=x1)&&(j<=y2))
{
    while((i>=x-1-dis)&&(i>=x1)&&(j<=y+1+dis)&&(j<=y2))
    {
        pext=getpixel(i,j);
        sumdirec[5]=sumdirec[5]+abs(pex-pext);
        i--;
        j++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[5]=9999;
/* direction 6 */
j=y+1;
dd=0;
if(j<=y2)
{
    while((j<=y+1+dis)&&(j<=y2))
    {
        pext=getpixel(x,j);
        sumdirec[6]=sumdirec[6]+abs(pex-pext);
        j++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[6]=9999;
/* direction 7 */
i=x+1;
j=y+1;
dd=0;
if((i<=x2)&&(j<=y2))
{
    while((i<=x+1+dis)&&(i<=x2)&&(j<=y+1+dis)&&(j<=y2))
    {
        pext=getpixel(i,j);
        sumdirec[7]=sumdirec[7]+abs(pex-pext);
        i++;
        j++;
    }
}
}

```

```

        dd++;
    }
}
else sumdirec[7]=9999;

unidirec[0]=sumdirec[0]+sumdirec[4];
unidirec[1]=sumdirec[1]+sumdirec[5];
unidirec[2]=sumdirec[2]+sumdirec[6];
unidirec[3]=sumdirec[3]+sumdirec[7];
direcold=unidirec[0];
direc=0;
for(i=1;i<=3;i++)
{
    if(direcold>unidirec[i])
    {
        direcold=unidirec[i];
        direc=i;
    }
}
return(direc);
}

/* funciton calculate direction block 8x8 */
int directionblock(int x,int y)
/* x origin block : y origin block */
{
    int bdirec;
    int averdirec;
    int arrpixdirec[8][8];
    int x1,y1,x2,y2;
    int i,j,k,l;
    int ddirec[4];

    x1=x;
    y1=y;
    x2=x+7;
    y2=y+7;

    l=0;
    for(j=y1;j<=y2;j++)
    {
        k=0;
        for(i=x1;i<=x2;i++)
        {
            putpixel(i+300,j,getpixel(i,j));
            arrpixdirec[k][l]=directionpixel(i,j,originx,originy);
            k++;
        }
        l++;
    }

    for(i=0;i<=3;i++)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ddirec[i]=0;
    }

    for(i=0;i<=7;i++)
    {
        for(j=0;j<=7;j++)
        {
            if(arrpixdirec[i][j]==0) ddirec[0]=ddirec[0]+1;
            if(arrpixdirec[i][j]==1) ddirec[1]=ddirec[1]+1;
            if(arrpixdirec[i][j]==2) ddirec[2]=ddirec[2]+1;
            if(arrpixdirec[i][j]==3) ddirec[3]=ddirec[3]+1;
        }
    }
    averdirec=0;
    k=ddirec[0];

    for(i=1;i<=3;i++)
    {
        if(k<ddirec[i])
        {
            averdirec=i;
            k=ddirec[i];
        }
    }
    return(averdirec);
}

/* function calculate direction all block 32x32 */
void alldirectionblock(void)
{
    int i,j,k,l;
    int x1,y1,x2,y2;

    x1=originx;
    y1=originy;
    x2=x1+255;
    y2=y1+255;

    l=0;
    for(j=y1;j<=y2;j=j+8)
    {
        k=0;
        for(i=x1;i<=x2;i=i+8)
        {
            dblock[k][l]=directionblock(i,j);
            k++;
        }
        l++;
    }
}

/* function display direction one block 4 direction */
void displaydirec(int x,int y,int dbk)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    int i,j;
    int x1,y1,x2,y2;

    x1=x;
    y1=y;
    x2=x1+8;
    y2=y1+8;

    setcolor(63);
    switch(dbk)
    {
        case 0:line(x1,(y1+y2)/2,x2,(y1+y2)/2);break;
        case 1:line(x1,y2,x2,y1);break;
        case 2:line((x1+x2)/2,y1,(x1+x2)/2,y2);break;
        case 3:line(x1,y1,x2,y2);break;
    }
}

/* function display all block 32x32 */
void alldisplaydirec(void)
{
    int i,j,k,l;
    int x1,y1,x2,y2;

    x1=originx;
    y1=originy;
    x2=x1+255;
    y2=y1+255;

    setcolor(0);
    for(j=y1;j<=y2;j++)
    {
        line(x1+300,j,x2+300,j);
    }
    setcolor(63);

    l=0;
    for(j=y1;j<=y2;j=j+8)
    {
        k=0;
        for(i=x1;i<=x2;i=i+8)
        {
            displaydirec(i+300,j,dblock[k][l]);
            k++;
        }
        l++;
    }
}

/* save data direction block */
void savedatadirec(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int i,j;

if((outf=fopen(foutname,"wb"))==NULL)
{
    printf("Cannot open file name:%s\n",foutname);
    exit(1);
}
else
{
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            fprintf(outf,"%d\n",dblock[i][j]);
        }
    }
    fclose(outf);
}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* include files */
#include <alloc.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <string.h>
#include <time.h>
#include <math.h>
#include <process.h>

