สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบจดจำทะเบียนรถยนต์

License plate Recognition System

โดย

นาย ประสิทธิ์ อิ่มธนาวณิช เลขประจำตัว 40010440

นาย พสุธา ชิตวรากร เลขประจำตัว 40010498

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว (อาจารย์ที่ปรึกษา)

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42726
วัน, เดือน, ปี.....7 มิ.ย. 2545

.b.....
.i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา Electronics Circuit Application

ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง ระบบจดจำทะเบียนรถยนต์

Carplate Recognition System

จัดทำโดย นาย ประสิทธิ์ อิ่มธนาวณิช 40010440

นาย พสุธา ชิตวรากร 40010498

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ยุทธนา คิดใจเดียว (อาจารย์ที่ปรึกษา)

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ยุทธนา คิดใจเดียว (อาจารย์ที่ปรึกษา)

วันที่ 18/3/44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carplate Recognition System

Mr.Prasit Imtanavanich

Mr.Patsuta Chitvarakorn

Dr.Yuttana Kidjaideaw (Adviser)

1st semester , Educational Year 2000

ABSTRACT

This report concerns about principle and theory for using weightless neural network and including the detail of designing the "License plate Recognition System" program which consist of Digital image processing , Binarization , Segmentation and using weightless neural network to classify the character of the license plate. We also test the program and conclude the result of the test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจดจำทะเบียนรถยนต์

นาย ประสิทธิ์ อิ่มธนาวณิช 40010440
นาย พสุธา ชิตวรากร 40010498
อ. ยุทธนา คิดใจเดียว (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในรายงานฉบับนี้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงข่ายประสาทเทียมชนิดไร้น้ำหนัก (Weightless Neural Network) และได้กล่าวถึงรายละเอียดของโครงงานที่ได้ทำ นั่นคือ โปรแกรมแยกแยะและรู้จำเลขทะเบียนรถยนต์ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของการประมวลผลภาพ การสร้างภาพไบนารี่ การแยกวัตถุออกจากภาพ และการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการรู้จำตัวเลขและตัวอักษรเป็นขั้นตอนสุดท้าย รวมทั้งการทดลองและสรุปวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
Abstract	I
บทคัดย่อ	II
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.3 การประยุกต์ใช้งานของระบบจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์	2
บทที่ 2 การประผลภาพ	3
2.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)	3
2.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล	3
2.2 การสร้างภาพไบนารี่	3
2.3 การแยกวัตถุจากภาพ (Segmentation)	6
2.3.1 การแยกภาพด้วยการพิจารณาการต่อเนื่องของข้อมูล	6
2.3.2 การแยกภาพด้วยวิธี Region labeling	7
บทที่ 3 โครงข่ายประสาทเทียม	9
3.1 โครงข่ายประสาทชีวภาพ	9
3.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)	10
3.2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว	12
3.2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	13
3.3.3 การฝึกสอนให้กับโครงข่าย	14
3.3 Weightless Neural Network	16
3.3.1 The General Neural Unit (GNU)	18
3.3.2 การทำงานของ GNUs	20
บทที่ 4 หลักการทำงานของโปรแกรม	22
4.1 โครงสร้างของระบบจดจำทะเบียนรถยนต์	22
4.2 การทำงานของโปรแกรมการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม	22
4.2.1 ข้อมูลต้นแบบ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.2.2 การทำงาน 23

4.2.3 การออปติไมซ์ (Optimization) 23

4.3 การทำงานของโปรแกรมหลัก 25

บทที่ 5 ผลการทดลอง 33

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 37

ภาคผนวก 38

กิตติกรรมประกาศ 39

หนังสืออ้างอิง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 1

รูปที่ 2.1 แสดงการเลือกค่าเทรชโฮลสูงเกินไป 5

รูปที่ 2.2 แสดงการเลือกค่าเทรชโฮลสูงต่ำเกินไป 6

รูปที่ 2.3 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการแยกตัวอักษรแต่ละตัว 8

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างเซลล์ประสาทชีวภาพ 9

รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของนิวรอล 1 หน่วย 10

รูปที่ 3.3 ซิกมอยด์ฟังก์ชั่น 11

รูปที่ 3.4 hyperbolic tangent function 12

รูปที่ 3.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว 12

รูปที่ 3.6 Linear Separable (สามารถแบ่งได้เชิงเส้น) 13

รูปที่ 3.7 Non Linear Separable (ไม่สามารถแบ่งได้เชิงเส้น) 13

รูปที่ 3.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น 14

รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมของ Backpropagation Neural Network แบบ 2 ชั้น 15

รูปที่ 3.10 (a) RAMS-based neuron (B) 4 RAMs discriminator with 3 inputs each 17

ตารางที่ 3.1 Main parameters of GNU 19

รูปที่ 3.11 A schematic of a basic GNU 19

รูปที่ 4.1 ข้อมูลตัวเลขที่ไม่มีสิ่งรบกวน 23

รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการพิจารณาจุด A และจุด B 24

รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการออปติไมซ์ 24

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างฐานข้อมูล 25

รูปที่ 4.5 ภาพที่ผ่านการแปลงเป็นภาพขาว-ดำ 26

รูปที่ 4.6 ภาพที่ผ่านการลบส่วนที่ไม่น่าจะเป็นเลขทะเบียนออก 26

รูปที่ 4.7 แสดงการหาขอบเขตของกลุ่มพิกเซลที่มีสีดำ 27

รูปที่ 4.8 การกำหนดขอบเขตการหาเลขทะเบียน 27

รูปที่ 4.9 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานโปรแกรมส่วนของนิวรอล 28

รูปที่ 4.10 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างโปรแกรม 30
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างโปรแกรมขณะรับอินพุทจากไฟล์ภาพ 31
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างโปรแกรมขณะทำงาน 32
รูปที่ 5.1 การเก็บค่าต่างๆลงในตาราง 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน รถยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้เป็นการไม่สะดวกและสิ้นเปลืองบุคลากร ในการบันทึกข้อมูลทะเบียนรถยนต์เหล่านั้นในงานต่างๆ เช่น การเก็บค่าผ่านทางด่วน การให้เช่าที่สถานที่จอดรถ เป็นต้น จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบจดจำทะเบียนรถยนต์โดยอัตโนมัติขึ้น โดยใช้หลักการเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในลักษณะของรูปภาพ (Image Data) ให้อยู่ในรูปของการจัดเก็บข้อมูลแบบตัวหนังสือ (Text File) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้กับระบบฐานข้อมูล (Database) หรือประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ได้ โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นหลักสำคัญในการออบแบบระบบ

1.1วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพ
- เพื่อศึกษาการจดจำรูปแบบ
- เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานด้วยเดลไฟ

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

ระบบจดจำทะเบียนรถยนต์ที่นำเสนอนี้ จะนำข้อมูลภาพของทะเบียนรถยนต์เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการหาตำแหน่งของหมายเลขทะเบียนรถยนต์โดยอาศัยขั้นตอนการประมวลผลภาพ เช่น การจำกัดสัญญาณรบกวน การทำไบนาไรเซชั่น (Image Binarization) การจำแนกภาพ (Image Segmentation) แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบของหมายเลขทะเบียนรถยนต์ เป็นการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้ (Recognition)

รายงานฉบับนี้ ได้เสนอวิธีการแยกหมายเลขทะเบียนรถยนต์จากข้อมูลภาพเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับขั้นตอนการจดจำรูปแบบ โดยนำข้อมูลภาพด้านหน้าของรถยนต์ที่มีการเก็บข้อมูลแบบบิตแมป มาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ เพื่อแยกเฉพาะส่วนของเลขทะเบียนออกจากข้อมูลภาพทั้งหมด โดยมีขั้นตอนต่างๆดังรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากผ่านขั้นตอนของการแยกหมายเลขทะเบียนรถยนต์แล้ว ข้อมูลภาพของหมายเลขทะเบียนรถยนต์จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลและให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าของตัวเลขหรืออักษร ในรายงานฉบับนี้ได้เสนอวิธีการจดจำตัวอักษรโดยใช้หลักการของทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ด้วยวิธี ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานดังจะอธิบายต่อไป

1.3 การประยุกต์ใช้งานของระบบจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์

- **ระบบเก็บค่าใช้บริการทางด่วน**

ระบบจดจำเลขทะเบียนรถยนต์สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับฐานข้อมูลของระบบเก็บค่าใช้บริการทางด่วน โดยเจ้าของรถยนต์จะมีบัญชีเพื่อหักค่าบริการทางด่วน เมื่อรถยนต์ผ่านเข้าไปใช้บริการทางด่วน ระบบจดจำเลขทะเบียนรถยนต์จะประมวลผลเพื่อระบุหมายเลขทะเบียนรถยนต์ แล้วจัดการกับข้อมูลของรถยนต์คันนั้นในฐานข้อมูล เช่น การหักบัญชีค่าบริการทางด่วนจากเจ้าของรถยนต์โดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานเก็บค่าทางด่วนและเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้บริการทางด่วน

- **ระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์**

ในสถานที่ที่ความเสี่ยงต่อการโจรกรรมรถยนต์ เช่น ในศูนย์การค้า สามารถใช้ระบบจดจำเลขทะเบียนรถยนต์ เพื่อตรวจเช็คการเข้าออกของรถยนต์ โดยเมื่อมีรถยนต์เข้ามาระบบจะระบุเลขทะเบียนรถยนต์ และออกบัตรจอดรถที่มีหมายเลขทะเบียนตรงกัน ดังนั้นรถยนต์สามารถออกไปได้เมื่อมีบัตรตรงกับหมายเลขทะเบียนรถยนต์เท่านั้น

นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจในการติดตามรถยนต์ที่ต้องการ เช่น รถยนต์ที่ถูกโจรกรรม หรือรถยนต์ที่ผู้กระทำความผิดใช้ โดยติดตั้งระบบตามด่านตรวจต่างๆ เพื่อให้สามารถติดตามรถได้อย่างรวดเร็ว

- **ระบบควบคุมการเข้าออกสถานที่สำคัญ**

ในสถานที่สำคัญ เช่น เขตทหารจะไม่สามารถให้รถยนต์ที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้าไปในสถานที่นั้นได้ ดังนั้นในระบบควบคุมการเข้าออกสถานที่จะใช้ระบบจดจำเลขทะเบียนรถยต์เพื่อตรวจสอบหมายเลขทะเบียนของรถยนต์นั้นว่าตรงกับหมายเลขทะเบียนของรถยนต์ในระบบฐานข้อมูลที่สามารถเข้าไปในสถานที่นั้นหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
การประมวลผลภาพ

2.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หมายถึง การนำภาพที่พบทั่วไปมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยภาพที่นำมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ แต่ภาพที่ได้โดยส่วนมากแล้วจะเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f (x,y) ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ (คือแกน x และแกน y) โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพ ที่ตำแหน่ง (x,y) ซึ่งเรียกว่า ระดับสีเทา (Gray Level)

2.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล

ภาพข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก อยู่ในรูปของตัวเลข โดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่า พิกเซล (pixel) ในแต่ละพิกเซล จะถูกระบุตำแหน่งโดย(x,y) และค่าระดับสีเทาของพิกเซล โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลได้ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเรานำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลมาผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล อุปกรณ์ส่วนนี้ได้แก่ กล้องโทรทัศน์ดิจิไตเซอร์ จากนั้นทำการควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อที่จะประมวลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไตเซชั้นระดับสีเทา (Gray level quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

สมมุติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x,y) ถูกดิจิไตซ์ในระนาบ x และ y เป็นช่วงๆเท่าๆกัน

2.2 การสร้างภาพไบนารี่

อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ หรือ 2 สี คือ สีขาวกับสีดำยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องพิมพ์(Printer) เครื่องโทรสาร(Fax) จอภาพแสดงผลแบบโมโนโครม(Monochrome Monitor) เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก ดังนั้นการที่จะแสดงผลหรือพิมพ์รูปภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับซึ่งมีมากกว่าความสามารถในการแสดงผลของอุปกรณ์เหล่านั้นที่มีเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าการที่จะแก้ปัญหาการแสดงผลภาพที่มีความเข้มหลายระดับบนอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลได้ 2 ระดับนั้น จะต้องทำการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นภาพไบนารี่ (Binary Image) ก่อน ซึ่งการสร้างภาพไบนารี่ นั่นก็หมายถึงการแปลงข้อมูลภาพที่มีระดับความเข้มหลายระดับ(Multilevel Image) ให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ นั่นคือ 1 จุด ภาพมีได้ 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 กับ 1 โดยจุดภาพที่แทนด้วย 1 หมายถึงจุดภาพที่มีสีดำ ส่วนจุดที่แทนด้วย 0 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีขาว เมื่อทำการแปลงเป็นภาพไบนารี่แล้วจึงนำภาพนั้นไปแสดงผลบนอุปกรณ์เหล่านั้น จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลภาพหลายระดับเป็นภาพไบนารี่จึงมีความจำเป็นและมีประโยชน์มากในการแสดงผลภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับบนอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้ 2 ระดับ สำหรับประโยชน์อีกประการหนึ่งในการแปลงข้อมูลภาพนั้นเป็นภาพไบนารี่คือการลดเนื้อที่การเก็บข้อมูลภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บ 8 บิต เมื่อสร้างเป็นภาพไบนารีแล้วสามารถลดลงได้ถึง 8 เท่า นั่นคือ 1 จุดภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บ 1 บิต อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย เช่น นำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เอกสารในขั้นตอนที่เรียกว่าการประมวลผลขั้นต้น (Preprocessing) เป็นต้น

ในการสร้างภาพไบนารี สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำ จะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า "ค่าเทรชโฮล" (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของจุดภาพใดๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 1 (จุดดำ) และถ้าค่าของจุดภาพใดๆที่มีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนให้เป็น 0 (จุดขาว)

ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ได้เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะไม่เหมาะสม ขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไป กล่าวคือ ภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป หรือสว่างเกินไป หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น อันเป็นผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารีโดยวิธีเทรชโฮลนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการสร้างภาพไบนารี ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าเทรชโฮลหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-assigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Midrange Threshold Value) ซึ่งแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-assigned Threshold Value)

การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เป็นการคำนวณค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกค่านั้นว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุท เช่น ภาพข้อมูลอินพุทมีเกรย์สเกล 256 ระดับ จะมีค่าเกรย์สเกลได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้

การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลโดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยการหาค่าเทรชโฮลวิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ย (Mean) มาประยุกต์ใช้ ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของข้อมูลภาพอินพุท เมื่อทำการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้ว ก็สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรชโฮลที่ได้มาใช้

รูป 2.1 แสดงการเลือกค่าเทรชโฮลสูงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.2 แสดงการเลือกค่าเทรชโฮลต่ำเกินไป

