การจดจำรูปแบบตัวอักษร

(CHARACTERS RECOGNITION)

โดย

นายนราธิป สันติทฤษฎีกร

นางสาววนิชา สังวรเวชภัณฑ์

วัน เดือน ปี 24 ตค 2541

เลขทะเบียน 039171

เลขเรียกหนังสือ T 10409 น 191 ก

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์

ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาอิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039171

รายงานเรื่อง	<u>การจดจำรูปแบบตัวอักษร</u>	
	<u>Characters recognition</u>	
จัดทำโดย	นายนราธิป สันติทฤษฎีกร	37014189
	นางสาววนิชา สังวรเวชภัณฑ์	37014371
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์	

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....**อาจารย์ที่ปรึกษา**

วันที่ 27 / 2 ก.ค. / 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจดจำรูปแบบตัวอักษร

Characters recognition

โดย

1.นาย นราธิป สันติทฤษฎีกร 2.นางสาว วนิชา สังวรเวชภัณฑ์

ดร . สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

<u>หลักการและเหตุผล</u>

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้น ยังขาดความสามารถที่คล้ายกับมนุษย์ตรงที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ดีในงานที่ต้องอาศัยความฉลาดของมนุษย์ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนางานวิจัยด้านNeural Networkขึ้นมา เพื่อช่วยในงานด้านนี้ให้กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้พัฒนารูปแบบการทำงานมาจากการเลียนแบบระบบโครงข่ายภายในสมองของมนุษย์ ซึ่งการนำมาประยุกต์ใช้กับการจดจำรูปแบบตัวอักษร ก็เป็นหนึ่งในการ Neural Networkมาประยุกต์ใช้ โดยนำตัวอักษรลายมือเขียนที่ถูกบันทึกเป็นไฟล์ชนิด BMP แบบ Monochrome มาทำการวิเคราะห์โดยหลักการทาง Neural Network เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักตัวอักษรนั้นๆได้

<u>การทดลองและผลการทดลอง</u>

จากการทดลองการใช้งานโปรแกรม OCR ที่ได้วิจัยขึ้นมา มีรายละเอียด

1. ส่วนการเตรียมข้อมูลก่อนที่จะทำการทำกระบวนการจำตัวอักษร โดยทำการเข้ารหัส P-Q CODE ก่อน เพื่อเป็นการจำเฉพาะลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำการเข้ากระบวนการนิวรัอนเนทเวอร์ค ซึ่งจะช่วยลดข้อมูลที่จะนำมาทำการประมวลผลด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้
   - การแยกส่วนตัวอักษร (Contour Following) เพื่อทำการแยกตัวอักษรบนหน้ากระดาษออกเป็นตัวๆ ออกมาทำการเข้ารหัส
   - P-Q Code ทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรหัสก่อนที่จะทำกระบวนการ Neural Network
2. Backpropagation จำทำการจดจำตัวอักษรตามรูปแบบที่สอนเข้าไป แล้วจะเก็บค่าWeight เพื่อทำการมาใช้ในการตัดสินรูปแบบตัวอักษรต่อไป

<u>สรุป</u>

ผลการทดลองที่ได้สามารถที่จะจดจำรูปแบบตัวอักษรที่สอนเข้ามาได้ 100% หลังจากนั้นก็ได้นำลักษณะลายมือหลายๆแบบที่ไม่ตรงกับแบบที่สอนมาให้คอมพิวเตอร์ทำการตัดสินใจปรากฏว่าสามารถตัดสินใจได้ถูกประมาณ 60 %

ตรวจสอบแล้ว

(.....)

ดร .สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ ถ้าปราศจากความช่วยเหลือจาก ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือและชี้แนะข้อผิดพลาดต่างๆ รวมทั้งให้คำแนะนำเรื่องข้อมูล จนสามารถทำผลงานออกมาได้สำเร็จตามเป้าหมาย ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาให้ และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ที่ช่วยเหลือให้รายงานฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปร่างขึ้นมาได้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดาและ มารดา ผู้ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษา และได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมมาโดยตลอด ทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายนราธิป สันติทฤษฎีกร
นางสาววนิชา สังวรเวชภัณฑ์
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจดจำรูปแบบตัวอักษร

นายนราธิป สันติทฤษฎีกร
นางสาววนิชา สังวรเวชภัณฑ์
ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการจดจำรูปแบบตัวอักษรของตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ และตัวเลขอารบิค โดยใช้วิธีของนิวรอน ซึ่งมีลำดับขั้นตอนคือ การรับข้อมูลจากเครื่องตรวจภาพแล้วทำการแปลงข้อมูลเป็นภาพแบบไบนารี หลังจากนั้นทำการแยกตัวอักษรจากข้อความหรือประโยค เพื่อเตรียมนำเข้าไปสู่การรู้จำตัวอักษรต่อไป ซึ่งการรู้จำตัวอักษรนี้จะเลือกใช้วิธีการของแบคพรอบพาเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characters Recognition

Mr.Naratip Santitissadeekorn

Miss.Vanicha Sangvornvetphan

Dr.Surapan Airphaiboon

2nd Semester,Education Year 1997

Abstract

The recognition system for capital Roman characters and numerical symbols is presented. The method that uses in this report is Back Propagation Neural Network. The important operations are changing the character that got from scanner to the binary code, segmenting the character from the phrase or the sentence ,and using Back Propagation Neural Network Method for recognition the character.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การแยกตัวอักษร	6
2.1 การแปลงข้อมูลภาพแบบ BMP	7
2.2.1 ส่วนหัวข้อมูล	7
2.2.2 ส่วนจานสี	8
2.2.3 ส่วนข้อมูล	8
2.2 การแยกแยะภาพหนึ่งหน้ากระดาษออกเป็นบรรทัด	9
2.3 การแยกแยะภาพอักษรหนึ่งบรรทัดออกเป็นตัวอักษร	9
2.4 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ	14
บทที่ 3 ทฤษฎีการรู้จำตัวอักษร	16
3.1 การสร้างรหัสเบื้องต้น	16
3.1.1 รหัสเนื้อตัวอักษร	17
3.1.2 รหัสพื้นตัวอักษร	21
3.2 การปรับรหัสพื้นตัวอักษร	25
3.3 การสร้างรหัสรวม	27
3.3.1 รหัสรวมที่ใช้เนื้อตัวอักษรเป็นหลัก	28
3.3.2 รหัสรวมที่ใช้พื้นตัวอักษรเป็นหลัก	28
3.3.3 การจัดโครงสร้างของรหัสรวม	29
บทที่ 4 การปรับปรุงการปรับรหัสพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม	34
4.1 การปรับรหัสพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม	34
บทที่ 5 การใช้นิวรอนเนทเวอร์คแบบแบคพรอบพาเกชั่นในการจดจำตัวอักษร	39
5.1 ระบบนิวรอนในเซลประสาทของมนุษย์	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การใช้นิวรอนเนทเวอร์คแบบแบคพรอบพาเกชั่นในการจดจำตัวอักษร	39
5.1 ระบบนิวรอนในเซลประสาทของมนุษย์	40
5.2 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงข่ายนิวรอน	44
5.2.1 ลักษณะของโครงข่ายนิวรอน	44
5.2.2 โครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น	46
5.2.3 โครงสร้างของนิวรอนในกรณีที่มีลักษณะหลายๆชั้น	47
5.3 การฝึกสอนของโครงข่ายนิวรอน	49
5.3.1 เพอเซปตรอน	49
5.3.2 โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั้น	51
5.3.2.1 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่าย	51
บทที่ 6 โปรแกรมการรู้จำตัวอักษรภาษาอังกฤษ	60
6.1 ส่วนของ Main	60
6.2 ส่วนของ Load	61
6.3 ส่วนของ Train	62
6.4 ส่วนของ Recognize	64
6.5 ส่วนของ Contour	65
6.6 ส่วนของ PQ Code	66
บทที่ 7 ผลการทดลองโปรแกรม	67
7.1 ผลการทดลองในส่วนของ PQ Code	67
7.2 ผลการทดลองการ Training โดยวิธีแบคพรอบพาเกชั่น	71
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก ก โครงสร้างของ Bitmap File	76
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน	81
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทำงาน	90
ภาคผนวก ง ภาพแสดงผลการทดลอง	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1 รูปแสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ	2
รูปที่ 1-2 รูปแสดงตัวอย่างของภาพ Bitmap pattern	2
รูปที่ 1-3 รูปแสดง Bitmap pattern ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1	3
รูปที่ 1-4 รูปแสดง Bitmap Data ด้วยเลขฐาน 16	3
รูปที่ 1-5 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8	4
รูปที่ 1-6 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8	4
รูปที่ 2-1 รูปแบบของกระดาษเพื่อเป็นแนวทางในการป้อนข้อมูล	6
รูปที่ 2-2 รูปแสดงลักษณะโครงสร้างข้อมูลของส่วน Header	7
รูปที่ 2-3 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากการแปลงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลแบบBMPแล้ว	8
รูปที่ 2-4 รูปแสดงการแยกอักษรออกทีละตัวอักษร	10
รูปที่ 2-5 รูปแสดงผลของการแยกตัวอักษร	11
รูปที่ 2-6(ก) แสดงโฟลว์ชาร์ตของการแยกแยะตัวอักษร	12
รูปที่ 2-6(ข) แสดงโฟลว์ชาร์ตของการแยกแยะตัวอักษร	13
รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ	15
รูปที่ 3-1 การแสดงทิศทางในการเข้ารหัสข้อมูลทั้ง 4 ทิศทาง	16
รูปที่ 3-2 รูปแสดงตัวอย่างข้อมูล 1 ตัวอักษร	17
รูปที่ 3-3 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร	17
รูปที่ 3-4(ก) แสดงการวางตัวในแนวนอน	18
รูปที่ 3-4(ข) แสดงการวางตัวในแนวตั้ง	18
รูปที่ 3-4(ค) แสดงการวางตัวในแนวทแยง	18
รูปที่ 3-4(ง) แสดงการวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย 1	18
รูปที่ 3-5(ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร	20
รูปที่ 3-5(ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร	20
รูปที่ 3-6 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร	21
รูปที่ 3-7(ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร	23
รูปที่ 3-7(ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร	24
รูปที่ 3-8 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดรหัสเบื้องต้น	24
รูปที่ 3-9 แสดงข้อมูลที่มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-10 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการปรับรหัสพื้นตัวอักษร 27
รูปที่ 3-11 Concentration โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร 28
รูปที่ 3-12 Concentration โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร 29
รูปที่ 3-13(ก) แสดงการพิจารณาโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต 30
รูปที่ 3-13(ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต 30
รูปที่ 3-14(ก) แสดงการพิจารณาลดโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต 31
รูปที่ 3-14(ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต 31
รูปที่ 3-15 แสดงการหารหัสรวม (Concentration Word) 32
รูปที่ 3-16(ก) แสดงการลดขนาดของรหัสรวม EEEES 33
รูปที่ 3-16(ข) แสดงการลดขนาดของรหัสรวม 00EEE 33
รูปที่ 4-1(ก) แสดงข้อมูลโครงสร้างโดยรวมที่ไม่ชัดเจนของอักษร A 36
รูปที่ 4-1(ข) แสดงข้อมูลโครงสร้างโดยรวมที่ไม่ชัดเจนของอักษร T 36
รูปที่ 4-2(ก) แสดงข้อมูลที่ผ่านการปรับรหัสพื้นตัวอักษรของรหัส A 37
รูปที่ 4-2(ข) แสดงข้อมูลที่ผ่านการปรับรหัสพื้นตัวอักษรของรหัส T 37
รูปที่ 4-3 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการรู้จำอักษรคัดลายมือ 38
รูปที่ 5-1 แสดงเซลประสาททางชีวภาพ 40
รูปที่ 5-2 การตอบสนองทางไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซล 41
รูปที่ 5-3 Synapse หรือจุดที่เชื่อมต่อของเซลประสาท 42
รูปที่ 5-4 ภาพขยายของ Synapse 43
รูปที่ 5-5 ลักษณะของนิวรอนเซลของเซลประสาท 44
รูปที่ 5-6 นิวรอนของโครงข่ายนิวรอน 45
รูปที่ 5-7 สมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ 45
รูปที่ 5-8 สมการ threshold 46
รูปที่ 5-9 ลักษณะของนิวรอน 1 หน่วย ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นการกระตุ้น 46
รูปที่ 5-10 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 1 ชั้น 47
รูปที่ 5-11 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 2 ชั้น 48
รูปที่ 5-12 ลักษณะของเพอเซปตรอน 49
รูปที่ 5-13 เพอเซปตรอนที่ใช้แก้ปัญหา 50
รูปที่ 5-14 กราฟความสัมพันธ์ X-Y 50
รูปที่ 5-15 ตาราง XOR 50
รูปที่ 5-16 ลักษณะนิวรอนของโครงข่ายแบบแบคพรอบพาเลชั่น 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-17 กราฟของฟังก์ชั่นการกระตุ้น 53
รูปที่ 5-18 โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น 2 ฮิดเดนเลเยอร์ 54
รูปที่ 5-19 โฟลว์ชาร์ต ของ Back-Propagation 59
รูปที่ 6-1 โฟลว์ชาร์ต ของ Main 60
รูปที่ 6-2 โฟลว์ชาร์ต ของ Load 61
รูปที่ 6-3(ก) โฟลว์ชาร์ต ของ Train แบบ load file รูปภาพ 62
รูปที่ 6-3(ข) โฟลว์ชาร์ต ของ Train แบบไม่ได้ load file รูปภาพ 63
รูปที่ 6-4 โฟลว์ชาร์ต ของ Recognize 64
รูปที่ 6-5 โฟลว์ชาร์ต ของ Contour 65
รูปที่ 6-6 โฟลว์ชาร์ต ของ PQ Code 66
รูปที่ 7-1 แสดงภาพตัวอักษรที่ใช้ทดสอบ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่ารหัส P	19
ตารางที่ 3-2 การกำหนดค่ารหัส Q	22
ตารางที่ 3-3 กฎการปรับรหัสพื้นตัวอักษร	26
ตารางที่ 4-1แสดงการปรับพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม	35
ตารางที่ 7-1 ค่า Concentrade code เรียงตั้งแต่ A-Z อย่างละ 3 ตัว	68-70
ตารางที่ 7-2 ตารางผลการทดลองที่ 1	72
ตารางที่ 7-3 ตารางผลการทดลองที่ 2	73
ตารางที่ 7-4 ตารางผลการทดลองที่ 3	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

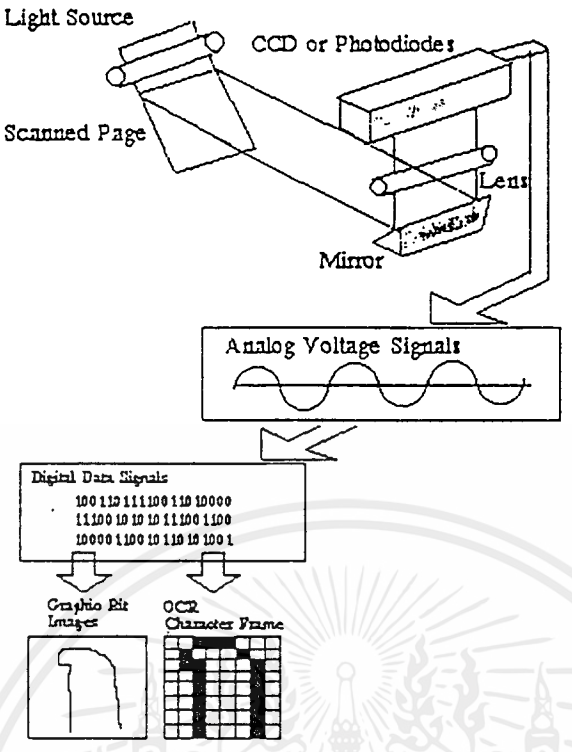
บทที่1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตคนเรามากขึ้นสามารถช่วยในการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้รวดเร็วขึ้นและช่วยให้มนุษย์มีความสะดวกสบายมากขึ้นกว่าแต่ก่อน แต่คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ในงานด้านที่มีลักษณะที่ต้องอาศัยความฉลาดของมนุษย์ในการตัดสินใจได้ดีนักซึ่งมีความไม่แน่นอนในการแก้ปัญหาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยรวมทั้งความเร็วในการแก้ปัญหาของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อปัญหาในลักษณะเช่นนี้จะใช้เวลาในการแก้ปัญหานานเป็นอันมาก เทคโนโลยีทางด้านโครงข่ายนิวรอล(Neural Network)สามารถช่วยเราในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โครงข่ายนิวรอลเป็นเทคโนโลยีหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์(Aritificial Intelligence) ที่อาศัยรูปแบบทางโครงสร้างของและการทำงานของสมองมนุษย์มาทำการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความฉลาดมีความรู้อยู่ภายในตัวของมันเองมีความสามรถในการเรียนรู้ต่อความรู้ที่เข้ามาใหม่มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะแน่นอนและมีความเร็วในการแก้ปัญหาสูงสำหรับงานวิจัยที่ได้นำมาทำการศึกษานั้นคือการนำโครงข่ายนิวรอลแบบแบคพรอบพาเกชั่น(Backprobpagation-Neural Network)มาใช้ในการแก้ปัญหาการรู้จำตัวอักษรลัดลายมือ โครงข่ายแบบนี้เป็นรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและประสบความสำเร็จในทางปฏิบัติอย่างมาก โครงข่ายนิวรอลรูปแบบนี้(Neural Network)มีความสามารถในการจดจำ(Recognition)รูปแบบในการแก้ปัญหาโดยทำการฝึกสอน (Training)โครงข่ายด้วยอินพุทชุดฝึกสอนซึ่งเป็นอักขระที่ได้จากเครื่องตรวจภาพ (Image - Scanner) โดยอักขระบนหน้าเอกสารที่ใช้จะได้จากการจำลองโดยการใช้โปรแกรมPaintจำลองหน้าเอกสารขึ้นมา

1.<u>การแปลงข้อมูลภาพจากเครื่องตรวจภาพเป็นภาพแบบไบนารี</u>

ความละเอียด(Resolution)ของภาพจากเครื่องตรวจภาพจะวัดเป็นหน่วยจุดต่อนิ้ว (Dot per inch,DPI)ซึ่งเป็นค่าตัวเลขแน่นอนค่าหนึ่งที่ได้จากความสัมพันธ์ของจำนวนเซลในอาเรย์หนึ่งๆและพื้นที่ทั้งหมดในการตรวจกวาดยกตัวอย่างเช่นอาเรย์ประกอบด้วยเซลรับแสงจำนวน 2,400 หน่วยสามารถครอบคลุมพื้นที่ในแนวตรงได้ 8 นิ้วจะได้ค่าความละเอียดของเครื่องตรวจกวาดภาพ (HardwareResolution)เป็น300DPIซึ่งเมื่อนำมาใช้ตรวจกวาดภาพก็จะได้ภาพที่มีความละเอียดของภาพ(ImageResolution)เป็นขนาด300DPIเครื่องตรวจภาพทั่วๆไปยังสามารถตรวจกวาดภาพและให้ความละเอียดที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าได้โดยอาศัยซอฟต์แวร์เข้าช่วยในการจัดการกำหนดความละเอียดของภาพการทำงานของเครื่องตรวจภาพสามารถแสดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

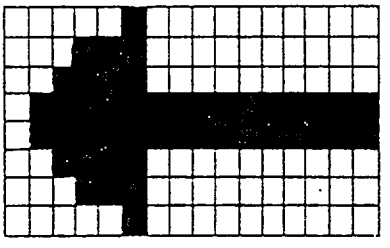


รูปที่ 1-1 รูปแสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ

2.ลักษณะของข้อมูล

2.1ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟฟิก

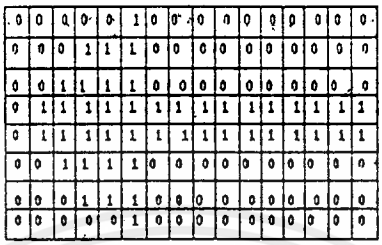
เนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บได้จากเครื่องตรวจวาดภาพ ขณะอยู่ในแฟ้มข้อมูลภาพกราฟฟิก นั่นคือเป็นค่าตัวเลขค่าไบนารีคือ 0 และ 1 ของจุดภาพใดๆถูกย่อรวมกันเป็นจุดเก็บอยู่ในรูปของตัวเลขฐาน สิบหกก่อนที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไปจะต้องแปลงข้อมูลกราฟฟิกในรูปเลขฐานสิบหกนี้กลับ ให้อยู่ในรูปข้อมูลแบบไบนารีเสียก่อน แฟ้มข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจภาพ ที่ใช้นั้นเป็นลักษณะของบิตแม๊พ (Bitmap Pattern) ซึ่งเป็นกลุ่มของจุดสี่เหลี่ยม อาจจะเป็นสีขาวหรือดำมาเรียงต่อกันเป็นตาราง ซึ่งแสดงในรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แสดงตัวอย่างของภาพ Bitmap pattern

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BitmapPattern ที่แสดงดังรูปบนสามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของตัวเลข0กับ1ได้ดังรูปที่ 1-3 และ BitmapData ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกจริงในแฟ้มข้อมูลกราฟฟิกจะมีลักษณะเป็นตัวเลขฐาน 16 ดังแสดงในรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-3 รูปแสดง Bitmap Pattern ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1

0x20(byte0)	0x00(byte 1)
0x38(byte2)	0x00(byte 3)
0x3c(byte4)	0x00(byte5)
0xfe(byte 6)	0xff(byte7)
0xfe(byte 8)	0xff(byte9)
0x3c(byte 10)	0x00(byte 11)
0x38(byte 12)	0x00(byte 13)
0x20(byte 14)	0x00(byte 15)

รูปที่ 1-4 รูปแสดง Bitmap Data ด้วยเลขฐาน 16

2.2 <u>การเปลี่ยนข้อมูลบิตแม็พเป็นข้อมูลไบนารี่</u>

ข้อมูลกราฟฟิกแบบBitmapมีอยู่2ลักษณะโดยการพิจารณาจากความกว้างของภาพและนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการเปลี่ยนข้อมูลที่มีอยู่ในลักษณะเลขฐาน 16 เป็นเลขฐาน 2 คือ

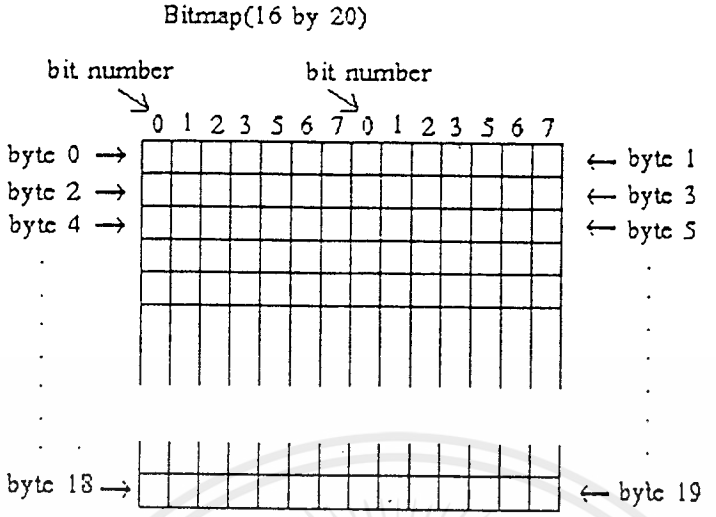
2.2.1<u>ถ้าความกว้างของเป็นผลคูณของ 8 มีเงื่อนไขของโครงสร้างดังนี้</u>

(ก) ข้อมูลในรูปของตัวเลข 0 หรือ 1 จะถูกจับกลุ่มโดยเรียงกันไปจำนวน 8 บิท นั่นก็คือ 1 ไบท์

(ข) ลำดับของไบท์ข้อมูลจะนับจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา

(ค)ลำดับของบิทในแต่ละไบท์จะนับจากซ้ายไปขวาและบิททางซ้ายมือสุด (leftmost bit) นับเป็นบิทที่0 และบิททางขวามือสุด (rightmost bits) นับเป็นบิทที่7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

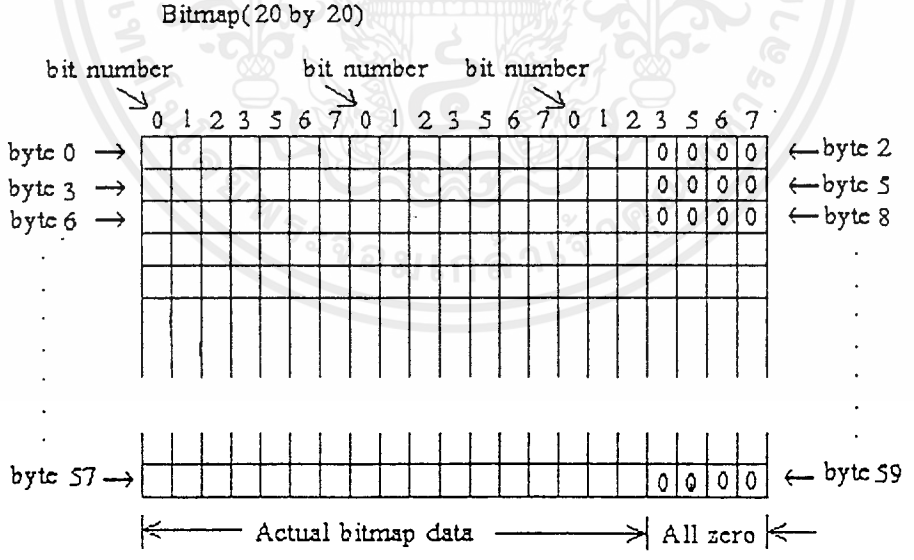


รูปที่ 1-5 รูปแสดงโครงสร้าง bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8

2.2.2 <u>ถ้าความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8 จะมีเงื่อนไขดังนี้</u>

(ก)จะนับความกว้างเป็นผลคูณของที่น้อยที่สุดที่มีค่ามากกว่าความกว้างที่แท้จริงของรูป

(ข) บิทที่เหลือนอกเหนือจากความกว้างที่แท้จริง จะถูกเติมด้วยเลข 0



รูปที่ 1-6 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบรูปแบบของ Bitmap แล้วก็จะทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพที่มีลักษณะเป็นเลขฐาน 16 ให้เป็นเลขฐาน 2 โดยหนึ่งบิตของเลขฐาน 2 จะแทนจุดคำภาพที่เป็น 0 ก็จะแทนจุดสว่างหรือจุดที่เป็นพื้นกระดาษสีขาว และบิตที่มีค่าเป็น 1 ก็จะแทนจุดดำมือดทึบ ซึ่งก็คือจุดที่อาจเป็นตัวอักษรหรือจุดดำของรูปภาพ ก็จะได้ข้อมูลภาพตัวอักษรที่ถูกต้องและพร้อมที่จะส่งไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การแยกตัวอักษร

กระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่งของการรู้จำตัวอักษร ซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยกว่ากระบวนการอื่นๆ ก็คือกระบวนการในการแยกตัวอักษร (Segmentation) ซึ่งเป็นกระบวนการในการแยกภาพออกจากข้อความรวมหรือประโยค ออกมาทีละตัวอักษรเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการการรู้จำตัวอักษรซึ่งสามารถประมวลผลได้ครั้งละหนึ่งตัวอักษรเท่านั้น ซึ่งจากข้อมูลที่ใช้ในงานจริงจะมีลักษณะเป็นหน้ากระดาษหรือเป็นบรรทัด ดังนั้นจึงต้องทำการแยกตัวอักษรเหล่านั้นออกมาเป็นข้อมูลอักษรเดี่ยวๆเสียก่อน ซึ่งในการทดลองจะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ และตัวเลขอารบิค เท่านั้นซึ่งการเขียนจะมีแค่ระดับเดียว (ถ้าเป็นอักษรภาษาไทยจะมีหลายระดับ) และปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการรู้จำตัวอักษรก็คืออักษรถูกเขียนติดกันหรือตัดกันทำให้เกิดความสับสนไม่ถูกต้อง

จากลักษณะดังกล่าวเพื่อให้การรู้จำตัวอักษรของ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงได้กำหนดรูปแบบกระดาษเพื่อเป็นแนวทางในการป้อนข้อมูลจากการเขียน ตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 2-1 โดยมีลักษณะที่เป็นช่องสี่เหลี่ยม3ระดับวางเรียงกันโดยเว้นระยะเป็นช่องว่างระหว่างสี่เหลี่ยมด้วย

	A	B	C	D	E	F	G	
	H	I	J	K	L	M	N	
	O	P	Q	R	S	T	U	

รูปที่ 2-1 รูปแบบของกระดาษเพื่อเป็นแนวทางในการป้อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกตัวอักษรออกจากประโยคนั้นได้ทำการศึกษาและทำการแยกตัวอักษรได้หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีในงานวิจัยนี้ไม่ได้เน้นเทคนิควิธีการในการแยกตัวอักษรเป็นเพียง ส่วนในการแยกตัวอักษร เพื่อนำข้อมูลอักษรแต่ละตัวอักษรเหล่านั้น ไปเข้ากระบวนการการรู้จำตัวอักษรเท่านั้น จึงได้ใช้รูปแบบจำลองขึ้นมาเท่านั้น โดยจะสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลของภาพแบบ Bmp ขาวดำ ขึ้นมาเลย และใช้การแยกตัวอักษรโดยการใช้ช่องว่างระหว่างตัวอักษรเป็นหลักทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งจากวิธีดังกล่าวแล้วทำให้การแยกแยะตัวอักษรไม่เป็นปัญหาในการประมวลผลและยังใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการประมวลผลทั้งหมดเวลาส่วนใหญ่ของการประมวลผลจริง เป็นเฉพาะส่วนของการประมวลผล เพื่อการรู้จำตัวอักษรจริงๆ โดยมีแนวทางในการแยกตัวอักษรดังต่อไปนี้

2.1 การแปลงข้อมูลภาพแบบ BMP

เนื่องจากงานวิจัยเรื่องนี้จะเน้นที่การจดจำตัวอักษรดังนั้นเพื่อความสะดวกจะใช้ภาพตัวอักษรที่เป็นแฟ้มข้อมูลแบบ BMP ชนิดโมโนโครม (Monochrome) เลยซึ่งลักษณะของแฟ้มข้อมูลแบบ BMP นี้จะมีลักษณะสำคัญ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ

2.1.1 ส่วนหัวข้อมูล (Header) ซึ่งเป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นของแฟ้มข้อมูลนั้นๆ เช่น ความกว้าง (Width) ความยาว (Depth) , จำนวนของบิตต่อพิกเซล, ค่าตัวชี้ตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูล เป็นต้น โครงสร้างของข้อมูลในส่วน Header จะมีลักษณะดังรูปที่ 2-2

```
struct sHeaderBMP{
    char    id1,id2;          // "BM" identifies bitmap
    long    FileSize          // size of the file
    int     reserved[2];      // normally 0
    long    HeaderSize;       // offset to pixel data
                              // in row X column format
    long    InfoSize;         // normally should be 0x28
    long    Width;            // # of columns
    long    Depth;            // # of rows
    int     BitPlanes;        // # of bit planes
    int     BitsPerPel;       // number of bits per pixel
    long    Compression;      // normally 0, not compressed
    long    ImageSize;        // size of the image.
    long    PelsPerMeterX;    // Resolution in X direction
    long    PelsPerMeterY;    // Resolution in Y direction
    long    ColorsUsed;       // # of colors used in image
    long    ImportantColors;  // # of colors that are important
} ; //Palette (if any follows this)
```

รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะโครงสร้างข้อมูลของส่วน Header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ส่วนจานสี(Colour Palette) เป็นส่วนที่จะทำการแสดงสีในรูปแบบของ RGB (Red,Green,Blue) เพื่อผสมกันเป็นสีที่ถูกต้อง ขนาดของส่วนจานสีนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตต่อพิกเซล และสำหรับรูปแบบของGrayScaleค่าของRGBจะเท่ากันและจะถูกกำหนดเป็นระดับความมืดและสว่างแทน

2.2.3 ส่วนข้อมูล (Data) เป็นส่วนข้อมูลของภาพซึ่งโครงสร้างจะขึ้นกับลักษณะของภาพว่าเป็นแบบใด(เช่น Gray Scale,Monochrome,256 colors เป็นต้น)

สำหรับในส่วนของงานวิจัยนี้ได้ใช้ แฟ้มข้อมูลBMPแบบMonochromeซึ่งถ้าตรวจพบว่าข้อมูลเป็นสีขาวก็จะกำหนดรหัส 0 ให้แทนพื้นตัวอักษรแต่ถ้าตรวจพบข้อมูลเป็นสีดำก็จะกำหนดรหัส 1 ให้แทนเนื้อตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 2-3

```
00000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000000000000000000000
00000000001110000000000000001111111111111111111100
00000000111111100000000000000111111111111111111100
00000001111011110000000000000111110000000000000000
00000011110001111000000000000111110000000000000000
00000011110001111000000000000111110000000000000000
00001111111111111110000000000111111111111111111100
00001111111111111110000000000111111111111111111100
00001111111111111110000000000111110000000000000000
00011111000000011111000000000111110000000000000000
00011111000000011111000000000111110000000000000000
00011111000000011111000000000111110000000000000000
00011111000000011111000000000111111111111111111100
00011111000000011111000000000111111111111111111100
00000000000000000000000000000000000000000000000000
```

รูปที่ 2-3 รูปแสดงข้อมูลที่ได้จากการแปลงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลแบบBMP เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแยกแยะภาพอักษรหนึ่งหน้ากระดาษออกเป็นบรรทัด

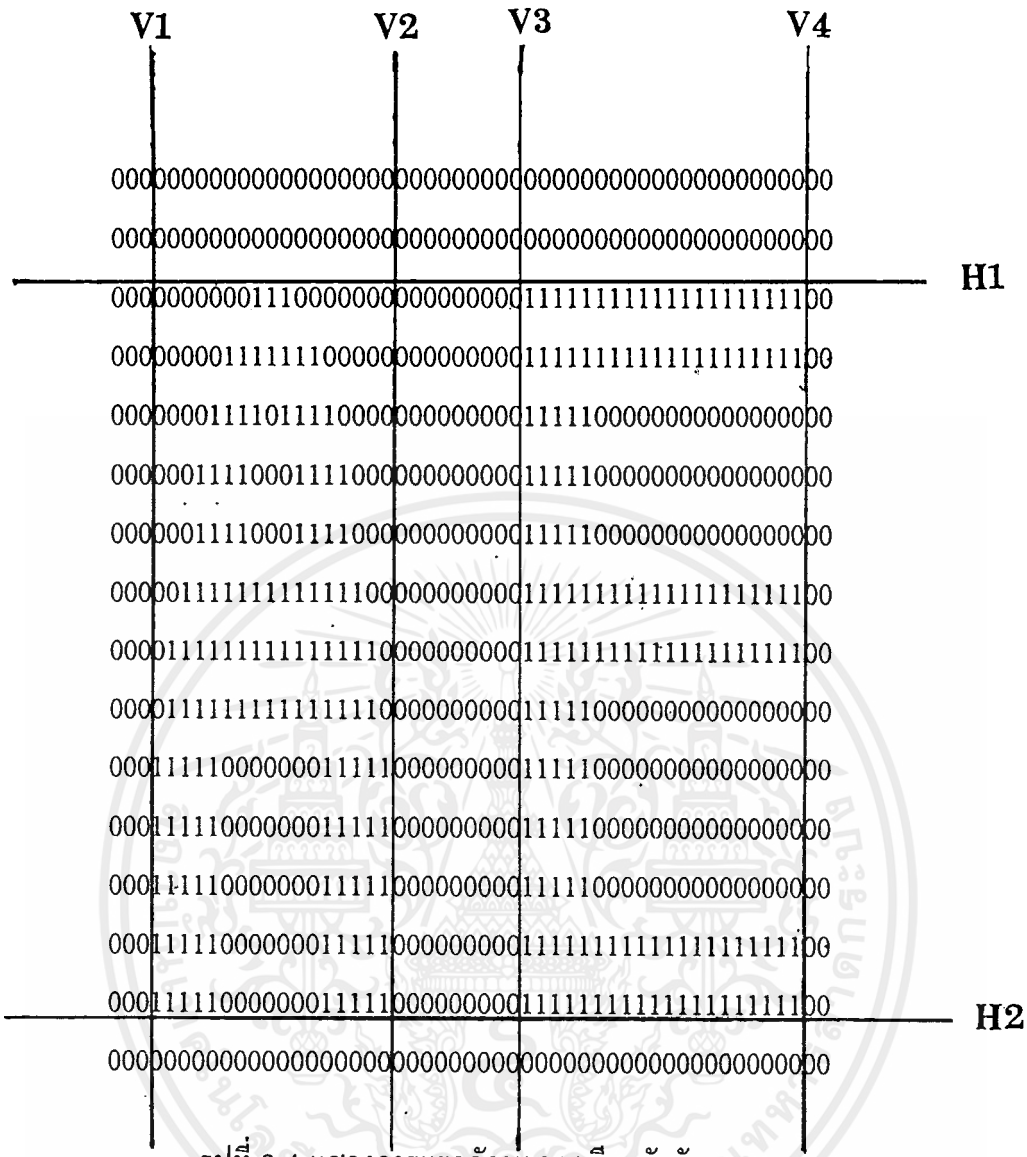
เมื่อรับข้อมูลภาพ ที่ได้จากแฟ้มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว และทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรูปแบบBinary ที่มีค่า 0 กับ 1 เรียบร้อยแล้ว ซึ่งรหัส 0 จะแทนส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรและรหัส 1 จะแทนส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษร จึงทำการแสกนหาช่องว่างระหว่างบรรทัดหรือแสกนหารหัส0ที่ต่อเนื่องกันตลอดความกว้างของข้อมูลภาพนั้นเอง เพื่อหาระยะขอบเขตด้านบนและขอบเขตด้านล่างของแต่ละบรรทัด ซึ่งเป็นการแยกตัวอักษรออกเป็นแต่ละบรรทัด

2.3 การแยกแยะภาพอักษรหนึ่งบรรทัดออกเป็นตัวอักษร

เมื่อได้รหัสข้อมูลภาพ ที่แทนด้วยรหัส 0 และ 1 ในแต่ละบรรทัดจึงดำเนินการพิจารณาแยกแยะตัวอักษรต่อไป โดยใช้การพิจารณาหาช่องว่างระหว่างตัวอักษร หรือพิจารณารหัสที่เป็น 0 ที่มีการต่อเนื่อง ตลอดระยะทางระหว่างระยะขอบเขตระยะด้านบนและขอบเขตระยะด้านล่างของแต่ละบรรทัด (แสกนตามแนวตั้ง) เพื่อหาขอบเขตระยะด้านหน้าและขอบเขตระยะด้านหลังของแต่ละตัวอักษร (แสกนตามแนวนอน) เป็นขอบเขตของแต่ละตัวอักษรเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป และดำเนินการหาขอบเขตของตัวอักษรแต่ละตัวจนหมดระยะของบรรทัด ดังแสดงในรูปที่ 2-4 จะได้ระยะ V1, V2, V3, V4 เป็นขอบเขตของระยะด้านหน้าและขอบเขตระยะด้านหลังของตัวอักษร และ จะได้ระยะ H1, H2 เป็นขอบเขตระยะด้านบนและขอบเขตระยะด้านล่างของตัวอักษรตามลำดับ

นั่นจะได้ว่าขอบเขตของตัวอักษร “A” ประกอบไปด้วยระยะ H1, H2, V1 และ V2 ส่วนตัวอักษร “E” ประกอบด้วย H1, H2, V3 และ V4 เป็นต้น ทำให้สามารถแยกอักษรออกจากรูปของประโยคได้ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