/* define constants */
#define nodeinput 257
#define nodehidden 200
#define nodeoutput 1
#define patterns 400 /* number of training patterns */
#define nets 10
#define unet 1 /* program learning file one */

/* prototypes */
void initmem(void);
void initweight(void);
void readweight(void);
void writeweight(void);
void readinput(int pat,int net);
void readoutput(int pat);
void sum_hidden_layer(void);
void cal_output_hidden_layer(void);
void sum_output_layer(void);
void cal_output_output_layer(void);

void cal_error_output_units(void);
void cal_error_hidden_units(void);
void update_weights_output(void);
void update_weights_hidden(void);

void testuse(void);
void memfree(void);

/*****
/* double dblock[32][32];
/* double x[nodeinput],h[nodehidden],o[nodeoutput],ot[nodeoutput],ott[nets];
/* double wxh[nodeinput][nodehidden],who[nodehidden][nodeoutput];
/* double sumxh[nodehidden],sumho[nodeoutput];
/* double ewxh[nodehidden],ewho[nodeoutput];
/* double sumewhx[nodehidden];
*****/

double *dblock[32];
double *x,*h,*o,*ot,*ott;
double *wxh[nodeinput],*who[nodehidden];
double *sumxh,*sumho;
double *ewxh,*ewho;
double *sumewhx;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

double E;
double Etest=0.001;
double neta=0.25;
double ept;

void main(void)
{
    int i,j,v,w,k;
    double oldE;

    clrscr();
    initmem();
    clrscr();
    printf("initweight\n");
    initweight();

    h[0]=1.0;
    E=100.0;ept=0;
    oldE=E;
    printf("while test\n");
    while(E>Etest)
    {
        if(oldE<E) neta=0.99*neta;
        if(oldE>E) neta=1.01*neta;
        oldE=E;
        ept=ept+1.0;
        E=0.0;
        for(i=1;i<=patterns;i++)
        {
            readoutput(i);
            readinput(i,unet);
            for(k=1;k<nodeinput;k++)
            {
                x[k]=x[k]/3.0; /* normalize */
            }
            ot[0]=ott[unet];
            readweight(); /*
            sum_hidden_layer();
            cal_output_hidden_layer();
            sum_output_layer();
            cal_output_output_layer();

            cal_error_output_units();
            cal_error_hidden_units();
            update_weights_output();
            update_weights_hidden();

            writeweight(); /*
            E=E+(ot[0]-o[0])*(ot[0]-o[0]);

            gotoxy(20,10);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

        printf("pattern=%d  ",i);
        gotoxy(20,11);
        printf("ot[0]=%24.19f",ot[0]);
        gotoxy(20,12);
        printf(" o[0]=%24.19f",o[0]);
    }
    E=E+E/2.0;
    gotoxy(20,13);
    printf("E[%10.0f]=%24.19f",ept,E);
}
writeweight();
getch();
testuse();
memfree();
}

void initmem(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<32;i++)
    {
        dblock[i]=farmalloc(32*sizeof(double));
        printf("dblockbytes=%lu\n",farcoreleft());
        if(dblock[i]==NULL)
        {
            printf("memory request failed.\n");
            exit(1);
        }
    }
    x=farmalloc(nodeinput*sizeof(double));
    printf("xbytes=%lu\n",farcoreleft());
    if(x==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    h=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
    printf("hbytes=%lu\n",farcoreleft());
    if(h==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    o=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
    printf("obytes=%lu\n",farcoreleft());
    if(o==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ot=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
printf("otbytes=%lu\n",farcoreleft());
if(ot==NULL)
{
    printf("memory request failed.\n");
    exit(1);
}
ott=farmalloc(nets*sizeof(double));
printf("ottbytes=%lu\n",farcoreleft());
if(ott==NULL)
{
    printf("memory request failed.\n");
    exit(1);
}

for(i=0;i<nodeinput;i++)
{
    wxh[i]=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
    printf("wxhbytes[%d]=%lu\n",i,farcoreleft());
    if(wxh[i]==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

for(i=0;i<nodehidden;i++)
{
    who[i]=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
    printf("whobytes[%d]=%lu\n",i,farcoreleft());
    if(who[i]==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

sumxh=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
printf("sumxhbytes=%lu\n",farcoreleft());
if(sumxh==NULL)
{
    printf("memory request failed.\n");
    exit(1);
}

sumho=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
printf("sumhobytes=%lu\n",farcoreleft());
if(sumho==NULL)
{
    printf("memory request failed.\n");
    exit(1);
}

ewxh=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
printf("ewxhbytes=%lu\n",farcoreleft());