2.3 การแยกวัตถุจากภาพ (Segmentation)

กระบวนการสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการประมวลผลภาพเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการจดจำรูปแบบ ก็คือ กระบวนการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง ซึ่งในที่นี้จะเป็นการแยกข้อมูลภาพที่เป็นตัวอักษรออกจากข้อมูลภาพทั้งหมด โดยแยกออกมาทีละตัวอักษรเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบซึ่งสามารถประมวลผลได้ทีละหนึ่งตัวอักษรเท่านั้น

2.3.1 การแยกภาพด้วยการพิจารณาการต่อเนื่องของข้อมูล

เมื่อรับข้อมูลภาพที่ได้จากการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรูปแบบไบนารี ที่มีค่า 0 กับ 1 เรียบร้อยแล้ว ซึ่งข้อมูล 0 จะแทน ส่วนที่เป็นพื้นหลัง และ 1 แทนส่วนที่เป็นตัวอักษร หลักการเบื้องต้นคือการหาค่าพิกเซลที่เป็น 0 ที่ต่อเนื่องกันตลอดแนวตั้ง และแนวนอนทำให้ได้ขนาดของกรอบ (Block) ข้อมูลภาพวัตถุที่มีขนาดต่างๆกัน จากนั้นจะพิจารณาเลือกขนาดของกรอบที่ต้องการจากความแตกต่างของจำนวนพิกเซล ความสูงความกว้าง และตำแหน่ง เป็นต้น ซึ่งจะได้กรอบของตัวอักษรที่ต้องการ

ตัวอย่างการแยกข้อมูลภาพที่มีตัวอักษร 2 ตัว เพื่อให้เห็นแนวทางในกระบวนการแยกเป็นขั้นตอนง่ายๆดังนี้ จากข้อมูลภาพ ดังรูปที่ 2.3 จะพิจารณาค่าพิกเซลที่เป็น 0 ที่ต่อเนื่องตลอดระยะทางระหว่างระยะขอบเขตระยะด้านบนและระยะด้านล่างของแต่ละบรรทัด (สแกนตามแนวตั้ง) แล้วหาขอบเขตระยะด้านหน้าและด้านหลังของแต่ละตัวอักษร (สแกนตามแนวนอน) เป็นขอบเขตของแต่ละตัวอักษร เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะได้ระยะ H1, H2 เป็นขอบเขตของระยะ V1,V2,V3,V4 เป็นขอบเขตของระยะด้านบนและระยะด้านล่างของตัวอักษรตามลำดับ นั่นคือ เมื่อพิจารณาขนาด ความกว้าง ความสูงในช่วงที่ยอมรับ และความสัมพันธ์ของความกว้าง (V2-V1) ที่มีค่ามากกว่าความสูง (H2-H1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นคุณสมบัติของตัวอักษรที่ต้องการ ก็จะสามารถแยกตัวอักษรที่ต้องการจากข้อมูลภาพทั้งหมดได้

2.3.2 การแยกภาพด้วยวิธี Region labeling

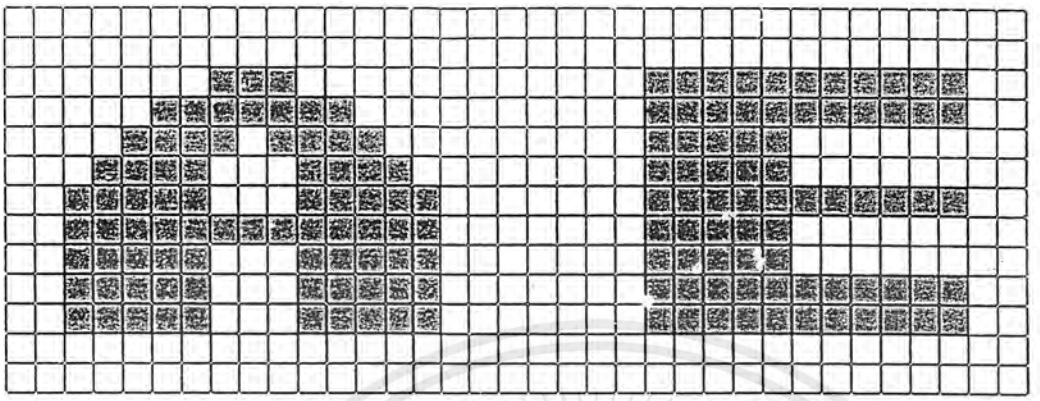
ในการจำแนกภาพโดยวิธีนี้ได้ถือว่าบริเวณที่อยู่ข้างเคียงเป็นบริเวณที่สำคัญมาก จุดภาพที่อยู่ข้างเคียงกันมักจะมีคุณสมบัติทางสถิติที่คล้ายกันหรือใกล้เคียงกันสำหรับจุดรอบข้างที่มาเชื่อมต่อกัน ในวิธีนี้จะทำการพิจารณาภาพบริเวณย่อยๆจำนวนมาก จากนั้นพื้นที่ที่ติดกันจะถูกนำมาพิจารณาถึงความเป็นเนื้อเดียวกันร่วมกัน การรวมตัวกันจะสิ้นสุดลงเมื่อพื้นที่ข้างเคียงไม่สามารถพิจารณาถึงความเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่ถ้าจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันนั้นตรวจสอบแล้วไม่อยู่ในเกณฑ์การรวม จุดภาพนั้นจะไม่ถูกรวมเข้าไปในส่วนนั้นของภาพแต่จะถูกเลือกให้เป็นให้เป็นจุดเริ่มต้นส่วนอื่นๆต่อไป และหลังจากที่จุดภาพทุกจุดได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มเรียบร้อยแล้ว

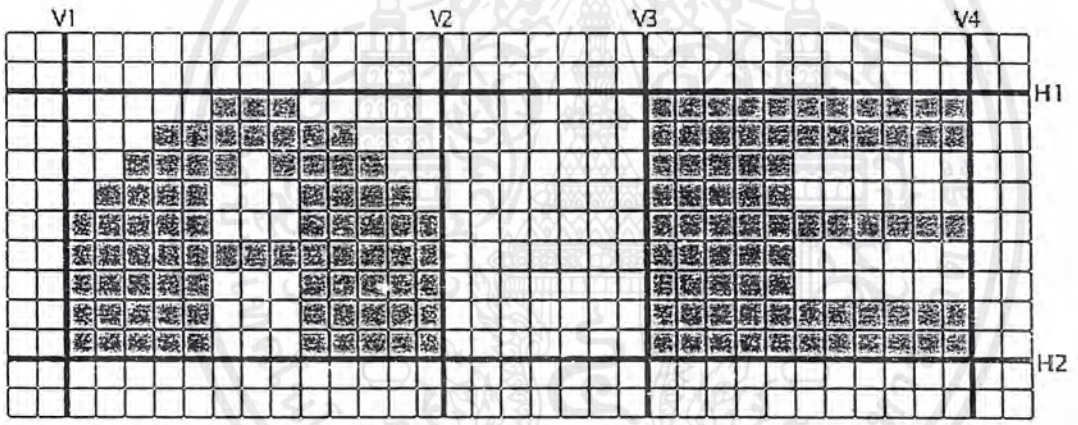
ในกรณีนี้จะกล่าวถึงภาพที่มีวัตถุในภาพมาก วิธีการที่จะแยกแต่ละวัตถุออกจากกันจะทำได้โดยพิจารณาจากการติดกันของพิกเซลที่เป็น1 โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้

- การติดกันแบบ 4 จุด จะพิจารณา 4 พิกเซล รอบข้างทางด้านแนวนอน และแนวตั้ง
- การติดกันแบบ 8จุด จะพิจารณา 8 พิกเซล รอบข้างทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง

วิธีการแยกวัตถุแบบ Region Labeling นี้ จะพิจารณาแบบไบนารีเฉพาะพิกเซลที่มีค่า 1 ทีละแถวจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาที่พิกเซลใดพิกเซลหนึ่ง ถ้าพิกเซลแถวบนและทางซ้ายซึ่งผ่านการกำหนด Label แล้ว มีค่าไม่เป็น1 ก็จะกำหนดLabel ใหม่ให้กับพิกเซลนี้ ถ้าพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งมีค่าเป็น 1 ก็จะกำหนดLabel เหมือนกับพิกเซลข้างเคียงที่เป็น 1 แต่ถ้าในกรณีที่มีพิกเซลข้างเคียงมีค่า1มากกว่า 1พิกเซล และแต่ละพิกเซลมี Label ต่างกัน ก็จะกำหนด Label ให้กับพิกเซลที่พิจารณาอยู่เหมือนกับLabel ที่สมมูลกันให้เหมือนกัน ซึ่งจะสามารถทราบถึงความแตกต่างของแต่ละวัตถุในภาพ โดยดูจาก Label ที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.3 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการแยกตัวอักษรแต่ละตัว

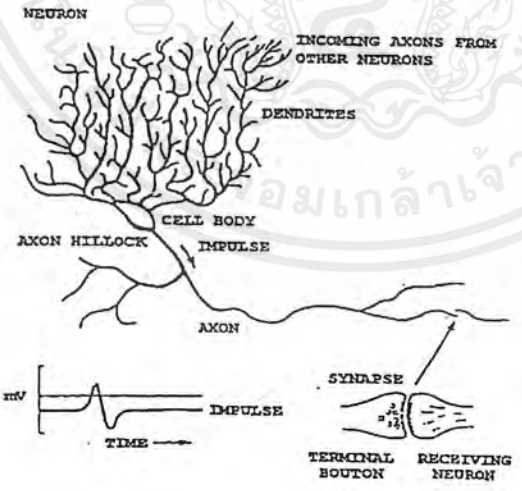
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network)

โครงข่ายประสาท หมายถึง โครงข่ายใยประสาทที่เชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ประสาทจำนวนมากมายมหาศาล มีความสามารถประมวลผลสูงบรรจุอยู่ในสมอง สมองชีวภาพที่เป็นจุดศูนย์กลางการควบคุมกิจกรรมของการดำเนินชีวิต การวิจัยสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) มีแนวคิดเลียนแบบการทำงานของสมองชีวภาพเพื่อกำหนดแนวทางสำหรับการสร้างแบบจำลองขึ้นมาแล้วพยายามสมมติฐานลักษณะการทำงานโดยจำลองเป็นโมเดลคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเดียวกันแล้วดำเนินการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์

3.1 โครงข่ายประสาทชีวภาพ

ระบบการคิดของมนุษย์มีโครงสร้างพื้นฐานจากเซลล์สมอง ที่เรียกว่า นิวรอล (Neural) เรียงเป็นชั้นจำนวนมหาศาลประมาณหมื่นล้านนิวรอล เชื่อมโยงถึงกันประมาณพันล้านล้านจุด แต่ละนิวรอลจะมีคุณลักษณะต่างกันไป แต่จะมีรูปแบบการทำงานคล้ายๆกันคือ รับค่าเข้ามาประมวลผล และส่งสัญญาณไฟฟ้าเคมีออกไป



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างเซลล์ประสาทชีวภาพ

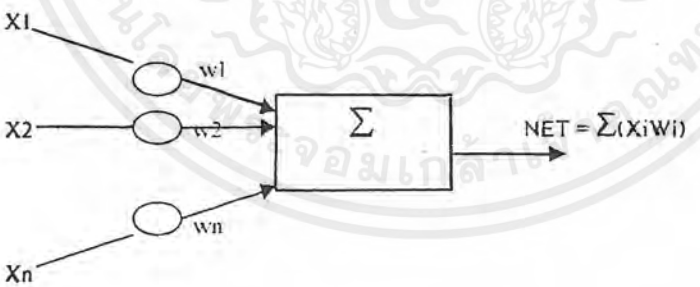
จากภาพแขนงที่ขยายออกไปยังเซลล์อื่นๆเพื่อรับสัญญาณ เรียกว่า เดนไดรท์ (Dendrites) จะมีจุดเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทอื่นๆ เรียกว่า ไซแนปส์ (synapse) และส่วนที่ใช้ส่งสัญญาณออกไป เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอกซอน (Axon) แต่ละนิวรอลจะมีคุณสมบัติในการเพิ่มขยาย หรือลดทอนความเข้มของสัญญาณที่เข้ามายังเดนไดรท์ของเซลล์ อาจกระตุ้นหรือยับยั้งตัวเซลล์ก็ได้ เนื่องจากเซลล์ประสาทหนึ่งเซลล์มีเดนไดรท์จำนวนมาก ดังนั้นสัญญาณกระตุ้นเดนไดรท์ที่รับเข้ามาจากเซลล์อื่นๆจะถูกนำมารวมกันที่ตัวเซลล์ประสาท ที่เซลล์ประสาทจะมีค่าเทรสโฮล (Threshold) ค่าหนึ่ง หากผลรวมของสัญญาณไฟฟ้าเคมี (Electrochemical) มีค่ามากกว่าค่าเทรสโฮล เซลล์ประสาทจะส่งสัญญาณค่าหนึ่งผ่านทางแอกซอนไปยังนิวรอลอื่นๆต่อไป การจัดเรียงเป็นชั้น (Layer) และลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างนิวรอลในสมองนั้นมีการจัดเรียงที่ซับซ้อน สอดคล้องกับหน้าที่การทำงานเฉพาะส่วน มีการเจริญเติบโตเรียนรู้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตลอดเวลา จึงเป็นการยากที่จะสามารถสร้างโมดูลเลียนแบบการทำงานของสมองชีวภาพได้ทั้งหมด ปัจจุบันยังคงทำได้เพียงการจำลองเลียนแบบการทำงานเฉพาะส่วนบางส่วน ของโครงข่ายประสาทเทียม มาใช้เฉพาะกับงานใดงานหนึ่ง และมีขอบเขตจำกัดการใช้งานด้วย

3.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

การออกแบบสร้างประสาทเทียมมีสมมติฐานจากโครงข่ายประสาทชีวภาพ ซึ่งมีความนำสัญญาณไฟฟ้าเคมีต่างกัน โมดูลโครงข่ายประสาทเทียมจึงต้องมีการถ่วงน้ำหนักก่อนไปใช้งาน เรียกว่าไซแนปติกเวจท์ ปริมาณข้อมูลจะถูกนำมารวมกัน และตัดสินใจด้วยระดับความสนใจของนิวรอล (Activation level) แล้วส่งไปเอาท์พุทออกไปยังนิวรอลอื่นๆ



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของนิวรอล 1 หน่วย

จากภาพเป็นไดอะแกรมที่จำลองจากแนวความคิดของเซลล์สมองทางชีวภาพ สัญญาณอินพุทคือ X1,X2,...,Xn จะถูกป้อนเข้ามายังนิวรอล เปรียบได้กับสัญญาณไฟฟ้าเคมีเข้ามายังไซแนปส์ของเซลล์ประสาท ค่าอินพุทเหล่านี้จะคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.0-1.0 ผลรวมของสัญญาณทั้งหมดจะส่งออกมาโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$NET = X1W1 + X2W2 + \ldots + XnWn$$
$$= \sum (XiWi)$$