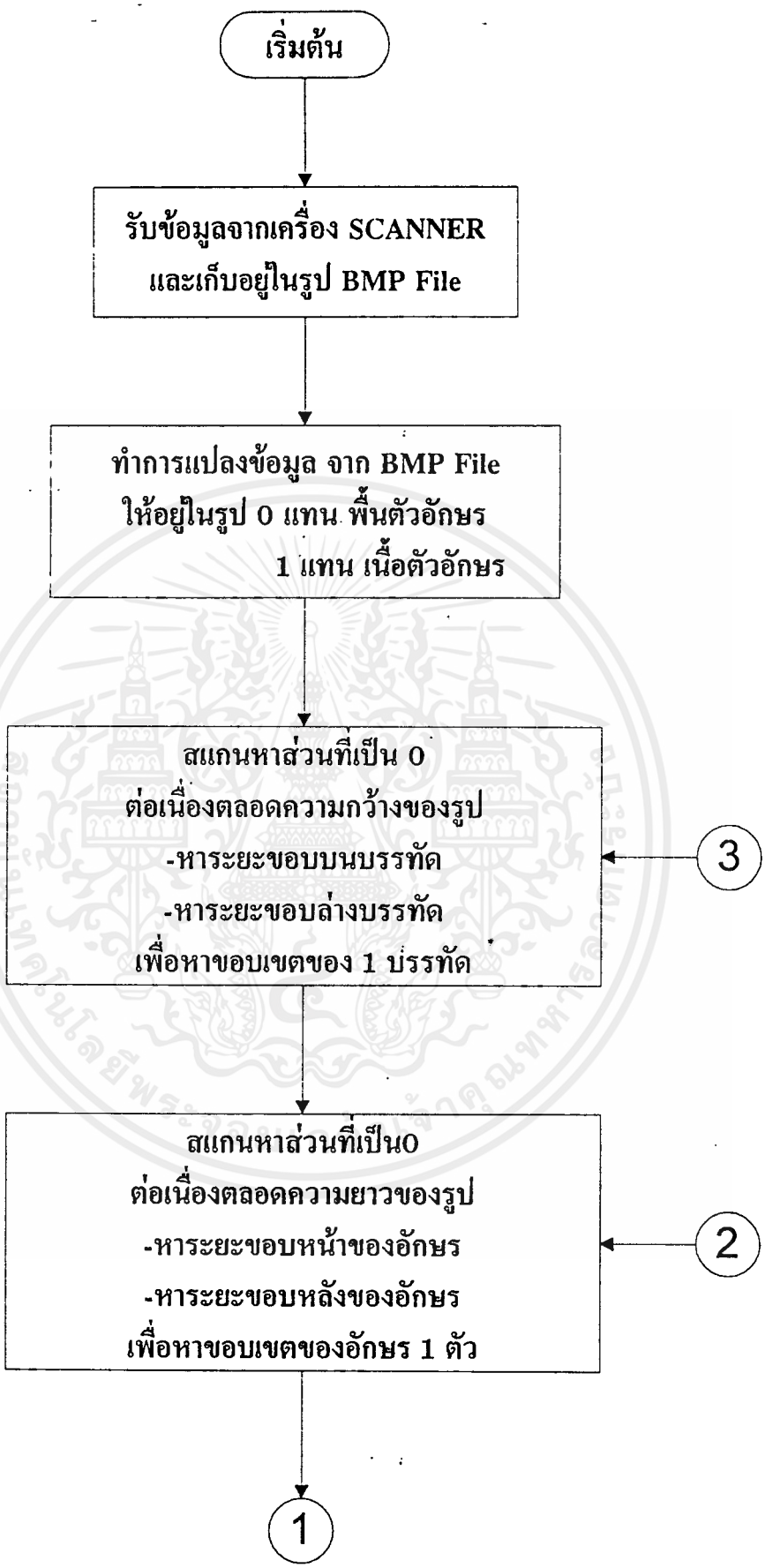
รูปที่ 2-4 แสดงการแยกอักษรออกทีละตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00000001110000000	11111111111111111100
00000111111100000	11111111111111111100
00001111011110000	11111000000000000000
00011110001111000	11111000000000000000
00011110001111000	11111000000000000000
00111111111111100	11111111111111111100
01111111111111110	11111111111111111100
01111111111111110	11111000000000000000
11111000000011111	11111000000000000000
11111000000011111	11111000000000000000
11111000000011111	11111000000000000000
11111000000011111	11111111111111111100
11111000000011111	11111111111111111100

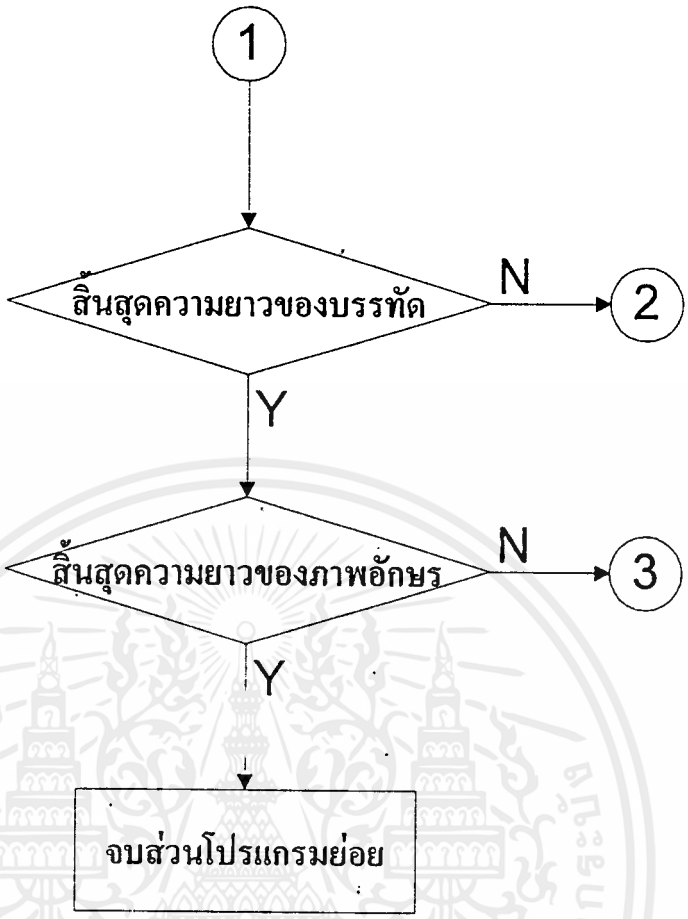
รูปที่ 2-5 แสดงผลของการแยกตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6(ก) แสดงโฟล์ชาร์ตของการแยกแยะตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6(ข) แสดงโฟล์ชาร์ตของการแยกแยะตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ (Contour Following)

เทคนิคการติดตามรอยของของภาพ ถูกนำมาใช้ในการแยกและคัดลอกส่วนของรูปภาพใด ๆ ที่อยู่บนรูปใหญ่ ข้อมูลภาพที่จะนำมาประมวลผลด้วยเทคนิคนี้จะต้องอยู่ในรูปของข้อมูลไบนารี่ นั่นคือจุดภาพจะแสดงด้วยตัวเลข 0 กับ 1 เท่านั้น โดยที่จุดภาพที่มีค่าเป็น 1 แทนจุดดำ หรือจุดที่เป็นส่วนของรูปภาพ และจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 แทนจุดขาวหรือจุดที่เป็นช่องว่างบนกระดาษหรือพื้นเบื้องหลัง

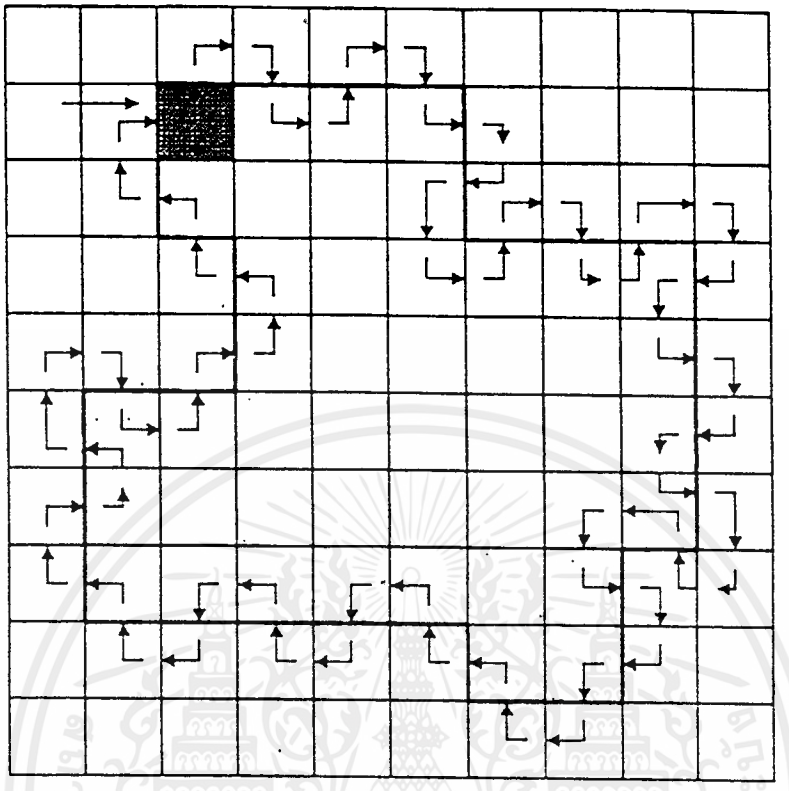
การทำงานของเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ เป็นการเดินไต่ไปตามขอบระหว่างส่วนที่เป็นรูปภาพ (Image) กับส่วนที่เป็นพื้นเบื้องหลัง (Background) โดยจะตรวจกวาดไปทุก ๆ จุดภาพ (Pixell) โดยจะเริ่มจากจุดมุมซ้ายบนของข้อมูลภาพ ตรวจกวาดไปในทิศทางจากซ้ายไปขวา และเลื่อนลงจากบนลงล่าง เมื่อตรวจกวาดมาพบจุดภาพใด ๆ ที่มีค่าของจุดภาพเป็น 1 ก็จะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ไปยังจุดภาพจุดถัดไปเสียใหม่ โดยมีเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ดังต่อไปนี้

1. ถ้าจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดของภาพหรือมีค่าของจุดเป็น 1 ให้เลี้ยวซ้ายแล้วก้าวเดินตรงไปข้างหน้าไปยังจุดถัดไป
2. ถ้าจุดที่อยู่ในปัจจุบันเป็นพื้นเบื้องหลัง หรือมีค่าของจุดเป็น 0 ก็ให้เลี้ยวขวา แล้วก้าวเดินตรงไปข้างหน้าไปยังจุดถัดไป
3. การเคลื่อนที่จะสิ้นสุดลง เมื่อจุดที่อยู่ปัจจุบัน เป็นจุดเดียวกันกับจุดเริ่มต้น

ในรูปที่ 2-7 ได้แสดงลักษณะการทำงานของเทคนิคการติดตามรอยขอบภาพ ซึ่งจะแสดงการเคลื่อนที่ไปตามจุดต่าง ๆ ที่เป็นขอบของภาพ เริ่มจากจุดที่ถูกแรเงาไว้ซึ่งเป็นจุดของภาพจุดแรกที่ตรวจกวาดมาพบ การเคลื่อนที่จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อการเคลื่อนที่วนกลับมาถึงจุดที่เป็นจุดเริ่มต้น ก็จะทราบจุดที่เป็นขอบของภาพได้ทั้งหมด

ขณะที่เดินไต่ขอบนั้นก็จดจำค่าพิกัดไปด้วย เมื่อเดินถึงจุดเดิม ก็นำค่าพิกัดที่น้อยที่สุดและ มากที่สุด มากำหนดขอบเขตตัวอักษร และจึงคัดลอกขอบเขตนั้นไปทำการรู้จำตัวอักษร จากนั้นแปลงขอบเขตนั้นให้เป็นค่า 0 ให้หมดและเริ่มขบวนการใหม่ จนไม่พบค่าที่เป็น 1 อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

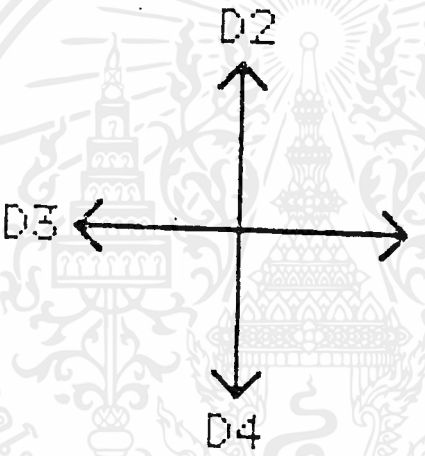


รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีการรู้จำตัวอักษร

ขั้นตอนในการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เกิดคารเรียนรู้จำตัวอักษรคัดลายมือนั้น อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีของการรู้จำตัวอักษร โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษร ด้วยวิธีการ Feature Concentration ซึ่งมีรายละเอียดและมามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนสำคัญๆได้3ขั้นตอนคือ การสร้างรหัสเบื้องต้น (Initial Feature Extraction) การปรับรหัสพื้นตัวอักษร (Unification) การสร้างรหัสรวม (Concentration) โดยในแต่ละขั้นตอนต้องทำการพิจารณาทุกๆจุดภาพตามการพิจารณาในแต่ละขั้นตอน โดยการพิจารณาตามทิศทางที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 การแสดงทิศทางในการเข้ารหัสข้อมูลทั้ง 4 ทิศทาง

3.1การสร้างรหัสเบื้องต้น (Initial Feature Extraction)

ในส่วนของของข้อมูลภาพของตัวอักษรที่ได้ จากแฟ้มข้อมูลของเครื่องตรวจวาดภาพ (Image Scanner) ซึ่งมีลักษณะข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขและชนิดของการเก็บภาพ ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการในการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล(Pre-Processing) เพื่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเดิมให้อยู่ในรูปรหัสที่สามารถนำไปใช้ประมวลผลต่อได้ โดยในเนื้อของตัวอักษรจะแทนด้วย 1 และในส่วนของพื้นตัวอักษรจะแทนด้วย 0 ดังแสดงในรูปที่ 3-2 แล้วพิจารณาการสร้างรหัสแทน โดยแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

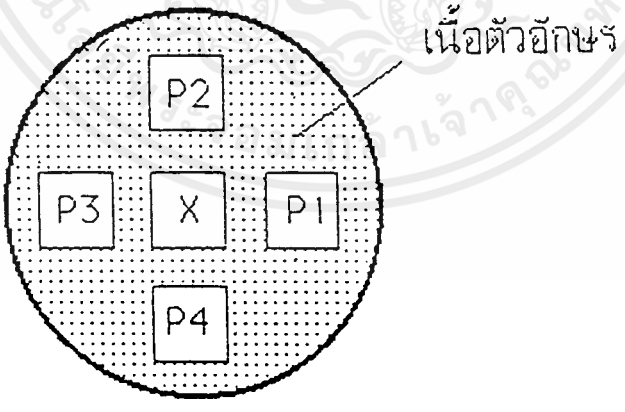
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1

รูปที่ 3-2 แสดงตัวอย่างข้อมูล 1 ตัวอักษร

3.1.1 <u>รหัสเนื้อตัวอักษร (P-Code)</u>

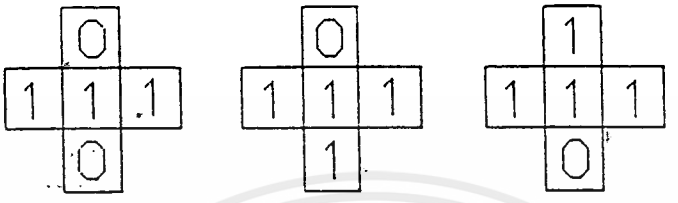
เนื้อของตัวอักษรซึ่งถูกแทนด้วย 1 ในรูปที่ 3-2 จะถูกแปลงต่อแทนด้วยรหัส P โดยการพิจารณาเฉพาะจุดที่แทนด้วยรหัสที่เป็น 1 ตามวิธีการ ดังแสดงในรูปที่ 3-3



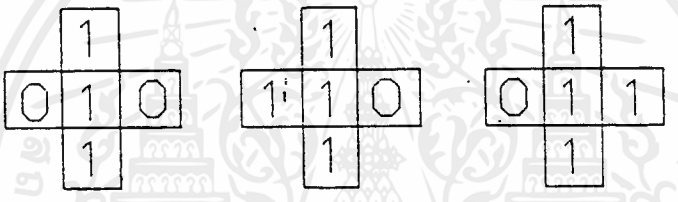
รูปที่ 3-3 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

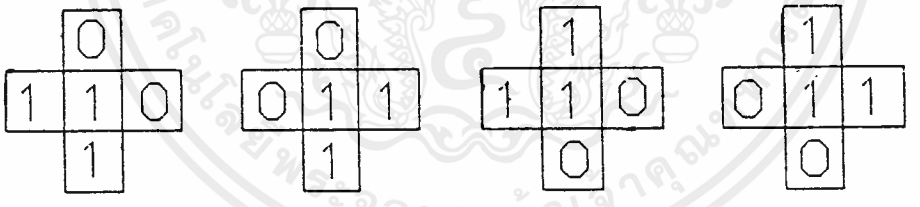
ถ้าให้จุด x เป็นจุดที่แทนด้วยรหัส 1 และจุดอื่นๆที่อยู่ติดกับจุด x ทีกำลังสนใจเป็น P1 ,P2 ,P3 ,P4 ซึ่งอยู่โดยรอบในทิศทางทั้ง4ตามลำดับ โดยเราสนใจกรณีที่ x ใดๆเป็นรหัส 1 เสมอจะพบว่ามีโอกาส เป็นไปได้ทั้งหมดหลายกรณีด้วยกันและสามารถแบ่งออกตามลักษณะการวางตัวของแนวเส้น (แนวทางเดินของรหัส 1) ได้เป็น 4 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 3-4



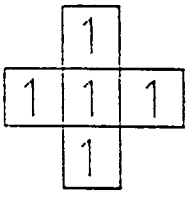
รูปที่ 3-4 (ก) แสดงการวางตัวในแนวนอน



รูปที่ 3-4 (ข) แสดงการวางตัวในแนวตั้ง



รูปที่ 3-4 (ค) แสดงการวางตัวในแนวทแยง



รูปที่ 3-4 (ง) แสดงการวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

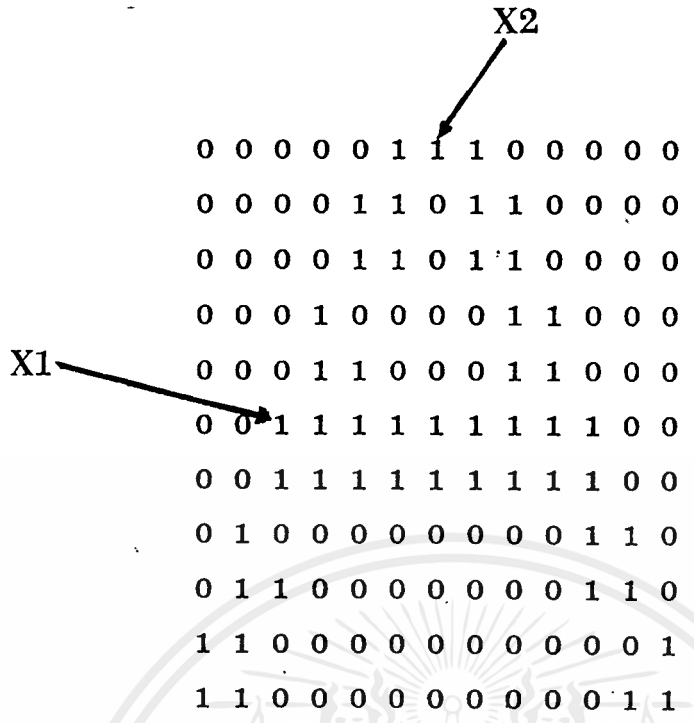
จากรูปที่3-4 จะเห็นได้ว่าแนวทางการวางตัวของรหัส1นั้นมีด้วยกัน 4 กรณีซึ่ง สามารถเขียนอธิบายในรูปของคณิตศาสตร์ได้ทั้ง 4 รูปแบบและได้กำหนดรหัสแทนการวางตัวของรหัส 1 ออกเป็น 4 ลักษณะคือ ถ้าวางตัวในแนวนอนให้แทนด้วย H ถ้าวางตัวในแนวตั้งแทนด้วย V ถ้าวางตัวในแนวทแยงใดๆให้แทนด้วย S และถ้าวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย 1 ให้แทนด้วย 1 ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ในตารางที่ 3-1

เงื่อนไข	รหัสแทน	ลักษณะเส้น
((1-P2*P4)*P1*P3) = 1	H	วางตัวในแนวนอน
((1-P1*P3)*P2*P4) = 1	V	วางตัวในแนวตั้ง
((1-P1*P3)*(1-P2*P4)) = 1	S	วางตัวแนวทแยง
(P1*P2*P3P4) = 1	I	ถูกล้อมรอบภายใน

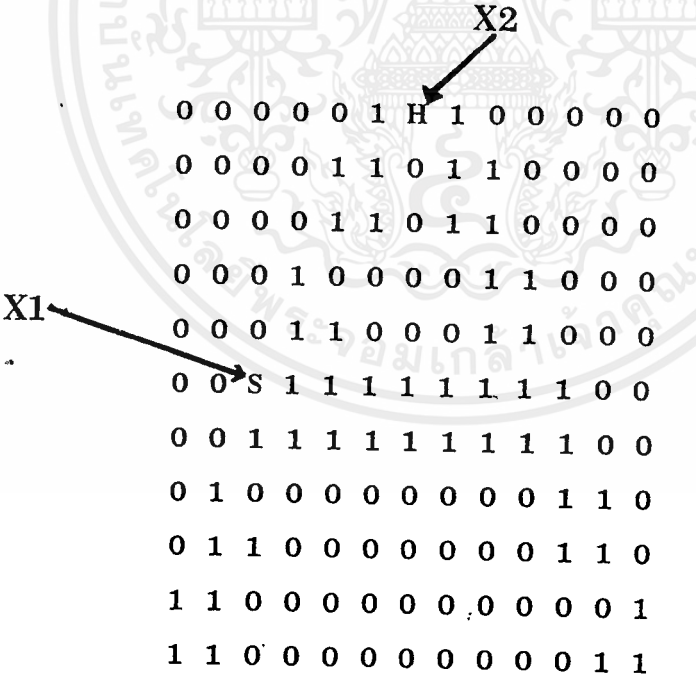
ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่ารหัส P

จากรูปที่ 3-2 ถ้าเราแยกการพิจารณาโดยใช้เงื่อนไขตาม ตารางที่ 3-1 จะสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 3-5 (ก) โดยหากพิจารณาที่ตำแหน่งที่ X1 จะได้ค่าของจุดที่อยู่ติดกับ X1 เป็น P1=1, P2=0, P3=0 และP4=1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวนเพื่อหารหัสแทนตาม ตารางที่ 3-1 จะสอดคล้องกับในบรรทัดที่ 1 โดยเมื่อแทนค่าแล้วจะทำให้สมการที่ใช้แทนรหัส S ได้เป็นจริงเพียงสมการเดียว จึงแทนรหัสที่ตำแหน่ง X1 ด้วยรหัส S และในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาที่ตำแหน่ง X2 จะได้ค่าของจุดที่อยู่ติดกับจุด X2 เป็น P1=1, P2=0, P3=1 และ P4=1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาคำนวนเพื่อหารหัสแทนตาม ตารางที่ 3-1 จะสอดคล้องกับสมการในบรรทัดที่ 4 โดยเมื่อแทนค่าแล้วจะทำให้สมการที่แทนด้วยรหัส H เป็นจริงเพียงสมการเดียว ดังนั้นจึงแทนรหัสที่ตำแหน่ง X2 ด้วยรหัส H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039171



รูปที่ 3-5 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร

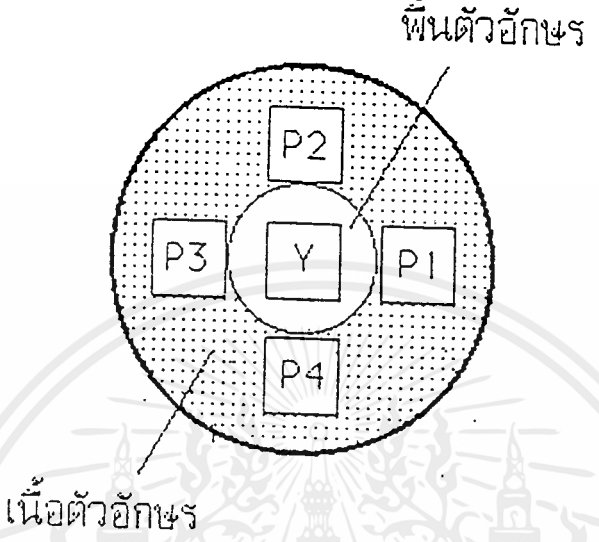


รูปที่ 3-5 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 รหัสพื้นตัวอักษร (Q-code)

พื้นตัวอักษรซึ่งถูกแทนด้วย 0 ในรูปที่3-2 จะถูกแปลงด้วยการเข้ารหัสQโดยการพิจารณาเฉพาะจุดที่เป็นรหัส 0 ตามวิธีการดังในรูปที่ 3-6



รูปที่3-6 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร

ถ้าให้จุดที่yเป็นรหัสที่แทนด้วย 0ซึ่งเป็นส่วนของพื้นตัวอักษรที่เรากำลังพิจารณาที่จะแปลงรหัสและพิจารณาลักษณะการวางตัวของจุดyว่าถูกล้อมรอบด้วยเส้นตรงหรือจุดที่เป็นเนื้อของตัวอักษรซึ่งแทนด้วยรหัส 1 หรือไม่ ในทิศทางทั้ง 4 จากจุดที่กำลังพิจารณา ซึ่งกำหนดให้ P1,P2,P3,P4 ตามลำดับ ถ้าพบรหัสแทนที่เป็น 1 ด้านใดก็ให้แทนค่า Pในทิศทางนั้นด้วย1ถ้าหากไม่พบรหัสที่เป็น 1ก็ให้แทนค่าของPในทิศทางนั้นด้วย 0โดยพิจารณาทั้ง4ทิศทางตามลำดับจะพบว่ามีโอกาสเป็นไปได้ที่จะมีการวางตัวของรหัสที่เป็น1จากทิศทางทั้ง 4 ด้วยกัน 16 กรณีซึ่งสามารถเขียนแสดงในตารางที่3-2และแทนลักษณะการวางตัวในลักษณะต่างๆด้วยรหัสแทนQ0,Q1,Q2,Q3,.....QF ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	ลักษณะแทน	รหัส	ลักษณะแทน
Q0		Q8	
Q1		Q9	
Q2		QA	
Q3		QB	
Q4		QC	
Q5		QD	
Q6		QE	
Q7		QF	

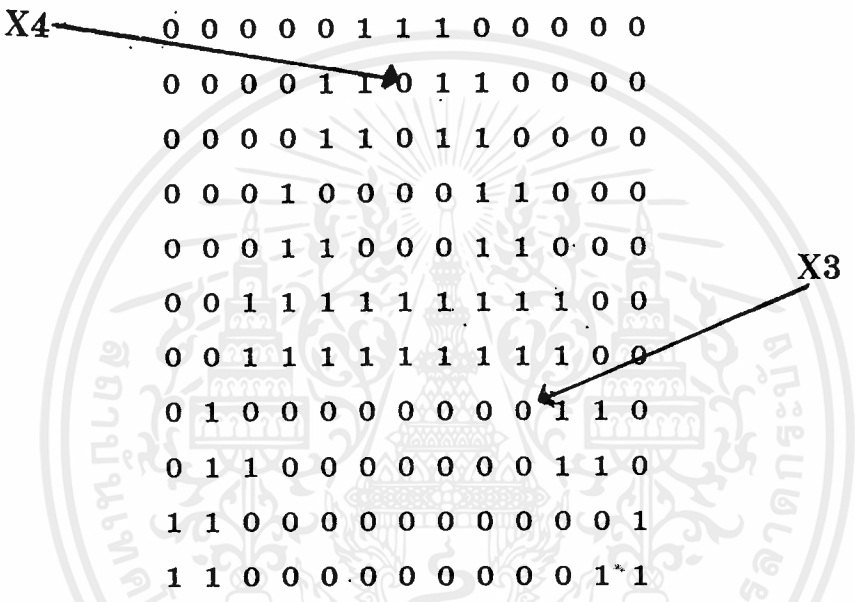
ตารางที่ 3-2 การกำหนดค่ารหัส Q

จากตารางที่3-2จะเห็นได้ว่าโอกาสในการเกิดตามเงื่อนไขการพิจารณาในส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรจะเป็นไปได้ด้วยกัน16กรณีซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้แต่ละแนวทางของการพิจารณาโดยให้มีแนวมาด้านล่างมีน้ำหนักเป็น 1 แนวทางด้านซ้ายมีน้ำหนักเป็น 2 แนวทางด้านบนมีน้ำหนักเป็น 4 แนวทางด้านขวามีน้ำหนักเป็น 8 ของจุดพื้นตัวอักษรที่มีรหัสแทนเป็น0ซึ่งเป็นจุดของพื้นตัวอักษรที่กำลังพิจารณาแล้วนำค่าที่ได้จากการพิจารณาการวางตัวของจุดพื้นตัวอักษรล้อมรอบด้วยรหัส 1 (P1,P2,P3,P4) หรือไม่ ทั้ง 4 ทิศทางไปแทนค่าในสมการที่ 3-1เพื่อหาค่าKซึ่งจะเป็นรหัสที่ใช้แทนในการพิจารณาการสร้างรหัสเบื้องต้นด้วยการพิจารณาพื้นตัวอักษรจะได้ค่าเป็นไปได้ทั้งหมด 16กรณีซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเลขฐาน 16 ตั้งแต่0,1,2,...Fแต่จาการทดลองเมื่อผ่านข้อมูลในกระบวนการแยกแยะตัวอักษรแล้ว จะทำให้รหัสพื้นตัวอักษรที่ได้มีเพียงแค่ 9 กรณีเท่านั้น ยกเว้นกรณีของ 0,1,2,4 และ 8 ด้วยข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนของการแยกแยะตัวอักษรแล้วเท่านั้นจะต้องแสดงส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรติดด้านทั้ง 4 ของขอบตัวอักษรภาพแต่ละตัวดังแสดงในรูปที่3-2รหัสพื้นของตัวอักษรจึงไม่เกิดกรณีที่ถูกล้อมรอบด้วยเส้นตรงหรือจุดที่เป็นรหัส1เพียงด้านเดียวหรือไม่ถูกล้อมรอบด้วยจุดที่เป็นรหัสเป็น 1 เลย ซึ่งสามารถแสดงการหารหัสพื้นตัวอักษรได้แสดงในรูปที่ 3-7 (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

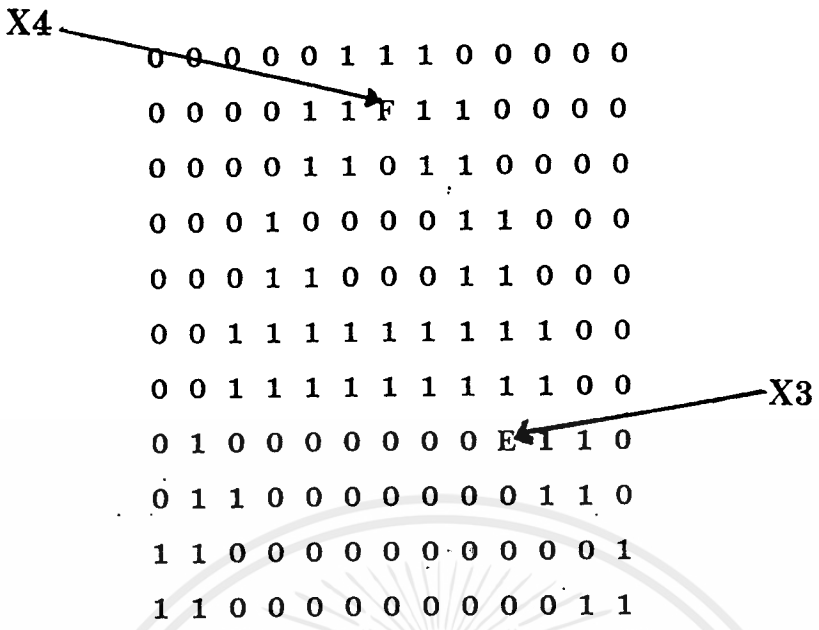
K = {(8*P1)+(4*P2)+(2*P3)+(1*P4)}……..3-1

จากรูปหากพิจารณาที่จุดx3และพิจารณาตามแนวทางทั้ง4เพื่อหาการถูกล้อมรอบด้วยเส้นที่มีรหัสเป็น 1 จะได้ค่าของ P1,P2,P3,P4 มีค่าเป็น 1,1,1,1 ตามลำดับและนำมาแทนค่าในสมการที่ 3-1 จะได้ค่าของk=15ซึ่งแทนด้วยรหัสFจะได้รหัสที่แทนในตำแหน่งx3นั้นด้วยFและในทำนองเดียวกัน หากพิจารณาที่จุด x4จะได้ค่าของP1,P2,P3,P4มีค่าเป็น1,1,1,0ตามลำดับ และนำมาแทนค่าในสมการที่ 3-1 จะได้ค่า k=14 ซึ่งแทนด้วยรหัส E จะได้รหัสแทนในตำแหน่ง x4 นั้นด้วย E



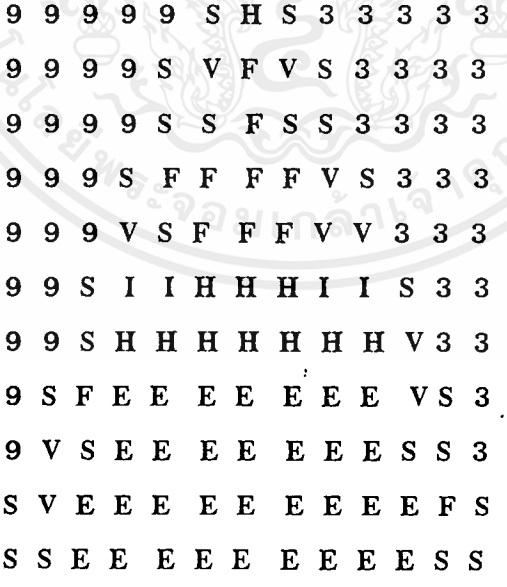
รูปที่ 3-7 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-7 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร

จากหัวข้อที่ 3.1.1และ 3.1.2เมื่อทำการพิจารณาทุกจุดของภาพทั้งในส่วนที่เป็นพื้นของตัวอักษรและส่วนที่เป็นเนื้อของตัวอักษรหรือเมื่อแทนค่าของรหัสPและรหัสQของทุกจุดของภาพแล้วจะสามารถแสดงดังในรูปที่ 3-8

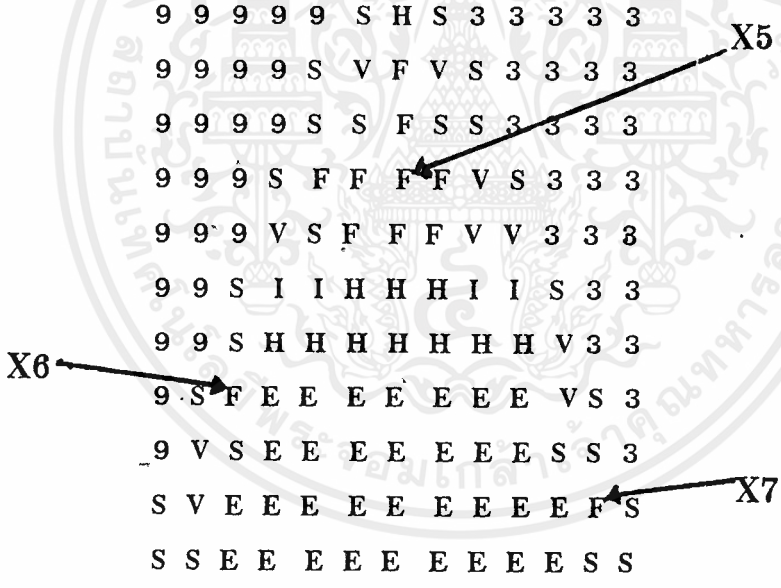


รูปที่ 3-8 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดรหัสเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 <u>การปรับรหัสพื้นตัวอักษร (Unification)</u>

จากขั้นตอนของการสร้างรหัสเบื้องต้นเป็นการพิจารณาแทนรหัสที่เป็นเนื้อตัวอักษรและส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรแต่ปัญหาที่เกิดจากการทดลองนั้น ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากกระบวนการเตรียมข้อมูล (การเขียนและเครื่องตรวจภาพ) อยู่ในลักษณะที่ไม่สมบูรณ์และมีลักษณะที่เว้า แหว่ง ไม่แสดงลักษณะโดยรวมของตัวอักษรบริเวณนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-9 จากรูปเมื่อพิจารณาจุด x5 จะเป็นได้ว่ารหัสที่ได้คือ F แต่ลักษณะที่แสดงไม่ได้ถูกล้อมรอบด้วยจุดที่มีรหัสเป็น 1 ในตำแหน่ง x5 จึงไม่แสดงลักษณะที่ถูกต้อง ซึ่งควรจะเป็นในลักษณะที่ถูกปิดด้วยเส้นที่มีรหัสเป็น 1 เพียงแค่ 3 ด้านเท่านั้น ในแบบรหัส E หากพิจารณาที่จุด x6,x7 ซึ่งทั้งสองจุดนี้แสดงลักษณะที่ไม่ถูกต้อง สาเหตุอาจเนื่องมาจากการผิดพลาดจากกระบวนการเตรียมข้อมูล เช่น ลักษณะการเขียน กระดาษ การเก็บภาพเป็นต้นทำให้เกิดลักษณะที่เว้าแหว่งแสดงรหัสข้อมูลไม่สอดคล้องกับลักษณะอักษรที่ถูกต้อง



รูปที่ 3-9 แสดงข้อมูลที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

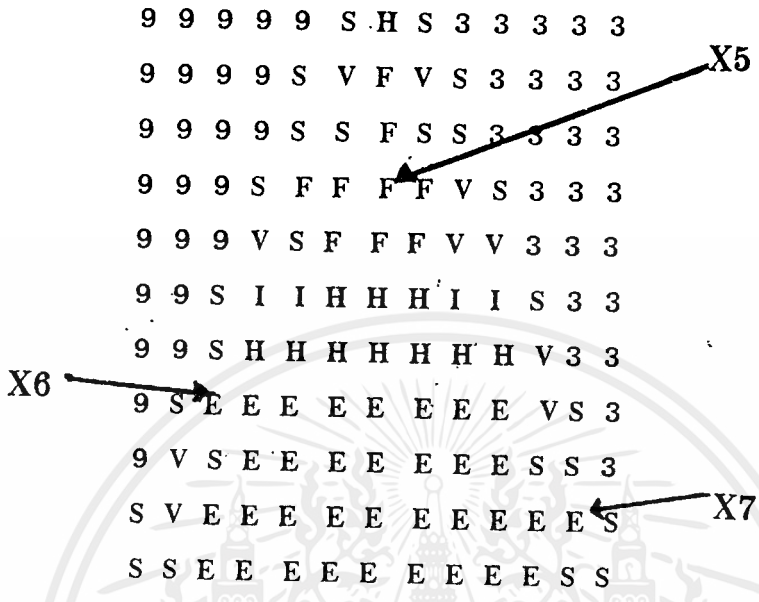
จากรูปลักษณะดังกล่าวจึงต้องมีการเพิ่มกระบวนการในการปรับส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร (ส่วนที่เป็นรหัสQ)เพื่อแสดงลักษณะของโครงสร้างโดยรวมของบริเวณเดียวกันและปรับรหัสพื้นตัวอักษรที่เกิดจากข้อมูลไม่สมบูรณ์(ผิดพลาดจากการเตรียมข้อมูล)ซึ่งอาศัยคุณสมบัติทางเรขาคณิตด้วยการนำค่ารหัสQที่อยู่ติดกันมาพิจารณาปรับรหัสตามกฎเกณฑ์ของการปรับรหัส Q ในตารางที่ 3-3 โดยการพิจารณาจุดที่สนใจให้อยู่ในตารางที่แถวที่1และให้จุดรอบข้างทั้ง4ทิศทางมีลักษณะในตารางแถวที่2ซึ่งถ้าตรงกับลักษณะใดลักษณะหนึ่งก็ให้เปลี่ยนเป็นรหัสในตารางแถวที่1เป็นรหัสในตารางแถวที่ 3 แทน