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if(ewxh==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    ewho=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
    printf("ewhobytes=%lu\n",farmcoreleft());
    if(ewho==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }

    sumewhx=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
    printf("sumewhxbytes=%lu\n",farmcoreleft());
    if(sumewhx==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

void readinput(int pat,int net)
{
    FILE *in;
    int i,j,k,l;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"%d.dat",pat);
    if((in=fopen(fname,"rt"))==NULL)
    {
        printf("Cannot open file:%s",fname);
        exit(1);
    }
    else
    {
        for(j=0;j<=31;j++)
        {
            for(i=0;i<=31;i++)
            {
                fscanf(in,"%lf",&dblock[i][j]);
            }
        }
        fclose(in);
    }

    if(net==1)
    {
        x[0]=1.0;
        k=1;
        for(j=0;j<=31;j++)
        {
            for(i=0;i<=31;i++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        {
            if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=0)&&(j<=15))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==2)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=0)&&(j<=15))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==3)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
}
if(net==4)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    }
}
if(net==5)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==6)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j==0)&&(j<=15))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==7)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==8)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==9)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}

void readoutput(int pat)
{
    FILE *in;
    int i;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"of%d.dat",pat);
    if((in=fopen(fname,"rt"))==NULL)
    {
        printf("Cannot open file:%s",fname);
        exit(1);
    }
    else
    {
        for(i=1;i<=nets-1;i++)
        {
            fscanf(in,"%lf",&tott[i]);
        }
        fclose(in);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void initweight(void)
{
    int i,j,k;
    FILE *out;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"wt%d.wet",unet);
    if((out=fopen(fname,"wt"))==NULL)
    {
        printf("Cannot open file:%s\n",fname);
        exit(1);
    }
    else
    {
        randomize();
        for(i=0;i<=nodeinput-1;i++)
        {
            for(j=1;j<=nodehidden-1;j++)
            {
                k=random(100);
                if(k<50) k=1; else k=-1;
                wxh[i][j]=(random(100)/200.0)*k;
                fprintf(out,"%f\n",wxh[i][j]);
            }
        }
        for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
        {
            for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
            {
                k=random(100);
                if(k<50) k=1; else k=-1;
                who[i][j]=(random(100)/200.0)*k;
                fprintf(out,"%f\n",who[i][j]);
            }
        }
        fclose(out);
    }
}

void readweight(void)
{
    int i,j,k;
    FILE *in;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"wt%d.wet",unet);
    if((in=fopen(fname,"rt"))==NULL)
    {
        printf("\nrCannot open file:%s,%d",fname,ferror(in));
        exit(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
    for(i=0;i<=nodeinput-1;i++)
    {
        for(j=1;j<=nodehidden-1;j++)
        {
            fscanf(in,"%lf",&wxh[i][j]);
        }
    }
    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
        {
            fscanf(in,"%lf",&who[i][j]);
        }
    }
    fclose(in);
}
}

void writeweight(void)
{
    int i,j,k;
    FILE *out;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"wt%d.wet",unet);
    if((out=fopen(fname,"wt"))==NULL)
    {
        printf("Cannot open file:%s",fname);
        exit(1);
    }
    else
    {
        for(i=0;i<=nodeinput-1;i++)
        {
            for(j=1;j<=nodehidden-1;j++)
            {
                fprintf(out,"%f\n",wxh[i][j]);
            }
        }
        for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
        {
            for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
            {
                fprintf(out,"%f\n",who[i][j]);
            }
        }
        fclose(out);
    }
}

void sum_hidden_layer(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
        sumxh[i]=0.0;

    for(i=1;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodeinput-1;j++)
        {
            sumxh[i]=sumxh[i]+wxh[j][i]*x[j];
        }
    }
}

void cal_output_hidden_layer(void)
{
    int i;

    for(i=1;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        h[i]=1.0/(1.0+exp((-1.0)*sumxh[i]));
    }
}

void sum_output_layer(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
        sumho[i]=0.0;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodehidden-1;j++)
        {
            sumho[i]=sumho[i]+who[j][i]*h[j];
        }
    }
}

void cal_output_output_layer(void)
{
    int i;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
    {
        o[i]=1.0/(1.0+exp((-1.0)*sumho[i]));
    }
}

void cal_error_output_units(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    int i;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
    {
        ewho[i]=(ot[i]-o[i])*o[i]*(1-o[i]);
    }
}

void cal_error_hidden_units(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        sumewhx[i]=0.0;
    }
    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
        {
            sumewhx[i]=sumewhx[i]+(ewho[j]*who[i][j]);
        }
    }
    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        ewxh[i]=sumewhx[i]*h[i]*(1-h[i]);
    }
}

void update_weights_output(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
        {
            who[i][j]=who[i][j]+neta*ewho[j]*h[i];
        }
    }
}

void update_weights_hidden(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodeinput-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodehidden-1;j++)
        {
            wxh[i][j]=wxh[i][j]+neta*ewxh[j]*x[i];
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void testuse(void)
{
    int i;

    printf("\n");
    gotoxy(1,1);
    for(i=1;i<=patterns;i++)
    {
        readoutput(i);
        readinput(i,unet);
        readweight();
        sum_hidden_layer();
        cal_output_hidden_layer();
        sum_output_layer();
        cal_output_output_layer();
        printf("o[%d]=%f\n",i,o[0]);
        printf("\n");
    }
    getch();
}

void memfree(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<32;i++)
    {
        farfree(dblock[i]);
    }

    farfree(x);
    farfree(h);
    farfree(o);
    farfree(ot);
    farfree(ott);

    for(i=0;i<nodeinput;i++)
    {
        farfree(wxh[i]);
    }
    for(i=0;i<nodehidden;i++)
    {
        farfree(who[i]);
    }

    farfree(sumxh);
    farfree(sumho);

    farfree(ewxh);
    farfree(ewho);

    farfree(sumewhx);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* NEW Program graphics written by my self */
/* include file */
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <io.h>
#include <alloc.h>
#include <mem.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>

