การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

Hand Printed Thai Characters Recognition

โดย

นายประชา พฤกษ์ประเสริฐ

นายวีระวัฒน์ พัฒโน

วัน เดือน ปี 14 ธค 2541
เลขทะเบียน 038985
เลขเรียกหนังสือ T 0126 ป 261 ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038985

การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

Hand Printed Thai Characters Recognition

โดย

นายประชา พฤกษ์ประเสริฐ 37014231

นายวีระวัฒน์ พัฒโน

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชม กิ้มปาน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นายประชา พฤกษ์ประเสริฐ
2. นายวีระวัฒน์ พัตโน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

นายประชา พฤกษ์ประเสริฐ
นายวีระวัฒน์ พัฒโน

รศ. ดร. ชม กิ้มปาน
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการวิจัยเรื่องการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์ โดยมีอินพุต คืออักขระภาษาไทยที่ได้จากการสแกนข้อความของหน้ากระดาษเอกสารซึ่งใช้อักขระภาษาไทยเป็นลายมือที่มีขนาด น้อยกว่า 150 x 150 จุด ในการวิเคราะห์หา โครงสร้างที่เป็นคุณสมบัติของ ตัวอักษรภาษาไทยตัวนั้น คำนวณออกมาเป็นรหัส ซึ่งเราจะนำเอารหัสนั้นมาฝึกสอนในโครงข่ายนิวรอนแบบ แบ็คพรอบพาเกชั่นให้สามารถรู้จำก่อนการใช้งานจริง และเมื่อใช้งานจริงจะทำการสแกนหน้ากระดาษ แล้วจึงผ่านโปรแกรมแปลงภาพไฟล์กราฟฟิกไปเป็นไบนารีไฟล์ จากนั้นจึงผ่านโปรแกรมแยกอักขระออกมาที่ละตัวอักษรจากข้อความของหน้าเอกสาร แล้วนำตัวอักษรนั้นมาวิเคราะห์หาค่ารหัสซึ่งใช้รหัส PQ code ซึ่งเป็นรหัสที่บอกลักษณะเด่นของตัวอักษรคำนวณจากทุกจุดบนตัวและพื้นของอักษรได้ concentrade code จำนวนมากแต่เลือกรหัสที่มีความถี่สูงสุดมา 5 ค่า ที่จะบอกถึงลักษณะเฉพาะของแต่ละอักษร จากนั้นเป็นหน้าที่ของ นิวรอนในการหาว่าค่ารหัสนี้เป็นอักษรตัวใด

การวิจัยนี้จะทำการจำลองโครงข่ายนิวรอนโดยใช้อัลกอลิทึม แบบแบคพรอบพาเกชั่นซึ่งโครงข่ายนิวรอนที่จำลองมีขนาด 3 เลเยอร์ คือ อินพุตเลเยอร์ขนาด 80โหนด , ฮิดเด่นเลเยอร์ขนาด 30 โหนด , เอาท์พุตเลเยอร์ขนาด 50 โหนด โดยทำการจำลองโครงข่ายนิวรอนบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Pentium - 166 Ram 32M ซึ่งมีระบบปฏิบัติการ คือ Windows 95 ในการฝึกสอนโครงข่ายนิวรอนและการรู้จำ ผลคือ จำนวนตัวอักษรที่สอน 200 ตัว ทดสอบอักษรชุดใหม่ 44 ตัว ถูกต้อง 15 ตัว อยู่ที่ 34% ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งผลการวิจัยพบว่านิวรอนมีประสิทธิภาพในการจดจำ และน่าสนใจในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hand Printed Thai Characters Recognition

Mr. Pracha Pruekpraseat

Mr. Weerawat Pattano

Dr. Chom Kimpan

Year of Academic 1997

Abstract

This thesis is a study of Hand and Printed Thai Character Recognition by input is thai characters of document page scanned from hand writting resolution 150x150 points thai Characters. In this process begining with analyze thai charecter structer, compute to be codes. Then bring that codes to train the Back-propagation Neural Network for recognition before using. In using process , we scan document page then tranfrom image file to be binary file . After that, pass through the character-separating program to operate it one by one from the document page and compute it to be codes in form PQ code. PQ code get from compute from every dot of body and background of the character that have several code is concentrade code but choose only 5 codes that have high frequency of each charecter. Which character of each code will be the function of neural to analyze .

This research is the simulating of the neural network by using back propagation algorithm . The simulated neural network has 3 layer that is 80-node input layer , 30-node hidden layer and 50-node output layer , and all of them are made on the Pentium-166 RAM-32M which operating on Windows 95 in the practicing neural network and recognition . Testing train 200 harecters recognize 44 charecters is correct 15 charecters 34 % time is 1:30 hour . The result is the neural has efficiency in recognition and also interesting for education.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		I
Abstract		II
สารบัญ		III
สารบัญรูปประกอบ		V
สารบัญตารางประกอบ		VII
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
	1.2 ประวัติความเป็นมา	2
บทที่ 2	Pre Processing	4
	2.1 ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟฟิก	4
	2.2 การเปลี่ยนข้อมูลบิตแม็พเป็นข้อมูลไบนารี่	5
	1. ถ้าความกว้างเป็นผลคูณของ 8 มีเงื่อนไขของโครงสร้างดังนี้	5
	2. ถ้าความกว้างไม่เป็นผลคูณ ของ 8 จะมีเงื่อนไขดังนี้	6
	2.3 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ (Contour Following)	8
บทที่ 3	P Q Code	10
	3.1 การสร้างรหัสเบื้องต้น (Initial Feature Extraction)	10
	3.1.1 รหัสเนื้อตัวอักษร (P-Code)	11
	3.1.2 รหัสพื้นตัวอักษร (Q-code)	15
	3.2 การปรับรหัสพื้นตัวอักษร (Unification)	18
	3.3 การสร้างรหัสรวม (Concentration Code)	21
	3.3.1 รหัสรวมที่ใช้เนื้อตัวอักษรเป็นหลัก	21
	3.3.2 รหัสรวมที่ใช้พื้นตัวอักษรเป็นหลัก	22
	3.3.3 การจัดโครงสร้างของรหัสรวม	22
บทที่ 4	ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ NEURAL NETWORK	27
	4.1 โครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น (Single Layer Neural Network)	33
	4.2 โครงสร้างของนิวรอนในกรณีที่มีลักษณะหลาย ๆ ชั้น	33
	4.3 การฝึกสอน (Training) ของโครงข่ายนิวรอน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.1 เพอเซปตรอน (Perceptron) 35

4.3.2 กฎของเดลตา (The Delta Rule) 37

4.3.3 โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น (Backpropagation) 37

บทที่ 5 โปรแกรมการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์ 42

5.1 อุปกรณ์ในการใช้งาน 42

5.2 Flow Chart 43

Main 43

Load 44

Train มี 2 แบบ 45

1. Load file รูปภาพ 45

2. ไม่ได้ Load file รูปภาพ 46

Recognize 47

Contour 48

PQ Code 49

Backpropagation 50

บทที่ 6 ผลการทดลองโปรแกรม 51

6.1 P Q Code 51

6.2 Training 54

6.3 Recognize 56

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง 57

ข้อเสนอแนะ 57

บรรณานุกรม 58

กิตติกรรมประกาศ 59

ภาคผนวก ก โครงสร้างของ Bitmap File และ ตัวอย่างอักษร 60

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน 63

ภาคผนวก ค ตัวโปรแกรมการรู้จำตัวอักษร 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพประกอบ

หน้า

รูปที่1-1 แสดง Block diagram ของ
โปรแกรมการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์ 3
รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างของภาพ Bitmap Pattern 4
รูปที่ 2-2 รูปแสดง Bitmap Pattern ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1 5
รูปที่ 2-3 รูปแสดง Bitmap Data ด้วยเลขฐาน 16 5
รูปที่ 2-4 รูปแสดงโครงสร้า Bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8 6
รูปที่ 2-5 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8 6
รูปที่ 2-6 แสดงตัวอย่างภาพตัวอักษรในลักษณะไบนารี่ 7
รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ 8
รูปที่ 3-1 การแสดงทิศทางในการเข้ารหัสข้อมูลทั้ง 4 ทิศทาง 10
รูปที่ 3-2 แสดงตัวอย่างข้อมูล 1 ตัวอักษร 11
รูปที่ 3-3 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร 11
รูปที่ 3-4 (ก) แสดงการวางตัวในแนวนอน 12
รูปที่ 3-4 (ข) แสดงการวางตัวในแนวตั้ง 12
รูปที่ 3-4 (ค) แสดงการวางตัวในแนวแทยง 12
รูปที่ 3-4 (ง) แสดงการวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย 1 12
รูปที่ 3-5 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร 14
รูปที่ 3-5 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร 14
รูปที่3-6 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร 15
รูปที่ 3-7 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร 17
รูปที่ 3-7 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร 17
รูปที่ 3-8 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดรหัสเบื้องต้น 18
รูปที่ 3-9 แสดงข้อมูลที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ 19
รูปที่ 3-10 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน การปรับรหัสพื้นตัวอักษร 20
รูปที่ 3-11 Concentration โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร 21
รูปที่ 3-12 Concentration โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร 22
รูปที่ 3-13 (ก) แสดงการพิจารณาโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต 23
รูปที่ 3-13 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต 23
รูปที่ 3-14 (ก) แสดงการพิจารณาลดโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต 24
รูปที่ 3-14 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต 24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพประกอบ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-15 แสดงการหารหัสรวม (Concentration Word) 25

รูปที่ 3-16 (ก) แสดงการลดขนาดของรหัสรวม EEEES 26

รูปที่ 3-16(ข) แสดงขนาดการลดขนาดของรหัสรวม 00EEE 26

รูปที่4-1 : เซลประสาททางชีวภาพ 28

รูปที่ 4-2 :การตอบสนองทางไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซล 29

รูปที่ 4-3 : Synapsc หรือจุดเชื่อมต่อของเซลประสาท 29

รูปที่ 4-4 : ภาพขยายของ Synapsc 30

รูปที่ 4-5นิวรอน ของโครงข่ายนิวรอน 31

รูปที่ 4-6 สมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ 31

รูปที่ 4-7 สมการ threshold 32

รูปที่ 4-8 ลักษณะของนิวรอน 1 หน่วย ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นการกระตุ้น 32

รูปที่ 4-9 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 1 ชั้น 33

รูปที่ 4-10 ลักษณะโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น 34

รูปที่ 4-11 กราฟฟังก์ชั่นการกระตุ้นในลักษณะไม่เชิงเส้น 34

รูปที่ 4-12 ลักษณะของเพอเซปตรอน 35

รูปที่ 4-13 เพอเซปตรอนที่ใช้แก้ปัญหา 35

รูปที่ 4-14 กราฟความสัมพันธ์ X-Y 36

รูปที่ 4-15 ลักษณะของโครงข่ายแบบแบคพรอบพาเกชั่น 38

รูปที่ 4-16 กราฟของฟังก์ชั่นการกระตุ้น 38

รูปที่ 4-17 แสดงสมการหาค่า $\Delta_p W_{ji}$ 41

รูปที่ 6-1 แสดงภาพอักษรที่ใช้ทดสอบ 51

รูปที่6-2 ตัวอักษร ก ไก่ 10 รูปแบบ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่ารหัส P 13
ตารางที่ 3-2 การกำหนดค่ารหัส Q 16
ตารางที่ 3-3 กฎการปรับรหัสพื้นตัวอักษร 20
ตารางที่4-1 ตาราง XOR 36
ตารางที่ 6-1 ค่า Concentrade Code 5 ค่า เรียง ตั้งแต่ ก- ฮ 52
ตารางที่ 6-2 ค่า Concentrade Code 5 ค่า ของตัวอักษร ก ไก่ 53
ตารางที่ 6-3 ค่า hidden node ที่เหมาะสมในการ Training 54
ตารางที่ 6-4 การทดลองค่า Error ที่ยอมรับได้ 55
ตารางที่ 6-5 การTraining จำนวนอักษรที่มากขึ้น 55
ตารางที่ 6-6 การทดสอบการ Recognize 56

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก สามารถช่วยมนุษย์เราในการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนให้เสร็จภายในเวลาอันสั้น ทำให้มนุษย์เรามีความสะดวกสบายยิ่งขึ้นกว่าแต่ก่อน แต่ความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ ไม่สามารถจะนำไปใช้งานได้ในงานที่มีลักษณะอาศัยความฉลาดของมนุษย์ในการตัดสินใจ ซึ่งมีความไม่แน่นอนในการแก้ปัญหาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย รวมทั้งความเร็วในการแก้ปัญหาของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อปัญหาในลักษณะเช่นนี้ จะใช้เวลาในการแก้ปัญหานานเป็นอันมาก

เทคโนโลยีทางด้านโครงข่ายนิวรอน (Neural Network) สามารถช่วยเราในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โครงข่ายนิวรอนเป็นเทคโนโลยีหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่อาศัยรูปแบบทางโครงสร้างและการทำงานของสมองมนุษย์ มาทำการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความฉลาด มีความรู้อยู่ภายในตัวมันเอง มีความสามารถในการเรียนรู้ต่อความรู้ที่เข้ามาใหม่ มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีลักษณะไม่แน่นอน และมีความเร็วในการแก้ปัญหาสูง

สำหรับงานวิจัยที่ศึกษา คือ การนำโครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น (Back-propagation Neuural Network) มาใช้ในการรู้จำอักขระภาษาไทย โครงข่ายนิวรอนแบบนี้เป็นรูปแบบหนึ่งของโครงข่ายนิวรอน (Neuural Network) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในทางปฏิบัติ โครงข่ายนิวรอน (Neuural Network) รูปแบบนี้ มีความสามารถในการจดจำ (recognize) รูปแบบในการแก้ปัญาโดยทำการฝึกสอน (training) โครงข่ายด้วยอินพุตชุดฝึกสอน ซึ่งเป็นอักขระที่ได้จากเครื่องตรวจวาดภาพ (Image scanner) โดยอักขระบนหน้าเอกสารที่ใช้ในการฝึกสอนเป็นอักขระที่มีขนาด น้อยกว่า 150 x 150 จุด หลังจากแยกตัวอักษรจากหน้าเอกสารแล้วจึงทำการ วิเคราะห์รหัส P Q Code ป้อนให้แก่ตัวโครงข่ายนิวรอน ซึ่งทำการจำลองด้วยการเขียนโปรแกรมบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C เมื่อตัวโครงข่ายนิวรอนทำการฝึกสอนด้วยชุดฝึกสอนแล้วจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่อรูปแบบของปัญหาที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับรูปแบบของปัญหาที่ทำการฝึกสอนได้

จากความพยายามในการสอนหรือฝึกสอนให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถหรือมีความรู้เพื่อใช้ในการพิจารณาแยกแยะอักษรต่างๆ ได้อย่างถูกต้องนั้น ได้มีการศึกษาและทำการวิจัยในหลาย ๆ วิธี โดยได้มีการเรียนรู้และสร้างทฤษฎีของการรู้จำตัวอักษรกันอย่างมากมาย ซึ่งในแต่ละวิธีก็จะมีความเหมาะสม และใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ดังรายงานการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการรู้จำได้โดยการพิจารณาลักษณะอักษรในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น การรู้จำอักษรตัวพิมพ์และการรู้จำอักษรลายมือเขียน หรืออาจแบ่งโดยการพิจารณาจากวิธีในการรู้จำ เช่น การรู้จำตัวอักษรโดยวิธีการซ้อนทับกัน (Matching) การรู้จำตัวอักษรโดยวิธีการพิจารณาโครงสร้างทางกายภาพของตัวอักษร ซึ่งแต่ละวิธีก็มีขีดความสามารถของการรู้จำที่แตกต่างกันไป และใช้แก้ปัญหาได้แตกต่างกันออกไป ส่วนของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือการรู้จำอักษรไทยโดยโครงข่ายนิวรอนแบบ แบคพรอบพาเกชั่นโดยทำการจำลองโครงข่าย นิวรอน 3 ชั้น ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันคือ ชั้นฮิดเดนจะใช้ 1 ชั้น ด้วยจำนวน โหนดเท่ากับ 30 โหนด และชั้นอินพุตจะใช้จำนวนโหนดเท่ากับ 80 โหนด ซึ่งขนาดของอินพุตมีความกว้าง 80 โหนด ตามค่ารหัส PQ Code 5 ค่า ค่าละ 16 โหนด รวม 5 x16 เป็น 80 โหนดและชั้นเอาท์พุตจะมีโหนด 46 โหนด ตามจำนวนตัวอักษรเป้าหมายที่ต้องการรู้จำ ซึ่งโครงข่ายนิวรอนรูปแบบนี้มีความสามารถในการจดจำรูปแบบของตัวอักษรที่คล้าย ๆกันได้เป็นอย่างดี อีกทั้งมีความสามารถจดจำอักขระที่มีรูปร่างที่เลอะเลือนจากตัวอักขระ ต้นแบบได้ค่อนข้างดี ในส่วนของการฝึกสอนโครงข่ายให้รู้จำอักษรต้นแบบนั้น จะทำการป้อนอักขระต้นแบบให้โครงข่ายจดจำจนกว่าค่าผิดพลาดโดยรวม ซึ่งเกิดจากการรู้จำอักขระต้นแบบทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าค่าผิดพลาดเป้าหมายที่ตั้งไว้ จึงจะหยุดการฝึกกสอนโครงข่าย และนำเวต (weight) ของโครงข่ายนิวรอนซึ่งเก็บความรู้ที่ได้ฝึกสอนไว้ ไปใช้งานรู้จำได้ต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

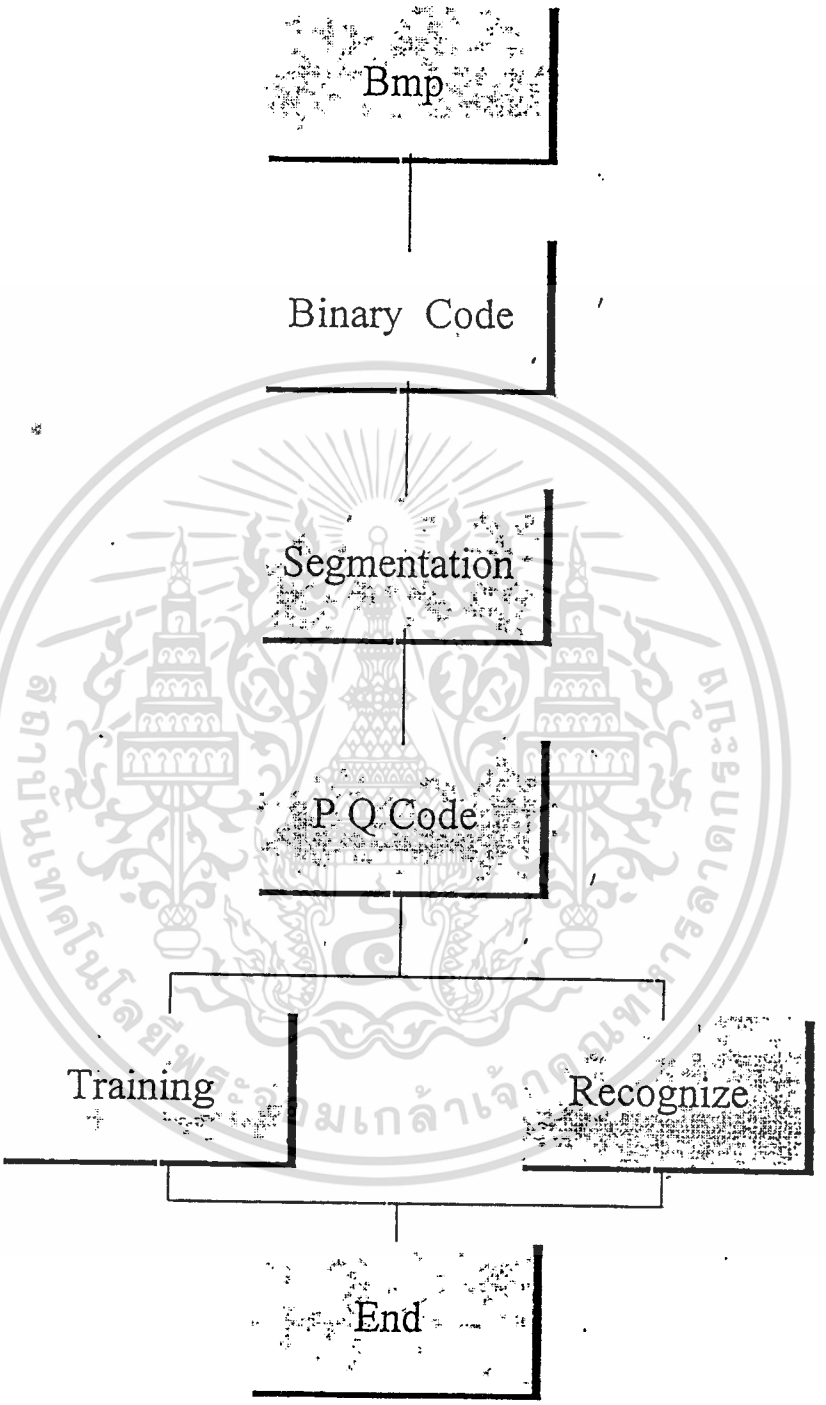
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบเกชั่นว่ามีการทำงานแบบใด และทำการโปรแกรมจำลอง (simulated) การทำงานของโครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น (Backprobpagation Neural Network) บนเครื่องมินิคอมพิวเตอร์โดยอาศัยระบบเน็ตเวิร์คของสถาบัน เป็นตัวเชื่อมโยงในการเข้าไปปฏิบัติบนเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ diamond อุปกรณ์ที่ต้องใช้อีกชนิดหนึ่งคือเครื่องตรวจกวาดภาพ (Image scanner) เพื่อแปลงภาพหน้ากระดาษเอกสารไปเป็นภาพกราฟฟิก (Bmp file format) จากนั้นจึงทำการแปลงภาพไฟล์กราฟฟิก (Bmp file) ไปเป็นภาพไบนารี่ (0,1) (โดยแทนรหัส 0 ด้วยพื้นกระดาษขาวของหน้าเอกสาร และแทนรหัส 1 ด้วย เนื้อตัวอักษรของหน้าเอกสาร) ซึ่งการแปลงภาพเป็นรหัส 0,1 ทำโดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วจึงนำภาพไบนารี่ (0,1) ที่ได้มาทำการแยกออกทีละตัวอักษรและผ่านกระบวนการแยกโครงสร้างตัวอักษร โครงข่ายนิวรอนที่ทำการจำลองขึ้นเพื่อใช้ในการรู้จำโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทยนี้ สามารถทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเพื่อจดจำอินพุตอื่น ๆ ได้อีก เช่นการรู้จำลายนิ้วมือ หรืออื่นๆ อีกได้ต่อไป

1.2 ประวัติความเป็นมา

ประวัติความเป็นมาของโครงข่ายนิวรอนนั้น เกิดจากความคิดที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถเหมือนมนุษย์ คือสามารถตัดสินปัญหาต่างๆ ที่เข้ามาได้โดยตัวมันเองจึงมีแนวความคิดที่จะจำลองการทำงานสมองของมนุษย์ โดยโครงข่ายนิวรอน (Neural Network) คือ การจำลองรูปแบบทางชีววิทยาโครงสร้างสมองของมนุษย์ ซึ่งเป็นการจำลองเอาบางส่วนที่จำเป็นมาพร้อมผสมกับรูปแบบการจัดการโครงสร้างที่ถูกคิดขึ้น เพื่อทำให้เกิดฟังก์ชั่นที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนมีองค์ประกอบพื้นฐานคือ ตัวนิวรอนเซล ซึ่งเป็นเซลทางสมองของมนุษย์ โดยโครงข่ายนิวรอน (Neural Ntework) จำลองแบบมา ลักษณะโดยทั่วไปของนิวรอนเซลจะประกอบไปด้วย ส่วนของอินพุตที่เข้ามาพร้อมกับค่าน้ำหนัก (weight)ที่สามารถปรับค่าได้ ผ่านเข้ามาตรงส่วนที่ทำหน้าที่รวมสัญญาณอินพุต เมื่อรวมสัญญาณอินพุตเรียบร้อยแล้วจึงค่อยผ่านเข้าสู่ฟังก์ชั่นการกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ระหว่างค่า 0 และ 1 ซึ่งจะขอกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยนี้จะเน้นถึงการจำลองโครงข่ายนิวรอนให้รู้จำอักขระภาษาไทย โดยขั้นตอนการทำงานของระบบการรู้จำอักขระภาษาไทยนั้น สามารถเขียนได้ดังแผนผังการทำงานดังนี้



รูปI-1 แสดง Block diagram ของโปรแกรมการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

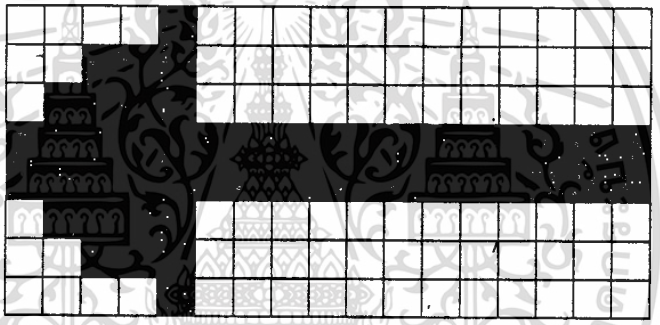
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

Pre Processing

2.1 ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟฟิก

เนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพจะอยู่ในแฟ้มข้อมูลภาพกราฟฟิก นั่นคือเป็นตัวเลขค่าไบนารี่คือ เลข 0 กับ 1 ของจุดภาพหนึ่ง ๆ ถูกย่อรวมกันเป็นจุดเก็บอยู่ในรูปตัวเลขฐาน 16 ก่อนที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป จะต้องแปลงข้อมูลกราฟฟิกในรูปเลขฐาน 16 นี้กลับให้เป็นข้อมูลไบนารี่ในรูปตัวเลข 0 กับ 1 เสียก่อน แฟ้มข้อมูลกราฟฟิก ที่ได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแฟ้มข้อมูลรูปแบบ BMP มีลักษณะเป็นบิทแม็พ (Bitmap pattern) ซึ่งก็คือกลุ่มของจุดสี่หลี่ยมอาจจะเป็นสีขาว หรือ ดำ มาเรียงต่อกันเป็นตารางซึ่งจะต่อรวมกันเป็นแสดงออกมาเป็นรูปภาพตัวอย่างของรูปภาพแบบบิตแม็พ แสดงได้ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างของภาพ Bitmap Pattern

