การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

นางสาวกันตา กิติยานันท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0484-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOL FOR AN ONLINE HANDWRITTEN RECOGNITION SYSTEM BY USING THE BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK

Miss Kanta Kitiyanun

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2001
ISBN 974-03-0484-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ
โดย	นางสาวกันตา กิติยานันท์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นงลักษณ์ โควาวิสารัช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กันตา กิติยานันท์ : การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (A DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOL FOR AN ONLINE HANDWRITTEN RECOGNITION SYSTEM BY USING THE BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ, 123 หน้า. ISBN 974-03-0484-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ เครื่องมือซอฟต์แวร์นี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาระบบการรู้จำลายมือเขียน โดยเครื่องมือนี้จะนำข้อมูลตัวอักษรลายมือ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สำคัญมาทำการประมวลผล จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลเหล่านั้นส่งไปยังโปรแกรมข่ายงานประสาทเพื่อการรู้จำลายมือเขียน รวมไปถึงการรายงานผลการรู้จำให้กับผู้ใช้เครื่องมือได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ภาระในการเขียนโปรแกรมลดลง เครื่องมือนี้ยังประกอบไปด้วยความสามารถดังนี้คือ ส่วนจัดเก็บข้อมูลตัวอักษรไว้ในฐานข้อมูลที่สามารถรองรับลายมือเขียนจากผู้เขียนหลาย ๆ คน ส่วนการสร้างและแก้ไขภาษาไพธอนสคริปต์ที่ใช้ในการประมวลผลลายมือเขียน รวมไปถึงการจัดเตรียมส่วนต่อประสานกับโปรแกรมข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและง่ายยิ่งขึ้น ในส่วนสุดท้ายของเครื่องมือคือส่วนในการแสดงผลการรู้จำในรูปของเปอร์เซ็นต์ จากการออกแบบเครื่องมือนี้ กระบวนการในการเข้ารหัสข้อมูลลายมือเขียน ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการพัฒนาอัตราการรู้จำให้ดีขึ้น สามารถถูกเพิ่ม และแก้ไขได้โดยไม่มีผลกระทบกับส่วนอื่น ๆ

จากการทดสอบฟังก์ชันการประมวลผลตัวอักษรที่สร้างขึ้นด้วยภาษาไพธอนสคริปต์และทดสอบการทำงานทั้งหมดของเครื่องมือพบว่า เครื่องมือนี้สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	**ลายมือชื่อนิสิต**	.....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**	.....
ปีการศึกษา	2544	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**	.....

4170202121 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEY WORD: ONLINE HANDWRITTEN RECOGNITON/BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK
KANTA KITIYANUN : A DEVELOPMENT OF SOFTWARE TOOL FOR AN ONLINE HANDWRITTEN RECOGNITION SYSTEM BY USING THE BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WIWAT VATANAWOOD, 123 pp. ISBN 974-03-0484-2.

This research aims to design and develop a software tool for on-line handwritten recognition using backpropagation neural network. This software tool facilitates users in order to develop a handwritten recognition system. The tool permits users to input handwritten characters and necessary parameters, automatically process all data, forward all processed data to the neural network software for recognition and report results to users. Particularly, programming burden is reduced. This software tool provides several features including: collecting multi-writers' handwritten data into a database, creating and modifying Python scripts to perform handwritten data processing. In addition, this tool provides the interfaces to backpropagation neural network software so that users can configure parameters easily and comfortably. The final part of the tool will display the recognition results in percentage form. With our design, the process of encoding handwritten data — an important component for increasing recognition rates, can be added and modified without an effect to other components.

The data processing functions and all of the procedures in software tool are tested. The results show that this software performs correctly as designed and can be used practically.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Computer Engineering	**Student's signature** .....……
Field of study	Computer Science	**Advisor's signature** .....……....
Academic year	2001	**Co-advisor's signature** .....……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำ เสนอแนะข้อคิดเห็นและแนวทางในการค้นคว้าด้วยดีตลอดมา ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณผศ.นงลักษณ์ โควาวิสารัช ที่คอยดูแลและให้คำปรึกษาในระหว่างการทำงานวิจัยนี้

ขอบคุณพี่วชิราวุธ ธรรมวิเศษ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม

ขอบคุณชิษณุ ทองฉิม ที่ให้คำแนะนำในการเขียนเล่มและส่งเสริมกิจกรรมนันทนาการ

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานในห้องปฏิบัติการ CGCI ทุกท่าน โดยเฉพาะพี่สุภาพร บุญฤทธิ์ และพี่อุรีรัฐ วัฒนชนม์ ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้วยดีตลอดมาในการทำวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งส่งเสริมให้การศึกษาอย่างต่อเนื่องให้กับผู้วิจัยตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ลักษณะของข้อมูลลายมือเขียน 4
2.2 การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น 5
2.2.1 ขั้นตอนในการกำจัดสัญญาณรบกวน 5
2.2.2 การทำนอร์มอลไลซ์ 8
2.3 การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร 9
2.3.1 การแทนข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่ 9
2.3.2 การแทนข้อมูลด้วยจุดเด่น 11
2.4 การเรียนรู้ด้วยเครื่องแบบข่ายงานประสาท 13
3 การวิเคราะห์ระบบ
3.1 ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา 16
3.1.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัย 16
3.1.2 แนวทางในการแก้ปัญหา 17
3.2 การวิเคราะห์ระบบ 17
3.2.1 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data flow diagram) 18

4 การออกแบบและพัฒนาระบบ
4.1 การออกแบบระบบ 39
4.1.1 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้....24
4.1.2 การออกแบบส่วนจัดเก็บของระบบ....28
4.1.3 โครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล 36
4.2 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ....39
5 การทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้น
5.1 ทดสอบฟังก์ชันที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสคริปต์....40
5.1.1 การทดสอบฟังก์ชันสำหรับทำการประมวลผลเบื้องต้น....40
5.1.2 การทดสอบฟังก์ชันสำหรับทำการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร....45
5.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องมือทั้งหมด 47
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
6.1 สรุปผลการวิจัย....53
6.2 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือ 53
6.3 ข้อเสนอแนะ....54
รายการอ้างอิง 56
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ 58
ภาคผนวก ข
พจนานุกรมข้อมูล 86
ภาคผนวก ค
คำอธิบายการทำงานของแต่ละโมดูล....100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่

4.1 แสดงเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ.....24

5.1 ตัวอย่างรูปแบบของอินพุต และเอาท์พุตเป้าหมาย.....48

5.2 ตัวอย่างของข้อมูลที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทของตัวอักษร ญ.....51

5.3 แสดงรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายของตัวอักษรที่ใช้ในการรู้จำ.....52

5.4 โครงสร้างของข่ายงานประสาท.....52

5.5 *ผลการรู้จำของข่ายงานประสาทกับตัวอักษร 1005 ตัว*.....*52*

ก.1 แสดงเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ.....59

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่

2.1 ตัวอย่างการนับจำนวนสโตรคของตัวอักษร 5
2.2 ขั้นตอนวิธีในการปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น....6
2.3 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่แบบ 8 ทิศทาง....10
2.4 ตัวอย่างรหัสลูกโซ่ของตัวอักษร ก 11
2.5 โครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ 13
3.1 แผนภาพบริบทของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาท แบบแพร่กระจายย้อนกลับ....19
3.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ในส่วนของการสอนข่ายงานประสาท....20
3.3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ในส่วนของการรู้จำ....21
4.1 แผนผังหน้าจอของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์....24
4.2 ตัวอย่างหน้าจอ F1: Main Menu....26
4.3 ตัวอย่างหน้าจอ F2: Manage CharacterSet....26
4.4 ตัวอย่างหน้าจอ F4: Recognize 27
4.5 ตัวอย่างหน้าจอ F5: Program Setting 27
4.6 ตัวอย่างหน้าจอ F8: Project Information 28
4.7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของเอนทิตี 29
4.8 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล....36
5.1 แสดงผลการทดสอบตัวอักษรลายมือเขียนกับการทำนอร์มอลไลซ์ด้วยไพธอนสคริปต์ 41
5.2 ตัวอย่างภาษาสคริปต์ในการทำนอร์มอลไลซ์....41
5.3 แสดงผลการทดสอบการปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น....43
5.4 แสดงผลการทดสอบการกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุด....43
5.5 แสดงผลการทดสอบการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง....44
5.6 แสดงผลการทดสอบการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงที่มีมุม เข้ามาร่วมในการพิจารณา....44
5.7 แสดงผลการทดสอบการกำจัดเส้นที่เกิดจากการวางปากกาหรือยกปากกา....45
5.8 แสดงหมายเลขการแบ่งรหัสโซน....46

5.9 แสดงหน้าจอของตัวอักษร ง ที่ใช้ในการหาลักษณะเด่นด้วยวิธีต่าง ๆ 47
5.10 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่ 47
5.11 ขั้นตอนของการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ 48
5.12 แสดงรูปตัวอักษร ญ ที่ใช้ในการเข้ารหัส 50
ก.1 แผนผังหน้าจอของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ 58
ก.2 หน้าจอหลักของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ 60
ก.3 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบเครื่องมือชุดตัวอักษร 62
ก.4 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบเครื่องมือกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในชุดตัวอักษร 63
ก.5 หน้าจอกำหนดตัวอักษรให้กับชุดตัวอักษร 63
ก.6 หน้าจอกำหนดรหัสแอสกีเริ่มต้นให้กับชุดตัวอักษร 64
ก.7 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบผู้ป้อนข้อมูล 65
ก.8 หน้าจอสำหรับป้อนลายมือเขียน 65
ก.9 หน้าจอที่จัดการโครงการ 66
ก.10 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการ 67
ก.11 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดชุดตัวอักษร 68
ก.12 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบป้อนข้อมูล 69
ก.13 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดสคริปต์ 71
ก.14 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบแสดงรายละเอียดของข่ายงานประสาท 73
ก.15 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบแสดงรายละเอียดในการสอนข่ายงานประสาท 73
ก.16 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบการทดสอบข่ายงานประสาท 76
ก.17 หน้าจอแสดงการกำหนดตัวอักษรให้กับโครงการ 76
ก.18 หน้าจอกำหนดตัวอักษรให้กับโครงการ 77
ก.19 หน้าจอสำหรับเลือกชุดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ 77
ก.20 หน้าจอในการจัดการข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ในโครงการ 78
ก.21 หน้าจอนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูล 78
ก.22 หน้าจอการรู้จำตัวอักษร 79
ก.23 หน้าจอกำหนดค่าให้กับระบบแถบโปรแกรมไดเร็กทอรี 80
ก.24 หน้าจอกำหนดค่าให้กับระบบแถบกำหนดฐานข้อมูล 81
ก.25 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดสคริปต์ 83
ก.26 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบนำเข้าข้อมูล 83
ก.27 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบกำหนดสคริปต์ 84

ก.28 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบเอาท์พุต 84
ก.29 หน้าจอแสดงภาพตัวอักษรก่อนและหลังการประมวลผลสคริปต์ 85
ค.1 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล 101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ [1] คือ การที่คอมพิวเตอร์รับข้อมูลซึ่งเป็นลายมือเขียนโดยตรงจากผู้เขียน และสามารถแปลความหมายที่เขียนได้โดยทันที ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลแบบไดนามิก (Dynamic information) นั่นคือเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นโดยทันทีทันใด เช่น คู่ลำดับ (x, y) ข้อมูลของสโตรค (Stroke) จำนวนและลำดับของสโตรค ทิศทางของการเขียน และความเร็วของการเขียน เป็นต้น จากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปผ่านกระบวนการรู้จำเพื่อแปลความหมาย

ในหลาย ๆ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ มีวิธีการที่ใช้ในกระบวนการรู้จำโดยใช้ข่ายงานประสาท (Neural network) [2, 3] ที่สามารถรู้จำลายมือเขียนได้ ซึ่งกระบวนการในการรู้จำเริ่มจากการนำเอาข้อมูลแบบไดนามิกที่ได้มาผ่านขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น (Data preprocessing) จากนั้นใช้เทคนิคการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร (Feature extraction) แล้วทำการเข้ารหัสข้อมูลลายมือเขียนนั้นเพื่อใช้ในการสอนข่ายงานประสาท นอกจากนี้ต้องกำหนดชุดของค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทด้วย เช่น จำนวนชั้นของข่ายงานประสาท ฟังก์ชันการเรียนรู้ (Learning function) ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้กับฟังก์ชันในการเรียนรู้ จำนวนรอบในการสอน (Epoch or cycle) เนื่องจากชุดของค่าพารามิเตอร์เหล่านี้มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการสอนและการรู้จำ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยผลจากการทดลองเพื่อหาชุดของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยทางด้านนี้มีหลายขั้นตอนเช่น การรับข้อมูลจากปากกาด้วยเครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ากระดานอิเล็กทรอนิกส์ การทำการประมวลผลเบื้องต้น การหาลักษณะเด่นของตัวอักษรเพื่อนำมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลลายมือเขียน และการสอนข่ายงานประสาท เป็นต้น ในกรณีที่ผู้ที่ทำงานวิจัยต้องการเปลี่ยนแปลงลำดับการเข้ารหัส ผู้ที่ทำงานวิจัยนี้จะต้องนำโปรแกรมมาทำการแก้ไขและคอมไพล์ (Compile) ใหม่เพื่อให้ได้การทำงานที่ต้องการ นอกจากนี้แล้วผู้ที่ทำงานวิจัยอาจจะต้องเขียนโปรแกรมข่ายงานประสาทเองอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation neural network) เนื่องจากการทำวิจัยทางด้านการรู้จำลายมือเขียนแบบออน์ไลน์ผู้ที่ทำงานวิจัยทางด้านนี้มีภาระในการพัฒนาโปรแกรมซึ่งไม่ใช่งานหลักในการพัฒนาอัตราการรู้จำให้ดีขึ้น ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงช่วยลดเวลาในการพัฒนาโปรแกรมของผู้ทำงานวิจัยทางด้านนี้ โดยเครื่องมือประกอบไปด้วยส่วนการทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นดังนี้ ส่วนในการรับและจัดเก็บข้อมูลตัวอักษรลายมือเขียน ส่วนจัดการกระบวนการเข้ารหัสข้อมูลลายมือเขียน ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ทำงานวิจัยในการกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท และส่วนสนับสนุนการทดสอบและสรุปผลการรู้จำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบการแพร่กระจายย้อนกลับ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. โปรแกรมสามารถรับข้อมูลเข้าโดยการเขียนตัวอักษร สัญลักษณ์ ตัวเลข และจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลได้
2. การรับข้อมูลเข้าจะใช้เครื่องอ่านพิกัดแบบปากกา
3. ผู้ใช้สามารถกำหนดขั้นตอนในการทำการประมวลผลเบื้องต้นต่อไปนี้ได้เป็นอย่างน้อย
   - 3.1 การทำนอร์มอลไลซ์ (Normalize)
   - 3.2 การปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น (Modified gear backlash smoothing)
   - 3.3 การกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุด (Minimum distance filtering)
   - 3.4 การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง (Straight line average smoothing)
   - 3.5 การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงที่มีมุมเข้ามาร่วมในการพิจารณา (Straight line average smoothing with angle constraint)
   - 3.6 การกำจัดเส้นที่เกิดจากการวางปากกา หรือยกปากกา (Serif removal)
4. ผู้ใช้สามารถกำหนดขั้นตอนในการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร ต่อไปนี้ได้เป็นอย่างน้อย
   - 4.1 การหาจุดเด่น (Dominant point)
   - 4.2 การหารหัสลูกโซ่ (Chain code)
   - 4.3 การหารหัสโซน (Zone code)

4.4 การหาหัวตัวอักษร (Character head)

5. ผู้ใช้สามารถกำหนดกระบวนการในการประมวลผลตัวอักษรได้เองตามต้องการ

6. ผู้ใช้สามารถสร้างฟังก์ชัน ในการประมวลผลเบื้องต้น และการหาลักษณะเด่นของตัวอักษรเพิ่มเองได้โดยใช้ภาษาไพธอนสคริปต์ [4]

7. ใช้วิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยของงานวิจัยอภิชาติ [3] เป็นกรณีทดสอบ

8. ในการสอนข่ายงานประสาทใช้โปรแกรมข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ท SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator) [5]

9. ให้ผู้ใช้สามารถสร้างข่ายงานประสาทโดยกำหนดจำนวนโหนดในชั้นนำเข้า (Input layer) จำนวนชั้นแอบแฝง (Hidden layer) จำนวนโหนดในแต่ละชั้นแอบแฝง และจำนวนโหนดในชั้นผลลัพธ์ (Output layer) โดยสามารถกำหนดจำนวนชั้นแอบแฝงได้ไม่เกิน 5 ชั้น และสามารถกำหนดฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function) สำหรับแต่ละชั้นได้

10. พัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการรู้จำตัวอักษรเขียนแบบออนไลน์ และข่ายงานประสาท
2. วิเคราะห์ และออกแบบโปรแกรม
3. พัฒนาโปรแกรม
4. ทดสอบการใช้งาน
5. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ
6. จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลการเขียนตัวอักษรต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยในการทำวิจัยและหาวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ได้ง่ายขึ้น