/* define constants */
#define TEXT    0x03
#define G64    0x2E

/* #define originx 192
   #define originy 112 */
#define originx 0
#define originy 0

/* define constants */
#define nodeinput    257
#define nodehidden    200
#define nodeoutput    1

#define PORT 0x1b4
#define PortA 0
#define PortB 1
#define PortC 2
#define Ctrl 3
#define COLUMN    200
#define ROW    50

/* define type and global variable */
typedef unsigned char Byte;
typedef unsigned int Word;
typedef struct
{
    Byte Red;
    Byte Grn;
    Byte Blu;
} RGB;
typedef RGB Palette_Register[256];
static Palette_Register Color;

/* char fname[13];    /* file name of picture finger print */
FILE *in;
/* int dblock[32][32]; /* data for all of direction 0-4 */
int datagraph[4]; /* data direction for calculate display after */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****
/* double x[nodeinput],h[nodehidden],o[nodeoutput]; */
/* double wxh[nodeinput][nodehidden],who[nodehidden][nodeoutput]; */
/* double sumxh[nodehidden],sumho[nodeoutput]; */
*****/

double *dblock[32];
double *x,*h,*o;
double *wxh[nodeinput],*who[nodehidden];
double *sumxh,*sumho;

unsigned ctrlport,cardseg;
char *obj[4];

int flag1=0;

/*////////////////////////*/
void set_mode(int x);
void put_pixel(int x,int y,int color);
int get_pixel(int x,int y);
void put_char(char x,int color);
void put_string(char *x,int color);
void new_line(void);
void Set_Palette(Palette_Register Hue);
void set_rgpalette(int colornum,int red,int green,int blue);
void graypal(Palette_Register Color);
/*////////////////////////*/

/* function prototypes */
int changebyterange(int data);
void ndisplaying(int xorig,int yorig);
int directionpixel(int x,int y,int xorig,int yorig);
int directionblock(int x,int y);
void alldirectionblock(void);
void displaydirec(int x,int y,int dbk);
void alldisplaydirec(void);

void initmem(void);
void readinput(int net);
void readweight(int net);
void sum_hidden_layer(void);
void cal_output_hidden_layer(void);
void sum_output_layer(void);
void cal_output_output_layer(void);
void memfree(void);

void chk_ID_card(void);
void read_addr(void);
void vdo2buff(void);
void Init8255(void);
void digitizeBW(void);
void chk_digi_stat(void);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void test8255anddigitize(void);
void displayfing(int x,int y);
void initmemory(void);
void freememory(void);

/* main program */
void main(void)
{
    Palette_Register cc;
    int i,j,k;
    double outp[10];
    int op;

    int flamp=1;
    int p;
    unsigned char data;

    Init8255();
    printf("ok 8255\n");
    initmem();

    while(flag1!=1)
    {
        flamp=1;
        set_mode(G64);
        graypal(cc);
        Set_Palette(cc);
        initvga256(); /*
/*
        test8255anddigitize();

        for(i=0;i<32;i++)
        {
            dblock[i]=farmalloc(32*sizeof(double));
            if(dblock[i]==NULL)
            {
                printf("memory request failed.\n");
                exit(1);
            }
        }

        if(flag1==0)
        {
            alldirectionblock();
            alldisplaydirec(); /*
/*
            set_mode(TEXT);
            closegraph(); /*

            for(i=1;i<=9;i++)
            {

```

```

}

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void set_mode(int x)
{
    _AH=0;
    _AL=x;
    geninterrupt(0x10);
}

void put_pixel(int x,int y,int color)
{
    _AH=0x0C;
    _AL=color;
    _CX=x;
    _DX=y;
    geninterrupt(0x10);
}

int get_pixel(int x,int y)
{
    _AH=0x0D;
    _CX=x;
    _DX=y;
    geninterrupt(0x10);
    return(_AL);
}

void put_char(char x,int color)
{
    _AH=0x0E;
    _AL=x;
    _BL=color;
    geninterrupt(0x10);
}

void put_string(char *x,int color)
{
    int    sizestr;
    int i;

    sizestr=strlen(x);
    for(i=0;i<sizestr;i++)
    {
        put_char(*(x+i),color);
    }
}

void new_line()
{
    put_char(0x0A,15);
    put_char(0x0D,15);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