รหัสแถวที่ 1	รหัสแถวที่ 2	รหัสแถวที่ 3
	หรือ	
	หรือ	
	หรือ	
	หรือ	

ตารางที่ 3-3 กฎการปรับรหัสพื้นตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหัวข้อที่ 3-1 การสร้างรหัสเบื้องต้นจะได้ข้อมูลในรูปที่ 3-8 เมื่อทำการปรับรหัสพื้นตัวอักษร ตามเงื่อนไขจะได้ผลแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน การปรับรหัสพื้นตัวอักษร

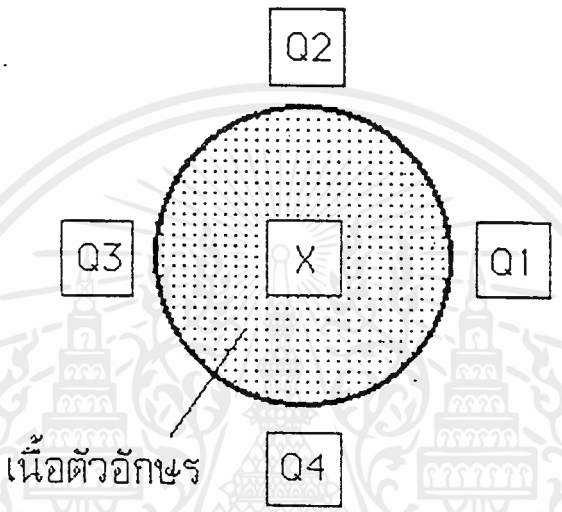
3.3 <u>การสร้างรหัสรวม (Concentration Code)</u>

เมื่อผ่านกระบวนการในการพิจารณารหัสแทนส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรและส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรและการปรับรหัสส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรกระบวนการต่อไปเป็นกระบวนการนำเอารหัสเบื้องต้นที่ได้ไปอธิบายและพิจารณาเก็บเป็นลักษณะเด่นเพื่อใช้แทนตัวอักษรนั้นๆในการนำเอารหัสเบื้องต้นไปอธิบายอาจทำได้โดยการใช้ส่วนที่เป็นเฉพาะรหัสที่เป็นเนื้อตัวอักษรนั้นๆหรือเฉพาะส่วนที่เป็นรหัสพื้นตัวอักษรส่วนใดส่วนหนึ่งไปอธิบายซึ่งทำให้ลักษณะข้อมูลที่ได้ไม่เด่นชัดในการอธิบายถึงลักษณะอักษรที่ใช้รหัสดังกล่าวไปแทน ดังนั้นในส่วนของการนำรหัสเบื้องต้นไปอธิบายจึงได้นำเสนอวิธีการสร้างรหัสรวมใหม่ซึ่งเกิดจากการพิจารณารหัสร่วมกันทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรและส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร โดยการนำรหัสในจุดที่พิจารณาและจุดที่อยู่รอบๆข้างทั้ง 4 ทิศทางมารวมกันเป็นรหัสรวม ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะของอักษรบริเวณนั้นๆได้ชัดเจนกว่า โดยสามารถแบ่งการพิจารณาสร้างรหัสรวมได้เป็น 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 <u>รหัสรวมที่ใช้เนื้อตัวอักษรเป็นหลัก</u>

โดยการพิจารณาใช้ส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรเป็นหลัก ซึ่งเป็นลักษณะของรหัส P แล้วพิจารณารหัส Q ในทิศทางที่อยู่โดยรอบทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังในรูปที่ 3-11 จากรูปให้ x เป็นส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรและQ1,Q2,Q3,Q4เป็นรหัสพื้นตัวอักษรที่ตำแหน่งแรกของการพิจารณาในแนวทางโดยรอบทั้ง 4 ทิศทางซึ่งถ้าการพิจารณาในแนวทางใดๆไม่พบรหัสในส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร ก็จะให้ค่าในส่วนที่แทน Q ใดๆนั้นด้วยศูนย์

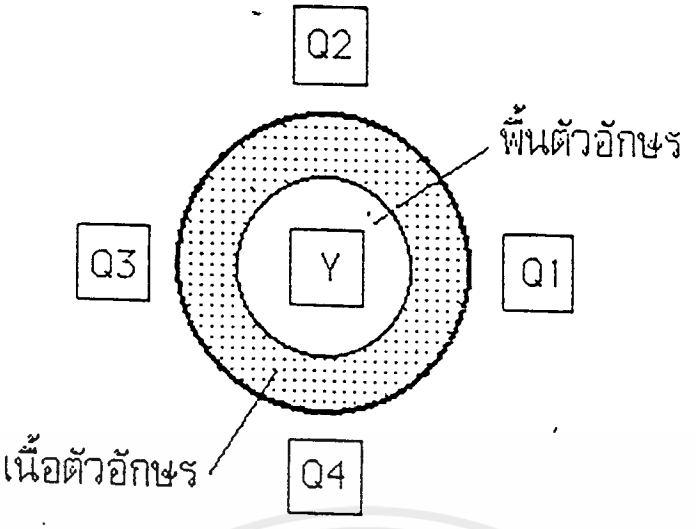


รูปที่ 3-11 Concentration โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร

3.3.2 <u>รหัสรวมที่ใช้พื้นตัวอักษรเป็นหลัก</u>

โดยการพิจารณาใช่ส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรซึ่งเป็นลักษณะของรหัสQแล้วพิจารณารหัส Q ที่อยู่ถัดไปจากรหัส P ที่อยู่ถัดจากจุดที่พิจารณาออกไปทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังรูปที่ 3-12 จากรูปที่กำหนดให้ y เป็นรหัส Q ส่วนพื้นตัวอักษรที่กำลังพิจารณา และให้ Q1, Q2, Q3, Q4 เป็นส่วนของพื้นของตัวอักษรในตำแหน่งแรกที่พิจารณาโดยผ่านส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรออกไปหากกาพิจารณาไม่พบส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะให้ค่าของ Q ใดๆด้วยศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

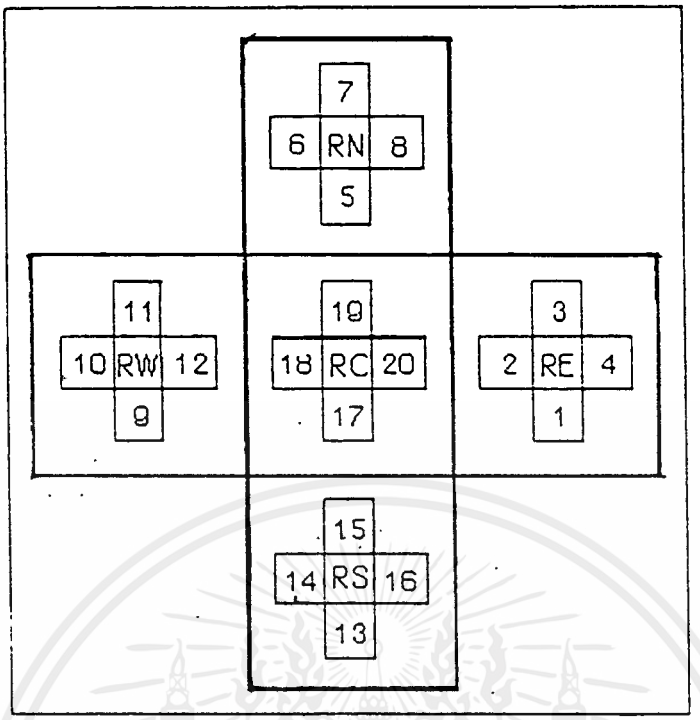


รูปที่ 3-12 Concentration โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร

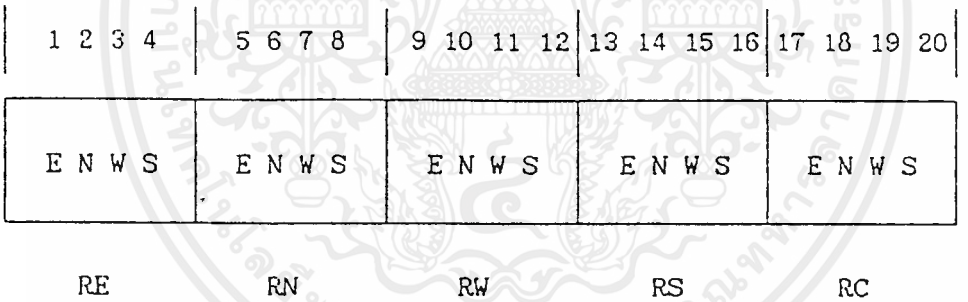
3.3.3 <u>การจัดโครงสร้างของรหัสรวม</u>

จากการพิจารณาสร้างรหัสรวมในหัวข้อที่3.3จะได้รหัสรวมที่แสดงโครงสร้างเป็น RE,RN,RW,RS,RC โดยค่าของ RE เป็นค่าของ Q1 ซึ่งมีขนาด 4 bits ,RN เป็นค่าของ Q2 ซึ่งมีขนาด 4 bits , RW เป็นค่าของ Q3 ซึ่งมีขนาด 4 bits , RS เป็นค่าของ Q4 ซึ่งมีขนาด4bitsและRCเป็นค่าของ x เมื่อพิจารณาในลักษณะรูปที่ 3-12 ซึ่งเป็นรหัสพื้นตัวอักษร 16 ตัวและส่วนรหัสเนื้อตัวอักษร 4 ตัว รวมเป็น 20 ตัวซึ่งต้องใช้ข้อมูลแสดงถึงความแตกต่างถึง20แบบจึงเกิดความไม่สะดวกในการอธิบายด้วยเลขฐานสองซึ่งต้องใช้ถึง 5 bits แต่จากการพิจารณาส่วนของการสร้างรหัสแทนพบว่าส่วนของรหัสพื้นตัวอักษรจะไม่เกิดขึ้น 5 รูปแบบอันเนื่องมาจากกระบวนการแยกแยะตัวอักษร ซึ่งได้แก่รหัส Q0,Q1,Q2,Q4,Q8 จึงได้พิจารณาแทนส่วนของรหัสเนื้อตัวอักษร4ตัวด้วยรหัสพื้นตัวอักษรที่ไม่เกิดโดยกำหนดให้ H,V,S,I แทนด้วยค่า Q8,Q4,Q2,Q1 ตามลำดับก็จะสามารถบอกความแตกต่างของข้อมูลได้เพียง16แบบซึ่งสามารถแสดงด้วยเลขฐานสองเพียง 4bitsจึงได้โครงสร้างของรหัสรวมจากทิศทางทั้ง 5 รวมเป็น 20 bits ดังแสดงในรูปที่ 3-13 (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



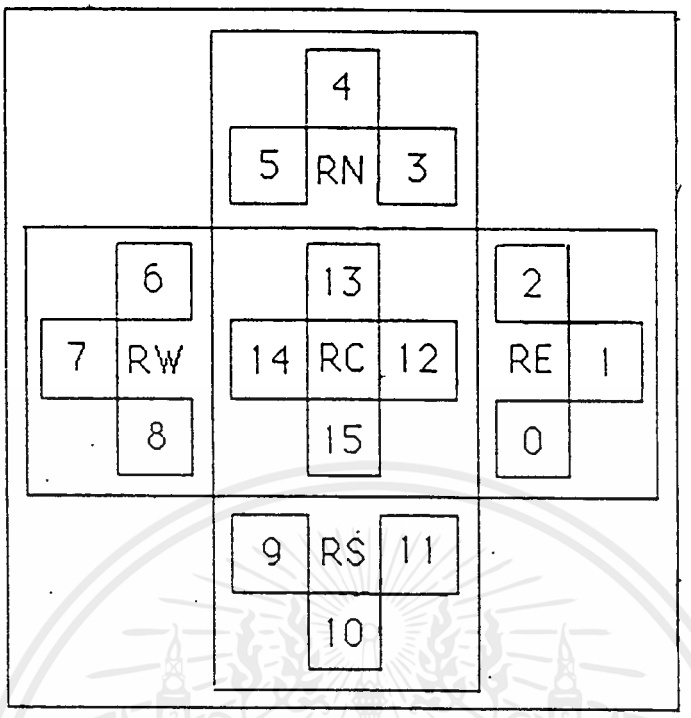
รูปที่ 3-13 (ก) แสดงการพิจารณาโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต



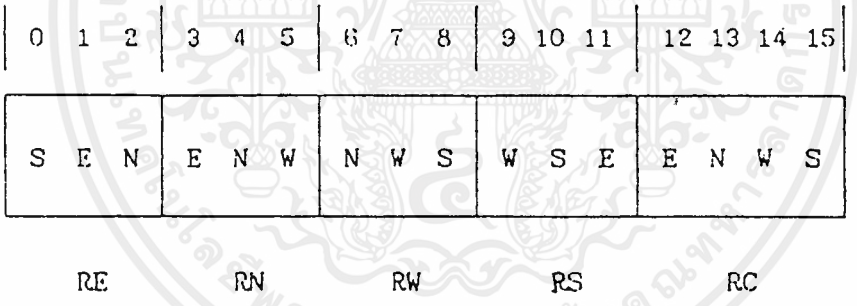
รูปที่ 3-13 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต

แต่จากการพิจารณาสร้างรหัสรวมดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการพิจารณารหัสรวมนั้น ส่วนของการพิจารณาหารหัส Q1,Q2,Q3,Q4 นั้นต้องพิจารณาผ่านส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรก่อนเสมอ หรือหมายความว่าบิตข้อมูลของ Q1,Q2,Q3,Q4 ด้านในที่อยู่ใกล้กับส่วนที่กำลังพิจารณาจะมีค่าเป็น 1 เสมอเมื่อพบรหัสQใดๆซึ่งไม่เป็นศูนย์ดังนั้นสามารถที่จะลดขนาดของบิตข้อมูลรหัสรวมลงได้อีก 4 bits เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลโดยเก็บเป็นรหัสรวมเพียง 16 bits หรือใช้เพียง 2 bytes สามารถลดลงได้ถึง 1 byte ซึ่งเป็นการลดขนาดข้อมูลและให้ความหมายของข้อมูลเดิม จึงมีโครงสร้างของข้อมูลรหัสรวมดังแสดงในรูปที่ 3-14 (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 (ก) แสดงการพิจารณาลดโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต



รูปที่ 3-14 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต

จากข้อมูลที่ได้จากการปรับรหัสพื้นตัวอักษรในรูปที่3-10สามารถแสดงการหารหัสรวมได้แสดงในรูปที่ 3-15

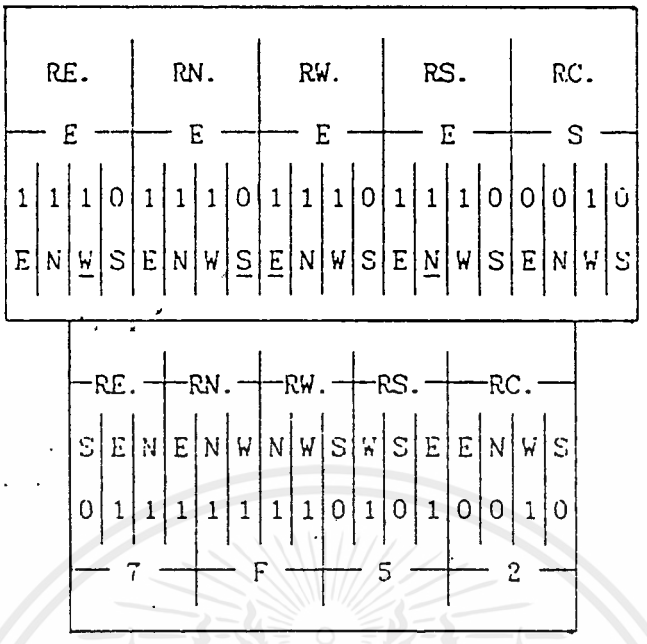
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 9 9 9 9 S H S 3 3 3 3 3
9 9 9 9 S V F V S 3 3 3 3
9 9 9 9 S S F S S 3 3 3 3
9 9 9 S F F F F V S 3 3 3
9 9 9 V S F F F V V 3 3 3
9 9 S I I H H H I I S 3 3
9 9 S H H H H H H H V 3 3
9 S E E E E E E E VS 3
9 V S E E E E E E S S 3
S V E E E E E E E E E S
S S E E E E E E E E S S

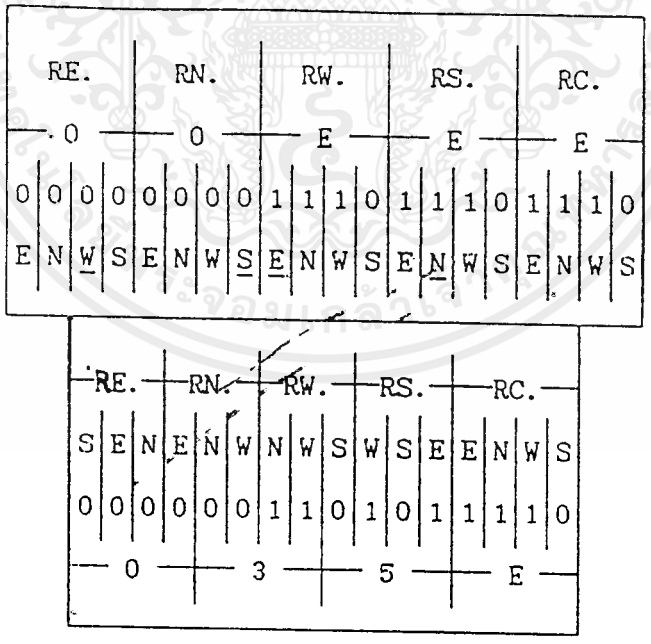
รูปที่ 3-15 แสดงการหารหัสรวม (Concentration Word)

ถ้าหากพิจารณาส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษร ในรูปที่ 3-10 บริเวณตำแหน่ง x8 จะได้ค่า Q ใดๆ โดยจะได้ว่าQ1,Q2,Q3,Q4และxเป็นE,E,E,EและSตามลำดับหรือเขียนแสดงตามโครงสร้างของรหัสรวมตามในรูปที่3-14 (ก) และ (ข) จะได้รหัสรวมในรูปของรหัสเนื้อตัวอักษรและรหัสพื้นตัวอักษรเป็นEEEES(1110,1110,1110,1110,0010)โดยการจัดเรียงตามลำดับการพิจารณาแล้วจัดรหัสรวมใหม่ตามการพิจารณารหัสรวมเป็น 7F52(011,111,110,101,0010) แล้วแสดงได้ในรูปที่ 3-15 และในรูปที่ 3-16 (ก) และในทำนองเดียวกันหากการพิจารณาในส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรดังในรูปที่ 3-10 บริเวณตำแหน่ง x9 จะได้ค่า Q ใดๆ โดยจะได้ค่า Q1,Q2,Q3,Q4 และ y เป็น 0,0,E,E และ E ตามลำดับหรือเขียนแสดงตามโครงสร้างของรหัสรวมตามในรูปที่3-14(ก)และ(ข)จะได้รหัสรวมในรูปของรหัสเนื้อตัวอักษรและรหัสพื้นตัวอักษรเป็น00EE(0000,0000,1110,1110,1110)โดยจัดเรียงตามลำดับการพิจารณาและจะได้รหัสรวมใหม่ตามการพิจารณารหัสรวมเป็น035E (000,000,110,101,1110) แล้วดังแสดงในรูปที่ 3-15 และรูปที่ 3-16 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 (ก) แสดงการลดขนาดของรหัสรวม EEEES



รูปที่ 3-16(ข) แสดงขนาดการลดขนาดของรหัสรวม 00EEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การปรับปรุงการปรับรหัสพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม

จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องและทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ได้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้จำตัวอักษรได้ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานอยู่ด้วยกัน 3 ส่วนหลักๆที่ผ่านมาคือ Pre-processingซึ่งเป็นส่วนของการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการเข้าสู่การประมวลผลในขั้นตอนนี้เริ่มต้นตั้งแต่การเก็บข้อมูลจากเครื่องตรวจกวาดภาพทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป0และ1เพื่อใช้ในการประมวลผลและทำการจัดแบ่งอักษรภาพออกจากกัน(แยกอักษรแต่ละตัวออกจากกัน)ซึ่งเรียกว่า Segmentation ส่วนการทำงานขั้นต่อไปเป็นขั้นตอน Processing ซึ่งได้ทำการดำเนินการที่ผ่านมาเป็น 3 ส่วนย่อยๆได้แก่

1.การให้รหัสพื้นฐาน (Initial Feature Extraction)

2.การปรับรหัสพื้นตัวอักษร(Unification)

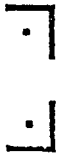
3.การหารหัสรวม(Concentration)

ส่วนการทำงานในขั้นตอนสุดท้ายนั้นเป็นขั้นตอนPost Processing เป็นขั้นตอนในการพิจารณาหาลักษณะเด่นของอักษรแต่ละตัวเพื่อใช้รหัสแทนอักษรตัวนั้นๆซึ่งจะนำไปใช้ในการพิจารณาทดสอบตัวอักษรต่อไปโดยวิธีการทาง Neural Network ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

4.1 การปรับรหัสพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม

จากการศึกษาและการทดลองตามวิธีการในการรู้จำตัวอักษรดังกล่าวนั้นยังปรากฏลักษณะของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการในการปรับรหัสพื้นตัวอักษรตามเงื่อนไขในตารางที่3-3ยังมีลักษณะที่ไม่แสดงรหัสโครงสร้างโดยรวมอย่างชัดเจน เนื่องจากกระบวนการรู้จำตัวอักษรที่เข้ามาทดสอบ ดังจะเห็นได้จากรูปที่4-1(ก)และ(ข)จึงต้องทำการเพิ่มเงื่อนไขของการปรับรหัสพื้นตัวอักษรให้มากขึ้น เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะอื่นๆได้อีก ดังแสดงในตารางที่ 4-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

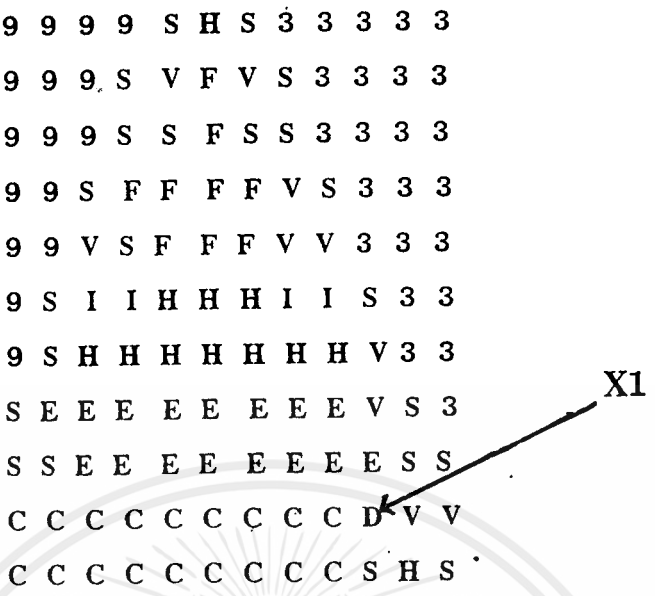
รหัสแถวที่ 1	รหัสแถวที่ 2	รหัสแถวที่ 3
		

ตารางที่ 4-1 แสดงการปรับรหัสพื้นตัวอักษรเพิ่มเติม

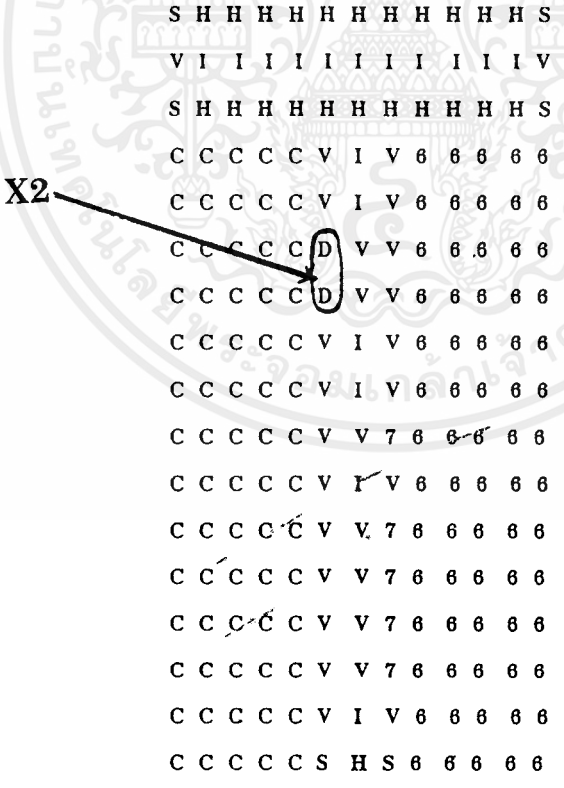
จากรูปที่4-1(ก)จะเห็นได้ว่ารหัสพื้นตัวอักษรที่ผ่านขั้นตอนการปรับรหัสพื้นตัวอักษรในตำแหน่ง x1 ซึ่งได้แก่รหัส D นั้นไม่ได้แสดงโครงสร้างของรหัสโครงสร้างโดยรวมที่ถูกต้องด้วยตำแหน่งดังกล่าวแสดงอยู่ในบริเวณส่วนเปิดด้านล่างของอักษร "A" และ จากรูป 4-1 (ข) ในตำแหน่ง x2 ซึ่งได้แก่รหัส D นั้นไม่ได้แสดงโครงสร้างโดยรวมที่ถูกต้องด้วยตำแหน่งดังกล่าวแสดงได้อยู่ในบริเวณส่วนเปิดด้านบนของเหนือส่วนหัวของตัวอักษร "T" ดังนั้นรหัส D ที่ได้เกิดจากความคลาดเคลื่อนของการเขียนอักษรและแสกนเก็บภาพ ทำให้เกิดลักษณะเว้าแหว่งไม่แสดงรหัสที่ถูกต้องจึงต้องเพิ่มเงื่อนไขของการปรับรหัสพื้นตัวอักษรจากตารางที่ 3-3 เพื่อแสดงรหัสโครงสร้างโดยรวมและยังเป็นการลดรหัสที่ไม่เกี่ยวข้องออกลดเงื่อนไขของการพิจารณารหัสที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการเขียนและแสกนเก็บภาพ ดังแสดงในรูป 4-2 (ก) และ (ข)

หลังจากการกระบวนการในการทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้น จนกระทั้งได้ รหัสรวมซึ่งแสดงโครงสร้างของตัวอักษรของทุกจุดภาพ ซึ่งจะได้นำรหัสรวมนี้ไปทำการรู้จำตัวอักษรโดยการใช้วิธีการที่เรียกว่า "NeuralNetwork" ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยเลียนแบบการทำงานของสมองของมนุษย์เพื่อใช้ในการตัดสินใจ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

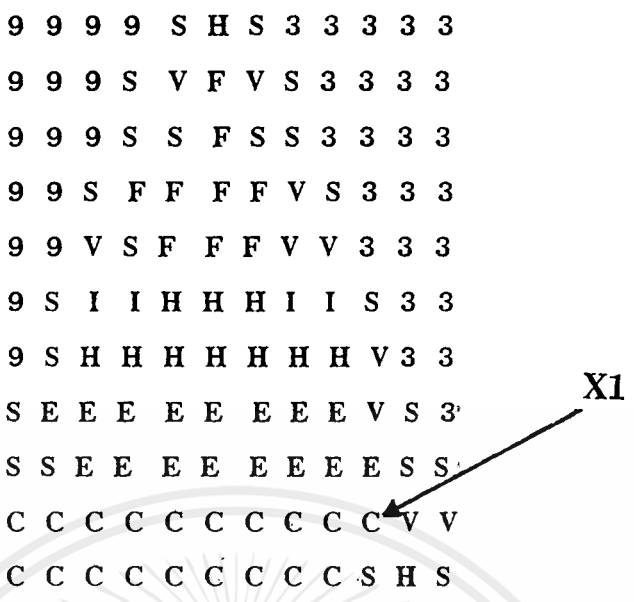


รูปที่ 4-1 (ก) แสดงข้อมูลโครงสร้างโดยรวมที่ไม่ชัดเจนของอักษร "A"

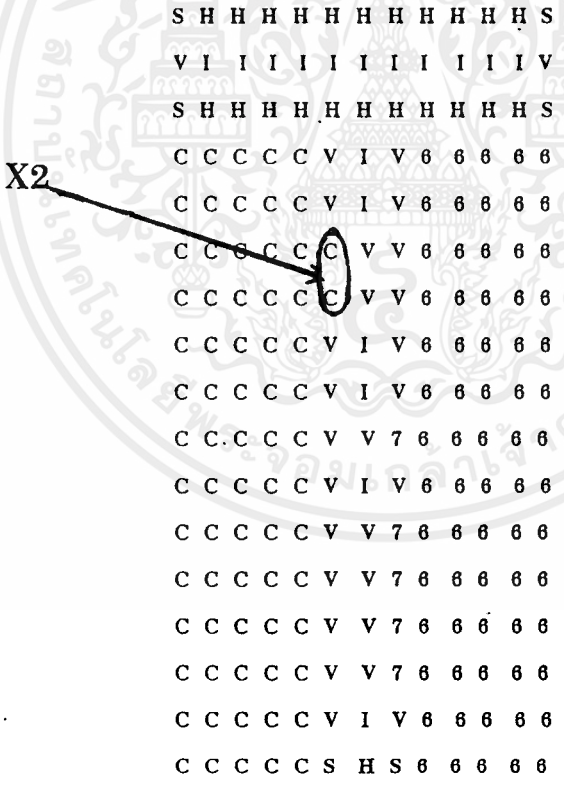


รูปที่ 4-1 (ข) แสดงข้อมูลที่มีโครงสร้างโดยรวมไม่ชัดเจนของอักษร "T"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

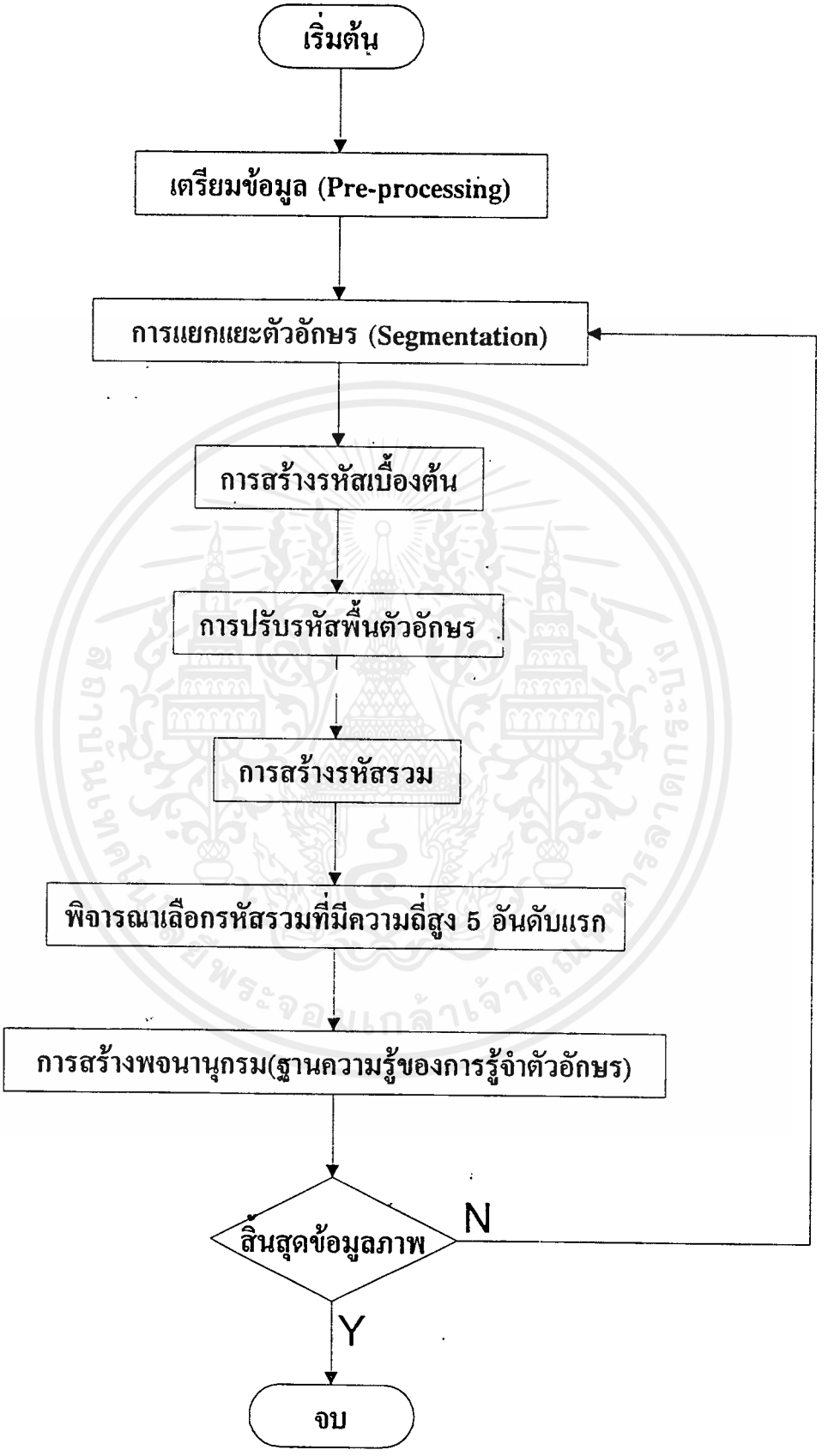


รูปที่ 4-2 (ก) แสดงข้อมูลที่ผ่านการปรับรหัสพื้นตัวอักษรของอักษร "A"



รูปที่ 4-2 (ข) แสดงข้อมูลที่ผ่านการปรับพื้นตัวอักษรของอักษร "T"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของการรู้จำอักษรคัดลายมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้นิวรอลเน็ตเวอร์ค
แบบแบ็กพร็อบพาเกชั่นในการจดจำตัวอักษร

นิวรอลเน็ตเวอร์ค(Neural Network)เป็นความพยายามอีกอย่างของมนุษย์ในการที่จะลอกเลียนแบบธรรมชาติ โดยทั่วไปแล้วนิวรอลเน็ตเวอร์คจะถูกประกอบขึ้นจากหน่วยย่อยที่มีหน้าที่การทำงานคล้ายคลึงกับเซลสมองของมนุษย์ จากนั้นหน่วยย่อยเหล่านี้จะถูกจัดเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายในลักษณะที่ สัมพันธ์กับกายวิภาคทางสมองหรือบางครั้งอาจจะไม่ก็ได้และโดยการเชื่อมต่อกันในโครงข่ายนี้ทำให้นิวรอลเน็ตเวอร์คสามารถแสดงพฤติกรรมมากมายที่มีการตอบสนองคล้ายคลึงกับระบบประสาทในสิ่งมีชีวิตยกตัวอย่างเช่นความสามารถในการที่จะเรียนรู้จากประสบการณ์ , การจัดกลุ่มของข่าวสารจากตัวอย่างที่ให้ หรือจับลักษณะเด่นของอินพุทที่ประกอบจากข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

การศึกษาและสิ่งประดิษฐ์ทางด้านนิวรอลเน็ตเวอร์คได้ถูกนำเสนอออกมาทั้งในรูปของฮาร์ดแวร์และซอฟทแวร์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นฮาร์ดแวร์มักเรียกว่า Neurocomputer ซึ่งจะทำการจำลองการทำงานของเซลประสาทลงบนวงจรทางไฟฟ้าหรือทางOpticalจากนั้นอาจถูกนำมาใช้ร่วมกันกับคอมพิวเตอร์ธรรมดาได้ในลักษณะของ Co - processor ซึ่งสามารถเรียกใช้เหมือนกับเป็นโปรแกรมย่อยอันหนึ่งในระบบได้หรือในอีกแนวทางหนึ่งจะอยู่ในรูปของซอฟทแวร์โดยสร้างโปรแกรมเพื่อจำลองเซลประสาทและจุดเชื่อมต่อของเซลประสาทเหล่านั้นลงบนคอมพิวเตอร์แบบธรรมดา เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของมัน ตัวอย่างของ Neurocomputer เช่น Neuro-07 ของบริษัท NEC ที่จะประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์, Neuro-Engine Board และ Network Learning Software และสำหรับทางด้านซอฟทแวร์มีสถิติว่าโปรแกรมทางด้านนิวรอลเน็ตเวอร์คได้ถูกจำหน่ายไปถึงประมาณ 10,000 ชุดในอเมริกาในปี ค.ศ. 1988 เพียงปีเดียว

จุดอ่อนของนิวรอลเน็ตเวอร์ค มีอยู่ เช่นเดียวกับสมองของมนุษย์นั่นคือขีดจำกัดในการคำนวณตัวเลข ในขณะที่นิวรอลเน็ตเวอร์คมีความชำนาญพิเศษในการประมวลผลข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์,การเรียนรู้จากประสบการณ์ฯลฯ แต่ในข้อมูลปรกติทั่วไปการใช้คอมพิวเตอร์ธรรมดาจะเหมาะสมกว่าดังนั้นการจะนำนิวรอลเน็ตเวอร์คหรือ Neurocomputer ไปทำการคำนวณบัญชีเงินเดือน,บัญชีลูกหนี้ฯลฯจึงไม่อยู่ในวิสัยที่ควรจะทำหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็ คือแม้วิชาการทางด้านนิวรอลเน็ตเวอร์คจะถูกพัฒนาก้าวหน้าไปไกลเท่าใดก็ตามก็ไม่สามารถเข้ามาแทนที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแล้วได้ หากแต่จะเข้ามาช่วยเหลือในงานส่วนที่คอมพิวเตอร์ไม่สะดวกเท่านั้น-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

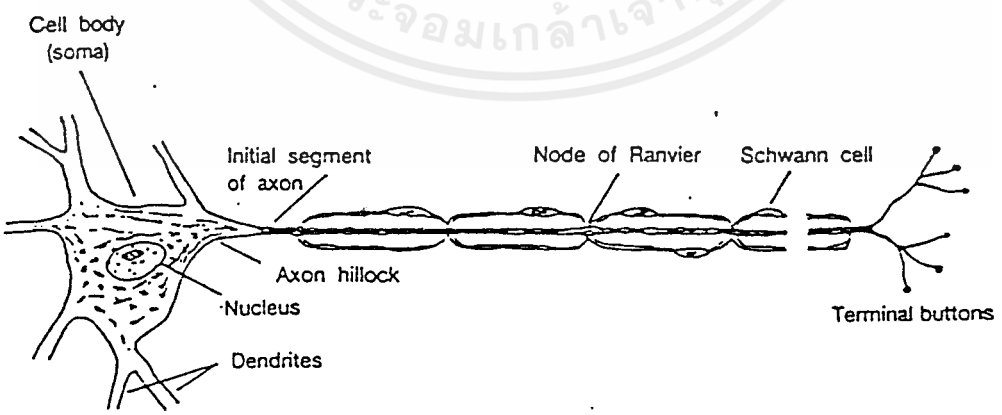
และในทำนองเดียวกัน ถ้าหากเราพิจารณาความสามารถพิเศษของนิวรอลเน็ตเวอร์ค ดังเช่น ความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์หรืออีกหลายๆอย่าง จะเห็นว่าความสามารถเหล่านั้นสามารถทำได้จากวิชาการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) เช่นกันโดยเฉพาะทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ซึ่งประสบความสำเร็จอย่างมากในหลายที่ แต่ก็ประสบกับปัญหาความยุ่งยากในการสร้างความสามารถสำหรับการเรียนรู้ จากประสบการณ์ไม่น้อย จนหลายคนอาจมองว่านิวรอลเน็ตเวอร์คอาจเข้ามาแทนที่ AI แต่ที่จริงแล้วมีสิ่งบอกเหตุหลายอย่างที่ชี้ว่าเทคนิคทั้งสองแบบน่าจะร่วมกันได้เป็นระบบโดยที่แต่ละตัวทำงานในส่วนที่ตัวเองถนัดมากกว่า