2. ช่วยลดขั้นตอนการทำงานเพราะโปรแกรมจะเตรียมส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ การรับข้อมูลตัวอักษร การแสดงผลภาพต่าง ๆ และการนำไปใช้กับข่ายงานประสาท ผู้ทำงานวิจัยพิจารณาเฉพาะการกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลตัวอักษรเท่านั้น

3. มีการจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียนตัวอักษรไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งผู้ทำงานวิจัยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในงานของตนได้สะดวก

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งทฤษฎีและงานวิจัยเหล่านี้ได้นำมาใช้ในขั้นตอนการเข้ารหัสข้อมูลที่พัฒนาด้วยภาษาไพธอนสคริปต์ เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลนำเข้าที่เป็นไฟล์ต้นแบบให้กับการสอนข่ายงานประสาท โดยในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะของข้อมูลลายมือเขียน การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร และการเรียนรู้ด้วยข่ายงานประสาท

2.1 ลักษณะของข้อมูลลายมือเขียน

ในการเขียนหนึ่งครั้งหรือหนึ่งสโตรค [3] หมายถึงจุดที่ปากกาสัมผัสกับกระดานอิเล็กทรอนิกส์เรื่อยไปจนกระทั่งยกปากกาขึ้น ดังนั้นลำดับของจุดบนระนาบ XY ในหนึ่งสโตรคจะเป็นดังสมการที่ 1

$$S = p_1 p_2 \cdots p_L \qquad \ldots(1)$$

เมื่อ

S คือ สโตรคในการเขียนหนึ่งครั้ง

p_i คือ คู่ลำดับ (x_i, y_i) ซึ่ง $1 \le i \le L$

p_1 คือ จุดแรกที่ปากกาเริ่มสัมผัสกับกระดานอิเล็กทรอนิกส์

p_L คือ จุดสุดท้ายก่อนที่จะยกปากกาออกจากกระดานอิเล็กทรอนิกส์

L คือ จำนวนของจุดในการเขียนหนึ่งสโตรค

เพราะฉะนั้นตัวอักษรที่เป็นลายมือเขียนในหนึ่งตัวอักษรสามารถอธิบายได้เป็นลำดับของสโตรคดังสมการที่ 2

$$C = S_1 S_2 \ldots S_N \qquad \ldots(2)$$

เมื่อ

C คือ ลำดับสโตรคของตัวอักษร

S_i คือ สโตรคที่ i ในการเขียน

N คือ จำนวนของสโตรคในการเขียนตัวอักษรนั้น ๆ

โดยตัวอย่างในรูปที่ 2.1 เป็นการนับสโตรคของตัวอักษร

(ก) มี 1 สโตรค *(ข) มี 2 สโตรค*

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการนับจำนวนสโตรคของตัวอักษร
(ก) ตัวอักษร "ก" มี 1 สโตรค
(ข) ตัวอักษร "ฐ" มี 2 สโตรค

2.2 การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น

การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปทำการหาลักษณะเด่นของข้อมูลได้ง่ายขึ้น

การรับข้อมูลเข้าจากกระดานอิเล็กโทรนิกส์นั้นมีข้อจำกัดหลายประการ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลได้เช่น การที่แรงในการกดปากกาต่ำกว่าค่าขีดแบ่งที่กระดานอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet threshold) จะสามารถรับได้ ทำให้จำนวนจุดในตัวอักษรขาดหายไปส่งผลให้การเก็บข้อมูลของตัวอักษรไม่สมบูรณ์ หรือเมื่อปากกาอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ช้า ทำให้จำนวนจุดในตัวอักษรมีมากเกินไปเกิดความซ้ำซ้อนในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ยังมีความผิดพลาดที่เกิดจากการยกปากกาและวางปากกา ซึ่งทำให้เกิดข้อมูลที่ไม่ต้องการขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทำการประมวลผลเบื้องต้นก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้ในขั้นตอนถัดไปเพื่อทำให้ผลในการรู้จำที่ดีขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอขั้นตอนในการประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น 2 วิธีด้วยกันคือวิธีในการประมวลผลเบื้องต้นที่ได้จากงานวิจัยของ Nair และ Leedham [6] และการประมวลผลเบื้องต้นด้วยวิธีการนอร์มอลไลซ์จากงานวิจัยของอภิชาต สัจจพงษ์ [3] ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ขั้นตอนในการกำจัดสัญญาณรบกวน

ในงานวิจัยของ Nair และ Leedham ได้เสนอขั้นตอนในการประมวลผลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนก่อนนำเอาข้อมูลไปประมวลผลต่อไป ซึ่งเหมาะกับการเก็บข้อมูลที่มีความละเอียด 500 จุดต่อนิ้ว และความถี่ในการเก็บข้อมูลเป็น 120 ตัวอย่างต่อวินาทีโดยมีขั้นตอนดังนี้

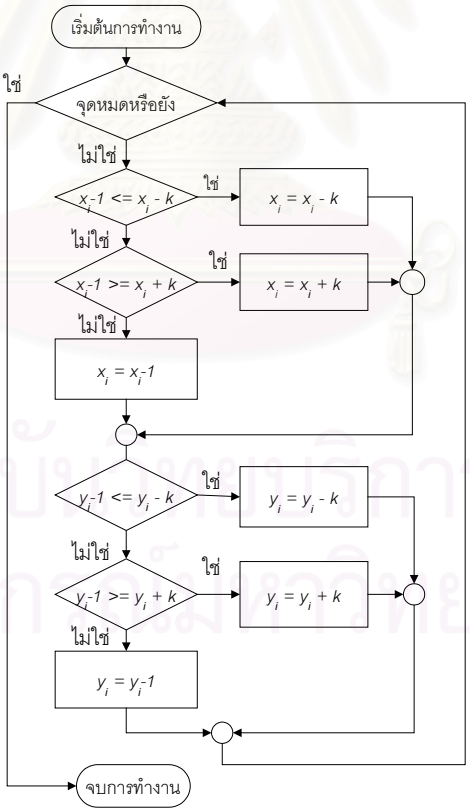
1. การปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น (Modified gear backlash smoothing) เป็นการปรับระยะห่างของจุด 2 จุด ระหว่างจุดก่อนหน้ากับจุดปัจจุบัน โดยทำการเลื่อนจุดปัจจุบันจากตำแหน่งเดิมไปเป็นระยะ k เพื่อให้จุดทั้ง 2 ใกล้กันมากขึ้น ซึ่งขั้นตอนวิธีเป็นดังรูปที่ 2.2

นิยามสัญลักษณ์ดังนี้

(x_i, y_i) คือ จุดที่กำลังพิจารณา

(x_{i-1}, y_{i-1}) คือ จุดก่อนหน้าจุดที่กำลังพิจารณา

k คือ ค่าคงที่ของระยะห่างระหว่างจุดสองจุดที่พิจารณา โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ $k = 1$



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนวิธีในการปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น

2. การกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุด (Minimum distance filtering) ช่วยในการกำจัดจุดที่อยู่ชิดกันเกินไป เพื่อลดจำนวนจุดที่ซ้ำซ้อนออกไป โดยพิจารณาระยะจากจุดก่อนหน้ามายังจุดปัจจุบันว่าต่ำกว่าระยะต่ำสุด (Minimum distance) ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าต่ำกว่าระยะต่ำสุดที่กำหนดไว้จะลบจุดปัจจุบันทิ้งและพิจารณาจุดถัดไป

3. การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง (Straight line average smoothing) เป็นการทำให้เส้นมีความเรียบมากขึ้นโดยจะพิจารณาทีละ 3 จุด แล้วทำการเลื่อนจุดกลางไปยังจุดที่เหมาะสม ซึ่งเป็นจุดบนเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดแรกและจุดสุดท้าย

4. ทำการประมวลผลข้อมูลกับขั้นตอนที่ 2 การกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุดอีกครั้ง เพื่อให้จุดมีระยะห่างเท่า ๆ กันมากยิ่งขึ้น

5. การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงที่มีมุมเข้ามาร่วมในการพิจารณา (Straight line average smoothing with angle constraint) โดยจะทำเฉพาะกับจุดที่ไม่ใช่มุมเพื่อให้จุดที่เป็นมุมเหล่านี้ไม่ถูกเฉลี่ยทำให้คงรูปร่างเช่นเดิม และจุดต่าง ๆ จะเป็นเส้นที่ต่อเนื่องกันมากขึ้น การพิจารณาว่าจุดปัจจุบันเป็นมุมหรือไม่ คำนวณได้จากผลรวมของค่ามุมของจุดรอบข้างของจุดนั้นข้างหน้า 2 จุด และถัดไปอีก 2 จุด ดังสมการที่ 3 ซึ่งถ้าผลรวมของค่ามุมมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ (ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 60 องศา) จุดปัจจุบันจะถูกทำตามขั้นตอนที่ 3 การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงอีกครั้ง

$$Qa = | Q1+Q2-Q3-Q4 | \quad \ldots(3)$$

โดย

Qa คือ ค่ามุมของจุดที่กำลังพิจารณา
Qr คือ ค่าคงที่ที่ใช้ในการพิจารณาค่า Qa
Q1 คือ ค่ามุมของจุดก่อนหน้า Qa 1 จุด
Q2 คือ ค่ามุมของจุดก่อนหน้า Qa 2 จุด
Q3 คือ ค่ามุมของจุดถัดจาก Qa ไป 1 จุด
Q4 คือ ค่ามุมของจุดถัดจาก Qa ไป 2 จุด

ถ้า Qa < Qr จุดนั้นจะถูกทำตามขั้นตอนที่ 3

6. การกำจัดเส้นที่เกิดจากการวางปากกาหรือยกปากกา (Serif removal) เป็นขั้นตอนในการลบเส้นที่ไม่ต้องการของตัวอักษรออก ซึ่งเส้นที่เกินนี้ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของตัวอักษรทำให้การแปลความหมายผิดพลาดได้ การหาว่าเส้นนั้นเป็นส่วนเกินหรือไม่สามารถทำได้ดังนี้

นิยามสัญลักษณ์ดังนี้

L คือ ความยาวสูงสุดของเส้นที่จะทดสอบโดยในงานวิจัยกำหนดให้ใช้ 1 มิลลิเมตร

Qr คือ ค่าของมุมที่ใช้ในการพิจารณา ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ค่า 60 องศา

ขั้นตอนวิธีเป็นดังนี้

1. พิจารณาจุด เริ่มจากจุดเริ่มต้นเป็นระยะทาง L
2. ถ้าจุดใดมีการเปลี่ยนแปลงมุมมากกว่า Qr แสดงว่าเส้นจากจุดเริ่มต้นถึงจุดนี้เป็นส่วนเกินสามารถตัดออกได้
3. ทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 กับจุดสุดท้ายของตัวอักษร

2.2.2 การทำนอร์มอลไลซ์

การทำนอร์มอลไลซ์ เป็นวิธีการในการย้ายตำแหน่งของตัวอักษรให้มาอยู่ที่จุดกำเนิดนั่นคือจุด (0,0) และทำการปรับขนาดของตัวอักษรให้เท่ากัน เนื่องจากตัวอักษรลายมือเขียนมีขนาดและตำแหน่งที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ป้อนข้อมูลแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงต้องมีการทำนอร์มอลไลซ์ก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลต่อไป ในการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาท โดย อภิชาต สัจจพงษ์ ได้เสนอวิธีในการทำนอร์มอลไลซ์ไว้ ในสมการที่ 4 และ 5

$$x_i = \frac{x_i^o - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} W \qquad \ldots(4)$$

$$y_i = \frac{y_i^o - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} H \qquad \ldots(5)$$

โดย

$\left(x_i^o, y_i^o\right)$ คือ จุดที่เป็นข้อมูลจริง

$\left(x_i, y_i\right)$ คือ จุดที่เกิดจากการแปลงค่าแล้ว

$x_{\min}$ คือ พิกัด x ที่มีค่าน้อยที่สุดในข้อมูลจริงที่ได้จากการเขียน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$y_{\min}$ คือ พิกัด y ที่มีค่าน้อยที่สุดในข้อมูลจริงที่ได้จากการเขียน

$x_{\max}$ คือ พิกัด x ที่มีค่ามากที่สุดในข้อมูลจริงที่ได้จากการเขียน

$y_{\max}$ คือ พิกัด y ที่มีค่ามากที่สุดในข้อมูลจริงที่ได้จากการเขียน

W และ H คือ ความกว้างและความสูงของตัวอักษรที่ปรับแล้วตามลำดับ

ในการปรับให้ตัวอักษรมีความสูงเท่ากัน และมีอัตราส่วนคงที่นั้นสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 6

$$r = \frac{h_n}{h_o} \qquad \ldots(6)$$

โดยที่

r คือ อัตราส่วนของความสูงใหม่เทียบกับความสูงเดิม

h_n คือ ความสูงใหม่ของตัวอักษรลายมือเขียน

h_o คือ ความสูงเดิมของตัวอักษรลายมือเขียน

เมื่อได้อัตราส่วนนี้มาแล้วก็ทำการคำนวณหาค่าพิกัดตามแนวระนาบและแนวตั้งใหม่ซึ่งได้จากการนำอัตราส่วนนี้คูณกับทุก ๆ จุดของตัวอักษร

2.3 การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร

การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร คือการหาลักษณะที่ใช้เป็นตัวแทนในการแยกความแตกต่างของตัวอักษรแต่ละตัว เพื่อใช้สร้างรหัสที่เป็นตัวแทนของตัวอักษรนั้น ๆ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร 2 วิธี ได้แก่ การแทนข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่ (Chain code) [7] และการแทนข้อมูลด้วยจุดเด่น (Dominant point) [8]

2.3.1 การแทนข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่

รหัสลูกโซ่นี้ใช้ในการแสดงถึงลำดับการเชื่อมต่อของเส้น ซึ่งจะระบุถึงขนาดและทิศทาง โดยทิศทางจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.3 และสามารถใช้ทิศทางของรหัสลูกโซ่นี้แทนข้อมูลของตัวอักษรได้ดังตัวอย่างรูปที่ 2.4 ส่วนวิธีในการหารหัสลูกโซ่เป็นดังนี้

นิยามสัญลักษณ์ดังนี้

x1, y1 คือ คู่ลำดับเริ่มต้น

x2, y2 คือ คู่ลำดับถัดไป

dx คือ ผลต่างระหว่างค่า x2 กับ x1

dy คือ ผลต่างระหว่างค่า y2 กับ y1

ขั้นตอนวิธีเป็นดังนี้

1. ปรับให้จุดมีความต่อเนื่องกันโดยมีระยะห่างกัน 1 หน่วย
2. หาผลต่างระหว่างจุด 2 จุด จาก dx = x2-x1 และ dy = y2-y1
3. เปรียบเทียบผลต่างที่ได้เพื่อหาค่ารหัสลูกโซ่ โดยที่

รหัส 0 เมื่อ dx = 1, dy = 0

รหัส 1 เมื่อ dx = 1, dy = 1

รหัส 2 เมื่อ dx = 0, dy = 1

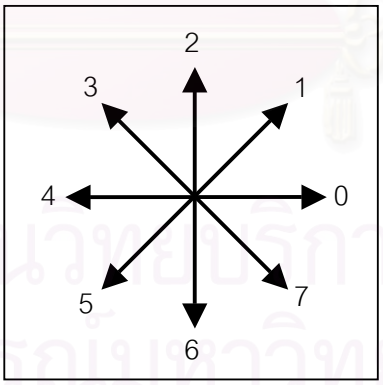
รหัส 3 เมื่อ dx = -1, dy = 1

รหัส 4 เมื่อ dx = -1, dy = 0

รหัส 5 เมื่อ dx = -1, dy = -1

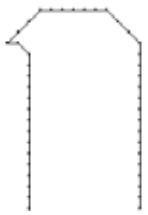
รหัส 6 เมื่อ dx = 0, dy = -1

รหัส 7 เมื่อ dx = 1, dy =-1



รูปที่ 2.3 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่แบบ 8 ทิศทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รหัสลูกโซ่ของตัวอักษร ก เป็นดังนี้

22222222222222234111000000777666666666666666

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างรหัสลูกโซ่ของตัวอักษร ก

2.3.2 การแทนข้อมูลด้วยจุดเด่น

จุดเด่นในสโตรค ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 จุดเด่นด้วยกันได้แก่ จุดแรกในสโตรค คือจุดแรกที่ปากกาสัมผัสกระดานอิเล็กทรอนิกส์ จุดสุดท้ายในสโตรค คือจุดที่ยกปลายปากกาขึ้น และจุดที่อยู่บนส่วนโค้งที่มีความโค้งมากที่สุด (Extrema of curvature) ซึ่งจุดเด่นในสโตรคเหล่านี้ใช้เพื่อลดจำนวนข้อมูลของตัวอักษรที่จะใช้ในการเข้ารหัส และเพื่อใช้ในการกำหนดให้เป็นลักษณะเด่นของตัวอักษร ซึ่งวิธีที่ใช้พิจารณาว่าจุดใดเป็นจุดที่อยู่บนส่วนโค้งที่มีความโค้งมากที่สุดนั้นมีด้วยกันหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีที่ใช้ในงานวิจัยของ Li และ Yeung เริ่มจากการหาค่ามุมจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยใช้ฟังก์ชันแทนเจนต์ดังนี้

$$A = \alpha_1 \alpha_2 ... \alpha_L \qquad \text{...(7)}$$

$$\alpha_l = \tan^{-1}\left[\frac{y_{l+1} - y_l}{x_{l+1} - x_l}\right] \qquad \text{...(8)}$$