Bitmap pattern ที่แสดงดังรูปบนสามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1 ได้ ดังรูปที่ 2-2 และ Bitmap pattern ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกจริงในแฟ้มข้อมูลกราฟฟิกจะมีลักษณะเป็น ตัวเลขฐาน 16 ดังแสดงในรูปที่ 2 – 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปที่ 2-2 รูปแสดง Bitmap Pattern ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1

0x20(byte 0)	0x00(byte 1)
0x38(byte 2)	0x00(byte 3)
0x3C(byte 4)	0x00(byte 5)
0xFE(byte 6)	0xFF(byte 7)
0xFE(byte 8)	0xFF(byte 9)
0x3C(byte 10)	0x00(byte 11)
0x38(byte 12)	0x00(byte 13)
0x20(byte 14)	0x00(byte 15)

รูปที่ 2-3 รูปแสดง Bitmap Data ด้วยเลขฐาน 16

2.2 การเปลี่ยนข้อมูลบิตแม็พเป็นข้อมูลไบนารี่

ข้อมูลภาพกราฟฟิกแบบ Bitmap มีอยู่ 2 ลักษณะ โดยพิจารณาจากความกว้างของภาพ และนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในลักษณะเลขฐาน 16 เป็น เลขฐาน 2 คือ

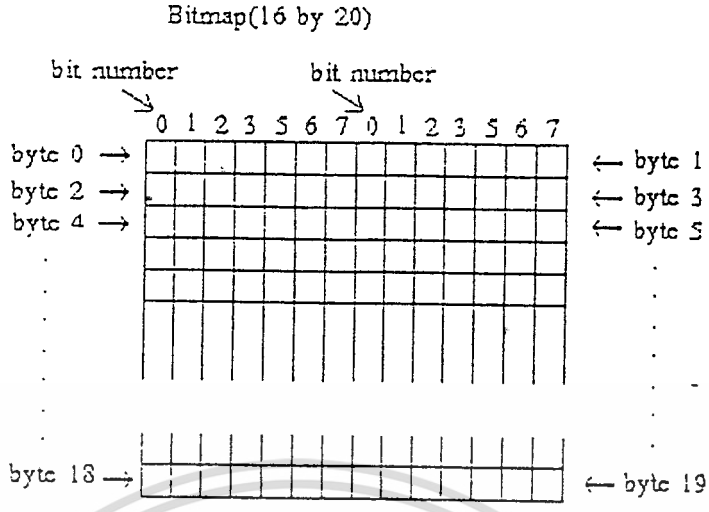
1. ถ้าความกว้างเป็นผลคูณของ 8 มีเงื่อนไขของโครงสร้างดังนี้

ก) ข้อมูลในรูปของตัวเลข 0 หรือ 1 จะถูกจับเป็นกลุ่มโดยเรียงกันไป จำนวน 8 บิท นั่นก็คือ 1 ไบท์

ข) ลำดับของไบท์ของข้อมูลจะนับจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา

ค) ลำดับของบิทในแต่ละไบท์จะนับจากซ้ายไปขวา และบิททางซ้ายมือสุด (leftmost bit)นับเป็นบิทที่ 0 และบิททางขวามือสุด (Rightmost bit) นับเป็นบิที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

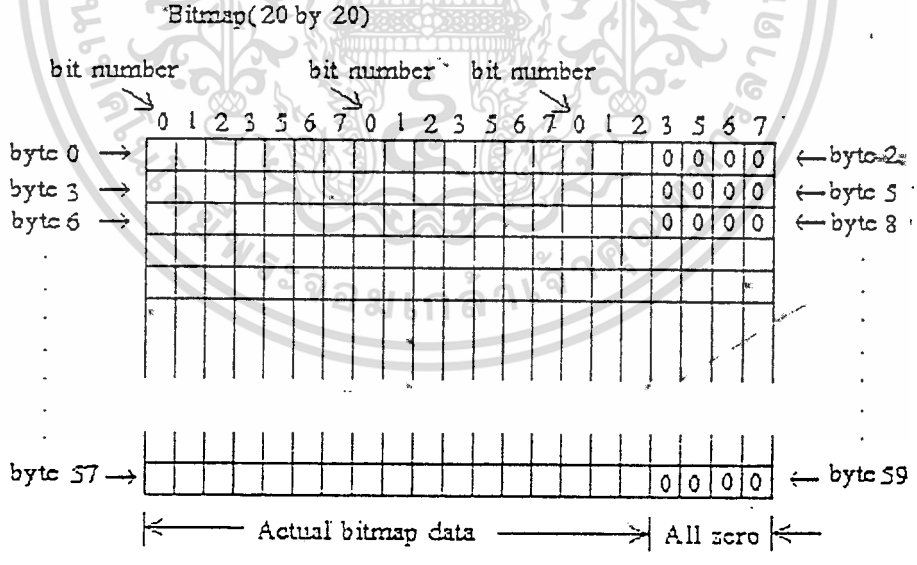


รูปที่ 2-4 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8

2. ถ้าความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8 จะมีเงื่อนไขดังนี้

ก) จะนับความกว้างเป็นผลคูณของ 8 ที่น้อยที่สุดที่มีค่ามากกว่าความกว้างที่แท้จริงของรูป

ข) บิทที่เหลืออยู่นอกเหนือจากความกว้างที่แท้จริง จะถูกเติมด้วยตัวเลข 0

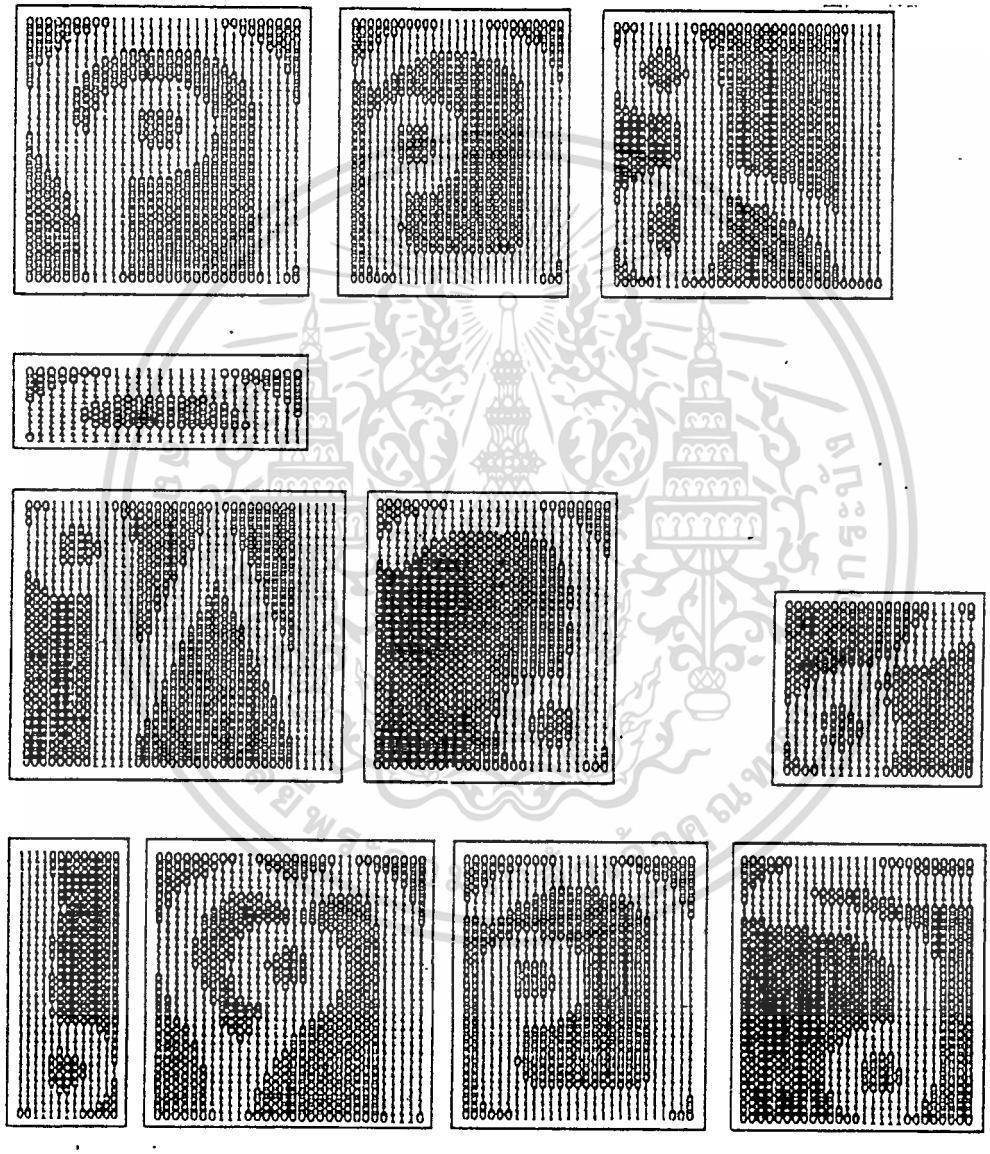


รูปที่ 2-5 รูปแสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8

เมื่อทราบรูปแบบของ Bitmap แล้ว ก็ทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพที่มีลักษณะเป็นเลขฐาน 16 ให้เป็นเลขฐานที่ 2 โดยหนึ่งบิตของเลขฐาน 2 จะแทนจุดภาพหนึ่งจุด บิตที่มีค่าเป็น 0 ก็จะแทนจุดสว่างหรือจุดที่เป็นพื้นกระดาษสีขาว และบิตที่มีค่าเป็น 1 ก็จะแทนจุดดำมืดทึบ ซึ่งก็คือจุดที่อาจเป็นตัวอักษรหรือจุดดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของรูปภาพ ก็จะได้ข้อมูลภาพตัวอักษรที่ถูกต้องและพร้อมที่จะส่งไปประมวลในขั้นตอนต่อไป ตัวอย่างของภาพตัวอักษรที่ถูกเปลี่ยนจุดภาพให้เป็นค่าไบนารี่ แสดงได้ดังรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 แสดงตัวอย่างภาพตัวอักษรในลักษณะไบนารี่

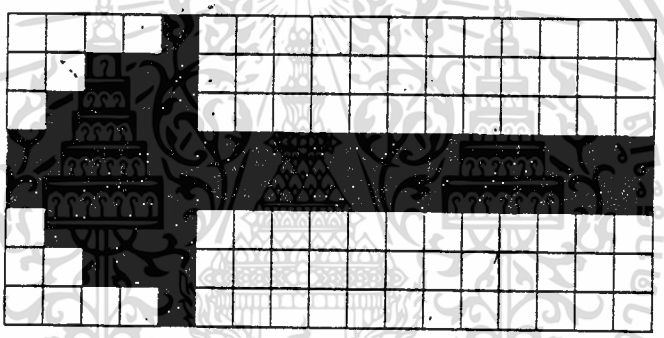
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

Pre Processing

2.1 ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟฟิก

เนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพจะอยู่ในแฟ้มข้อมูลภาพกราฟฟิก นั่นคือเป็นตัวเลขค่าไบนารี่คือ เลข 0 กับ 1 ของจุดภาพหนึ่ง ๆ ถูกย่อรวมกันเป็นจุดเด็บอยู่ในรูปตัวเลขฐาน 16 ก่อนที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป จะต้องแปลงข้อมูลกราฟฟิกในรูปเลขฐาน 16 นี้กลับให้เป็นข้อมูลไบนารี่ในรูปตัวเลข 0 กับ 1 เสียก่อน แฟ้มข้อมูลกราฟฟิก ที่ได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแฟ้มข้อมูลรูปแบบ BMP มีลักษณะเป็นบิทแม็พ (Bitmap pattern) ซึ่งก็คือกลุ่มของจุดสี่หลี่ยมอาจจะเป็นสีขาว หรือ ดำ มาเรียงต่อกันเป็นตารางซึ่งจะต่อรวมกันเป็นแสดงออกมาเป็นรูปภาพตัวอย่างของรูปภาพแบบบิตแม็พ แสดงได้ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างของภาพ Bitmap Pattern

Bitmap pattern ที่แสดงดังรูปบนสามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1 ได้ ดังรูปที่ 2-2 และ Bitmap pattern ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกจริงในแฟ้มข้อมูลกราฟฟิกจะมีลักษณะเป็น ตัวเลขฐาน 16 ดังแสดงในรูปที่ 2 – 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

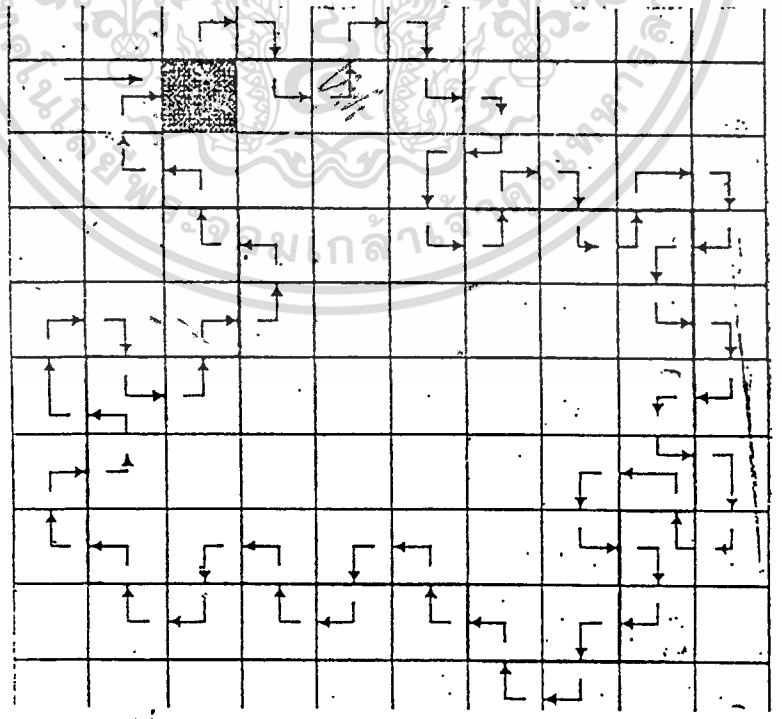
2.3 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ (Contour Following)

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 เมื่อจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดเดียวกันกับจุดเริ่มต้น

ในรูปที่ 2-7 ได้แสดงลักษณะการทำงานของเทคนิคการติดตามรอยขอบภาพ ซึ่งจะแสดงการเคลื่อนที่ไปตามจุดต่าง ๆ ที่เป็นขอบของภาพ เริ่มจากจุดที่ถูกแรเงาไว้ซึ่งเป็นจุดของภาพจุดแรกที่ตรวจกวาดมาพบ การเคลื่อนที่จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อการเคลื่อนที่วนกลับมาถึงจุดที่เป็นจุดเริ่มต้นก็จะทราบจุดที่เป็นขอบของภาพได้ทั้งหมด



รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

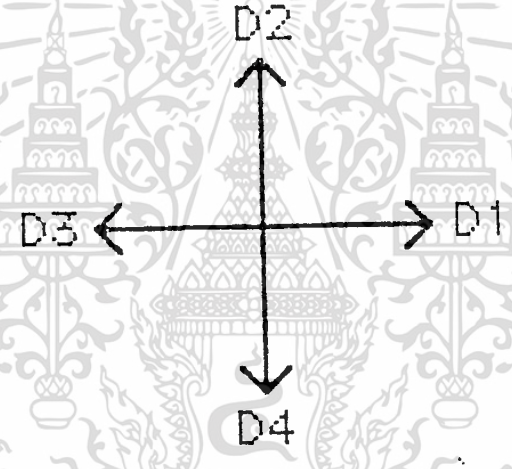
ขณะที่เดินไต่ขอบนั้นก็จดจำค่าพิกัดไปด้วย เมื่อเดินถึงจุดเดิม ก็นำค่าพิกัดที่น้อยที่สุด และ มากที่สุด มากำหนดขอบเขตตัวอักษร และจึงคัดลอกขอบเขตนั้นไปทำการรู้จำตัวอักษร จากนั้นแปลงขอบเขตนั้นให้เป็นค่า 0 ให้หมดและเริ่มขบวนการใหม่ จนไม่พบค่าที่เป็น 1 อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

P Q Code

ขั้นตอนในการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เกิดการเรียนรู้จำตัวอักษรคัดลายมือนั้น อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีของการรู้จำตัวอักษร โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษร ด้วยวิธีการ Feature Concentration ซึ่งมีรายละเอียดและสามารถแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนสำคัญๆได้3ขั้นตอนคือ การสร้างรหัสเบื้องต้น (Initial Feature Extraction) การปรับรหัสพื้นตัวอักษร (Unification) การสร้างรหัสรวม (Concentration) โดยในแต่ละขั้นตอนต้องทำการพิจารณาทุกๆจุดภาพตามการพิจารณาใน แต่ละขั้นตอน โดยการพิจารณาตามทิศทางที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3-1

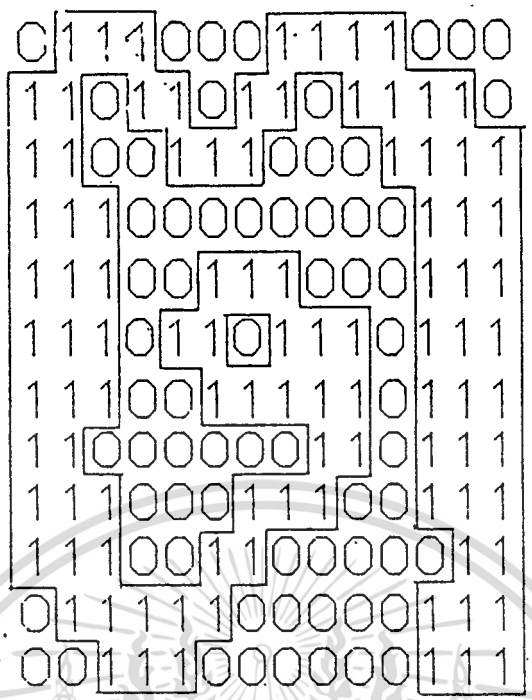


รูปที่ 3-1 การแสดงทิศทางในการเข้ารหัสข้อมูลทั้ง 4 ทิศทาง

3.1 การสร้างรหัสเบื้องต้น (Initial Feature Extraction)

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

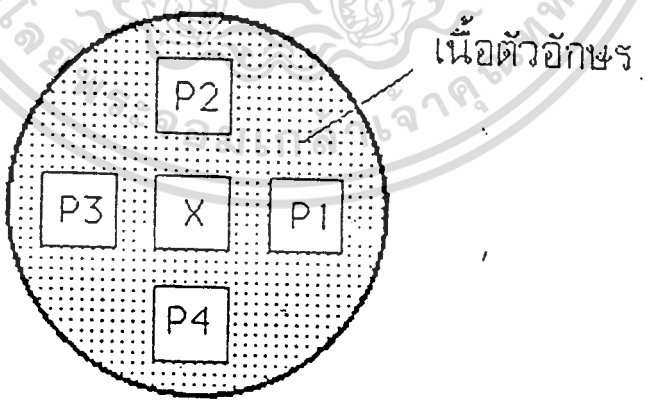
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 แสดงตัวอย่างข้อมูล 1 ตัวอักษร

3.1.1 รหัสเนื้อตัวอักษร (P-Code)

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

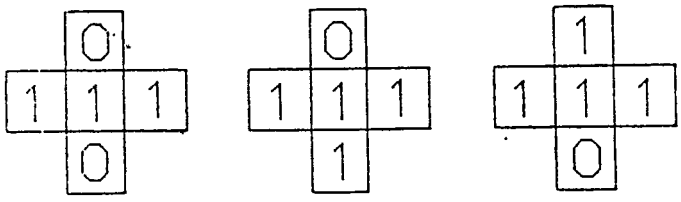


รูปที่ 3-3 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร

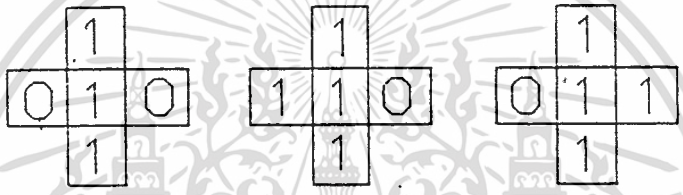
ถ้าให้จุด x เป็นจุดที่แทนด้วยรหัส 1 และจุดอื่นๆที่อยู่ติดกับจุด x ที่กำลังสนใจเป็น P1 ,P2 ,P3 ,P4 ซึ่งอยู่โดยรอบในทิศทางทั้ง4ตามลำดับ โดยเราสนใจกรณีที่ x ใดๆเป็นรหัส 1 เสมอจะพบว่ามีโอกาส เป็นไปได้ทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

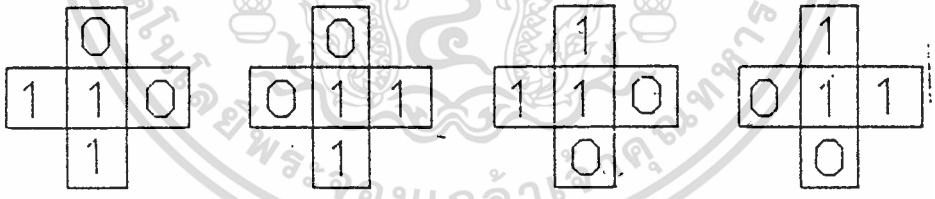
หมดหลายกรณีด้วยกันและสามารถแบ่งออกตามลักษณะการวางตัวของแนวเส้น (แนวทางเดินของรหัส 1) ได้เป็น 4 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 3-4



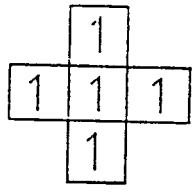
รูปที่ 3-4 (ก) แสดงการวางตัวในแนวนอน



รูปที่ 3-4 (ข) แสดงการวางตัวในแนวตั้ง



รูปที่ 3-4 (ค) แสดงการวางตัวในแนวแทยง



รูปที่ 3-4 (ง) แสดงการวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

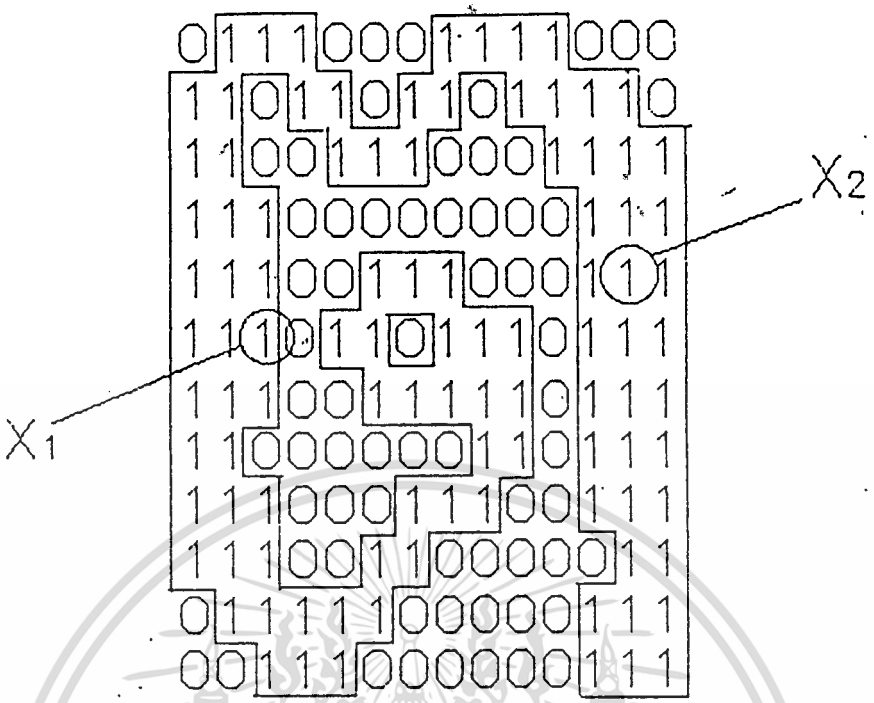
จากรูปที่ 3-4 จะเห็นได้ว่าแนวทางการวางตัวของรหัส1นั้นมีด้วยกัน 4 กรณีซึ่ง สามารถเขียนอธิบายในรูปของคณิตศาสตร์ได้ทั้ง 4 รูปแบบและได้กำหนดรหัสแทนการวางตัวของรหัส 1 ออกเป็น 4 ลักษณะคือ ถ้าวางตัวในแนวนอนให้แทนด้วย H ถ้าวางตัวในแนวตั้งแทนด้วย V ถ้าวางตัวในแนวทแยงใดๆให้แทนด้วย S และถ้าวางตัวในลักษณะที่ถูกล้อมรอบด้วย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

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

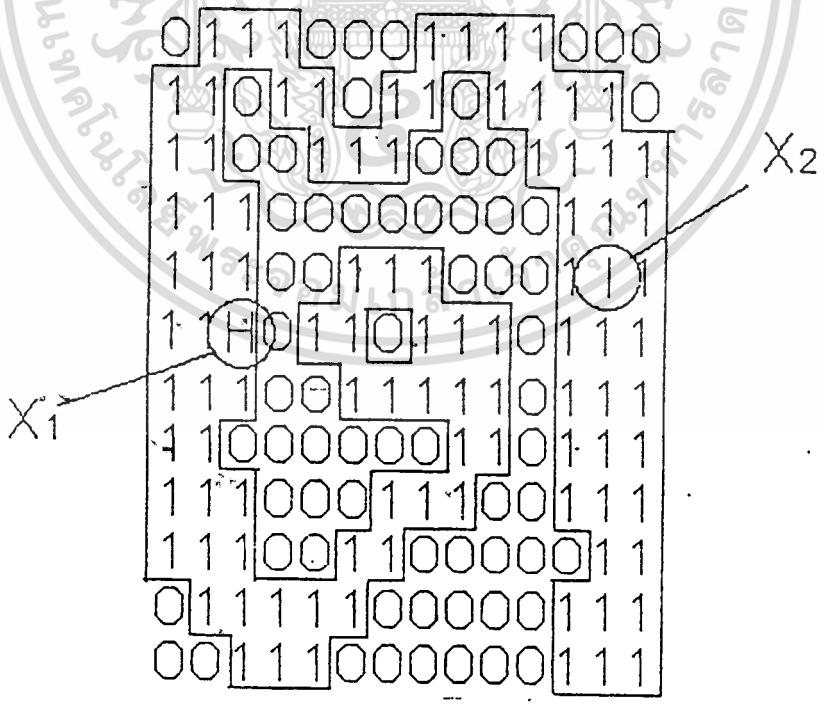
ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่ารหัส P