ความแตกต่าวระหว่างคอมพิวเตอร์ธรรมดากับนิวรอลเน็ตเวอร์ค อีกอย่างหนึ่งคือในคอมพิวเตอร์ธรรมดาเมื่อต้องการให้กามทำงานอย่างใดสามารถทำได้โดยการสร้างโปรแกรมแต่ในทางตรงข้ามนิวรอลเน็ตเวอร์คเมื่อต้องการให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งสามารถทำได้โดยการสอน(Training) โดยการฝึกสอนนี้จะทำให้นิวรอลเน็ตเวอร์คนำบทเรียนที่ได้จากการฝึกเข้าไปเก็บในโครงร่างของนิวรอล และจากนั้นจะถูกเรียกกลับขึ้นมาใช้เมื่ออยู่ในระหว่างประมวลผลข้อมูล

เนื่องจากนิวรอลเน็ตเวอร์คเป็นความพยายามที่จะเลียนแบบการทำงานของธรรมชาติดังได้กล่าวมาแล้วนั้น จึงจะขอพูดถึงเซลประสาทในธรรมชาติไว้ในที่นี้พอสังเขป

5.1 <u>ระบบนิวรอลในเซลประสาทของมนุษย์</u>

ระบบประสาทของมนุษย์ประกอบด้วยเซลประสาทประมาณ10พันล้านตัวเซลประสาทแต่ละตัวประกอบด้วย เซลประสาท (Cell Body) และแขนงที่แยกออกจากตัวเซลประสาท ซึ่งได้แก่ แอกซอน (Axon) และ เดนไดรต์ (Dendrite) ดังแสดได้ดังรูปที่ 5-1

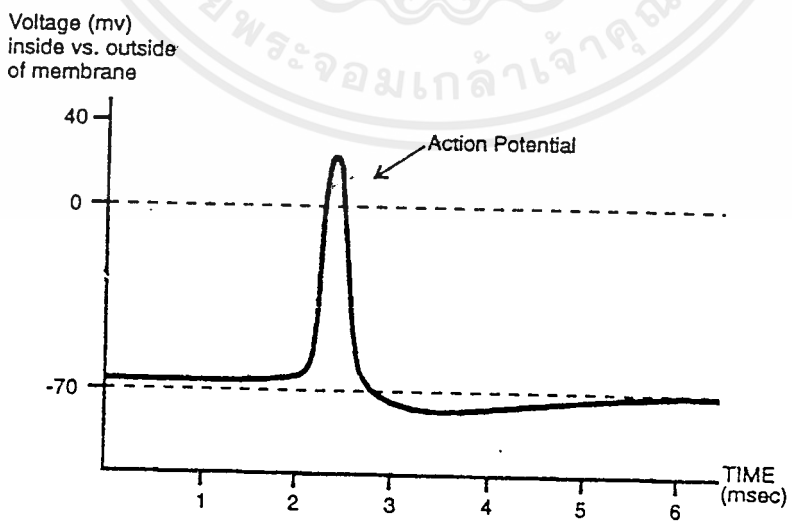


รูปที่ 5-1 แสดงเซลประสาท (Neuron) ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเซลประสาทจะประกอบด้วยนิวเคลียสและซัยโตปลาสซึมซึ่งมีออร์แกเนลล์มากมาย เช่นไมโตคอนเดรีย ,กอลจิคอมเพล็กซ์ ,ร่างแหเอนโดพลาสมิค,เออร์แกสโตปลาสซึม และไรโบโซม สำหรับ แอกซอน (Axon) นั้นมีจุดที่เรียกว่า Axon Hilloc ซึ่งเป็นส่วนที่หนาที่สุดของเซลประสาท โดยเซลประสาทหนึ่งตัวจะมีแอกซอนเพียงหนึ่งอันที่จะทอดตัวยาวออกไปยังอวัยวะแสดงผลเช่นกล้ามเนื้อหรือไปยังเซลประสาทตัวอื่นๆที่ทำงานร่วมกันทางด้านของเดนไดรต์(Dendrite)จะเป็นแขนงสั้นๆออกจากเซลประสาหลายจุดและเมื่อออกจากเซลประสาทก็จะแยกแขนงออกไปทันที ถ้าดูตามหน้าที่เดนไดรต์และตัวเซลประสาทจะมีบริเวณของตัวรับ(Receptor Zone) ซึ่งจะรับข้อมูลที่ส่งมาจากปลายแอกซอนของเซลประสาทตัวอื่นข้อมูลเหล่านี้ซึ่งอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมีจะกระตุ้นเซลประสาทเพื่อให้ส่งสัญญาณออกจากเซลไปสู่เซลประสาทตัวอื่นหรืออวัยวะสำแดงผลหรือกล่าวโดยสรุปก็คือ ในเซลประสาทนั้นหน้าที่ของแอกซอนคือเอาท์พุทที่จะนำสัญญาณหรือกระแสประสาทออกจากเซลประสาทตัวอื่นหรืออวัยวะสำแดงผลและเดนไดรต์เป็นตัวอินพุทข้อมูลหรือข่าวสารเข้าสู่เซลนั่นเอง

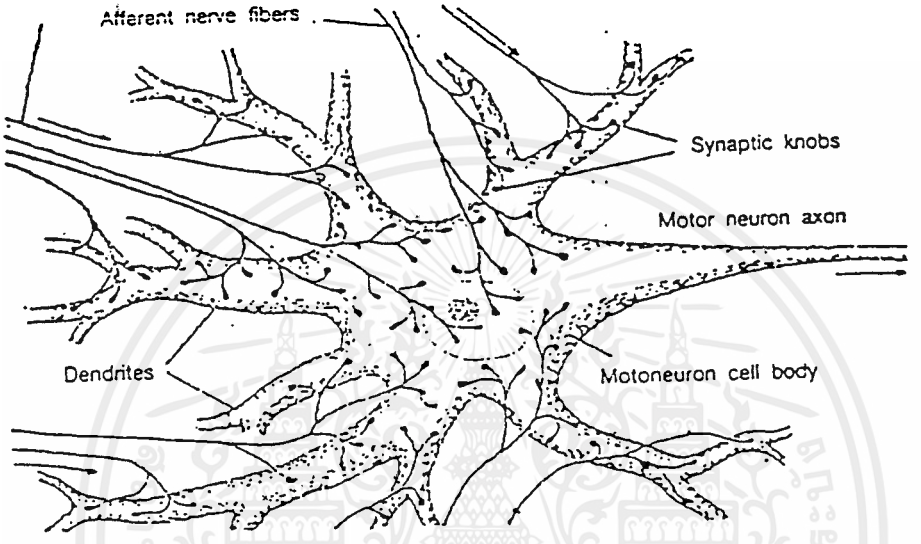
เซลประสาททั่วไปจะทำงานโดยการถูกกระตุ้นการกระตุ้นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลย์ของอิออนที่บริเวณตัวรับ(ReceptorZone)มากจนถึงจุดเทรชโฮลด์(Thershold)ความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลขณะปรกติจะมีค่าประมาณ -60 ถึง -90 มิลิโวลท์ จากนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลจนถึงจุดเทรชโฮลด์(Threshold)ตัวเซลประสาทก็จะส่งกระแสประสาทออกไปทางแอกซอน(Axon)โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลได้แสดงไว้ในรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 การตอบสนองทางไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างที่น่าสนใจอีกส่วนหนึ่งของเซลประสาทก็คือส่วนที่เรียกว่าไซแนปส์ (Synapse) ซึ่งไซแนปส์นี้คือจุดระหว่างของแอกซอนของเซลประสาทหนึ่งกับเดนไดรต์ของเซลประสาทอีกตัวหนึ่งโดยข้อมูลหรือข่าวสารจะส่งผ่านจากเซลประสาทตัวหนึ่งไปยังเซลประสาทอีกตัวหนึ่งโดยผ่านทางรอยต่อที่เรียกว่าไซแนปส์(Synapse)นี้ภาพของจุดที่เชื่อมต่อระหว่างเซลประสาทและภาพขยายของไซแนปส์ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 5-3 และ 5-4



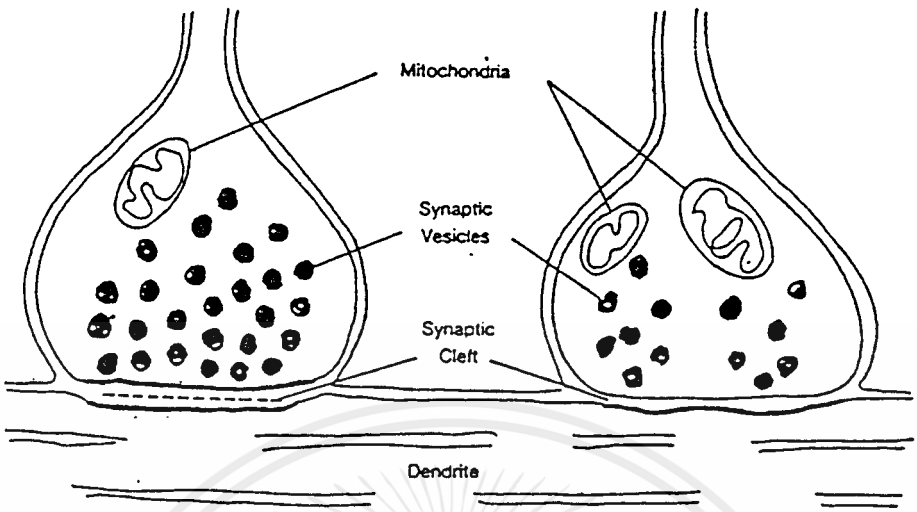
รูปที่ 5-3 Synapse หรือจุดที่เชื่อมต่อของเซลประสาท

จากรูปที่ 5-4 จะเห็นว่ามีโครงสร้างที่เรียกว่า Synapse Vesicles ซึ่งภายใน Synapse Vesicles นี้จะประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้ในการตอต่อระหว่างเซลหรือที่เรียกว่าสารสื่อประสาท (Chemical Transmitter) โดยสารนี้จะถูกหลั่งออกสู่ Synapse Cleft เมื่อมีศักย์แพร่เข้ามาที่ไซแนปส์ ลักษณะของสารสื่อประสาทแบ่งตามการทำงานได้ 2 ประเภทคือ

1.Excitatory Transmitters เป็นสารสื่อประสาทที่เมื่อหลั่งออกมาจะไปกระตุ้นให้อีกเซลหนึ่งทำงาน

2.Inhibitory Transmitters เป็นสารสื่อประสาทที่เมื่อหลั่งออกมาแล้วขะไปยับยั้งการทำงานของอีกเซลหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-4 ภาพขยายของ Synapse

การทำงานโดยใช้สารสื่อประสาทนี้ทำให้ไซแนปส์สามารถทำหน้าที่สำคัญให้กับเซลประสาทได้ดังนี้ คือ

1. ควบคุมให้ข้อมูลหรือกระแสประสาทเดินไปในทิศทางเดียวเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนของกระแสประสาทเกิดขึ้น

2. รวบรวมสัญญาณกระแสประสาทยากในหลายๆไซแนปส์ในลักษณะที่เป็นกุลไกของ Summation ตามลักษณะของสารสื่อประสาทที่เป็น Excitory หรือ Inhibitory

3.ขยายสัญญาณของข้อมูลกระแสประสาทเพื่อให้สามารถส่งไปได้กว้างขวางและแรงขึ้น

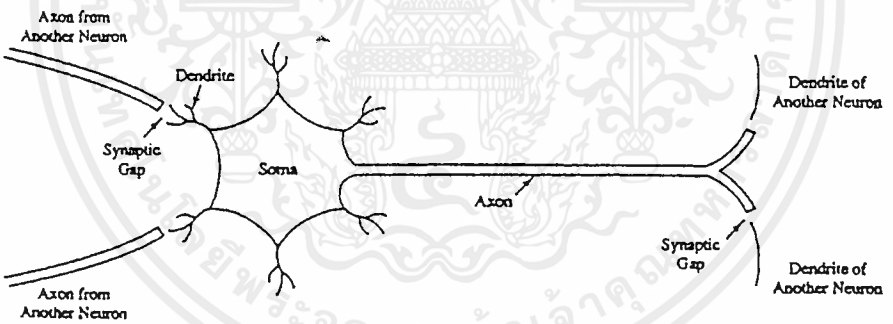
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงข่ายนิวรอน (Neural Network)

โครงข่ายนิวรอน (Neural Network) เป็นแนวความคิดหนึ่งทาง AI (Artificial Intelligence) ในการพยายามสร้างเครื่องจักร ที่จะสามารถเรียนรู้และจดจำ ซึ่งมีกระบวนการคล้ายคลึงกับกระบวนการทางสมองของมนุษย์

5.2.1 ลักษณะของโครงข่ายนิวรอน

โครงข่ายนิวรอน มีลักษณะเป็นการจำลองข้อมูลทางชีววิทยา ทางโครงสร้างสมองของมนุษย์ โดยการจำลองเอามาบางส่วนที่จำเป็นมาใช้ผสมกับรูปแบบการจัดโครงสร้าง ที่ถูกคิดขึ้น เพื่อทำให้เกิดฟังก์ชั่นที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอน มีอยู่หลายรูปแบบแต่ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานจะเหมือนกัน กล่าวคือ ลักษณะทางโครงสร้างพื้นฐานจะประกอบไปด้วยนิวรอน ซึ่งเป็น เซลท่างสมอง ของมนุษย์ ซึ่งโครงสร้างของนิวรอนจำลองแบบมา ลักษณะโดยทั่วไปของนิวรอนเซล (Neuron cell) มีลักษณะดังรูป

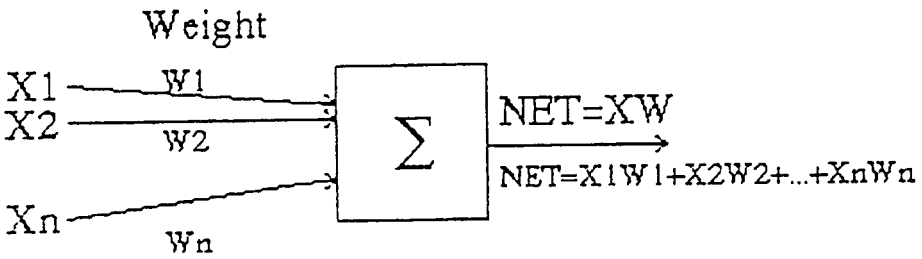


รูปที่ 5-5 ลักษณะของนิวรอนเซลของเซลประสาท

กล่าวคือจะประกอบด้วยส่วนของเดนไดร์ท (dendrites) ซึ่งยื่นออกมาจากเซลร่างกาย ไปเชื่อมต่อยังนิวรอนเซลอื่นๆ โดยที่จุดเชื่อมต่อเหล่านี้ จะมีส่วนของไซแนบส์ (synapse) ซึ่งสามารถปรับตัวได้เมื่อ input ได้ถูกส่งผ่านไซแนบส์ มาแล้วไปรวมกับเซลร่างกาย และ นิวรอนเซล จะส่ง output ออกทางเซลแอกซอน (axon) ตามลักษณะการรวมตัวกันของ input ที่เซลร่างกาย

สำหรับลักษณของนิวรอน (neuron) ของโครงข่ายนวรอน (Neural Network) จะมีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-6 นิวรอนของโครงข่ายนิวรอน

จากรูปจะมีลักษณะคล้ายกับนิวรอนเชล กล่าวคือ ส่วนของ input ที่เข้ามาจะมีค่าน้ำหนัก (weight) ซึ่งเปรียบเสมือนส่วนของไซแนบด์ ซึ่งสามารถปรับค่าได้ ผ่านเข้ามาในส่วนที่ทำหน้าที่รวม input ที่เข้ามาและออกเป็นค่า output ค่าหนึ่งสำหรับค่า output ที่ออกมาสามารถคำนวนได้ดังนี้

$$NET = X_1 W_1 + X_2 W_2 + \ldots\ldots\ldots + X_N W_N$$

หรืออาจเขียนเป็นรูปแบบของเวคเตอร์ได้ ดังนี้

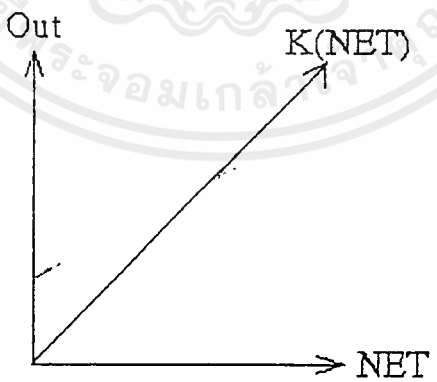
$$NET = XW$$

โดย X = เวคเตอร์ input

W = เวคเตอร์ น้ำหนัก

NET = เวคเตอร์ output

สำหรับโดยทั่วไปแล้ว ส่วน output ที่ออกมาจะถูกกระทำต่อไป โดยส่วนที่เรียกว่าฟังก์ชั่นการกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ



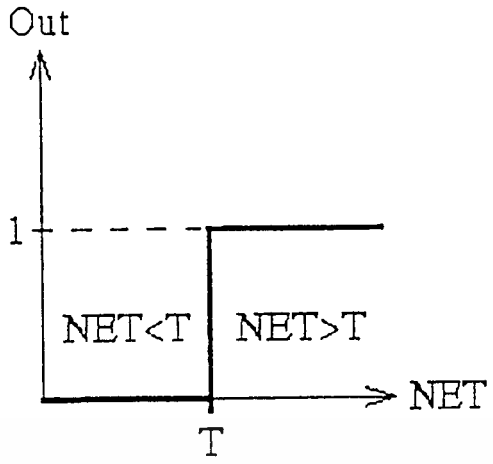
OUT = K (NET)

ซึ่ง K = ค่าคงที่

รูปที่ 5-7 สมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ

หรือในรูปของฟังก์ชั่น threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

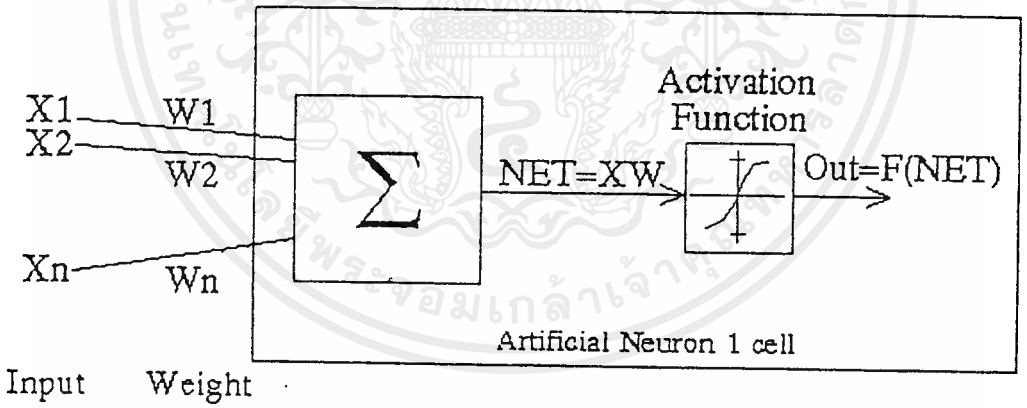


OUT = 1 ถ้า NET > T

OUT = 0 กรณีอื่น

รูปที่ 5-8 สมการ threshold

หรืออาจอยู่ในรูปฟังก์ชั่นที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear function) ตามรูปที่ 5-5 ที่ได้แสดงลักษณะของนิวรอนที่ได้รวมเอาฟังก์ชั่นการกระตุ้น (Activation Function) ตามรูป



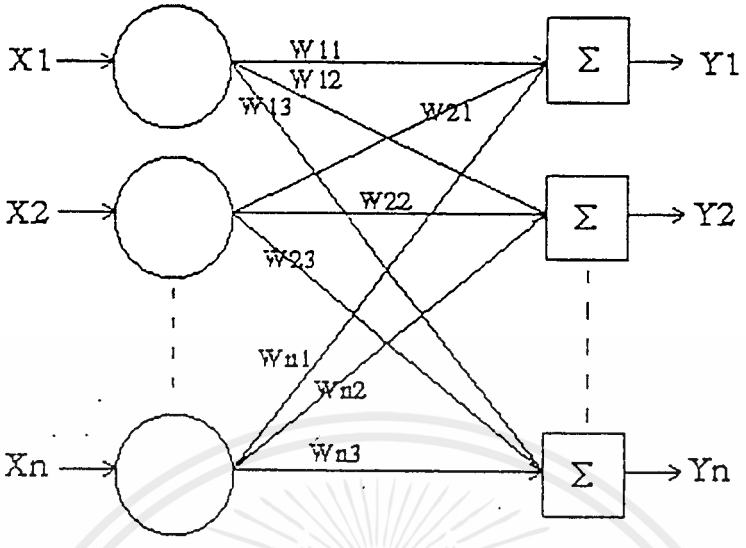
รูปที่ 5-9 ลักษณะของนิวรอน 1 หน่วย ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นการกระตุ้น

5.2.2 โครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น (Single Layer Neural Network)

ถึงแม้ว่าลักษณะของนิวรอนเพียง 1 นิวรอนจะสามารถทำฟังก์ชั่นบางอย่างได้ แต่ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการทำงานมาจากการรวมนิวรอนหลายๆนิวรอนเข้าด้วยกัน

ลักษณะรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของโครงข่ายนิวรอน จะจัดกลุ่มของนิวรอนมีลักษณะ 1 ชั้น ดังที่แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



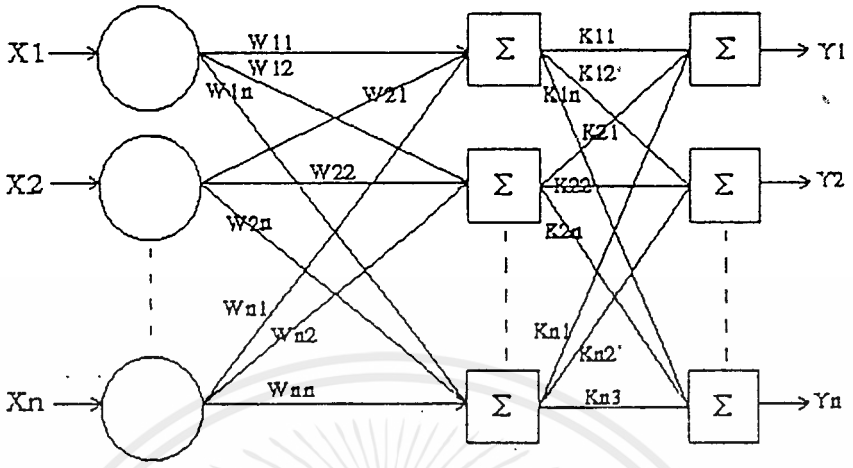
รูปที่ 5-10 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 1 ชั้น

สำหรับในส่วนของวงกลมจะเป็นส่วนที่แบ่งกระจาย input ไปยังนิวรอนต่างๆ สำหรับลักษณะโครงสร้างในรูปที่ 5-6 อาจจะมีการเชื่อมโยงในบางส่วนถูกตัดทิ้งไปหรืออาจจะมีการป้อนกลับจาก output ไปยัง input ได้เรียกว่ามีลักษณะย้อนกลับ (Backward Learning) เพื่อส่งสัญญาณผิดพลาดกลับไปปรับแต่ง weight ให้ดีขึ้นเพื่อลดการผิดพลาดของสัญญาณที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้กลุ่ม input ชุดหนึ่งๆ โดยโครงสร้างอย่างง่ายนี้สามารถฝึกสอนกลุ่ม input ที่มีลักษณะอย่างง่ายๆได้ แต่ถ้าต้องการนำไปประยุกต์ใช้กับ input ที่มี รูปร่างยากๆหรือคล้ายๆกันต้องเพิ่มชั้นของโครงข่ายนิวรอนอีกเพื่อขยาย weight ให้มากขึ้นในการเรียนรู้

5.2.3 โครงสร้างของนิวรอนในกรณีที่มีลักษณะหลาย ๆ ชั้น (Multilayer Neural Network)

ลักษณะของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะเพียง 1 ชั้น (Single Layer Neural Network) ถึงแม้ว่าจะทำงานได้ดีขึ้นจากนิวรอน เพียง 1 นิวรอน แต่ประสิทธิภาพในการทำงานจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าเราจัดรูปแบบโครงสร้างในลักษณะหลายๆชั้น ในรูปที 5-7 แสดงลักษณะโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น (Two Layer Neural Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-11 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 2 ชั้น

สำหรับประสิทธิภาพในการทำงานของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะหลายๆ ชั้นนี้ จะไม่เพิ่มขึ้นหรือไม่แตกต่างจากโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้นเลย ถ้าในส่วนของฟังก์ชั่นการกระตุ้นมีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

ถ้าให้ X เป็น input vector

W_1 เป็นค่าน้ำหนักในรูปเมตริกซ์ในชั้นที่ 1

W_2 เป็นค่าน้ำหนักในรูปเมตริกซ์ในชั้นที่ 2

เพราะฉะนั้นค่า output ที่ออกมาอยู่ในรูป

$$\text{Output} = (XW_1)W_2$$

ซึ่งจะจัดได้ใหม่จากรูปแบบการคูณ ดังนี้

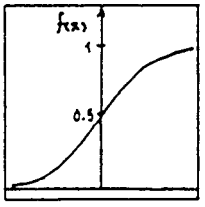
$$\text{Output} = X(W_1W_2)$$

ซึ่งแสดงว่าลักษณะของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น จะเหมือนกับลักษณะ 1 ชั้น คือมีค่าเมตริกซ์ ของค่าน้ำหนัก เท่ากับผลคูณของเมตริกซ์ของค่าน้ำหนักในชั้นที่ 1 คูณกับชั้นที่ 2

ดั้งนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะหลายๆ ชั้น เพิ่มจากโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น จึงควรกำหนดฟังก์ชั่นการกระตุ้นในลักษณะไม่เชิงเส้น โดยมีสมการของฟังก์ชั่นการกระตุ้นดังนี้

$$f(x) = 1/(1+\exp(-x))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



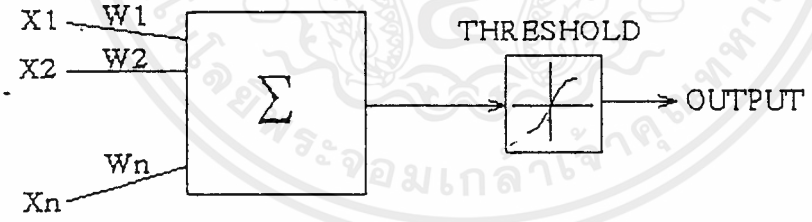
5.3 การฝึกสอน (Training) ของโครงข่ายนิวรอน

การฝึกสอนเป็นลักษณะที่จะพยายามสอนให้โครงข่ายนิวรอน มีความรู้ตามที่เราต้องการ โดยในลักษณะ การฝึกสอนของโครงข่ายนิวรอนจะเป็นการป้อนชุด input ให้แก่โครงข่ายนิวรอนและพยายามปรับค่าของน้ำหนัก ไปเรื่อยๆ เพื่อให้มีค่าลู่เข้าค่าของชุด output ที่เราต้องการให้มีค่าออกมา

โดยทั่วไปแล้วเราจะเรียกวิธีการสอนเพื่อให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้ เพื่อให้ได้ค่า output ที่เราต้องการว่า Training Algorithm

5.3.1 เพอเซปตรอน (Perceptron)

ลักษณะของนิวรอนในยุคแรกๆ ของโครงข่ายนิวรอน มีชื่อเรียกว่า เพอเซปตรอน ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 5-8

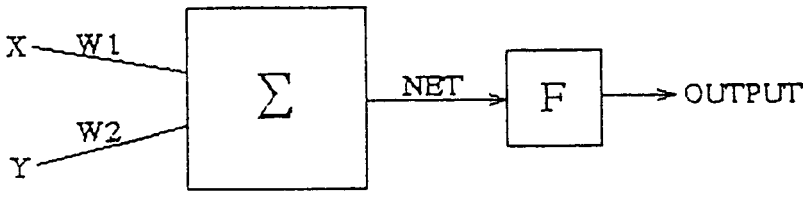


รูปที่ 5-12 ลักษณะของเพอเซปตรอน

ลักษณะโดยทั่วไปจะเหมือนกับนิวรอนที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มีลักษณะเฉพาะคือในส่วนของฟังก์ชั่นการกระตุ้น จะเป็นฟังก์ชั่น threshold ซึ่งให้ค่า 1 ออกมา ถ้าค่ารวมที่เข้ามามีค่ามากเกินกว่าค่าที่กำหนด จะให้ค่า 0 ออกมา ถ้าผลรวมมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนด

สำหรับการฝึกสอน จะกระทำในลักษณะเพียง 1 ชั้น ซึ่งประสบผลสำเร็จมากในช่วงแรกๆ แต่ต่อมาได้ประสบปัญหาบางอย่างซึ่งลักษณะของเพอเซปตรอน เพียง 1 ชั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เช่นปัญหาเกี่ยวกับ เอกคลูซีฟออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-13 เพอเซปตรอนที่ใช้แก้ปัญหา

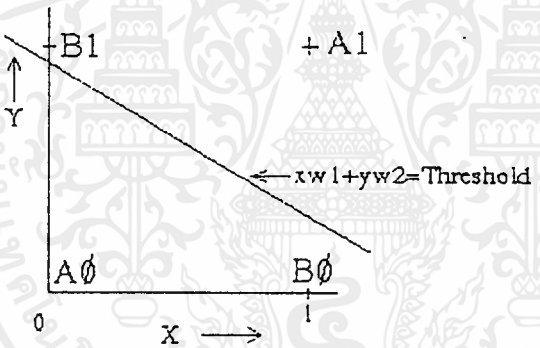
ถ้า x และ y เป็นอินพุทที่จะทำการ XOR เพราะฉะนั้นจะมีค่า NETที่ออกมาเท่ากับ

$$NET = XW_1 + YW_2$$

ถ้าเรากำหนดค่า threshold ของฟังก์ชั่น F ให้มีค่าๆหนึ่งและกำหนดค่า W_1 และ W_2เป็นค่าๆหนึ่งแล้วจะได้สมการเป็น

$$Threshold = XW_1 + YW_2$$

ถ้าเราทำการ plot กราฟในพิกัดแกน X-Y จะได้กราฟเป็นเส้นตรงดังรูป



รูปที่ 5-14 กราฟความสัมพันธ์ X-Y

พิจารณาตาราง XOR ในรูปจะได้

Point	Xvalue	Yvalue	Desired Output
A0	0	0	0
B0	1	0	1
B1	0	1	1
A1	1	1	0

รูปที่ 5-15 ตาราง XOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

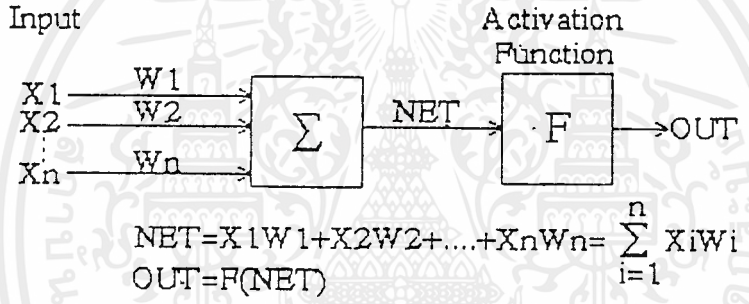
5.3.2 โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น (Backpropagation)

หลังจากประสบปัญหาเกี่ยวกับการฝึกสอนให้โครงข่ายนิงรอนแบบหลายๆมาเป็นเวลานาน ต่อมาได้มีการคิด algolithm ขึ้นมาเพื่อทำการฝึกสอนให้แก่โครงข่ายนิวรอน ในลักษณะหลายๆชั้น โดยเรียกวิธีการสอนนี้ว่า Backpropagation Neural Network

5.3.2.1 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่าย

1. นิวรอน

ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบ Backpropagation มีลักษณะดังรูป



รูปที่ 5-16 ลักษณะนิวรอนของโครงข่ายแบบแบคพรอบพาเกชั่น

และลักษณะทั่วๆไป จะคล้ายกับลักษณะทั่วๆไปของนิวรอนที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มีส่วนที่ต่างกันคือ จะมีการเพิ่มฟังก์ชั่นการกระตุ้นที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งสมการที่นิยมใช้กับฟังก์ชั่นการกระตุ้นคือ

$$OUT = F(NET) = 1/(1+\exp(-NET))$$

จากสมการอธิบายได้ว่า ถ้า NET = 0 แล้ว OUT = 0.5

NET >> 0 แล้ว OUT = 1

NET << 0 แล้ว OUT = 0

ซึ่งสามารถแสดงกราฟได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาสมการที่ให้ค่า NET ออกมาใหม่อีกทีจะเห็นว่าค่า NET ที่มีค่ามากกว่า threshold จะมีค่าอยู่ทางซีกใดซีกหนึ่งของเส้นตรง ส่วนค่า NET ที่มีค่าน้อยกว่าจะอยู่อีกซีกหนึ่ง

ปัญหาของ XOR นี้จะแก้ได้โดยการใช้ลักษณะของการใช้เพอเซปตรอนหลายๆชั้น แต่วิธีการที่ให้ได้มาซึ่งค่าของน้ำหนักของโครงข่ายเป็นลักษณะของการกำหนดค่าโดยใช้ความคิดขึ้นมาเอง ไม่ใช่ลักษณะของการฝึกสอน ดังนั้นปัญหาจึงเกิดจากการขาดการฝึกสอนตัวโครงข่ายหลายๆชั้น

<u>กฎของเดลตา</u>

กฎของเดลตานี้เป็นกฎสำคัญของการฝึกสอนเพอเซปตรอน และต่อมาขยายการฝึกให้กับโครงข่ายนิวรอนที่มีลักษณะหลายชั้น โดยกฎนี้จะถูกใช้ในการปรับน้ำหนักของเพอเซปตรอนได้อย่างสมเหตุผล โดยมีลักษณะดังนี้

$$\delta = (T-A)$$

โดยที่ T เป็นค่า output ที่ต้องการจากเพอเซปตรอน

A เป็นค่า output ที่ออกมาจริง ตามการป้อน

δ เป็นค่าผลต่างของ 2 ค่าบน

หลังจากได้ค่าของเดลตาแล้ว ค่านี้จะถูกนำไปคูณกับค่า input แต่ละ input เพื่อนำไปใช้ในการปรับค่าน้ำหนักให้เหมาะสม นอกจากนั้นยังต้องถูกนำไปคูณกับค่าอัตราการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกสอนให้เร็วขึ้นหรือช้าลง ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\Delta i = n\delta Xi$$

ซึ่งค่า Δi หมายถึงค่าที่ต้องถูกนำมาใช้ในการปรับน้ำหนักของแต่ละค่าน้ำหนัก

Xi คือค่า input vector

n คือค่าอัตราการเรียนรู้

ดังนั้นสูตรการปรับค่าน้ำหนักสามารถเขียนได้ดังนี้

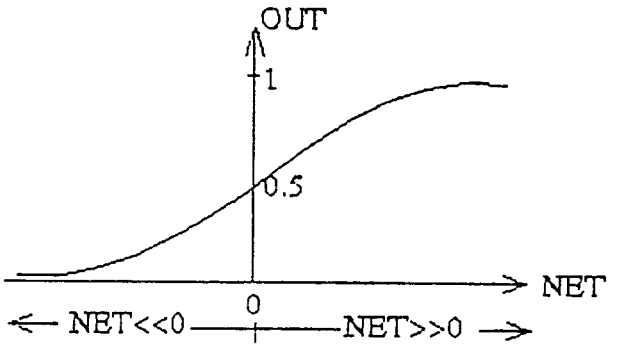
$$wi(n+1) = wi(n) + \Delta i$$

โดย Δi เป็นค่าน้ำหนักที่ต้องปรับของแต่ละ input

wi(n+1) เป็นค่าน้ำหนักหลังการปรับ

wi(n) เป็นค่าน้ำหนักก่อนการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-17 กราฟของฟังก์ชั่นการกระตุ้น

ซึ่งฟังก์ชั่นนี้เรียกว่า Sigmoid Function เนื่องมาจากเส้นโค้งของกราฟมีลักษณะคล้ายรูปตัว S ซึ่งค่า Derivative ของฟังก์ชั่นมีค่าดังนี้

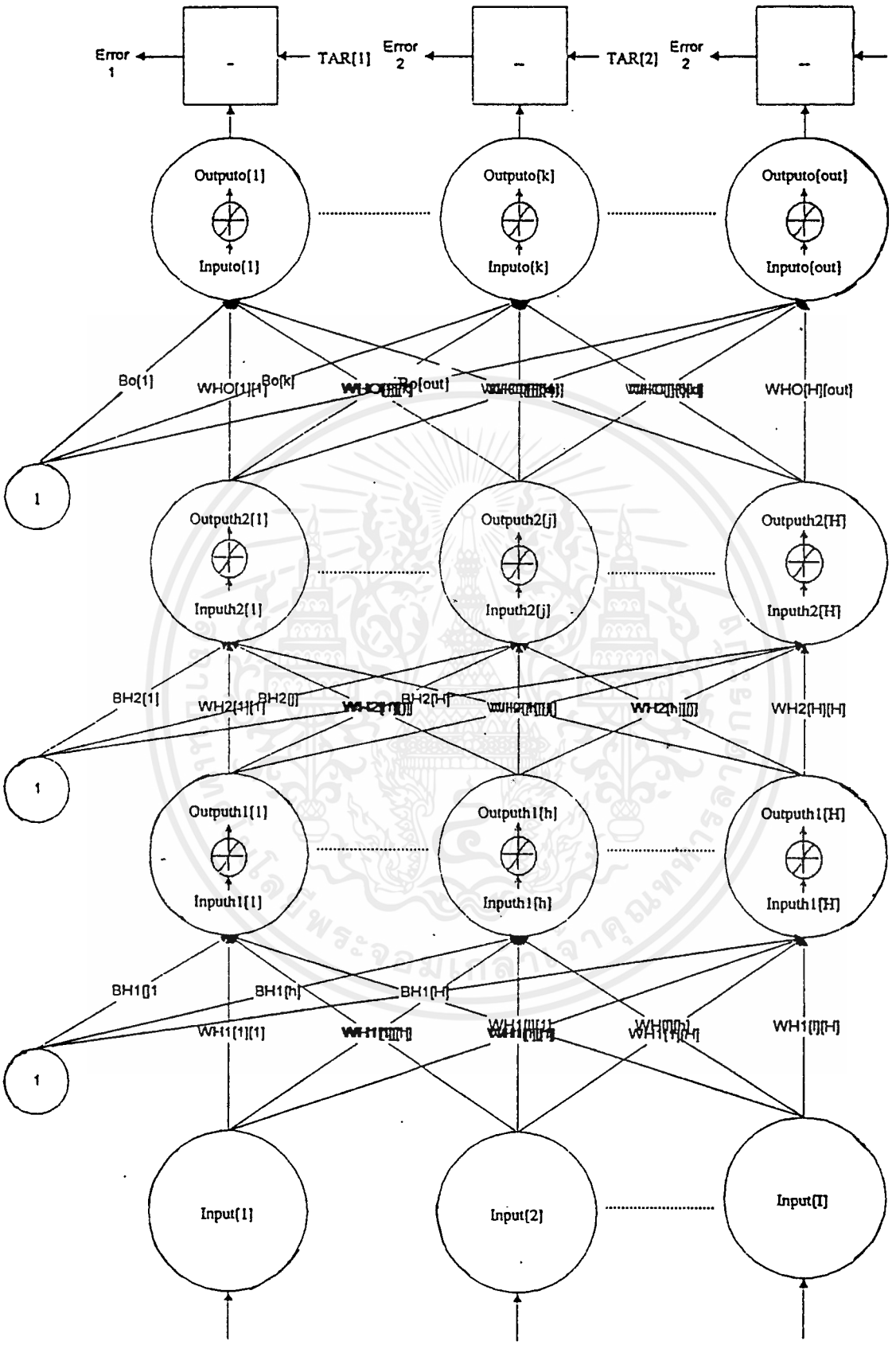
$$dOUT/dNET = OUT(1-OUT)$$

ซึ่งค่านี้จะใช้ในการปรับแต่งน้ำหนักโดยจะมีผลในการทำให้เกิดการลู่เข้าของค่า output ได้เป็นอย่างดี