เมื่อ

A คือ ลำดับของค่ามุม

α_l คือ มุมของเส้นตรงแทนเจนท์ที่จุด p_l

จากค่าของ A สามารถหาลำดับค่าของมุมที่เปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

$$\Delta A = \Delta\alpha_1 \Delta\alpha_2 ... \Delta\alpha_L \qquad \text{...(9)}$$

เมื่อ

ΔA คือลำดับค่าของมุมที่เปลี่ยนแปลงไป

$$\Delta\alpha_l = (\alpha_l - \alpha_{l-1})(\text{mod})360° \quad \ldots(10)$$

โดยที่ $\Delta\alpha_l \in [-180°,180°]$

หลังจากนั้นหาค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงกับฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian function) สองครั้ง โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\Delta\alpha_l^* = \frac{1}{W}\sum_{s=l-16}^{l+16} w_s \Delta\alpha_s \quad \ldots(11)$$

เมื่อ

$\Delta\alpha_s$ คือ ลำดับค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงที่ยังไม่ผ่านฟังก์ชันเกาส์เซียน

$\Delta\alpha_l^*$ คือ ลำดับค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงที่ผ่านฟังก์ชันเกาส์เซียนแล้ว

$$w_s = e^{-[0.2(s-l)]^2} \quad \ldots(12)$$

$$W = \sum_{s=l-16}^{l+16} w_s \quad \ldots(13)$$

เมื่อผ่านสมการที่ 11 แล้ว เราจะกำหนดจุดที่อยู่บนส่วนโค้งที่มีความโค้งมากที่สุดได้จากการหาค่าขีดแบ่ง (threshold value) ของความเข้มของสัญญาณ โดยมีวิธีในการคำนวณดังนี้

$$I = \sqrt{\frac{1}{L}\sum_{l=1}^{L} \Delta\alpha_l^* \times \Delta\alpha_l^*} \quad \ldots(14)$$

$$T = k_S I + k_L \quad \ldots(15)$$

เมื่อ

I คือความเข้มของสัญญาณ

T คือค่าขีดแบ่งของความเข้มของสัญญาณ

k_S คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความชัน กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.25

k_L คือ ค่าต่ำสุดของค่าขีดแบ่ง กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.5

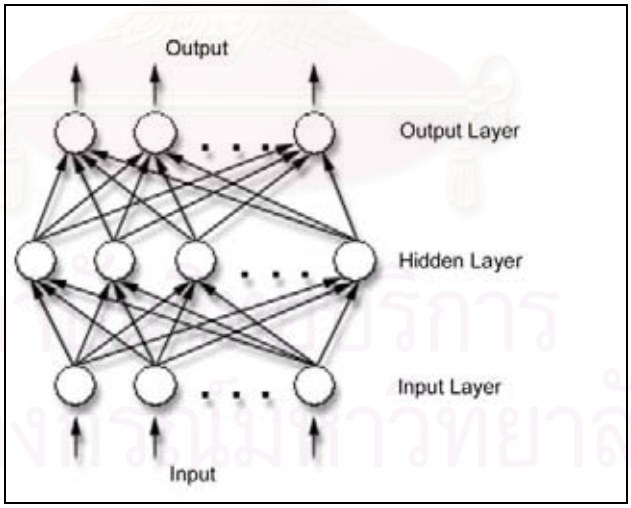
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อผ่านการคำนวณตามสมการที่ 14 และ15 แล้วเราสามารถกำหนดจุดที่อยู่บนส่วนโค้งที่มีความโค้งมากที่สุดได้คือ

ถ้า $\Delta\alpha_l^*$ เป็นค่าที่น้อยที่สุดนั่นคือ $\Delta\alpha_l^* \le -T$ ฉะนั้น p_l เป็นจุดต่ำสุดของส่วนโค้ง
ถ้า $\Delta\alpha_l^*$ เป็นค่าที่มากที่สุดนั่นคือ $T \le \Delta\alpha_l^*$ ฉะนั้น p_l เป็นจุดสูงสุดของส่วนโค้ง

2.4 การเรียนรู้ด้วยเครื่องแบบข่ายงานประสาท [9,10]

ข่ายงานประสาทเป็นการเรียนรู้ด้วยเครื่องรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีแนวคิดในการทำงานโดยการจำลองการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์ ที่ประกอบด้วยนิวรอนจำนวนมากเชื่อมต่อกัน โดยข่ายงานประสาทจะจำลองให้มีนิวรอนจำนวนหนึ่งซึ่งเชื่อมต่อถึงกัน โดยมีค่าน้ำหนักของแต่ละการเชื่อมต่อ เมื่อมีการให้ตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้ ข่ายงานประสาทก็จะปรับค่าน้ำหนักให้เหมาะสม จนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด และสามารถนำค่าน้ำหนักนี้ไปใช้ในงานที่ต้องการได้ ข่ายงานประสาทจะเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกหรือแบ่งประเภท ในงานวิจัยนี้จึงนำข่ายงานประสาทมาใช้ในการจำแนกตัวอักษรที่ใช้ในการรู้จำ



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

งานวิจัยนี้จะใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation neural network) ซึ่งเป็นข่ายงานประสาทแบบหลายชั้นที่ใช้ขั้นตอนวิธีแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (The backpropagation

algorithm) ซึ่งในขั้นตอนการทำงานจะไม่มีการป้อนผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละโหนดย้อนกลับไปยังโหนดที่ส่งข้อมูลมาให้ (Feed forward) โครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับประกอบด้วยชั้นอินพุต (Input layer) ชั้นซ่อน (Hidden layer) และชั้นเอาต์พุต (Output layer) โดยแต่ละชั้นจะมีการเชื่อมต่อไปยังชั้นถัดไปแบบการเชื่อมต่อถึงกันหมด (Full connected) แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยจำนวนชั้นซ่อนสามารถมีได้มากกว่า 1 ชั้น ในแต่ละโหนดของข่ายงานประสาทแบบหลายชั้นจะให้ค่าผลลัพธ์ ตามสมการที่ 16

$$o = \sigma(\vec{w} \cdot \vec{x}) \qquad \ldots(16)$$

เมื่อ

o คือ เอาต์พุต

$\vec{x}$ คือ อินพุต

$\vec{w}$ คือ ค่าน้ำหนักของอินพุตนั้น ๆ

$$\sigma(\gamma) = \frac{1}{1+e^{-y}} \qquad \ldots(17)$$

เมื่อ

σ คือ ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function)

โดยทั่วไปฟังก์ชันการกระตุ้นนิยมใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function) ตามสมการที่ 17

ส่วนขั้นตอนวิธีแบบแพร่กระจายย้อนกลับ จะเป็นการเรียนรู้เพื่อปรับค่าน้ำหนักสำหรับข่ายงานประสาทแบบหลายชั้น โดยที่ค่าน้ำหนักที่ได้จะเป็นค่าน้ำหนักที่ทำให้ค่าผลต่างกำลังสองที่น้อยที่สุดระหว่างเอาต์พุตที่ได้จากข่ายงานประสาทและค่าเป้าหมายของอินพุต โดยมีขั้นตอนสำหรับการปรับน้ำหนักดังนี้

นิยามสัญลักษณ์ดังนี้

$\vec{x}$ เป็นเวกเตอร์ของอินพุตของข่ายงานประสาท

$\vec{t}$ เป็นเวกเตอร์ของเป้าหมายของเอาต์พุตของข่ายงานประสาท

η เป็นค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning rate)

x_{ji} เป็นอินพุตขององค์ประกอบ j ซึ่งมาจากองค์ประกอบ i

w_{ji} เป็นค่าน้ำหนักขององค์ประกอบ j ซึ่งมาจากองค์ประกอบ i

o_u เป็นค่าเอาต์พุตของแต่ละโหนดในข่ายงานประสาท

u เป็นโหนดแต่ละโหนดในข่ายงานประสาท

ขั้นตอนวิธีเป็นดังนี้

กำหนดให้ตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนรู้แต่ละตัวอย่างอยู่ในรูป $(\vec{x}, \vec{t})$

1. สร้างข่ายงานประสาทตามโครงสร้างที่ต้องการ
2. กำหนดจำนวนนิวรอนของแต่ละชั้น
3. กำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้นแบบสุ่มให้มีค่าน้อย ๆ (เช่น ระหว่าง -0.05 ถึง 0.05)
4. ทำการปรับค่าน้ำหนักสำหรับ $(\vec{x}, \vec{t})$ แต่ละตัวดังนี้

- อินพุต $\vec{x}$ ในข่ายงานประสาท และคำนวณเอาต์พุต o_u ในโหนด u ทุกโหนด
- คำนวณค่าความผิดพลาด δ_k ของแต่ละโหนดเอาต์พุต k โดยที่

$$\delta_k = o_k(1 - o_k)(t_k - o_k) \qquad \text{...(18)}$$

- คำนวณค่าความผิดพลาด δ_h ของแต่ละโหนดที่ถูกซ่อน h โดยที่

$$\delta_h = o_h(1 - o_h) \sum_{k \in outputs} w_{kh}\delta_k \qquad \text{...(19)}$$

- ทำการปรับค่าน้ำหนัก w_{ji} โดย

$$w_{ji} = w_{ji} + \Delta w_{ji} \qquad \text{...(20)}$$

เมื่อ $w_{ji} = \eta \delta_j x_{ji}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การวิเคราะห์ระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา และการวิเคราะห์ระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัยด้านการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งแบ่งเป็นสองหัวข้อด้วยกันคือ ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัยและแนวทางในการแก้ปัญหา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัย

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัยด้านนี้มีด้วยกันหลายประการ ดังนี้

1. **การจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียน** การทำวิจัยทางด้านการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ต้องการใช้ข้อมูลลายมือเขียนจำนวนมากในการทดลองวิธีในการเข้ารหัส และใช้ในการฝึกสอนข่ายงานประสาท ซึ่งทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีความยุ่งยาก และไม่สะดวกในการเรียกใช้ข้อมูล

2. **การสร้างวิธีเข้ารหัสข้อมูลตัวอักษร** การสร้างวิธีเข้ารหัสข้อมูลตัวอักษรเป็นการกำหนดขั้นตอนในการประมวลผล เพื่อแปลงตัวอักษรลายมือเขียนซึ่งเป็นข้อมูลดิบให้เป็นชุดตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นตัวแทนของตัวอักษรแต่ละตัวเพื่อสอนข่ายงานประสาท ซึ่งถือว่าเป็นการทำงานที่สำคัญของการวิจัยด้านการรู้จำลายมือเขียน ในปัจจุบันมีการคิดค้นวิธีการในการเข้ารหัสตัวอักษรขึ้นหลายวิธี [2,11,12] แต่ยังขาดเครื่องมือที่สามารถรวบรวมวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

3. **การทำงานกับข่ายประสาท** ในการแยกแยะตัวอักษรโดยใช้ข่ายงานประสาทผู้ที่ทำงานวิจัยทางด้านนี้มีภาระเพิ่มขึ้นในการใช้งานข่ายงานประสาท ผู้ที่ทำงานวิจัยอาจต้องทำการสร้างข่ายงานประสาทขึ้น

เพื่อใช้ในการแยกแยะตัวอักษร หรือมีภาระในการศึกษาการทำงานของข่ายงานประสาทที่มีอยู่เพื่อให้ใช้งานได้ถูกต้อง

3.1.2 แนวทางในการแก้ปัญหา

1. **นำระบบจัดการฐานข้อมูลมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูล** จากปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียนซึ่งจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากและมีความซ้ำซ้อนในจัดเก็บ ดังนั้นจึงแก้ปัญหานี้โดยการนำเอาระบบจัดการฐานข้อมูลมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อลดความยุ่งยากในการจัดการและเรียกใช้ข้อมูล เพื่อให้ผู้ที่ทำงานวิจัยใช้เครื่องมือได้สะดวกยิ่งขึ้น

2. **นำโปรแกรมไพธอนสคริปต์มาใช้ในการสร้างวิธีการในการเข้ารหัส** จากปัญหาในการรวบรวมวิธีการในการเข้ารหัสตัวอักษรนั้น เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการนำเอาโปรแกรมซึ่งเป็นภาษาไพธอนสคริปต์มาใช้ในขั้นตอนของการสร้างวิธีการในการเข้ารหัสเนื่องจากโปรแกรมนี้สนับสนุนการเพิ่ม หรือแก้ไขสคริปต์ได้โดยไม่ต้องคอมไพล์โปรแกรมใหม่ทั้งหมด นอกจากนี้เครื่องมือควรมีส่วนช่วยผู้ที่ทำงานวิจัยในการแสดงผลลัพธ์เมื่อนำลายมือเขียนมาประมวลผลกับวิธีในการเข้ารหัสที่ผู้ที่ทำงานวิจัยสร้างขึ้นได้อีกด้วย

3. **นำโปรแกรมข่ายงานประสาทมาใช้ในการแยกแยะตัวอักษร** เครื่องมือได้นำข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับมาใช้ในการแยกแยะตัวอักษร โดยใช้โปรแกรมข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ท (SNNS: Stuttgart Neural Network Simulator) มาใช้ในระบบ โดยได้จัดเตรียมส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกและลดภาระให้กับผู้ที่ทำงานวิจัยในการใช้งานข่ายงานประสาท

3.2 การวิเคราะห์ระบบ

จากแนวทางในการแก้ปัญหาของระบบพบว่าระบบควรมีความสามารถที่เป็นหน้าที่หลักในการทำงานดังต่อไปนี้

1. รับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือและจัดเก็บลงฐานข้อมูล
2. เพิ่มและแก้ไขฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผลตัวอักษรโดยใช้ภาษาไพธอนสคริปต์ได้
3. ประมวลผลลายมือเขียนกับกระบวนการในการเข้ารหัสเพื่อสร้างเป็นไฟล์ข้อมูลต้นแบบให้กับข่ายงานประสาทได้
4. ระบบควรสนับสนุนการตรวจสอบการทำงานของสคริปต์ โดยให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถส่งข้อมูลผ่านการแทรกคำสั่งพิเศษไว้ภายในชุดคำสั่งของสคริปต์

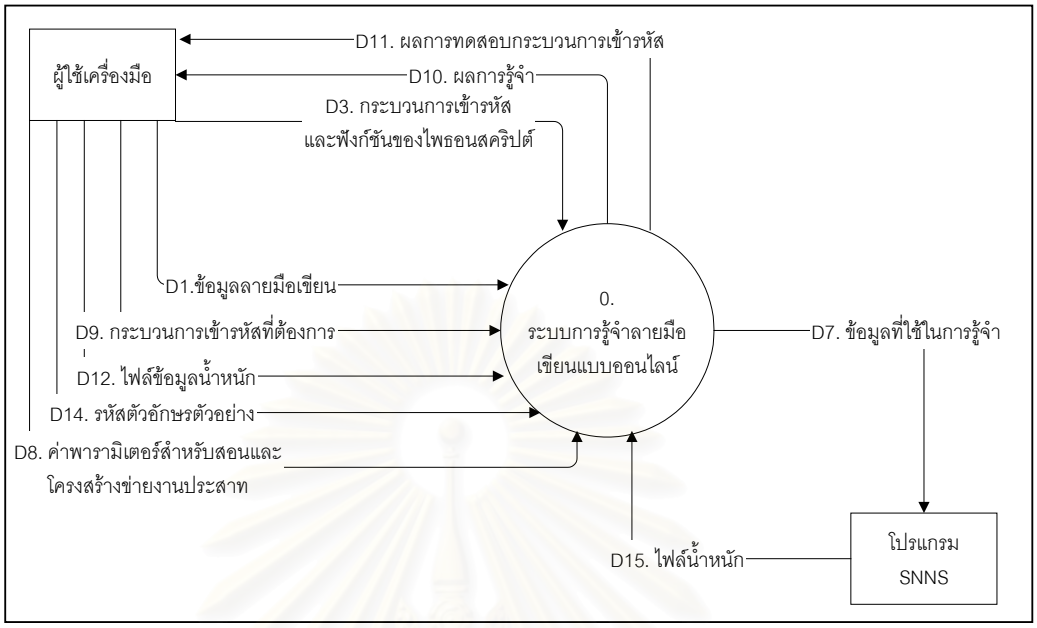
5. สามารถให้ผู้ใช้เครื่องมือกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทได้ โดยระบบได้จัดเตรียมส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เพื่อให้กำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งฟังก์ชัน และค่าตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้เป็นของข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้มี 4 ฟังก์ชันดังต่อไปนี้ ฟังก์ชันการเรียนรู้แพร่กระจายย้อนกลับแบบมาตรฐาน (Standard backpropagation) ฟังก์ชันการเรียนรู้แพร่กระจายย้อนกลับแบบแกว่ง (Momentum backpropagation) ฟังก์ชันการเรียนรู้แพร่กระจายย้อนกลับแบบลดค่าน้ำหนัก (Backpropagation with weight decay) และฟังก์ชันการเรียนรู้แพร่กระจายย้อนกลับแบบกลุ่ม (Batch backpropagation)
- ฟังก์ชันที่ใช้ในการเลือกลำดับเพื่อปรับปรุงค่าน้ำหนักมี 5 ฟังก์ชันดังต่อไปนี้ ฟังก์ชันที่เลือกปรับปรุงค่าน้ำหนักตามโครงสร้างของข่ายงานประสาท (Topological order), ฟังก์ชันที่เลือกปรับปรุงค่าน้ำหนักแบบสุ่มซ้ำได้ (Random order) ฟังก์ชันที่เลือกปรับปรุงค่าน้ำหนักแบบสุ่มไม่ซ้ำ (Random permutation) ฟังก์ชันที่เลือกปรับปรุงค่าน้ำหนักตามลำดับ (Serial order) และฟังก์ชันที่เลือกปรับปรุงค่าน้ำหนักในเวลาเดียวกัน (Synchronous order)
- จำนวนชั้นซ่อนสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1-6 ชั้น
- ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ได้แก่ ฟังก์ชันในการกระตุ้น จำนวนรอบที่ใช้ในการสอน ค่าความผิดพลาดที่