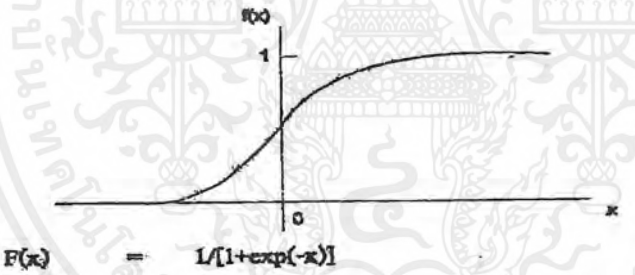
จากนั้นจะถูกตัดสินใจโดยหน่วยเซลล์ด้วยฟังก์ชันการตัดสินใจ (Activation Function) และได้ค่าเอาท์พุทออกมา

$$OUT = F(NET)$$

ฟังก์ชันตัดสินใจอาจเป็น hard linear function โดย

$$OUT = 1 \text{ ถ้า } NET > T$$
$$= 0 \text{ ถ้า NET มีค่าเป็นกรณีอื่น}$$

T เป็นค่าคงที่เทรสโฮล (Threshold) หรืออาจเป็นฟังก์ชันอื่นๆที่เลียนแบบคุณสมบัติไม่คงที่ของเซลล์ประสาทได้ดีกว่า และใช้เป็นฟังก์ชันให้กับโครงข่ายทั่วไปได้ ฟังก์ชันตัดสินใจที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ สแควชชิ่ง ฟังก์ชัน (Squashing function) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายตัว "S" และมีสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้



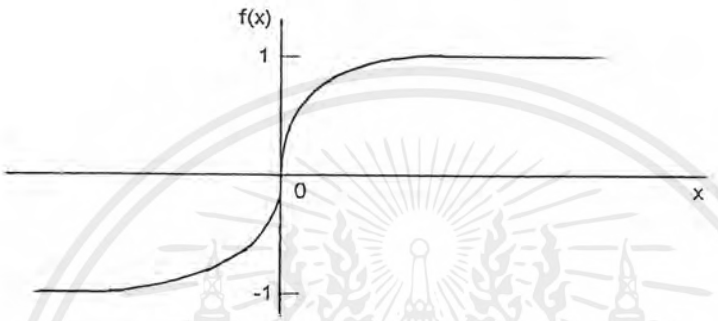
รูปที่ 3.3 ซิกมอยด์ ฟังก์ชัน (Sigmoid function)

การใช้ซิกมอยด์ ฟังก์ชันจะทำให้เทรสโฮลฟังก์ชันมีลักษณะ non linear function ทำให้ได้ค่าอินพุทที่ไวต่อสัญญาณขนาดเล็กๆ และเฉลี่ยต่อสัญญาณแรงๆ คือสัญญาณไปทางบวกเล็กน้อยก็จะมีค่าเอาท์พุทใกล้เคียง "1" และสัญญาณเป็นลบค่าต่ำๆใกล้เคียง "0" ขณะเดียวกันสัญญาณบวกขนาดแรงๆก็ยังคงให้ค่าเอาท์พุทใกล้เคียง "1" และสัญญาณลบค่ามากๆก็ยังคงให้เอาท์พุทใกล้เคียง "0" ได้ คือมีคุณสมบัติ non linear gain นั่นเอง ซึ่ง คลอสเบอร์ก (Grossberg,1973) พบว่าสามารถแก้ปัญหา Noise Saturation Dilemma ได้และทำให้นิวรอลสามารถทำงานได้กว้างขวางขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

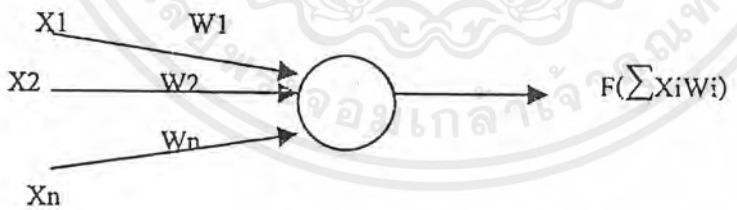
นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันอื่นๆอีกคือ ไฮเปอร์โบลิก ฟังก์ชัน (Hyperbolic function) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ logistic function คือ

OUT = tanh(X)



รูปที่ 3.4 hyperbolic tangent function

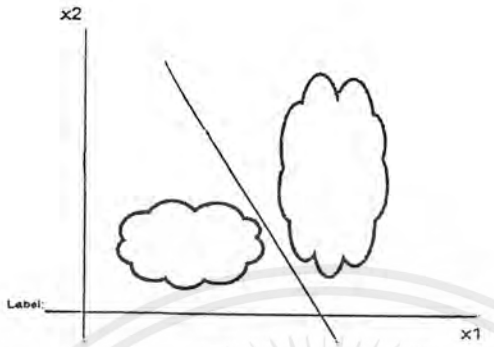
3.2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Artificial Neural Network) ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาฟังก์ชันเชิงเส้น (linear function) ได้เท่านั้น



รูปที่ 3.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

โครงข่ายประสาทแบบชั้นเดียวที่ไม่มีการไหลย้อนกลับของค่าสัญญาณเอาท์พุท จะมีความสามารถในขอบเขตจำกัด คือใช้ตัดสินใจกับปัญหาที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



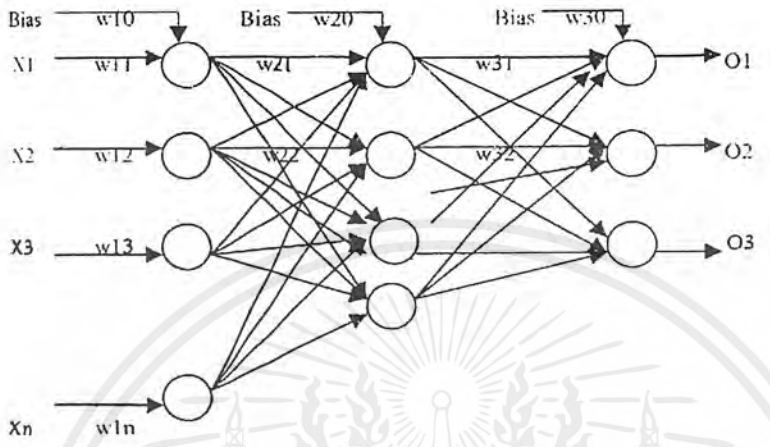
รูปที่ 3.6 Linear Separable (สามารถแบ่งได้เชิงเส้น)

รูปที่ 3.7 Non Linear Separable (ไม่สามารถแบ่งได้เชิงเส้น)

3.2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Artificial Neural Network)

ซึ่งประกอบด้วยอินพุทเลเยอร์ (Input Layer),เอาท์พุทเลเยอร์ (Output Layer) และชั้นซ่อน (Hidden Layer) จำนวนตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป ทำให้ความสามารถของโครงข่ายดีขึ้น คือสามารถแก้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นจากการออกแบบโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้นจะเป็นในแง่ของการกำหนดขนาดจำนวนหน่วยในแต่ละชั้น จำนวนชั้นซ่อนที่เหมาะสม และลักษณะการเชื่อมของแต่ละหน่วย แต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

3.2.3 การฝึกสอนให้กับโครงข่าย (Training Algorithm)

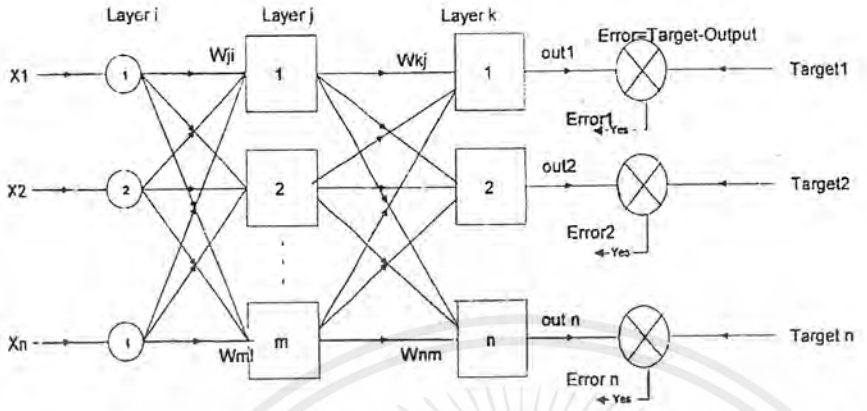
เทรนนิ่งอัลกอริทึมถูกจัดเป็น 2 ประเภท คือ แบบควบคุม (Supervise Training) และแบบอิสระ (Unsupervise) โดยเทรนนิ่งแบบควบคุมต้องการข้อมูล 2 ชุดคือ อินพุทกับชุดเป้าหมาย เรียกเทรนนิ่งแพร์ (Training Pairs) เช่น การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ ส่วนการเทรนนิ่งแบบอิสระสร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบการทำงานของสมองที่ไม่จำเป็นต้องมีผู้มาคอยคิดค่าเป้าหมายให้ก่อน โครงข่ายจะรับเพียงค่าอินพุทเข้าไปเท่านั้น เทรนนิ่งอัลกอริทึมจะเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่าย เพื่อสร้างเอาท์พุทที่มั่นคง และเมื่อค่าอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย โครงข่ายจะยังคงสามารถชี้ได้ว่าเป็นข้อมูลเดิม เนื่องจากเอาท์พุทของโครงข่ายไม่มีการกำหนดมาก่อน ส่วนใหญ่จะถูกแปรรูปให้เข้าใจได้ จึงไม่สามารถใช้ตัดสินใจปัญหาที่มีความยากได้ มักใช้ในงานง่ายๆ เช่น การเปรียบเทียบเอกลักษณ์ , รูปภาพ , รูปแบบที่สัมพันธ์กันระหว่างอินพุท-เอาท์พุท

3.2.4 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Learning)

การฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้นใช้การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ โดยโครงข่ายจะรับค่าอินพุท X และค่าเป้าหมาย (Target) ไว้ เมื่อคำนวณค่าเอาท์พุทในโครงข่ายแล้วจะเปรียบเทียบค่าผิดพลาดของเอาท์พุทที่คำนวณได้กับค่าเป้าหมาย

$$\text{Error} = \text{Target-Output}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมของ Backpropagation Neural Network แบบ 2 ชั้น

ค่าผิดพลาดนี้จะนำไปใช้ปรับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายเพื่อให้สอดคล้องกับค่าเป้าหมาย การเรียนรู้จะทำไปเรื่อยๆจน โครงข่ายสามารถแยกแยะข้อมูลได้

ขั้นตอนการฝึกสอนสามารถสรุปเป็นขั้นๆได้ดังต่อไปนี้

1. สร้างโครงข่ายประสาทที่มีจำนวนอินพุท และเอาท์พุทเท่าจำนวนอินพุท และเอาท์พุทของปัญหา ส่วนจำนวนชั้นซ่อนอาจเริ่มที่ค่ามากพอสมควรก่อน

2. ให้ค่าเริ่มต้นแก่ค่าถ่วงน้ำหนักมุกเส้นในโครงข่าย โดยควรมีค่าในช่วง -1 ถึง 1

3. คำนวณค่า $\sum XiWi = Ui$ สำหรับแต่ละนิวรอล j ของชั้นซ่อน

4. คำนวณค่ากระตุ้น (Activation) สำหรับแต่ละนิวรอล j ของชั้นซ่อน

$$Yj = f(Ui)$$

โดยฟังก์ชันที่นิยมใช้คือ sigmoid function $f(x) = 1/[1+\exp(-x)]$

5. คำนวณค่า $\sum YiWi = Vi$ สำหรับแต่ละนิวรอล k ของชั้นเอาท์พุท

6. คำนวณค่ากระตุ้น (Activation) ของแต่ละนิวรอล k

$$OUT = Zk = f(Vi)$$

7. นำค่า Zk มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายถ้าค่าผิดพลาดที่คำนวณได้น้อยกว่าระดับที่กำหนดไว้ก็จบการเรียนรู้ มิฉะนั้นก็ทำต่อไป

8. คำนวณค่าปรับน้ำหนักสำหรับแต่ละค่าถ่วงน้ำหนัก

8.1 สำหรับเส้นเชื่อมชั้นซ่อนกับชั้นเอาท์พุท

$$\Delta Wjk = \alpha \delta k Y_j$$

โดยที่ $\delta k = (\text{Target } k - Zk) f'(Vk)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 สำหรับเส้นเชื่อมชั้นอินพุทกับชั้นซ่อน

$$\Delta W_{ij} = \alpha \delta_j X_I$$

โดยที่ $\delta_j = \sum \delta_k W_{jk} f'(U_j)$

9. ปรับค่าน้ำหนักเส้นเชื่อมจากนิวรอล r ไปนิวรอล s จะได้

$$W_{rs(new)} = W_{rs(old)} + \Delta W_{rs}$$

10. กลับไปทำข้อ 3

ค่า α : อัตราการเรียนรู้ (Learning rate) มีค่าในช่วง 0 ถึง 1

การปรับความเร็วในการเรียนรู้อาจใช้การปรับค่า Gain ของ sigmoid function ในส่วนดีกรีของ exponential การปรับอัตราการเรียนรู้ ขนาดจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน และการเพิ่มโมเมนตัมแฟกเตอร์เพื่อคำนวณทิศทางการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก นอกจากนี้ยังเลือกใช้อัตราการเรียนรู้เป็นฟังก์ชันที่มีความเหมาะสมได้อีกด้วย

ฟังก์ชัน sigmoid เป็นที่นิยมในการใช้เทรนนิ่งเนื่องจากมีความใกล้เคียงกับฟังก์ชันขั้นบันได และสามารถคำนวณค่าอนุพันธ์ได้ง่ายอีกด้วย โดยอยู่ในรูปนิพจน์ของตัวฟังก์ชันเอง

$$f'(x) = f(x)[1-f(x)]$$

3.3 Weightless Neural Networks

Weightless models คือ RAMที่เป็นพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลการกระตุ้นของอินพุทและผลตอบสนองต่อความสัมพันธ์ใน look-up tables ไปในรูปแบบของปฏิกิริยาทางตรรกศาสตร์ของนิวรอล ต้นแบบของความคิดนี้ถูกเสนอโดย Bledsoe และ Browning (1959) ซึ่งรู้จักกันในชื่อของกระบวนการจำแนกข้อมูลแบบ n-tuple (n-tuple recognition process) tuple แต่ละยูนิตจะรับข้อมูลเพียงส่วนเล็กๆ ของข้อมูลทั้งหมดและตอบสนองโดยผลที่ได้ของแต่ละยูนิตเป็นอิสระต่อกัน การจำแนกข้อมูลใน n-tuple *machine* สามารถทำได้โดยเปรียบเทียบลักษณะที่คล้ายกันระหว่างรูปแบบของข้อมูลที่เก็บภายในความจำของคอมพิวเตอร์ซึ่งมาจากtuplesทั้งหมดกับรูปแบบของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปโดยให้ลักษณะที่คล้ายคลึงกันออกมาในรูปของคะแนน ซึ่งข้อได้เปรียบของเทคนิคนี้คือข้อมูลหลายตัวสามารถมีผลตอบสนองร่วมกันใน tuple หนึ่งยูนิตและสามารถแยกรูปแบบของข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น(non-linearly) ออกมาได้