2.ลักษณะของโครงข่ายหลายๆชั้น

ลักษณะโครงข่ายแบบแบคพรอบพาเกชั่นในลักษณะหลายๆชั้น ประกอบขึ้นจากนิวรอนที่ได้กล่าวมาข้างตน รวมกับส่วนที่ต้องการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่า output ที่ต้องการกับค่าที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งค่านี้จะถูกย้อนกลับไปในตัวโครงข่ายเพื่อใช้ในการปรับน้ำหนักภายในโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-18 โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น 2 ฮิดเดนเลเยอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยาม

Input [1,...,1600] = อินพุทเวคเตอร์ที่ใช้ในการฝึกสอน

TAR [1,...,87] = เอาท์พุทเป้าหมายที่ต้องการซึ่งเกิดจากการเซตด้วยตัวเราเองให้ตรงกับ input เป้าหมายที่ต้องการ

deltao [K] = ตำแหน่งที่ใช้ในการปรับค่าความผิดพลาดของเวตให้ถูกต้องต่อเวต เพื่อให้ ผลของค่าความผิดพลาดที่เอาท์พุทยูนิต และค่านี้จะเป็นข้อมูลที่บอก ค่าความผิดพลาดกลับขึ้นไปสู่ hidden units ซึ่งเป็นชั้นอยู่ก่อนหน้าที่ส่งข้อมูลมาสู่ยูนิต Inputo[K]

deltah2 [j] = สัดส่วนที่ใช้ในการปรับค่าผิดพลาดของเวต WH2[h][j] ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดที่เอาท์พุทยูนิต และค่านี้จะเป็นค่าที่บอกความผิเดพลาดกลับขึ้นไปสู่เลเยอร์ที่อยู่ก่อนหน้าที่ส่งสัญญาณเข้ามาสู่ยนิต Inputh2[j]

deltah1 [h] = สัดส่วนที่ใช้ในการปรับค่าความผิดพลาดให้ถูกต้อง สำหรับ WH1[h][j] ซึ่งทำให้เกิดค่าความผิดพลาดที่เอาท์พุทยูนิตและค่านี้จะเป็นค่าที่บอก ความผิดพลาดไปสู่เลเยอร์ที่อยู่ก่อน หน้าที่ส่งสัญญาณเข้ามาสู่ยูนิต Inputh1[i]

n = อัตราการเรียนรู้ ซึ่งใช้ค่า 0 ,1

alpha = โมเมนตัมของการปรับเวต ใช้ค่า 0.5

Input [I] = อินพุทยูนิต I

BH1 [h] = ค่าไบแอสบนฮิดเดนยูนิตตัวที่ h บนฮิดเดนเลเยอร์ที่ 1

BH2 [j] = ค่าไบแอสบนฮิดเดนยูนิตตัวที่ j บนฮิดเดนเลเยอร์ที่ 2

BO [K] = ค่าไบแอสบนเอ้าท์พุทยูนิตตัวที่ K บนเอาท์พุทเลเยอร์

Inputh2 [j] = อินพุทยูนิต j บนฮิดเดนเลเยอร์ที่ 2

โดยที่ $\text{Inputh2 [j]} = \text{BH2[j]} + \sum_{I}^{H} \text{OutputII]} * \text{WH2[I][J]}$

$\text{Outputh2} = 1/(1+\exp(-\text{Inputh2[j]}))$

Inputh [h] = อินพุทยูนิต h บนฮิดเดนเลเยอร์ที่ 1

โดยที่ $\text{Inputh1 [h]} = \text{BH1[h]} + \sum \text{Input[I]} * \text{WH1[I][j]}$

$\text{Outputh1 [h]} = 1/(1+\exp(-\text{Inputh1[h]}))$

Output [K] = เอาท์พุทยูนิต K บนเอาท์พุทเลเยอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $Inputo[K] = BO[K] + \sum Outputh2[I]*WHO[I][k]$

$Outputo[K] = 1/(1+exp(-Inputo[k]))$

อัลกอลิทึมของการฝึกสอน

ขั้นตอนที่ 0 เริ่มกำหนดค่าตัวแปรเวตทั้งหมดเป็นเลขระหว่าง -0.001 ถึง +0.001

ขั้นตอนที่ 1 ทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 13 ขณะที่ข้อความนี้เป็นจริง

While (errorb >0.005) && ([errorb(new)-errorb(old)] >0.0002)

ขั้นตอนที่ 2 สำหรับทุกคู่ของการฝึกสอนให้แก่โครงข่ายนิวรอนให้ทำขั้นที่ 3 ถึง 11

กระบวนการดำเนินการไปข้างหน้า

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับยูนิตอินพุท (Input [1 to 600]) ให้รับสัญญาณอินพุท Input[I] และกระจายสัญญาณไปสู่ยูนิตในชั้นบนซึ่งเป็น ยูนิตฮิดเดนเลเยอร์ในฮิดเดนเลเยอร์ชั้นที่ 1

ขั้นตอนที่ 4 สำหรับแต่ละฮิเดนยูนิต(Input1[h]) ให้หาผลรวมของการคูณกันของคู่เวต และอินพุทที่เข้ามา โดยมีสมการคือ

$$Inputh[h] = BH1[h] + \sum_{i}^{1600} Input[I]*WH[I][h]$$

จากนั้นทำการนำเอาผลลัพธ์ Input1[h] เข้าสู่ฟังก์ชั่นแอคติเวชั่นเพื่อหา สัญญาณเอาท์พุท Output1[h] ซึ่งมีสมการดังนี้

$$Output1[h] = 1/(1+exp(-Inputh1[h]))$$

แล้วนำสัญญาณ Outputh1[h] กระจายไปทุกยูนิตของเลเยอร์บนซึ่งคือ ทุกๆยูนิตบน hidden Unit ในเลเยอร์ 2

ขั้นตอนที่ 5 สำหรับแต่ละยูนิตบนฮิเดนเลเยอร์ชั้นที่ 2 (Inputh2[j]) ให้หาผลรวมของการคูณกันของคู่เวต และอินพุทที่ส่งสัญญาณเข้ามาหาโดยมีสมการของการหาคือ

$$Inputh2[j] = BH2[j] + \sum_{i}^{H} Inputh[I]*WH2[I][j]$$

จากนั้น ทำการนำเอาผลลัพธ์ Inputh2[j] เข้าสู่ฟังก์ชั่น แอคติเวชั่นเพื่อ หา สัญญาณเอาท์พุท ซึ่งมีสุมการคือ

$$Outputh2[j] = 1/(1+exp(-Inputh2[j]))$$

แล้วนำเอาสัญญาณนี้กระจายไปทุกๆยูนิตของเลเยอร์บน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 สำหรับแต่ละยูนิตบนเอาท์พุทเลเยอร์ (Out = 1,...,87) เราสามารถหาอินพุทของ output แต่ละตัว ซึ่งหาได้จากสมการ

$$Inputo[K] = BO[K] + \sum_{j=1}^{H} Outputh2[j] * WO[j][k]$$

และจากนั้นทำการหาผลลัพธ์เข้าสู่ฟังก์ชั่นแอคติเวชั่นเพื่อหาสัญญาณเอาท์พุท ซึ่งมีสมการคือ

$$Outputo[K] = 1/(1+\exp(-Inputo[K]))$$

ขั้นตอนที่ 7 $errorp = (1/2) * \sum_{i}^{out} (TAR[I] - OUTPUTO[I])^2$

กระบวนการย้อนกลับเพื่อหาค่าปรับสัญญาณผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 8 สำหรับแต่ละ Output Unit (Outputo [K] ,k=1,...,OUT) รับค่าเป้าหมายของแต่ละอินพุทแพตเทิร์นมาเพื่อคำนวนหาค่าผิดพลาด (detao[K]) ซึ่งมีสมการในการคำนวนดังนี้

$$deltao[K] = (TAR[K] - Outputo[K])(1-Outputo[K]) * Outputo[k]$$

ทำการคำนวนค่าเวตที่ต้องปรับปรุงเพื่อปรับค่าเวต WHO[j][K] ภายหลังซึ่งสมการของเวตที่ต้องปรับปรุงคือ $\Delta WHO[j][K]$

$$\Delta WHO[j][K]_{new} = (n * deltaO[K] + (alpha * BO[K]_{old})$$

และทำการส่งสัญญาณ deltao[K] ไปสู่ยูนิตในเลเยอร์ทุกตัวที่ต่ำกว่า 1 เลเยอร์

ขั้นตอนที่ 9 สำหรับแต่ละฮิเดนยูนิตใน เลเยอร์ที่ 2 (Input h2[j] , j = 1,..., (H = 200)) หาผลรวมของสัญญาณ เดลตา ซึ่งส่งมาจากเลเยอร์ข้าง [น มีสมการคือ

$$delta\ h2[j] = [\sum_{k=1}^{OUT} (deltao[K] * WHO[j][K])] * (1-Outputh2[j]) * Outputh2[h]$$

ทำการคำนวนค่าเวตที่ต้องการปรับปรุงเพื่อใช้ในการปรับเวต (WH2[h][j])

$$\Delta WH2[h][j]_{new} = (n * deltah2[j] * Outputh1[h]) + (alpha * \Delta WH2[h][j]_{old})$$

ทำการคำนวนค่าไบแอส (Bias) ที่ต้องปรับปรุงเพื่อปรับค่า BH2[j] ให้ถูกต้องขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta BH2[j]_{new} = (n*deltah2[j]) + (alpha*\Delta BH2[j]_{old})$$

และทำการส่งสัญญาณ deltah2[j] ไปสู่ยูนิตในเลเยอร์ที่ต่ำกว่าทุก node

ขั้นตอนที่ 10 สำหรับแต่ละฮิเดนยูนิตในเลเยอร์ที่ 1 (Inputh[h] , h = 1,..., (H = 200)) ทำการหาผลรวมของสัญญาณ delta ที่ส่งมาจากเลเยอร์ข้างบน ซึ่งมีสมการคือ

$$deltah1[h] = [\sum_{j=1}^{H}(deltah2[j]*WH2[h][j])] *(1-Outputh1[h]) * Outputh1[h]$$

ทำการคำนวนค่าไบแอสที่ต้องปรับปรุงเพื่อปรับค่า BH1[h] ให้ถูกต้องขึ้น

$$\Delta BH1[h]_{new} = (n*deltah1[h]) + (alpha*\Delta BH1[h]_{old})$$

และทำการส่งสัญญาณ deltah[h] ไปสู่ยูนิตในเลเยอร์ที่ต่ำกว่าทุก node

ขั้นตอนการปรับ weight และ bias

ขั้นตอนที่11 สำหรับแต่ละ output unit Outputo[K] (K = 1,...,OUT) ทำการปรับค่าไบแอสและค่าเวตทุกๆโหนด (j = 1,...,(H=200))

$$WHO[j][K]_{new} = WHO[j][K]_{old} + \Delta WH2[h][j]$$

$$BO2[j]_{new} = BH2[j]_{old} + \Delta BH2[j]$$

สำหรับแต่ละ ยูนิต ในเลเยอร์ที่ 2 Ohtputh2[j] (j = 1,...,H) ทำการปรับค่า ไบแอส และ เวต (h=1,...,H)

$$WH1[i][h]_{new} = WH1[i][h]_{old} + \Delta WH1[h][i]$$

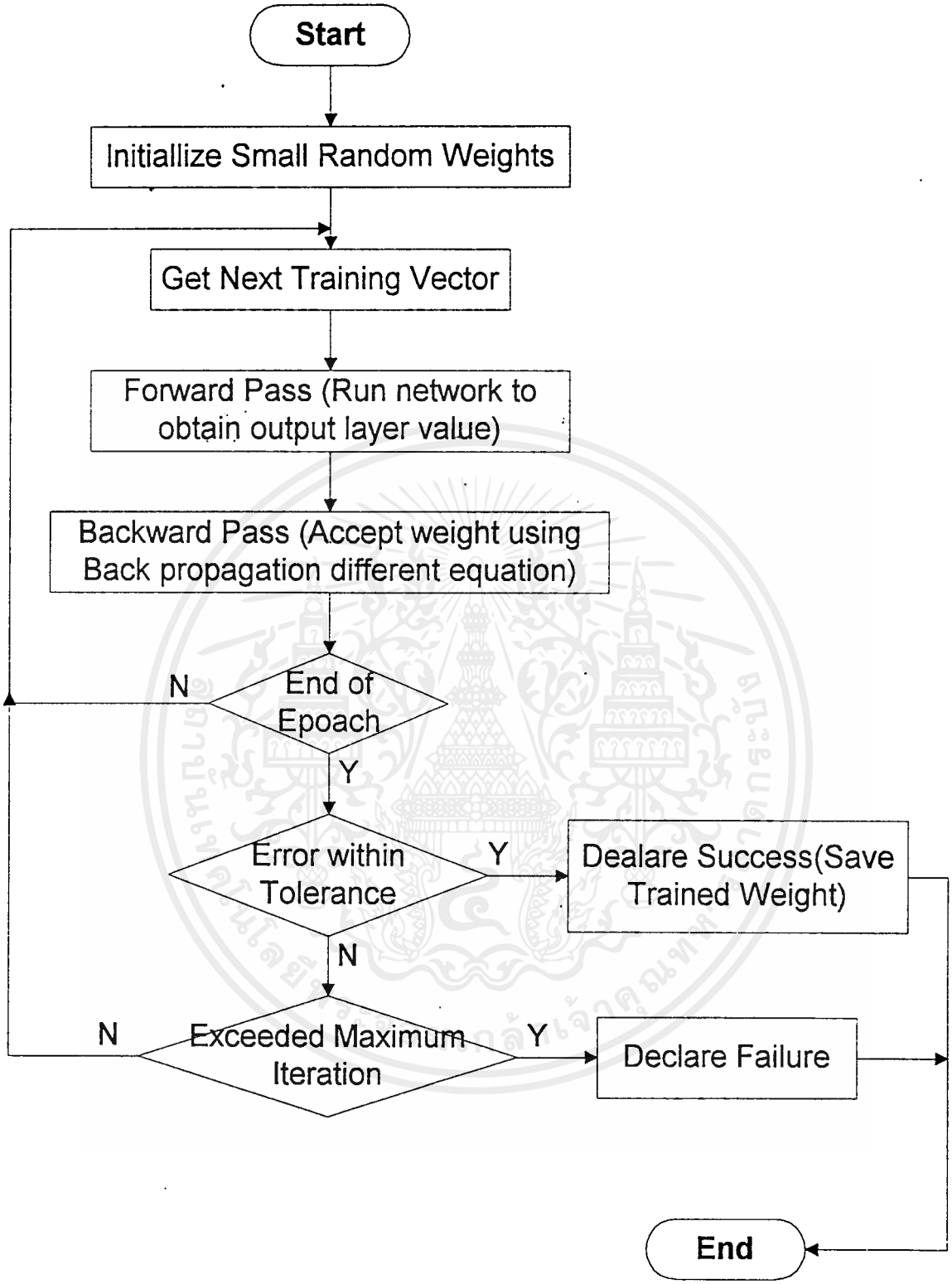
$$BH1[h]_{new} = BH1[h]_{old} + \Delta BH1[h] \text{ เมื่อ } (I=1,...,I)$$

ขั้นตอนที่12 อ่านอินพุทจากไฟล์ชุดฝึกสอนจนกว่าจบไฟล์ แล้วทำการปรับค่า

$$errorb = errorb + errorp$$

ขั้นตอนที่ 13 ทดสอบเงื่อนไขการสิ้นสุดการฝึกสอน คือถ้า (errorb > 0.05) และ ($errorb_{new}$ - $errorb_{old}$) > 0.0002 เป็นที่จอันใดอันหนึ่งให้หยุดการฝึกสอน โครงข่ายนิวรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-19 โฟล์วชาร์ตของ Back-propagation

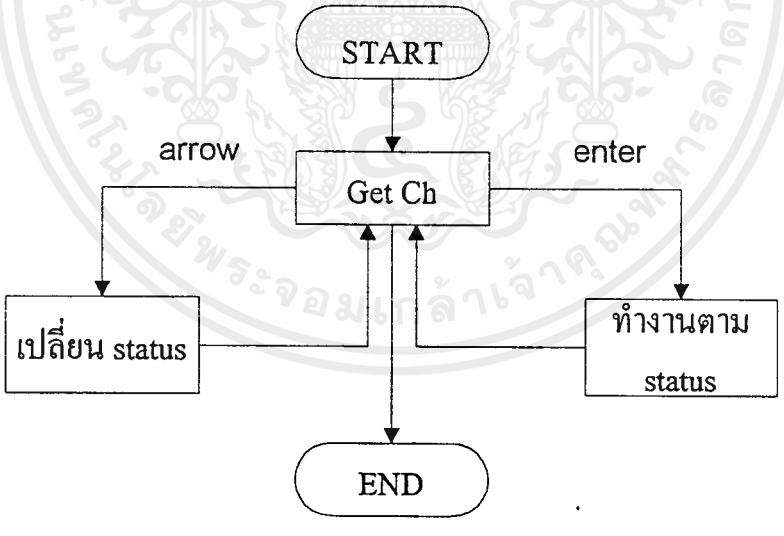
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
โปรแกรมการรู้จำตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ในปัจจุบันนี้โปรแกรมการรู้จำตัวอักษรได้มีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างกว้างขวาง และมีผู้ที่ศึกษาโดยใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาต่างๆหลายภาษา ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกเอาภาษา C++ ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจดจำตัวอักษรภาษาอังกฤษ ซึ่งมีรูปแบบของการเขียนโปรแกรมดังนี้

6.1 ส่วนของ Main

ส่วนของ Get ch เป็นส่วนที่ใช้จัดการเรื่องการรับ KEY ต่างๆ เพื่อกำหนด Status ในการทำงาน

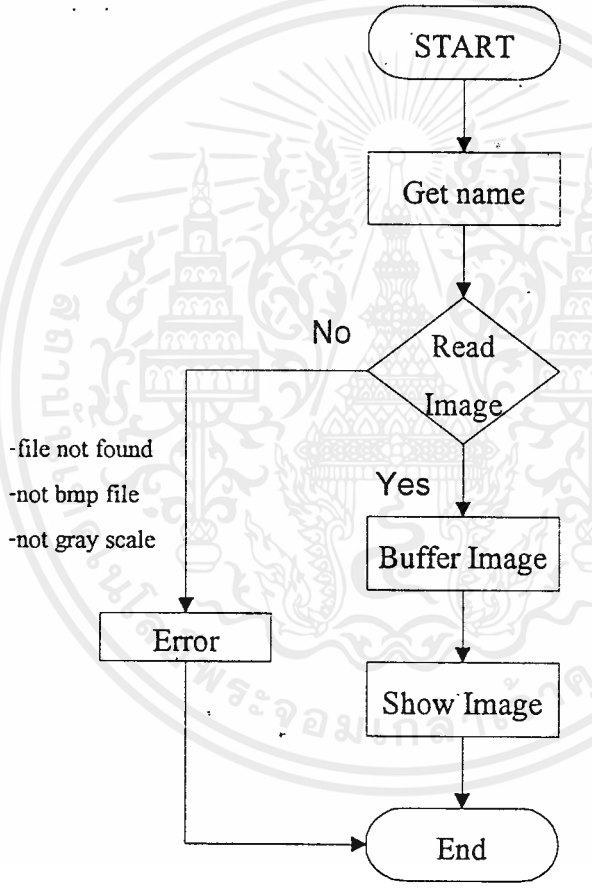


รูปที่ 6-1 โฟลว์ชาร์ต ของ Main

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ส่วนของ load

เป็นการรับข้อมูลที่เป็น file bmp เข้ามา โดยการ Read Image จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ เกิดค่า error และ ไม่เกิดค่า error ในกรณีที่เกิดค่า error จะแสดงออกมาเป็น file not found , not bmp file , not gray scale หลังจากนั้นจะทำการจัดเก็บในรูป Binary ใน Buffer Image และจะทำการแสดงรูปออกมา



รูปที่ 6-2 โฟลว์ชาร์ต ของ load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

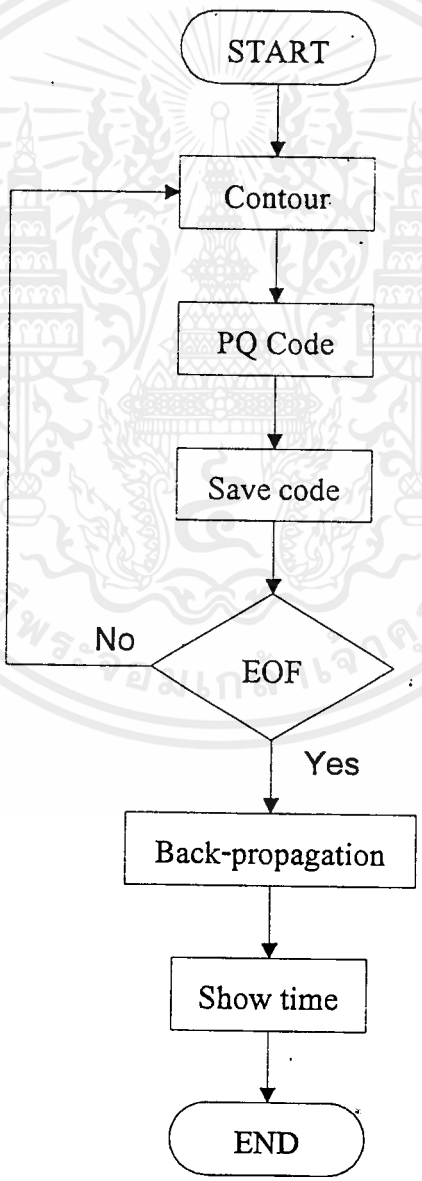
6.3 ส่วนของ Train

ส่วนของ Train จะมี 2 รูปแบบ คือ

1. Load file รูปภาพ
2. ไม่ได้ load file รูปภาพ

1. load file รูปภาพ

จะทำการ Contour หาขอบเขตของภาพ แล้วทำการแปลงเป็น PQ Code เพื่อจัดเก็บเป็น Concentrade code หลังจากนั้นจะนำไปเข้า กระบวนการจดจำตัวอักษร Back-Propagation โดยทำการ load data จาก Concentrade code แล้วจึงแสดงเวลาในการทำงานต่อไป

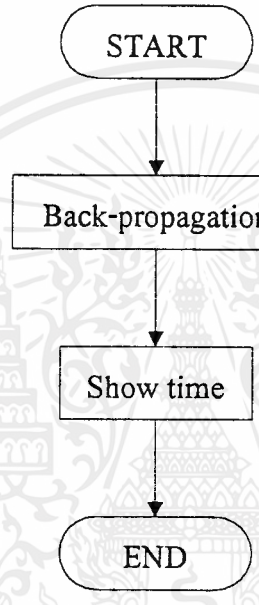


รูปที่ 6-3(ก) โฟลว์ชาร์ตของ Train แบบ load file รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไม่ได้ load file รูปภาพ

ถ้าไม่ได้มีการ load file รูปภาพออกมา จะทำกระบวนการ Back-propagation เลย คือจะทำการ load data จาก Concentrade code ออกมาเลย แล้วจะทำการแสดงเวลาของการทำงานออกมา จึงจะจบส่วนของการทำงานในส่วนนี้

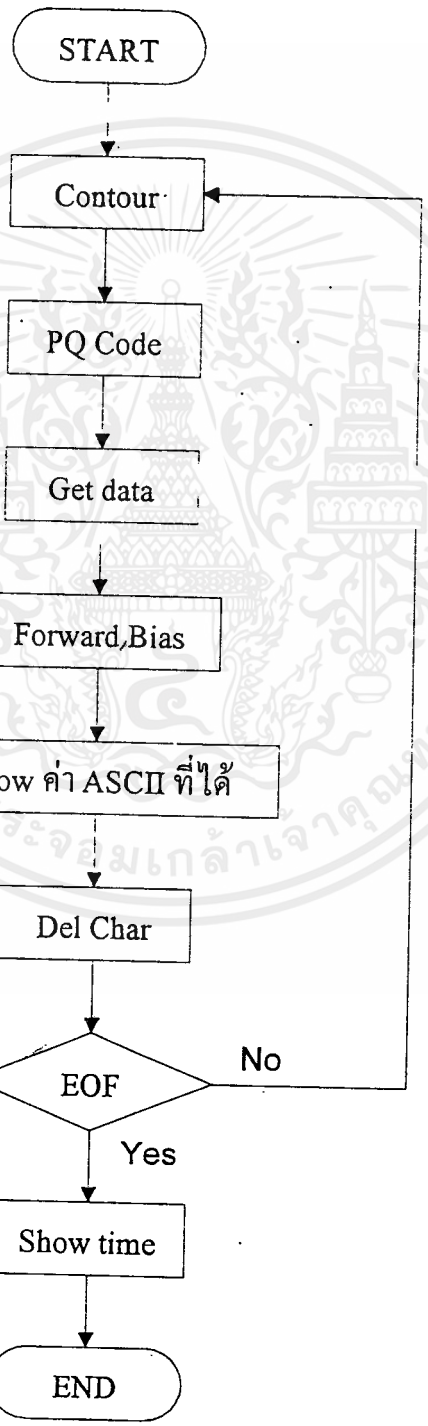


รูปที่ 6-3(ข) โฟลว์ชาร์ตของ Train แบบ ไม่ได้ load file รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ส่วนของ Recognize

เป็นส่วนที่ใช้ในการจำรูปแบบตัวอักษร โดยจะเข้า กระบวนการ Contour และ PQ Code เพื่อแปลงข้อมูล หลังจากนั้นจะทำการป้อนข้อมูลที่อยู่ในรูป Concentrade code เข้าสู่กระบวนการนิวรอนเพื่อจดจำรูปแบบอักษร และจะมีการลบอักษรที่ได้มีการจำไปแล้วด้วยเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน เมื่อสิ้นสุดการจำแล้วจะแสดงเวลาออกมา

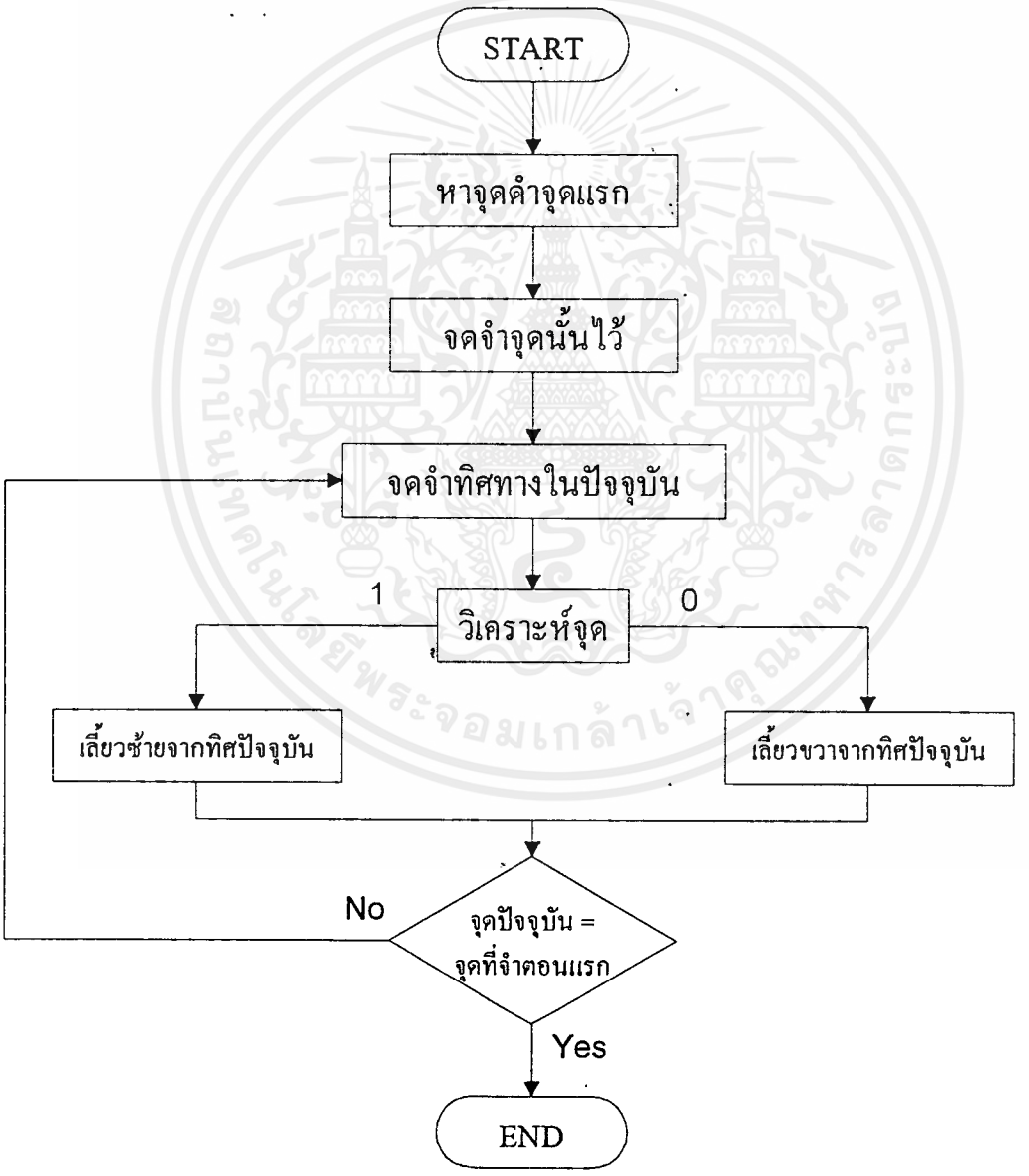


รูปที่ 6-4 โฟลว์ชาร์ตของ Recognize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 ส่วนของ Contour

ส่วนนี้เป็นการแสดงการหาขอบเขตของตัวอักษรออกจากประโยค หรือ ข้อความ โดยจะทำการ scan หาจุดดำจุดแรกออกมา แล้วจดจำจุดนั้นไว้เพื่อเป็นจุดเปรียบเทียบในการวนหา ขณะเดียวกันจะจดจำทิศทางไว้เพื่อใช้อ้างอิงเวลาวนรอบ หลังจากนั้นจะพิจารณาในจุดต่อไป ถ้าเป็นจุดของเนื้ออักษร จะวนไปทางซ้าย แต่ถ้าเป็นจุดของพื้นอักษรจะวนทางขวา จนพบจุดแรกที่เป็นจุดอ้างอิงจึงจะหยุดการทำงาน

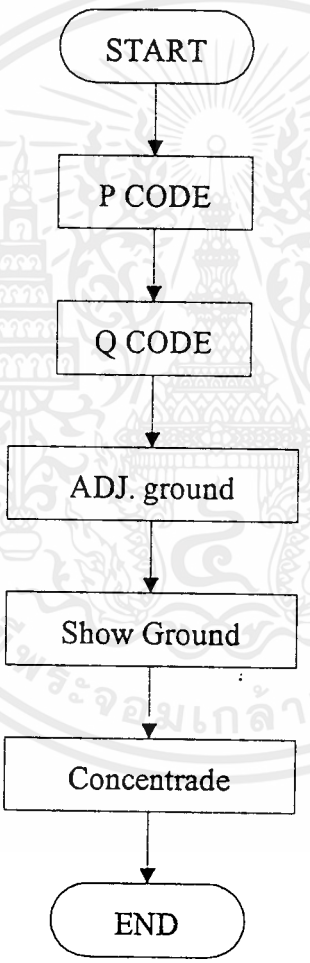


รูปที่ 6-5 โฟลว์ชาร์ต ของ Contour

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6 ส่วนของ PQ Code

จะเป็นการแปลงภาพโดยใช้รหัส PQ โดยจะพิจารณาว่าจุดนั้นเป็นเนื้ออักษรหรือพื้นต้วอักษร ถ้าเป็นเนื้อของตัวอักษรจะทำการแปลงเป็น P Code แต่ถ้าเป็นพื้นอักษรจะแปลงเป็น Q code เมื่อทำการแปลงเสร็จ ก็จะทำการปรับค่าพื้นของอักษร แล้วจึงทำการแปลง code นั้น เป็นรหัสรวม Concentrade code ต่อไป



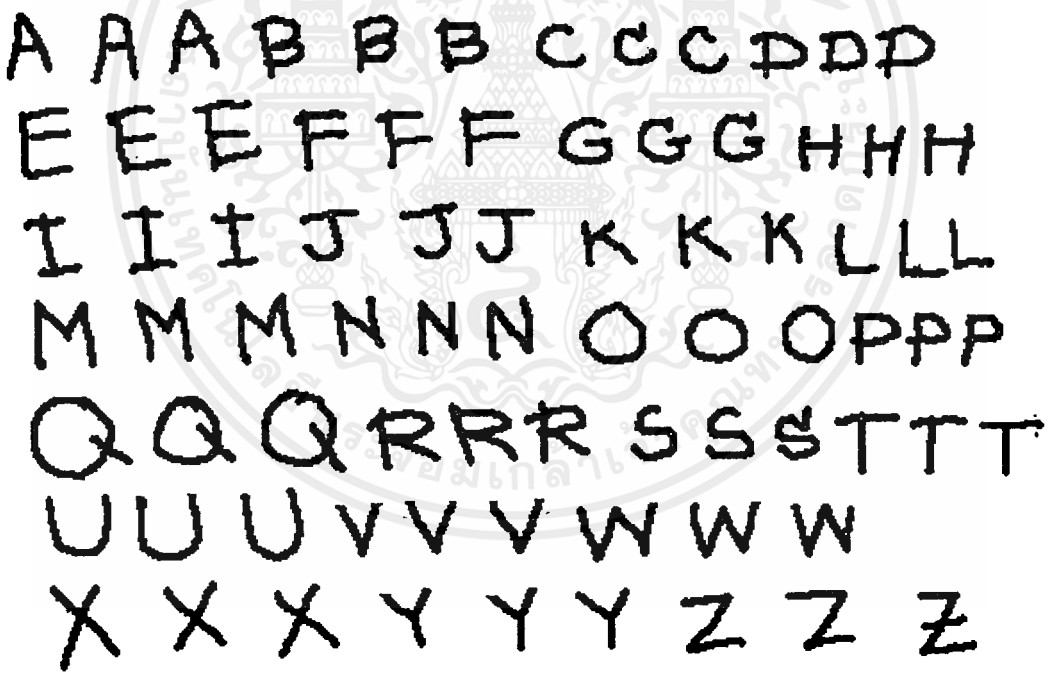
รูปที่ 6-6 โฟลว์ชาร์ต ของ PQ Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
ผลการทดลองโปรแกรม

7.1ผลการทดลองในส่วนของ P-Q Code

การทดลองให้โปรแกรมรู้จำตัวอักษรนั้น เราต้องทำการวิเคราะห์หารหัส Concrtrate Code ของตัวอักษรก่อน เพื่อเป็นการนำเฉพาะลักษณะเด่นของตัวอักษรและเป็นการลดข้อมูลที่ใช้ในการนำมาจดจำรูปแบบตัวอักษร โดยโครงข่ายแบบ Neural Network โดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ ตั้งแต่ A ถึง Z จำนวน 26 ตัวมาทำการวิเคราะห์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 7-1 ซึ่งจะนำมาเข้ารหัส P-Q Code เพื่อใช้ในการจดจำค่า Concentrate Code ที่มีค่าความถี่สูงสุด 5 ค่า เพื่อนำไปใช้จำในโครงข่ายนิวรอน ต่อไป



รูปที่ 7-1 แสดงภาพตัวอักษรที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40078	07310	32991	00963	01166	00
00211	00195	00979	01030	00963	00
40078	32991	07310	57353	00963	00
07686	12300	61452	07759	34431	01
07686	15951	15937	01542	12300	01
07686	34431	00243	61452	01542	01
04103	00195	45073	32873	37089	02
00007	00067	04119	00195	11777	02
00963	00067	01031	00195	45073	02
07686	00719	61469	01743	32825	03
07686	01743	61469	14348	00719	03
00719	61469	33487	01985	00735	03
45068	00615	03655	03590	00579	04
00579	03655	45068	00615	45585	04
03655	00103	03591	04199	03590	04
03590	01607	01542	00227	34017	05
03590	45068	12300	46593	38113	05
03718	01607	12300	03590	01670	05
04103	12295	45073	37089	11777	06
03079	11777	00231	04119	45073	06
12311	00195	04119	45073	37089	06
32987	13326	13838	05201	00091	07
13454	01798	08411	14145	00219	07
13326	33499	01798	32987	32859	07
01735	46093	45068	00227	00707	08
45069	12300	45068	12301	00646	08
01735	00707	00723	45068	45069	08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45069	12300	45068	12301	00646	09
00646	45085	45069	00518	12813	09
00646	08205	00518	08897	08221	09
05646	38414	28684	03598	46673	10
00467	00851	01542	32859	00835	10
38414	00467	00835	00451	30209	10
00643	00003	00651	00707	00011	11
00067	00083	00003	32785	01601	11
00067	00195	00579	00003	33355	11
38414	32857	30222	05638	32859	12
38414	28684	32859	29708	05646	12
32859	05134	37902	29710	30545	12
38414	33371	00451	05638	28684	13
05646	00859	32857	55121	05638	13
32859	05134	05126	54353	28692	13
32889	61681	37007	01103	01615	14
00015	04127	01103	08719	01985	14
04127	01103	00015	37023	01985	14
07686	01542	00719	33009	12300	15
07814	07686	12300	57369	01670	15
07174	00719	07814	07302	33009	15
00899	61471	07180	37023	32927	16
00979	00963	32799	32927	36895	16
00979	34769	32783	00963	36895	16
28684	03590	07686	48654	00243	17
34399	48721	00115	25612	40462	17
28684	48721	03590	07686	45068	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00195	03085	00179	00183	04125	18
03085	00195	00183	00179	36529	18
32873	45111	00195	14348	00451	18
01542	12300	08705	01217	01798	19
12300	00646	01670	05766	00518	19
12300	00518	04614	01542	12801	19
33307	00539	53260	33291	54801	20
00523	08715	00539	00011	54801	20
33291	00523	32779	08715	00587	20
13324	00390	00518	08219	53260	21
08731	13324	49164	00390	08204	21
00518	00390	13324	53260	12300	21
13838	05638	08667	00774	13710	22
13838	08667	00774	00390	05638	22
13838	00475	05638	24588	08718	22
00451	46801	41563	00707	28684	23
00467	00723	38542	36494	01542	23
00467	00723	36494	01542	00451	23
46092	45068	13324	46609	08731	24
13324	12300	00518	00025	13825	24
13324	12300	04614	00518	13825	24
45068	41037	00707	00711	12300	25
45069	45165	45068	00723	00707	25
00707	41021	03783	41069	47841	25