จากรูปที่ 3-2 ถ้าเราแยกการพิจารณาโดยใช้เงื่อนไขตามตารางที่ 3-1 จะสามารถเขียนแสดงในรูปที่ 3-5 (ก) โดยหากพิจารณาที่ตำแหน่ง x1 จะได้ค่าของจุดที่อยู่ติดกับ x1 เป็น P1=0 , P2=1, P3=1 และ P4=1 ตามลำดับซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเพื่อหารหัสแทนตามในตารางที่ 3-1 จะสอดคล้องกับในบรรทัดที่ 1โดยเมื่อแทนค่าแล้วจะทำให้สมการที่ใช้แทนรหัส H ได้เป็นจริงเพียงสมการเดียวจึงแทนรหัสที่ตำแหน่ง x1 ด้วยรหัส H และในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาที่ตำแหน่ง x2 จะได้ค่าของจุดที่อยู่ติดกับจุด x2 เป็น P1=1 , P2=1, P3=1 และ P4=1 ตามลำดับซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเพื่อหารหัสแทนตามในตารางที่ 3-1 จะสอดคล้องกับสมการในบรรทัดที่ 4 โดยเมื่อแทนค่าแล้วจะทำให้สมการที่แทนด้วยรหัส I เป็นจริงเพียงสมการเดียวดังนั้นจึงแทนรหัสที่ตำแหน่ง x2 ด้วยรหัส I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร

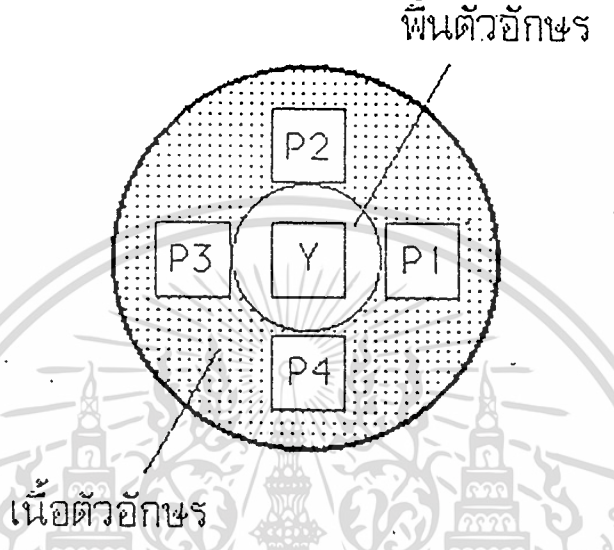


รูปที่ 3-5 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากเนื้อตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 รหัสพื้นตัวอักษร (Q-code)

พื้นตัวอักษรซึ่งถูกแทนด้วย 0 ในรูปที่ 3-2 จะถูกแปลงด้วยการเข้ารหัสQโดยการพิจารณาเฉพาะจุดที่เป็นรหัส 0 ตามวิธีการดังในรูปที่ 3-6



รูปที่3-6 Initial Feature Extraction โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร

ถ้าให้จุดที่ y เป็นรหัสที่แทนด้วย 0 ซึ่งเป็นส่วนของพื้นตัวอักษรที่เรากำลังพิจารณาที่จะแปลงรหัสและพิจารณาลักษณะการวางตัวของจุด y ว่าถูกล้อมรอบด้วยเส้นตรงหรือจุดที่เป็นเนื้อของตัวอักษรซึ่งแทนด้วยรหัส 1 หรือไม่ ในทิศทางทั้ง 4 จากจุดที่กำลังพิจารณา ซึ่งกำหนดให้เป็น P1 , P2 , P3 , P4 ตามลำดับ ถ้าพบรหัสแทนที่เป็น 1 ด้านใดก็ให้แทนค่า Pในทิศทางนั้นด้วย 1 ถ้าหากไม่พบรหัสที่เป็น 1 ก็ให้แทนค่าของPในทิศทางนั้นด้วย 0 โดยพิจารณาทั้ง4ทิศทางตามลำดับจะพบว่ามีโอกาสเป็นไปได้ที่จะมีการวางตัวของรหัสที่เป็น 1 จากทิศทางทั้ง 4 ด้วยกัน 16 กรณีซึ่งสามารถเขียนแสดงในตารางที่ 3-2 และแทนลักษณะการวางตัวในลักษณะต่างๆด้วยรหัสแทน Q0,Q1,Q2,Q3,.....QF ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

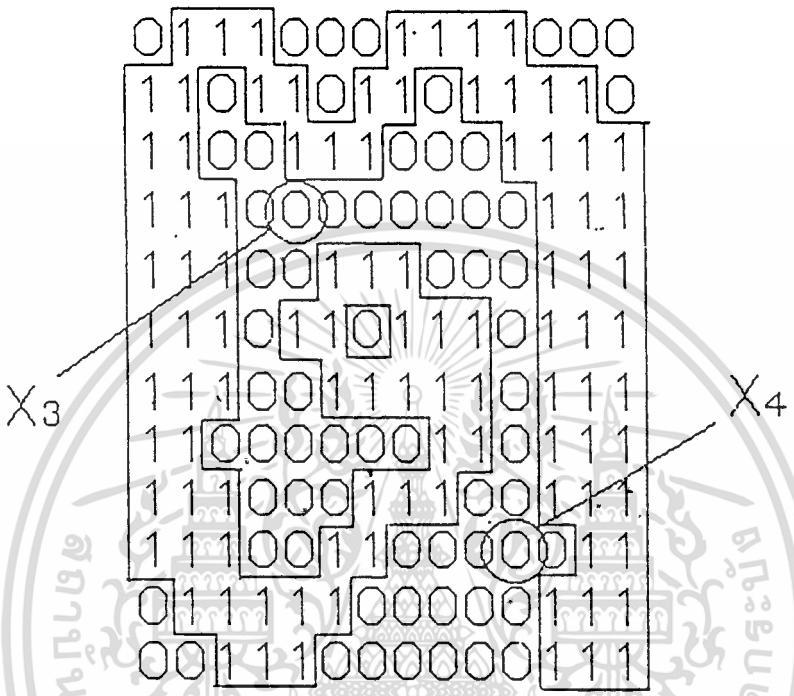
ตารางที่ 3-2 การกำหนดค่ารหัส Q

จากตารางที่ 3-2 จะเห็นได้ว่าโอกาสในการเกิดตามเงื่อนไขการพิจารณาในส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรจะเป็นไปได้ด้วยกัน16กรณีซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้แต่ละแนวทางของการพิจารณาโดยให้มีแนวมางด้านล่างมีน้ำหนักเป็น 1 แนวทางด้านซ้ายมีน้ำหนักเป็น 2 แนวทางด้านบนมีน้ำหนักเป็น 4 แนวทางด้านขวามีน้ำหนักเป็น 8 ของจุดพื้นตัวอักษรที่มีรหัสแทนเป็น 0 ซึ่งเป็นจุดของพื้นตัวอักษรที่กำลังพิจารณาแล้วนำค่าที่ได้จากการพิจารณาการวางตัวของจุดพื้นตัวอักษรล้อมรอบด้วยรหัส 1 (P1,P2,P3,P4) หรือไม่ ทั้ง 4 ทิศทางไปแทนค่าในสมการที่3-1เพื่อหาค่าKซึ่งจะเป็นรหัสที่ใช้แทนในการพิจารณาการสร้างรหัสเบื้องต้นด้วยการพิจารณาพื้นตัวอักษรจะได้ค่าเป็นไปได้ทั้งหมด 16 กรณีซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยเลขฐาน 16 ตั้งแต่ 0,1,2,...F แต่จากการทดลองเมื่อผ่านข้อมูลในกระบวนการแยกแยะตัวอักษรแล้ว จะทำให้รหัสพื้นตัวอักษรที่ได้มีเพียงแค่ 9 กรณีเท่านั้น ยกเว้นกรณีของ 0,1,2,4 และ 8 ด้วยข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนของการแยกแยะตัวอักษรแล้วเท่านั้นจะต้องแสดงส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรติดด้านทั้ง4ของขอบตัวอักษรภาพแต่ละตัวดังแสดงในรูปที่ 3-2 รหัสพื้นของตัวอักษรจึงไม่เกิดกรณีที่ถูกล้อมรอบด้วยเส้นตรงหรือจุดที่เป็นรหัส1เพียงด้านเดียวหรือไม่ถูกล้อมรอบด้วยจุดที่เป็นรหัสเป็น 1 เลย ซึ่งสามารถแสดงการหารหัสพื้นตัวอักษรได้แสดงในรูปที่ 3-7 (ก) และ (ข)

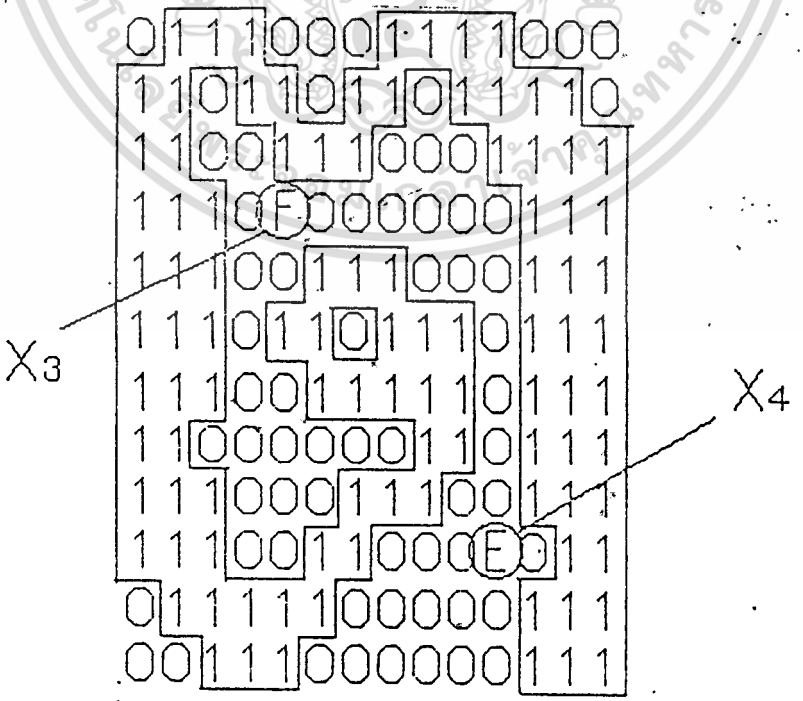
$$K = \{(8*P1)+(4*P2)+(2*P3)+(1*P4)\}.....3\text{-}1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปหากพิจารณาที่จุด x3 และพิจารณาตามแนวทางทั้ง4เพื่อหาการถูกล้อมรอบด้วยเส้นที่มีรหัสเป็น 1 จะได้ค่าของ P1 , P2 , P3 , P4 มีค่าเป็น 1,1,1,1 ตามลำดับ และนำมาแทนค่าในสมการที่ 3-1 จะได้ค่าของ k=15 ซึ่งแทนด้วยรหัส F จะได้รหัสที่แทนในตำแหน่ง x3 นั้นด้วย F และในทำนองเดียวกันหากพิจารณาที่จุด x4 จะได้ค่าของ P1 , P2 , P3 , P4 มีค่าเป็น 1,1,1,0 ตามลำดับ และนำมาแทนค่าในสมการที่3-1 จะได้ค่า k=14 ซึ่งแทนด้วยรหัส E จะได้รหัสแทนในตำแหน่ง x4 นั้นด้วย E



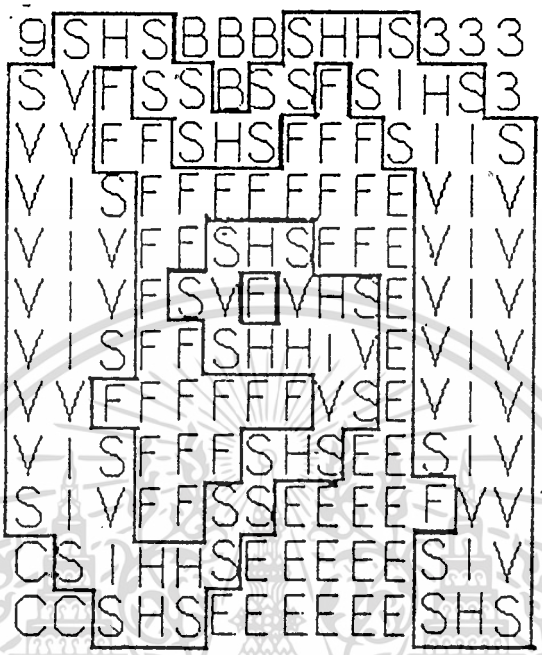
รูปที่ 3-7 (ก) แสดงการพิจารณารหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร



รูปที่ 3-7 (ข) แสดงการแทนรหัสเบื้องต้นจากพื้นตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหัวข้อที่ 3.1.1 และ 3.1.2 เมื่อทำการพิจารณาทุกจุดของภาพทั้งในส่วนที่เป็นพื้นของตัวอักษรและส่วนที่เป็นเนื้อของตัวอักษรหรือเมื่อแทนค่าของรหัส P และรหัส Q ของทุกจุดของภาพแล้วจะสามารถแสดงดังในรูปที่ 3-8

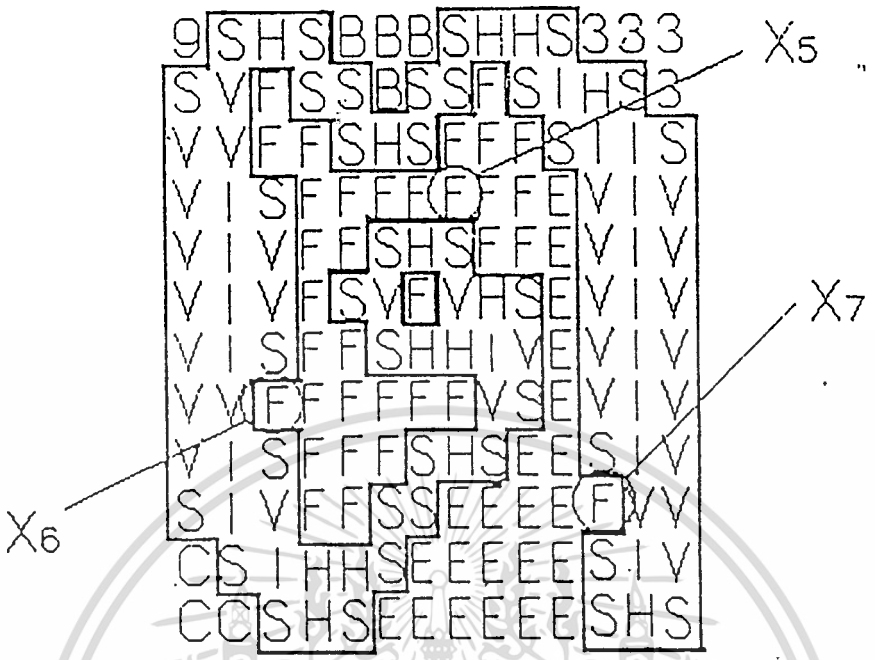


รูปที่ 3-8 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการกำหนดรหัสเบื้องต้น

3.2 การปรับรหัสพื้นตัวอักษร (Unification)

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

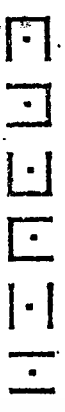
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 แสดงข้อมูลที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์

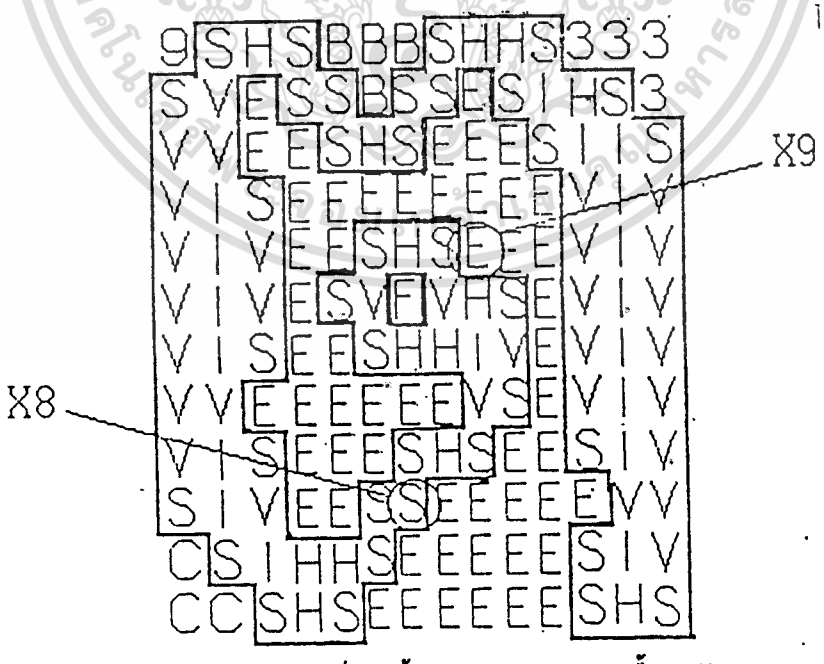
จากรูปลักษณะดังกล่าวจึงต้องมีการเพิ่มกระบวนการในการปรับส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร (ส่วนที่เป็นรหัสQ) เพื่อแสดงลักษณะของโครงสร้างโดยรวมของบริเวณเดียวกันและปรับรหัสพื้นตัวอักษรที่เกิดจากข้อมูลไม่สมบูรณ์ (ผิดพลาดจากการเตรียมข้อมูล) ซึ่งอาศัยคุณสมบัติทางเรขาคณิตด้วยการนำค่ารหัสQที่อยู่ติดกันมาพิจารณาปรับรหัสตามกฎเกณฑ์ของการปรับรหัส Q ในตารางที่ 3-3 โดยการพิจารณาจุดที่สนใจให้อยู่ในตารางที่แถวที่ 1 และให้จุดรอบข้างทั้ง 4 ทิศทางมีลักษณะใน ตารางแถวที่ 2 ซึ่งถ้าตรงกับลักษณะใดลักษณะหนึ่งก็ให้เปลี่ยนเป็นรหัสในตารางแถวที่ 1 เป็นรหัสในตารางแถวที่ 3 แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038985

รหัสแถวที่ 1	รหัสแถวที่ 2	รหัสแถวที่ 3	อักษรที่สอดคล้อง
			ก ภ ค ต ค จ ฉ ง ฎ ฏ ช ซ ฒ ฐ ฑ ๔ ๕ ๘ แ ะ
	หรือ		แ
	หรือ		ะ
	หรือ		แ
	หรือ		ะ

ตารางที่ 3-3 กฎการปรับรหัสพื้นตัวอักษร

จากหัวข้อที่ 3.1 การสร้างรหัสเบื้องต้นจะได้ข้อมูลในรูปที่ 3-8 เมื่อทำการปรับรหัสพื้นตัวอักษร ตามเงื่อนไขจะได้ผลแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน การปรับรหัสพื้นตัวอักษร

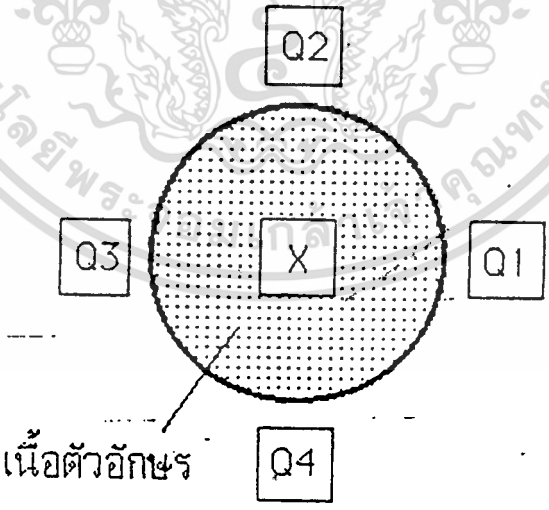
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างรหัสรวม (Concentration Code)

เมื่อผ่านกระบวนการในการพิจารณารหัสแทนส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษร และส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร และการปรับรหัสส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรกระบวนการต่อไป เป็นกระบวนการนำเอารหัสเบื้องต้นที่ได้ไปคำนวณและพิจารณาเก็บ เป็นลักษณะเด่นเพื่อใช้แทนตัวอักษรนั้นๆในการนำเอารหัสเบื้องต้นไปอธิบายอาจทำได้โดยการใช้ส่วนที่เป็นเฉพาะรหัสที่เป็นเนื้อตัวอักษรนั้นๆ หรือ เฉพาะส่วนที่เป็นรหัสพื้นตัวอักษรส่วนใดส่วนหนึ่งไปอธิบายซึ่งทำให้ลักษณะข้อมูลที่ได้ไม่เด่นชัดในการอธิบายถึงลักษณะอักษรที่ใช้รหัสดังกล่าวไปแทน ดังนั้นในส่วนของการนำรหัสเบื้องต้นไปอธิบายจึงได้นำเสนอวิธีการสร้างรหัสรวมใหม่ซึ่งเกิดจากการพิจารณารหัสรวมกันทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรและส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร โดยการนำรหัสในจุดที่พิจารณาและจุดที่อยู่รอบๆข้างทั้ง 4 ทิศทางมารวมกันเป็นรหัสรวม ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะของอักษรบริเวณนั้นๆได้ชัดเจนกว่า โดยสามารถแบ่งการพิจารณาสร้างรหัสรวมได้เป็น 2 ส่วนคือ

3.3.1 รหัสรวมที่ใช้เนื้อตัวอักษรเป็นหลัก

โดยการพิจารณาใช้ส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรเป็นหลัก ซึ่งเป็นลักษณะของรหัส P แล้วพิจารณารหัส Q ในทิศทางที่อยู่โดยรอบทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังในรูปที่ 3-11 จากรูปให้ x เป็นส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรและ Q1 , Q2 , Q3 , Q4 เป็นรหัสพื้นตัวอักษรที่ตำแหน่งแรกของการพิจารณาในแนวทางโดยรอบทั้ง 4 ทิศทางซึ่งถ้าการพิจารณาในแนวทางใดๆไม่พบรหัสในส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร ก็จะให้ค่าในส่วนที่แทน Q ใดๆนั้นด้วยศูนย์

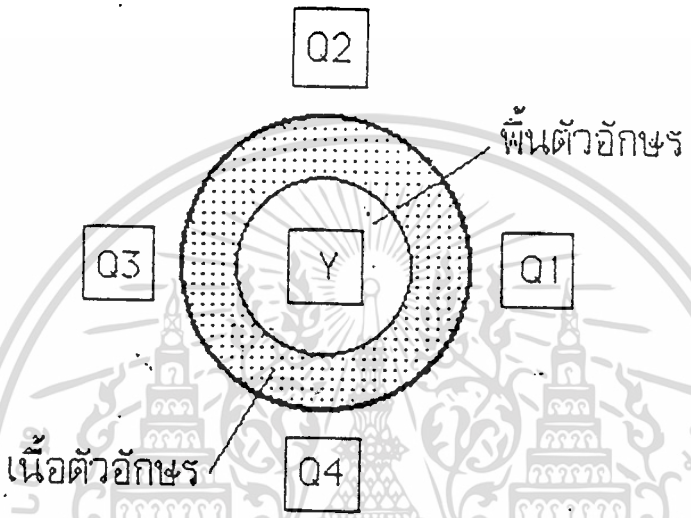


รูปที่ 3-11 Concentration โดยการพิจารณาเนื้อตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 รหัสรวมที่ใช้พื้นตัวอักษรเป็นหลัก

โดยการพิจารณาใช้ส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรซึ่งเป็นลักษณะของรหัส Q แล้วพิจารณารหัส Q ที่อยู่ถัดไปจากรหัส P ที่อยู่ถัดจากจุดที่พิจารณาออกไปทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังรูปที่ 3-12 จากรูปที่กำหนดให้ y เป็นรหัส Q ส่วนพื้นตัวอักษรที่กำลังพิจารณา และให้ Q1, Q2, Q3, Q4 เป็นส่วนของพื้นของตัวอักษรในตำแหน่งแรกที่พิจารณาโดยผ่านส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษรออกไป หากการพิจารณาไม่พบส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษรตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะให้ค่าของ Q ใดๆด้วยศูนย์