6. ระบบสามารถนำไฟล์น้ำหนักที่ได้จากโปรแกรมข่ายงานประสาทมาใช้ในการรู้จำแบบออนไลน์ โดยกำหนดให้มีการหน่วงเวลาไว้ 1 วินาที เพื่อทำการรอรับสโตรคถัดไป ถ้าผู้ใช้เครื่องมือป้อนข้อมูลในสโตรคถัดไปช้ากว่าเวลาที่กำหนดระบบจะถือว่าข้อมูลลายมือเขียนนี้ได้สิ้นสุดการป้อนข้อมูลแล้ว

3.2.1 **แผนภาพกระแสข้อมูล** (Data flow diagram)

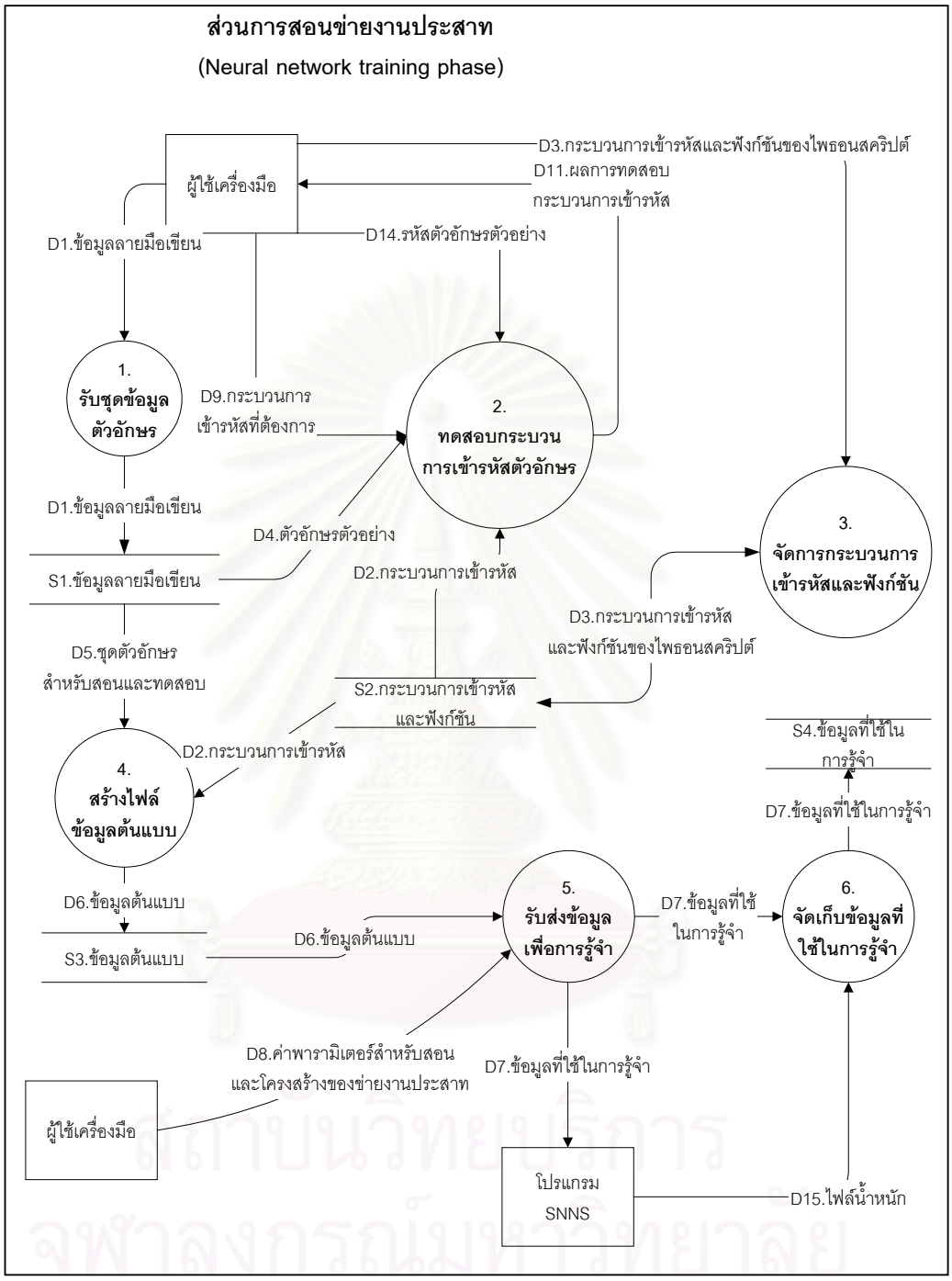
ในหัวข้อนี้จะแสดงการวิเคราะห์ระบบโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูลในการอธิบายหน้าที่การทำงานและการไหลของข้อมูลในระบบ โดยรูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพบริบท (Context diagram) ของระบบ รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 (Data flow diagram level 0) ในส่วนของการสอนข่ายงานประสาท และรูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ในส่วนของการรู้จำของระบบตามลำดับ



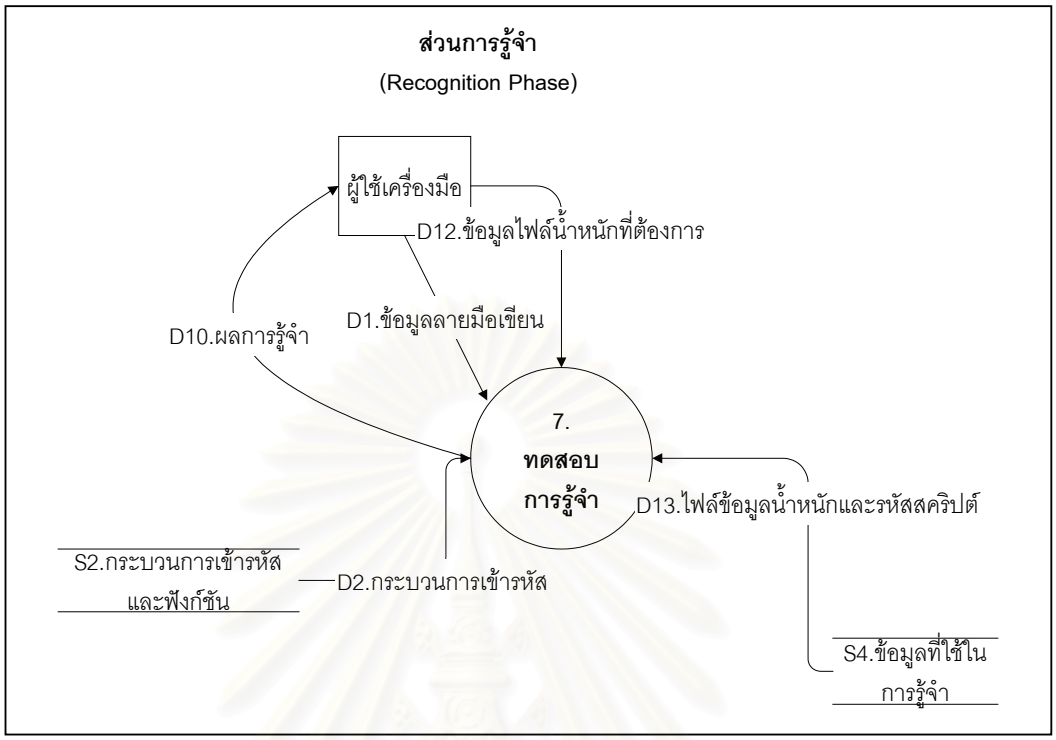
รูปที่ 3.1 แผนภาพบริบทของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

จากแผนภาพบริบทของระบบในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าระบบเกี่ยวข้องกับเอนทิตีภายนอก 2 เอนทิตีด้วยกันคือ ผู้ใช้เครื่องมือ และโปรแกรม SNNS (โปรแกรม SNNS ในแผนภาพคือโปรแกรมข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ท) โดยผู้ใช้เครื่องมือจะใช้เครื่องมือนี้ในการทดสอบขั้นตอนในการเข้ารหัสและโครงสร้างของข่ายงานประสาทที่ผู้ใช้เครื่องมือสร้างขึ้น โดยส่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการรู้จำมายังระบบแล้วระบบจะทำการส่งข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำให้โปรแกรม SNNS หลังจากโปรแกรม SNNS ทำการสอนข่ายงานประสาทเสร็จก็จะส่งไฟล์น้ำหนักกลับคืนมายังระบบเพื่อใช้งานต่อไป โดยรายละเอียดของระบบนี้จะแสดงไว้ในแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนของการสอนข่ายงานประสาท และส่วนของการรู้จำ รายละเอียดดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ในส่วนของการสอนข่ายงานประสาท



รูปที่ 3.3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ในส่วนของการรู้จำ

แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ในส่วนของการสอนข่ายงานประสาท เป็นการอธิบายรายละเอียดของการไหลของข้อมูลและการทำงานที่เกิดขึ้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสอนข่ายงานประสาท โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 6 การทำงานด้วยกัน มีรายละเอียดดังนี้

1. รับชุดข้อมูลตัวอักษร จะทำการรับข้อมูลลายมือเขียนที่ผู้ใช้เครื่องมือส่งมายังระบบ เพื่อทำการจัดเก็บลงฐานข้อมูลลายมือเขียน

2. ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร เริ่มจากรับข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสที่ต้องการ และข้อมูลตัวอักษรตัวอย่างจากผู้ใช้เครื่องมือ เพื่อทำการดึงข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและตัวอักษรตัวอย่างแล้วทำการประมวลผล จากนั้นส่งผลการทดสอบกระบวนการเข้ารหัสกลับไปยังผู้ใช้เครื่องมือ

3. จัดการกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน จะทำหน้าที่ในการ เพิ่ม ปรับปรุง และลบข้อมูลในฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน โดยรับข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชันของไพธอนสคริปต์จากผู้ใช้เครื่องมือ แล้วระบบจะทำการพิจารณาว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นการเพิ่ม ปรับปรุง หรือลบข้อมูลในฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน

4. สร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบ ทำหน้าที่ในการสร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบเพื่อใช้ในการสอนและทดสอบข่ายงานประสาทโดยจะทำการประมวลผลชุดข้อมูลตัวอักษรสำหรับสอนและทดสอบกับกระบวนการเข้ารหัส

เพื่อให้ได้ข้อมูลต้นแบบ แล้วจึงจัดเก็บลงฐานข้อมูลต้นแบบเพื่อรอการเรียกใช้ในการรับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำต่อไป

5. รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้เครื่องมือแล้วจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำให้กับโปรแกรม SNNS โดยเริ่มจากรับค่าพารามิเตอร์สำหรับสอนและโครงสร้างของข่ายงานประสาทซึ่งข้อมูลนี้จะระบุว่าใช้ไฟล์ข้อมูลต้นแบบใดจากฐานข้อมูลต้นแบบ ระบบจะทำการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำส่งไปยังโปรแกรมข่ายงานประสาทเพื่อใช้ในการสอนข่ายงานประสาท

6. จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ หลังจากโปรแกรม SNNS ทำการสอนข่ายงานประสาทแล้วก็จะส่งข้อมูลไฟล์น้ำหนักที่ได้กลับคืนมายังระบบ ซึ่งระบบจะทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำลงในฐานข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำเพื่อใช้ในส่วนของการรู้จำต่อไป

ส่วนแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ในส่วนของการรู้จำเป็นการอธิบายรายละเอียดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำ โดยเริ่มจากรับข้อมูลไฟล์น้ำหนักที่ต้องการจากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อใช้ในการดึงข้อมูลไฟล์ข้อมูลน้ำหนักและรหัสสคริปต์จากฐานข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ แล้วใช้รหัสสคริปต์ไปดึงข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสจากฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน หลังจากนั้นรอรับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อทำการประมวลผลแล้วรายงานผลการรู้จำกลับไปยังผู้ใช้เครื่องมือ ส่วนของรายละเอียดพจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) ข้อมูลนั้นได้จัดทำไว้ในเอกสารภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อสร้างเครื่องมือสำหรับทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้ การออกแบบระบบ และสภาพแวดล้อมในการพัฒนาระบบ ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละหัวข้อดังนี้

4.1 การออกแบบระบบ

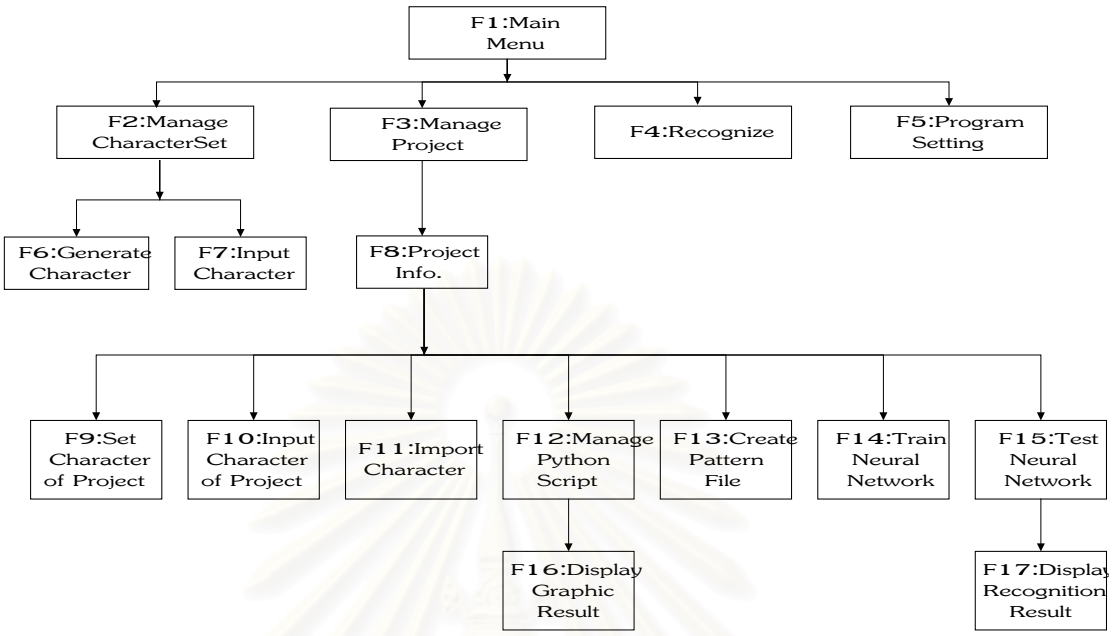
แสดงรายละเอียดของการออกแบบระบบโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยแสดงแผนผังหน้าจอของระบบ และหน้าจอหลักที่สำคัญในระบบ
2. การออกแบบส่วนจัดเก็บข้อมูลของระบบ
3. การออกแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล (Structure chart)

โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้นี้จะอธิบายถึงแผนภาพแสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบดังรูปที่ 4.1 โดยใช้คำอธิบายหน้าจอต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ซึ่งประกอบไปด้วยเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ พร้อมทั้งตัวอย่างหน้าจอที่สำคัญในระบบดังรูปที่ 4.2 ถึงรูปที่ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แผนผังหน้าจอของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