ตารางที่ 7-1 ค่า Concentrade code 5 เรียงตั้งแต่ A-Z อย่างละ 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบตัวอักษรที่เห็นความแตกต่างในตารางนั้นคือค่าของConcentrateCodeจำนวน 5 ค่าความถี่สูงสุดแรกข้างต้นนั้น ซึ่งจะเห็นว่าค่าความแตกต่ างของ ConcentrateCode ที่ลักษณะอักษรแตกต่างกันออกไป จนทำให้สามารถแยกความแตกต่างได้

แต่ถึงแม้ว่า ConcentrateCode จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษรตัวเดียวกันก็ใช่ว่าจะมี Codeที่เหมือนกันซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางข้างต้น ดังนั้นการจดจำตัวอักษรที่ดีนั้นจะต้องมีการจดจำค่าของConcentrateCodeที่มีจำนวนมากพอและแม่นยำเพื่อให้การจดจำรูปแบบตัวอักษรออกมาดีที่สุด

ข้อดีของการเข้ารหัส Concentrate Code คือ

-ไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของตัวอักษร เพราะใช้การจดจำค่า Cnocentrate Code ที่มีรูปแบบตายตัว

-รหัสของค่า Concentrate Code จะมองในลักษณะเด่นของตัวอักษร ดังนั้นตัวอักษรเดียวกันนจะมี Code เหมือนกัน แต่ถ้าไม่ได้เข้า Code อาจมองเป็นคนละตัวอักษรกัน

-Concentrate Code จะมีความยืดหยุ่นและยอมให้มีค่า Error ได้ระดับหนึ่ง

7.2 <u>ผลการทดลองการTraining โดยวิธีแบ๊กพร็อบพาเกชั่น</u>

จากตารางผลการทดลองที่ 7-2 ถึง 7-4 จะเห็นได้ว่าถ้าค่าของจำนวนตัวอักษรในการTrainingมีจำนวนมากขึ้นจะทำให้จำนวนของตัวอักษรที่ผิดพลาดเนื่องจากการวิเคราะห์มีจำนวนน้อยลงหรือสามารถทำการวิเคราะห์ได้ถูกต้องมากขึ้นซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการทำงานของสมองมนุษย์คือเมื่อได้รับการเรียนรู้มากขึ้นก็สามราถที่จะวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆได้มากขึ้นนั้นเอง แต่จากตารางการทดลองจะสังเกตุได้ว่ายิ่งถ้าให้มีการTrainnigจำนวนตัวอักษรมากเพียงใดก็จะทำให้เสียเวลาในการ Training มากขึ้นเท่านั้น และไม่ได้มากขึ้นเป็นเชิงเส้นด้วย แต่จะมากขึ้นเพิ่มมากขึ้นเมื่อยิ่งทำการTrainig เนื่องมาจากการที่ยังไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมให้สามารถเก็บค่า Weight ที่เป็นเลขจำนวนจริงได้ดังนั้นจึงต้องทำการ Training ใหม่ทุกครั้ง ดังนั้นความจริงแล้วถ้าสามารถเก็บค่าWeightได้เวลาก็จะไม่ใช่สิ่งที่สำคัญต่อไปเพราะเราสามารถทำการ Training ทีละน้อยแล้วเก็บค่า Weight ไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 1

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน tr11.bmp-tr13.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด 130

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ทดสอบ e0.bmp-e4.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละแฟ้มข้อมูล 26

ค่าError ที่ยอมรับได้ที่กำหนดขณะทำการ Training 0.1

จำนวนตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล				
E0.bmp	E1.bmp	E2.bmp	E3.bmp	E4.bmp
12	16	18	14	15

ตารางที่ 7-2 ตารางผลการทดลองที่ 1

เวลาที่ใช้ในการทำการ Training 7.26นาที

ตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล

แฟ้มข้อมูล e0.bmp E อ่านเป็น G , B อ่านเป็น A , D อ่านเป็น U , C อ่านเป็น G , K อ่านเป็น A , H อ่านเป็น A , I อ่านเป็น Z , O อ่านเป็น J , M อ่านเป็น H , Y อ่านเป็น J , X อ่านเป็น H , Z อ่านเป็น B

แฟ้มข้อมูล e1.bmp G อ่านเป็น S , D อ่านเป็น H , E อ่านเป็น G , M อ่านเป็น N , K อ่านเป็น I , J อ่านเป็น C , I อ่านเป็น Z , H อ่านเป็น M , K อ่านเป็น B , Q อ่านเป็น A , O อ่านเป็น L , W อ่านเป็น M , V อ่านเป็น J , X อ่านเป็น I , Y อ่านเป็น H , Z อ่านเป็น B

แฟ้มข้อมูล e2.bmp D อ่านเป็น M , B อ่านเป็น K , E อ่านเป็น G , M อ่านเป็น V , G อ่านเป็น K , J อ่านเป็น N , I อ่านเป็น Z , H อ่านเป็น M , K อ่านเป็น B , S อ่านเป็น G , P อ่านเป็น F , T อ่านเป็น J , Q อ่านเป็น A , N อ่านเป็น K , V อ่านเป็น B , W อ่านเป็น H, X อ่านเป็น H

แฟ้มข้อมูล e3.bmp D อ่านเป็น E , C อ่านเป็น L , E อ่านเป็น N , L อ่านเป็น M , K อ่านเป็น E , J อ่านเป็น Z , R อ่านเป็น I , P อ่านเป็น J , O อ่านเป็น C , M อ่านเป็น K , X อ่านเป็น B , V อ่านเป็น N , S อ่านเป็น G , Y อ่านเป็น J

แฟ้มข้อมูล e4.bmp F อ่านเป็น E , D อ่านเป็น N , B อ่านเป็น V , K อ่านเป็น F , M อ่านเป็น H , S อ่านเป็น K , U อ่านเป็น L , R อ่านเป็น H , P อ่านเป็น Z , O อ่านเป็น A , Z อ่านเป็น G , Y อ่านเป็น D , X อ่านเป็น M , W อ่านเป็น P , V อ่านเป็น H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 2

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน present1.bmp-present4.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด 286

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ทดสอบ e0.bmp-e4.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละแฟ้มข้อมูล26

ค่าError ที่ยอมรับได้ที่กำหนดขณะทำการ Training 0.1

จำนวนตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล				
E0.bmp	E1.bmp	E2.bmp	E3.bmp	E4.bmp
8	11	12	11	11

ตารางที่ 7-3 ตารางผลการทดลองที่ 2

เวลาที่ใช้ในการทำการ Training 17.26 นาที

ตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล

แฟ้มข้อมูล e0.bmp D อ่านเป็น O , K อ่านเป็น R , J อ่านเป็น X , L อ่านเป็น U , H อ่านเป็น N , O อ่านเป็น P , N อ่านเป็น M , M อ่านเป็น A

แฟ้มข้อมูล e1.bmp G อ่านเป็น E , C อ่านเป็น G , B อ่านเป็น S , A อ่านเป็น M , M อ่านเป็น W , L อ่านเป็น C , I อ่านเป็น Z , R อ่านเป็น K , X อ่านเป็น S , W อ่านเป็น X , V อ่านเป็น D

แฟ้มข้อมูล e2.bmp F อ่านเป็น P , D อ่านเป็น B , E อ่านเป็น S , B อ่านเป็น M , L อ่านเป็น C , K อ่านเป็น C , I อ่านเป็น O , H อ่านเป็น M , G อ่านเป็น E , M อ่านเป็น A , X อ่านเป็น B , W อ่านเป็น M

แฟ้มข้อมูล e3.bmp F อ่านเป็น P , E อ่านเป็น G , L อ่านเป็น C , M อ่านเป็น Y , K อ่านเป็น G , I อ่านเป็น Z , H อ่านเป็น W , U อ่านเป็น W , N อ่านเป็น M , W อ่านเป็น H , V อ่านเป็น H

แฟ้มข้อมูล e4.bmp D อ่านเป็น M , E อ่านเป็น G , B อ่านเป็น D , K อ่านเป็น F ,L อ่านเป็น C , M อ่านเป็น H ,H อ่านเป็น M , F อ่านเป็น R , Z อ่านเป็น E , X อ่านเป็น D , W อ่านเป็น K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 3

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน present1.bmp-prsent.bmpและ tr11.bmp-tr13.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด416

แฟ้มข้อมูลที่ใช้ทดสอบ e0.bmp-e4.bmp

จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละแฟ้มข้อมูล26

ค่าError ที่ยอมรับได้ที่กำหนดขณะทำการ Training 0.1

จำนวนตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล				
E0.bmp	E1.bmp	E2.bmp	E3.bmp	E4.bmp
6	9	8	8	9

ตารางที่7-4 ตารางผลการทดลองที่ 3

เวลาที่ใช้ในการทำการ Training 40.18นาที

ตัวอักษรที่ทำการวิเคราะห์ผิดพลาดในแต่ละแฟ้มข้อมูล

แฟ้มข้อมูล e0.bmp E อ่านเป็น G , D อ่านเป็น O , K อ่านเป็น R , H อ่านเป็น N , M อ่านเป็น H , X อ่านเป็น M

แฟ้มข้อมูล e1.bmp C อ่านเป็น G , A อ่านเป็น H , E อ่านเป็น G , M อ่านเป็น D , K อ่านเป็น R , P อ่านเป็น R , O อ่านเป็น W , X อ่านเป็น I , W อ่านเป็น M

แฟ้มข้อมูล e2.bmp E อ่านเป็น G , M อ่านเป็น N , G อ่านเป็น K , U อ่านเป็น W , O อ่านเป็น U , N อ่านเป็น M , W อ่านเป็น H , V อ่านเป็น H

แฟ้มข้อมูล e3.bmp D อ่านเป็น B , E อ่านเป็น S , B อ่านเป็น R , J อ่านเป็น V , K อ่านเป็น E , G อ่านเป็น E , M อ่านเป็น N , W อ่านเป็น M

แฟ้มข้อมูล e4.bmp G อ่านเป็น F , B อ่านเป็น D , K อ่านเป็น F , M อ่านเป็น H , R อ่านเป็น F , O อ่านเป็น K , Z อ่านเป็น B , X อ่านเป็น D , W อ่านเป็น H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์, " การเตรียมข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปแบบตัวอักษรภาษาไทย ", บทความทางวิชาการ Seminar MI, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ, พฤศจิกายน 2529

2. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์, " การรู้จำอักษรลายมือเขียนภาษาไทยโดยการพิจารณาหัวของตัวอักษร ", วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ, ปีการศึกษา 2531

3. ประสาร ตังติสานนท์, " การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยวิธีแยกลักษณะ เด่น ", วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ, ปีการศึกษา 2529

4. ชม กิ้มปาน, " ทฤษฎีการจดจำรูปแบบเบื้องต้น ", ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1 , กรกฎาคม 2525

5. ชาย เกษมอมรกุล และ ชม กิ้มปาน, " การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการพิจารณาลักษณะเด่นของตัวอักษร ", การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 12 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 16-17 พฤศจิกายน 2532

6. Abhijit S. Pandya and Robert B. Macy, " Pattern Recognition with Neural Networks in C++ ", ISBN 0-8493-9462-7, 1996

7. Aleksander, I. And Morton, H., " An Introduction to Neural Computing ". Chapman & Hall, London, 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

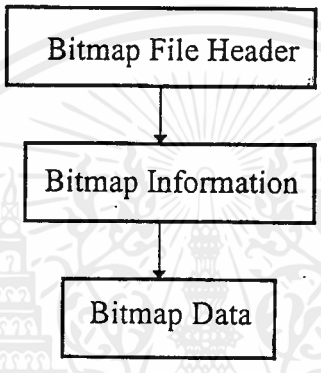
ภาคผนวก ก
โครงสร้างของ Bitmap File

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โครงสร้างของ Bitmap File

ภาพ Bitmap จะมีการเก็บตามขนาดของสี ถ้ามีสีมากจะทำให้ภาพที่ต้องการจัดเก็บมีขนาดใหญ่ไปด้วย ส่วนประกอบของภาพ Bitmap จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆคือ ส่วนที่ระบุชนิดของภาพ , ส่วนของข้อมูล , ขนาด , สี , และส่วนสุดท้ายที่จะนำมาแสดงผล



รูปที่ 1 โครงสร้างของภาพ Bitmap

Bitmap File Header

Byte#	Data	Details
1-2	File type	Must be ASCII text "BM"
3-6	Size of the file	In double word (32 bit integer)
7-10	Reserved for future	Must be ZERO
11-14	Byte offset to bitmap data	Offset from the bitmap file header

ตารางที่ 1 Bitmap File Header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bitmap Information

Byte#	Data	Details
1-4	Number of byte in header	ขนาดของส่วนหัว 40 byte
5-8	Width of bitmap	ความกว้างของภาพ
9-12	Height of bitmap	ความสูงของภาพ
13-14	Number of color planes	ต้องเท่ากับ 1
15-16	Number of bit per pixel	ส่วนที่บอกสีภาพ 1=2 สี , 4=16 สี 8=256 สี , 24=16M สี
17-20	Type of compression	0=ไม่มีการอัดภาพ 1=8 bit per pixel 2=4 bit per pixel
21-24	Size of Image	ไม่ได้ใช้งาน
25-28	Horizontal resolution	ไม่ได้ใช้งาน
29-32	Vertical resolution	ไม่ได้ใช้งาน
33-36	Number of color indexes used by the bitmap	ไม่ได้ใช้งาน
37-40	Number of color indexes important for displaying bitmap	ไม่ได้ใช้งาน

ตารางที่ 2 Bitmap Information

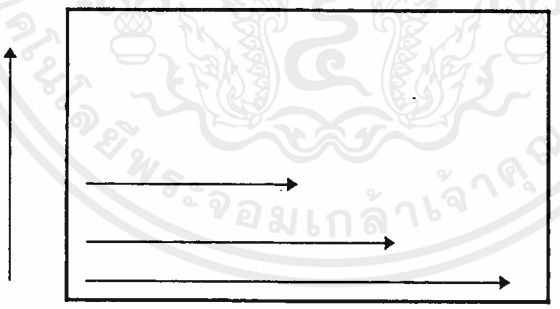
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bitmap Data

Byte#	Data	Details
41	Blue color value	ค่าสีน้ำเงินของภาพ
42	Green color value	ค่าสีเขียวของภาพ
43	Red color value	ค่ามีแดงของภาพ
44	Reserved for future use	ต้องเป็น 0
…	……	บอกค่าสีต่างๆ 4 bit เหมือนกัน
	Remaining color palette entries	ไปจนหมดภาพ

ตารางที่ 3 Bitmap Data

การเก็บภาพ Bmp จะทำการเก็บภาพจากมุมล่างซ้ายไปขวา และไล่ไปจนถึงจุดบนสุด



รูปที่ 2 แสดงการเก็บภาพของ Bmp

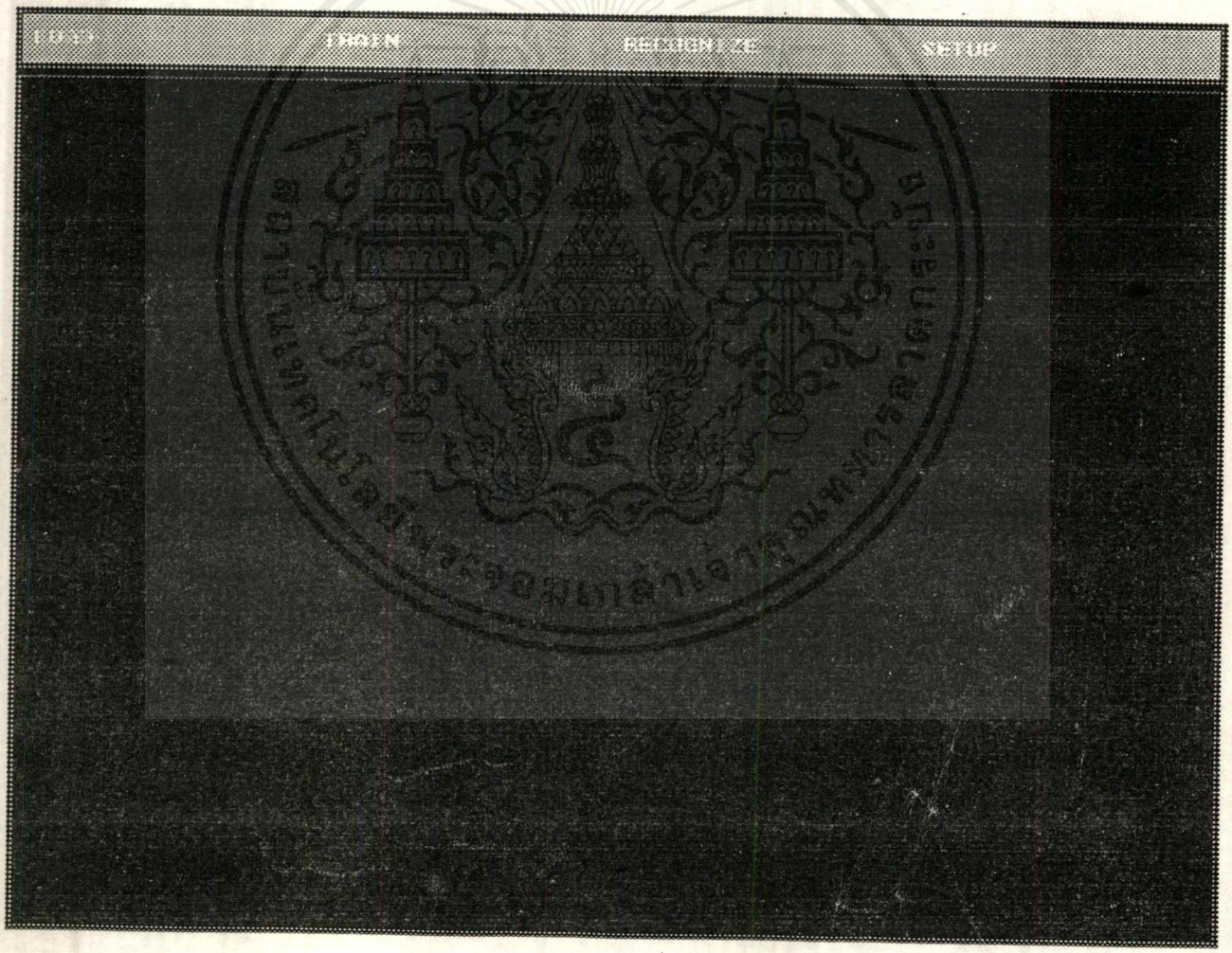
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

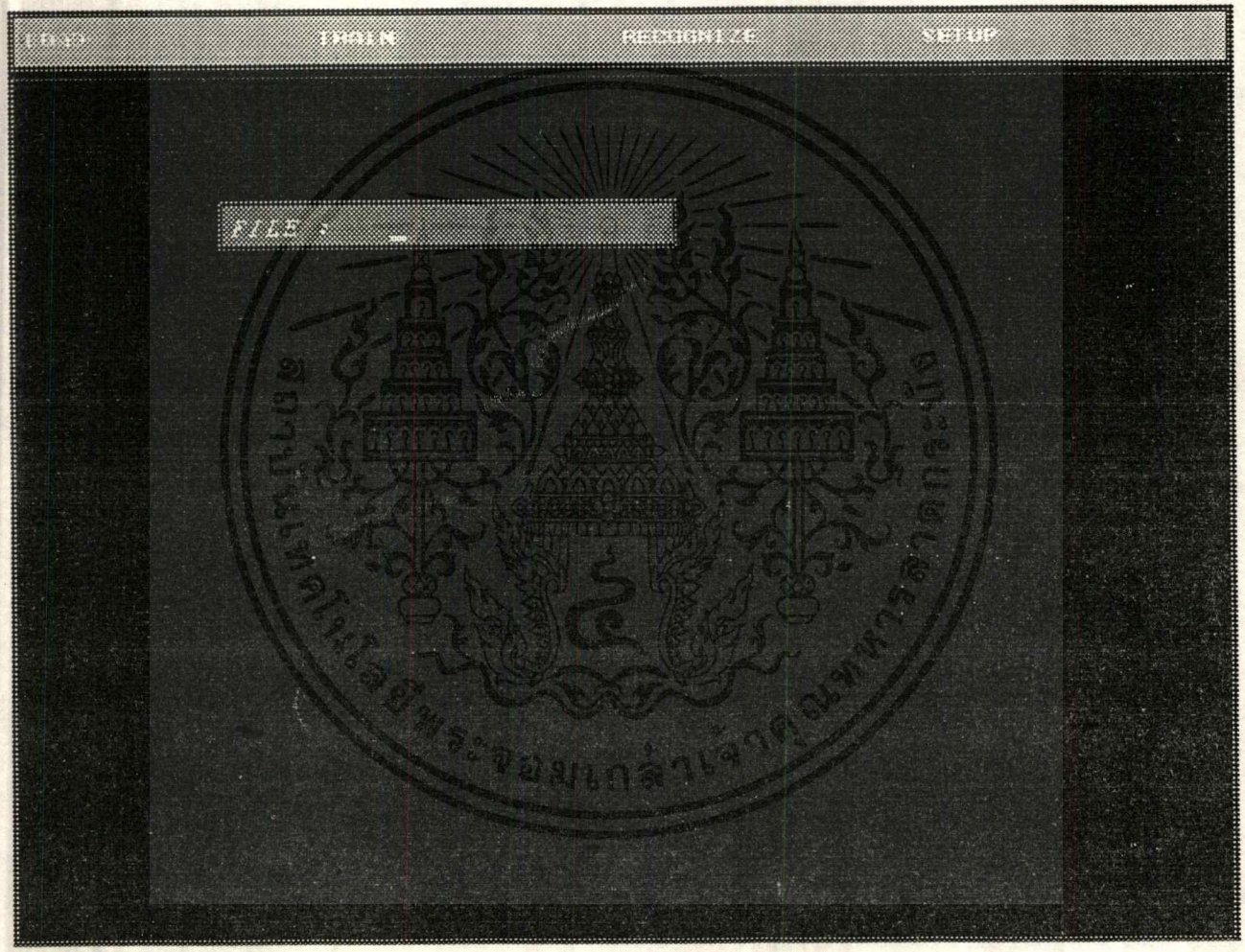
ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

1. จากหน้าจอเริ่มต้น พบว่ามีส่วนที่แสดงส่วนของคำสั่งต่างๆ ได้แก่ load , train , recognize , และส่วนของ status อยู่ทางด้านบนของหน้าจอ



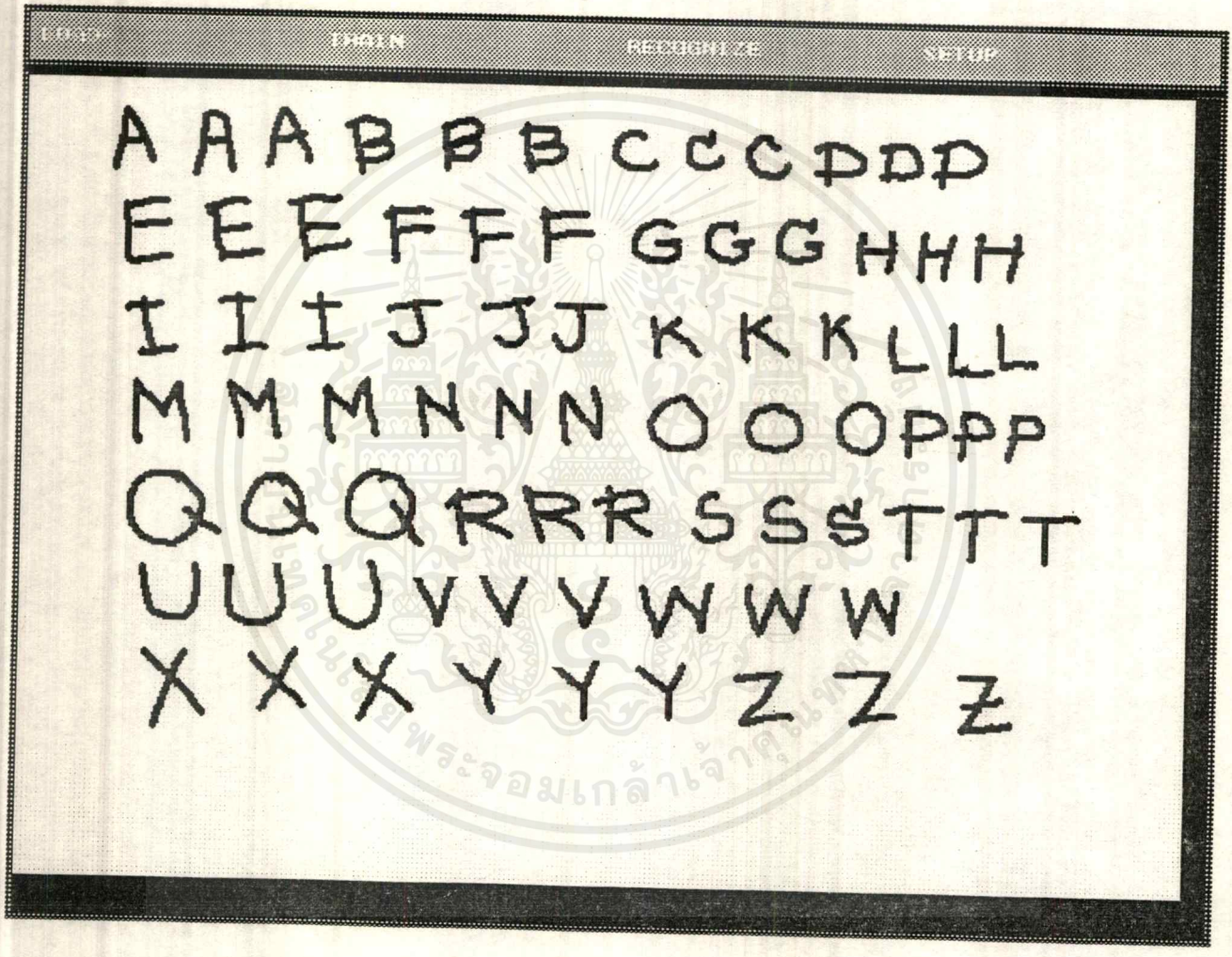
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการ load file จุด Bmp โดยการป้อนชื่อ file จากหน้าจอพบว่าจะมีตำแหน่งว่าง ให้ใส่ file ที่ต้องการ load เข้าไป ซึ่งfile ที่นำมานั้นต้องเป็น file Bmp แบบ grayscale เท่านั้น โปรแกรมจึงจะสามารถทำงานได้



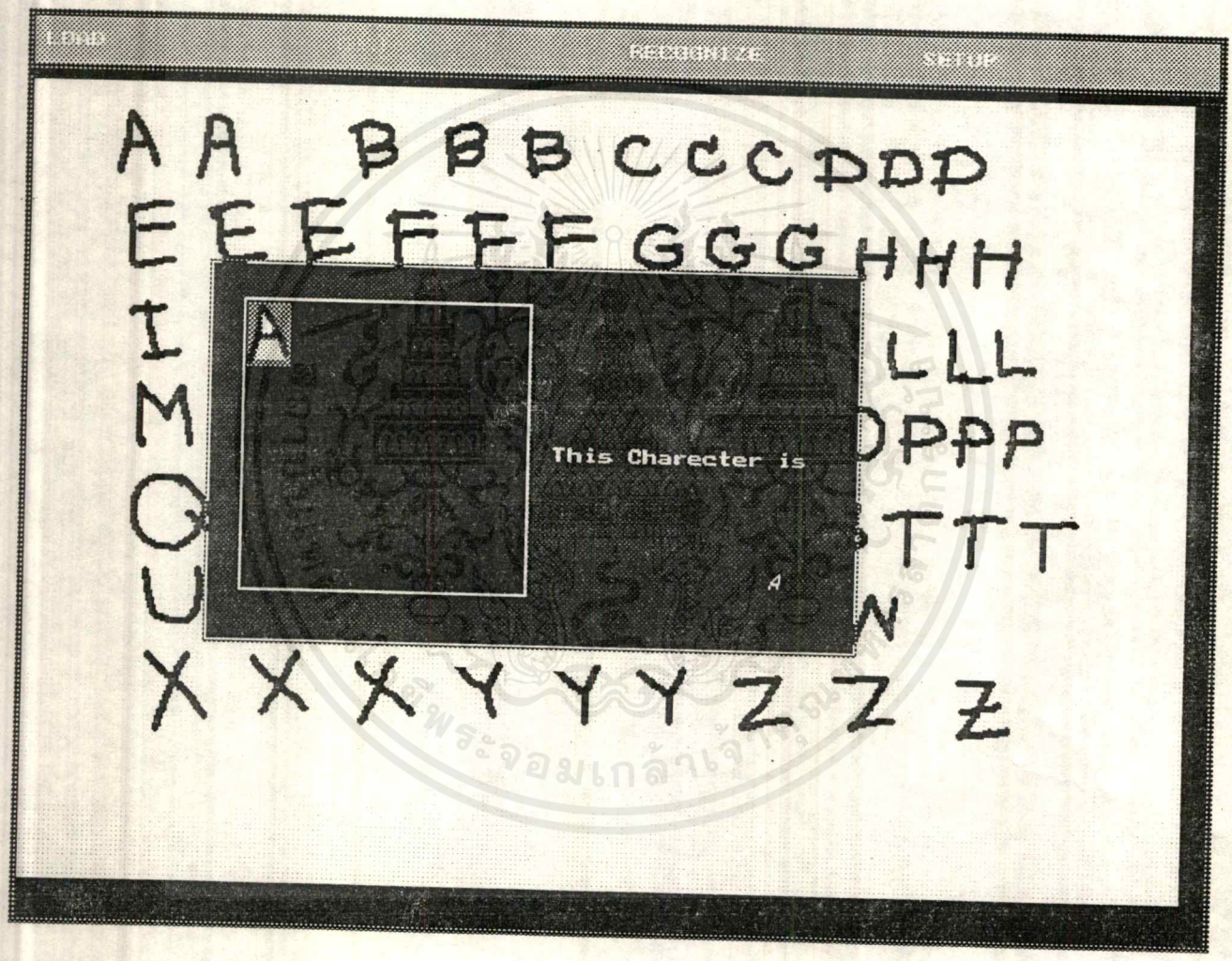
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ load file ได้ดังรูป ซึ่ง file ที่ load ขึ้นมานี้จะเป็น file ต้นแบบที่จะนำมาใช้ในการสอน file ที่ load ขึ้นมานี้ต้องเป็นแบบ grayscale เท่านั้นมิฉะนั้นจะเกิดการ Error ขึ้นมา ทำให้ไม่สามารถ load file ขึ้นมาได้



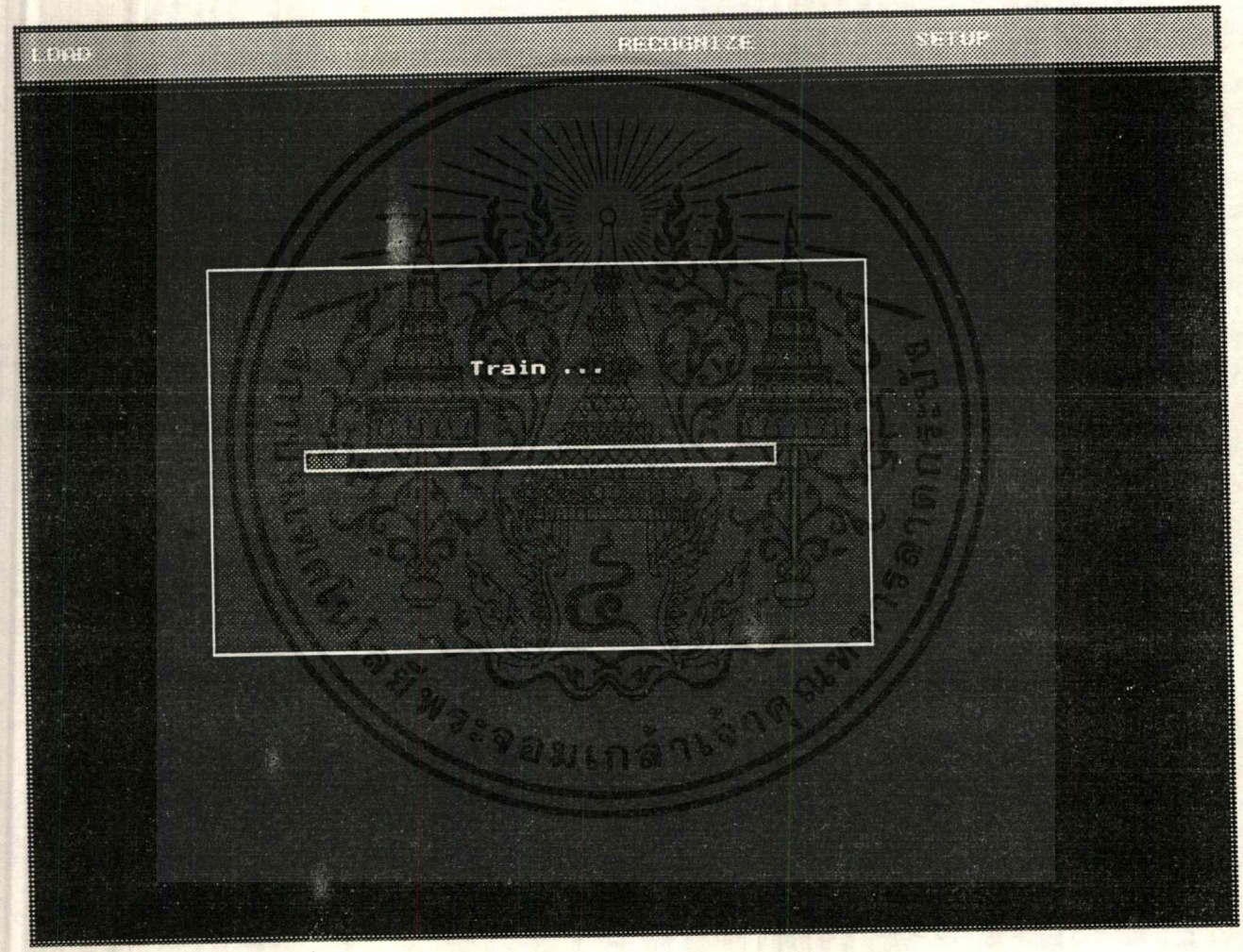
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เริ่มต้นการ train ตัวอักษร โดยทำการป้อนตัวอักษรที่ถูกต้องลงไปทีละตัว ตามที่อักษรนั้นขึ้นมา การป้อนค่าจะต้องเป็นไปอย่างถูกต้องทุกค่า เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมจดจำตัวอักษร ถ้าค่าที่ป้อนผิดพลาด จะทำให้การประมวลผลผิดพลาด ส่งผลให้การ train ไม่ถูกต้องด้วย



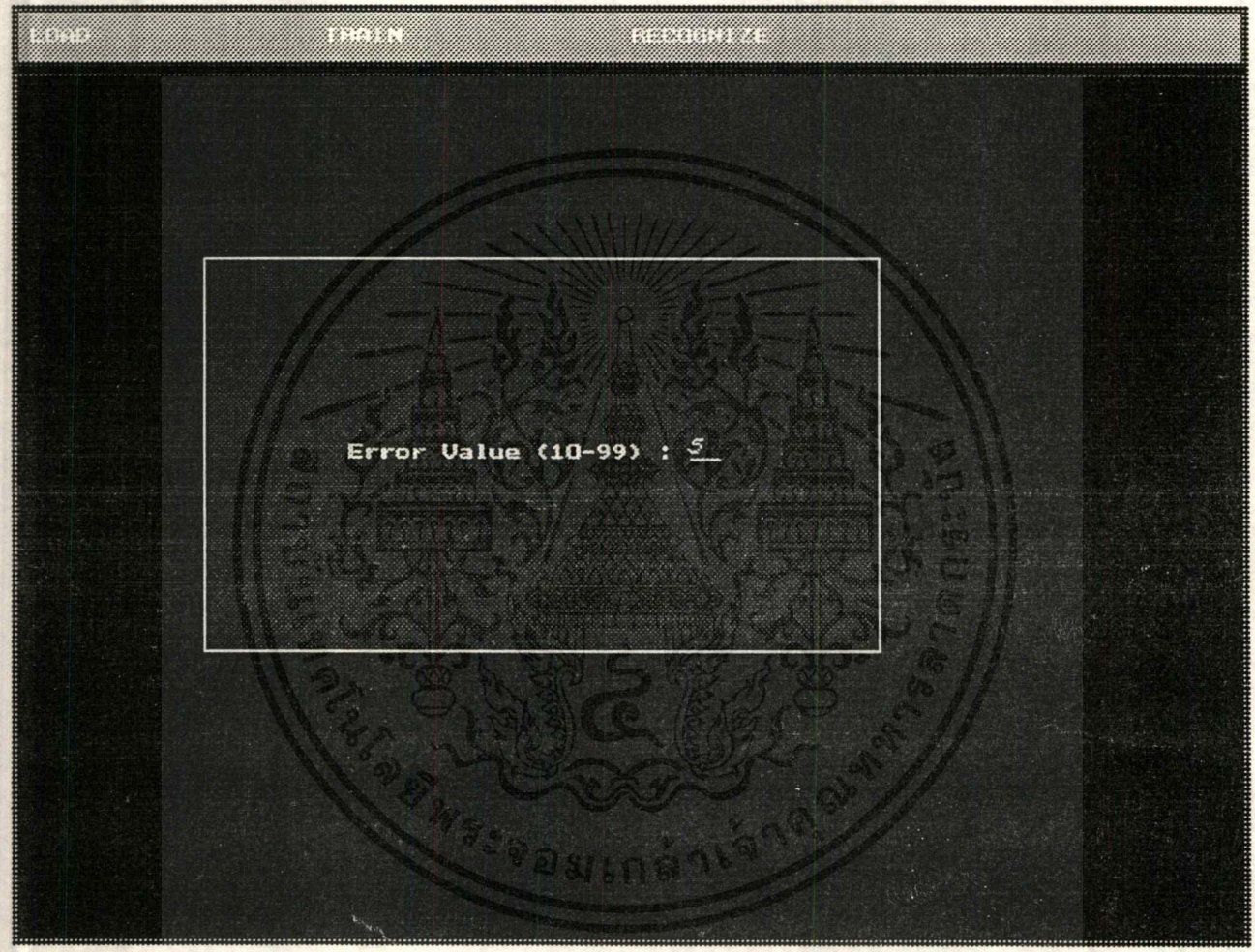
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อป้อนข้อมูลที่ถูกต้องลงไปเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมก็จะทำการ train ใน Neural network แบบ Backpropagation ซึ่งหน้าจอขณะนี้จะเป็นการบอกสถานะว่ากำลังทำการ train อยู่ และเมื่อการ train สิ้นสุดลง หน้าจอนี้จะหายไป