/* set palette */
void Set_Palette(Palette_Register Hue)
{
    int subi;
    for(subi=0;subi<256;subi++)
    {
        set_rgbpalette(subi,Hue[subi].Red,Hue[subi].Grn,
                       Hue[subi].Blu);
    }
}

void set_rgbpalette(int colornum,int red,int green,int blue)
{
    _AH=0x10;
    _AL=0x10;
    _BX=colornum;
    _DH=red;
    _CH=green;
    _CL=blue;
    geninterrupt(0x10);
}

/* set gray level 84 level */
void graypal(Palette_Register Color)
{
    Word i;
    for(i=0;i<256;i++)
    {
        Color[i].Red=i;
        Color[i].Grn=i;
        Color[i].Blu=i;
    }
}

//////////////////////////////////////////////////////////////////
/* function calculate direction one pixel(x,y) to 4 direction */
int directionpixel(int x,int y,int xorig,int yorig)
{
    int x1,x2,y1,y2;
    int sumdirec[8];
    int unidirec[4];
    int direc,direcold;
    int i,j;
    int pex,pext;
    int dd;

    x1=xorig;
    y1=yorig;

```

```

x2=xorig+255;
y2=yorig+255;
pex=get_pixel(x,y);

for(i=0;i<=7;i++)
{
    sumdirec[i]=0;
}

/* direction 0 */
i=x+1;
dd=0;
if(i<=x2)
{
    while((i<=x+15)&&(i<=x2))
    {
        pext=get_pixel(i,y);
        sumdirec[0]=sumdirec[0]+abs(pex-pext);
        i++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[0]=9999;
/* direction 1 */
i=x+1;
j=y-1;
dd=0;
if((i<=x2)&&(j>=y1))
{
    while((i<=x+15)&&(i<=x2)&&(j>=y-15)&&(j>=y1))
    {
        pext=get_pixel(i,j);
        sumdirec[1]=sumdirec[1]+abs(pex-pext);
        i++;
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[1]=9999;
/* direction 2 */
j=y-1;
dd=0;
if(j>=y1)
{
    while((j>=y-15)&&(j>=y1))
    {
        pext=get_pixel(x,j);
        sumdirec[2]=sumdirec[2]+abs(pex-pext);
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[2]=9999;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* direction 3 */
i=x-1;
j=y-1;
dd=0;
if((i>=x1)&&(j>=y1))
{
    while((i>=x-1-15)&&(i>=x1)&&(j>=y-1-15)&&(j>=y1))
    {
        pext=get_pixel(i,j);
        sumdirec[3]=sumdirec[3]+abs(pex-pext);
        i--;
        j--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[3]=9999;
/* direction 4 */
i=x-1;
dd=0;
if(i>=x1)
{
    while((i>=x-1-15)&&(i>=x1))
    {
        pext=get_pixel(i,y);
        sumdirec[4]=sumdirec[4]+abs(pex-pext);
        i--;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[4]=9999;
/* direction 5 */
i=x-1;
j=y+1;
dd=0;
if((i>=x1)&&(j<=y2))
{
    while((i>=x-1-15)&&(i>=x1)&&(j<=y+1+15)&&(j<=y2))
    {
        pext=get_pixel(i,j);
        sumdirec[5]=sumdirec[5]+abs(pex-pext);
        i--;
        j++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[5]=9999;
/* direction 6 */
j=y+1;
dd=0;
if(j<=y2)
{
    while((j<=y+1+15)&&(j<=y2))
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        pext=get_pixel(x,j);
        sumdirec[6]=sumdirec[6]+abs(pex-pext);
        j++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[6]=9999;
/* direction 7 */
i=x+1;
j=y+1;
dd=0;
if((i<=x2)&&(j<=y2))
{
    while((i<=x+15)&&(i<=x2)&&(j<=y+15)&&(j<=y2))
    {
        pext=get_pixel(i,j);
        sumdirec[7]=sumdirec[7]+abs(pex-pext);
        i++;
        j++;
        dd++;
    }
}
else sumdirec[7]=9999;

unidirec[0]=sumdirec[0]+sumdirec[4];
unidirec[1]=sumdirec[1]+sumdirec[5];
unidirec[2]=sumdirec[2]+sumdirec[6];
unidirec[3]=sumdirec[3]+sumdirec[7];
direcold=unidirec[0];
direc=0;
for(i=1;i<=3;i++)
{
    if(direcold>unidirec[i])
    {
        direcold=unidirec[i];
        direc=i;
    }
}
return(direc);
}