ตารางที่ 4.1 แสดงเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ

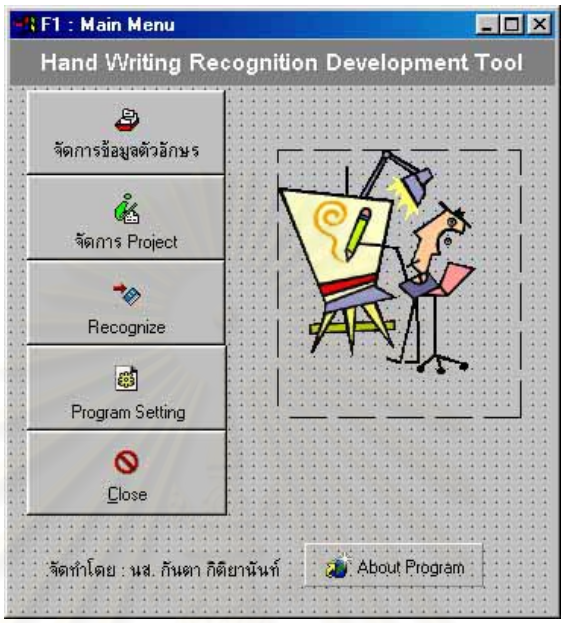
เลขที่	ชื่อ	วัตถุประสงค์
F1	Main Menu	แสดงเมนูการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมืองานเลือกการทำงานที่ต้องการ
F2	Manage CharacterSet	สร้างชุดตัวอักษร และกำหนดตัวอักษรในแต่ละชุดตัวอักษร
F3	Manage Project	ใช้ในการจัดการกับโครงการ เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือกำหนดรายละเอียดภายในโครงการ
F4	Recognize	เพื่อใช้ในการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์
F5	Program Setting	ใช้ในการกำหนดค่าไดเร็กทอรีต่าง ๆ และในการเลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบ
F6	Generate Character	ใช้ในการกำหนดตัวอักษรแอสกี (ASCII) เริ่มต้น และจำนวนตัวอักษรในชุดตัวอักษรนั้น
F7	Input Character	เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือป้อนข้อมูลลายมือเขียน และจัดเก็บลงในฐานข้อมูล
F8	Project Info.	เพื่อแสดงรายละเอียดในโครงการทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 แสดงเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ (ต่อ)

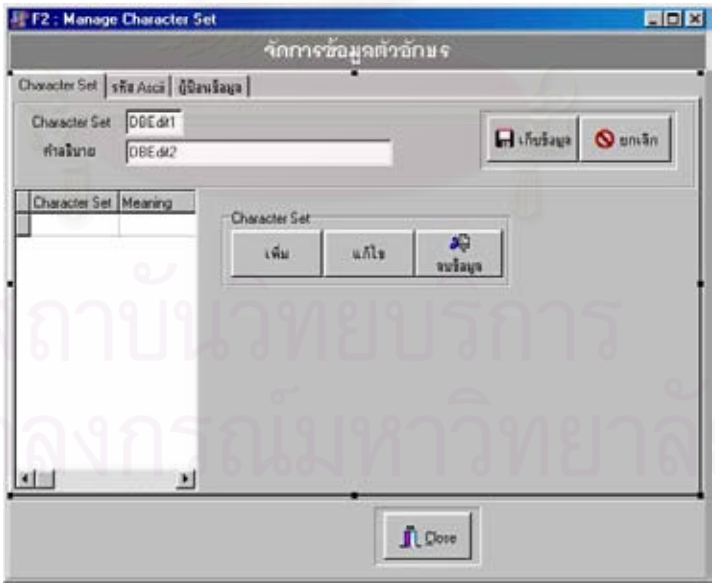
เลขที่	ชื่อ	วัตถุประสงค์
F9	Set Character of Project	เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ
F10	Input Character of Project	เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือป้อนข้อมูลลายมือเขียน สำหรับใช้ในเฉพาะโครงการที่สร้างขึ้น
F11	Import Character	เพื่อนให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถเลือกนำเข้าข้อมูลตัวอักษรที่มีการจัดเก็บไว้แล้วในฐานข้อมูลส่วนกลางมาใช้ในโครงการ
F12	Manage Python Script	เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลตัวอักษรลายมือเขียน
F13	Create Pattern File	เพื่อเป็นการกำหนดค่าให้กับข่ายงานประสาทว่าจะใช้สคริปต์ใดในการสร้างไฟล์ในการสอน และการทดสอบข่ายงานประสาท
F14	Train Neural Network	ใช้ในการแสดงผลการสอน ที่ได้รับจาก SNNS
F15	Test Neural Network	เพื่อแสดงรายละเอียดของการทดสอบโดยใช้ ไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ทดสอบข่ายงานประสาท
F16	Display Graphic Result	แสดงลายมือเขียนทั้งก่อนและหลังการประมวลผลสคริปต์
F17	Display Recognition Result	แสดงรายละเอียดของผลการรู้จำของตัวอักษรแต่ละตัวที่ได้จากการทดสอบไฟล์ข้อมูลต้นแบบเพื่อการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

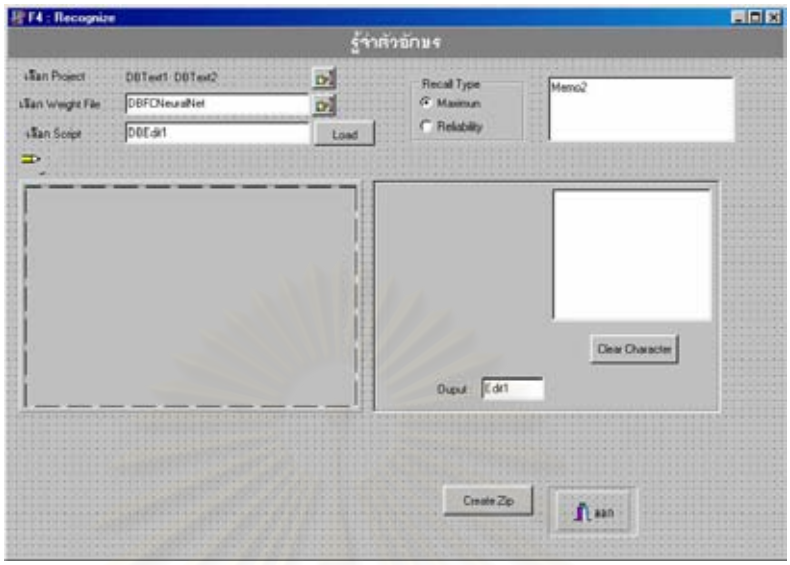
ตัวอย่างหน้าจอที่สำคัญของระบบ



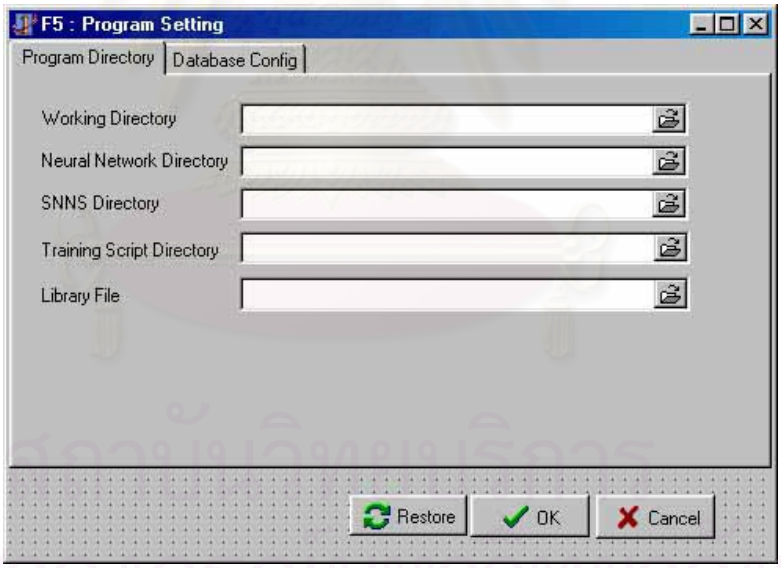
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างหน้าจอ F1: Main Menu



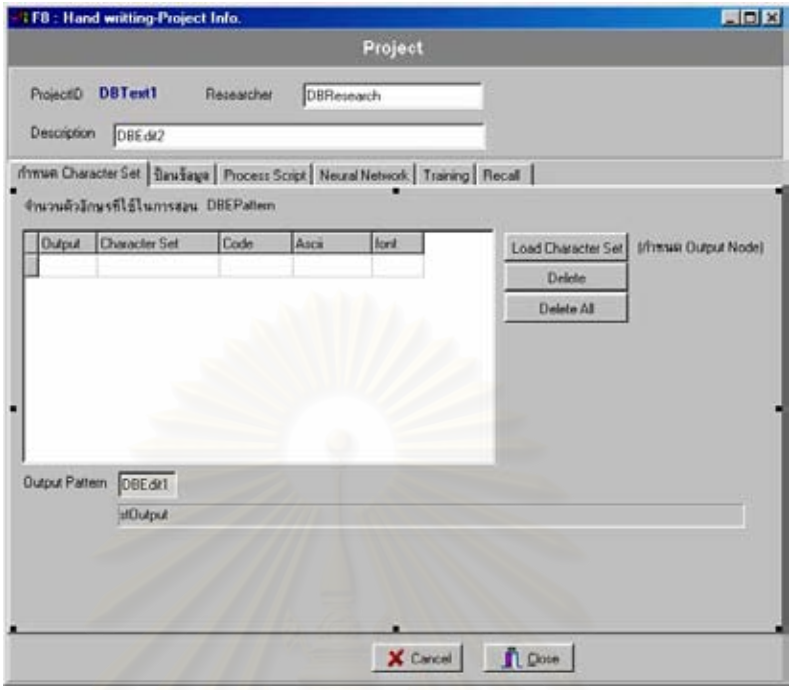
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างหน้าจอ F2: Manage CharacterSet



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างหน้าจอ F4: Recognize



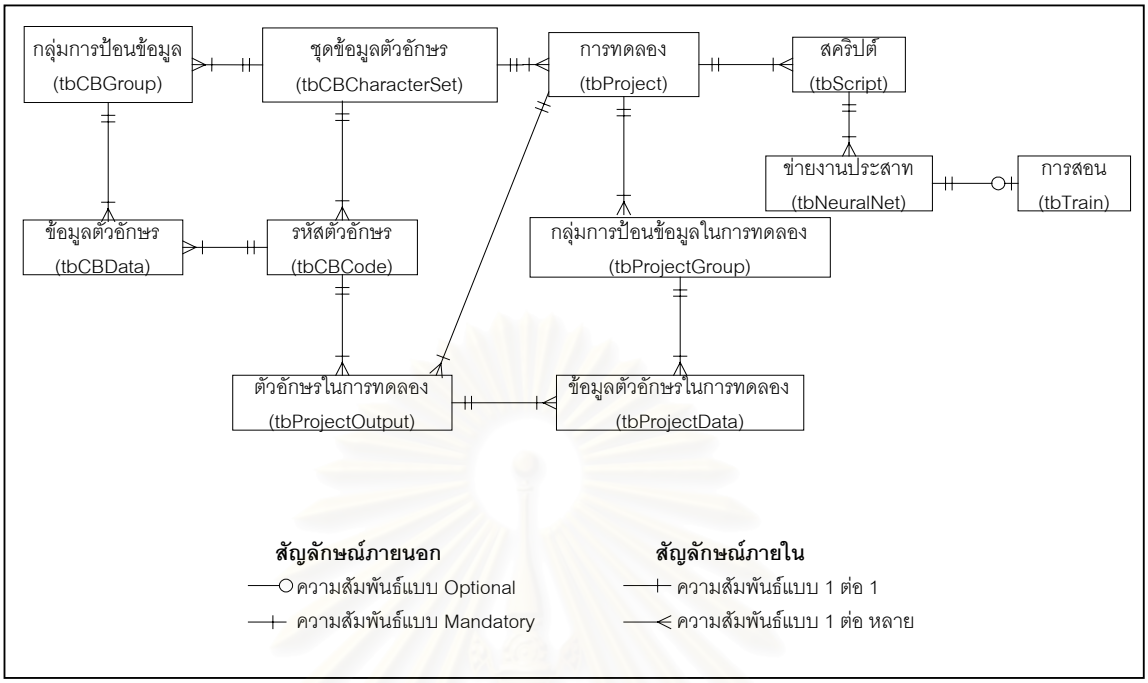
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างหน้าจอ F5: Program Setting



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างหน้าจอ F8: Project Information

4.1.2 การออกแบบส่วนจัดเก็บของระบบ

เนื่องจากได้งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database management system) ในการจัดการข้อมูลของระบบดังนั้นการออกแบบส่วนจัดเก็บจึงยึดแนวทางการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) โดยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลผ่านแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี (Entity relationship diagram) ซึ่งประกอบไปด้วย 11 เอนทิตี โดยแบ่งเป็นเอนทิตีที่สำคัญ 2 กลุ่ม คือ เอนทิตีที่เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลางประกอบด้วย 4 เอนทิตี เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลลายมือเขียนไว้เป็นข้อมูลส่วนกลางให้สามารถนำข้อมูลในส่วนนี้ไปใช้ในหลาย ๆ การทดลองได้ และเอนทิตีที่เกี่ยวกับการทดลองที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 7 เอนทิตี ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองที่เกิดขึ้น ได้แก่ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง สคริปต์ที่นำมาใช้กับข้อมูลลายมือเขียน ข่ายงานประสาทที่สร้างขึ้น และการสอนข่ายงานประสาท โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.7 และในส่วนของคำอธิบายเอนทิตี ใช้ในการอธิบายลักษณะประจำ (Attribute) ภายในเอนทิตี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของเอนทิตี

คำอธิบายเอนทิตี

รายละเอียดต่อไปนี้เป็นคำอธิบาย ชื่อความหมาย รูปแบบ และขนาดของฟิลด์ต่าง ๆ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลายมือเขียนส่วนกลาง และฐานข้อมูลเกี่ยวกับการทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **ฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง**

ฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลางมีไว้เพื่อจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้เป็นข้อมูลส่วนกลาง สามารถดึงข้อมูลในส่วนนี้ไปใช้กับการทดลอง เพื่อช่วยแก้ปัญหาการจัดเก็บข้อมูลใหม่ทุกครั้ง โดยแบ่งข้อมูลตามชุดของตัวอักษร ซึ่งสามารถระบุได้ว่าชุดตัวอักษรนี้มีข้อมูลของตัวอักษรใดบ้างตามรหัสแอสกี เช่น ภาษาไทย มีตัวอักษร ก-ฮ ฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลางนี้ประกอบไปด้วย 4 ตารางดังนี้

1.1 **ชุดข้อมูลตัวอักษร** เก็บข้อมูลของชุดตัวอักษร ซึ่งประกอบด้วย โดยมี CharacterSet เป็นคีย์หลัก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. CharacterSet	ตัวอักษร	5	รหัสชุดตัวอักษร
2. Meaning	ตัวอักษร	10	ความหมายของชุดตัวอักษร

1.2 **รหัสตัวอักษร** เก็บข้อมูลรหัสตัวอักษรของแต่ละชุดตัวอักษร ชุดข้อมูลตัวอักษรสามารถมีรหัสตัวอักษรได้หลายตัวและต้องไม่ซ้ำกัน โดยมี CharacterSet,Code เป็นคีย์หลัก และ CharacterSet เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. CharacterSet*	ตัวอักษร	5	รหัสชุดตัวอักษร
2. Code	Long Integer	4 bytes	ลำดับที่ตัวอักษรในชุดตัวอักษร
3. ASCII	Long Integer	4 bytes	รหัสแอสกีของตัวอักษร

1.3 **กลุ่มการป้อนข้อมูล** ชุดข้อมูลตัวอักษรแต่ละอันมีกลุ่มการป้อนข้อมูลได้หลายกลุ่ม และกลุ่มการป้อนข้อมูลแต่ละกลุ่มเป็นของหนึ่งชุดข้อมูลตัวอักษร โดยตารางนี้จะมี CharacterSet,GroupID เป็นคีย์หลัก และมี CharacterSet เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. CharacterSet*	ตัวอักษร	5	รหัสชุดตัวอักษร
2.GroupID	Long Integer	4 bytes	หมายเลขการป้อนข้อมูล
3. Writer	ตัวอักษร	40	ชื่อของผู้ป้อนข้อมูลลายมือเขียน

1.4 **ข้อมูลตัวอักษร** ใช้เก็บข้อมูลลายมือเขียน โดยมี CharacterSet,GroupID,Code เป็นคีย์หลัก และ (CharacterSet,GroupID),(CharacterSet,Code) เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. CharacterSet*	ตัวอักษร	5	รหัสชุดตัวอักษร
2. GroupID*	Long Integer	4 bytes	หมายเลขการป้อนข้อมูล
3. Code*	Long Integer	4 bytes	ลำดับที่ตัวอักษรในชุดตัวอักษร
4. Data	Memo		ข้อมูลลายมือเขียน

โดยข้อมูลลายมือเขียนจะประกอบด้วย จุดหลายจุดที่ต่อเนื่องกัน ข้อมูลแต่ละจุดจะประกอบด้วย x,y เป็นตำแหน่งของจุด type คือ ชนิดของจุด (0 คือจุดปกติ 1 คือจุดเริ่มต้น และ 2 คือจุดสิ้นสุด) และ t เป็นเวลาซึ่งมีความละเอียด 10^{-3} วินาที ข้อมูลตัวลายมือเขียนจะเก็บในเขตข้อมูลชนิดและ Memo ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรได้ถึง 1.2 GB

2. **ฐานข้อมูลเกี่ยวกับการทดลอง**

เป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการนำลายมือเขียนที่มีอยู่ในฐานข้อมูลส่วนแรกมาใช้ในการทดลองกับวิธีการต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลใหม่และสามารถป้อนข้อมูลใหม่ได้ถ้าต้องการ ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ตารางดังต่อไปนี้