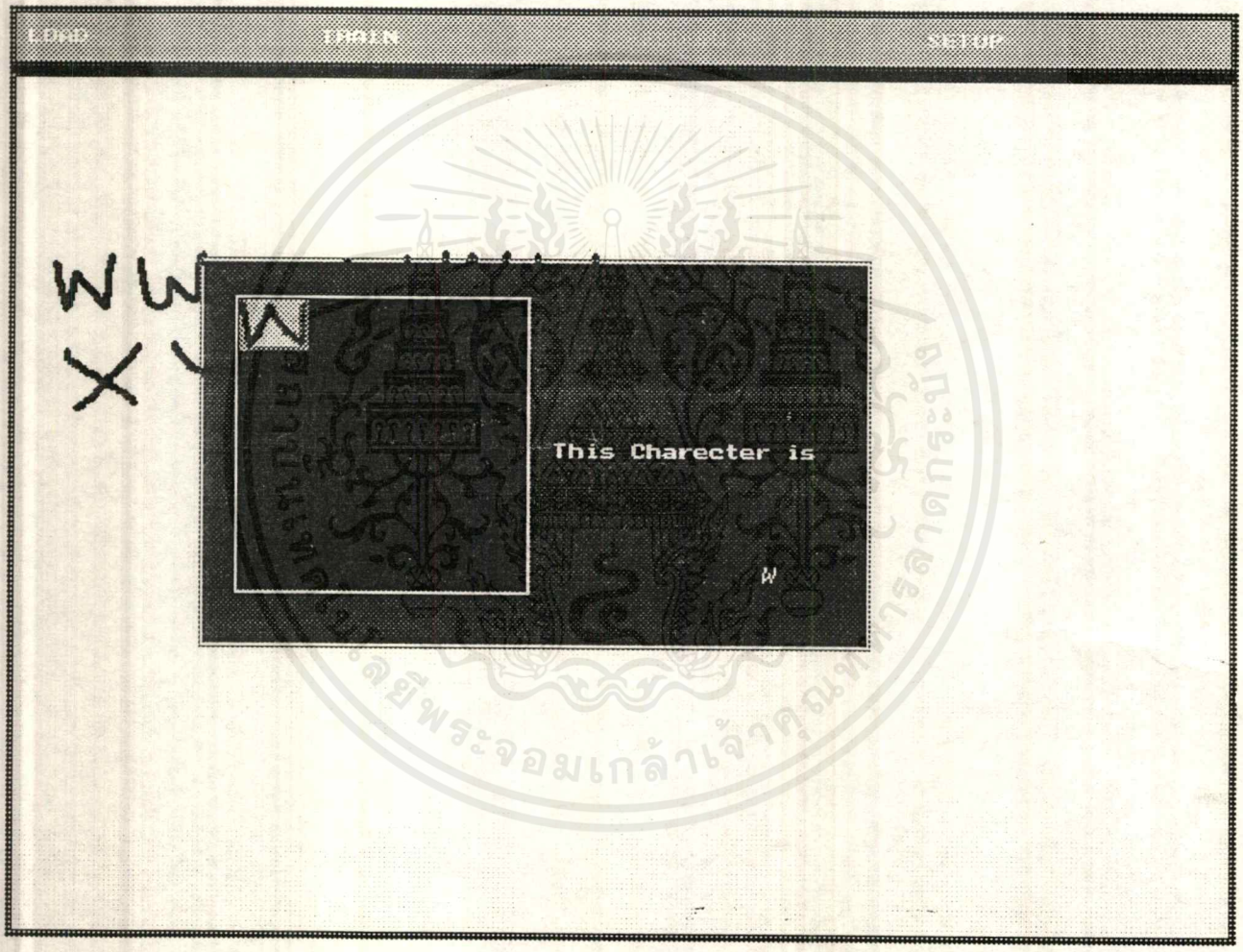
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อ train เสร็จ จะเข้าสู่หน้าจอที่แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการ train ทั้งหมด ดังรูป



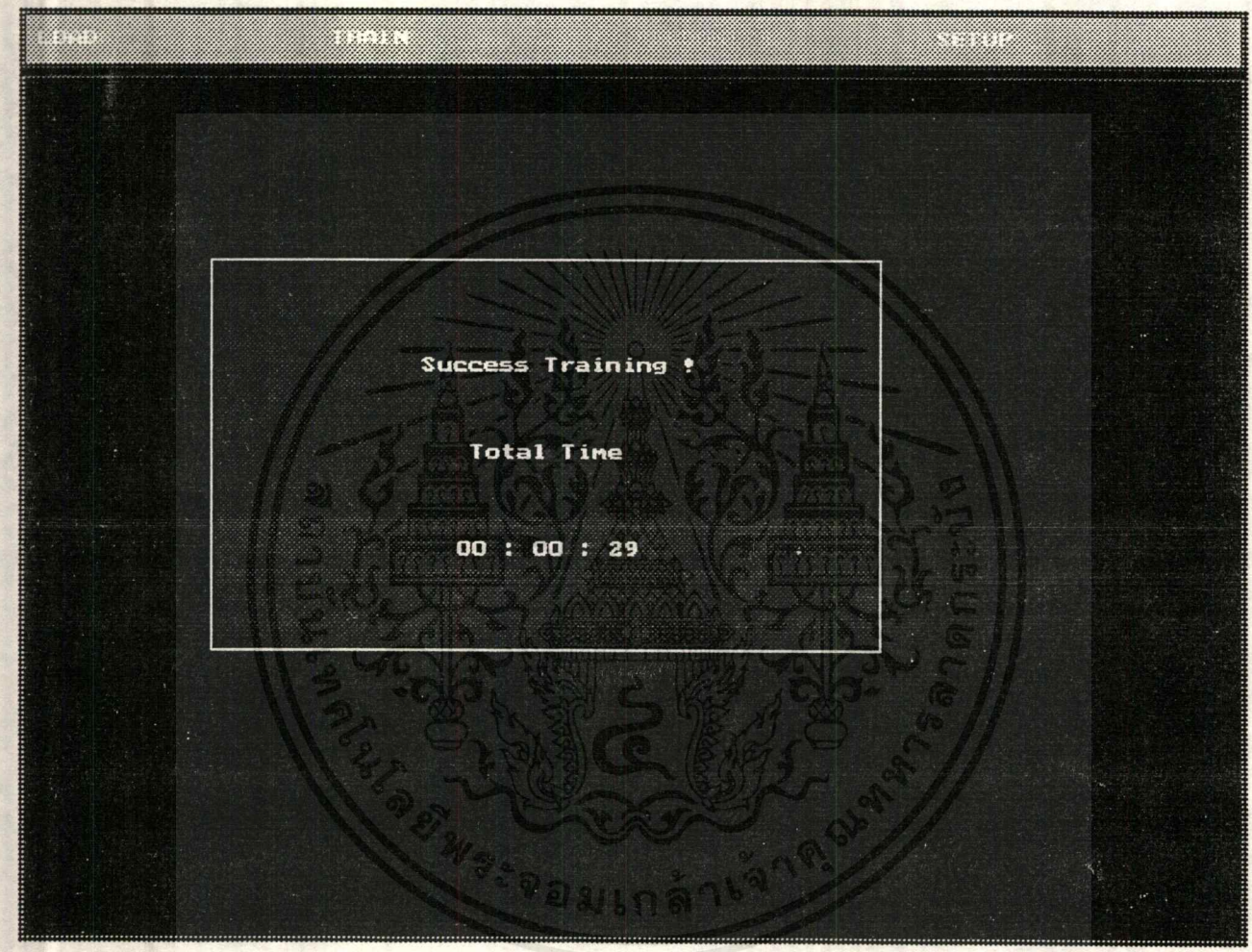
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทำการ recognize อักษรทีละตัว โดยจะป้อนค่าสู่ Neural Network เพื่อทำการหาค่าของรหัส ASCII และใช้ในการจดจำลักษณะเด่นต่อไป และเมื่อทำการ recognize แต่ละตัวแล้ว ก็จะลบตัวนั้นออกไป เพื่อไม่ให้สับสน



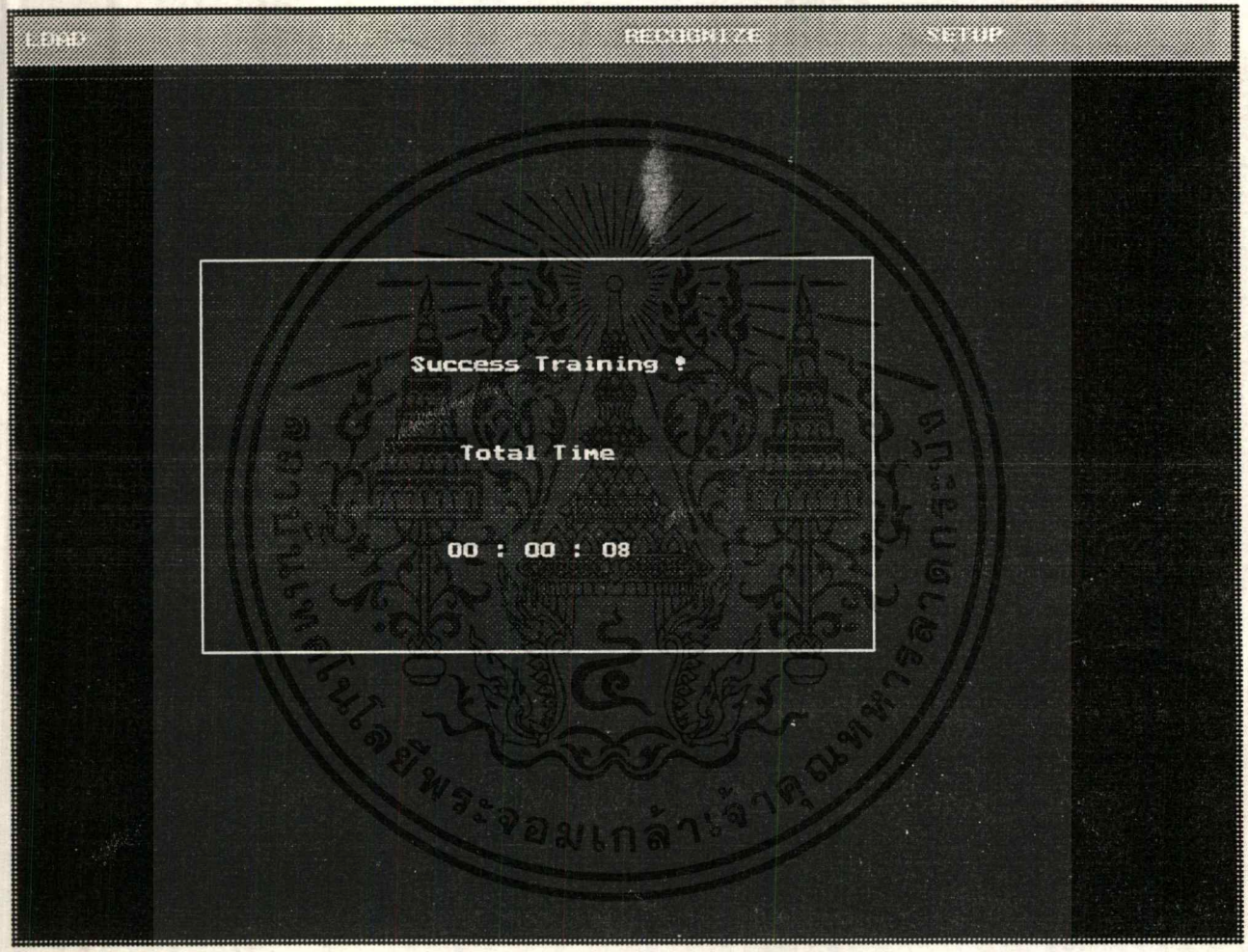
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.เวลาในการใช้ในการ recognize ทั้งหมดจะถูกบันทึก และแสดงออกมา ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.การตั้งค่า error ที่ยอมรับได้ ถ้าตั้งมาก จะทำให้เวลาในการ train ลดลง และจะยังคงมีค่าความถูกต้องอยู่มาก โดยปกติจะตั้งค่าไว้ที่ 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <bios.h>
#include <conio.h>
#include <ctype.h>
#include <dos.h>
#include <graphics.h>
#include <math.h>
#include <mem.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <time.h>
////////////////////////////////DEFINE KEYS////////////////////////////////
#define  INS     20992
#define  DEL     21248
#define HOME  18176
#define END   20224
#define PU    18688
#define PD    20736

#define UP    18432
#define DOWN  20480
#define LEFT  19200
#define RIGHT 19712

#define SP    14624
#define BS    3592
#define ESC   283
#define TAB   3849
#define ENTER 7181

#define F1    15104
#define F2    15360
#define F3    15616
#define F4    15872
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define F5   16128
#define F6   16384
#define F7   16640
#define F8   16896
#define F9   17152
#define F10  17408
////////////////////////////DEFINE COLOR////////////////////////////
#define BLACK        0
#define BLUE         1
#define GREEN        2
#define CYAN         3
#define RED          4
#define MAGENTA      5
#define BROWN        6
#define LIGHTGRAY    7
#define DARKGRAY     8
#define LIGHTBLUE    9
#define LIGHTGREEN   10
#define LIGHTCYAN    11
#define LIGHTRED     12
#define LIGHTMAGENTA 13
#define YELLOW       14
#define WHITE        15
////////////////////////////DEFINE VARIABLE////////////////////////////
#define MAXSIZEX   1200  //
#define MAXSIZEY   1800  //
#define Xb 4          //
#define Yb 37         //
#define Xn 635        //
#define Yn 475        //

const innode  = 80;
const hidenode = 30;
const outnode  = 31;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
struct BMPHEAD
{
 unsigned char id[2];          // file type : must be ASCII text "BM"
 long  filesize;       // Size of teh file : in double words (32 bit integers)
 int   reserved[2];    // Reserved for future use : must be zero
 long  headersize;     // byte offser to bitmap data : offset from the Bitmap file header (i.e,the startof the file)
 long  infosize;       // number of bytes in header : currenty 40 bytes
 long  width;                  // width of bitmap : in pixels
 long  depth;                  // height of bitmap : in pixels
 int   blplanes;       // number of color planese : must be set to 1
 int   bits;           // number of bits per pixel : valid choices are 1,4,8,24;if not 24,determines the size of
the palette
 long  blcompression;  // type of compression : {0:no compression}{1:run legth 8 bits per pixel}{2:run
legth 4 bits per pixel}
 long  bisizeimage; // size of image : in byte
 long  bixpelspermeter;        // horizontal resolution : in pixels/meter
 long  biypelspermeter;        // vertical   resolution : in pixels/meter
 long  biclrused;    // number of color indexes used by the bitmap : zero indicates all color important
 long  biclrimportant;  // number of color indexes important for displaying bitmap : a value of size
indicates all colors are important
}bmphead;

char *menu1 = " File :";
char *menu2 = "   Move       Select      Toggle Window      Exit";
char fname[30];

unsigned char   Tfont[256][20];
unsigned char huge buffer_image[MAXSIZEX/8][MAXSIZEY];

int   width;
int   StartpicX,StartpicY;     //Startpoint display picture
int   MaxpicX,MaxpicY;         //Max value picture
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int   XMAX,YMAX;

int xmaxc,xminc,ymaxc,yminc;
char arr[150][150];
unsigned int code[5];

float indata[innode],hidedata[hidenode],outdata[outnode];
float toutput[outnode];
float wt1[innode][hidenode],wt2[hidenode][outnode];

//////////////////////PROTOTYPE DECLARATION  SECTION//////////////////////
void screen();
void box(int x1,int y1,int x2,int y2, int color);
void board(int x1,int y1,int x2,int y2,int color1,int color2);
void top_box();
void pic_box();

void readfont(void);
void boxstr(int x,int y,int color,unsigned char *input, unsigned char *buff);
void showTfont(int x, int y, int color,unsigned char *fontthai);
int  sizeTfont(unsigned char *data);

void load();
int  read_image(char *st);
void show_image(int lft,int up,int rght,int dw,int color,int back);

void delchar();
unsigned char X0(int &x,int &y);
void contour(int &x,int &y);
void p_qcode();
void pcode();
void qcode();
void adjust_ground();
void change_ground(int a,int b,char c);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void show_ground();
void concentrade_code();
void find_con_code(unsigned int con_code[50][2]);

void train();
void check0d();
void save_code(unsigned int ch);
void backpropagation();
void set_weight();
void showtime(clock_t time);
void forward();
void showbar(int x);
int  check_error(int *flag);
void backward();

void recognize();
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                              SCREEN
/////       void screen()
/////       void box(int x1,int y1,int x2,int y2, int color)
/////       void board(int x1,int y1,int x2,int y2,int color1,int color2)
/////       void topbox()
/////       void downbox()
/////       void sidebox()
/////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void screen()
{
 XMAX = getmaxx();        /* get screen resolution values */
 YMAX = getmaxy();
 //setbkcolor(CYAN);
 board(0,0,XMAX,YMAX,BLACK,GREEN);
 box(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BROWN);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 top_box();
}

void box(int x1,int y1,int x2,int y2, int color)
{
 setcolor(color);
 line(x1,y1,x2,y1);   line(x2,y1,x2,y2);
 line(x1,y1,x1,y2);   line(x1,y2,x2,y2);
}

void board(int x1,int y1,int x2,int y2,int color1,int color2)
{
 setcolor(color2);
 line(x1,y1,x2,y1);   line(x2,y1,x2,y2);
 line(x1,y1,x1,y2);   line(x1,y2,x2,y2);
 setfillstyle(1,color1);
 bar(x1+2,y1+2,x2-2,y2-2);
}
void top_box()
{
 board(2,2,XMAX-2,30,LIGHTGRAY,BROWN);
 setcolor(WHITE);
 outtextxy(10,12,"LOAD");
 outtextxy(163,12,"TRAIN");
 outtextxy(321,12,"RECOGNIZE");
 outtextxy(479,12,"SETUP");

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                              THAI FONT
/////       void readfont(void)
/////  void boxstr(int x,int y,int color, --
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//////                    -- unsigned char *input, unsigned char *buff)
//////        void showTfont(int x, int y, int color,unsigned char *fontthai)
//////        int  sizeTfont(unsigned char *data)
//////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void readfont(void)
{
 FILE *fontfile;
 int x,y;
 unsigned char ch;

 fontfile = fopen("a:thai.fnt","rb");
 x = y = 0;
 rewind(fontfile);
 while (!feof(fontfile))  {
    fread(&ch,1,1,fontfile);
    Tfont[x][y] = ch;
    y++;
    if (y==20) {
          y=0;
          x++;
    }
  }
  fclose(fontfile);
}

void boxstr(int x,int y,int color,unsigned char *text, unsigned char *string)
{
 int cursor,key,i;
 unsigned c;
 unsigned char ch;

 cursor=0;
 board(x-90,y-2,x+148,y+22,CYAN,MAGENTA);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
showTfont(x-85,y,color,text);
setcolor(YELLOW);
outtextxy(x,y+9,"_");
outtextxy(x,y+10,"_");
outtextxy(x,y+11,"_");
showTfont(x,y,color,string);

do {
  key = bioskey(0);
  ch = (unsigned char)(key&(0x00ff));
  switch (key)
  {
        case SP:
                strcpy(string,"");
                cursor=0;
                break;

        case LEFT:
                if(sizeTfont(string)>0) if(cursor>0) cursor--;   // 72 down
                break;

        case RIGHT:
                if(cursor<sizeTfont(string)) cursor++;   // 80 up
                break;

        case BS:
                if(cursor>0)
                cursor--;
                if (sizeTfont(string)>0)
                 {
                  for(i=cursor;i<sizeTfont(string); i++)
                  string[i]=string[i+1];
                 }
                break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case DEL:
                        if (sizeTfont(string)>0)
                         {
                          for(i=cursor;i<sizeTfont(string); i++)
                          string[i]=string[i+1];
                         }
                        break;

        default:
                        if(isprint(ch))
                        {
                         if (sizeTfont(string)>0)
                          {
                           for(i=sizeTfont(string);i>=cursor;i--)
                           string[i+1] = string[i];
                          }
                         else string[1]=NULL;
                         string[cursor] = ch;
                         cursor++;
                         break;
                        }
      }
      board(x-90,y-2,x+148,y+22,CYAN,MAGENTA);
      showTfont(x-85,y,color,text);
      showTfont(x,y,color,string);
      setcolor(YELLOW);
      outtextxy(x+(cursor*9),y+9,"_");
      outtextxy(x+(cursor*9),y+10,"_");
      outtextxy(x+(cursor*9),y+11,"_");
      }
    while ((key!=ENTER)&&(key!=ESC));
    board(x-90,y-2,x+148,y+22,BLACK,BLACK);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void showTfont(int x, int y, int color,unsigned char *string)
{
 int i,j,ch;
 int temp;

 temp = y;
 setcolor(color);
 for(i=0;i< strlen(string);i++)
  {
   ch = (int)(string[i])|0xff00;

   if((ch!=0xe31)&&(ch!=0xe34)&&(ch!=0xe35)&&(ch!=0xe36)&&(ch!=0xe37)&&(ch!=0xe47)
    &&(ch!=0xe48)&&(ch!=0xe49)&&(ch!=0xe4a)&&(ch!=0xe4b)&&(ch!=0xe4c)&&(ch!=0xe4d)
    &&(ch!=0xe4e)) x+=9;
   ch=(unsigned char)ch;
   for(j=0;j<20;j++)
   {
    setlinestyle(USERBIT_LINE,Tfont[ch][j],1);
    line(x,y,x-7,y);
    y++;
   }
   y = temp;
   setlinestyle(0,2,2);
  }
}

int sizeTfont(unsigned char *string)
{
 int length=0,i,ch;

 for(i=0;i<strlen(string);i++)
 {
  ch = (int)(string[i])|0xff00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if((ch!='ั')&&(ch!='ิ')&&(ch!='ี')&&(ch!='ึ')&&(ch!='ื')&&(ch!='')
      &&(ch!='ุ')&&(ch!='ู')&&(ch!='')&&(ch!='่')&&(ch!='้')&&(ch!='๊')
      &&(ch!='๋'))      length++;
   }
   return(length);
  }
  ////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  /////
  /////                              LOAD
  /////          void load()
  /////          int  read_image(char *st)
  /////          void show_image(int lft,int up,int rght,int dw,int color,int back)
  /////
  ////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  void load()
  {
   StartpicX=StartpicY=0;
   boxstr(200,100,WHITE,"FILE : ",fname);   // get file name
   setfillstyle(1,YELLOW);
   setcolor(RED);

   switch(read_image(fname))
    {
      case 1: board(110,98,348,122,CYAN,MAGENTA);
              outtextxy(170,107,"File not Found !"); // file not found
              getch();
              board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
              show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
              break;
      case 2: board(110,98,348,122,CYAN,MAGENTA);
              outtextxy(175,107,"Not BMP File !");  // not bmp file
              getch();
              board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
              show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                break;
    case 3: board(110,98,348,122,CYAN,MAGENTA);
                outtextxy(160,107,"Not 2 gray level !");  // not 2 gray level
                getch();
                board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
                show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
                break;
    case 0: show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
                break;
   }
}

int  read_image(char *st)
{
 FILE *fbmp;

 if((fbmp=fopen(st,"rb"))==NULL)  return(1);   // can't open file

 fseek(fbmp,0,SEEK_SET);
 fread(&bmphead,sizeof(bmphead),1,fbmp);

 if(memcmp(bmphead.id,"BM",2))   // if not bitmap file return 2
 {
  fclose(fbmp);
  return(2);
 }

 if(bmphead.bits!=1)   // if not b/w color return 3
 {
  fclose(fbmp);
  return(3);
 }

 MaxpicX = (int)(bmphead.width)-2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MaxpicY = (int)(bmphead.depth)-2;

width = bmphead.width/32;       //BitMap reserve 32 bit in times
if(bmphead.width%32) width++;   //if don't enough increment 32 bit
width<<=2;                      // 8*4 = 32 bit (get 8 bit in times must get 4 time)

fseek(fbmp,bmphead.headersize,SEEK_SET);
int x,y;
for(y=MaxpicY+1;y>=0;--y)
  for(x=0;x<width;++x)
    buffer_image[x][y]=~fgetc(fbmp);

fclose(fbmp);

for(x=0;x<width;x++)
{
  buffer_image[x][0] = 0;
  buffer_image[x][MaxpicY+1] = 0;
}

--width;
for(y=0;y<=MaxpicY+1;y++)
{
  buffer_image[0][y] &= (unsigned char)0x7f;
  buffer_image[width][y] &= (unsigned char)0x0fe;
}

++width;
return(0);
}

void show_image(int lft,int up,int rght,int dw,int color,int back)
{
 int x,y,ymax,xmax,l;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,WHITE,BROWN);
  ymax = ((dw-up)>(Yn-Yb)) ? Yn :  dw-up+Yb;
  xmax = ((rght-lft)>(Xn-Xb)) ? Xn :  rght-lft+Xb;

  setfillstyle(1,back);
  bar(Xb,Yb,xmax,ymax);

  for(y=Yb;y<=ymax;++y,++up)
   for(x=Xb,l=lft;x<=xmax;++x,++l)
    if(buffer_image[(l/8)][up]&(0x80>>(l%8))) putpixel(x,y,color);
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                          P & Q CODE
/////              void delchar()
/////              unsigned char X0(int &x,int &y)
/////              void contour(int &x,int &y)
/////              void p_qcode()
/////              void pcode()
/////              void qcode()
/////              void adjust_ground()
/////              void change_ground(int a,int b,char c)
/////              void show_ground()
/////              void concentrade_code()
/////              void find_con_code(unsigned int con_code[50][2])
/////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void delchar()
{for (int y=yminc;y<=ymaxc;y++)
  for (int x=xminc; x<=xmaxc; x++)
   {if (X0(x,y))
    buffer_image[(x/8)][y]=buffer_image[(x/8)][y]&(0x7F>>(x%8));
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned char X0(int &x,int &y)
{if(buffer_image[(x/8)][y]&(0x80>>(x%8))) return(0x01);
  else return(0x00);
}

void contour(int &x,int &y)
{int Xold=x;  int Yold=y;  int direct=1;
 xmaxc=xminc=x; ymaxc=yminc=y;
 do{if(X0(x,y))
    {if (direct==1) {direct=4; y--;} else          //left
     if (direct==2) {direct=1; x++;} else
     if (direct==3) {direct=2; y++;} else
     if (direct==4) {direct=3; x--;}}
   else                                            //right
    {if (direct==1) {direct=2; y++;} else
     if (direct==2) {direct=3; x--;} else
     if (direct==3) {direct=4; y--;} else
     if (direct==4) {direct=1; x++;}}
   if (xmaxc<x) xmaxc=x;
   if (ymaxc<y) ymaxc=y;
   if (xminc>x) xminc=x;
   if (yminc>y) yminc=y;
  }while ((Xold!=x)||(Yold!=y));
}

void p_qcode()
{if (((xmaxc-xminc)<150)&((ymaxc-yminc)<150))
  {for (int y=0;y<150;y++)
    for (int x=0;x<150;x++) arr[x][y]='0';  //setup array
   pcode();
   qcode();
   adjust_ground();
   show_ground();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  concentrade_code();
 }
}

void pcode()
{int p1,p2,p3,p4;
 for (int y=yminc;y<=ymaxc;y++)
  for (int x=xminc; x<=xmaxc; x++)
   {if (X0(x,y))
    {int x1=x+1,x2=x,x3=x-1;
     int y1=y+1,y2=y,y3=y-1;
     if (X0(x1,y2)&(x1<=xmaxc)) p1=1; else p1=0;
     if (X0(x2,y1)&(y1>=yminc)) p2=1; else p2=0;
     if (X0(x3,y2)&(x3>=xminc)) p3=1; else p3=0;
     if (X0(x2,y3)&(y3<=ymaxc)) p4=1; else p4=0;
     if ((1-p2*p4)*p1*p3==1) arr[x-xminc][y-yminc]='H';
     if ((1-p1*p3)*p2*p4==1) arr[x-xminc][y-yminc]='V';
     if ((1-p1*p3)*(1-p2*p4)==1) arr[x-xminc][y-yminc]='S';
     if (p1*p2*p3*p4==1) arr[x-xminc][y-yminc]='I';
    }
   }
}

void qcode()
{int p1,p2,p3,p4;
 for (int y=yminc;y<=ymaxc;y++)
  for (int x=xminc; x<=xmaxc; x++)
   {if (X0(x,y))
     {/*nothing*/}
    else
     {int tempx = x; int tempy = y;
      p1=p2=p3=p4=0;

      do {x=x++; if (X0(x,y)) p1=1;} while (x<xmaxc); x=tempx; y=tempy;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    do {y=y--; if (X0(x,y)) p2=1;} while (y>yminc); x=tempx; y=tempy;
    do {x=x--; if (X0(x,y)) p3=1;} while (x>xminc); x=tempx; y=tempy;
    do {y=y++; if (X0(x,y)) p4=1;} while (y<ymaxc); x=tempx; y=tempy;

    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==3)  arr[x-xminc][y-yminc]='3';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==5)  arr[x-xminc][y-yminc]='5';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==6)  arr[x-xminc][y-yminc]='6';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==7)  arr[x-xminc][y-yminc]='7';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==9)  arr[x-xminc][y-yminc]='9';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==10) arr[x-xminc][y-yminc]='A';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==11) arr[x-xminc][y-yminc]='B';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==12) arr[x-xminc][y-yminc]='C';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==13) arr[x-xminc][y-yminc]='D';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==14) arr[x-xminc][y-yminc]='E';
    if ((8*p1)+(4*p2)+(2*p3)+(p4)==15) arr[x-xminc][y-yminc]='F';
   }
  }
}

void adjust_ground()
{int p1,p2,p3,p4;
 for (int i=0;i<150;i++)
  for (int j=0;j<150;j++)
   {if (arr[j][i]=='F')
    {p1=arr[j+1][i]; p2=arr[j][i-1]; p3=arr[j-1][i]; p4=arr[j][i+1];
    if((p1=='5')||(p2=='5')||(p3=='5')||(p4=='5')) change_ground(j,i,'5');
    if((p1=='7')||(p2=='7')||(p3=='7')||(p4=='7')) change_ground(j,i,'7');
    if((p1=='A')||(p2=='A')||(p3=='A')||(p4=='A')) change_ground(j,i,'A');
    if((p1=='B')||(p2=='B')||(p3=='B')||(p4=='B')) change_ground(j,i,'B');
    if((p1=='D')||(p2=='D')||(p3=='D')||(p4=='D')) change_ground(j,i,'D');
    if((p1=='E')||(p2=='E')||(p3=='E')||(p4=='E')) change_ground(j,i,'E');
    }
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void change_ground(int a,int b,char c)
{arr[a][b]=c;
 if (arr[a+1][b]=='F')   {arr[a+1][b]=c;   change_ground(a+1,b,c);}
 if (arr[a+1][b-1]=='F') {arr[a+1][b-1]=c; change_ground(a+1,b-1,c);}
 if (arr[a][b-1]=='F')   {arr[a][b-1]=c;   change_ground(a,b-1,c);}
 if (arr[a-1][b-1]=='F') {arr[a-1][b-1]=c; change_ground(a-1,b-1,c);}
 if (arr[a-1][b]=='F')   {arr[a-1][b]=c;   change_ground(a-1,b,c);}
 if (arr[a-1][b+1]=='F') {arr[a-1][b+1]=c; change_ground(a-1,b+1,c);}
 if (arr[a][b+1]=='F')   {arr[a][b+1]=c;   change_ground(a,b+1,c);}
 if (arr[a+1][b+1]=='F') {arr[a+1][b+1]=c; change_ground(a+1,b+1,c);}
}

void show_ground()
{board(100,YMAX-350,XMAX-190,YMAX-150,BLUE,MAGENTA);
 int Xc=120; int Yc=150;
 for (int i=0;i<150;i++)
  for (int j=0;j<150;j++)
   {if (arr[j][i]=='H') putpixel(j+Xc,i+Yc,8);
    else if (arr[j][i]=='V') putpixel(j+Xc,i+Yc,4);
    else if (arr[j][i]=='S') putpixel(j+Xc,i+Yc,2);
    else if (arr[j][i]=='I') putpixel(j+Xc,i+Yc,1);
    else if (arr[j][i]=='0') putpixel(j+Xc,i+Yc,0);
    else if (arr[j][i]=='1') putpixel(j+Xc,i+Yc,0);
    else if (arr[j][i]=='2') putpixel(j+Xc,i+Yc,0);
    else if (arr[j][i]=='3') putpixel(j+Xc,i+Yc,3);
    else if (arr[j][i]=='4') putpixel(j+Xc,i+Yc,0);
    else if (arr[j][i]=='5') putpixel(j+Xc,i+Yc,5);
    else if (arr[j][i]=='6') putpixel(j+Xc,i+Yc,6);
    else if (arr[j][i]=='7') putpixel(j+Xc,i+Yc,7);
    else if (arr[j][i]=='8') putpixel(j+Xc,i+Yc,0);
    else if (arr[j][i]=='9') putpixel(j+Xc,i+Yc,9);
    else if (arr[j][i]=='A') putpixel(j+Xc,i+Yc,10);
    else if (arr[j][i]=='B') putpixel(j+Xc,i+Yc,11);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else if (arr[j][i]=='C') putpixel(j+Xc,i+Yc,12);
    else if (arr[j][i]=='D') putpixel(j+Xc,i+Yc,13);
    else if (arr[j][i]=='E') putpixel(j+Xc,i+Yc,14);
    else if (arr[j][i]=='F') putpixel(j+Xc,i+Yc,15);
   }
 box(119,149,271,301,WHITE);
}

void concentrade_code()
{int p1,p2,p3,p4,p5;
 unsigned int con_code[150][2];              //concentrade code 50 value

 for (int i=0;i<2;i++)
  for (int j=0;j<150;j++) con_code[j][i]=0;   //set concentrade code

 find_con_code(con_code);

 for (int b=0; b<5;b++)                                  //sort 5 value con_code
  {int index,temp=0;
   for (int a=0;a<150;a++)
    if (con_code[a][1]>temp) {temp=con_code[a][1]; index=a;}
   code[b]=con_code[index][0];
   con_code[index][1]=0;
  }
}

void find_con_code(unsigned int con_code[50][2])
{for (int i=0;i<150;i++)                    //concetrade code
  for (int j=0;j<150;j++)
   if (arr[j][i]!='0')
    {int p1,p2,p3,p4,p5;
     p1=p2=p3=p4=p5=0;

     if((arr[j][i]=='S')||(arr[j][i]=='H')||(arr[j][i]=='V')||(arr[j][i]=='I'))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{////////////////find p1 to p5 in font/////////////////
 p5=arr[j][i];                //find p5
 int tempx=j; int tempy=i;

 do{j=j++;
      if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I'))
       {p1=arr[j][i]; j=150;}      //find p1
     }while (j<150);
 j = tempx; i = tempy;

 do{i=i--;
      if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I'))
       {p2=arr[j][i]; i=0;}        //find p2
     }while (i>0);
 j = tempx; i = tempy;

 do{j=j--;
      if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I'))
       {p3=arr[j][i]; j=0;}        //find p3
     }while (j>0);
 j = tempx; i = tempy;

 do{i=i++;
      if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I'))
       {p4=arr[j][i]; i=150;}      //find p4
     }while (i<150);
 j = tempx; i = tempy;
}
else                              //find p1 to p5 in ground
 {p5=arr[j][i];               //find p5
 int tempx=j; int tempy=i; int flag;

 flag=0;
 do{j=j++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if((arr[j][i]=='S')|(arr[j][i]=='H')|(arr[j][i]=='V')|(arr[j][i]=='I')) flag=1;
            if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I')&(flag==1))
             {p1=arr[j][i]; j=150;}        //find p1
           }while (j<150);
      j = tempx; i = tempy;

      flag=0;
      do{i=i--;
            if((arr[j][i]=='S')|(arr[j][i]=='H')|(arr[j][i]=='V')|(arr[j][i]=='I')) flag=1;
            if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I')&(flag==1))
             {p2=arr[j][i]; i=0;}        //find p2
           }while (i>0);
      j = tempx; i = tempy;

      flag=0;
      do{j=j--;
            if((arr[j][i]=='S')|(arr[j][i]=='H')|(arr[j][i]=='V')|(arr[j][i]=='I')) flag=1;
            if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I')&(flag==1))
             {p3=arr[j][i]; j=0;}        //find p3
           }while (j>0);
      j = tempx; i = tempy;

      flag=0;
      do{i=i++;
            if((arr[j][i]=='S')|(arr[j][i]=='H')|(arr[j][i]=='V')|(arr[j][i]=='I')) flag=1;
            if((arr[j][i]!='S')&(arr[j][i]!='H')&(arr[j][i]!='V')&(arr[j][i]!='I')&(flag==1))
             {p4=arr[j][i]; i=150;}      //find p4
           }while (i<150);
      j = tempx; i = tempy;
      }
//////////declease 5 byte to 4 byte//////////////////
    int arr16[16];
    for (int a=0;a<16;a++) arr16[a]=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (p1=='0') {arr16[1]=0; arr16[2]=0; arr16[0]=0;}
if (p1=='I') {arr16[1]=0; arr16[2]=0; arr16[0]=1;}
if (p1=='S') {arr16[1]=0; arr16[2]=0; arr16[0]=0;}
if (p1=='3') {arr16[1]=0; arr16[2]=0; arr16[0]=1;}
if (p1=='V') {arr16[1]=0; arr16[2]=1; arr16[0]=0;}
if (p1=='5') {arr16[1]=0; arr16[2]=1; arr16[0]=1;}
if (p1=='6') {arr16[1]=0; arr16[2]=1; arr16[0]=0;}
if (p1=='7') {arr16[1]=0; arr16[2]=1; arr16[0]=1;}
if (p1=='H') {arr16[1]=1; arr16[2]=0; arr16[0]=0;}
if (p1=='9') {arr16[1]=1; arr16[2]=0; arr16[0]=1;}
if (p1=='A') {arr16[1]=1; arr16[2]=0; arr16[0]=0;}
if (p1=='B') {arr16[1]=1; arr16[2]=0; arr16[0]=1;}
if (p1=='C') {arr16[1]=1; arr16[2]=1; arr16[0]=0;}
if (p1=='D') {arr16[1]=1; arr16[2]=1; arr16[0]=1;}
if (p1=='E') {arr16[1]=1; arr16[2]=1; arr16[0]=0;}
if (p1=='F') {arr16[1]=1; arr16[2]=1; arr16[0]=1;}

if (p2=='0') {arr16[3]=0; arr16[4]=0; arr16[5]=0;}
if (p2=='I') {arr16[3]=0; arr16[4]=0; arr16[5]=0;}
if (p2=='S') {arr16[3]=0; arr16[4]=0; arr16[5]=1;}
if (p2=='3') {arr16[3]=0; arr16[4]=0; arr16[5]=1;}
if (p2=='V') {arr16[3]=0; arr16[4]=1; arr16[5]=0;}
if (p2=='5') {arr16[3]=0; arr16[4]=1; arr16[5]=0;}
if (p2=='6') {arr16[3]=0; arr16[4]=1; arr16[5]=1;}
if (p2=='7') {arr16[3]=0; arr16[4]=1; arr16[5]=1;}
if (p2=='H') {arr16[3]=1; arr16[4]=0; arr16[5]=0;}
if (p2=='9') {arr16[3]=1; arr16[4]=0; arr16[5]=0;}
if (p2=='A') {arr16[3]=1; arr16[4]=0; arr16[5]=1;}
if (p2=='B') {arr16[3]=1; arr16[4]=0; arr16[5]=1;}
if (p2=='C') {arr16[3]=1; arr16[4]=1; arr16[5]=0;}
if (p2=='D') {arr16[3]=1; arr16[4]=1; arr16[5]=0;}
if (p2=='E') {arr16[3]=1; arr16[4]=1; arr16[5]=1;}
if (p2=='F') {arr16[3]=1; arr16[4]=1; arr16[5]=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (p3=='0') {arr16[6]=0; arr16[7]=0; arr16[8]=0;}
if (p3=='I') {arr16[6]=0; arr16[7]=0; arr16[8]=1;}
if (p3=='S') {arr16[6]=0; arr16[7]=1; arr16[8]=0;}
if (p3=='3') {arr16[6]=0; arr16[7]=1; arr16[8]=1;}
if (p3=='V') {arr16[6]=1; arr16[7]=0; arr16[8]=0;}
if (p3=='5') {arr16[6]=1; arr16[7]=0; arr16[8]=1;}
if (p3=='6') {arr16[6]=1; arr16[7]=1; arr16[8]=0;}
if (p3=='7') {arr16[6]=1; arr16[7]=1; arr16[8]=1;}
if (p3=='H') {arr16[6]=0; arr16[7]=0; arr16[8]=0;}
if (p3=='9') {arr16[6]=0; arr16[7]=0; arr16[8]=1;}
if (p3=='A') {arr16[6]=0; arr16[7]=1; arr16[8]=0;}
if (p3=='B') {arr16[6]=0; arr16[7]=1; arr16[8]=1;}
if (p3=='C') {arr16[6]=1; arr16[7]=0; arr16[8]=0;}
if (p3=='D') {arr16[6]=1; arr16[7]=0; arr16[8]=1;}
if (p3=='E') {arr16[6]=1; arr16[7]=1; arr16[8]=0;}
if (p3=='F') {arr16[6]=1; arr16[7]=1; arr16[8]=1;}

if (p4=='0') {arr16[11]=0; arr16[9]=0; arr16[10]=0;}
if (p4=='I') {arr16[11]=0; arr16[9]=0; arr16[10]=1;}
if (p4=='S') {arr16[11]=0; arr16[9]=1; arr16[10]=0;}
if (p4=='3') {arr16[11]=0; arr16[9]=1; arr16[10]=1;}
if (p4=='V') {arr16[11]=0; arr16[9]=0; arr16[10]=0;}
if (p4=='5') {arr16[11]=0; arr16[9]=0; arr16[10]=1;}
if (p4=='6') {arr16[11]=0; arr16[9]=1; arr16[10]=0;}
if (p4=='7') {arr16[11]=0; arr16[9]=1; arr16[10]=1;}
if (p4=='H') {arr16[11]=1; arr16[9]=0; arr16[10]=0;}
if (p4=='9') {arr16[11]=1; arr16[9]=0; arr16[10]=1;}
if (p4=='A') {arr16[11]=1; arr16[9]=1; arr16[10]=0;}
if (p4=='B') {arr16[11]=1; arr16[9]=1; arr16[10]=1;}
if (p4=='C') {arr16[11]=1; arr16[9]=0; arr16[10]=0;}
if (p4=='D') {arr16[11]=1; arr16[9]=0; arr16[10]=1;}
if (p4=='E') {arr16[11]=1; arr16[9]=1; arr16[10]=0;}
if (p4=='F') {arr16[11]=1; arr16[9]=1; arr16[10]=1;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (p5=='0') {arr16[12]=0; arr16[13]=0; arr16[14]=0; arr16[15]=0;}
if (p5=='I') {arr16[12]=0; arr16[13]=0; arr16[14]=0; arr16[15]=1;}
if (p5=='S') {arr16[12]=0; arr16[13]=0; arr16[14]=1; arr16[15]=0;}
if (p5=='3') {arr16[12]=0; arr16[13]=0; arr16[14]=1; arr16[15]=1;}
if (p5=='V') {arr16[12]=0; arr16[13]=1; arr16[14]=0; arr16[15]=0;}
if (p5=='5') {arr16[12]=0; arr16[13]=1; arr16[14]=0; arr16[15]=1;}
if (p5=='6') {arr16[12]=0; arr16[13]=1; arr16[14]=1; arr16[15]=0;}
if (p5=='7') {arr16[12]=0; arr16[13]=1; arr16[14]=1; arr16[15]=1;}
if (p5=='H') {arr16[12]=1; arr16[13]=0; arr16[14]=0; arr16[15]=0;}
if (p5=='9') {arr16[12]=1; arr16[13]=0; arr16[14]=0; arr16[15]=1;}
if (p5=='A') {arr16[12]=1; arr16[13]=0; arr16[14]=1; arr16[15]=0;}
if (p5=='B') {arr16[12]=1; arr16[13]=0; arr16[14]=1; arr16[15]=1;}
if (p5=='C') {arr16[12]=1; arr16[13]=1; arr16[14]=0; arr16[15]=0;}
if (p5=='D') {arr16[12]=1; arr16[13]=1; arr16[14]=0; arr16[15]=1;}
if (p5=='E') {arr16[12]=1; arr16[13]=1; arr16[14]=1; arr16[15]=0;}
if (p5=='F') {arr16[12]=1; arr16[13]=1; arr16[14]=1; arr16[15]=1;}