/* funciton calculate direction block 8x8 */
int directionblock(int x,int y)
/* x origin block : y origin block */
{
    int bdirec;
    int averdirec;
    int arrpixdirec[8][8];
    int x1,y1,x2,y2;
    int i,j,k,l;
    int ddirec[4];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x1=x;
y1=y;
x2=x+7;
y2=y+7;

l=0;
for(j=y1;j<=y2;j++)
{
    k=0;
    for(i=x1;i<=x2;i++)
    {
        put_pixel(i+300,j,get_pixel(i,j));
        arrpixdirec[k][l]=directionpixel(i,j,originx,originy);
        k++;
    }
    l++;
}

for(i=0;i<=3;i++)
{
    ddirec[i]=0;
}

for(i=0;i<=7;i++)
{
    for(j=0;j<=7;j++)
    {
        if(arrpixdirec[i][j]==0) ddirec[0]=ddirec[0]+1;
        if(arrpixdirec[i][j]==1) ddirec[1]=ddirec[1]+1;
        if(arrpixdirec[i][j]==2) ddirec[2]=ddirec[2]+1;
        if(arrpixdirec[i][j]==3) ddirec[3]=ddirec[3]+1;
    }
}

averdirec=0;
k=ddirec[0];

for(i=1;i<=3;i++)
{
    if(k<ddirec[i])
    {
        averdirec=i;
        k=ddirec[i];
    }
}

return(averdirec);
}

/* function calculate direction all block 32x32 */
void alldirectionblock(void)
{
    int i,j,k,l;
    int x1,y1,x2,y2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x1=originx;
y1=originy;
x2=x1+255;
y2=y1+255;

l=0;
for(j=y1;j<=y2;j=j+8)
{
    k=0;
    for(i=x1;i<=x2;i=i+8)
    {
        dblock[k][l]=directionblock(i,j);
        k++;
    }
    l++;
}

/* function display direction one block 4 direction */
void displaydirec(int x,int y,int dbk)
{
    int i,j;
    int x1,y1,x2,y2;

    x1=x;
    y1=y;
    x2=x1+8;
    y2=y1+8;

    switch(dbk)
    {
        case 0:line(x1,(y1+y2)/2,x2,(y1+y2)/2);break;
        case 1:line(x1,y2,x2,y1);break;
        case 2:line((x1+x2)/2,y1,(x1+x2)/2,y2);break;
        case 3:line(x1,y1,x2,y2);break;
    }
}

/* function display all block 32x32 */
void alldisplaydirec(void)
{
    int i,j,k,l;
    int x1,y1,x2,y2;

    x1=originx;
    y1=originy;
    x2=x1+255;
    y2=y1+255;

    setcolor(0);
    for(j=y1;j<=y2;j++)
    {
        line(x1+300,j,x2+300,j);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
setcolor(83);

l=0;
for(j=y1;j<=y2;j=j+8)
{
    k=0;
    for(i=x1;i<=x2;i=i+8)
    {
        displaydirec(i+300,j,dblock[k][1]);
        k++;
    }
    l++;
}
}

void readinput(int net)
{
    int i,j,k,l;

    if(net==1)
    {
        x[0]=1.0;
        k=1;
        for(j=0;j<=31;j++)
        {
            for(i=0;i<=31;i++)
            {
                if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=0)&&(j<=15))
                {
                    x[k]=dblock[i][j];
                    k++;
                }
            }
        }
    }

    if(net==2)
    {
        x[0]=1.0;
        k=1;
        for(j=0;j<=31;j++)
        {
            for(i=0;i<=31;i++)
            {
                if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=0)&&(j<=15))
                {
                    x[k]=dblock[i][j];
                    k++;
                }
            }
        }
    }

    if(net==3)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==4)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==5)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dblock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==6)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

for(i=0;i<=31;i++)
{
    if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j>=0)&&(j<=15))
    {
        x[k]=dbllock[i][j];
        k++;
    }
}
}
if(net==7)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=0)&&(i<=15))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
if(net==8)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=16)&&(i<=31))&&(j>=8)&&(j<=23))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
                k++;
            }
        }
    }
}
}
if(net==9)
{
    x[0]=1.0;
    k=1;
    for(j=0;j<=31;j++)
    {
        for(i=0;i<=31;i++)
        {
            if(((i>=8)&&(i<=23))&&(j>=16)&&(j<=31))
            {
                x[k]=dbllock[i][j];
            }
        }
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        k++;
    }
}

}

}

void readweight(int net)
{
    int i,j,k;
    FILE *in;
    char fname[12];

    sprintf(fname,"wt%d.wet",net);
    if((in=fopen(fname,"rt"))==NULL)
    {
        printf("\nrCannot open file:%s,%d",fname,ferror(in));
        exit(1);
    }
    else
    {
        for(i=0;i<=nodeinput-1;i++)
        {
            for(j=1;j<=nodehidden-1;j++)
            {
                fscanf(in,"%1f",&wxh[i][j]);
                printf("wxh[%d][%d]=%f\n",i,j,wxh[i][j]); /*
            }
        }
        for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
        {
            for(j=0;j<=nodeoutput-1;j++)
            {
                fscanf(in,"%1f",&who[i][j]);
                printf("who[%d][%d]=%f\n",i,j,who[i][j]); /*
            }
        }
        /*
        getch();
        printf("suk\n");
        getch(); /*
        fclose(in);
    }
}

void sum_hidden_layer(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodehidden-1;i++)
        sumxh[i]=0.0;

    for(i=1;i<=nodehidden-1;i++)

```

```

    {
        for(j=0;j<=nodeinput-1;j++)
        {
            sumxh[i]=sumxh[i]+wxh[j][i]*x[j];
/*          printf("sumxh[%d]=%f\n",i,sumxh[i]); */
        }
    }