2.1 **การทดลอง** จะจัดเก็บรายละเอียดของแต่ละการทดลอง ว่าใครเป็นผู้ทำการทดลอง มีจำนวนตัวอักษรกี่ตัวในหนึ่งชุดการทดลอง โดยแต่ละการทดลองจะนำข้อมูลมาจาก 1 ชุดข้อมูลตัวอักษรเท่านั้น ซึ่งมี ProjectID เป็นคีย์หลักและ CharacterSet เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
3. CharacterSet*	ตัวอักษร	5	รหัสชุดตัวอักษร
2. Description	ตัวอักษร	40	คำอธิบายการทดลอง
4. Researcher	ตัวอักษร	40	ชื่อผู้ทำการทดลอง
5. Amount_Pattern	ตัวอักษร	3	จำนวนตัวอักษรในหนึ่งชุด

2.2 **กลุ่มการป้อนข้อมูลในการทดลอง** การป้อนข้อมูลในแต่ละการทดลองสามารถมีข้อมูลตัวอักษรในการทดลองได้หลายชุด โดยมี ProjectID,GroupID เป็นคีย์หลักและ ProjectID เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID*	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
2. GroupID	Long Integer	4 bytes	หมายเลขการป้อนข้อมูล
3. Writer	ตัวอักษร	40	ชื่อของผู้ป้อนข้อมูลลายมือเขียน
4. Type	ตัวอักษร	1	ชนิดของการนำข้อมูลกลุ่มนี้ไปใช้ T คือข้อมูลสำหรับสอน R คือข้อมูลสำหรับทดสอบ N คือข้อมูลที่ไม่ได้ใช้

2.3 **ข้อมูลตัวอักษรในการทดลอง** เป็นตารางลายมือเขียนที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเขตข้อมูล Data จะมีลักษณะเดียวกับเขตข้อมูล Data ในตารางข้อมูลตัวอักษร โดยมี ProjectID,GroupID,Output เป็นคีย์หลักและ ProjectID,GroupID เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID*	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
2. GroupID*	Long Integer	4 bytes	หมายเลขการป้อนข้อมูล
3. Output	Long Integer	4 bytes	ลำดับของตัวอักษรในการทดลอง
4. Data	Memo		ข้อมูลลายมือเขียน

เขตข้อมูล Output จะใช้ในการสร้างรูปแบบของผลลัพท์ที่ต้องการ โดยจะใช้ร่วมกับเขตข้อมูล Amount_Pattern ในตารางการทดลองโดยแสดงตัวอย่างดังนี้

- Amount_Pattern = 3
- Output = 0 จะมี ผลลัพท์ที่ต้องการดังนี้ 1 0 0
- Output = 1 จะมี ผลลัพท์ที่ต้องการดังนี้ 0 1 0
- Output = 2 จะมี ผลลัพท์ที่ต้องการดังนี้ 0 0 1

2.4 **ตัวอักษรในการทดลอง** เป็นตารางที่ใช้ในการอ้างอิงถึงรหัสแอสกีของตัวอักษรเพื่อบอกให้ทราบว่า Output ในแต่ละตารางการทดลองมีตัวอักษรแอสกีใดโดยดูจาก ChracterSet,Code ซึ่งเป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
2. Output	Long Integer	4 bytes	ลำดับของตัวอักษรในการทดลอง
3. CharacterSet*	ตัวอักษร	45	ชุดตัวอักษรที่ใช้ในการทดลอง
4. Code*	Long Integer	4 bytes	ลำดับของตัวอักษรในแต่ละชุดตัวอักษร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 **ข่ายงานประสาท** เป็นตารางซึ่งเก็บรายละเอียดของข่ายงานประสาทที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลอง โดยที่การทดลองหนึ่งสามารถมีข่ายงานประสาทได้หลายข่ายงาน ข่ายงานประสาทแต่ละอันมีสคริปต์ได้เพียง 1 สคริปต์ ตารางนี้มี ProjectID,NeuralID เป็นคีย์หลัก และ ProjectID,ScriptID เป็นคีย์นอก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID*	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
2. NeuralID	Long Integer	4 bytes	รหัสของข่ายงานประสาท
3. ScriptID*	Long Integer	4 bytes	รหัสของสคริปต์
4. NeuralName	ตัวอักษร	40	ชื่อข่ายงานประสาท
5. ActInput	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นนำเข้าข้อมูล
6. HiddenLayer	Long Integer	4 bytes	จำนวนชั้นแอบแฝง
7. OutputNode	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นผลลัพธ์
8. Layer1	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 1
9. Act1	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 1
10. Layer2	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงในชั้นที่ 2
11. Act2	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 2
12. Layer3	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงในชั้นที่ 3
13. Act3	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 3
14. Layer4	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงในชั้นที่ 4
15. Act4	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 4
16. Layer5	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงในชั้นที่ 5
17. Act5	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 5
18. Layer6	Long Integer	4 bytes	จำนวนโหนดในชั้นแอบแฝงในชั้นที่ 6
19. Act6	ตัวอักษร	25	แอคติเวชันฟังก์ชันในชั้นแอบแฝงชั้นที่ 6

2.6 **การสอน** เก็บรายละเอียดของการสอนข่ายงานประสาทโดยข่ายงานประสาทหนึ่งจะมีการสอน 1 การสอน หรือไม่มีการสอนเกิดขึ้นก็ได้ ตารางนี้มี ProjectID,NeuralID เป็นคีย์หลัก

ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
2. NeuralID	Long Integer	4 bytes	รหัสข่ายงานประสาท
5. WeightFile	ตัวอักษร	40	ชื่อของไฟล์ที่สอนแล้ว
6. Init_Func	ตัวอักษร	25	ชื่อฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้น
7. Learn_Func	ตัวอักษร	25	ชื่อฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้
8. Learn_Param	ตัวอักษร	50	พารามิเตอร์ที่ใช้ในการเรียนรู้ตัวที่ 1
12. Update_Func	ตัวอักษร	25	ชื่อของฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับปรุงค่าน้ำหนัก
13. Max_Epoch	Long integer	4 bytes	จำนวนรอบมากที่สุดที่ใช้ในการสอน
14. Max_Error	Double	8 bytes	ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ใช้ในการหยุดการสอน
21. TrainLog	ตัวอักษร	40	ไฟล์ที่สร้างจากข้อมูลของการสอนที่ ข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ทส่งมายังระบบ ซึ่งเป็นรายละเอียดที่เกิดขึ้นในขณะที่สอน
22. TrainFile	ตัวอักษร	40	ชื่อของไฟล์อินพุตที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาท
23. TestFile	ตัวอักษร	40	ชื่อของไฟล์อินพุตที่ใช้ในการทดสอบข่ายงานประสาท
24. ResultFile	ตัวอักษร	40	ชื่อไฟล์ผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำไฟล์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบที่กำหนดมาคำนวณผ่าน ไฟล์ข้อมูลน้ำหนักที่ได้จากการสอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 **สคริปต์** เป็นตารางที่แสดงรายละเอียดของสคริปต์ในแต่ละการทดลองโดยในแต่ละการทดลองสามารถมีสคริปต์ได้หลายอัน ตารางนี้มี ProjectID,ScriptID เป็นคีย์หลัก และมี ProjectID เป็นคีย์นอก

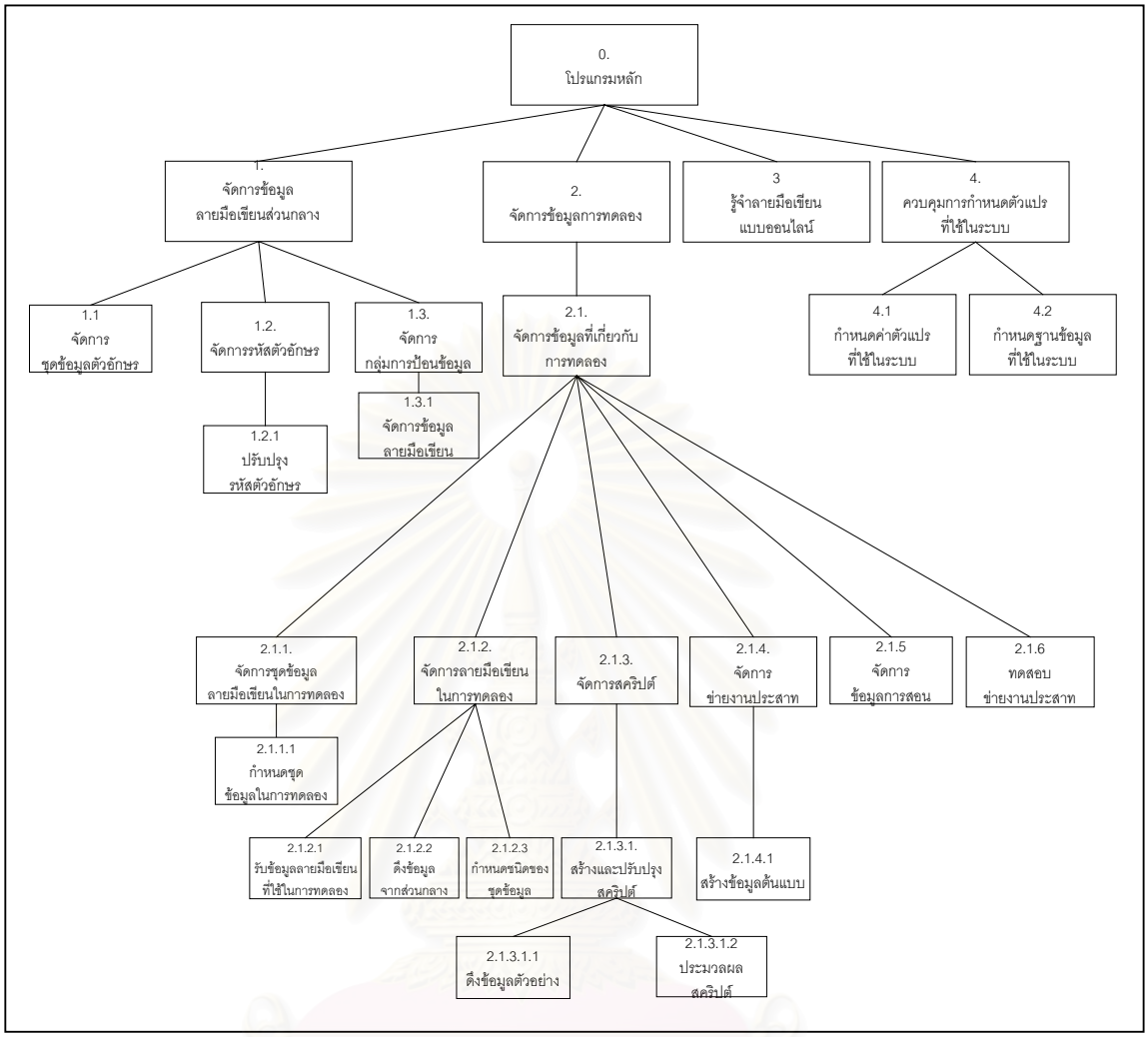
ชื่อเขตข้อมูล	ชนิด	ขนาด	ความหมาย
1. ProjectID*	Long Integer	4 bytes	รหัสการทดลอง
2. ScriptID	Long Integer	4 bytes	รหัสสคริปต์ในการทดลอง
3. ScriptName	ตัวอักษร	40	ชื่อของสคริปต์
4.Description	ตัวอักษร	100	คำอธิบายสคริปต์
5.Script	Memo		รายละเอียดของสคริปต์
6.InputNode	Long Integer	4 bytes	เป็นจำนวนโหนดในชั้นนำเข้าข้อมูลของข่ายงานประสาทซึ่งเกิดจากการประมวลผลด้วยสคริปต์นี้

4.1.3 โครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล

ส่วนนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือซอตฟ์แวร์สำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบการแพร่กระจายย้อนกลับ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.8 และอธิบายการทำงานของแต่ละโมดูลอย่างละเอียดไว้ในภาคผนวก ค รวมทั้งได้อธิบายการทำงานโดยรวมของแต่ละโมดูลดังนี้

1. การจัดการข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง แสดงหน้าจอในการจัดการฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง (F2) ในโมดูลนี้ทำหน้าที่ในการเรียกใช้โมดูลตามที่ผู้ใช้เครื่องมือเลือกดังนี้

1.1. การจัดการชุดข้อมูลตัวอักษร ใช้ในการจัดการรายละเอียดในตารางชุดข้อมูลตัวอักษร โดยรับสถานะการจัดการข้อมูลจากผู้ใช้ ถ้าสถานะเป็นเพิ่ม หรือ แก้ไขจึงรับข้อมูลในเขตข้อมูล CharacterSet และ Meaning จากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อทำการเพิ่ม หรือแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล แต่ถ้าสถานะเป็นลบจะทำการลบข้อมูลที่ผู้ใช้เครื่องมือกำหนดออกจากฐานข้อมูล



รูปที่ 4.8 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล

1.2. การจัดการรหัสตัวอักษร ใช้ในการจัดการรายละเอียดในตารางรหัสตัวอักษร โดยรับสถานะการจัดการข้อมูลจากผู้ใช้ ถ้าสถานะเป็นเพิ่มใหม่ จะรับค่ารหัสแอสกีเริ่มต้น และจำนวนตัวอักษรจากผู้ใช้เครื่องมือแล้วเพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูล ถ้าสถานะเป็นแก้ไขจะเรียก โมดูลปรับปรุงรหัสตัวอักษร ดังนี้

1.2.1. การปรับปรุงรหัสตัวอักษร จะทำการแก้ไขรหัสแอสกีที่มีในตารางรหัสตัวอักษร โดยรับข้อมูลระเบียน และรหัสแอสกีใหม่ที่ต้องการแก้ไขเพื่อแก้ไขค่ารหัสแอนกีในระเบียนนั้น ๆ

1.3. การจัดการกลุ่มการป้อนข้อมูล ใช้ในการจัดการรายละเอียดในตารางกลุ่มการป้อนข้อมูล โดยรับสถานะการจัดการข้อมูลจากผู้ใช้ ถ้าสถานะเป็นเพิ่มใหม่จะรับชื่อผู้เขียน แล้วทำการเพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูล ถ้าสถานะเป็นแก้ไข จะรับระเบียน และชื่อผู้เขียนที่ต้องการแก้ไข แล้วทำการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล จากนั้น

จึงไปเรียกโมดูลการจัดการข้อมูลลายมือเขียน กรณีที่สถานะเป็นการลบจะรับระเบียนที่ต้องการลบ เพื่อทำการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล

1.3.1. การจัดการข้อมูลลายมือเขียน จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือ เพื่อจัดเก็บลงในตารางข้อมูลตัวอักษร โดยจะรับระเบียนที่ต้องการจะเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลจากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อทำการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลลายมือเขียนในระเบียนนั้น ๆ

2. การจัดการข้อมูลการทดลอง เป็นโมดูลที่แสดงการทดลองต่าง ๆ มีอยู่ในตารางการทดลอง เพื่อให้ผู้ใช้เลือกการทดลองที่จะทำงาน โดยเมื่อผู้ใช้เครื่องมือทำการเลือกการทดลองแล้วระบบจะเรียกโมดูลการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดลอง ดังนี้

2.1. การจัดการข้อมูลที่เกี่ยวกับการทดลอง จะแสดงหน้าจอรายละเอียดในการทดลอง (F8) เพื่อจัดการกับรายละเอียดภายในการทดลองที่แยกเป็นส่วน ๆ ตามหน้าที่ควบคุมภายในหน้าจอ

2.1.1. การจัดการชุดข้อมูลลายมือเขียนในการทดลอง ใช้ในการ เพิ่ม หรือลบ ตัวอักษรที่ใช้ในการทดลอง ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการเพิ่มตัวอักษรจะเรียกโมดูลที่ 2.1.1.1 ส่วนในการลบตัวอักษรนั้นมี 2 กรณี คือ ลบตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเป็นบางตัว หรือลบตัวอักษรทุกตัว ในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องการลบเป็นบางตัว จะทำการเลือกระเบียนที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องการลบในตารางตัวอักษรในการทดลอง เพื่อลบระเบียนนั้นหลังจากนั้นจะทำการปรับปรุงค่าของเขตข้อมูล Output เพื่อให้เป็นเลขที่ลำดับของตัวอักษรที่ต่อเนื่องกัน ส่วนกรณีที่ผู้ใช้ต้องการลบทุกตัวอักษร จะลบทุกระเบียนในตารางตัวอักษรในการทดลอง ที่มีเขตข้อมูล ProjectID ตรงกับที่ผู้ใช้เครื่องมือกำลังทำงานอยู่

2.1.1.1. การกำหนดชุดข้อมูลในการทดลอง ใช้ในการกำหนดว่าชุดตัวอักษรที่ใช้การทดลองประกอบด้วยตัวอักษรใดบ้าง

2.1.2. การจัดการลายมือเขียนในการทดลอง ทำหน้าที่ในการเรียกโมดูลที่ 2.1.2.1 โมดูลที่ 2.1.2.2 หรือโมดูลที่ 2.1.2.3 ตามการใช้งานที่ผู้ใช้เครื่องมือเรียกใช้