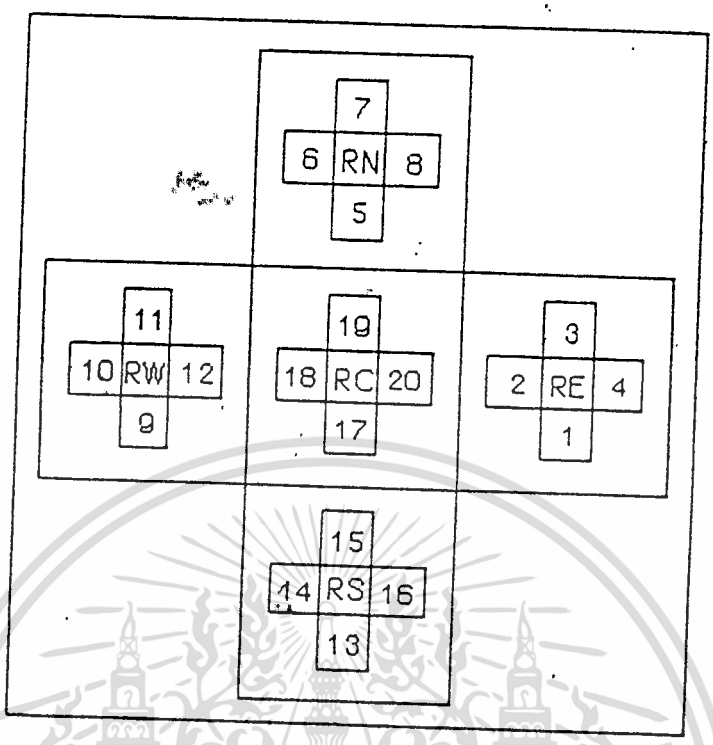


รูปที่ 3-12 Concentration โดยการพิจารณาพื้นตัวอักษร

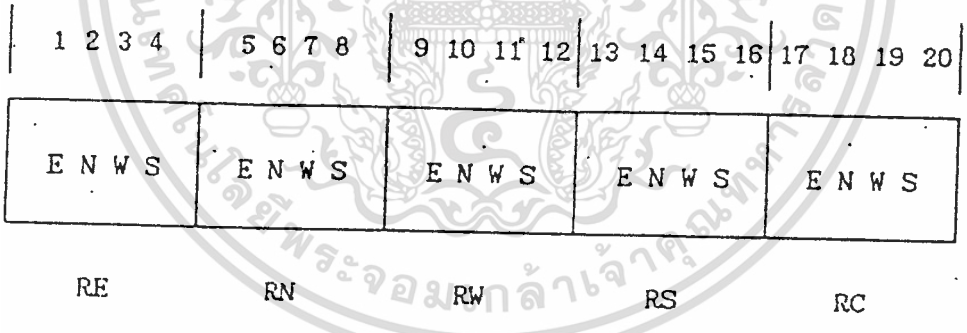
3.3.3 การจัดโครงสร้างของรหัสรวม

จากการพิจารณาสร้างรหัสรวมในหัวข้อที่ 3.3 จะได้รหัสรวมที่แสดงโครงสร้างเป็น 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 ซึ่งมีขนาด 4 bits และ RC เป็นค่าของ x เมื่อพิจารณาในลักษณะรูปที่ 3-12 ซึ่งเป็นรหัสพื้นตัวอักษร 16 ตัวและส่วนรหัสเนื้อตัวอักษร 4 ตัวรวมเป็น 20 ตัวซึ่งต้องใช้ข้อมูลแสดงถึงความแตกต่างถึง 20 แบบจึงเกิดความไม่สะดวกในการอธิบายด้วยเลขฐานสองซึ่งต้องใช้ถึง 5 bits แต่จากการพิจารณาส่วนของการสร้างรหัสแทนพบว่าส่วนของรหัสพื้นตัวอักษรจะไม่เกิดขึ้น 5 รูปแบบอันเนื่องมาจากกระบวนการแยกแยะตัวอักษร ซึ่งได้แก่รหัส Q0 , Q1 , Q2 , Q4 , Q8 จึงได้พิจารณาแทนส่วนของรหัสเนื้อตัวอักษร 4 ตัวด้วยรหัสพื้นตัวอักษรที่ไม่เกิดโดยกำหนดให้ H , V , S , I แทนด้วยค่า Q8 , Q4 , Q2 , Q1 ตามลำดับก็จะสามารถบอกความแตกต่างของข้อมูลได้เพียง16แบบซึ่งสามารถแสดงด้วยเลขฐานสองเพียง 4 bits จึงได้โครงสร้างของรหัสรวมจากทิศทางทั้ง 5 รวมเป็น 20 bits ดังแสดงในรูปที่ 3-13 (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



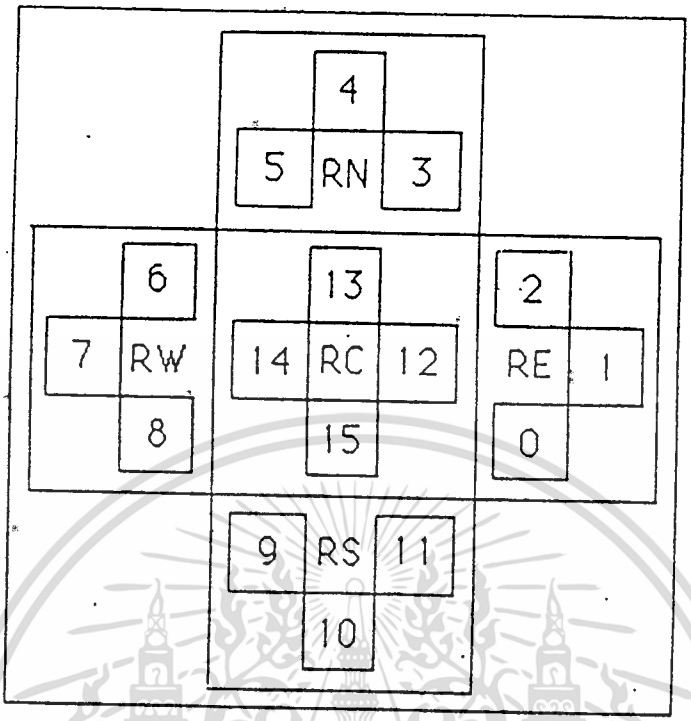
รูปที่ 3-13 (ก) แสดงการพิจารณาโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต



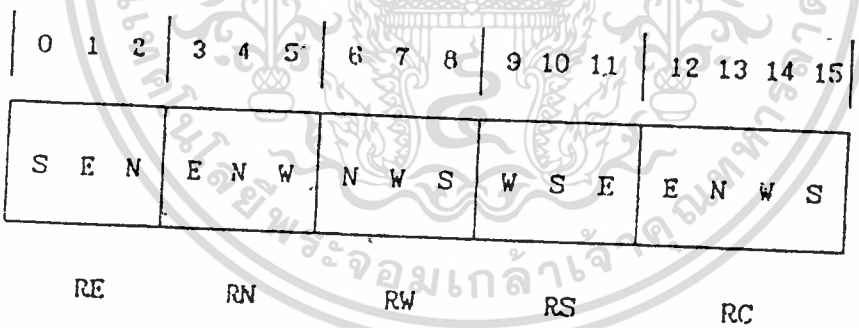
รูปที่ 3-13 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 20 บิต

แต่จากการพิจารณาสร้างรหัสรวมดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการพิจารณารหัสรวมนั้น ส่วนของการพิจารณาหวรหัส 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



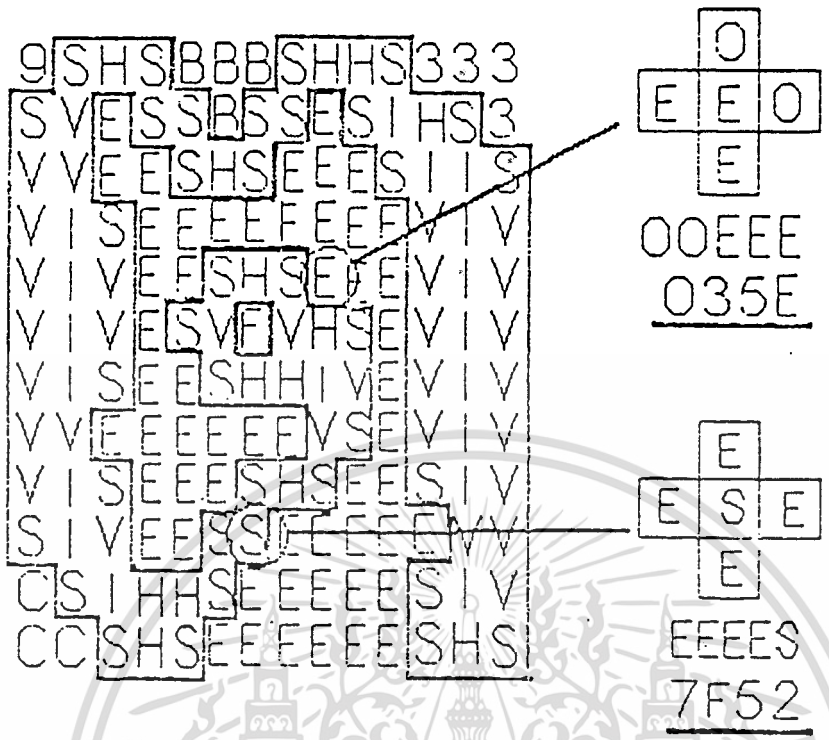
รูปที่ 3-14 (ก) แสดงการพิจารณาลดโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต



รูปที่ 3-14 (ข) แสดงการแจกแจงโครงสร้างของรหัสรวม 16 บิต

จากข้อมูลที่ได้จากการปรับรหัสพื้นตัวอักษรในรูปที่3-10สามารถแสดงการหารหัสรวมได้ แสดงใน รูปที่ 3-15

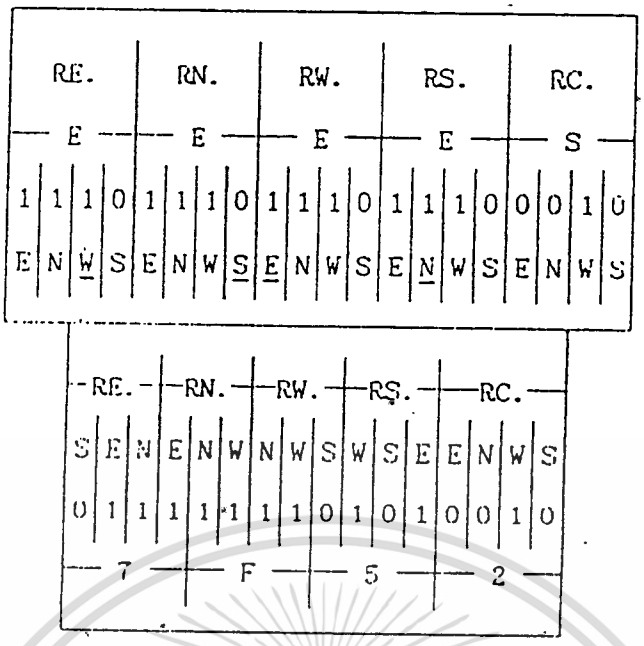
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



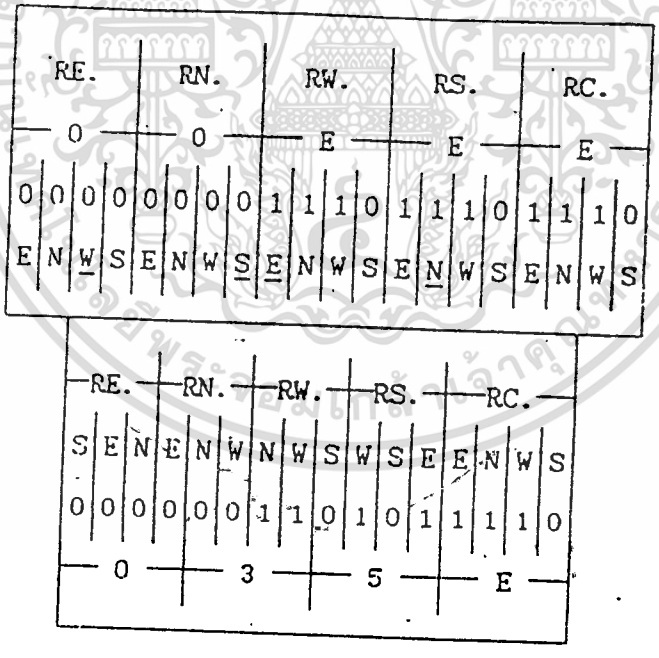
รูปที่ 3-15 แสดงการหารหัสรวม (Concentration Word)

ถ้าหากพิจารณาส่วนที่เป็นเนื้อตัวอักษร ในรูปที่ 3-10 บริเวณตำแหน่ง x8 จะได้ค่า Q ใดๆ โดยจะได้ว่า Q1 , Q2 , Q3 , Q4และ x เป็น E , E , E , E และ S ตามลำดับหรือเขียนแสดงตามโครงสร้างของรหัสรวมตามในรูปที่3-14 (ก) และ (ข) จะได้รหัสรวมในรูปของรหัสเนื้อตัวอักษรและรหัสพื้นตัวอักษรเป็น EEEES (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 ตามลำดับหรือเขียนแสดงตามโครงสร้างของรหัสรวมตามในรูปที่ 3-14 (ก)และ(ข)จะได้รหัสรวมในรูปของรหัสเนื้อตัวอักษรและรหัสพื้นตัวอักษรเป็น 00EE (0000,0000, 1110,1110,1110) โดยจัดเรียงตามลำดับการพิจารณาและจะได้รหัสรวมใหม่ตามการพิจารณารหัสรวมเป็น 035E (000,000,110,101,1110) แล้วดังแสดงในรูปที่ 3-15 และรูปที่ 3-16 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 (ก) แสดงการลดขนาดของรหัสรวม EEEES



รูปที่ 3-16(ข) แสดงขนาดการลดขนาดของรหัสรวม 00EEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ NEURAL NETWORK

ในการประมวลข่าวสารบางชนิดอาทิเช่น Image Recognition , Speech Recognition , Language Comprehension นั้น สิ่งมีชีวิตยังคงแสดงถึงประสิทธิภาพที่เหนือชั้นกว่าคอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดในปัจจุบันอยู่ ทั้งที่การเดินทางของไฟฟ้าเคมีในเซลประสาทมีความเร็วต่ำกว่าความเร็วของอิเล็กตรอนในซิลิกอนอย่างไม่สามารถเทียบกันได้ ด้วยเหตุผลที่น่าฉงนนี้อาจมาจากความแตกต่างในระดับโครงสร้างพื้นฐานระหว่างสมองของสิ่งมีชีวิตและคอมพิวเตอร์ก็เป็นได้

การศึกษาและสิ่งประดิษฐ์ทางด้าน Neural Network ได้ถูกนำเสนอออกมาทั้งในรูปของฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เป็นฮาร์ดแวร์มักเรียกว่า Neurocomputer ซึ่งจะทำการ

จำลองการทำงานของเซลล์ประสาทลงบนวงจรทางไฟฟ้าหรือทาง Optical จากนั้นอาจถูกนำมาใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ธรรมดาในลักษณะของCo-processor ซึ่งสามารถเรียกใช้เหมือนกับโปรแกรมย่อยอันหนึ่งในระบบได้ หรือในอีกแนวทางหนึ่งจะอยู่ในรูปของซอฟแวร์โดยสร้างโปรแกรมเพื่อจำลองเซลประสาทและจุดเชื่อมต่อของเซลประสาทเหล่านั้นลงบนคอมพิวเตอร์ธรรมดา เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของมัน

จุดอ่อนของ Neural Network มีอยู่เช่นเดียวกับสมองของมนุษย์ นั่นคือขีดความสามารถที่จำกัดในการคำนวนตัวเลข ในขณะที่ Neural Network มีความชำนาญในการคำนวนข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ , การเรียนรู้จากประสบการณ์ ฯลฯ แต่ข้อมูลปรกติทั่วไปการใช้คอมพิวเตอร์ธรรมดาจะเหมาะสมกว่า ดังนั้นการจะนำ Neural Network หรือ Neurocomputerไปทำการคำนวนด้านตัวเลขต่างๆจึงไม่เป็นการที่ควรจะทำ หรือกล่าวในอีกแง่หนึ่งคือ แม้งานวิชาการด้าน Neural Network ก้าวหน้าไปไกลเท่าใดก็ไม่สามารถที่จะเข้ามาแทนที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่งไปได้ หากแต่จะเข้ามาช่วยเหลือในงานส่วนที่คอมพิวเตอร์ไม่สะดวกเท่านั้น

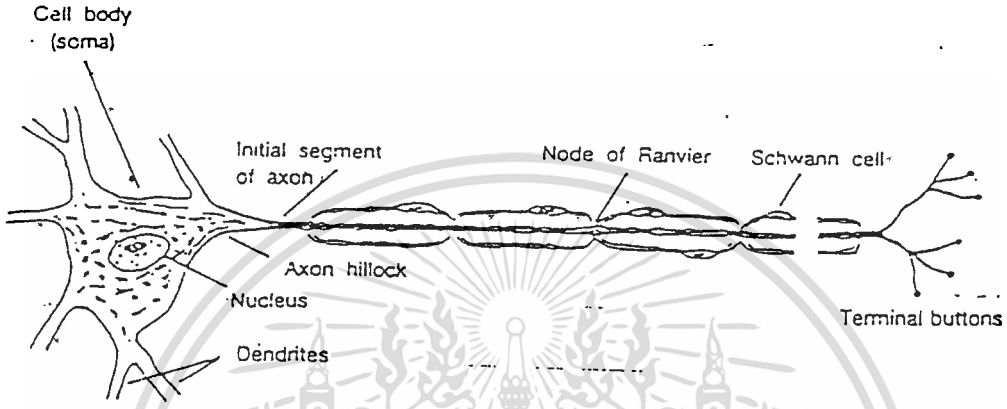
และในทำนองเดียวกัน ถ้าหากเราพิจารณาความสามารถพิเศษของ Neural Network ดังเช่นความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์หรืออื่กหลายๆอย่าง จะเห็นว่าความสามารถเหล่านั้นสามรถทำได้จากวิชาการทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) เช่นกัน โดยเฉพาะทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ซึ่งประสบความสำเร็จอย่างมากในหลายที่ แต่ก็ประสพความยุ่งยากในการสร้างความสามรถสำหรับการเรียนรู้จากประสบการณ์ไม่น้อย จนหลายคนอาจมองว่า Neural Network อาจเข้ามาแทนที่ AI แต่ที่จริงแล้วมีสิ่งที่บอกเหตุหลายอย่างชี้ว่าทั้งสองแบบน่าจะรวมกันเป็นระบบที่แต่ละตัวทำงานในส่วนที่ตนเองถนัดมากกว่า

ความแตกต่างระหว่างคอมพิวเตอร์ธรรมดากับ Neural Network อีกอย่างหนึ่งคือในคอมพิวเตอร์ธรรมดาเมื่อต้องการให้ทำงานอย่างหนึ่งอย่างใดสามารถทำได้โดยการสร้างโปรแกรม แต่ในทางตรงกันข้าม Neural Network เมื่อต้องการให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งสามารถทำได้โดยการฝึกสอน (Training) โดยการฝึกสอนนี้จะทำให้ Neural Network นำบทเรียนที่ได้รับการฝึกเข้าไปเก็บในโครงข่ายของ Neuron และจากนั้นจะถูกเรียกกลับขึ้นมาใช้เมื่ออยู่ในระหว่างการประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก Neural Network เป็นความพยายามของมนุษย์ในการที่จะลอกเลียนแบบธรรมชาติดังกล่าวมาแล้ว จึงจะขอพูดถึงเซลล์ประสาทในธรรมชาติไว้ในที่นี้พอสังเขป

ระบบประสาทของมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทประมาณ 10 พันล้านตัว เซลล์ประสาทแต่ละตัวประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Cell Body) และแขนงที่แยกออกจากตัวเซลล์ประสาท ซึ่งได้แก่ แอกซอน (Axon) และ เดนไดรต์ (Dendrite) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4-1

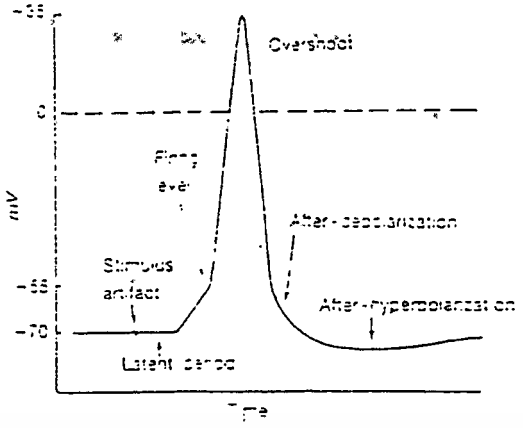


รูปที่4-1 : เซลประสาททางชีวภาพ

เซลล์ประสาทจะประกอบด้วยนิวเคลียสและไซโตปลาสซึมซึ่งมีออร์แกเนลล์มากมาย เช่น ไมโตรคอนเดีย , กอลจิคอมเพลกซ์ , ร่างแหเอนโดพลาสมิค , เออร์แกสโตรปลาสซึม และ ไรโบโซม สำหรับ แอกซอน (Axon) นั้นมีจุดเริ่มต้นจากจุดที่เรียกว่า Axon Hilloc ซึ่งเป็นส่วนที่หนาที่สุดของเซลล์ประสาท โดยเซลล์ประสาทหนึ่งตัวจะมีแอกซอนเพียงหนึ่งอันที่จะทอดตัวออกไปยังอวัยวะสำแดงผลเช่น กล้ามเนื้อหรือไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่นๆที่ทำงานร่วมกัน ทางด้านของเดนไดรต์ (Dendrite) จะเป็นแขนงสั้นๆออกจากเซลล์ประสาทหลายจุดและเมื่อออกจากเซลล์ประสาทก็จะแยกแขนง ออกไปทันที ถ้าดูตามหน้าที่ของเดนไดรต์และตัวเซลล์ประสาทจะมีบริเวณของตัวรับ (Receptor Zone) ซึ่งจะรับข้อมูลที่ส่งมาจากปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทตัวอื่นๆ ข้อมูลเหล่านี้ซึ่งอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมี จะกระตุ้นเซลล์ประสาทเพื่อให้ส่งสัญญาณออกจากเซลล์ไปสู่เซลล์ประสาทตัวอื่นหรืออวัยวะสำแดงผล หรือกล่าวโดยสรุปก็คือในตัวเซลล์ประสาทนั้น หน้าที่ของแอกซอนคือการเอาท์พุทที่จะนำสัญญาณหรือกระแสประสาทออกจากเซลล์ไปสู่เซลล์ประสาทตัวอื่นหรืออวัยวะสำแดงผล และเดนไดรต์เป็นตัวอินพุทนำข้อมูลหรือข่าวสารเข่าสู่เซลล์นั่นเอง

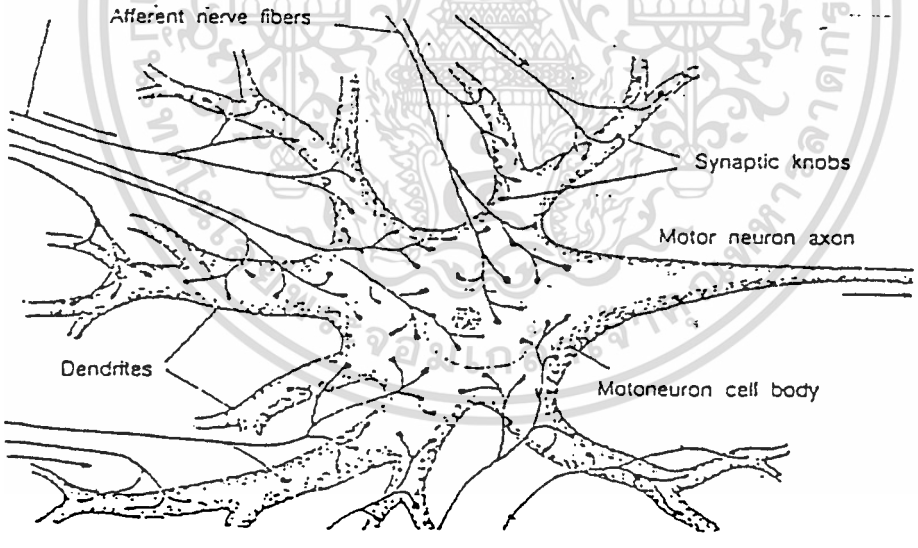
เซลล์ประสาททั่วไปจะทำงานโดยการถูกกระตุ้น การกระตุ้นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลย์ของไอออนที่ปริเวณตัวรับ (Receptor Zone) มากจนถึงจุด Threshold ความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลล์ขณะปรกติจะมีค่าประมาณ -60 ถึง -90 มิลิโวลท์ จากนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลล์จนถึงจุด เทรชโฮลด์ (Threshold) ตังเซลล์ประสาทก็จะส่งกระแสประสาทออกไปทางแอกซอน (Axon) โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเยื่อหุ้มเซลล์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 :การตอบสนองทางไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซล

โครงสร้างที่น่าสนใจอีก ส่วนหนึ่งของเซลล์ประสาทคือส่วนที่เรียกว่า ไซแนปส์ (Synapse) ซึ่งเป็นจุดต่อระหว่างแอกซอนกับเดนไดรต์ โดยข้อมูลหรือข่าวสารจะส่งผ่านจากเซลล์ประสาทตัวหนึ่งไปสู่เซลล์ประสาทอีกตัวหนึ่งโดยผ่านทางรอยต่อที่เรียกว่า ไซแนปส์ (Synapse) นี้เอง ภาพของจุดเชื่อมต่อระหว่างเซลล์และภาพขยายของไซแนปส์ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4-3 และ 4-4 ตามลำดับ



รูปที่ 4-3 : Synapse หรือจุดเชื่อมต่อของเซลประสาท

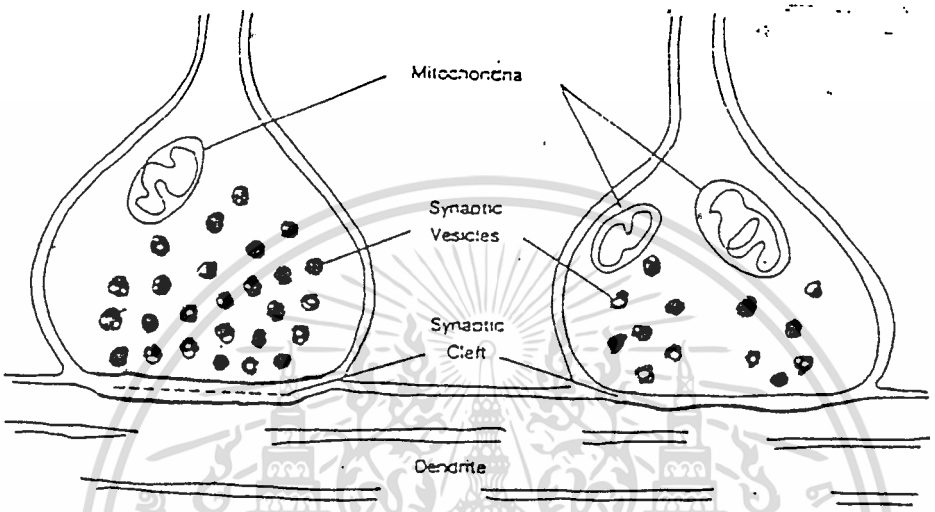
จากรูปที่4 4-4 จะเห็นว่ามีโครงสร้างที่เรียกว่า Synapse Vesicles ซึ่งภายใน Synapse Vesicles นี้จะประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้ในการติดต่อระหว่างเซลล์หรือที่เรียกว่าสารสื่อประสาท (Chemical Transmitter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสารนี้จะถูกหลั่งออกสู่ Synapse Cleft เมื่อมีศักย์แพร่เข้ามาที่ไซแนปส์ ลักษณะสารสื่อประสาทจะแบ่งการทำงานได้ 2 ประเภทคือ