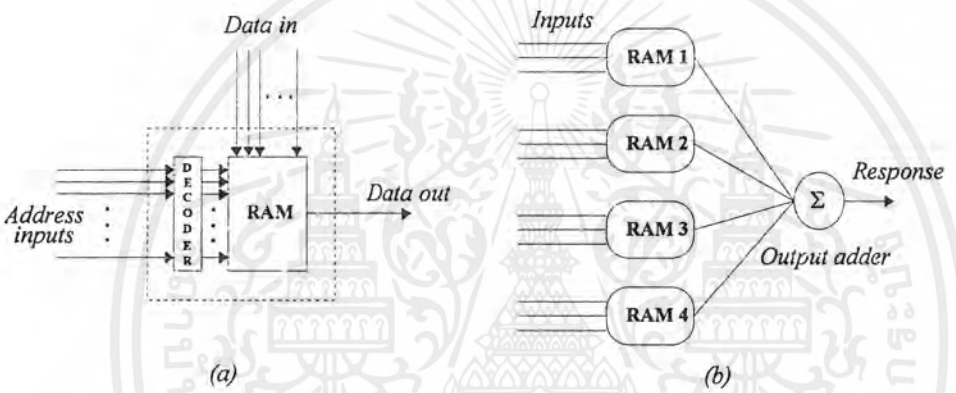
ระหว่างทศวรรษที่ 70 การพัฒนาเทคโนโลยีของวงจรรวมหรือ (Integrated Circuit Technology) สามารถสร้าง Random Access Memories (RAMs) ได้ซึ่งเป็นการนำไปสู่การค้นพบนิวรอลเน็ทเวิร์คที่ใช้หน่วยความจำแบบ RAMs เป็นที่เก็บข้อมูลของ n-tuple machines โดย Aleksander

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ Stonham (1979) หลังจากนั้นหลักการเดียวกันนี้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบ WISARD (Aleksander, Thomas and Bowden 1984, Aleksander 1984)

เมื่อพิจารณาการใช้นิวรอลเน็ทเวิร์คแบบที่ใช้RAMแล้วพบว่ามีข้อดีในการเรียนรู้ algorithm เนื่องจากเป็นโหนดแต่ละโหนดอิสระต่อกันระหว่างการอ้างอิงข้อมูลจาก look-up table เว้นแต่ในส่วนของweighted models ในส่วนที่สองซึ่งน้ำหนักของข้อมูลต้องขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงในส่วนแรก ส่วนข้อดีอื่นๆนั้นคือฮาร์ดแวร์ซึ่งประกอบด้วย RAMs มีราคาถูกและสามารถหาได้ง่ายโดยบล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของนิวรอลเน็ทเวิร์คแบบที่ใช้ RAM นี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.17 (a)



รูปที่ 3.10 (a) A RAM-based neuron (b) 4 RAMs discriminators with 3 inputs each

โมเดลของนิวรอลแบบไร้น้ำหนัก (weightless neural model หรือ WISARD) คือระบบที่มีการป้อนไปข้างหน้าแบบชั้นเดียวที่ประกอบไปด้วยเซ็ตสัญลักษณ์การแบ่งแยกคลาสของdiscriminatorsรูปแบบของข้อมูลตัวแบ่งแยกทั้งหมดจะเริ่มต้นที่เซ็ตของศูนย์และค่อยๆเปลี่ยนไปตามการป้อนข้อมูล(training)ระหว่างการป้อนข้อมูลรูปแบบของข้อมูลแต่ละอันก็จะถูกเก็บอยู่แค่ในRAMของการตอบสนองการแบ่งแยกหลังจากการป้อนข้อมูลเสร็จสิ้นก็จะได้ผลการแบ่งแยกของแต่ละคลาส การจำแนกข้อมูล(recognition)ก็จะเริ่มโดยป้อนรูปแบบของข้อมูลที่ไม่ทราบค่าให้กับdiscriminatorsทุกๆตัวเพื่อหาผลตอบสนองที่มีค่ามากที่สุดโดยหลักการทั่วๆไปของการคิดคือไม่นำมาคิดแค่เพียงแต่ละโหนดแต่คิดทั้งระดับของเน็ทเวิร์ค

เนื่องจากการทำงานเป็นเส้นตรงของ WISARD จะมีความคลุมเครือระหว่างสถานะ0 ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรูปแบบของข้อมูลและสถานะ0ที่จุดเริ่มต้นก่อนจะเกิดการป้อนข้อมูลหรือtraining เพื่อแก้ปัญหาข้อนี้ Kan และ Aleksander (1988) ได้นำเสนอการใช้ Probabilistic Logic Node (PLN)ซึ่งแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42726

ละโหนดจะยังคงมีเอาท์พุทเป็นเลขฐานสองแต่จะมีสถานะการทำงานเป็น 3 ระดับโดยสถานะที่เพิ่มขึ้นมาก็คือ u-state ซึ่งจะแทนตรงส่วนที่ค่าเริ่มต้นหรือในช่วงที่ข้อมูลยังไม่ถูกเก็บ ซึ่งโอกาสที่เอาท์พุทของโหนดจะเป็น1และ0จะมีค่า*50%* ใน recalling mode

เมื่อการที่ข้อมูลจะเข้าไปได้มีเพียงแค่การป้อนข้อมูล (trained)สำหรับการประยุกต์การเรียนรู้ข้อมูล แต่ใน PLNs ข้อมูลจะมาจาก delay เมื่อเซ็ตของการป้อนข้อมูลมีค่าน้อยเช่น 2 หรือ 3 รูปแบบ เนื่องจากบนตำแหน่งส่วนใหญ่จะยังคงเหลืออยู่ภายในu-states.อุปสรรคอีกอย่างหนึ่งที่ควรจะต้องกล่าวถึงคือการ generalisation ยังแสดงผลออกมาเป็นระดับต่างๆ เนื่องจากปัญหานี้ Aleksander(1990a)ได้เสนอเทคนิคที่จะไม่เห็นอินพุทเป็นลักษณะระดับของโหนดเราเรียกวิธีการนี้ว่า spreading process ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทอื่นๆ อัลกอริทึมของมันคือระบุตำแหน่งของ u-stateที่มาจากเน็ทเวิร์คข้างเคียงที่ใกล้ที่สุดโดยหลักของ Hamming distance หากข้อมูลไม่ตรงกันหรือเกิดความขัดแย้งระหว่างเน็ทเวิร์คที่ใกล้ที่สุดกันเอง ตำแหน่งของ u-state. จะไม่เปลี่ยนแปลง การ generalisation ของเน็ทเวิร์คจะขึ้นกับรัศมีของการกระจายชั้นของแต่ละโหนดของเน็ทเวิร์ค ถ้ารัศมีมีค่าเท่ากับผลรวมจำนวนของอินพุทที่เป็นเลขฐานสองหมายความว่าเน็ทเวิร์คจะมีการกระจายเต็มที่เราเรียกเน็ทเวิร์คที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ว่า Generalising RAMs หรือ (GRAMs)

ความจุของการ generalisation ใน GRAMs สามารถหาได้โดยจำนวนของรูปแบบของการเรียนรู้ข้อมูล (training patterns) เนื่องจากการกระจายของชั้นของเน็ทเวิร์คจะมีค่าน้อนลงเมื่อมีจำนวนของรูปแบบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีอัลกอริทึมของการกระจายหรือ spreading ในแบบอื่นๆอีกเช่น the Combined Generalisation Algorithm (CGA) ค้นพบโดย Aleksander Clarke และ Braga (1994) โดยเป็นวิธีที่ผสมผสานกันระหว่างการเรียนรู้แบบ Hebbian และ Weightless

3.3.1 The General Neural Unit (GNU)

The General Neural Unit (GNU) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเชื่อมโยงโดยใช้ GRAM-based neurons ในเน็ทวิร์คโมเดล GNU สามารถที่จะ mapping ได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบ hetero-associative mode (Zurada 1992) กำหนดให้แต่ละโหนดมีจำนวนรวมของอินพุทเป็น I ประกอบด้วยจำนวนอินพุทที่ได้จากการสุ่ม N จำนวน ต่ออยู่กับบิตจำนวน W บิตของ External input field และ F แทนอินพุทที่มาจากการสุ่มซึ่งต่ออยู่กับ Feedback input Field จำนวน K บิต สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

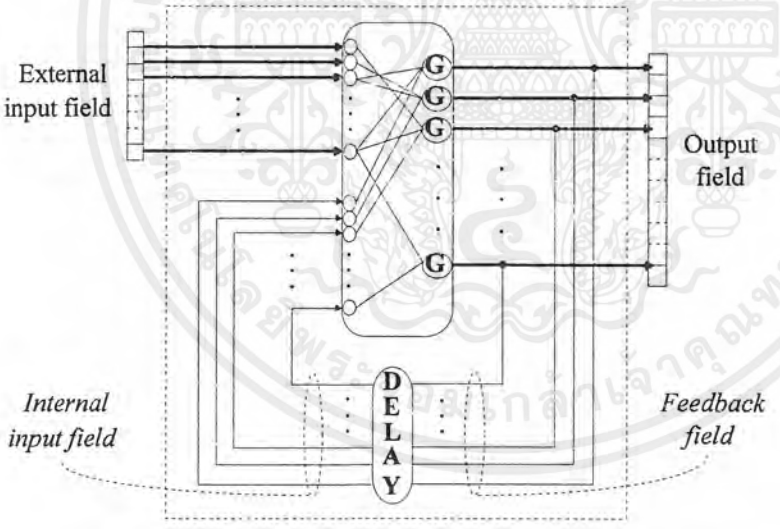
$$I = N + F \quad .$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GNU จะมีคุณสมบัติเป็น fully connected หากอัตราส่วน N/W และ F/K มีค่าเท่ากับ 1 และจะมีคุณสมบัติเป็น partially connected เมื่ออัตราส่วนของจำนวนดังกล่าวมีค่าน้อยกว่า 1 เราสามารถสรุปพารามิเตอร์หลักของ GNU ได้ดังตารางที่ 2.1 และไดอะแกรมของรูปแบบการทำงานดังรูปที่ 2.18

K	*The number of nodes of a GNU*
W	*The number of external inputs*
I	*Total number of inputs to each neuron*
N	*The number of inputs connected from the external field*
F	*The number of inputs connected from the feedback field*

ตารางที่ 3.1 Main parameters of a GNU



รูปที่ 3.11 A schematic view of a basic GNU

การศึกษา GNU ในรูปแบบของ Boolean network ซึ่งทำการวิจัยโดย Wong และ Sherrington (1988, 1989) ส่วนงานวิจัยของ Lucy (1991) แสดงให้เห็นว่าการที่ GNU มีการเชื่อมต่อในแบบ fully connected auto-associative mode หรือ ($W = 0$) จะสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำนวน 2^K รูปแบบ ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของการดำเนินงานซึ่งศึกษาโดย Aleksander และ Morton (1991) โดยกำหนดให้จำนวนของการเชื่อมต่อมีค่าระหว่างจำนวนอินพุทกับจำนวน feedback หรือ ($N/W = F/K$). การคาดตะเนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความขัดแย้ง GNU ทำการวิจัยโดย Braga (1993; 1994). ส่วนโปรแกรมที่ทำการจำลอง GNUs กับข้อมูลจริงๆมีชื่อว่า MAGNUS (Multi Automata General Neural Units) ร่วมกันพัฒนาโดย Aleksander, Evans และPenney (1993)

3.3.2 การทำงานของ GNUs

เราสามารถอธิบาย GNU โดยแบ่งการทำงานเป็นส่วนของ GRAMs ได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ storage spread และ retrieval process ในการทำงานแบบ storage process จะเป็นการ mapping ของเน็ทเวิร์คระหว่างอินพุท (ทั้ง external inputs และ internal representations) และ เอาท์พุท โดยการสร้างสถานะเสถียร (stable state) ภายใน Boolean space สถานะของ n-dimensional Boolean space สำหรับโมเดลของ single GNU สามารถแสดงได้โดย two-dimensional Boolean transition table ในแบบพื้นฐาน

การทำงานแบบ storage process มีหลักการคือความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุทในทุกๆโหนดของเน็ทเวิร์ค ภายใน GRAM ซึ่งจะเริ่มต้นจาก u-states จากนั้นก็จะมีการออกแบบตำแหน่งของสถานะของเอาท์พุท รูปแบบลำดับของการทำงานในแบบ storing นั้น เป็นการ representations ภายในเชื่อมไปถึงลำดับการทำงานเอาท์พุทซึ่งเปรียบเสมือนอย่าง

storage ต่อไปจะเป็นกระบวนการ spreading ซึ่งช่วยในการลดจำนวน delay ของเน็ทเวิร์ค เนื่องจากมีหลายๆตำแหน่งยังคงเหลืออยู่ภายใน u-states ซึ่งการกระจายจะนำที่ว่างในแต่ละโหนดแยกออกเป็นอิสระต่อกัน การกระจายใน GNUs จะคล้ายคลึงกับแนวคิดในการสร้างพลังงานที่น้อยที่สุดของ Hopfield network โดยมีความแตกต่างกันคือ auto-associative ใน Hopfield model จะมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดความผิดพลาดในการป้อนกลับ เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เข้ามาใหม่และข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ก่อนหน้านั้น ขณะที่โมเดลของ GNUs มีการเชื่อมต่อแบบ จะไม่เกิดความผิดพลาดระหว่างความสัมพันธ์ของรูปแบบของข้อมูล นอกจากนั้น การกระจายใน GNUs จะสร้าง attractors ด้วยการเปลี่ยนแปลงในแบบ steeper ผลที่ได้คือจะใช้เวลาในการดำเนินการน้อยกว่า อย่างไรก็ตามบางครั้งก็เกิดความผิดพลาดในการสร้าง attractor หากการสร้างนั้นมีขนาดกว้างเกินไปเนื่องจากรูปแบบของข้อมูลที่เก็บมีค่าน้อยเกินไป นอกจากนั้นการ storage ของความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของข้อมูล สามารถเกิดความขัดแย้งกันได้ในโมเดลของ GNU ที่มีการเชื่อมโยงกันน้อยเกินไป reprocess จะทำงานได้ดีเมื่อทั่วทั้งเน็ทเวิร์คในทุกๆโหนดสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้พร้อมๆกันภายในเวลาเดียวกัน ดังเช่นการแสดงภาพจะเกิดขึ้นพร้อมๆกันกับอินพุทและในช่วงเริ่มต้นของสถานะภายใน จำนวนที่เพิ่มขึ้นของ attractors จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อการทำงานเน็ทเวิร์คให้มีความรวดเร็วและต่อเนื่องมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าหากจำนวนของ attractors มากเกินไปเมื่อเทียบกับความจุของเน็ทเวิร์คก็อาจจะทำให้การเรียกกลับ (recall)ล้มเหลวก็เป็นได้ เนื่องจากมีสถานะที่ไม่เสถียรมากเกินไปทำให้เกิดความขัดแย้งกัน จำนวนรูปแบบการเก็บข้อมูลจะต้องมีน้อยกว่าความสามารถของเน็ทเวิร์คเพื่อการป้อนกลับที่มีความถูกต้องสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทำงานของโปรแกรม

4.1 โครงสร้างของระบบจดจำทะเบียนรถยนต์

ระบบจดจำเลขทะเบียนรถยนต์นี้ ประกอบด้วยส่วนสำหรับรับภาพ และส่วนของโปรแกรมเพื่อประมวลผลภาพ ในส่วนของการรับภาพจะประกอบด้วยกล้องดิจิตอลสำหรับจับภาพทางด้านหน้าของรถยนต์ สัญญาณจากกล้องดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งให้กับคอมพิวตอร์เพื่อทำการประมวลผล เมื่อรถยนต์ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงคอมพิวเตอร์จะสั่งจับภาพในขณะนั้นมา 1 เฟรม และเก็บข้อมูลภาพแบบบิตแมป และนำภาพที่ได้ไปประมวลในส่วนโปรแกรมต่อไป

ในส่วนของโปรแกรมประมวลผลภาพนั้นมีขั้นตอนในการแยกหมายเลขทะเบียนออกจากข้อมูลภาพทั้ง หมด โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังนี้คือในขั้นแรกจะเป็นขั้นตอนของการเตรียมภาพ โดยภาพจะถูกแปลงให้เป็นภาพแบบไบนารีด้วยวิธีการคำนวณค่าเทรชโฮลโดยใช้การกำหนดค่าล่วงหน้า ซึ่งจะเหลือข้อมูลภาพเพียงสองระดับ คือ 0 และ1 โดย 0 จะเป็นพื้นหลัง ส่วน 1 จะเป็นวัตถุในภาพ จากนั้นจะทำการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น แล้วจึงแยกวัตถุออกจากกัน แล้วจึงพิจารณาแต่ละวัตถุว่าน่าจะเป็นเลขทะเบียนหรือไม่ โดยอาศัยคุณสมบัติที่สังเกตได้ เช่น ขนาด การเรียงตัว เป็นต้น หลังจากขั้นตอนนี้จะได้ตำแหน่งของเลขทะเบียนรถยนต์ แล้วจึงแยกทะเบียนออกจากภาพเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการจดจำรูปแบบในลำดับต่อไป

โปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. **โปรแกรมฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม**
2. **โปรแกรมหลัก**

4.2 การทำงานของโปรแกรมการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ในส่วนนี้จะขออธิบายเฉพาะการฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมรู้จำตัวเลข ซึ่งการทำงานกับตัวอักษรก็จะใช้หลักการเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ข้อมูลต้นแบบ

ข้อมูลที่จะเป็นต้นแบบให้กับนิวรอล เน็ทเวอร์ค (Neural Network) จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ที่สุด และไม่มีสิ่งรบกวน(Noise free)ดังนั้น เมื่อได้รูปภาพทะเบียนรถยนต์มาแล้ว ต้องเลือกภาพที่มีความเหมาะสม (ไม่มืดหรือสว่างเกินไป และเป็นรูปที่ไม่เอียง) มาใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างให้กับนิวรอล เน็ทเวอร์ค และเราเรียกข้อมูลชุดนี้ว่า ข้อมูลที่ไม่มีสิ่งรบกวน (Noise free data) ดังรูปที่ 4.1

รูป 4.1 ข้อมูลตัวเลขที่ไม่มีสิ่งรบกวน

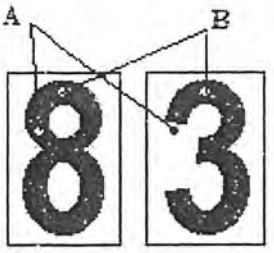
4.2.2 การทำงาน

นำข้อมูลต้นแบบของนิวรอล (Noise free data) มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำ โดยใช้หลักการในหัวข้อ 2.2 หลังจากนั้น จะนำภาพ (ตัวเลขแต่ละตัว) มาทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalize) เพื่อให้ข้อมูลอินพุททุกตัวมีขนาดเท่ากันในกรณีที่ภาพที่ถ่ายมามีขนาดไม่เท่ากัน ในที่นี้จะทำให้ตัวเลขทุกตัวมีขนาดเท่ากันที่ 64*64 พิกเซล หลังจากนั้นนำข้อมูลชุดนี้เข้าสู่กระบวนการออปติไมซ์ (Optimization)

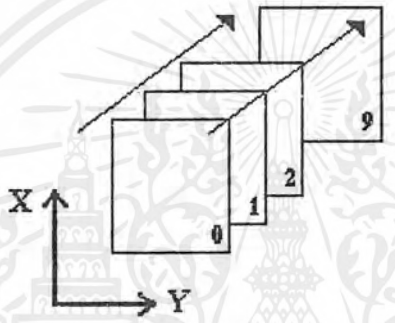
4.2.3 การออปติไมซ์ (Optimization)

การออปติไมซ์ เป็นการตรวจสอบว่าจุดใดๆในรูปที่เป็นอินพุทนั้นเป็นจุดที่มีประโยชน์ในการให้ค่าคำตอบหรือไม่ ตัวอย่างเช่น เลข 3 และเลข 8 ดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าที่จุด A นั้น เลข 3 เป็นจุดที่มีสีขาว ส่วนเลข 8 มีสีดำ แต่ที่จุดB จะมีสีดำทั้ง 2 จุด จะเห็นว่าจุด B ไม่มีประโยชน์ในการหาคำตอบเลยซึ่งการออปติไมซ์ ทำได้โดยนำเอารูปที่ผ่านการนอร์มาไลซ์มาแล้ว มาเรียงกันตามรูป5.3 แล้วทำการตรวจสอบที่ทุกๆพิกัด (x,y) แล้วพิจารณาว่าจุดใดมีจำนวนจุดขาวและจุดดำใกล้เคียงกันก็แสดงว่าจุดนี้มีประโยชน์ในการหาคำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



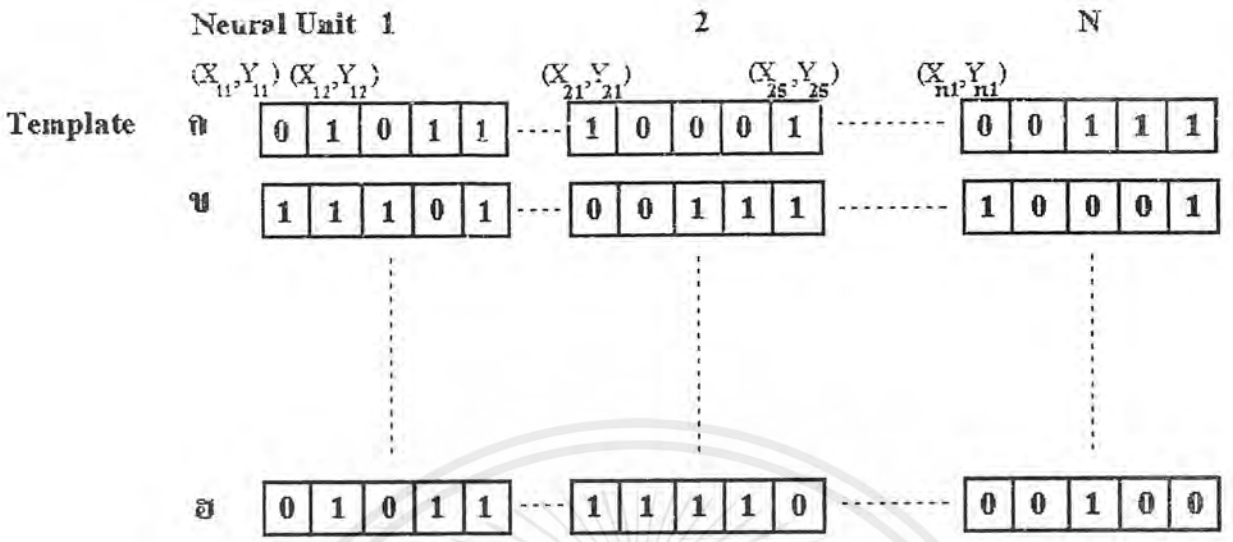
รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการพิจารณาจุด A และจุด B



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการออปติไมซ์

หลังจากได้พิกัดที่มีประโยชน์ในการรู้จำตัวอักษรแล้ว เราจะทำการแยกพิกัดทั้งหมดที่ได้เป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มจะเรียกว่า " นิวรอล 1 หน่วย " โดยนิวรอลแต่ละหน่วยจะประกอบด้วยพิกัดจำนวนหนึ่งซึ่งเรียกว่า " ขาของนิวรอล " เมื่อได้พิกัดที่มีประโยชน์ในการให้คำตอบแล้ว เราต้องเก็บค่าสีที่พิกัดเหล่านั้นของข้อมูลต้นแบบทุกๆ รูปไว้ด้วยดังในรูปที่4.4 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในส่วนของโปรแกรมหลักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.4 ตัวอย่างฐานข้อมูล

4.3 การทำงานของโปรแกรมหลัก

เนื่องจากเราต้องการให้โปรแกรมทำงานได้เร็วมากขึ้น จากเดิมที่การทำงานจะอ้างจากขนาดของไฟล์ภาพที่เป็นอินพุท เปลี่ยนเป็นอ้างการทำงานจากขนาดของกรอบแสดงรูปที่เป็นอินพุทบนฟอร์มซึ่งมีขนาดเล็กกว่าไฟล์ภาพ ดังนั้นโปรแกรมจะทำงานได้เร็วขึ้น การทำงานเริ่มต้นเมื่อมีภาพอินพุทเข้ามาโปรแกรมจะทำการแปลงให้เป็นภาพขาว-ดำก่อนดังรูปที่4.5 และทำการลบส่วนที่ไม่น่าจะเป็นส่วนของทะเบียนรถยนต์ออกดังรูปที่4.6 จากนั้นหาตัวเลขและตัวอักษรที่มีอยู่ในภาพโดยหาส่วนที่มีดำ หลังจากนั้นทำการหาขอบเขตของกลุ่มของพิกเซลที่มีสีดำนั้นดังรูปที่ 4.7 แล้วทำการพิจารณาขนาดของขอบเขตที่ได้ว่ามีโอกาสที่จะเป็นเลขทะเบียนรถยนต์หรือไม่ ถ้ามีความเป็นไปได้ก็จะทำการหาขอบเขตของตัวอักษรตัวต่อไปในระดับแนวนอนที่ใกล้เคียงกัน (เนื่องจากตัวเลขทะเบียนรถยนต์จะต้องอยู่ในแนวระดับเดียวกันเท่านั้น)ดังรูปที่4.8 เป็นการแสดงให้เห็น โดยตีกรอบกำหนดขอบเขตการหา ถ้าส่วนนั้นไม่น่าจะเป็นทะเบียนอีกก็ลบส่วนนั้นออกไปและทำการหาต่อไป เมื่อได้ส่วนที่น่าจะเป็นทะเบียนแล้วทำการนอมาไลซ์ข้อมูลอินพุท และทำการตรวจสอบค่าของสีที่พิกัด(ที่ได้จากการออปติไมซ์) ในการตัดสินใจนิวรอลแต่ละหน่วยจะทำงานเป็นอิสระต่อกัน โดยนิวรอล 1 หน่วยใดๆจะทำการเปรียบเทียบค่าสีที่พิกัด(ขาของนิวรอลหน่วยนั้นๆ)ของรูปที่เป็นอินพุทกับค่าสีของข้อมูลที่ไม่มีสิ่งรบกวน (Noise free data) ทุกๆรูปที่พิกัดเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบว่ารูปอินพุทที่เข้ามามีความใกล้เคียงกับรูปใดมากที่สุด หลังจากนั้นนิวรอลหน่วยนั้นจะทำการหาว่าข้อมูลอินพุทที่เข้ามาใกล้เคียงกับข้อมูลต้นแบบรูปใดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงคะแนน (Vote) ให้กับข้อมูลต้นแบบรูปนั้น 1 คะแนน เมื่อนิวรอลทุกหน่วยทำการลงคะแนนครบแล้ว โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลต้นแบบตัวใดมีคะแนนมากที่สุดก็จะเลือกข้อมูลนั้นมาเป็นคำตอบ จากนั้นนำคำตอบที่ได้ไปเก็บบันทึกไว้ในตารางเลขทะเบียนพร้อมกับบันทึกวันเวลาสำหรับเลขทะเบียนนี้ด้วย

รูปที่ 4.5 ภาพที่ผ่านการแปลงเป็นภาพขาว-ดำ

รูปที่ 4.6 ภาพที่ผ่านการลบส่วนที่ไม่น่าจะเป็นเลขทะเบียนรถออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