void cal_output_hidden_layer(void)
{
    int i;

    for(i=1;i<=nodehidden-1;i++)
    {
        h[i]=1.0/(1.0+exp((-1.0)*sumxh[i]));
/*      printf("h[%d]=%f\n",i,h[i]); */
    }
}

void sum_output_layer(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
        sumho[i]=0.0;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
    {
        for(j=0;j<=nodehidden-1;j++)
        {
            sumho[i]=sumho[i]+who[j][i]*h[j];
/*          printf("sumho[%d]=%f\n",i,sumho[i]);
            printf("who[%d][%d]=%f\n",i,j,who[j][i]);
            printf("h[%d]=%f\n",j,h[j]);
            getch(); */
        }
    }
}

void cal_output_output_layer(void)
{
    int i;

    for(i=0;i<=nodeoutput-1;i++)
    {
        o[i]=1.0/(1.0+exp((-1.0)*sumho[i]));
/*      printf("o[%d]=%f\n",i,o[i]); */
    }
}

void initmemory(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i;

for(i=0;i<4;i++)
{
    obj[i]=farmalloc((16*1024)*sizeof(char));
    if(obj[i]==NULL)
    {
        printf("Allocate IMAGE:%d buffer failed\n",i);
        exit(1);
    }
}

void freememory(void)
{
    int i;

    for(i=0;i<4;i++)
    {
        farfree((void far *)obj[i]);
    }
}

/*****
/*****
/*****

/*****/
/*      check ID card      */
/*****/
void chk_ID_card(void)
{
    int port[]={0x210,0x2a0,0x310,0x3a0};
    int index=0,cnt;
    unsigned swport,time,chk1,chk2,chkport;

    for(cnt=1;cnt!=4;cnt++)
    {
        ctrlport=port[index];
        swport=ctrlport+1;
        chkport=ctrlport ; 0x8001;
        chk1=inportb(swport);
        chk1=inportb(swport);
        chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
        chk2=chk1;

        for(time=0;time<200;time++)
        {
            chk1=inportb(chkport);
            chk1=(chk1 ^ 0xf) & 0xf;
            if(chk1==chk2) goto nextbase;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        chk2=(chk2 ^ 0xf) & 0xf;
    }
    return;
nextbase:
    index++;
}
/* closegraph(); */
printf("Card DZ-II Not Found !!");
exit(1);
}

/*****
/* READ ADDRESS */
*****/
void read_addr(void)
{
    unsigned chksw,swport;

    swport=ctrlport+1;
    chksw=inportb(swport);
    chksw=inportb(swport);
    chksw=chksw & 0xe;
    switch(chksw)
    {
        case 0:
            cardseg=0xc400;
            break;
        case 2:
            cardseg=0xc800;
            break;
        case 4:
            cardseg=0xcc00;
            break;
        case 6:
            cardseg=0xd000;
            break;
        case 8:
            cardseg=0xd800;
            break;
        case 10:
            cardseg=0xdc00;
            break;
        case 12:
            cardseg=0xe000;
            break;
        case 14:
            cardseg=0x9000;          /*NULL*/
            break;
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****
/*      check digit state      */
/*****
void chk_digi_stat(void)
{
    int pulse,time;

    for(pulse=1;pulse!=0;pulse--)
    {
        time=0;
        while((inportb(ctrlport)>>5)&1!=pulse)
        {
            time++;
            if(time>4000)
            {
                /*      closegraph(); */
                printf("video signal not found");
                exit(1);
            }
        }
    }
}

/*****
/*      Digitize B&W      */
/*****
void digitizeBW(void)
{
    unsigned digicom_y=0x80;
    unsigned digicomstop=0;
    unsigned contrast=63,brightness=50,ref_neg;

    ref_neg=63-brightness;
    outportb(ctrlport+2,ref_neg);
    outportb(ctrlport+1,ref_neg + ((63-ref_neg)*(63-contrast))/63);
    outportb(ctrlport,digicom_y);
    delay(1000);
    /*      chk_digi_stat(ctrlport); */
    chk_digi_stat();
    outportb(ctrlport,digicomstop);
    return;
}

/*****
/*      MOVE data form VIDEO RAM to obj */
/*****
void vdo2buff(void)
{
    int i,j,k,m;
    char far *ob;
    char obb=10;
    int xx,yy;
    int of=0;

```