1.Excitatory Transmitters เป็นสารที่หลั่งออกมาแล้วไปกระตุ้นอีกเซลล์หนึ่งให้ทำงาน

2.Inhibitory Transmitters เป็นสารที่หลั่งออกมาแล้วไปยับยั้งการทำงานของอีกเซลล์หนึ่ง



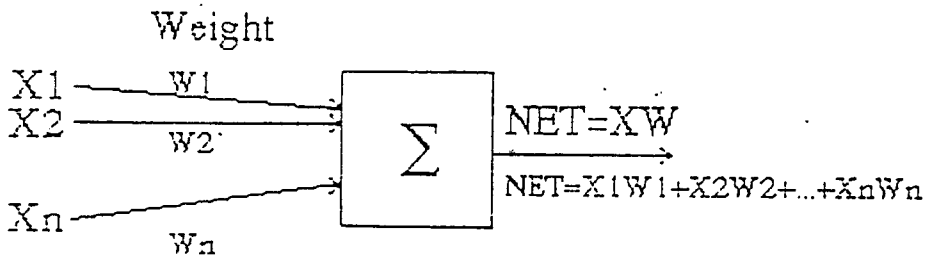
รูปที่ 4-4 : ภาพขยายของ Synapse

การทำงานโดยใช้สารสื่อประสาทนี้ทำให้ไซแนปส์สามารถทำหน้าที่ที่สำคัญให้กับเซลล์ประสาทได้ดังนี้

1. ควบคุมให้ข้อมูลหรือกระแสประสาทเดินไปในทิศทางเดียวกันเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนของกระแสประสาทขึ้น
2. รวมรวมสัญญาณกระแสประสาทจากในหลายๆไซแนปส์ในลักษณะกลไกของ Summation ตามลักษณะของสารสื่อประสาทที่เป็น Excitatory หรือ Inhibitory
3. ขยายสัญญาณของข้อมูลกระแสประสาทเพื่อให้สามารถส่งไปได้กว้างและแรงขึ้น

จากคุณสมบัติของเซลล์ประสาทในสิ่งมีชีวิตดังกล่าวนักวิทยาศาสตร์จึงได้สร้างแบบจำลองของเซลล์ประสาทขึ้นโดยแสดงไว้ในรูปที่ 4-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-นิวรอน ของโครงข่ายนิวรอน

จากรูปจะมีลักษณะคล้ายกับนิวรอนเซล 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 โดยส่วนที่เรียกว่า ฟังก์ชั่นการกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ

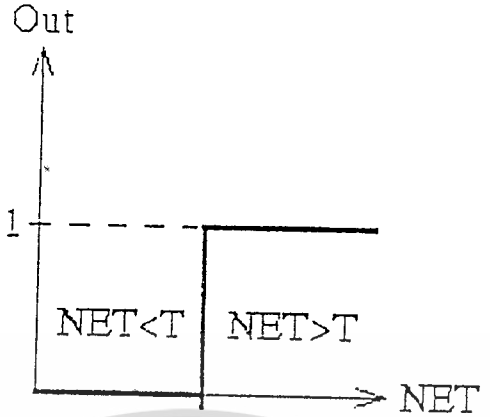
$$OUT = K\,(NET)$$

ซึ่ง K = ค่าคงที่

รูปที่ 4-6 สมการเชิงเส้นอย่างง่ายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือในรูปของฟังก์ชั่น threshold

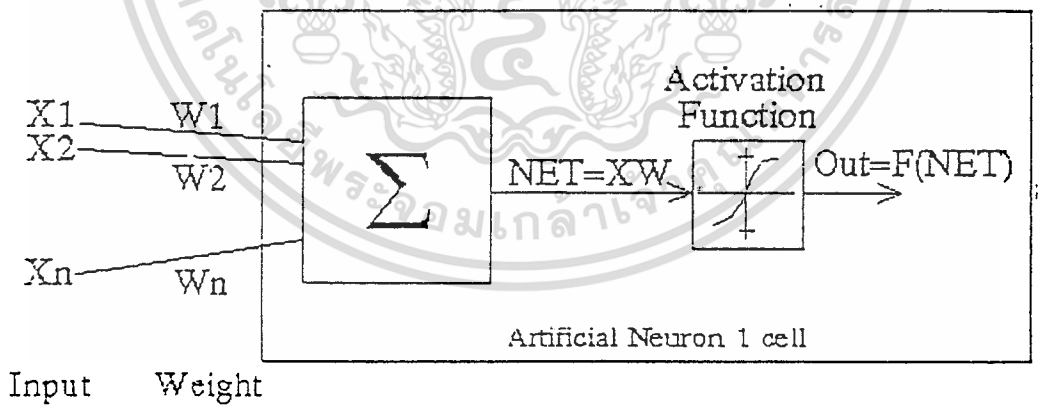


OUT = 1 ถ้า NET > T

OUT = 0 กรณีอื่น

รูปที่ 4-7 สมการ threshold

หรืออาจอยู่ในรูปฟังก์ชั่นที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear function) ตามรูปที่ 4-8 ที่ได้แสดงลักษณะของนิวรอนที่ได้รวมเอาฟังก์ชั่นการกระตุ้น (Activation Function) ตามรูป



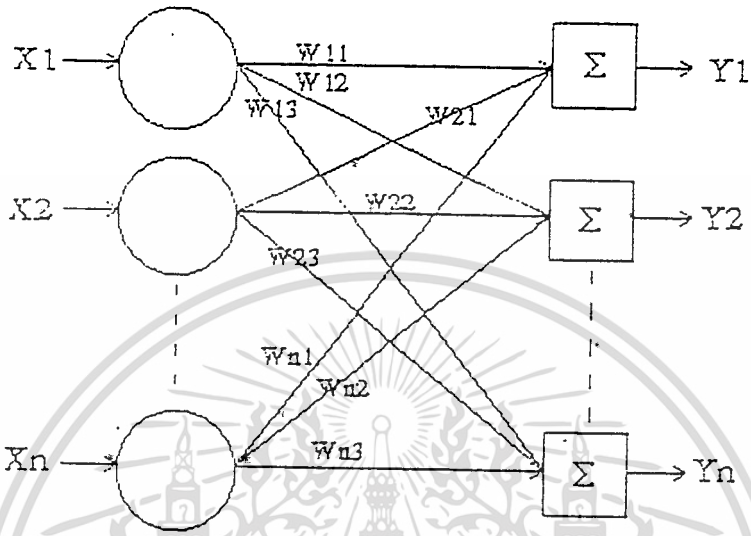
รูปที่ 4-8 ลักษณะของนิวรอน 1 หน่วย ที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นการกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 โครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น (Single Layer Neural Network)

ถึงแม้ว่าลักษณะของนิวรอนเพียง 1 นิวรอนจะสามารถทำฟังก์ชั่นบางอย่างได้ แต่ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการทำงานมาจากการรวมนิวรอนหลายๆนิวรอนเข้าด้วยกัน

ลักษณะรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของโครงข่ายนิวรอน จะจัดกลุ่มของนิวรอนมีลักษณะ 1 ชั้น ดังที่แสดงดังรูป 4-9



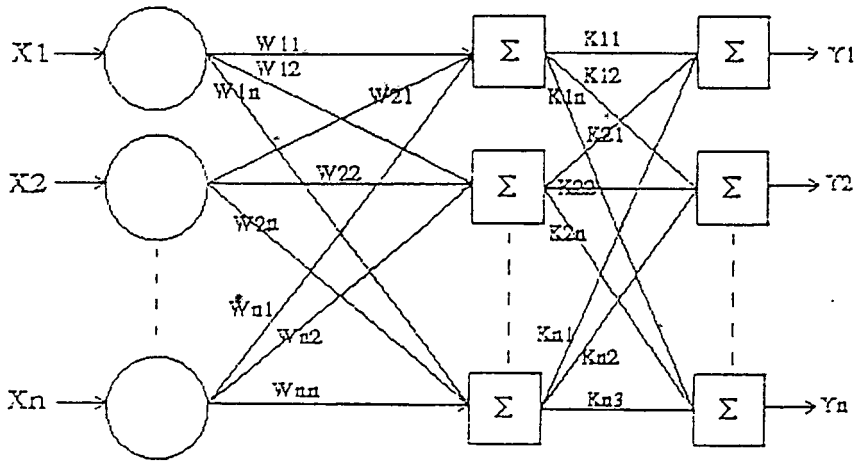
รูปที่ 4-9 ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายนิวรอนลักษณะ 1 ชั้น

สำหรับในส่วนของวงกลมจะเป็นส่วนที่แบ่งกระจาย input ไปยังนิวรอนต่างๆสำหรับลักษณะโครงสร้างในรูปที่ 4-9 อาจจะมีการเชื่อมโยงในบางส่วนถูกตัดทิ้งไปหรืออาจจะมีการป้อนกลับจาก output ไปยัง input ได้เรียกว่ามีลักษณะย้อนกลับ (Backward Learning) เพื่อส่งสัญญาณผิดพลาดกลับไปปรับแต่ง weight ให้ดีขึ้นเพื่อลดการผิดพลาดของสัญญาณที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้กลุ่ม input ชุดหนึ่งๆ โดยโครงสร้างอย่างง่ายนี้สามารถฝึกสอนกลุ่ม input ที่มีลักษณะอย่างง่ายๆได้ แต่ถ้าต้องการนำไปประยุกต์ใช้กับ input ที่มี รูปร่างยากๆ หรือคล้ายๆกันต้องเพิ่มชั้นของโครงข่ายนิวรอนอีกเพื่อขยาย weight ให้มากขึ้นในการเรียนรู้

4.2 โครงสร้างของนิวรอนในกรณีที่มีลักษณะหลาย ๆ ชั้น (Multilayer Neural Network)

ลักษณะของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะเพียง 1 ชั้น (Single Layer Neural Network) ถึงแม้ว่าจะทำงานได้ดีขึ้นจากนิวรอน เพียง 1 นิวรอน แต่ประสิทธิภาพในการทำงานจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าเราจัดรูปแบบโครงสร้างในลักษณะหลายๆชั้น ในรูปที่ 4-10 แสดงลักษณะโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น (Two Layer Neural Network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-10 ลักษณะโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น

สำหรับประสิทธิภาพในการทำงานของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะหลายๆชั้นนี้ จะไม่เพิ่มขึ้นหรือไม่แตกต่างจากโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้นเลย ถ้าในส่วนของฟังก์ชั่นการกระตุ้นมีลักษณะเป็นสมการเชิงเส้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

ถ้าให้ X เป็น input vector

W_1 เป็นค่าน้ำหนักในรูปเมตริกซ์ในชั้นที่ 1

W_2 เป็นค่าน้ำหนักในรูปเมตริกซ์ในชั้นที่ 2

เพราะฉะนั้นค่า output ที่ออกมาอยู่ในรูป

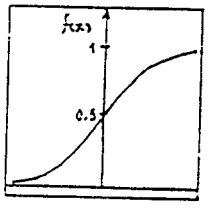
$$\text{Output} = (XW_1)W_2$$

ซึ่งจะจัดได้ใหม่จากรูปแบบการคูณ ดังนี้

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

ซึ่งแสดงว่าลักษณะของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 2 ชั้น จะเหมือนกับลักษณะ 1 ชั้น คือมีค่าเมตริกซ์ของค่าน้ำหนัก เท่ากับผลคูณของเมตริกซ์ของค่าน้ำหนักในชั้นที่ 1 คูณกับชั้นที่ 2 ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของโครงข่ายนิวรอนในลักษณะหลายๆชั้น เพิ่มจากโครงข่ายนิวรอนในลักษณะ 1 ชั้น จึงควรกำหนดฟังก์ชั่นการกระตุ้นในลักษณะไม่เชิงเส้น โดยมีสมการของฟังก์ชั่นการกระตุ้นดังนี้

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



รูปที่ 4-11 กราฟฟังก์ชั่นการกระตุ้นในลักษณะไม่เชิงเส้น

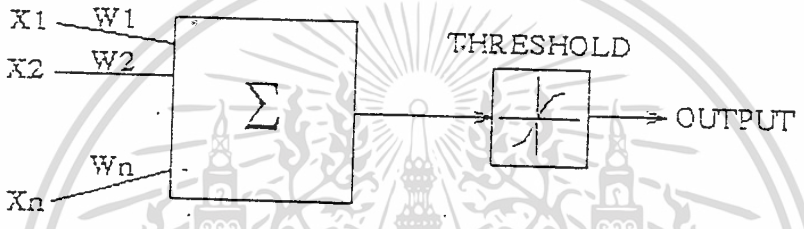
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การฝึกสอน (Training) ของโครงข่ายนิวรอน

การฝึกสอนเป็นลักษณะที่จะพยายามสอนให้โครงข่ายนิวรอน มีความรู้ตามที่เราต้องการ โดยในลักษณะ การฝึกสอนของโครงข่ายนิวรอนจะเป็นการป้อนชุด input ให้แก่โครงข่ายนิวรอนและพยายามปรับค่าของน้ำหนัก ไปเรื่อยๆ เพื่อให้มีค่าลู่เข้าค่าของชุด output ที่เราต้องการให้มีค่าออกมา โดยทั่วไปแล้วเราจะเรียกวิธีการสอนเพื่อให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้ เพื่อให้ได้ค่า output ที่เราต้องการว่า Training Algorithm

4.3.1 เพอเซปตรอน (Perceptron)

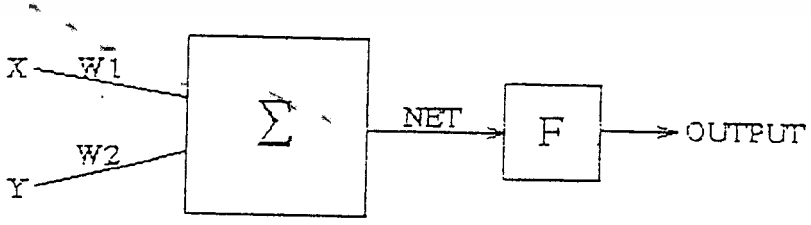
ลักษณะของนิวรอนในยุคแรกๆ ของโครงข่ายนิวรอน มีชื่อเรียกว่า เพอเซปตรอน ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 ลักษณะของเพอเซปตรอน

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

สำหรับการฝึกสอน จะกระทำในลักษณะเพียง 1 ชั้น ซึ่งประสบผลสำเร็จมากในช่วงแรกๆ แต่ต่อมาได้ประสบปัญหาบางอย่างซึ่งลักษณะของเพอเซปตรอน เพียง 1 ชั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เช่นปัญหาเกี่ยวกับเอกคลูซีฟออร์ ดังรูป 4-13



รูปที่ 4-13 เพอเซปตรอนที่ใช้แก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

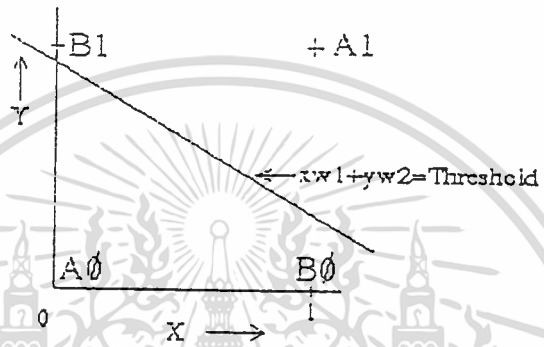
ถ้า x และ y เป็นอินพุทที่จะทำการ XOR เพราะฉะนั้นจะมีค่า NETที่ออกมาเท่ากับ

$$NET = XW_1 + YW_2$$

ถ้าเรากำหนดค่า threshold ของฟังก์ชั่น Fให้มีค่าๆหนึ่งและกำหนดค่า W_1 และ W_2เป็นค่าๆหนึ่งแล้วจะได้สมการเป็น

$$Threshold = XW_1 + YW_2$$

ถ้าเราทำการ plot กราฟในพิกัดแกน X-Y จะได้กราฟเป็นเส้นตรงดังรูป 4-14



รูปที่ 4-14 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

ตารางที่4-1 ตาราง XOR

ถ้าพิจารณาสมการที่ให้ค่า NET ออกมาใหม่อีกทีจะเห็นว่าค่า NET ที่มีค่ามากกว่า threshold จะมีค่าอยู่ทางซีกใดซีกหนึ่งของเส้นตรง ส่วนค่า NET ที่มีค่าน้อยกว่าจะอยู่อีกซีกหนึ่ง

ปัญหาของ XOR นี้จะแก้ได้โดยการใช้ลักษณะของการใช้เพอเซปตรอนหลายๆชั้น แต่วิธีการที่ให้ได้มาซึ่งค่าของน้ำหนักของโครงข่ายเป็นลักษณะของการกำหนดค่าโดยใช้ความคิดขึ้นมาเอง ไม่ใช่ลักษณะของการฝึกสอน ดังนั้นปัญหาจึงเกิดจากการขาดการฝึกสอนตัวโครงข่ายหลายๆชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กฎของเดลตา (The Delta Rule)

กฎของเดลตานี้เป็นกฎสำคัญของการฝึกสอนเพอเซปตรอน และต่อมาขยายการฝึกให้กับโครงข่ายนิวรอนที่มีลักษณะหลายชั้น โดยกฎนี้จะถูกใช้ในการปรับน้ำหนักของเพอเซปตรอนได้อย่างสมเหตุผล โดยมีลักษณะดังนี้

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

โดยที่ T เป็นค่า output ที่ต้องการจากเพอเซปตรอน

A เป็นค่า output ที่ออกมาจริงตามการป้อน

δ เป็นค่าผลต่างของ 2 ค่าบน

หลังจากได้ค่าของเดลตาแล้ว ค่านี้จะถูกนำไปคูณกับค่า input แต่ละ input เพื่อนำไปใช้ในการปรับค่าน้ำหนักให้เหมาะสม นอกจากนั้นยังต้องถูกนำไปคูณกับค่าอัตราการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกสอนให้เร็วขึ้นหรือช้าลง 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

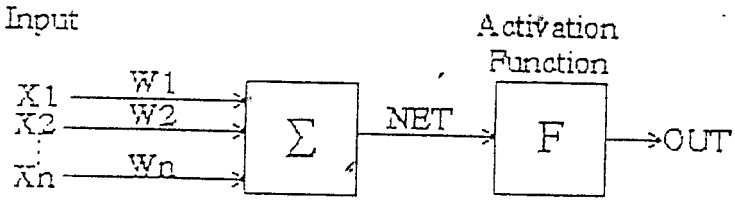
wi(n) เป็นค่าน้ำหนักก่อนการปรับ

4.3.3โครงข่ายนิวรอนแบบแบคพรอบพาเกชั่น (Backpropagation)

หลังจากประสบปัญหาเกี่ยวกับการฝึกสอนให้โครงข่ายนิงรอนแบบหลายๆมาเป็นเวลานาน ต่อมาได้มีการคิด algolithm ขึ้นมาเพื่อทำการฝึกสอนให้แก่โครงข่ายนิวรอน ในลักษณะหลายๆชั้น โดยเรียกวิธีการสอนนี้ว่า Backpropagation Neural Network

ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบ Backpropagation มีลักษณะดังรูป 4-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$NET = X1W1 + X2W2 + \ldots + XnWn = \sum_{i=1}^{n} XiWi$$

$$OUT = F(NET)$$

รูปที่ 4-15 ลักษณะของโครงข่ายแบบแบคพรอบพานกชั่น

และลักษณะทั่วๆไป จะคล้ายกับลักษณะทั่วๆไปของนิวรอนที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่มีส่วนที่ต่างกันคือ จะมีการเพิ่มฟังก์ชั่นการกระตุ้นที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งสมการที่นิยมใช้กับฟังก์ชั่นการกระตุ้นคือ

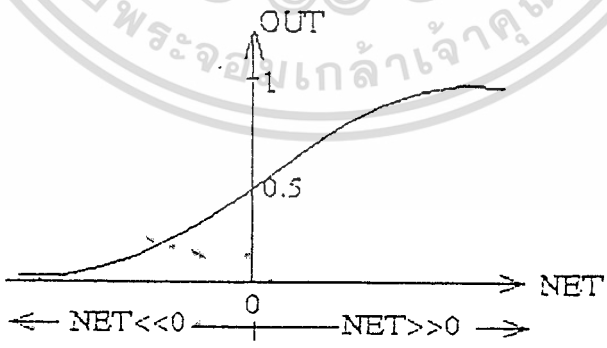
$$OUT = F(NET) = 1/(1+\exp(-NET))$$

จากสมการอธิบายได้ว่า ถ้า NET = 0 แล้ว OUT = 0.5

NET >> 0 แล้ว OUT = 1

NET << 0 แล้ว OUT = 0

ซึ่งสามารถแสดงกราฟได้ดังรูป 4-16



รูปที่ 4-16 กราฟของฟังก์ชั่นการกระตุ้น

ซึ่งฟังก์ชั่นนี้เรียกว่า Sigmoid Function เนื่องมาจากเส้นโค้งของกราฟมีลักษณะคล้ายรูปตัว S ซึ่งค่า Derivative ของฟังก์ชั่นมีค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dOUT/dNET = OUT(1-OUT)

ซึ่งค่านี้จะใช้ในการปรับแต่งน้ำหนักโดยจะมีผลในการทำให้เกิดการลู่เข้าของค่า output ได้เป็นอย่างดี ลักษณะโครงข่ายแบบแบคพรอบพาเกชั่นในลักษณะหลายๆชั้น ประกอบขึ้นจากนิวรอนที่ได้กล่าวมาข้างต้น รวมกับส่วนที่ต้องการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่า output ที่ต้องการกับค่าที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งค่านี้จะถูกย้อนกลับไปในตัวโครงข่ายเพื่อใช้ในการปรับน้ำหนักภายในโครงข่ายแบ็คพร็อบพาเกชั่น (Back Probpagation)

แบ็คพร็อบพาเกชั่น(BackProbpagation)มีทฤษฎีการทำงานเป็นเน็ตเวิร์คแบบหลายๆเลเยอร์ โดยมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สนับสนุนเป็นอย่างดี หลักการสำคัญของการแบ็คพร็อบพาเกชั่น คือ การปรับและเปลี่ยนค่าตัวเลขน้ำหนักให้มีค่าที่เหมาะสมที่สุดหรือมีค่าความผิดพลาดต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้

ค่าที่ใช้วัดความผิดพลาดนั้นเราจะใช้ค่า mean square errorในวิธีการแบ็คพรอบพาเกชชั่นนี้ซึ่งเป็นที่นิยมกว่ารูปแบบอื่นๆ ซึ่งค่า mean square error ถูกนิยามไว้ดังนี้

$$Ep = {}^{1}/_{2} * ((\sum(Tpk-Opk)^2)$$

โดย

Ep คือค่าความผิดพลาดของอินพุทลำดับที่p

Tpk คือค่าเอาท์พุทเลเยอร์ลำดับที่k ที่ต้องการ

Opk คือค่าเอาท์พุทเลเยอร์ลำดับที่k ที่ได้จากการคำนวณ

สังเกตุว่าแต่ละเทอมในเครื่องหมายsummationนั้นคือความแตกต่างของค่าที่ต้องการกับค่าที่ได้จากการคำนวณในเลเยอร์ที่kและสังเกตุว่าหากจะให้ค่าความผิดพลาดมีค่าน้อยๆจะต้องทำให้ผลต่างกำลังสองรวมมีค่าเข้าใกล้ศูนย์และเนื่องจากค่า Tpk จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพราะฉะนั้นสิ่งที่จะทำได้คือพยายามทำให้ค่าของ Opk เข้าใกล้ค่าของTpk มากที่สุดและเนื่องจากค่า Opk ของมีค่าสัมพันธ์กับค่าตัวเลขน้ำหนักมากดังนั้นการปรับค่าของตัวเลขน้ำหนักให้มีความเหมาะสมจะช่วยให้ค่าความผิดพลาดลดลงโดยการหาค่าดิฟเฟอเรเชียลของค่าความผิดพลาดที่คำณวนได้กับค่าตัวเลขน้ำหนักที่เปลี่ยนไปในลักษณะเชิงเส้น

$$\Delta pWji \ \alpha \ -\partial Ep / \partial Wji$$

โดย

$\Delta pWji$ คือค่าขอตัวเลขน้ำหนักที่เปลี่ยนไปจากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$Wji(t+1) = Wji(t) + \Delta pWji$$

โดย

Wji(t+1) คือค่าของตัวเลขน้ำหนักระหว่างเลเยอร์ j ไปเลเยอร์ I หลังจากการปรับค่าแล้ว

Wji(t) คือค่าของตัวเลขน้ำหนักระหว่างเลเยอร์ j ไปเลเยอร์ I ก่อนการปรับค่า

t เป็นเวลาขณะใดๆ

จากสมการจะเห็นว่าเมื่อค่าความชันของการผิดพลาด($\partial Ep/\partial Wji$)ลดลงจะมีผลให้ค่าของตัวเลขน้ำหนักที่เปลี่ยนไป ($\Delta pWji$) ลดลงด้วย วิธีการนี้จะทำซ้ำไปซ้ำมาจนได้ค่าที่ต้องการ ซึ่งเราเรียกว่าการสอน (Training) เน็ตเวิร์คจะทำงานจนกระทั่งค่าของความชันของค่าความผิดพลาดมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ด้วยนั่นคือค่าเอาท์พุทที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าของเอาท์พุทที่เราต้องการมากที่สุดและสามารถเขียนเป็นสมการแบบเชิงเส้นได้