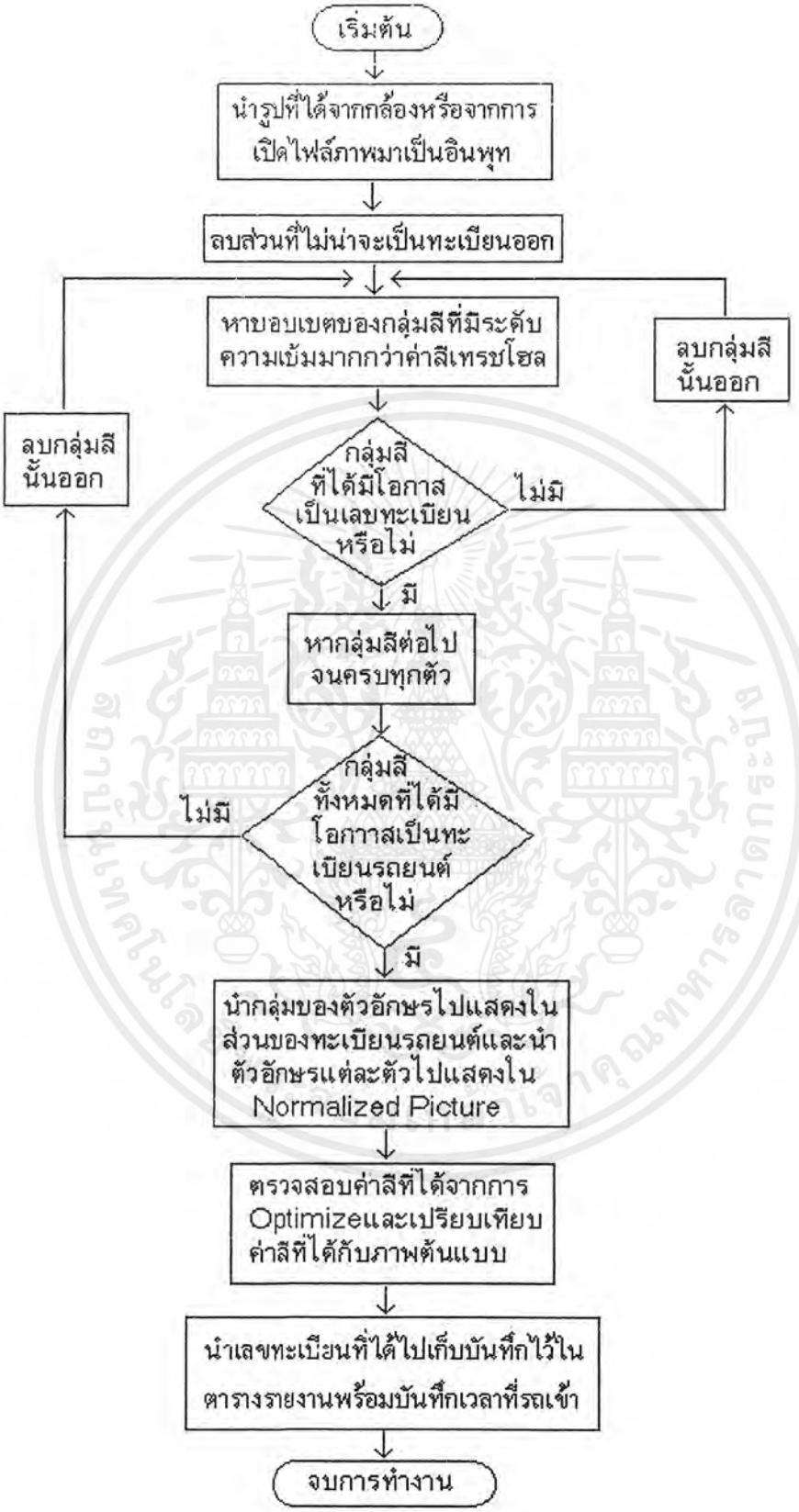
รูปที่ 4.7 แสดงการหาขอบเขตของกลุ่มพิกเซลที่มีสีดำ

รูปที่ 4.8 การกำหนดขอบเขตการหาเลขทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

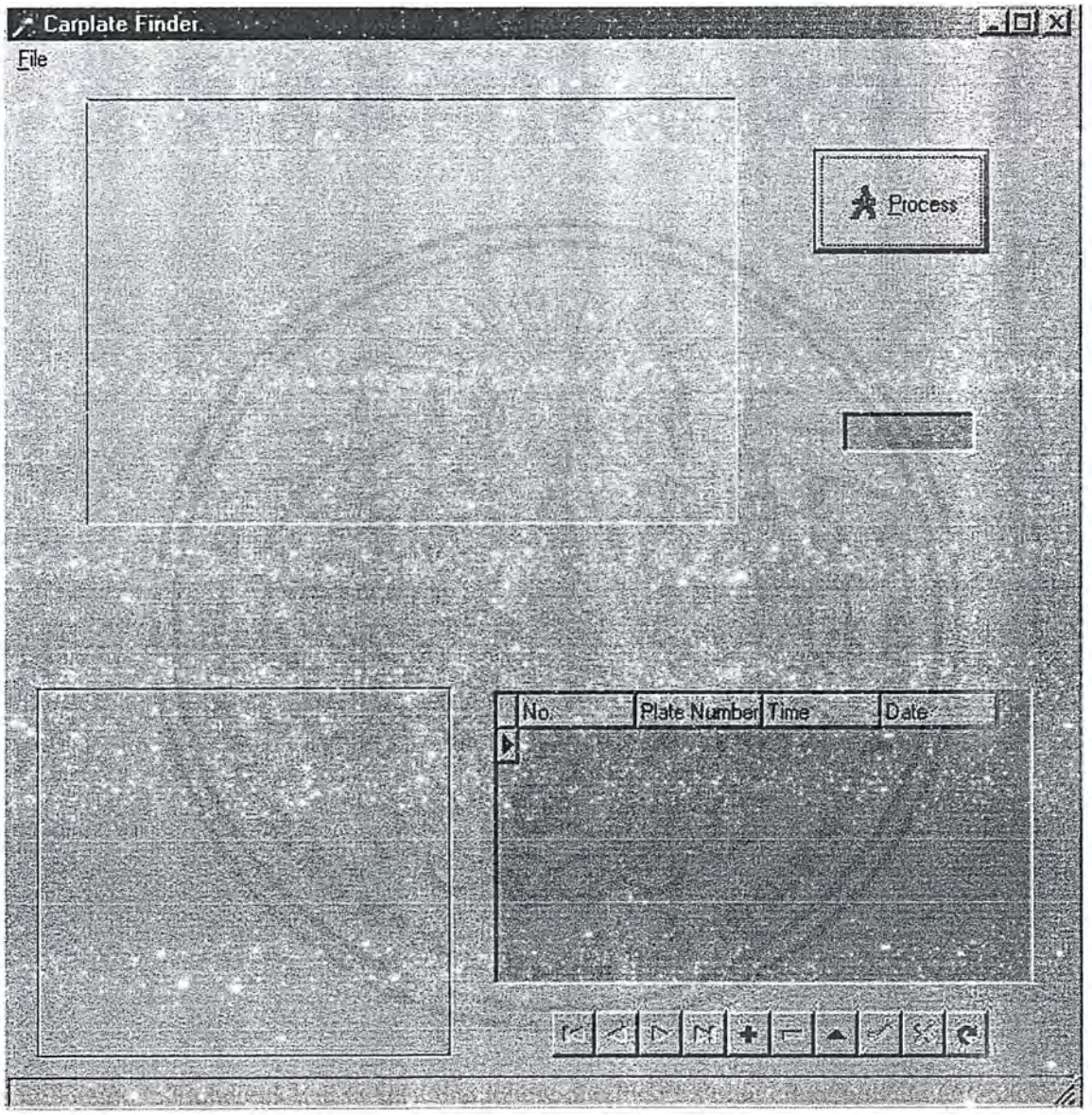
รูปที่ 4.9 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานโปรแกรมส่วนของนิวรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



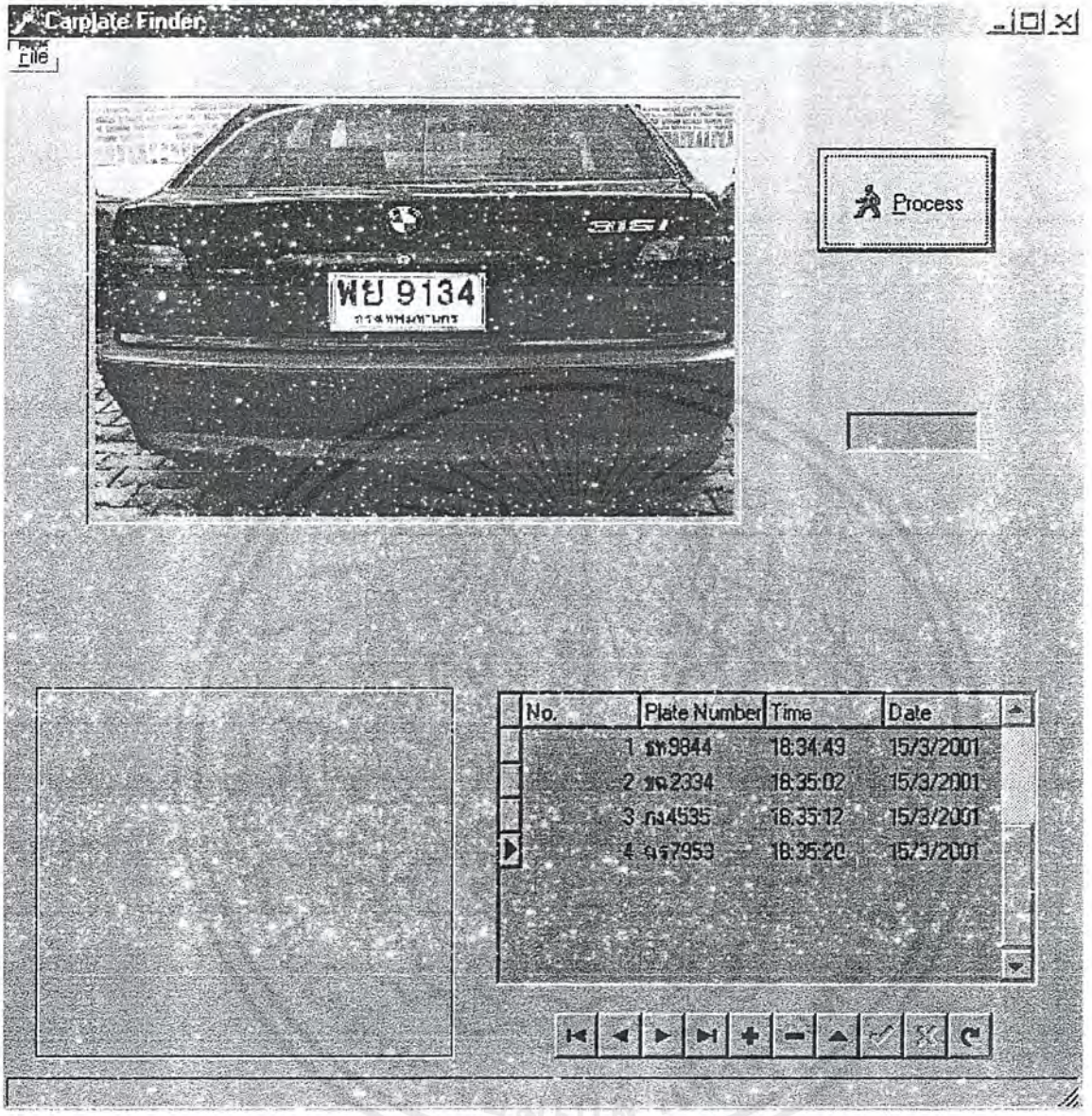
รูปที่ 4.10 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



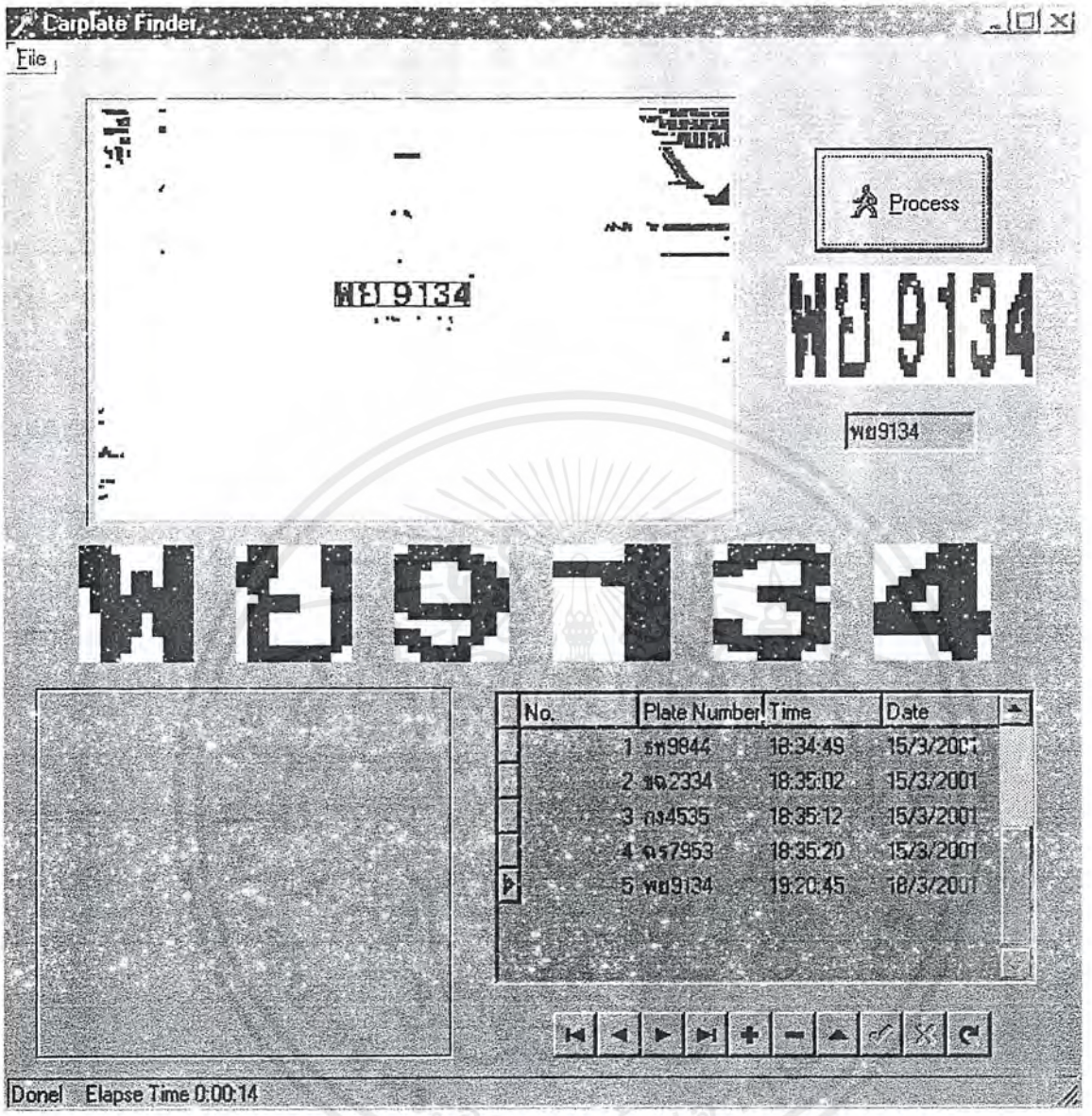
รูปที่4.11ตัวอย่างโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างโปรแกรมขณะรับอินพุทจากไฟล์ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



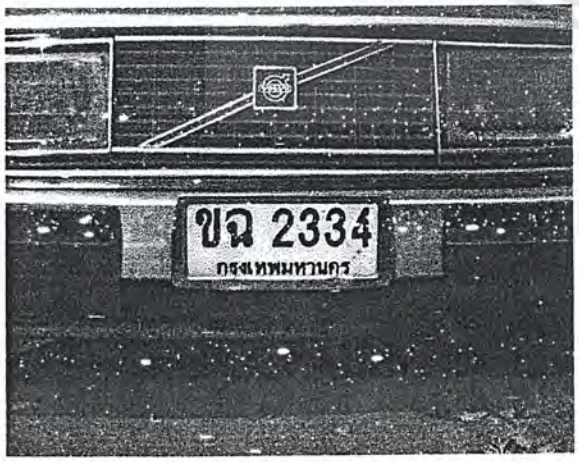
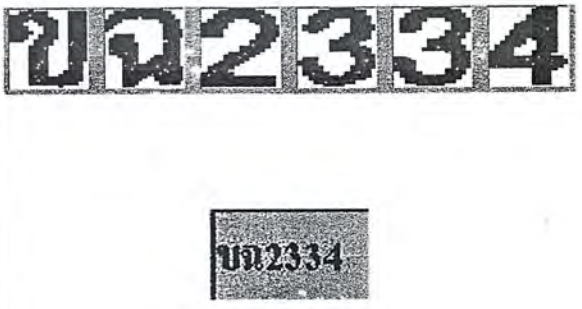
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างโปรแกรมขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