2.1.2.1. การรับข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ในการทดลอง ใช้ในการรับข้อมูลที่ใช้เฉพาะในแต่ละการทดลอง

2.1.2.2. การดึงข้อมูลจากส่วนกลาง ใช้ในการดึงข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากฐานข้อมูลส่วนกลางมาไว้ในฐานข้อมูลของการทดลอง

2.1.2.3. การกำหนดชนิดของชุดข้อมูล ใช้กำหนดชนิดของกลุ่มข้อมูลว่าเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับสอน หรือทดสอบข่ายงานประสาท

2.1.3. การจัดการสคริปต์ ทำหน้าที่ในการเรียกโมดูลที่ 2.1.3.1 ในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องการ เพิ่มหรือแก้ไขสคริปต์ และทำการลบสคริปต์จากตารางสคริปต์ในกรณีที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องการลบสคริปต์

2.1.3.1. การสร้างและปรับปรุงสคริปต์ ทำหน้าที่ในการเรียกใช้โมดูลที่ 2.1.3.1.1 และโมดูลที่ 2.1.3.1.2 ตามการเรียกใช้ของผู้ใช้เครื่องมือ

2.1.3.1.1. การดึงข้อมูลตัวอย่าง ดึงข้อมูลจากลายมือเขียนจากฐานข้อมูลตัวอักษรในการทดลองเพียงตัวเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบสคริปต์ แล้วส่งไปให้โมดูลที่ 2.1.3.1

2.1.3.1.2. การประมวลผลสคริปต์ นำข้อลายมือเขียนจากโมดูลที่ 2.1.3.1 มาประมวลผลกับสคริปต์ที่สร้างขึ้นแล้วรายงานผลกลับไปยังผู้ใช้เครื่องมือ

2.1.4. การจัดการข่ายงานประสาท ใช้ในการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลที่เป็นโครงสร้างของข่ายงานประสาทในตารางข่ายงานประสาท และเรียกใช้โมดูลที่ 2.1.4.1 เพื่อทำการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นนำเข้าข้อมูล

2.1.4.1. การสร้างข้อมูลต้นแบบ ใช้ในการเลือกสคริปต์ที่จะทำการสร้างข้อมูลต้นแบบ แล้วทำการประมวลผลกับข้อมูลลายมือเขียนในการทดลอง

2.1.5. การจัดการข้อมูลการสอน ใช้ในการสั่งให้โปรแกรม SNNS ทำการสอนข่ายงานประสาทที่ได้สร้างขึ้น และใช้ในการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลในตารางการสอน

2.1.6. ทดสอบข่ายงานประสาท ใช้ในการสั่งให้โปรแกรม SNNS ทำการประมวลผลข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ หลังจากนั้นทำการคำนวณผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SNNS แสดงให้กับผู้ใช้เครื่องมือทราบ

3. การรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ใช้ในการเลือกข่ายงานประสาทเพื่อที่จะใช้ในการประมวลผลการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

4. การควบคุมการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในระบบ ใช้ในการเรียกโมดูลที่ 4.1 และ 4.2 ตามการเรียกใช้ของผู้ใช้เครื่องมือ

4.1. การกำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในระบบ ใช้ในการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในระบบ ได้แก่ ค่าสารบบ (directory) ของเครื่องมือ ค่าสารบบที่ใช้เก็บข่ายงานประสาท ค่าสารบบของโปรแกรม SNNS สารบบของสคริปต์ และไฟล์ข้อมูล Library.py

4.2. การกำหนดฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบ ใช้ในการเลือกฐานข้อมูลที่จะใช้งาน

4.2 สภาพแวดล้อมในการพัฒนาเครื่องมือ

เครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับนี้ ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมภายใต้สภาพแวดล้อมดังนี้

- พัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมเดลไฟ 5
- ใช้โปรแกรมภาษาไพธอน1.5 เป็นส่วนในการสร้างสคริปต์ของการประมวลผล

- ใช้โปรแกรมข่ายงานประสาทจำลองของมหาวิทยาลัยสตุทการ์ท รุ่น 4.1 เป็นข่ายงานประสาท
- ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium III ในการพัฒนา
- บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 98
- ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลด้วย Microsoft access 97
- เชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดการการเชื่อมต่อฐานข้อมูล BDE Administrator รุ่น 5.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบเครื่องมือ โดยการทดสอบเครื่องได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ทดสอบฟังก์ชันที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสคริปต์ และทดสอบการทำงานของเครื่องมือทั้งหมด ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

5.1 ทดสอบฟังก์ชันที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสคริปต์

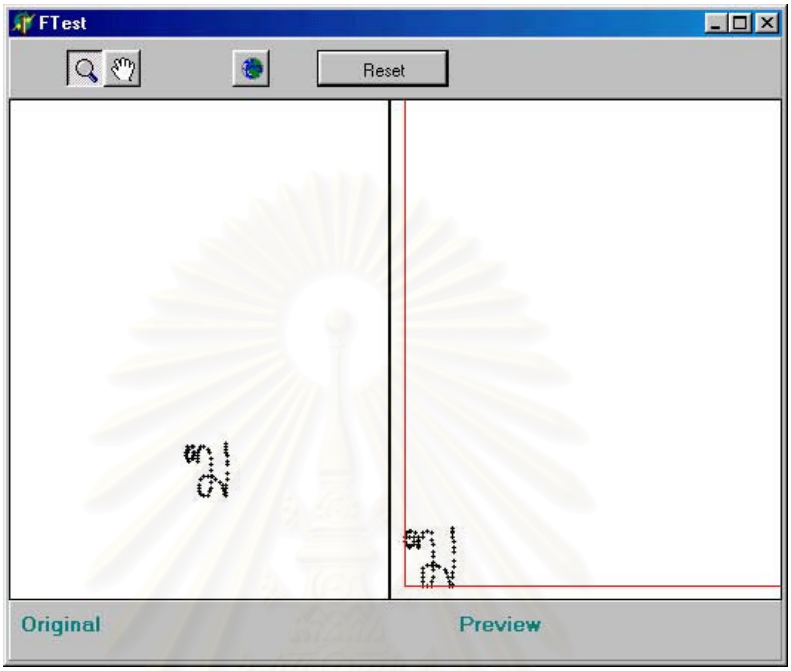
เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้มีส่วนที่ช่วยให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถสร้าง ปรับปรุง และแก้ไขวิธีในการเข้ารหัส และเพื่อให้ความสะดวกกับผู้ใช้เครื่องมือที่จะนำวิธีการเข้ารหัสที่สร้างขึ้นมาทำการทดลองกับข้อมูลลายมือเขียน ในงานวิจัยนี้จึงได้สร้างกลุ่มของฟังก์ชันในรูปแบบของภาษาไพธอนสคริปต์ โดยฟังก์ชันเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล Library.py ของโปรแกรม ฟังก์ชันเหล่านี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือฟังก์ชันสำหรับทำการประมวลผลเบื้องต้น และฟังก์ชันสำหรับทำการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องทำการทดสอบฟังก์ชันทั้งสองประเภทดังนี้

5.1.1 การทดสอบฟังก์ชันสำหรับทำการประมวลผลเบื้องต้น

การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปทำการหาลักษณะเด่นของข้อมูลได้ง่ายขึ้น ภายในเครื่องมือได้จัดเตรียมฟังก์ชันสำหรับทำการประมวลผลเบื้องต้นไว้ให้ ซึ่งฟังก์ชันต่าง ๆ เหล่านี้มาจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ซึ่งอยู่ในบทที่ 2) โดยผลการทดสอบเป็นดังนี้

1. **การทำนอร์มอลไลซ์** ผลการทดสอบสคริปต์กับตัวอักษร ฆ แสดงดังรูปที่ 5.1 โดยบริเวณด้านขวาของหน้าจอจะเป็นข้อมูลก่อนการประมวลผล และบริเวณด้านซ้ายของจอจะเป็นข้อมูลหลังผ่านการประมวลผล และตัวอย่างภาษาไพธอนสคริปต์แสดงดังรูปที่ 5.2 ซึ่งก่อนทำการนอร์มอลไลซ์ตัวอักษรมีความสูงเท่ากับ 540 หน่วย และกำหนดให้ความสูงใหม่หลังการทำนอร์มอลไลซ์เท่ากับ 600 หน่วย จะเห็นได้ว่าตัวอักษรหลัง

จากผ่านขั้นตอนการทำนอร์มอลไลซ์แล้วมีการย้ายตำแหน่งไปยังจุดกำเนิด และมีความสูงเพิ่มขึ้นโดยยังคงอัตราส่วนระหว่างความกว้างกับความสูงเท่าเดิม



รูปที่ 5.1 แสดงผลการทดสอบตัวอักษรลายมือเขียนกับการทำนอร์มอลไลซ์ด้วยไพธอนสคริปต์

```
def normalize(p,height):
    "normalize( p: List of Point , height: numberic) return: normalized
pointlist"
    result=[]
    x1,y1=findMinX(p),findMinY(p)
    x2,y2=findMaxX(p),findMaxY(p)
    if y1==y2:
        r = 1
    else:
        r = height / (y2-y1)
    for a in p:
      b = Point()
      b.x = (a.x-x1)*r
      b.y = (a.y-y1)*r
      b.time = a.time
      b.f    = a.f
      result.append(b)
    return result
```

รูปที่ 5.2 ตัวอย่างภาษาสคริปต์ในการทำนอร์มอลไลซ์

2. **การปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น** ผลการทดสอบสคริปต์กับตัวอักษร ข แสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณที่ได้วงกลมไว้เส้นของตัวอักษรหลังจากผ่านการประมวลผลแล้วจุดภายในตัวอักษรมีความเรียบมากขึ้น

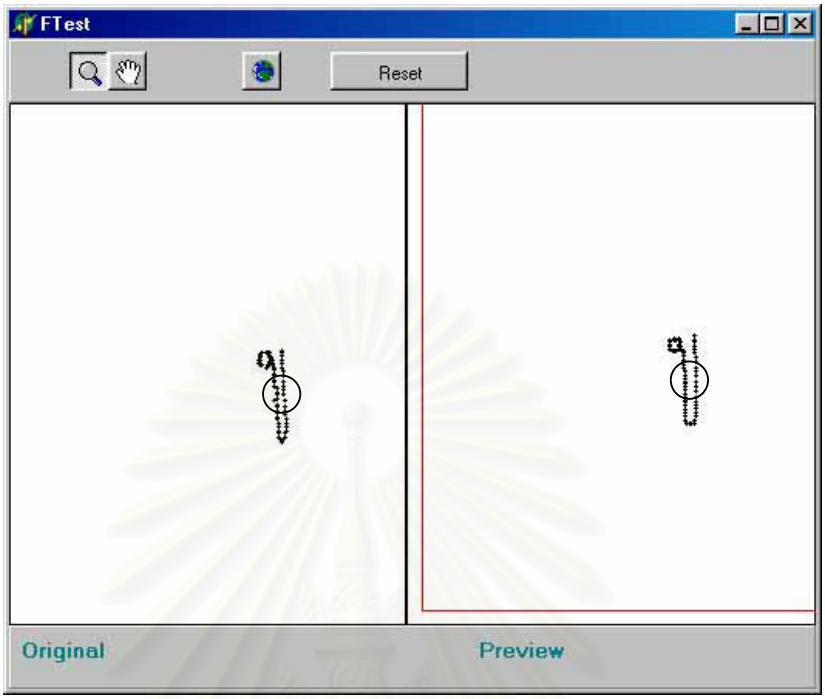
3. **การกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุด** วิธีการนี้ทำเพื่อลดจำนวนจุดภายในตัวอักษร ซึ่งตัวอักษร ก ก่อนทำการประมวลผลดังรูปที่ 5.4 มีจำนวนจุด 100 จุด และตัวอักษร ก หลังผ่านการประมวลผลแล้วจะมีจำนวนจุด 88 จุด

4. **การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง** วิธีการนี้ทำเพื่อปรับจุดภายในตัวอักษรให้มีลักษณะเป็นแนวเส้นตรงมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำตัวอักษร ฌ มาทดการทดสอบแล้วแสดงผลดังรูปที่ 5.5 จะเห็นว่าจุดภายในตัวอักษรมีการเรียงเป็นแนวเส้นตรงมากขึ้น ซึ่งวิธีการนี้อาจทำให้ส่วนที่เป็นลักษณะสำคัญของตัวอักษร เช่น บริเวณหัวตัวอักษร ถูกปรับให้เรียบไปด้วย

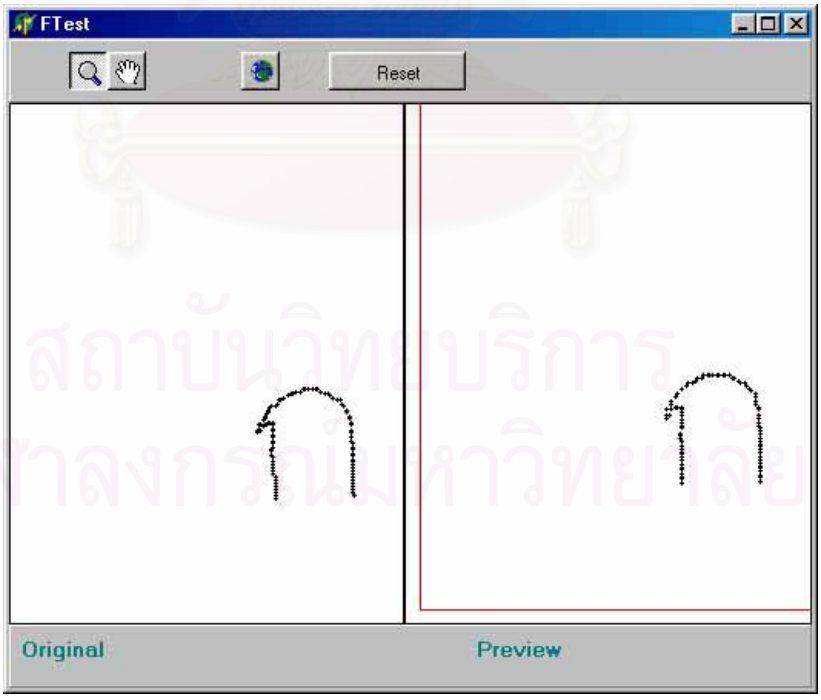
5. **การทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงที่มีมุมเข้ามาร่วมในการพิจารณา** วิธีนี้จะนำมุมเข้ามาพิจารณาก่อนทำการปรับจุด ผลการทดสอบสคริปต์กับตัวอักษร ฌ แสดงดังรูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าตัวอักษรยังคงลักษณะที่สำคัญของตัวอักษรไว้ได้ เช่น บริเวณหัวตัวอักษร ต่างจากการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรงเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงมุมของตัวอักษร จากตัวอย่างตัวอักษร ฌ ซึ่งเป็นตัวอักษรตัวเดียวกันหลังจากวิธีการนี้แล้วยังสามารถคงลักษณะของหัวตัวอักษรไว้ได้ จะเห็นได้จากบริเวณที่ได้วงกลมไว้

6. **การกำจัดเส้นที่เกิดจากการวางปากกาหรือยกปากกา** เป็นวิธีในการลบจุดที่ไม่ต้องการของตัวอักษรออก บริเวณที่เริ่มวางปากกาหรือยกปากกาขึ้น ซึ่งจุดที่เกินมานี้ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของตัวอักษรและถือว่าเป็นสัญญาณรบกวนได้ ผลการทดสอบสคริปต์กับสระ อะ แสดงดังรูปที่ 5.7 จะเป็นว่าบริเวณจุดในการวางปากกาที่วงกลมไว้จะถูกลบออกไปหลังจากการประมวลผลด้วยวิธีนี้ ซึ่งข้อมูลก่อนการประมวลผลประกอบด้วยจุดจำนวน 40 จุด หลังจากผ่านการประมวลผลแล้ว เหลือจำนวนจุด 34 จุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