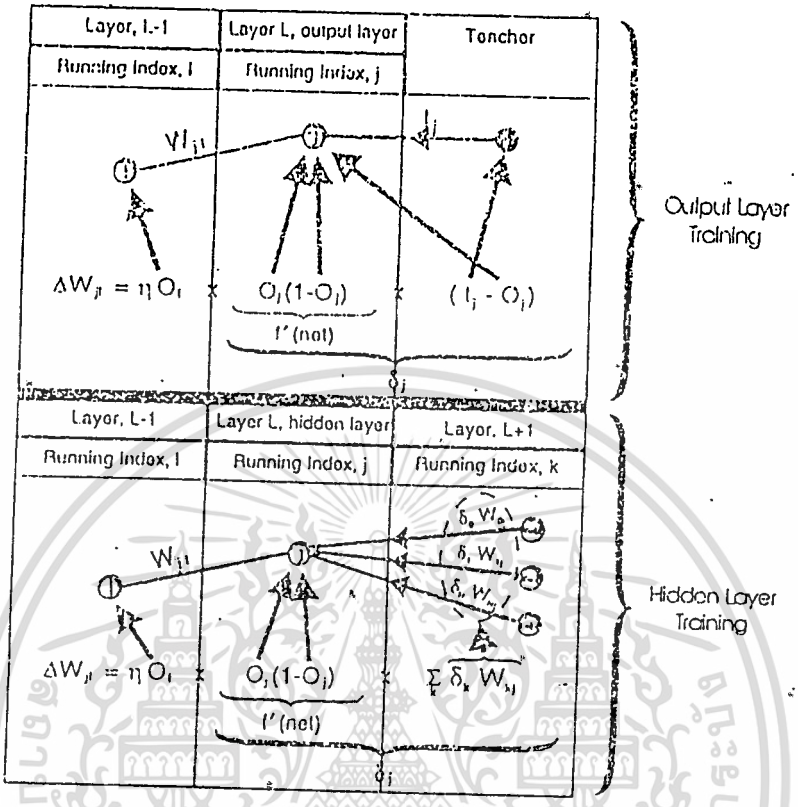
$$\Delta_p w_{ji} = \eta \delta_{pj} o_{pi}$$

โดย

η เป็นค่าคงที่ของอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-1.00

ซึ่งสมการเหล่านี้เป็นสมการในรูปแบบทั่วไป ถ้าหากใช้แอคติเวชั่นฟังก์ชั่นที่เป็น Sigmoid แล้วจะได้สมการดังรูปที่ 4-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-17 แสดงสมการหาค่า $\Delta_p w_{ji}$

โดยค่า δ_{pj} จะเป็นดังสมการดังนี้

$$\delta_{pj} = (T_{pj} - O_{pj})\, O_{pj}(1-O_{pj})$$ สำหรับเอาท์พุทเลเยอร์

$$\delta_{pj} = (\Sigma \delta_{pk} W_{kj})\, O_{pj}(1-O_{pj})$$ สำหรับฮิดเดนเลเยอร์

ค่า T_{pj} ค่าเอาท์พุทเลเยอร์ลำดับที่ j ที่ต้องการ

O_{pj} ค่าเอาท์พุทเลเยอร์ลำดับที่ j ที่ได้จากการคำนวณ

W_{kj} ค่าน้ำหนักระหว่างชั้น k และ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
โปรแกรมการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์

โปรแกรมการรู้จำตัวอักษรในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ให้เรียนรู้และจดจำตัวอักษรได้มีการพัฒนาปรับปรุงกับอย่างกว้างขวาง ทั้งในรูปแบบภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ ทั้งที่เป็นอักษรภาษาไทยและอักษรภาษาอังกฤษ ทั้งที่เป็นอักษรคัดลายมือตัวบรรจงและอักษรตัวพิมพ์ ด้วยเทคนิควิธีการต่างๆกันไป โปรแกรมการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์ ในวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ มีส่วนประกอบและ การทำงานดังต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์ในการใช้งาน

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
2. เครื่องตรวจกวาดภาพ
3. โปรแกรมการรู้จำตัวอักษร
   - ocr.exe
   - egavga.bgi
   - thai.fnt
   - file format BMP GrayScale

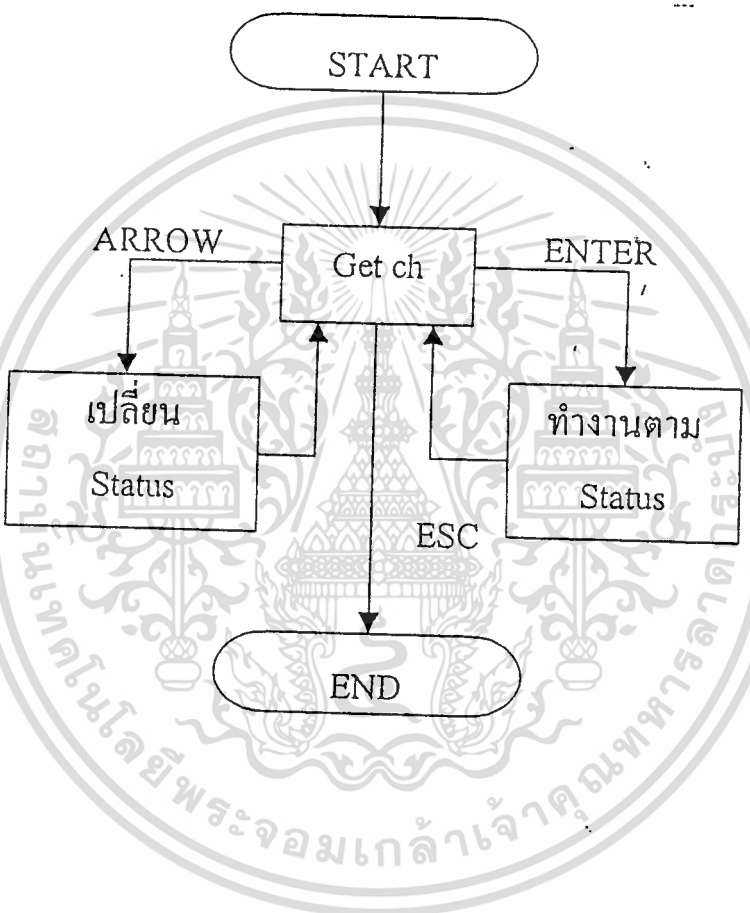
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Flow Chart

Main

Get ch เป็นการรับ KEY มีอยู่3 กรณี

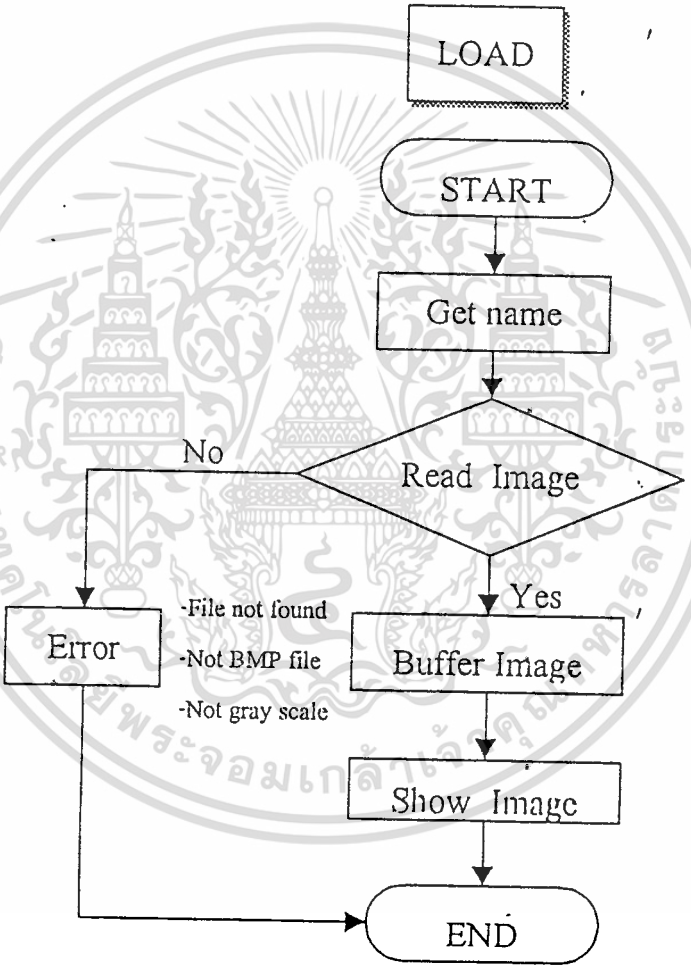
1. ARROW ⇑⇓ ตัวแปร Status เปลี่ยนแปลง
2. Enter จะทำการ Operate ที่ status นั้น
3. ESC จะออกจากโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load

1. get name ป้อนชื่อ file format BMP
2. read Image มี 2 กรณี
   - error จะ display -> file not found / Not bmp file /Not grayscale ไปที่ข้อ 5
   - กรณีที่อ่านได้
3. เก็บใน Buffer image ใน RAM เป็น Binary
4. Show Image file นั้น
5. End



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Train มี 2 แบบ

1. Load file รูปภาพ

-contour

-PQ code

-Save code เซฟค่า Concentrade Code ทั้ง 5 ค่า ลงใน Code.txt

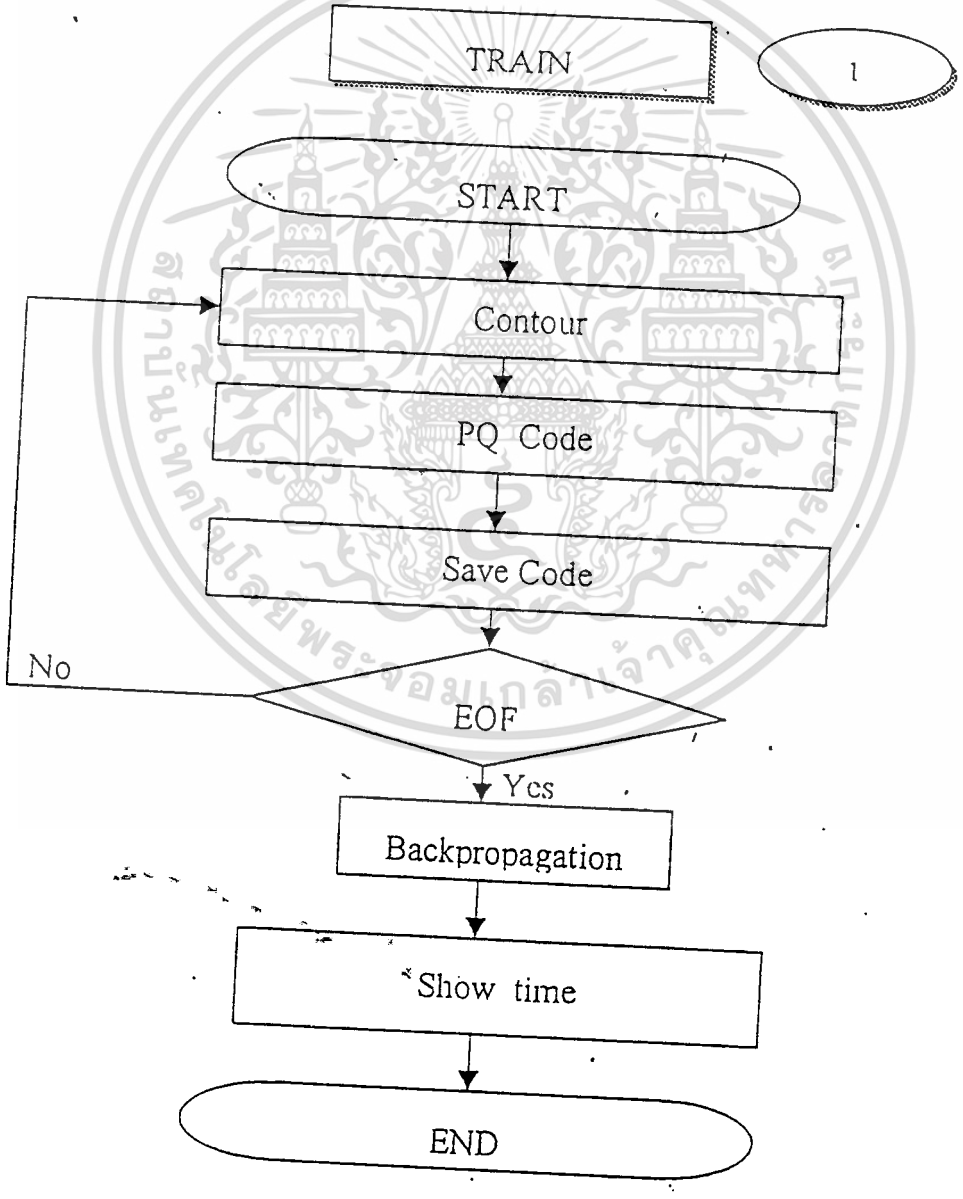
-check end of file ไม่ใช่จะกลับไปที่ contour

ใช่ ทำต่อไป ที่ Backpropagation

-Backpropagation Load Data จาก Code.txt

-Show time แสดงเวลาการทำงาน

-end



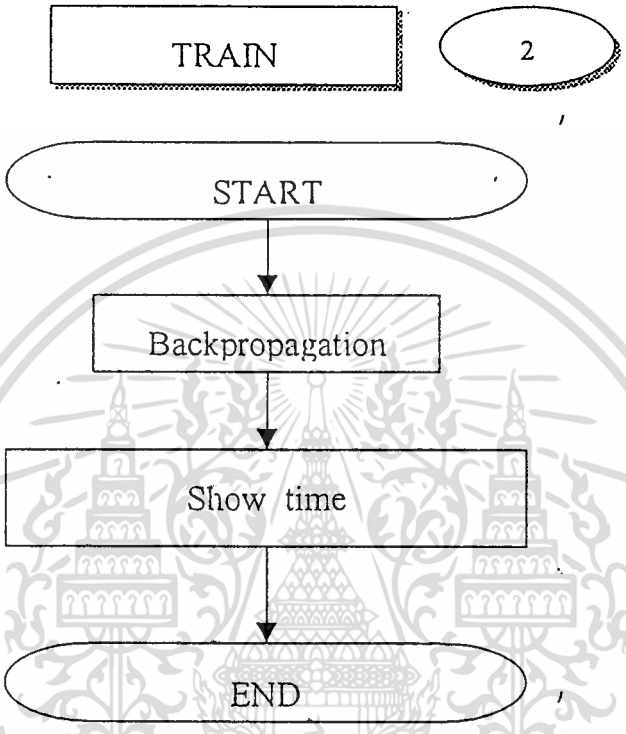
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไม่ได้ Load file รูปภาพ

-Backpropagation Load Data จาก Code.txt

-Show time แสดงเวลาการทำงาน

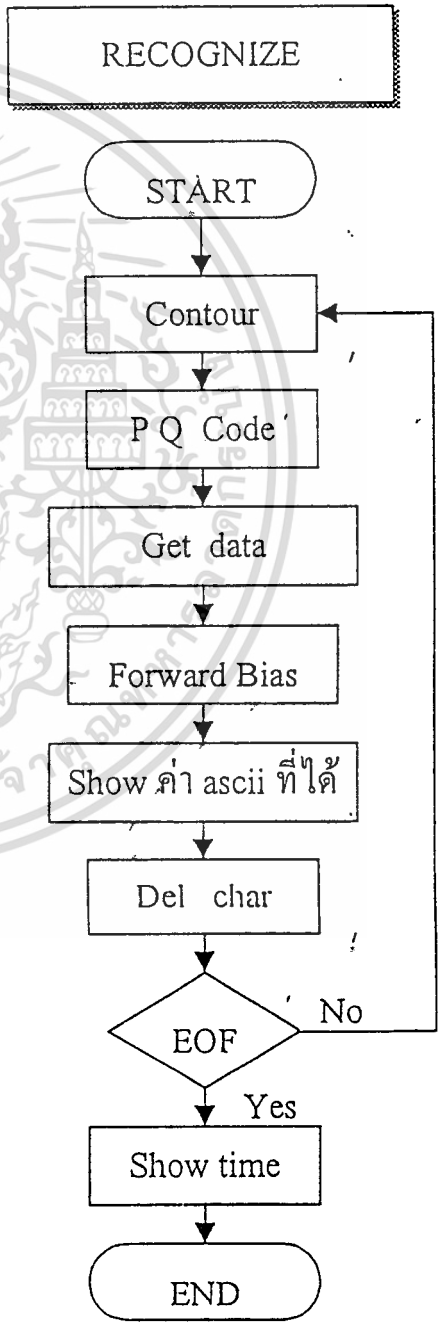
-end



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recognize

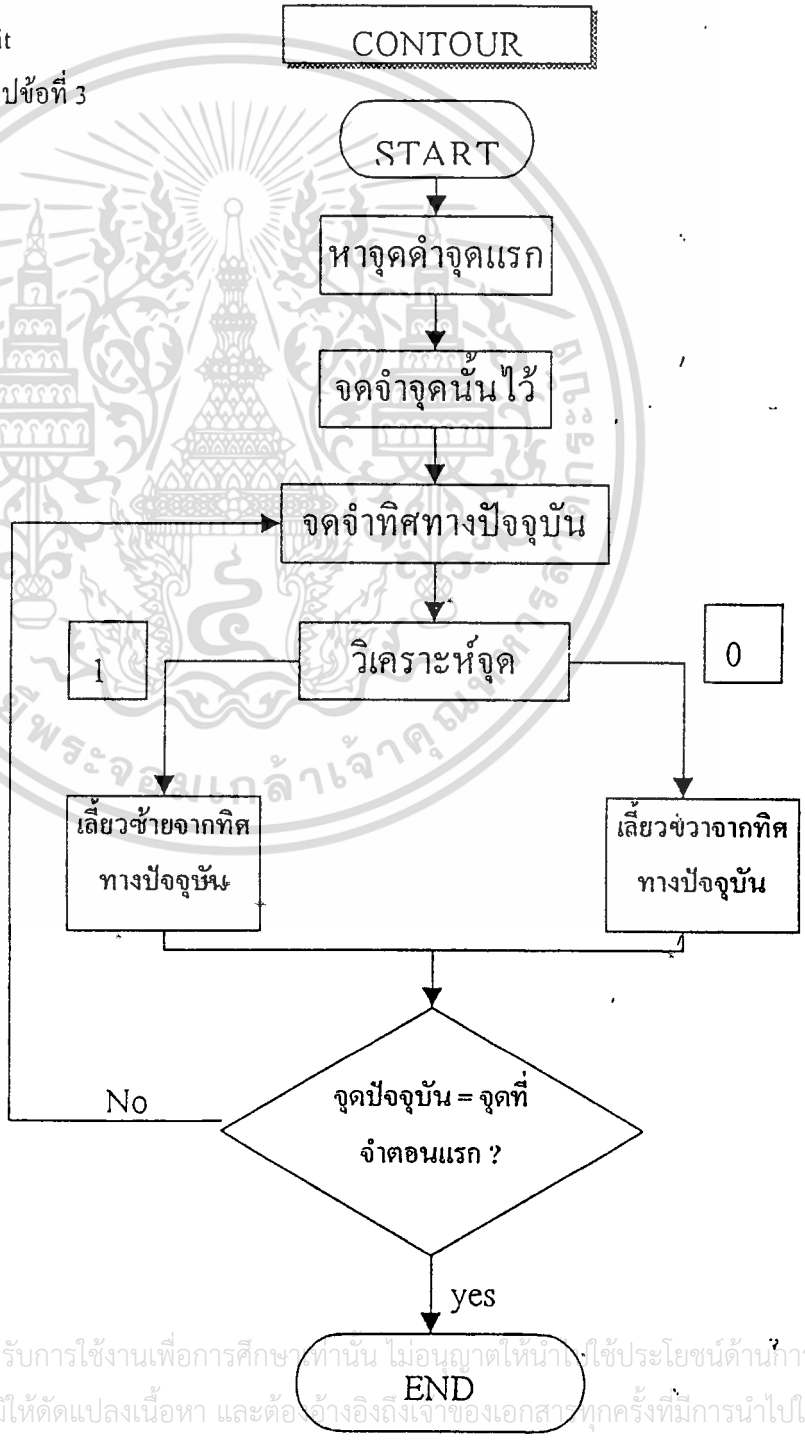
1. Contour
2. PQ Code
3. Get data ข้อมูลในรูป Concentrade Code 5 ค่า ป้อนสู่ Neuron Network
4. Forward หาค่า output
5. Show ค่า output ที่เป็นค่า ascii ที่ Neuron Network จดจำ
6. DelChar นั้นเป็นการลบตัวอักษรที่เราใช้เสร็จ แล้ว
7. Eof =?
   - ถ้าไม่ทำ Contour ต่อ
   - ถ้า Eof -> ทำต่อไป
8. Show time แสดงเวลาการทำงาน
9. end



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contour

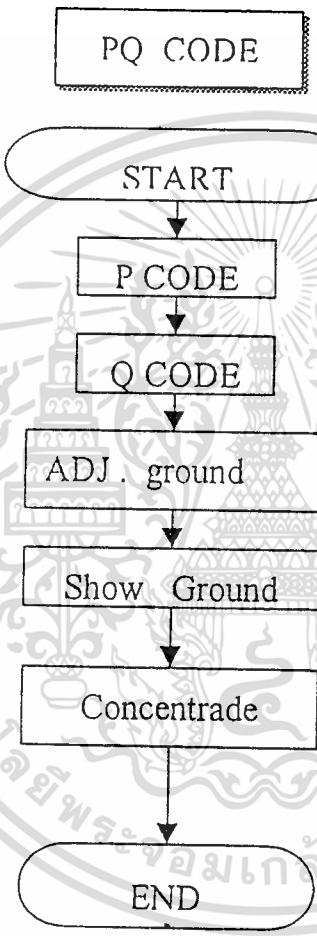
1. scan หาจุดดำจุดแรก
2. จดจำตำแหน่งจุดนั้นไว้ใน xold, yold
3. จดจำทิศทางปัจจุบันใน Direct
4. วิเคราะห์จุดปัจจุบัน เป็น 2 กรณี
   - จุดเป็น 0 เลี้ยวขวาจากทิศทางปัจจุบัน
   - จุดเป็น 1 เลี้ยวซ้ายจากทิศทางปัจจุบัน
5. วิเคราะตำแหน่งจุดใหม่ เก็บค่า xmax, ymax, xmin, ymin
6. จุดปัจจุบันเทียบกับ xold, yold
   - เท่ากัน -> exit
   - ไม่เท่ากัน -> ไปข้อที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PQ Code

1. แปลงส่วนที่เป็นตัวอักษร P Code
2. แปลงส่วนที่เป็นพื้นตัวอักษร Q Code
3. ปรับค่าพื้นตัวอักษร
4. แสดงส่วนต่างๆของตัวอักษรบนหน้าจอ
5. แปลงทั้ง P และ Q Code เป็นค่ารหัสรวม Concentrade Code



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Backpropagation

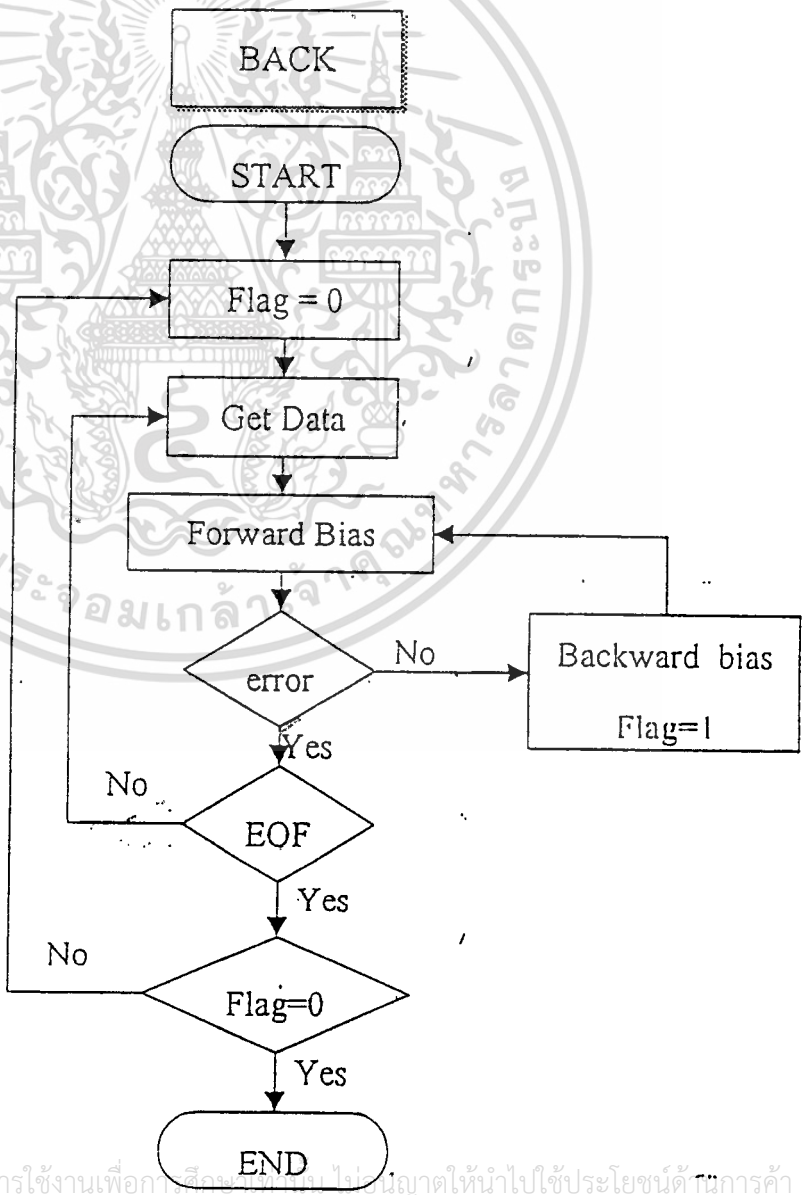
1. set weight
2. Flag = 0
3. Get data ออก มา
4. Forward เพื่อหาค่า output จากการคำนวณ
5. ตรวจสอบ error ของ output กับค่าที่ต้องการ

   ถ้าไม่ผ่านทำ Backward แล้ว forward ใหม่
6. ถ้าผ่านดูว่า Eof หรือไม่

   ถ้าไม่Eof ->กลับไปข้อ 3 get data ใหม่
7. ถ้า Eof checkค่า flag= 0?

   ถ้า flag = 0 ไปที่ 2.