เนื่องจากไม่สามารถนำโปรแกรมไปใช้กับรถจริงในกรณีที่อินพุทที่ได้มาจากกล้องโดยตรง ดังนั้นจึงใช้อินพุทจากการเปิดไฟล์ภาพ ซึ่งการทำงานเป็นไปในลักษณะเดียวกัน จากการนำทะเบียนรูปต่างๆมาป้อนให้กับโปรแกรมจะได้ผลดังนี้

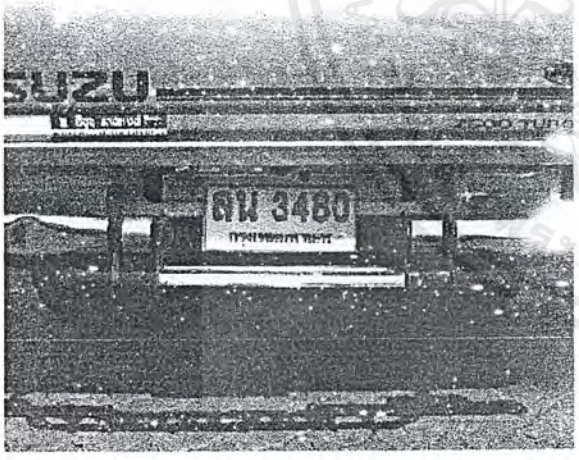
รูปที่ป้อนให้กับโปรแกรม	คำตอบที่ได้
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของรูปที่ป้อนให้กับโปรแกรมมีสิ่งรบกวนไม่มากนัก(ในที่นี้หมายถึงเรื่องของแสงเงา ความสว่างของทะเบียนและรวมถึงน๊อต) โปรแกรมก็จะยังสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

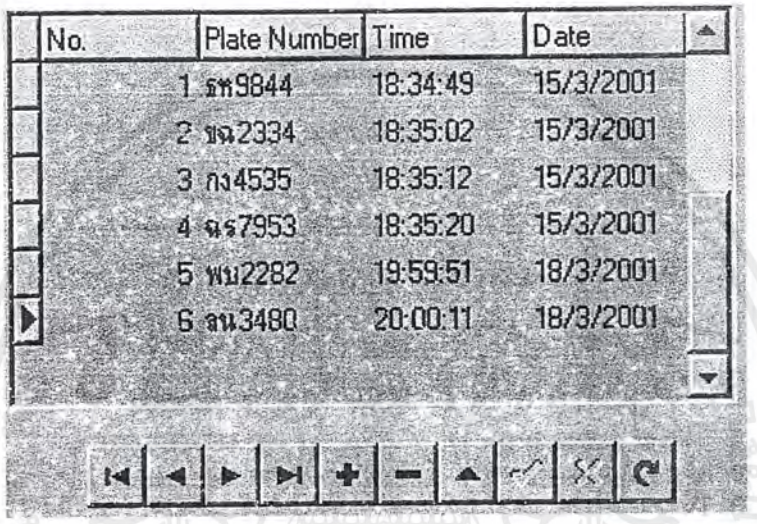
รูปที่ป้อนให้กับโปรแกรม	คำตอบที่ได้
	กง4535 กง4535
	ฉร7953 ฉร7953

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ป้อนให้กับโปรแกรม	คำตอบที่ได้
	พบ2282
	ฌน3480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการป้อนไฟล์ภาพต่างๆเป็นอินพุทให้กับโปรแกรมตามการทดลองข้างต้น การเก็บค่าเลขทะเบียนและวันเวลาต่างๆลงในตาราง โปรแกรมสามารถทำได้อย่างถูกต้อง ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การเก็บค่าต่างๆลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทำงานโดยอ้างค่าสีจากฟอร์มของโปรแกรมจะช่วยให้โปรแกรมสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นเนื่องจากกรอบของภาพที่เป็นอินพุทบนฟอร์มจะมีขนาดคงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของรูปที่นำมาป้อนเป็นอินพุท จากการทดลองจะเห็นว่าถ้ารูปทะเบียนที่เข้ามาเป็นรูปทะเบียนที่มีความชัดสมบูรณ์ (ไม่มืดหรือสว่างจนเกินไป) โปรแกรมจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ในกรณีที่รูปที่ป้อนให้กับโปรแกรมมีสิ่งรบกวนอยู่บ้าง การทำงานของโปรแกรมก็จะยังเป็นไปตามปกติ แต่ในกรณีที่มีสิ่งรบกวนมากเกินไปก็อาจจะทำให้โปรแกรมทำงานผิดพลาดได้แต่เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมนั้นได้ทำจากรูปทะเบียนรถที่มีอยู่ จึงทำให้ยังไม่มีรูปที่โปรแกรมไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นหากนำรูปใหม่ที่ไม่ได้ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมมาป้อนให้กับโปรแกรม ก็มีโอกาสที่โปรแกรมจะทำงานผิดพลาดได้ ส่วนการเก็บหมายเลขทะเบียนรถพร้อมระบุเวลาไว้ในตารางเก็บค่าจะช่วยให้มีความสะดวกในการตรวจสอบรถที่เข้ามาในช่วงเวลาต่างๆได้ ส่วนการนำโปรแกรมไปใช้งานจริงก็อาจทำชุดเซ็นเซอร์ติดตั้งไว้ เมื่อมีรถผ่านเข้ามา โปรแกรมที่สร้างขึ้นจะสามารถนำภาพจากกล้องในขณะนั้นมาเป็นอินพุทของโปรแกรม และจะสั่งงานโปรแกรมให้ทำงานโดยอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ImageEnView, VideoCap, ExtCtrls, Buttons, ImageEnProc, Menus,
  ImageEnIO, ComCtrls, IEOpenSaveDlg, iedefs, Grids, DBGrids, ExtDlgs, Db,
  DBTables, Mask, DBCtrls;

  const
  neural = 150; leg = 8; point = 1200; template = 53;

type
  TForm1 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    SpeedButton2: TSpeedButton;
    ImageEnProc1: TImageEnProc;
    ImageEnProc2: TImageEnProc;
    ImageEnIO1: TImageEnIO;
    ImageEnVideoView1: TImageEnVideoView;
    Label5: TLabel;
    SaveImageEnDialog1: TSaveImageEnDialog;
    Label8: TLabel;
    Process: TBitBtn;
    Table1: TTable;
    DataSource1: TDataSource;
    OpenPictureDialog1: TOpenPictureDialog;
    DBGrid1: TDBGrid;
    run: TBitBtn;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Image2: TImage;
    image3: TImage; Image4: TImage;
    Image5: TImage; Image6: TImage;
    Image7: TImage; Image8: TImage;
    DBEdit1: TDBEdit;
    DBEdit2: TDBEdit;
    DBEdit3: TDBEdit;
    Edit1: TEdit;
    Button1: TButton;
    ImageEnView1: TImageEnView;
    Image1: TImage;
    Open: TBitBtn;
    Image9: TImage;
    Bevel1: TBevel;
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    CameraOn1: TMenuItem;
    Open1: TMenuItem;
    Run1: TMenuItem;
    DBNavigator1: TDBNavigator;
    procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
    procedure ImageEnVideoView1Job(Sender: TObject; job: TIEJob;per: Integer);
    procedure ProcessClick(Sender: TObject);
    procedure runClick(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure OpenClick(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
     data:array[1..template,0..63,0..63] of integer;
    data2:array[0..63,0..63] of integer;
    pointx:array[1..point] of integer;
    pointy:array[1..point] of integer;
    fixcox:array[1..neurai,1..leg] of integer;
    fixcoy:array[1..neural,1..leg] of integer;
    xram:array[1..template,1..neural,1..leg] of integer;
    hamming:array[1..template] of integer;
    output:array[1..neural,1..leg] of integer;
    vote:array[1..template] of integer;
    x,y,count,start,xl,xr,xe,heyup,heydown,heyright,left,right,up,down,
    num,dead,fin,finish,mean1,upy,rightx,downy,leftx,x2,y2,cx,up2,down2,
    left2,right2,start2:integer;
    bitmap:tbitmap;image:timage;
    procedure ImageEnVideoView1VideoFrame(Sender: TObject; Bitmap: TBitmap);
    procedure DisplayVideoSize;

  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

uses giflzw, tiflzw;

{$R *.DFM}

procedure TForm1.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
        SpeedButton2.Down:=true;ImageEnVideoView1.ShowVideo:=SpeedButton2.Down;
      DisplayVideoSize;
end;


procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
        if not ImageEnVideoView1.DoConfigureSource then
                MessageDlg('Configure Source dialog not available',mtInformation,[mbOK],0)
  else
        DisplayVideoSize;
end;

Procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
begin
  if not ImageEnVideoView1.DoConfigureFormat then
          MessageDlg('Configure Format dialog not available',mtInformation,[mbOK],0)
  else
        DisplayVideoSize;
end;

procedure TForm1.ImageEnVideoView1VideoFrame(Sender: TObject; Bitmap: TBitmap);
var x,y:integer;
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
table1.First;
if table1.eof = true then begin current:=1; start2:=1; end
else
 begin
  repeat
   begin
    current:=0;
    table1.next;
    start2:=start2+1;
   end
  until table1.eof = true;
 end;