```

ob=&obb;
xx=originx;yy=originy;
for(i=0;i<4;i++)
{
    outportb(ctrlport,i);
    /* movedata(cardseg,0,FP_SEG(obj[i]),FP_OFF(obj[i]),16*1024); */
    for(m=0;m<16;m++)
    {
        for(j=0;j<4;j++)
        {
            for(k=0;k<256;k++)
            {
                movedata(cardseg,of,FP_SEG(ob),FP_OFF(ob),1);
                put_pixel(xx,yy,(int)(*ob>>2));
                of++;
                xx++;
            }
            xx=originx;
            yy++;
        }
        of=0;
    }
}

void Init8255(void)
{
    int p;
    unsigned char data;
    /* port A,B and upper C are output , lower C is input */
    data=0x81;
    p=PORT+Ctrl;
    outport(p,data);
    /* reset LEMP 220V */
    data=0xff;
    p=PORT+PortA;
    outport(p,data);
    /* reset LEMP 5V */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
    /* input prompt */
    data=0xf0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
    /* reset input data (LED) */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
    data=0xf0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outport(p,0xf0);
    }

void test8255anddigitize(void)
{
    unsigned char kk=0x0;
    int p;
    unsigned char data;

    /*      outtextxy(0,400,"Please press finger on the box."); */
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    put_string("                                AUTOMATIC FINGERPRINT",63);
    new_line();new_line();
    put_string("                                VERIFICATION SYSTEM",63);
    new_line();
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    new_line();new_line();new_line();new_line();
    put_string(" Please [press finger] on the fingerpress or
                [press ESC] to exit",63);
    new_line();

    /* Reset LED or - Clear Flip Flop - */
    data=0xff;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
    data=0;
    p=PORT+PortC;
    outport(p,data);
    data=0xf0;
    outport(p,0xf0);

    /* Check LED or - Open Lamp in the box - */
    p=PORT+PortC;
    data=0x0;

    /*
        while(data==0x0) */
        while((data==0x0))
        {
            data=inport(p);
            data=data&8;
            kk=inportb(0x60);
            disable();
            *(int far *)MK_FP(0x40,0x1a)
            = *(int far *)MK_FP(0x40,0x1c);
            enable();
            if(kk==0x1)
            {
                set_mode(TEXT);
                closegraph(); */
    /*

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

        exit(1);
    }
}
/*
    outtextxy(100,100,"outwhile"); */
if(kk==0x1) flag1=1;
else
{
    data=0x0;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);

    /* digitize image */
    chk_ID_card();
    read_addr();
    digitizeBW();
    vdo2buff();

    delay(1000);

    /* Reset LED or - Close lamp in the box */
    data=0xFF;
    p=PORT+PortB;
    outport(p,data);
}
}

void displayPing(int x,int y)
{
    int i,j,k;
    char cp;
    int q;

    for(i=0;i<4;i++)
    {
        q=0;
        for(j=0;j<64;j++)
        {
            for(k=0;k<256;k++)
            {
                cp=*(obj[i]+q);
                put_pixel(x+k,y+j+(64*i),(int)(cp>>2));
                q++;
            }
        }
    }
}

}

/*****
/*****
/*****
/*****/

```

```

void initmem(void)
{
    int i;

    x=farmalloc(nodeinput*sizeof(double));
    /* printf("xbytes=%lu\n",farcoreleft()); */
    if(x==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    h=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
    /* printf("hbytes=%lu\n",farcoreleft()); */
    if(h==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    o=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
    /* printf("obytes=%lu\n",farcoreleft()); */
    if(o==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
    for(i=0;i<nodeinput;i++)
    {
        /* wxh[i]=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
        printf("wxhbytes[%d]=%lu\n",i,farcoreleft()); */
        if(wxh[i]==NULL)
        {
            printf("memory request failed.\n");
            exit(1);
        }
    }

    for(i=0;i<nodehidden;i++)
    {
        /* who[i]=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
        printf("whobytes[%d]=%lu\n",i,farcoreleft()); */
        if(who[i]==NULL)
        {
            printf("memory request failed.\n");
            exit(1);
        }
    }
    sumxh=farmalloc(nodehidden*sizeof(double));
    /* printf("sumxhbytes=%lu\n",farcoreleft()); */
    if(sumxh==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    sumho=farmalloc(nodeoutput*sizeof(double));
/* printf("sumhobytes=%Xu\n",farcoreleft()); */
    if(sumho==NULL)
    {
        printf("memory request failed.\n");
        exit(1);
    }
}

void memfree(void)
{
    int i,j;

    for(i=0;i<32;i++)
    {
        farfree((void far *)dblock[i]);
    }

    farfree((void far *)x);
    farfree((void far *)h);
    farfree((void far *)o);

    for(i=0;i<nodeinput;i++)
    {
        farfree((void far *)wxh[i]);
    }
    for(i=0;i<nodehidden;i++)
    {
        farfree((void far *)who[i]);
    }

    farfree((void far *)sumxh);
    farfree((void far *)sumho);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเกรียงไกร ไชวเจริญสุข เกิดเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2496 ณ. ที่จังหวัด เชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ปี การศึกษา 2528, บริหารธุรกิจบัณฑิต (วิทยาการจัดการงานก่อสร้าง 2 ปี) จากมหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมมาธิราชปีการศึกษา 2525 และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ก่อสร้าง) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2520 และเข้ารับราชการ ตำแหน่งนายช่างโยธา 2 สังกัดสำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงานตั้งแต่ปี 2523 และปัจจุบัน ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 5 สังกัดกรม วิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้