   ถ้า flag = 0 -> End

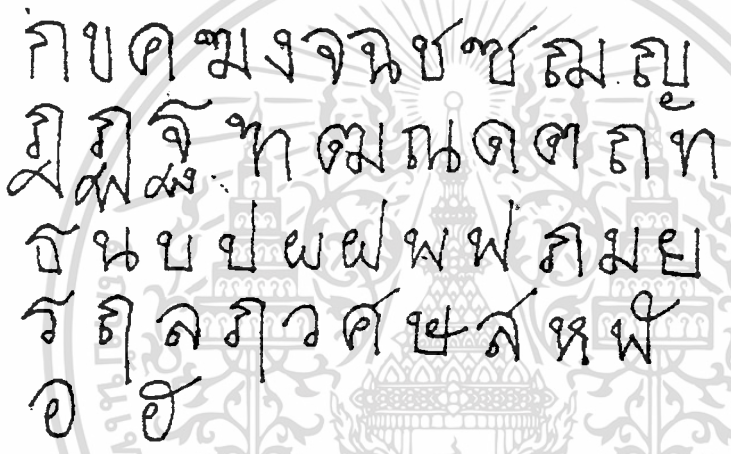


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลองโปรแกรม

6.1 P Q Code

การทดลองที่โปรแกรมการรู้จำอักษรนั้น เราใช้การวิเคราะห์รหัสตัวอักษร Concentrade Code และป้อนเข้าสู่การจดจำ โดยโครงข่าย Neuron Network โดยใช้ตัวอักษรภาษาไทย ตัว ก ไก่ ถึง ฮ นกฮูก จำนวน 44 ตัว ซึ่งเราใช้การจดจำค่า Concentrade Code ที่มีค่าความถี่สูงที่สุด จำนวน 5 ค่า เข้าไปจดจำในโครงข่าย Neuron ดังตัวอย่าง



รูปที่ 6-1 แสดงภาพอักษรที่ใช้ทดสอบ

ก	28684	34318	39438	34446	33294
ข	56332	53260	00539	33307	56849
ค	40718	34574	00835	29214	48910
ฆ	33499	00387	64524	61452	56332
ง	32793	05132	54284	39965	57369
จ	61452	12300	64524	15372	14348
ฉ	61452	28684	34397	00755	00707
ช	04486	08313	56332	46667	04494
ซ	04486	54284	08281	56332	00390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

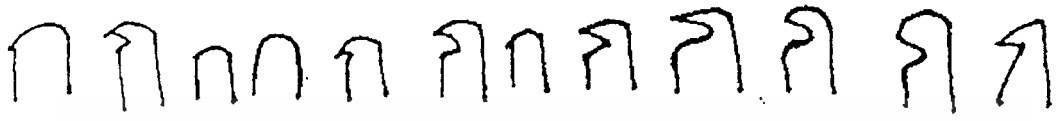
ฌ	41819	55038	50910	28684	32987
ญ	41819	50830	28684	56062	56974
ฎ	57465	57369	47805	42717	64398
ฏ	57465	42717	61565	57369	47837
ฐ	05766	61452	05638	12300	05894
ฑ	31756	46606	29708	28684	00211
ฒ	41819	65294	32270	55182	32607
ณ	41819	28684	63246	00499	32857
ด	39948	29214	00771	37022	42766
ต	46862	15372	48910	32286	29214
ถ	33422	34446	39678	28684	40670
ท	38414	38286	31756	34190	34318
ธ	05766	44573	61452	05894	05638
น	41947	00499	41563	56332	62990
บ	41499	56332	53260	41883	42523
ป	40985	41081	41883	41627	41499
ผ	08587	56347	49243	01414	08971
ฝ	08313	08217	08281	08603	13324
พ	09179	54670	46606	56332	53260
ฟ	08281	08313	46606	00089	09179
ภ	24601	40590	39566	33422	40846
ม	41691	49177	41947	00219	53373
ย	33307	38427	33691	53260	13324
ร	12300	11276	05766	00105	06022
ล	28684	32990	16270	61452	34014
ว	61452	37006	04108	12300	36876
ศ	04870	08281	48654	48910	00774
ษ	05510	00451	13979	32889	56332
ส	04870	08281	41049	04230	28684
ห	46734	56332	53260	48526	31756
ฬ	05510	57369	57433	09163	00963
อ	28684	61452	09806	15886	01998
ฮ	05766	04742	00646	15885	15949
ฤ	48140	41996	47116	48654	01607
ฦ	48140	47116	41996	42638	07180

ตารางที่ 6-1 ค่า Concentrade Code 5 ค่า เรียง ตั้งแต่ ก- ฮ,ฤ,ฦ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปต้นแบบสามารถเปลี่ยนเป็นค่ารหัส Concentrade Code ที่มีค่าสูงสุด 5 ค่าแรกดังตารางข้างต้น ซึ่งจะเห็นความแตกต่างของค่า Concentrade Code ซึ่งแต่ละอักษรจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปจนสามารถแยกความแตกต่างได้ออก

แต่ถึงแม้ว่า Concentrade Code จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างตัวอักษรแล้วนำส่วนที่มีลักษณะเด่นมาใช้ในการจดจำแต่อักษรตัวเดียวกันก็ใช่ว่าจะได้ Concentrade Code ในรูปแบบเดียวกันตลอด เช่นตัวอย่าง



รูปที่6-2 ตัวอักษร ก ไก่ 10 รูปแบบ

39438	34318	34446	33934	31837
39566	34446	39438	835	33422
34446	28684	34318	39438	37054
28684	34318	39438	34446	33294
40462	39438	34318	28684	33294
37518	33422	39566	28701	40590
34318	28684	30732	851	1550
37390	37006	33294	34318	28684
34318	37390	28684	33294	771
32910	33934	14	37006	1038
34318	28684	835	34446	33934
37390	33294	34318	835	29204

ตารางที่ 6-2 ค่า Concentrade Code 5 ค่า ของตัวอักษร ก ไก่

จากตารางที่ 6- 2 จะเห็นว่าตัวอักษร ก ไก่ยังมีค่า Concentrade Code ในรูปแบบต่างไม่ซ้ำกัน ซึ่งหมายความว่าถึงแม้ว่าเราจะเข้ารหัสของค่า Concentrade Code ก่อนจะจดจำตัวอักษรแต่เราก็ยังต้อง จดจำค่า Concentrade Code จำนวนมากเพียงเพื่อต้องการให้ผลการจดจำ มีค่าที่ถูกต้องมากที่สุด

แต่ถึงกระนั้นเองการเข้ารหัส Concentrade Code ก็ยังมีผลดีกว่าการที่ไม่ได้เข้ารหัสเลย เช่น

- เราไม่สนว่าตัวอักษรจะมีขนาดเท่าใด เพราะเรา ใช้การจดจำค่ารหัส Concentrade Code แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รหัส Concentrade Code จะมองในลักษณะเด่นของตัวอักษร ดังนั้นตัวอักษรตัวเดียวกันแต่มีขนาดต่างกันจะให้ค่ารหัสที่เท่ากัน แต่ถ้าไม่เข้ารหัส จะมองดูเหมือนคนละอักษร
- Concentrade Code มีความยืดหยุ่นและยอมให้มีความ Error ได้ระดับหนึ่ง แต่ถ้าไม่เข้ารหัสจะมองเป็นคนละตัวเมื่อเกิดการ Error

6.2 Training

ส่วนการจดจำค่า Concentrade Code นั้นเราใช้ วิธี Backpropagation มี 3 Layer

- input layer 80 node โดย 1 node / 1 bit (Concentrade Code 5 ค่า ค่าละ 16bit = 16 x 5 = 80 bit)
- output layer 50 node โดย 1 node แทน อักษร 1 ตัว
- hidden layer 10 , 30, 50 ,70 node ดังค่าในตารางที่ 6-3

hidden layer / เวลาในการ Training (นาที)	10 node	30 node	50 node	70 node
30 ตัว	56	44	55	1:10
50 ตัว	2:18	1:42	1:53	2:12
70 ตัว	5:15	2:49	2:55	3:28

ตารางที่ 6-3 ค่า hidden node ที่เหมาะสมในการ Training

จากตารางที่ 6-3 เราจะพบว่าค่า hidden layer มีผลต่อความเร็วในการ Training ด้วย ถ้าเราเพิ่มค่า hidden layer เข้าไปจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณมากขึ้น หรือ ถ้าลดจำนวน hidden layer ลงก็จะทำให้ต้องมีการปรับค่ามากขึ้นมาทดแทน ซึ่งในการทดลองเราจะให้ hidden layer เป็น 30 node

ต่อมาเราจะวิเคราะห์ค่าของ Error ที่เรายอมรับได้ ซึ่งในโปรแกรม กำหนดไว้ในช่วง ระหว่าง 10-99 ซึ่งปกติจะ setup ไว้ที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Error	เวลา Training อักษร 44 ตัว (นาที)	ความถูกต้องเมื่อตรวจสอบกับอักษรชุดเดิม
10	2:14	100%
20	1:40	100%
30	1:55	100%
50	1:22	100%
70	1:27	100%
90	1:11	75%

ตารางที่ 6-4 การทดลองค่า Error ที่ยอมรับได้

จากตารางที่ 6-4 จะพบว่า ค่า Error ที่ยอมรับได้อยู่ใน ระหว่าง 10- 70 และการที่มีค่า Error ที่ยอมรับได้สูงจะทำให้การ Training เร็วมากยิ่งขึ้น

จากการทดลองโครงข่าย Neuron ที่ผ่านมาพบว่า ค่า Hidden node และ ค่า Error นั้นควรจะเป็นค่า 30 และ 70 ตามลำดับ แต่การทดลอง Training อักษร 200 ตัว ในโครงข่ายที่มีค่า Error เป็น 70 เท่ากัน และมี Hidden layer เป็น 30 และ 70 ตามลำดับ ในตารางที่ 6-5

จำนวน Hidden Layer Node	ค่า error	อักษรที่จำ	เวลา
30	70	100	2:07
30	70	200	-
70	70	200	14:16

ตารางที่ 6-5 การTraining จำนวนอักษรที่มากขึ้น

พบว่าใน Hidden Layer จำนวน 30 Node สามารถ Training ตัวอักษร 100ตัวได้ แต่ไม่สามารถ Training ตัวอักษร 200 ตัว ได้ ในขณะเดียวกัน Hidden Layer ที่มีจำนวนมากกว่าคือ 70 Node กับ Training ได้สำเร็จ จึงอาจจะสรุปได้ว่า Hidden Layer 30 Node มีความสามารถในการจดจำอักษรได้เพียง 100 ลักษณะ ถ้าต้องการจดจำได้มากขึ้นต้องใช้การเพิ่มจำนวน Node เข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 Recognize

การ Recognize เราจะใช้แต่อักษรชุดใหม่ในการ Recognize เราจะไม่ใช้ตัวอักษรชุดเดิม ซึ่งทดสอบออกผลก็ถูกต้อง 100%

จำนวนตัวอักษรที่สอน	ทดสอบ	ถูก	%	เวลาในการทดสอบ
50	44	5	11	1:30
80	44	7	15	1:31
100	44	12	27	1:34
200	44	15	34	1:30

ตารางที่ 6-6 การทดสอบการ Recognize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลอง

การรู้จำตัวอักษรในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังสามารถพัฒนา ความสามารถของการรู้จำตัวอักษรไปได้อีก โดยการที่เรานำข้อดีของการเข้ารหัส ของ P Q CODE มาใช้ในการจดจำแทนการจำตัวอักษรนั้น ๆ โดยตรง และใช้การจดจำโดยใช้ Neuron Network ในการจดจำแทนการเก็บเป็น DataBase ซึ่งต้องเสียเวลาในการค้นหาข้อมูลซึ่งช้ากว่าการจดจำแบบใช้ Neuron Network แต่ซึ่งจากการทดลองในบทที่ 6 พบว่า การจดจำของ Neuron ขึ้นอยู่กับปริมาณของโหนดที่สามารถรองรับการจดจำได้ ซึ่งต้องไม่มากจนเกินไป (เสียเวลาในการคำนวณในแต่ละรอบเพิ่ม) หรือ น้อยจนเกินไป (ทำให้ต้องเพิ่มรอบในการปรับค่า Weight) รวมทั้งค่า Error ที่ต้องการต้องไม่มากเกินความจำเป็น หรือน้อยจนทำให้เกิดการผิดพลาด อันที่จริงแล้วโปรแกรมนี้สามารถทำงานได้ถูกต้อง มากกว่านี้ได้ถ้ามีการสอนจำนวนตัวอักษรในโครงข่ายมากกว่านี้ แต่เนื่องจากหน่วยความจำ และความเร็วของเครื่องที่ใช้ทดสอบ อีกทั้งระยะเวลาที่ทำการทดสอบ โปรแกรมมีเวลาไม่มาก จึงทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องน้อย ไม่สามารถสอน Neuron ให้จดจำตัวอักษรเป็นจำนวนมาก ซึ่งต้องใช้เวลามากขึ้นด้วยได้ จากการทดลองทั้งหมดสามารถบอกได้ว่า การเพิ่มจำนวนโหนด ;การสอนตัวอักษรจำนวนมาก และการตั้งค่า Error ที่ต่ำจะทำให้การ Recognize ถูกต้องมาก แต่จะเสียเวลา Training

ข้อเสนอแนะ

1. ควรหาค่าที่เป็นกลางที่สุด ในการ Training เพื่อลดการป้อนข้อมูลมากเกินไป
2. ควรเพิ่มจำนวน โหนดเพื่อที่จะสามารถจำข้อมูลจำนวนมากได้
3. ควรใช้ Computer ที่มีความเร็วสูงในการ Training
4. ควรนำทฤษฎีอื่นที่สามารถช่วยในการ Training ให้เร็วขึ้นได้มาช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สมศักดิ์ วลัยรัชต์, "การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร", วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,ปีการศึกษา 2536

2. ชาย เกษมอมรกุล, "การออกแบบพจนานุกรม สำหรับการเรียนรู้อักษรคัดลายมือไทย-อังกฤษ อัตโนมัติบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์" วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,ปีการศึกษา 2532

3. ABHIJIT S. PANDYA,ROBERT B. MACY, "Pattern Recognition with Neural Networks in C++" Florida Atlantic University, Florida , 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

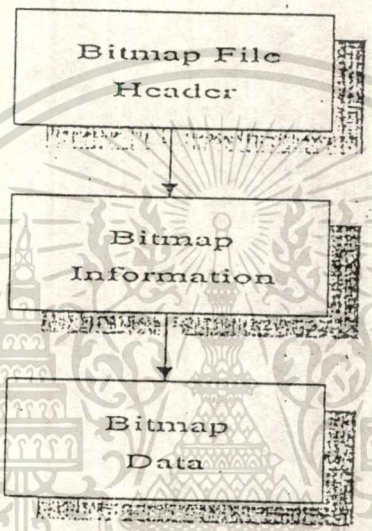
ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชม กิ้มปาน ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือ
ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาจนสำเร็จด้วยดี
ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ขอบคุณพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โครงสร้างของ Bitmap File

ภาพ Bitmap จะมีการเก็บตามขนาดของสี ถ้าสีมากจะทำให้ภาพที่จัดเก็บมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย ภาพ Bitmap จะประกอบไปด้วยส่วนระบุชนิดภาพ , ส่วนข้อมูลของภาพ , ขนาด , สี , อื่น ๆ และส่วนสุดท้ายจะเป็นจุดภาพที่นำมาแสดงผล



รูปที่ 1 โครงสร้างภาพ 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 use	Must be zero
11 - 14	Byte offset to bitmap data	Offset from the Bitmap File Header (i.e., the start of the file)

ตารางที่ 1 Bitmap File Header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bitmap Information

Byte #	Data	Details
1 - 4	Number of byte in header	ขนาดของส่วนหัว 40 byte
5 - 8	Width of Bitmap	ความกว้างของภาพ (pixel)
9 - 12	Height of bitmap	ความสูงของภาพ (pixel)
13 - 14	Number of color planes	ต้องเท่ากับ 1
15 - 16	Number of bit per pixel	ส่วนที่บอกสีของภาพ 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

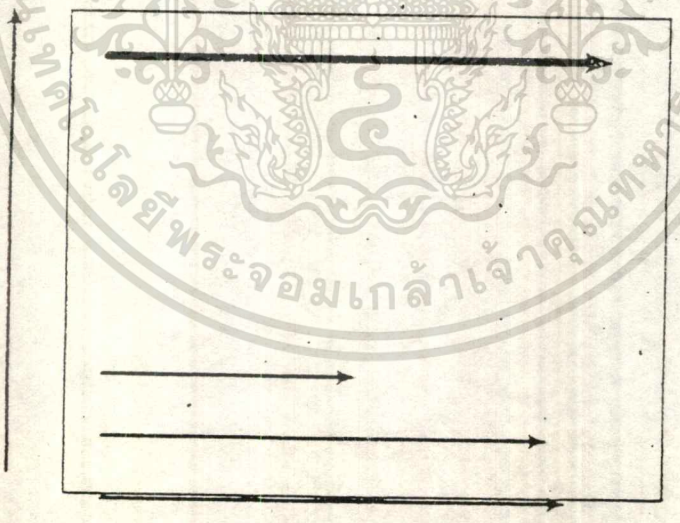
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bitmap Data

Byte #	Data	Details
41	Blue color value	ค่าสีน้ำเงินของภาพ
42	Green color value	ค่าสีเขียวของภาพ
43	Red color value	ค่าสีแดงของภาพ
44	Reserved for future use	ต้องเป็น 0
...	..... Remaining color palette entries	บอกค่าสีต่างๆ 4 bit เหมือนกันไปจนหมดภาพ

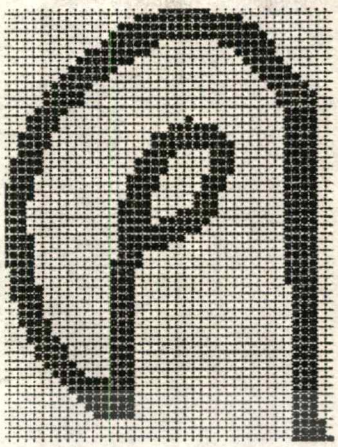
ตารางที่ 3 Bitmap Data

การเก็บภาพ Bmp จะเก็บจากมุมล่างซ้าย ไปขวา และไล่ไปจนถึงบนสุด

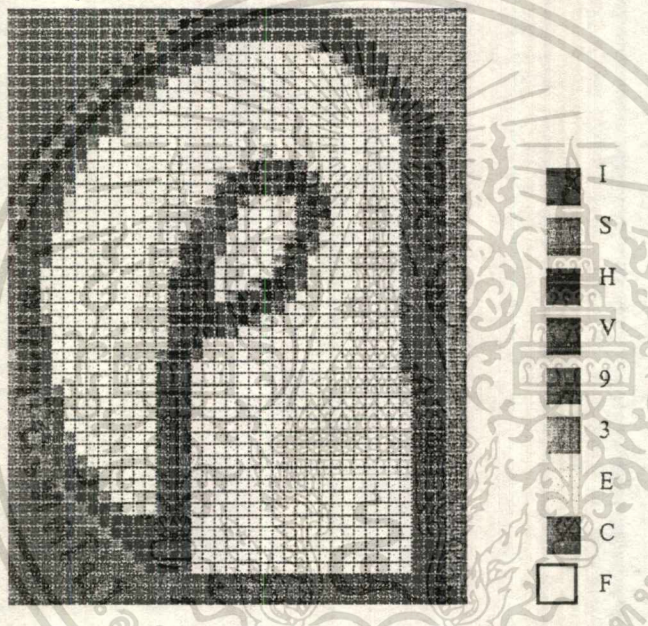


รูปที่ 2 แสดงการเก็บภาพของ Bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ตัวอย่าง BIT MAP ของ ตัวอักษร "ค"



รูปที่ 4 ตัวอย่าง PQ CODE ของ ตัวอักษร "ค"

40718 34574 00835 29214 48910

ตัวอย่าง CONCENTRADE CODE 5 ค่า ของ ตัวอักษร " ค "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

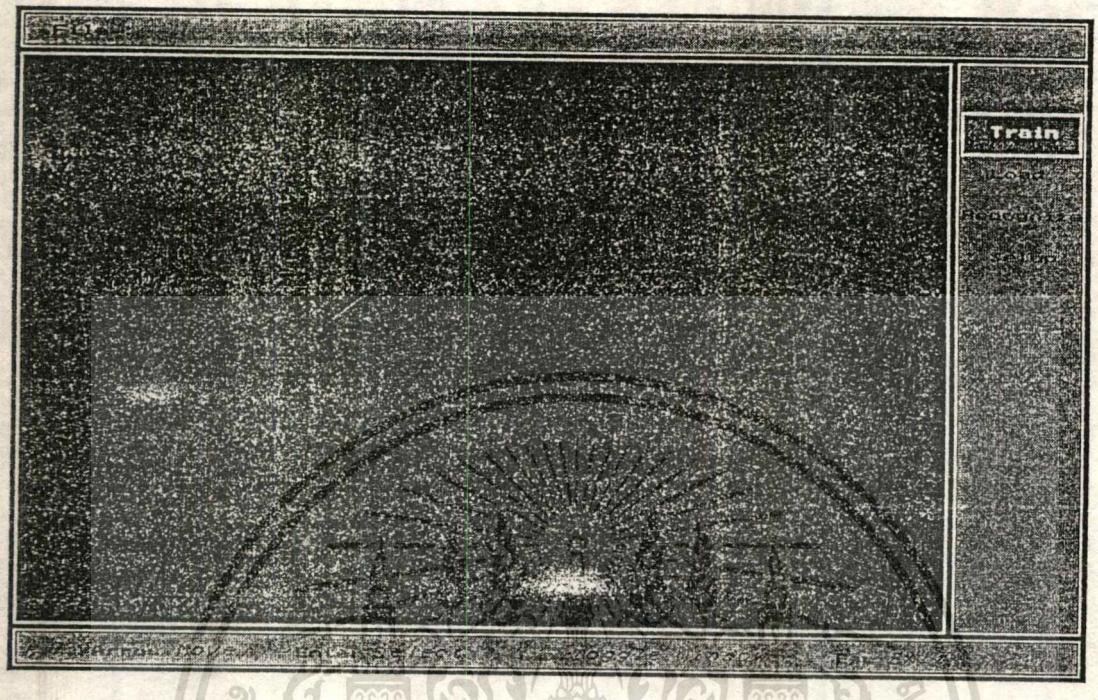
ส่วนประกอบของโปรแกรม

1. ocr.exe
2. egavga.bgi
3. thai.fnt
4. file รูปภาพบิพแมบ

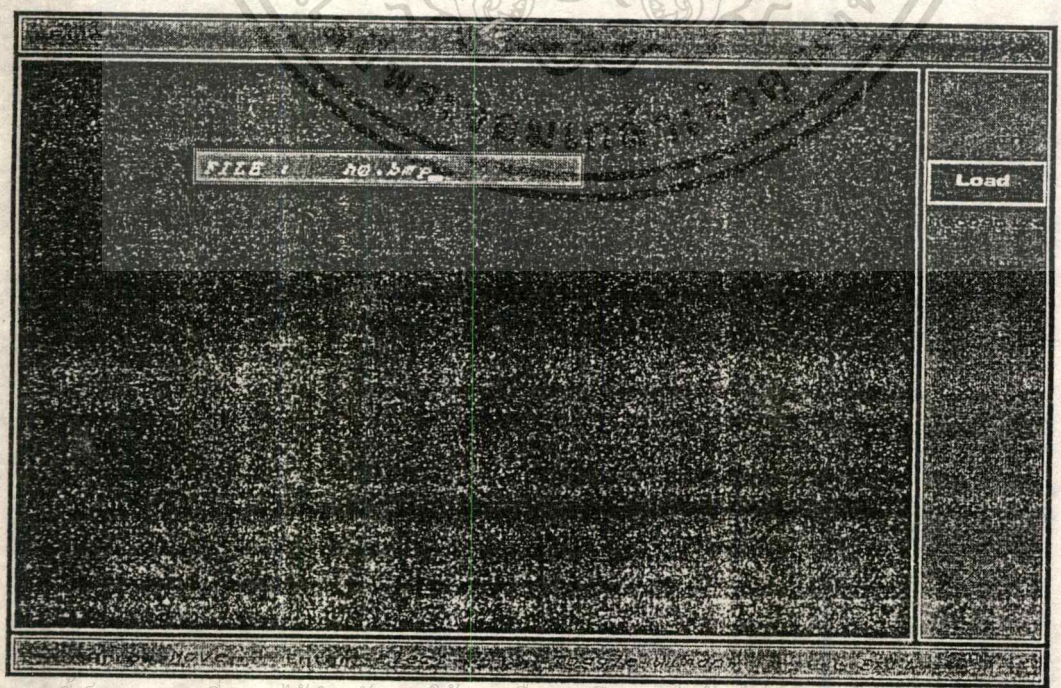
โดยเก็บทุก file ไว้ใน Diretory เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน้าจอตอนเริ่มต้น ด้านบนใช้แสดงชื่อ File , ด้านล่างเป็น Key ที่ใช้ในการทำงาน , ด้านขวาเป็นคำสั่งต่างๆ , กรอบใหญ่ใช้แสดงภาพ