run.enabled:=false;mean:=7000000;finish:=1;
datetimebef:=time;form1.cursor:=crappstart;
statusbar1.simpletext:='Processing ..... please wait';form1.update;
repeat
begin
if speedbutton2.down= true then
 begin image1.picture:=image9.picture;end;;form1.update;
 for y:=image1.top to image1.top+image1.height-1 do
  for x:=image1.left to image1.left+image1.width-1 do
   begin
   if form1.canvas.pixels[x,y]<mean then
    form1.canvas.pixels[x,y]:=clblack else
    form1.canvas.pixels[x,y]:=clwhite;
   end;form1.update;
for x:=image1.left to image1.left+image1.width-1 do
begin
 form1.canvas.pixels[x,image1.top]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[x,image1.top+1]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[x,image1.top+image1.height-1]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[x,image1.top+image1.height]:=clwhite;
end;
for y:=image1.top to image1.top+image1.height-1 do
begin
 form1.canvas.pixels[image1.left,y]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[image1.left+1,y]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[image1.left+image1.width-1,y]:=clwhite;
 form1.canvas.pixels[image1.left+image1.width,y]:=clwhite;
end;count:=0;start:=0;xl:=0;xr:=0;xe:=0;
 for x:=image1.left+1 to image1.left+image1.width-2 do
  begin
  for y:=image1.top+1 to image1.top+image1.height-2 do
   begin
    if form1.canvas.pixels[x,y]=clblack then
     begin
      count:=count+1;
     if start=0 then begin xl:=y;start:=1;end;
    end else
     begin
     if (count>40)then
       begin
        xr:=y;
        for xe:=xl to xr do
        begin form1.canvas.pixels[x,xe]:=clwhite;count:=0;start:=0;end;
       end else
       begin count:=0;start:=0;end;
     end;
  end;if (count>40)then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
        xr:=y;
        for xe:=xl to xr do
        begin form1.canvas.pixels[x,xe]:=clwhite;count:=0;start:=0;end;
        end else
        begin count:=0;start:=0;end;
    end;
  count:=0;start:=0;xl:=0;xr:=0;xe:=0;
  for y:=image1.top+1 to image1.top+image1.height-2 do
   begin
   for x:=image1.left+1 to image1.left+image1.width-2 do
    begin
     if form1.canvas.pixels[x,y]=clblack then
      begin
       count:=count+1;
       if start=0 then begin xl:=x;start:=1;end;
      end else
       begin
       if (count>40)then
        begin
         xr:=x;
         for xe:=xl to xr do
         begin form1.canvas.pixels[xe,y]:=clwhite;count:=0;start:=0;end;
        end else
        begin count:=0;start:=0;end;
       end;
    end;if (count>40)then
        begin
        xr:=x;
        for xe:=xl to xr do
        begin form1.canvas.pixels[xe,y]:=clwhite;count:=0;start:=0;end;
        end else
        begin count:=0;start:=0;end;
  end;
 count:=0;start:=0;xl:=0;xr:=0;xe:=0;
 for y:=image1.top to image1.top+image1.height-1 do
  begin
  for x:=image1.left to image1.left+image1.width-1 do
   begin
    if form1.canvas.pixels[x,y]=clblack then
     begin
      count:=count+1;
      if start=0 then begin xl:=x;start:=1;end;
     end else
      begin
      if (count<2)and(start=1)then
       begin
        xr:=x;start:=0;
        for xe:=xl to xr do
        begin form1.canvas.pixels[xe,y]:=clwhite;end;count:=0;start:=0;
       end else
       begin count:=0;start:=0;end;
      end;
   end; count:=0;start:=0;
  end;
 count:=0;start:=0;xl:=0;xr:=0;xe:=0;
 for x:=image1.left to image1.left+image1.width-1 do
  begin
  for y:=image1.top to image1.top+image1.height-1 do
   begin
```

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if form1.canvas.pixels[x,y]=ciblack then
   begin
    count:=count+1;
    if start=0 then begin xl:=y;start:=1;end;
   end else
    begin
    if (count<2)and(start=1)then
     begin
      xr:=y;start:=0;
      for xe:=xl to xr do
      begin form1.canvas.pixels[x,xe]:=ciwhite;end;count:=0;start:=0;
     end else
     begin count:=0;start:=0;end;
    end;
  end; count:=0;start:=0;
 end;


upy:=image1.top;leftx:=image1.left;num:=1;mean1:=6000000;
rightx:=leftx+image1.width-1;downy:=upy+image1.height-1;
x:=leftx;y:=upy;dead:=0;up:=0;left:=0;down:=0;right:=0;fin:=0;cx:=x;
repeat
begin
repeat
begin
 while (x<=rightx) do
  begin
   while (y<=downy) do
    begin
    if form1.canvas.pixels[x,y]<=mean1 then
     begin
     left:=x;right:=x+1;up:=y-1;down:=y;dead:=0;
     repeat
      begin down:=down+1;end;
     until form1.canvas.pixels[left,down]>=mean1;
     if down-up>=30 then dead:=1;
      repeat
       begin
        heyup:=0;heydown:=0;heyright:=0;
         y:=up;
         repeat
          count:=0;
          begin
          for x:=left to right do
           begin
            if form1.canvas.pixels[x,up]<=mean1 then count:=count+1;
           end;
           if count<>0 then begin up:=up-1;heyup:=1;end;
           if (y-up>40)or(up<=image1.top+1) then dead:=1;
          end;
         until (count=0)or(dead=1);
         if dead<>1 then
          begin
          y:=down;
          repeat
          count:=0;
           begin
           for x:=left to right do
            begin
             if form1.canvas.pixels[x,down]<=mean1 then count:=count+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        end;
        if count<>0 then begin down:=down+1;heydown:=1;end;
        if (down-y>40)or(down>=image1.top+image1.height-1) then dead:=1;
       end;
     until (count=0)or(dead=1);
       if dead<>1 then
       begin
        repeat
         count:=0;
         begin
         for y:=(up+1)to(down-1)do
          begin
           if form1.canvas.pixels[right,y]<mean1 then
            begin heyright:=1;count:=count+1;end;
          end; if count<>0 then
            begin
             right:=right+1;if right-left>40 then dead:=1;
            end;
          end;
          until (count=0)or(dead=1);
        end else
      end else
       begin                                {Not Number}
        for x:=left to right do
         for y:=up to down do
          begin form1.canvas.pixels[x,y]:=clwhite;end;
       end;
   end;
  until (heyup=0)and(heydown=0)and(heyright=0)or(dead=1);

if (right-left<5)or(down-up<12)or(right-left>35)or(down-up>40)then dead:=1;

 {*****************************************}
if dead<>1 then
begin
 x:=right-1;y:=down+1;
 repeat
  y:=y-1;
 until form1.canvas.pixels[x,y]=clblack;
 left:=right-1;up:=y-1;down:=y+1;
   repeat
    begin
     heyup:=0;heydown:=0;heyright:=0;
      repeat
       count:=0;
       begin
       for x:=left to right do
        begin
         if form1.canvas.pixels[x,up]<=mean1 then count:=count+1;
        end;
        if count<>0 then begin up:=up-1;heyup:=1;end;
       end;
      until (count=0);
       repeat
       count:=0;
        begin
        for x:=left to right do
         begin
          if form1.canvas.pixels[x,down]<=mean1 then count:=count+1;
         end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if count<>0 then begin down:=down+1;heydown:=1;end;
       end;
     until (count=0)or(dead=1);
       repeat
        count:=0;
        begin
        for y:=(up+1)to(down-1)do
         begin
          if form1.canvas.pixels[left,y]<mean1 then
           begin heyright:=1;count:=count+1;end;
         end; if count<>0 then
          begin
           left:=left-1;if right-left>40 then dead:=1;
          end;
        end;
        until (count=0)or(dead=1);
   end;
  until (heyup=0)and(heydown=0)and(heyright=0)or(dead=1);
 end;

 {*************************************}

if (right-left<5)or(down-up<8) then dead:=1;
if ((down-up)div(right-left)>=4)then dead:=1;
if num>1 then
 begin
  if((abs(down1-up1)-(down-up))>5)or
   (abs((right1-left1)-(right-left))>((right1-left1)div 2))then dead:=1;
 end;
if dead<>1 then
 begin
 count:=0;
 for x:=left to right do
 for y:=up to down do
  begin
   if form1.canvas.pixels[x,y]<=mean1 then count:=count+1;
  end;
  if (((count/((right-left)*(down-up)))*100)>80)or
   (((count/((right-left)*(down-up)))*100)<20)then dead:=1;
  if num<>1 then
  begin
   if (abs(up-up2)>5)or(abs(down-down2)>5)then dead:=1;
  end;
end;
    if dead<>1 then
     begin
     left:=left+1;down:=down-1;right:=right-1;up:=up+1;
if num=1 then
 begin
  image:=image2;up2:=up;down2:=down;left2:=left;right2:=right;
  up1:=up;down1:=down;left1:=left;right1:=right;
 end;
if num=2 then image:=image3;
if num=3 then image:=image4;
if num=4 then image:=image5;
if num=5 then image:=image6;
if num=6 then image:=image7;
   if up2>up then up2:=up;
   if down>down2 then down2:=down;
   if right>right2 then right2:=right;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  num:=num+1;image.visible:=false;
  Bitmap := TBitmap.Create;                    { Clear old Output }
  Bitmap.Width := right-left+1;
  Bitmap.Height := down-up+1;
  Image.Picture.Graphic := Bitmap;
  for y:=up to down do                         { Make Output }
  for x:=left to right do
    begin
     image.canvas.pixels[x-left,y-up]:=form1.canvas.pixels[x,y];
    end;
 image.Height:=64;image2.Width:=64;
 image.visible:=true;form1.update;
 upy:=up;downy:=down;rightx:=right+(((right-left)*3)div 2);x:=right+1;y:=upy;
      end else
       begin
        heyup:=0;heydown:=0;heyright:=0;dead:=0;
        for x:=left to right do
         for y:=up to down do
          begin form1.canvas.pixels[x,y]:=clwhite;end;
          x:=left;
       end;
    end else y:=y+1;
   end;x:=x+1;y:=upy;cx:=cx+1;
  end;
  if (fin=1)and(num<=6) then
   begin
    heyup:=0;heydown:=0;heyright:=0;dead:=0;fin:=0;
   end;
  if (rightx<>image1.left+image1.width-1)and(x>=rightx)and(num<=6) then
   begin
     for x:=left1 to right1 do
      for y:=up1 to down1 do
       begin form1.Canvas.pixels[x,y]:=clwhite;end;
    upy:=image1.top;leftx:=image1.left;num:=1;
    rightx:=leftx+image1.width-1;downy:=upy+image1.height-1;
    heyup:=0;heydown:=0;heyright:=0;dead:=0;fin:=0;x:=right1;y:=down1;
   end;
  if (rightx<>image1.left+image1.width-1)and(x>=rightx)and(num>6) then
   cx:=image1.width+1;
  if (rightx=image1.left+image1.width-1)and(x>=rightx)then
   cx:=image1.width+1;
end;
until cx=image1.width+1;
end;
until (num>=7)or(cx>image1.width);
finish:=finish+1;
if finish=2 then mean:=5200000;
if finish=3 then mean:=8500000;
if finish=4 then mean:=11500000;
if finish=5 then mean:=4700000;
end;
if num<7 then
begin
 if speedbutton2.down=false then
 begin image1.Picture.LoadFromFile(OpenPictureDialog1.FileName);end;
 image2.visible:=false;image3.visible:=false;image4.visible:=false;
 image5.visible:=false;image6.visible:=false;image7.visible:=false;
 form1.update;
end;
until (num>=6)or(finish=6);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if num>=7 then
begin
 statusbar1.simpletext:='Carplate Found!';form1.update;
  Bitmap := TBitmap.Create;                    {Show Carplate!}
  Bitmap.Width := (right2-left2)+3;
  Bitmap.Height := (down2-up2)+3;
  Image8.Picture.Graphic := Bitmap;
 for y:=up2-1 to down2+1 do
  for x:=left2-1 to right2+1 do
   begin
    image8.canvas.pixels[x-left2+1,y-up2+1]:=form1.canvas.pixels[x,y];
   end;image8.visible:=true;
 for x:=left2 to right2 do
  begin
   form1.canvas.pixels[x,up2]:=clred;form1.canvas.pixels[x,down2]:=clred;
  end;
 for y:=up2 to down2 do
  begin
   form1.canvas.pixels[left2,y]:=clred;form1.canvas.pixels[right2,y]:=clred;
  end;form1.update;
end;

{*********************************************}
{neural Zone}
if num>=7 then
begin
n:=1;
for num:=1 to 6 do
 begin
  if num=1 then image:=image2;
  if num=2 then image:=image3;
  if num=3 then image:=image4;
  if num=4 then image:=image5;
  if num=5 then image:=image6;
  if num=6 then image:=image7;

 for i:=image.left to image.left+image.width-1 do
  for j:=image.top to image.top+image.height-1 do
   begin
    if form1.canvas.pixels[i,j]>mean
    then data2[i-image.left,j-image.top]:=1
    else data2[i-image.left,j-image.Top]:=0;
   end;
 {load data}
////////////////
{compare}
   for neu:=1 to neural do
    for i:=1 to leg do
     output[neu,i]:=data2[fixcox[neu,i],fixcoy[neu,i]];
     //get output

  hamming[n]:=0;
   for neu:=1 to neural do
    begin
     for n:=1 to template do
      begin
       for i:=1 to leg do
        if output[neu,i]<>xram[n,neu,i] then hamming[n]:=hamming[n]+1;
      end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    min:=10000;
    for h:=1 to template do
    if hamming[h]<min
    then
     begin min:=hamming[h];  end;
    for a:=1 to template do
     if hamming[a]=min then vote[a]:=vote[a]+1;
    for h:=1 to template do
    hamming[h]:=0;

   end;

 score:=0;
  for h:=1 to template do
   if vote[h]>score
   then
    begin
     score:=vote[h]; a:=h;
    end;
{answer}
case a of
 1:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 2:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 3:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 4:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 5:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 6:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 7:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 8:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 9:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 10:dbedit1.text:=dbedit1.text+inttostr(a-1);
 11:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ก';
 12:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ข';
 13:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ค';
 14:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฅ';
 15:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฆ';
 16:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ง';
 17:dbedit1.text:=dbedit1.text+'จ';
 18:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฉ';
 19:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ช';
 20:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ซ';
 21:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฌ';
 22:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ญ';
 23:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฎ';
 24:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฏ';
 25:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฐ';
 26:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฑ';
 27:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฒ';
 28:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ณ';
 29:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ด';
 30:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ต';
 31:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ถ';
 32:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ท';
 33:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ธ';
 34:dbedit1.text:=dbedit1.text+'น';
 35:dbedit1.text:=dbedit1.text+'บ';
 36:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ป';
 37:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ผ';
 38:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฝ';
 39:dbedit1.text:=dbedit1.text+'พ';
```

สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 40:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฟ';
 41:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ก';
 42:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ม';
 43:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ย';
 44:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ร';
 45:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ล';
 46:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ว';
 47:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ค';
 48:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ษ';
 49:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ส';
 50:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ห';
 51:dbedit1.text:=dbedit1.text+'อ';
 52:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฮ';
 53:dbedit1.text:=dbedit1.text+'ฮ';
end;
 for h:=1 to template do
  vote[h]:=0;

end;
{end compare}

datetimeaft:=time;
timestr:=timetostr(datetimebef);
dbedit2.text:=timestr;
timedif:=datetimeaft-datetimebef;
statusbar1.simpletext:='Done!   Elapse Time '+timetostr(timedif);
dbedit3.text:=DateToStr(date);

edit1.text:=dbedit1.text;

table1.Next;
table1.Append;
table1.FieldValues['No.']:=start2;
table1.FieldValues['Plate Number']:=dbedit1.text;
table1.FieldValues['Time']:=strtotime(dbedit2.text);
table1.FieldValues['Date']:=(date);
table1.Post;

dbedit1.text:='';
dbedit2.text:='';
dbedit3.text:='';
end;form1.cursor:=crdefault;run.enabled:=true;
speedbutton2.down:=true;form1.update;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
type rawdata = array[1..10,0..63,0..63] of integer;
   qouta = array[1..neural,1..leg] of integer;
var valid:array[0..63,0..63] of integer;
  x,y,z,i,j,number,neu,n:integer;
  raw:rawdata;
  point_data:file of rawdata;
  fixx,fixy:qouta;
  point:file of qouta;
begin
assignfile(point,'2.pee');
reset(point);
read(point,fixx);
read(point,fixy);
 for neu:=1 to neural do
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for i:=1 to leg do
      begin
       fixcox[neu,i]:=fixx[neu,i];
       fixcoy[neu,i]:=fixy[neu,i];
      end;
 closefile(point);

 {load raw data}
 assignfile(point_data,'rawdata1.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 10 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n,i,j]:=raw[n,i,j];

 CloseFile(point_data);

 assignfile(point_data,'rawdata2.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 10 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n+10,i,j]:=raw[n,i,j];

 CloseFile(point_data);

 assignfile(point_data,'rawdata3.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 10 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n+20,i,j]:=raw[n,i,j];

 CloseFile(point_data);

 assignfile(point_data,'rawdata4.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 10 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n+30,i,j]:=raw[n,i,j];

 CloseFile(point_data);

 assignfile(point_data,'rawdata5.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 10 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n+40,i,j]:=raw[n,i,j];
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 CloseFile(point_data);

 assignfile(point_data,'rawdata6.pee');
 reset(point_data);
 read(point_data,raw);

  for n:=1 to 3 do
   for i:=0 to 63 do
    for j:=0 to 63 do
     data[n+50,i,j]:=raw[n,i,j];

 CloseFile(point_data);
 {end load data}
 {clear valid}
  for x:=0 to 63 do
   for y:= 0 to 63 do
    valid[x,y]:=1;

 {start collect data}
  for number:=1 to template do
  for neu:=1 to neural do
   for i:=1 to leg do
     xram[number,neu,i]:=data[number,fixcox[neu,i],fixcoy[neu,i]];
 {end collect data}

 end;

 procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
 begin
  table1.Append;
 table1.FieldValues['Plate Number']:=dbedit1.text;
 table1.FieldValues['Time']:=strtotime(dbedit2.text);
 table1.FieldValues['Date']:=(date);
 table1.FieldValues['No.']:=1;
 table1.post;
 end;

 procedure TForm1.OpenClick(Sender: TObject);
 var x,y:integer;Bitmap:TBitmap;CurrentFile:String;
 begin
  if OpenPictureDialog1.Execute then
  begin
   image1.Picture.LoadFromFile(OpenPictureDialog1.FileName);
   OpenPictureDialog1.InitialDir:=OpenPictureDialog1.GetNamePath;
   image2.visible:=false;image3.visible:=false;image4.visible:=false;
   image5.visible:=false;image6.visible:=false;image7.visible:=false;
   image8.visible:=false;
   edit1.text:='';dbedit1.text:='';
   statusbar1.simpletext:='';speedbutton2.down:=false;
  end;
 end;

 end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของโปรเจคชิ้นนี้ ได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ ,จารย์ที่ปรึกษา ดร.ยุทธนา รวมถึง ดร.สุรพันธ์ สำหรับกล้องดิจดตอลและคำแนะนำต่างๆ และการให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอบคุณกลุ่มอ่ำกับฝุงที่ช่วยกันคิดช่วยกันแก้ กลุ่มน้องกับฝนที่ให้คำแนะนำการทำงานผ่านกล้อง เพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และน้องซ่าที่ช่วยพิมพ์อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว , วิทยานิพนธ์เรื่อง "Weightless Neural Network"
2. น.ส. ปวีณา ม่วงเฉย , ปริญญานิพนธ์เรื่อง "ระบบรู้จำทะเบียนรถยนต์'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้