/////////change value from binary to char/////////////
unsigned int c_code=0;
int flag,index;
for (a=0;a<16;a++) c_code=(c_code*2)+arr16[a];

flag=0;
for (a=0;a<150;a++)
 if (con_code[a][0]==c_code) {con_code[a][1]++; flag=1;}

if (flag==0)                    //new value
 {int temp=100;
  for (a=0;a<150;a++)
       if (temp>con_code[a][1]) {temp=con_code[a][1]; index=a;}
  con_code[index][0]=c_code;
  con_code[index][1]=1;
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
//////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////
/////
//////////////////////////////////////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include "A:HEADER3.CPP"
float error   = 10;
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                                   TRAIN
/////       void train()
/////                 void check0d()
/////                 void save_code(char ch)
/////                 void backpropagation()
/////        void set_weight()
/////                 void showtime(clock_t time)
/////                 void forward()
/////                 void showbar(int x)
/////                 int  check_error(int *flag)
/////                 void backward()
/////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void train()
{unsigned int ch,c;
 for(int y=1;y<=MaxpicY;y++)
  for(int x=1;x<=MaxpicX;x++)
   {if(X0(x,y))
     {contour(x,y);
      if (((xmaxc-xminc)>10)&((ymaxc-yminc)>10))
       {p_qcode();
       outtextxy(285,YMAX-255,"This Charecter is");
       do{ch = getche();
            if (ch!='\x1B')     //save to file "code.txt"
             {char *ascii;
              *ascii=ch;
             showTfont(400,YMAX-200,WHITE,ascii);
             c = getche();
             if ((c=='\r')|(ch>65)) save_code(ch);
              else {setcolor(BLUE); bar(380,YMAX-220,412,YMAX-180);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    setcolor(WHITE);}
                } else {c='\r';}
               }while(c!='\r');
        }
        delchar();
        if (((xmaxc-xminc)>10)&((ymaxc-yminc)>10))
              show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
       }
      }
    board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BLACK,BROWN);
    board(100,YMAX-350,XMAX-190,YMAX-150,BLUE,WHITE);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(240,YMAX-300,"Train ...");

    clock_t start, end,time;
    start = clock();

    backpropagation();

    end = clock();
    time = (end - start) / CLK_TCK;
    showtime(time);
    getche();
    board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BLACK,BROWN);
   }

   void save_code(unsigned int ch)
   {FILE *fp;
    unsigned int as[33];

    fp = fopen("c:code.txt","a+");
    ch=ch-65;
    as[32]=10;
    as[31]=ch%10+48;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
as[30]=ch/10+48;
int b=0;
for(int a=0; a<5; a++)
 {as[b]=(code[a]/10000)+48;    b++;
  as[b]=((code[a]/1000)%10)+48; b++;
  as[b]=((code[a]/100)%10)+48;  b++;
  as[b]=((code[a]/10)%10)+48;   b++;
  as[b]=code[a]%10+48;          b++;
  as[b]=' ';                    b++;
 }
for (a=0; a<33; a++) fputc(as[a],fp);
fclose(fp);
}

void baekpropagation()
{int flag,count=0,x=0;
FILE *fp;
unsigned char as[33];
struct con_code_type{unsigned int code[5];
                     unsigned int ascii;
                     }con_code;


set_weight();
do{showbar(count);
  if (x==1) count--; else count++;
  if (count==45) x=1;
  if (count==0)  x=0;

  flag=0;
  fp = fopen("c:code.txt","r");
  while (!feof(fp))
   {fread(&as,33,1,fp);
    int b=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for (int a=0; a<5; a++)
     {con_code.code[a]=(as[b]-48)*10000;                    b++;
          con_code.code[a]=con_code.code[a]+(as[b]-48)*1000;  b++;
          con_code.code[a]=con_code.code[a]+(as[b]-48)*100;   b++;
          con_code.code[a]=con_code.code[a]+(as[b]-48)*10;    b++;
          con_code.code[a]=con_code.code[a]+(as[b]-48);       b++; b++;
     }
    con_code.ascii=(as[30]-48)*10;
    con_code.ascii=con_code.ascii+(as[31]-48);
    //con_code.ascii=con_code.ascii+160;

    int x3=innode-1;
    for (int x2=4; x2>-1; x2--)
     {unsigned int c_code=con_code.code[x2];
     for (int x1=15; x1>-1; x1--)
          {if (c_code%2==0) indata[x3]=0; else indata[x3]=1;
            c_code=c_code/2;
            x3--;}}

    //unsigned int ascii=con_code.ascii;                    //change concentration code into neural
network
    //ascii=ascii*100;
    for (int x1=outnode-1; x1>-1; x1--)  toutput[x1]=0;
    toutput[con_code.ascii] = 1;
    do{forward();
          }while(check_error(&flag));
    }
   fclose(fp);
  }while (flag);
}

void set_weight()
{for(int i=0; i<innode; i++)
 for(int j=0; j<hidenode; j++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {wt1[i][j] = 0.5*(1.0-random(100)/51.0);}
  for(i=0; i<hidenode; i++)
   for(j=0; j<outnode; j++)
    {wt2[i][j] = 0.5*(1.0-random(100)/51.0);}
}

void showtime(clock_t time)
{char str[14];
 char ch;
 ch=time/360000; if (ch==0) str[0]=' '; else str[0]=ch+48;
 time=time-360000*ch;
 ch=time/36000;  str[1]=ch+48;  time=time-36000*ch;
 ch=time/3600;   str[2]=ch+48;  time=time-3600*ch;
 str[3]=' ';     str[4]=':';    str[5]=' ';
 ch=time/600;    str[6]=ch+48;  time=time-600*ch;
 ch=time/60;     str[7]=ch+48;  time=time-60*ch;
 str[8]=' ';     str[9]=':';    str[10]=' ';
 ch=time/10;     str[11]=ch+48; time=time-10*ch;
 ch=time;        str[12]=ch+48; str[13]='\0';
 board(100,YMAX-350,XMAX-190,YMAX-150,BLUE,WHITE);
 setcolor(WHITE);
 outtextxy(210,YMAX-300,"Success Training !");
 outtextxy(235,YMAX-255,"Total Time");
 outtextxy(220,YMAX-205,str);
}

void showbar(int x)
{board(150,YMAX-255,XMAX-240,YMAX-245,BLUE,YELLOW);
 setfillstyle(1,RED);
 bar(152+x*5,YMAX-253,172+x*5,YMAX-247);
}

void forward()
{float sum;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 for (int a=0; a<hidenode; a++)
  {sum=0;
  for (int b=0; b<innode; b++) sum=sum+wt1[b][a]*indata[b];
  hidedata[a]=1.0 / (1.0 + exp(-sum));
  }

 for (a=0; a<outnode; a++)
  {sum=0;
  for (int b=0; b<hidenode; b++) sum=sum+wt2[b][a]*hidedata[b];
  outdata[a]=1.0 / (1.0 + exp(-sum));
  }
}

int check_error(int *flag)
{double err[outnode];
 double sum;

 for (int a=0; a<outnode; a++) err[a]=toutput[a]-outdata[a];
 for (a=0; a<outnode; a++) err[a]=pow(err[a],2.0);
 sum=0;
 for (a=0; a<outnode; a++) sum=sum+err[a];
 sum=sum*100;
 if (sum<error) return(0);
  else {*flag=1; backward(); return(1);}
}

void backward()
{for (int a=0; a<outnode; a++)
  for (int b=0; b<hidenode; b++)
   {float R=(outdata[a])*(1-outdata[a])*(toutput[a]-outdata[a]);
    wt2[b][a]=wt2[b][a]+(0.7*R*hidedata[b]);
   }

 for (a=0; a<hidenode; a++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 for (b=0; b<innode; b++)
   {float S=0;
    for (int c=0; c<outnode; c++)
     S=S+wt2[a][c]*((outdata[c])*(1-outdata[c])*(toutput[c]-outdata[c]));
    float R=(hidedata[a])*(1-hidedata[a])*(S);
    wt1[b][a]=wt1[b][a]+(0.7*R*indata[b]);
   }
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                                    RECOGNIZE
/////        void recognize()
/////
////////////////////////////////////////////////////////////////////
void recognize()
{ clock_t start,end,time;
 start = clock();

for(int y=1;y<=MaxpicY;y++)
 for(int x=1;x<=MaxpicX;x++)
  {if(X0(x,y))
   {contour(x,y);
        if (((xmaxc-xminc)>10)&((ymaxc-yminc)>10))
         {p_qcode();
         outtextxy(285,YMAX-255,"This Charecter is");
         int x3=innode-1;
         for (int x2=4; x2>-1; x2--)
          for (int x1=15; x1>-1; x1--)
           {if (code[x2]%2==0) indata[x3]=0; else indata[x3]=1;
                code[x2]=code[x2]/2;
                x3--;}

         forward();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            float ch=0;
            int index;
            for (x3=0; x3<outnode; x3++)
            if (outdata[x3]>ch) {ch=outdata[x3]; index=x3;}


            index=index+65;
            int x=400,y=YMAX-200;
            for(int j=0;j<20;j++)
             {setlinestyle(USERBIT_LINE,Tfont[index][j],1);
              line(x,y,x-7,y);
              y++;
             }
            setlinestyle(0,2,2);
            delay(1000);
           }
          delchar();
          if (((xmaxc-xminc)>10)&((ymaxc-yminc)>10))
            show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
      }
     }
  end = clock();
  time =(end - start) / CLK_TCK;
  board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BLACK,BROWN);
  showtime(time);
  getche();
  board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BLACK,BROWN);

}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                              MAIN PROGRAM
/////              void set()
/////              void operation(unsigned status,unsigned flag)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/////                    void main()
/////
////////////////////////////////////////////////////////////////////
void set()
{int a[2],err;
 char ch;
 board(100,YMAX-350,XMAX-190,YMAX-150,BLUE,WHITE);
 setcolor(YELLOW);
 outtextxy(175,YMAX-255,"Error Value (10-99) :__");
 ch=getche();
 a[0]=ch;
 int x=357,y=YMAX-267;
 for(int j=0;j<20;j++)
  {setlinestyle(USERBIT_LINE,Tfont[ch][j],1);
   line(x,y,x-7,y);
   y++;
  }
 ch=getche();
 a[1]=ch;
 x=365,y=YMAX-267;
 for(j=0;j<20;j++)
  {setlinestyle(USERBIT_LINE,Tfont[ch][j],1);
   line(x,y,x-7,y);
   y++;
  }
 setlinestyle(0,2,2);
 err=(a[0]-48)*10+(a[1]-48);
 if ((err>9)&(err<100)) error=err;
 delay(500);
 board(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BLACK,BROWN);
}

void loadweight()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

//void saveweight()
/*{unsigned char x;
 float y;
 FILE *fp;

 fp = fopen("a:weight.txt","w");
 for (int a=0; a<innode; a++)
  {for (int b=0; b<hidenode; b++)
    {y=wt1[a][b];
//     x=y; y<<=8; fputc(x+48,fp);
//     x=y; y<<=8; fputc(x+48,fp);
//     x=y; y<<=8; fputc(x+48,fp);
//     x=y; y<<=8; fputc(x+48,fp); fputc(' ',fp);
    }fputc('\x0a',fp);
  }
 fclose(fp);
}*/

void operation(unsigned status,unsigned flag)
{if (status>7) {top_box();
                show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,WHITE,BLACK);
                box(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BROWN);}

 else {box(2,35,XMAX-2,YMAX-2,BROWN);
       top_box();
       //box(XMAX-80,35,XMAX-5,YMAX-35,WHITE);
       if (status==0){//board(XMAX-78,70,XMAX-7,100,RED,WHITE);
                      setcolor(10);
                      outtextxy(10,12,"LOAD");}
       if (status==1){//board(XMAX-78,100,XMAX-7,130,RED,WHITE);
                      setcolor(10);
                      outtextxy(163,12,"TRAIN");}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if (status==2) {//board(XMAX-78,130,XMAX-7,160,RED,WHITE);
                       setcolor(10);
                       outtextxy(321,12,"RECOGNIZE");}
        if (status==3) {//board(XMAX-78,160,XMAX-7,190,RED,WHITE);
                       setcolor(10);
                       outtextxy(479,12,"SETUP");}
        if (flag==1)  {if (status==0) load();
                       if (status==1) train();
                       if (status==2) recognize();
                       if (status==3) set();}
    }
}

void main()
{unsigned ch,flag,status;              //setup value
StartpicX=StartpicY=status=flag=0;

int driver = DETECT,mode;              //setup graphic mode
initgraph(&driver,&mode,"a:");

randomize();
//loadweight();
readfont();                                    //load thai font to tfont[256][20]
screen();
operation(status,flag);
do
 {ch = bioskey(0);
  flag=0;
  switch(ch)
   {case TAB   : if (status<7) status = status+10;
                 else status = status-10;
                 break;
    case LEFT  : if ((status>0)&&(status<7)) status--;
                 if (status > 7) StartpicX=StartpicX+5;
```

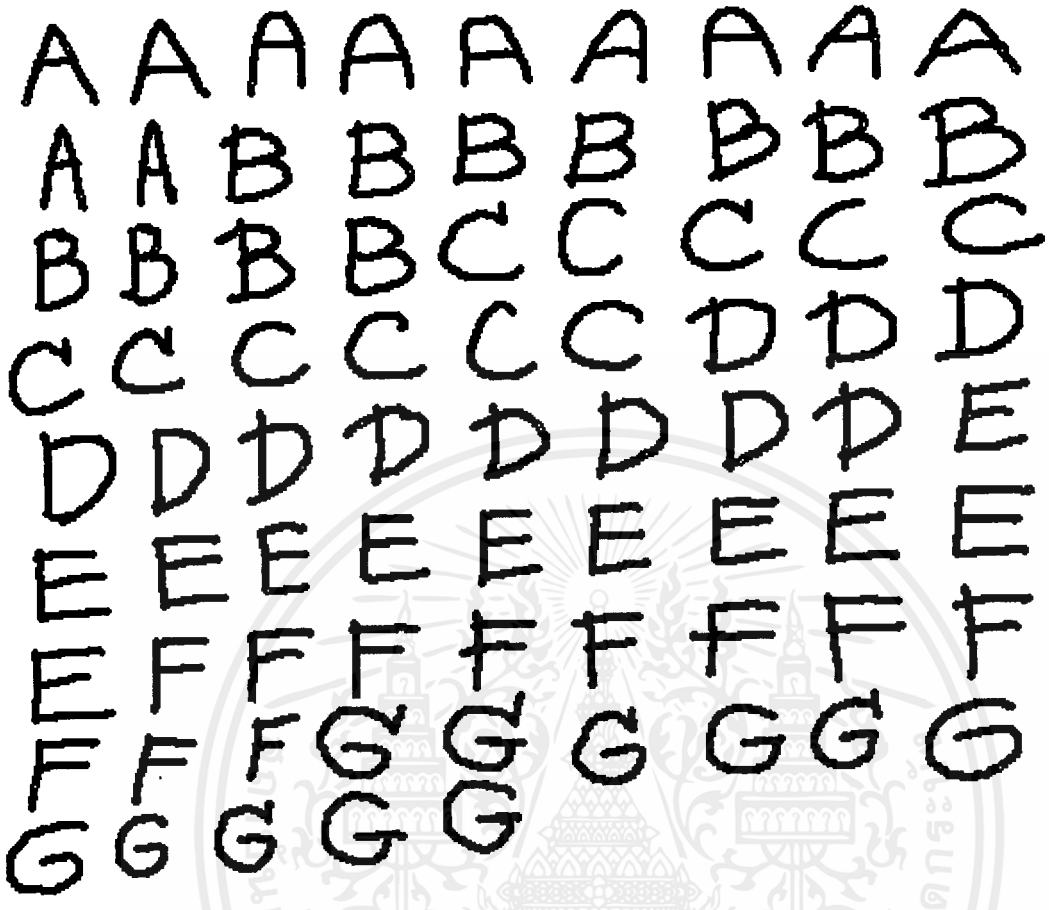
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    break;
    case RIGHT :  if (status<3) status++;
                    if (status>7) StartpicX=StartpicX-5;
                    break;
    case UP  :  if (status>7) StartpicY=StartpicY-5;
                    break;
    case DOWN :  if (status>7) StartpicY=StartpicY+5;
                    break;
    case ENTER :  flag=1; break;
    }
  if (ch!=ESC) operation(status,flag);
 }while (ch!=ESC);
closegraph();
//saveweight();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

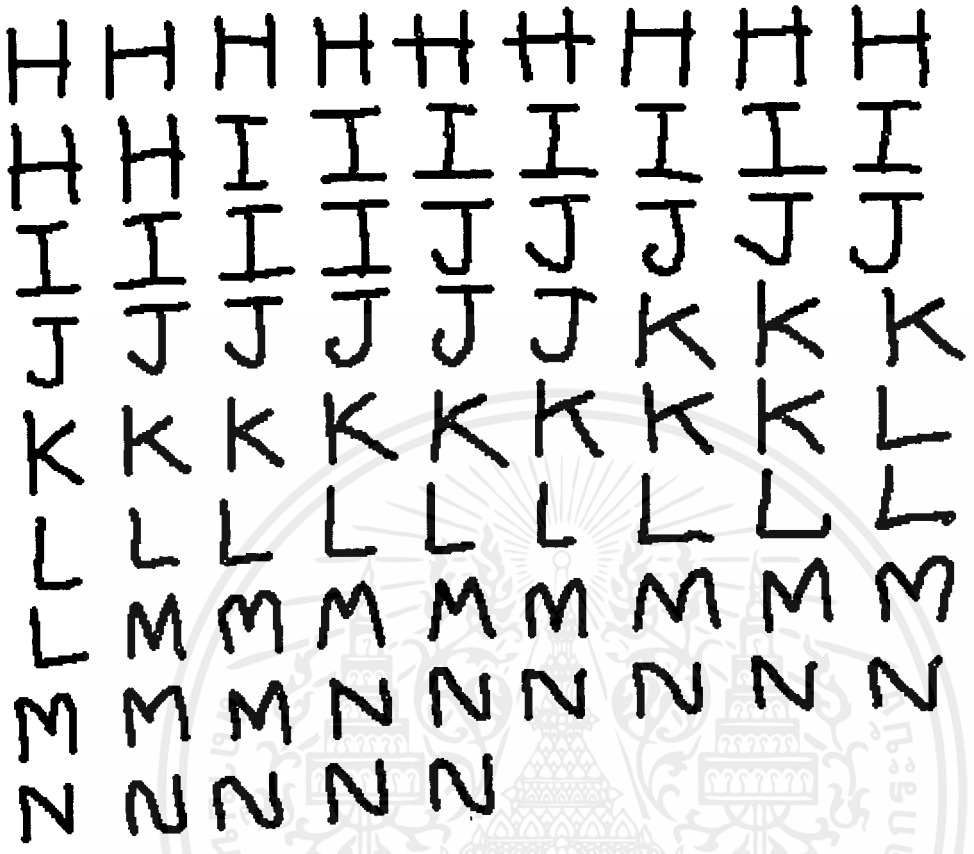
ภาคผนวก ง
ภาพแสดงข้อมูลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ภาพแฟ้มข้อมูล Present1.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

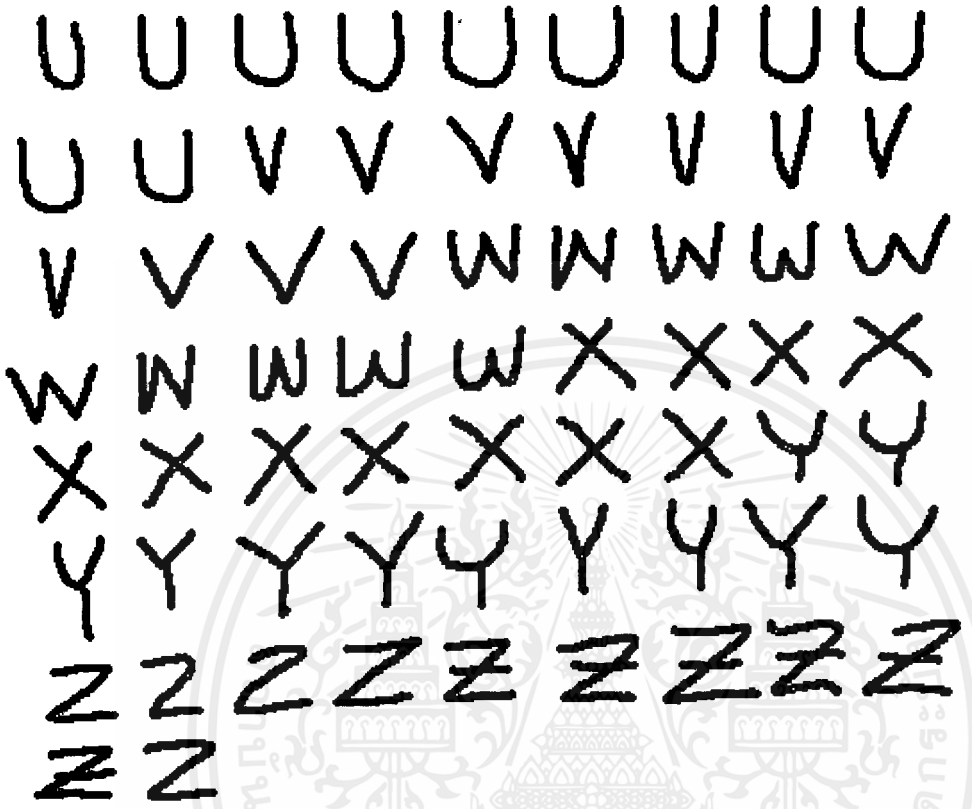


รูปที่ 2 ภาพแฟ้มข้อมูล Present2.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

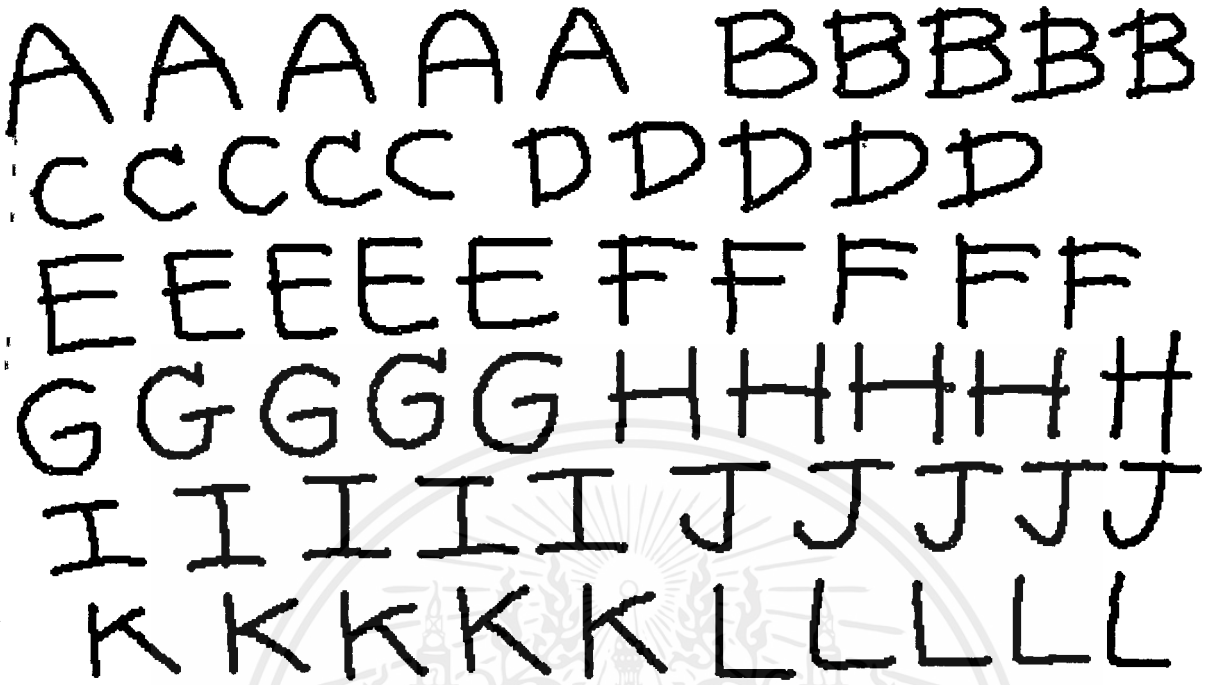
รูปที่ 3 ภาพแฟ้มข้อมูล Present3.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ภาพแฟ้มข้อมูล Present4.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

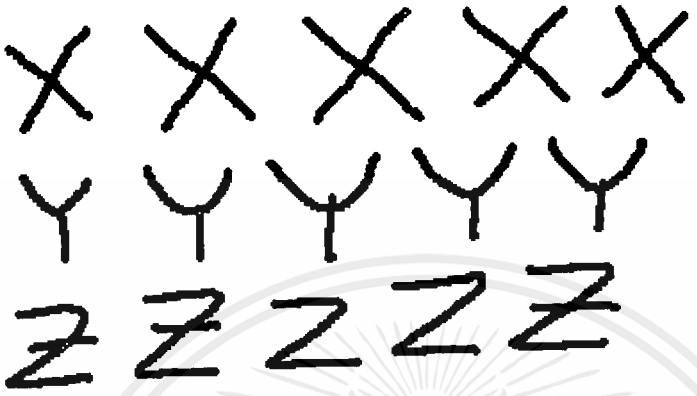


รูปที่ 5 ภาพแฟ้มข้อมูล Tr11.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

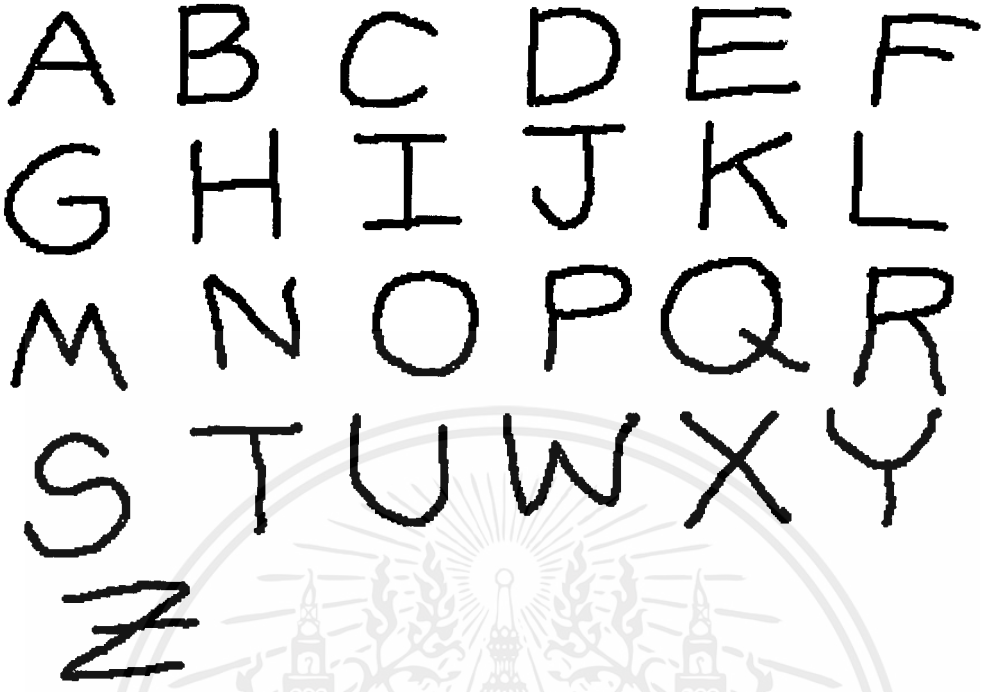
รูปที่ 6 ภาพแฟ้มข้อมูล Tr12.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



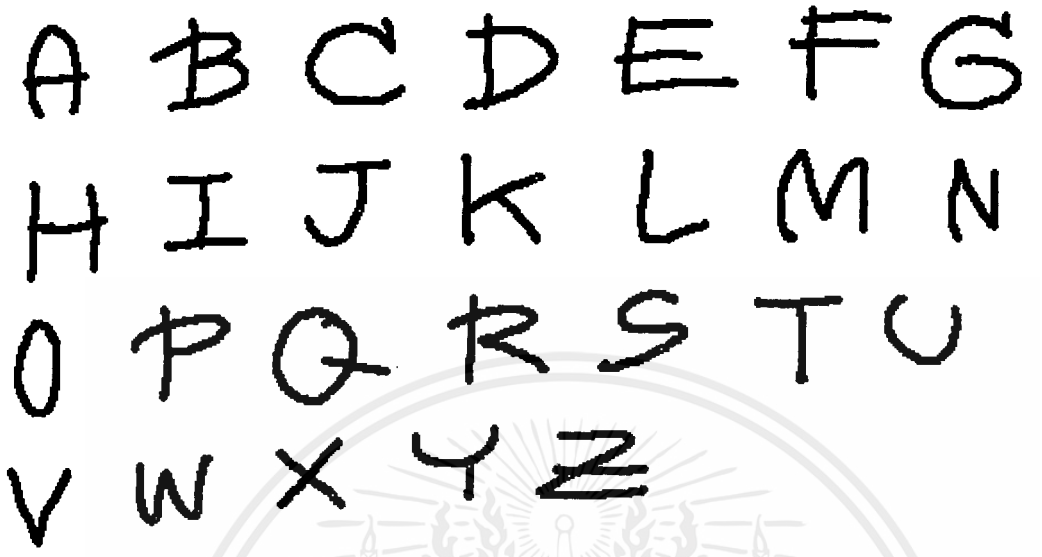
รูปที่ 7 ภาพแฟ้มข้อมูล Tr13.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



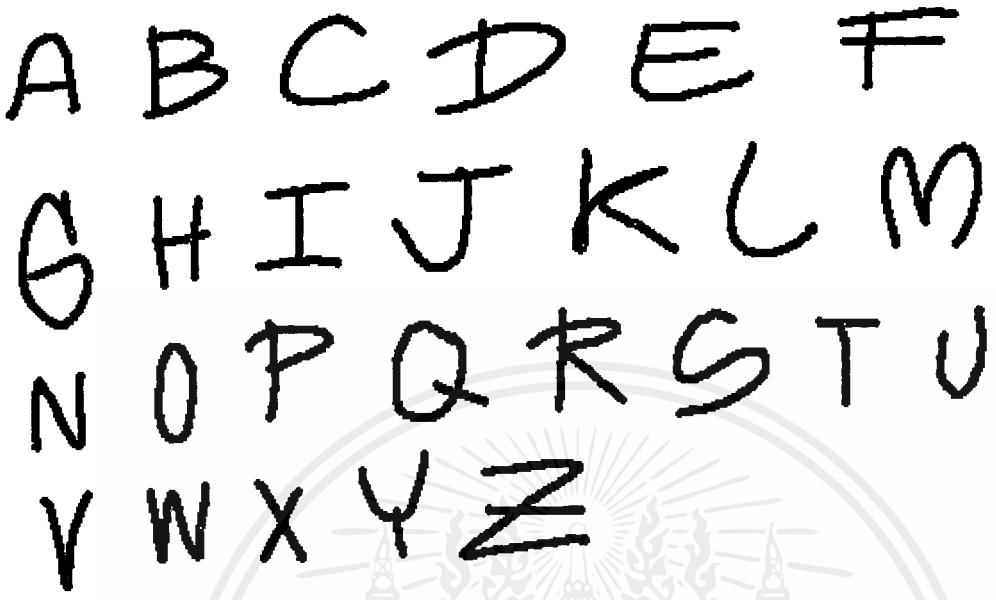
รูปที่ 8 ภาพแฟ้มข้อมูล e0.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



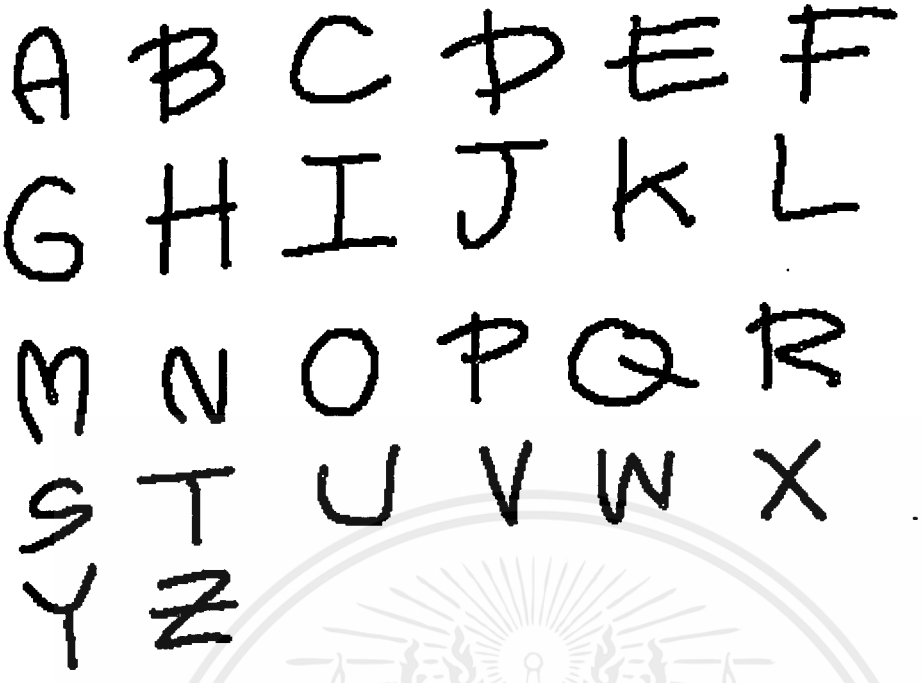
รูปที่ 9 ภาพแฟ้มข้อมูล e1.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



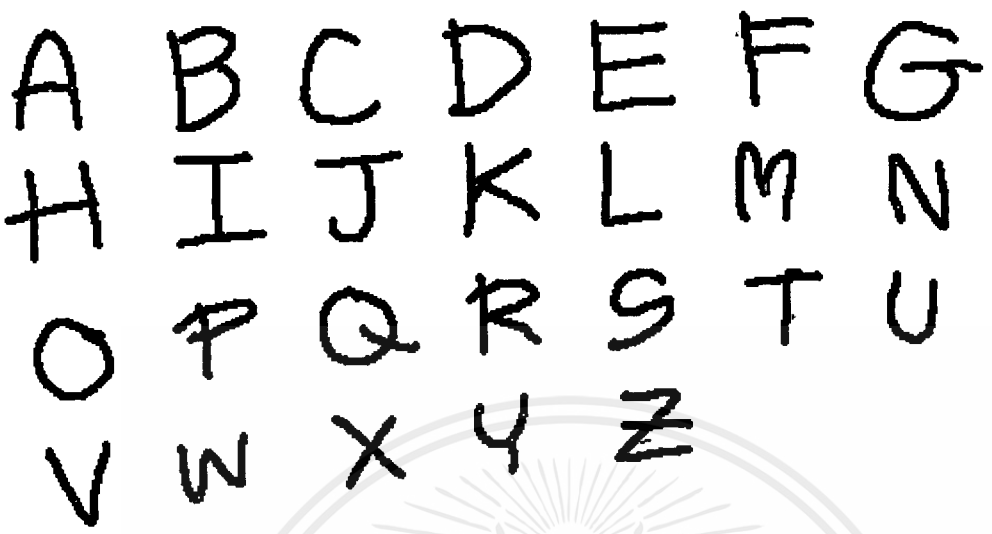
รูปที่ 10 ภาพแฟ้มข้อมูล e2.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 ภาพแฟ้มข้อมูล e3.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ภาพแฟ้มข้อมูล e4.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้