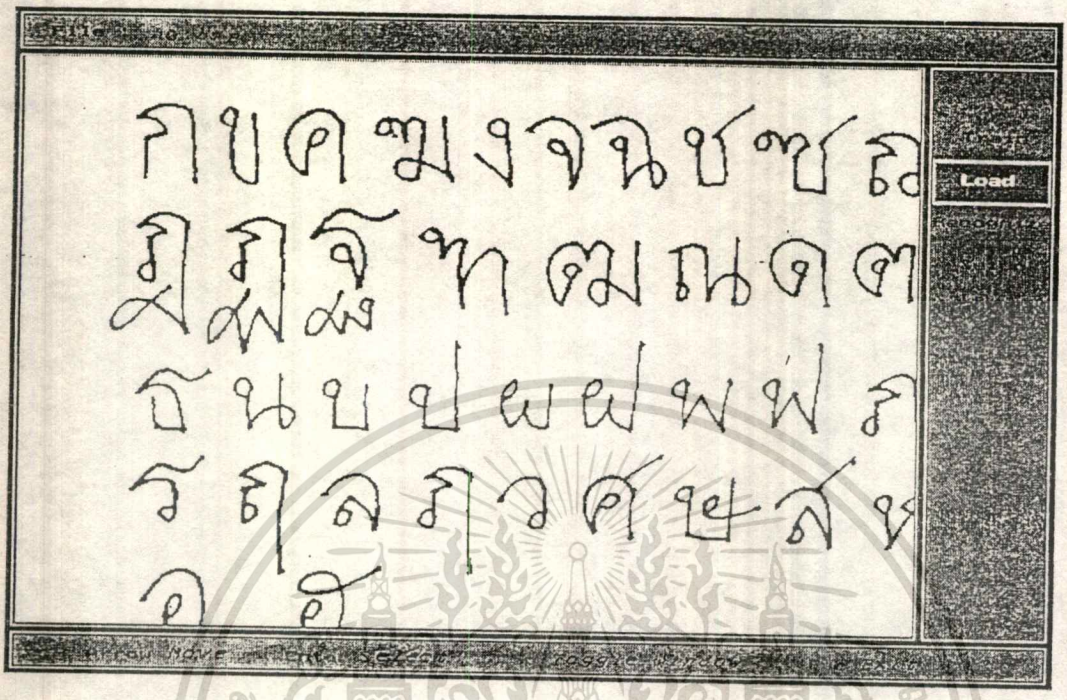


2. ขั้นตอนการ Load file จุด BMP โดยการป้อนชื่อ file

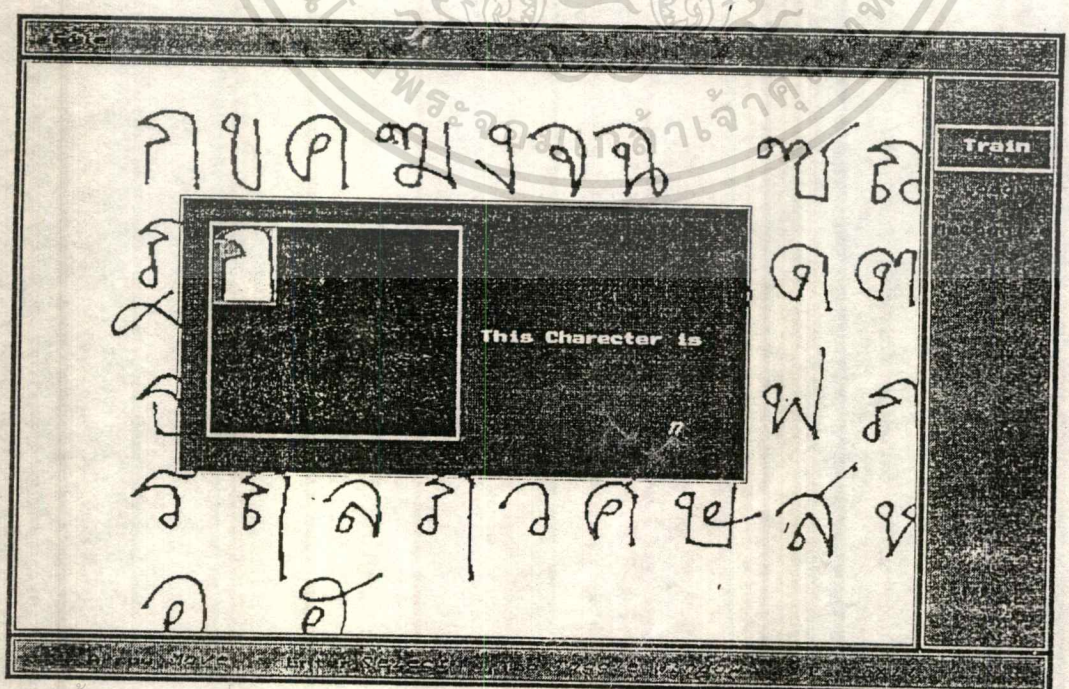


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Load file เป็นผลสำเร็จ จะเป็นดังรูป แต่ถ้า file นั้นไม่เป็นชุด BMP แบบ Grayscale จะเกิดการ Error และจะไม่มีการ Load file ภาพขึ้นมา

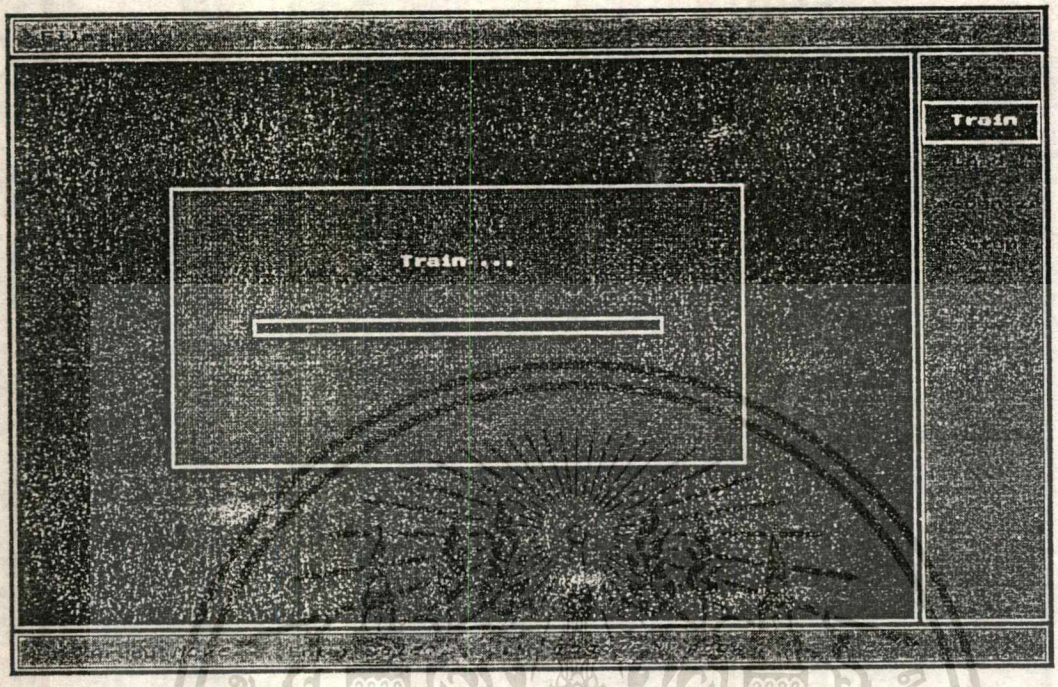


4. เริ่มต้นการ Train ป้อนตัวอักษรที่ถูกต้อง เพื่อให้ตัวโปรแกรมจดจำ

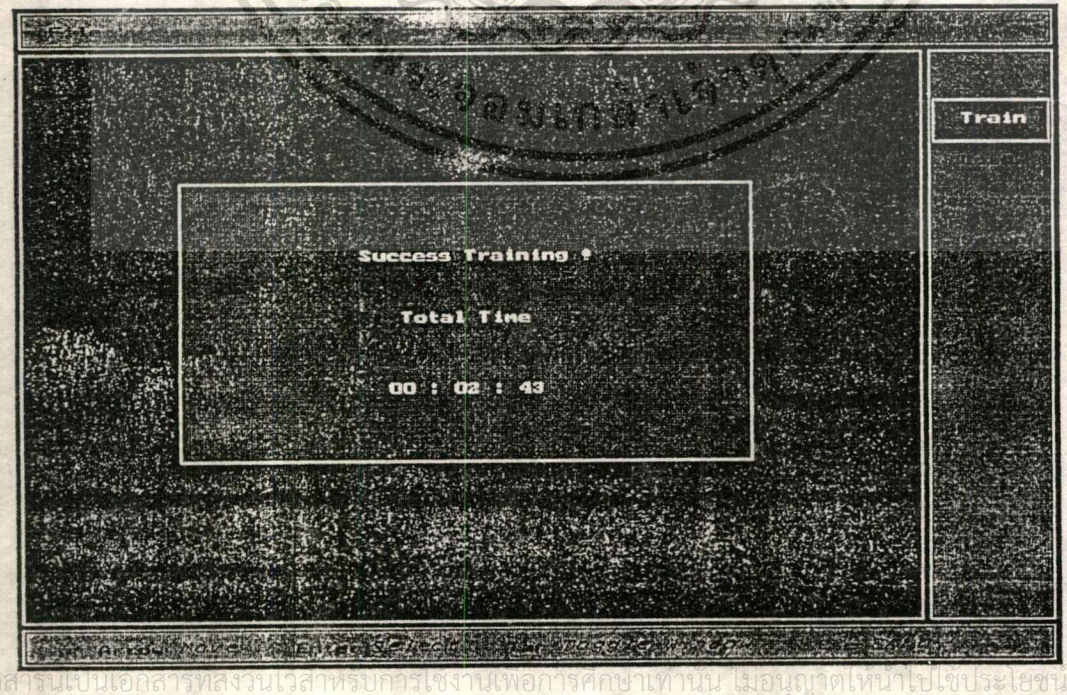


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อป้อนข้อมูลที่ถูกต้องเรียบร้อย ใช้เวลาในการ Train ใน Neuron Network แบบ Backpropogation

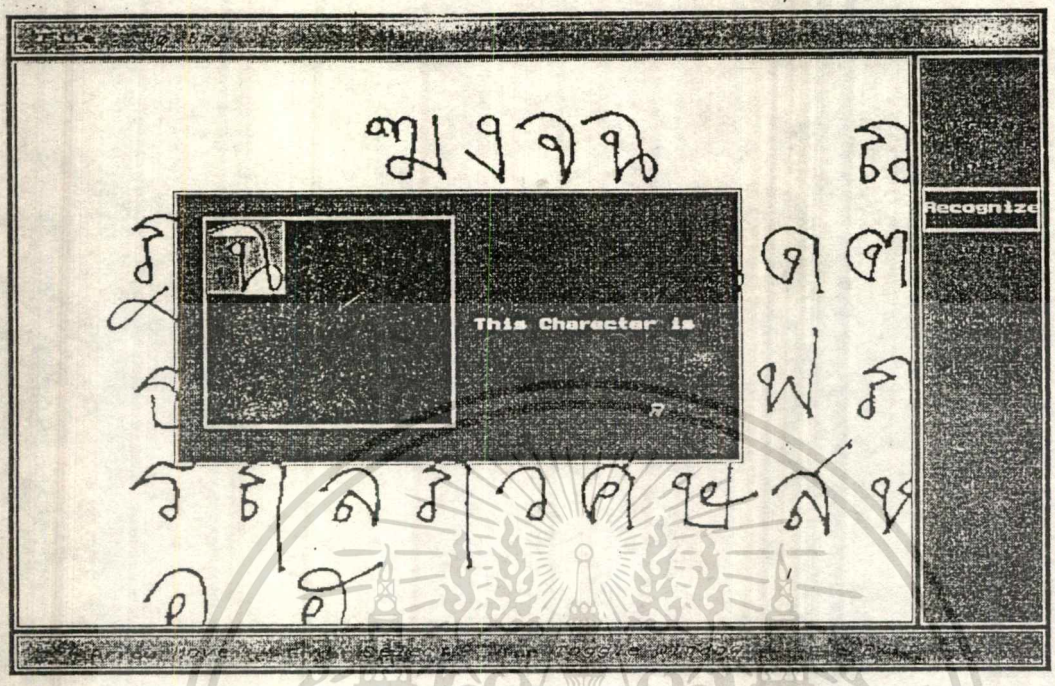


6. เมื่อ Train เสร็จจะแสดงผลเวลาที่ใช้ใน การ Train ทั้งหมด

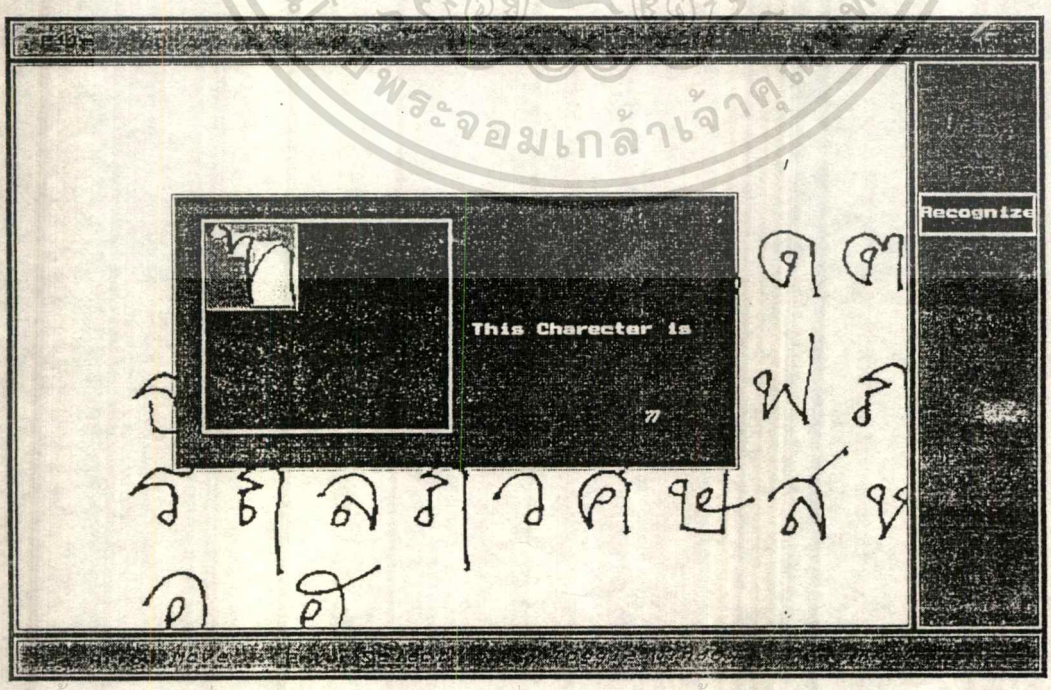


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การ Recognize อักษรที่ละตัว โดยป้อน ค่าที่ได้เข้าสู่ Neuron network เพื่อหาค่ารหัส Ascii

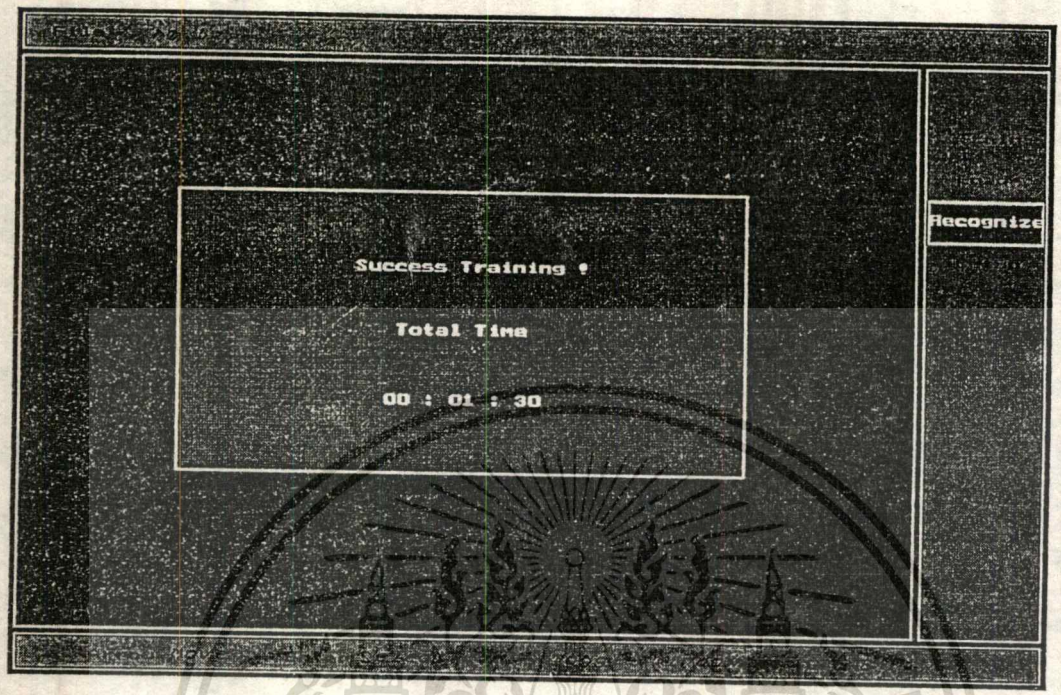


8. การ Recognize จะทำต่อไปจนสิ้นสุด file และทุกครั้งที่ Recognize ตัวอักษรตัวที่ถูก Recognize จะถูกลบออกไป

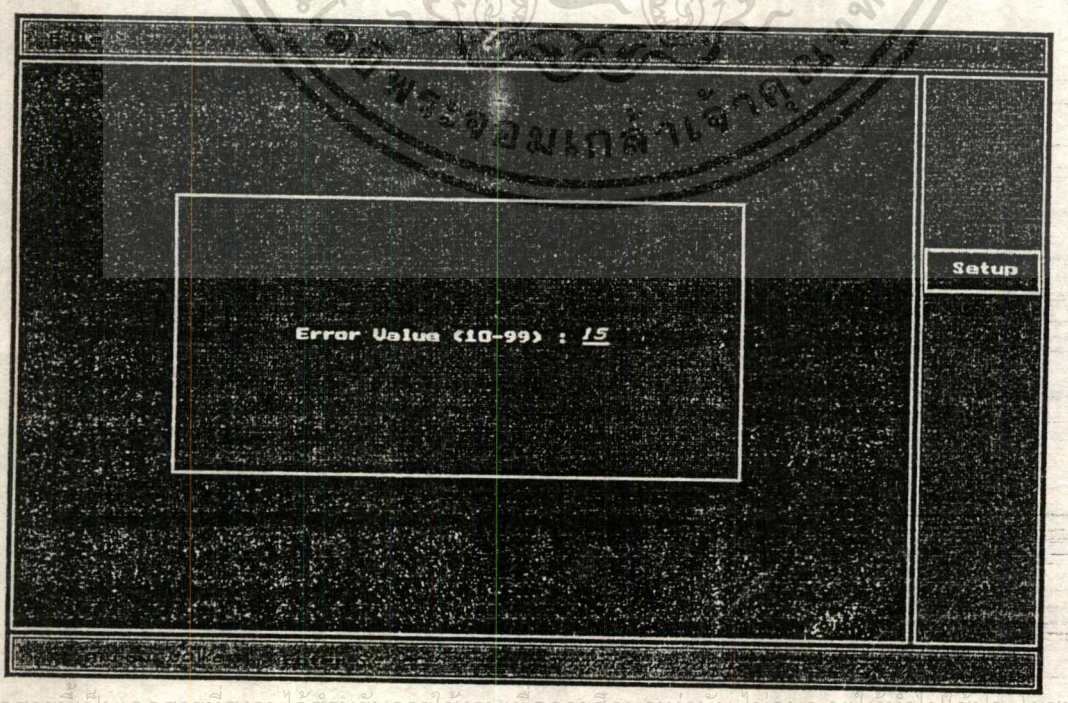


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ใช้เวลาทั้งสิ้นในการ Recognize เมื่ออักษรทุกตัวถูก Recognize ครบ



10. ตั้งค่า error ที่ ยอมรับได้ ถ้าตั้งค่ามาก จะทำให้ลดเวลาในการ Train ลง แต่ความถูกต้องก็จะมีมากขึ้น ปกติโปรแกรมจะตั้งไว้ที่ 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตัวโปรแกรมการรู้จำตัวอักษร

```
#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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define F1   15104
#define F2   15360
#define F3   15616
#define F4   15872
#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         8
#define Yb         37
#define Xn         552
#define Yn         441
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const    innode   =80;
const    hidenode=30;
const    outnode  =50;
float    error    =10;

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];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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
int  XMAX,YMAX;

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

float indata[innode],hiddata[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 topbox();
void downbox();
void sidebox();

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);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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 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();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                          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();

 board(0,0,XMAX,YMAX,BLACK,WHITE);
 box(5,35,XMAX-85,YMAX-35,LIGHTGREEN);
 topbox();
 downbox();
 sidebox();
}

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);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    linc(x1,y1,x1,y2);   linc(x1,y2,x2,y2);
    setfillstyle(1,color1);
    bar(x1+2,y1+2,x2-2,y2-2);
  }

  void topbox()
  {
    board(5,5,XMAX-5,30,GREEN,LIGHTGREEN);
    setcolor(BLUE);
    outtextxy(15,15,menu1);
    showTfont(80,8,RED,fname);
  }

  void downbox()
  {
    board(5,YMAX-30,XMAX-5,YMAX-5,GREEN,LIGHTGREEN);
    setcolor(MAGENTA);
    outtextxy(50,YMAX-19,"Arrow");
    outtextxy(170,YMAX-19,"Enter");
    outtextxy(300,YMAX-19,"Tap");
    outtextxy(490,YMAX-19,"Esc");
    showTfont(70,YMAX-28,1,menu2);
  }

  void sidebox()
  {
    board(XMAX-80,35,XMAX-5,YMAX-35,GREEN,LIGHTGREEN);
    setcolor(RED);
    outtextxy(XMAX-60,80,"Train");
    outtextxy(XMAX-60,110,"Load");
    outtextxy(XMAX-77,140,"Recognize");
    outtextxy(XMAX-60,170,"Setup");
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                          THAI FONT
/////       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 readfont(void)
{
  FILE *fontfile;
  int x,y;
  unsigned char ch;

  fontfile = fopen("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);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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);
 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:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

    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);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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);
}

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!=ั)&&(ch!=ิ)&&(ch!=ี)&&(ch!=ึ)&&(ch!=ื)&&(ch!=ุ)
    &&(ch!=ู)&&(ch!=ิ)&&(ch!=ๅ)&&(ch!=ั)&&(ch!=ั)&&(ch!=็)
    &&(ch!=่)) 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);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

 for(i=0;i<strlen(string);i++)
 {
  ch = (int)(string[i])|0xff00;
  if((ch!=0xe31)&&(ch!=0xe34)&&(ch!=0xe35)&&(ch!=0xe36)&&(ch!=0xe37)&&(ch!=0xe38)
   &&(ch!=0xe39)&&(ch!=0xe3a)&&(ch!=0xe47)&&(ch!=0xe48)&&(ch!=0xe49)&&(ch!=0xe4a)
   &&(ch!=0xe4b)&&(ch!=0xe4c))     length++;
 }
 return(length);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////
 /////
 /////                          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);
            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);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            break;
    case 0: show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
            topbox();
            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;
 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)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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)0x0fc;
   }

  ++width;
  return(0);
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void show_image(int lft,int up,int rght,int dw,int color,int back)
{
 int x,y,ymax,xmax,l;
 board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
 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);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
////
////                          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));
    }
}

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
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        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();
     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;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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;
    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';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      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');
      }
     }
  }

  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);}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

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);
    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[100][2];          //concentrade code 50 value
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 for (int i=0;i<2;i++)
  for (int j=0;j<100;j++) con_code[j][i]=0;   //set concentrade code

 find_con_code(con_code);

 unsigned int tcode[5];

 for (int b=0; b<5;b++)                      //sort 5 value con_code
  {int index,temp=0;
   for (int a=0;a<100;a++)
    if (con_code[a][1]>temp) {temp=con_code[a][1]; index=a;}
   tcode[b]=con_code[index][0];
   con_code[index][1]=0;
  }

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

void find_con_code(unsigned int con_code[100][2])
{for (int i=0;i<150;i++)                     //concctrade 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;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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))
         {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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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;}
if (p5=='0') {arr16[12]=0; arr16[13]=0; arr16[14]=0; arr16[15]=0;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    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<100;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<100;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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                              TRAIN
/////            void train()
/////            void savc_codc(char ch)
/////            void backpropagation()
/////            void set_weight()
/////            void showtimc(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') savc_codc(ch);
              clsc {setcolor(BLUE); bar(370,YMAX-230,422,YMAX-170);
                    setcolor(WHITE);}
           } clse {c='\r';}
        }while(c!='\r');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        delchar();
        if (((xmaxc-xminc)>10)&((ymaxc-yminc)>10))
            show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,BLACK,WHITE);
       }
     }
    board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
    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(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
}

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

fp = fopen("code.txt","a+");
ch=ch-160;
as[32]=10;
as[31]=ch%10+48;
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++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            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);

        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--;}}

        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++)
     {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;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
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;
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));
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
 }

 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++)
  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]);
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////////
/////
/////                          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 (codc[x2]%2==0) indata[x3]=0; else indata[x3]=1;
                    code[x2]=codc[x2]/2;
                    x3--;}

           forward();

           float ch=0;
           int indcx;
           for (x3=0; x3<outnodc; x3++)
            if (outdata[x3]>ch) {ch=outdata[x3]; indcx=x3;}

           indcx=indcx+160;
           int x=400,y=YMAX-200;
           for(int j=0;j<20;j++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            {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(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
 showtime(time);
 getche();
 board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
board(5,35,XMAX-85,YMAX-35,BLACK,LIGHTGREEN);
}

void operation(unsigned status,unsigned flag)
{if (status>7) {sidebox();
                show_image(StartpicX,StartpicY,MaxpicX,MaxpicY,WHITE,BLACK);
                box(5,35,XMAX-85,YMAX-35,WHITE);}

 else {box(5,35,XMAX-85,YMAX-35,LIGHTGREEN);
       sidebox();
       box(XMAX-80,35,XMAX-5,YMAX-35,WHITE);
       if (status==0){board(XMAX-78,70,XMAX-7,100,RED,WHITE);
                      setcolor(15);
                      outtextxy(XMAX-60,80,"Train");}
       if (status==1){board(XMAX-78,100,XMAX-7,130,RED,WHITE);
                      setcolor(15);
                      outtextxy(XMAX-60,110,"Load");}
       if (status==2){board(XMAX-78,130,XMAX-7,160,RED,WHITE);
                      setcolor(15);
                      outtextxy(XMAX-77,140,"Recognize");}
       if (status==3){board(XMAX-78,160,XMAX-7,190,RED,WHITE);
                      setcolor(15);
                      outtextxy(XMAX-60,170,"Setup");}
       if (flag==1)  {if (status==0) train();
                      if (status==1) load();
                      if (status==2) recognize();
                      if (status==3) set();}
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

 randomize();
 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 UP    : if ((status>0)&&(status<7)) status--;
                if (status > 7) StartpicY=StartpicY+5;
                break;
   case DOWN  : if (status<3) status++;
                if (status>7) StartpicY=StartpicY-5;
                break;
   case LEFT  : if (status>7) StartpicX=StartpicX-5;
                break;
   case RIGHT : if (status>7) StartpicX=StartpicX+5;
                break;
   case ENTER : flag=1; break;
  }
 if (ch!=ESC) operation(status,flag);
 }while (ch!=ESC);
closegraph();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้