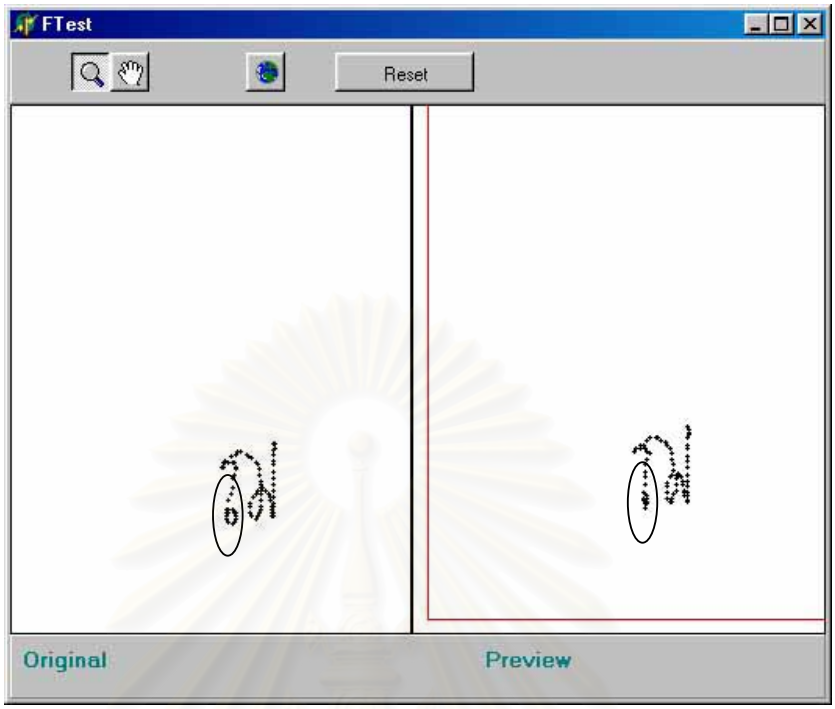


รูปที่ 5.3 แสดงผลการทดสอบการปรับเส้นให้ราบเรียบขึ้น

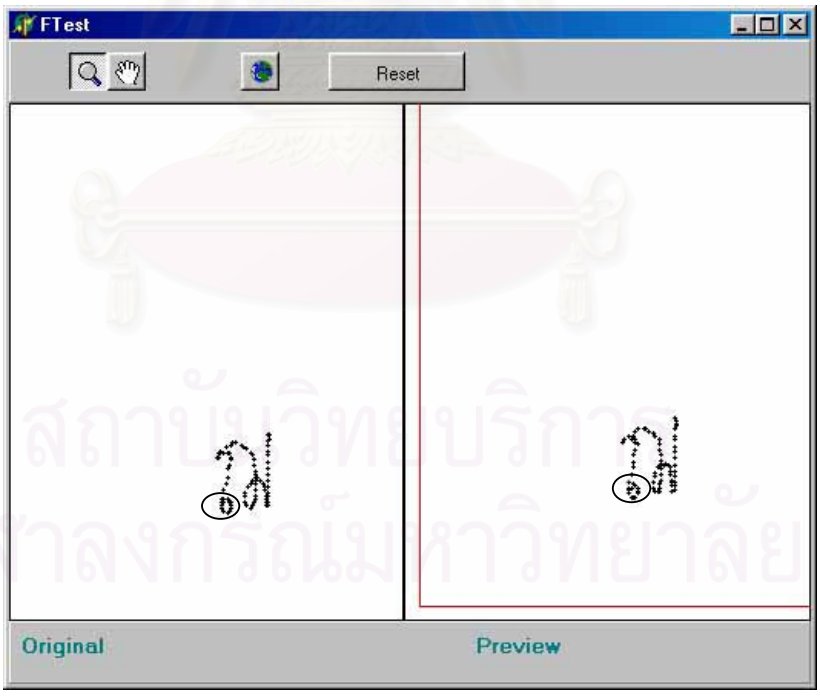


รูปที่ 5.4 แสดงผลการทดสอบการกรองด้วยระยะห่างที่น้อยที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

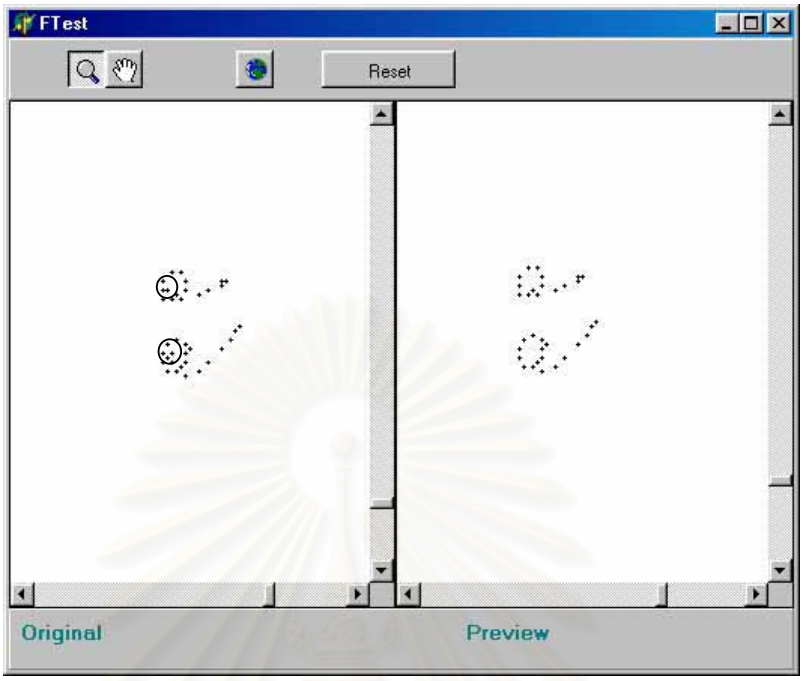


รูปที่ 5.5 แสดงผลการทดสอบการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง



รูปที่ 5.6 แสดงผลการทดสอบการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ยให้เป็นแนวเส้นตรง ที่มีมุมเข้ามาร่วมในการพิจารณา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 แสดงผลการทดสอบการกำจัดเส้นที่เกิดจากการวางปากกาหรือยกปากกา

5.1.2 การทดสอบฟังก์ชันสำหรับทำการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร

การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร คือการหาลักษณะที่ใช้เป็นตัวแทนในการแยกความแตกต่างของตัวอักษรแต่ละตัว ภายในเครื่องมือมีการจัดเตรียมฟังก์ชันสำหรับการหาลักษณะเด่นของตัวอักษรไว้ดังต่อไปนี้

1. **การหาจุดเด่นของตัวอักษร** เป็นการหาจุดเด่นของตัวอักษรว่าอยู่บริเวณใดโดยจะใช้รหัสโซนในการระบุตำแหน่งของจุดเด่นภายในตัวอักษร รหัสโซนได้จากการแบ่งตัวอักษรออกเป็น 9 ส่วนเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนจะมีหมายเลขระบุไว้ดังรูปที่ 5.8 หลังจากนำตัวอักษร ง ในรูปที่ 5.9 ซึ่งประกอบด้วยจำนวนจุดทั้งสิ้น 37 จุดไปผ่านการหาจุดเด่นด้วยไพธอนสคริปต์แล้วได้ผลลัพธ์เป็นจุดเด่นทั้งสิ้น 6 จุด โดยแต่ละจุดอยู่ในรหัสโซนดังนี้ 8 7 8 2 3 3

2. **การใช้รหัสแบบต่าง ๆ แทนจุดในตัวอักษร** เป็นการใช้รหัสแบบต่าง ๆ ในการแทนข้อมูลของแต่ละจุดภายในตัวอักษร โดยรหัสที่ใช้มีด้วยกัน 2 แบบคือ รหัสลูกโซ่ และ รหัสโซน ดังต่อไปนี้

- **การใช้รหัสลูกโซ่** เป็นการหาลักษณะเด่นที่ใช้แทนจุดในตัวอักษรด้วยรหัสลูกโซ่ของฟรีแมนดังรูปที่ 5.10 เพื่อใช้ในการแทนข้อมูลลายมือเขียน ซึ่งได้ทำการทดสอบการหารหัสลูกโซ่กับตัวอักษร ง ในรูปที่

5.9 ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วยรหัสลูกโซ่ทั้งสิ้น 36 รหัสดังนี้ 0 6 6 5 4 4 4 3 2 1 1 0 0 7 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 5 4 2 3 2 2 3 2 3 3 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับรหัสลูกโซ่ที่ได้กำหนดไว้ใน

- **การใช้รหัสโซน** เป็นการหาลักษณะเด่นที่ใช้แทนจุดในตัวอักษรด้วยรหัสโซน ค่ารหัสโซนของตัวอักษร ง ดังรูปที่ 5.9 ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วยรหัสลูกโซนทั้งสิ้น 37 รหัสดังนี้ 8 8 8 8 8 8 7 7 6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 5 5 5 5 2 2 2 2 2 2 2 1 1 3 3 3 3 3

3. **การหาหัวตัวอักษร** เป็นการหาส่วนที่เป็นวงกลมของตัวอักษรโดยพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงมุมของจุดภายในตัวอักษรเพื่อหาส่วนที่เป็นวงกลมโดยจะแสดงผลลัพธ์เป็นรายการดังนี้

{ จำนวนหัวตัวอักษรที่พบ, [ชนิดของวงที่1, บริเวณที่พบ], [ชนิดของวงที่2,บริเวณที่พบ],…,
[ชนิดของวงสุดท้าย, บริเวณที่พบ] }

โดย

ชนิดของวงที่พบกำหนดให้เป็น –1 เมื่อหัวตัวอักษรมีทิศทวนเข็มนาฬิกา

ชนิดของวงที่พบกำหนดให้เป็น 1 เมื่อหัวตัวอักษรมีทิศตามเข็มนาฬิกา

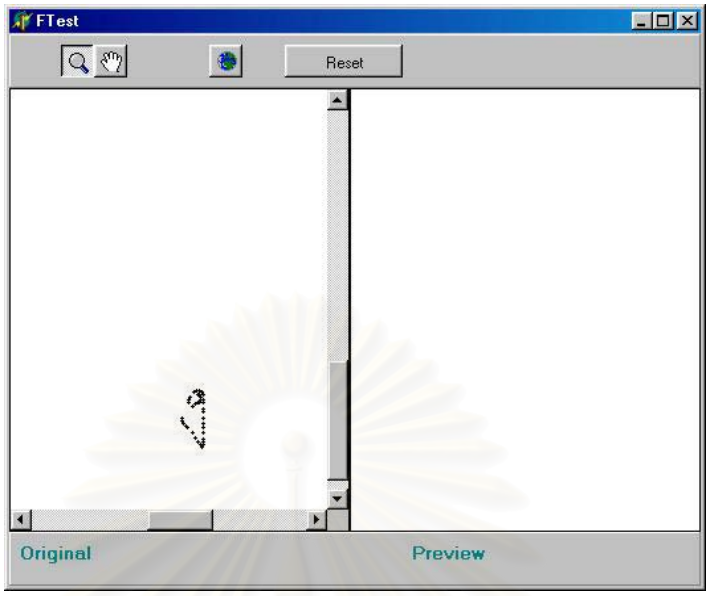
บริเวณที่พบ คือ บริเวณที่พบจุดที่ตัดกับเป็นวงจะแสดงในรูปแบบของรหัสโซน

ผลการทดสอบการหาหัวตัวอักษรกับตัวอักษร ฐ ดังรูปที่ 5.1 ได้ผลลัพธ์เป็น { 2, [1, 6], [1, 4] } ซึ่งสามารถแปลเป็นความหมายได้ว่า พบส่วนที่เป็นวงกลม 2 ส่วน โดยส่วนที่หนึ่งเป็นวงกลมชนิดตามเข็มนาฬิกา จุดตัดอยู่บริเวณรหัสโซนที่ 6 และส่วนที่สองเป็นวงกลมชนิดตามเข็มนาฬิกา จุดตัดอยู่ในบริเวณรหัสโซนที่ 4

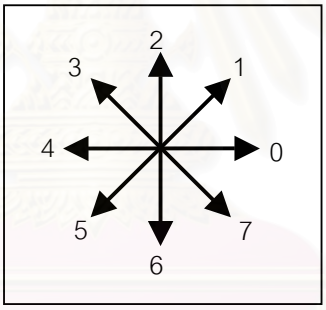
6	7	8
3	4	5
0	1	2

รูปที่ 5.8 แสดงหมายเลขการแบ่งรหัสโซน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



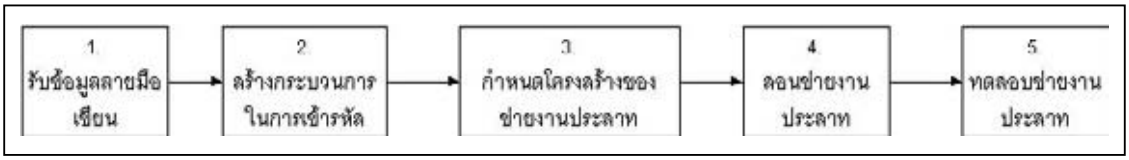
รูปที่ 5.9 แสดงหน้าจอของตัวอักษร ง ที่ใช้ในการหาลักษณะเด่นด้วยวิธีต่าง ๆ



รูปที่ 5.10 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่

5.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องมือทั้งหมด

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในเครื่องมือทั้งหมดดังรูปที่ 5.11 เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องมือนี้สามารถทำงานได้จริงตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะทำการทดสอบตั้งแต่รับข้อมูลลายมือเขียน สร้างกระบวนการในการเข้ารหัสตัวอักษร กำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท สอนข่ายงานประสาท และทดสอบข่ายงานประสาท โดยมีรายละเอียดการทดสอบเป็นดังนี้



รูปที่ 5.11 ขั้นตอนของการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ

1. **ส่วนของการรับข้อมูลลายมือเขียน**

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบส่วนของการรับข้อมูลลายมือเขียน โดยทำการเก็บข้อมูลลายมือเขียนจำนวน 3 คน ไว้ในฐานข้อมูลของระบบ และกำหนดให้มีจำนวนตัวอักษรในการรู้จำ 67 ตัว โดยแบ่งข้อมูลในการจัดเก็บเป็น 2 กลุ่มคือ

- ข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ใน*การสอน*ข่ายงานประสาทจำนวน 45 ชุด (3015 ตัวอักษร) ซึ่งได้จากผู้เขียนคนละ 15 ชุด จำนวน 3 คน
- ข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ใน*การทดสอบ*ข่ายงานประสาทจำนวน 15 ชุด (1005 ตัวอักษร) ซึ่งได้จากผู้เขียนคนละ 5 ชุด จำนวน 3 คน

2. **ส่วนของการสร้างกระบวนการในการเข้ารหัส**

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างกระบวนการในการเข้ารหัสขึ้นเพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยสามารถเรียกใช้งานได้ โดยกระบวนการในการเข้ารหัสเป็นการแปลงข้อมูลลายมือเขียน เพื่อเป็นอินพุตของข่ายงานประสาทหรือเรียกว่าข้อมูลต้นแบบ ซึ่งเป็นคู่ลำดับระหว่างรูปแบบของอินพุตที่ต้องการให้เรียนรู้กับเอาท์พุตเป้าหมาย (Target output) นั่นคือ ถ้าต้องการให้ข่ายงานประสาทเรียนรู้ตัวอักษร 4 ตัว ได้แก่ ก ข ค และ ฆ จะมีรูปแบบของอินพุตและเอาท์พุตเป้าหมายดังตารางที่ 5.1 จากข้อมูลในตารางนี้สามารถแปลความหมายได้ว่า ข้อมูลแต่ละสดมภ์อินพุตเท่ากับจำนวนโหนดในชั้นนำเข้าข้อมูลของข่ายงานประสาทซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถกำหนดได้จากกระบวนการในการเข้ารหัส และข้อมูลในสดมภ์เอาท์พุตเป้าหมายจะหมายถึงจำนวนโหนดในชันผลลัพธ์ของข่ายงานประสาทโดยในเครื่องมือนี้จะกำหนดรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายให้โดยอัตโนมัติ

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างรูปแบบของอินพุต และเอาท์พุตเป้าหมาย

ลำดับ	ตัวอักษร	อินพุต		เอาท์พุตเป้าหมาย
1	ก	0	0	1 0 0 0
2	ข	0	1	0 1 0 0
3	ค	1	0	0 0 1 0
4	ฆ	1	1	0 0 0 1

งานวิจัยนี้ได้สร้างข้อมูลนำเข้าในชั้นอินพุตของข่ายงานประสาทจำนวน 186 โหนด โดยแต่ละโหนดมีรายละเอียดดังนี้

- โหนดที่ 1 หมายถึงจำนวนสโตรคในการเขียน
- โหนดที่ 2 หมายถึงจำนวนหัวตัวอักษรที่พบ
- โหนดที่ 3-20 หมายถึงคู่ลำดับระหว่างรหัสโซนกับชนิดของหัว โดยชนิดของวงที่พบกำหนดให้เป็น –1 เมื่อหัวตัวอักษรมีทิศทวนเข็มนาฬิกา และเป็น 1 เมื่อหัวตัวอักษรมีทิศตามเข็มนาฬิกา
- โหนดที่ 21-29 หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของจุดในแต่ละรหัสโซน
- โหนดที่ 30-86 หมายถึงเวคเตอร์ของจุดเด่นประกอบไปด้วย ทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด รหัสโซนของจุดเริ่มต้น และรหัสโซนของจุดสิ้นสุด โดยจำกัดให้มีจุดเด่นได้ไม่เกิน 19 จุด ในกรณีที่ไม่ถึงจะใช้ค่า –1
- โหนดที่ 87-186 หมายถึงรหัสโซนของแต่ละจุดของตัวอักษร

จากกระบวนการในการเข้ารหัสดังกล่าวสามารถแสดงตัวอย่างการเข้ารหัสข้อมูลของตัวอักษร ญ ในรูปที่ 5.12 ได้ดังตารางที่ 5.2 และจำนวนโหนดในชั้นผลลัพธ์เครื่องมือนี้จะทำการกำหนดให้มี 67 โหนดเท่ากับจำนวนตัวอักษรในการรู้จำโดยอัตโนมัติ และให้ลำดับตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวกำหนดโหนดที่มีค่าเป็น 1 ตัวอย่างเช่นถ้ากำหนดให้มีจำนวนตัวอักษรในการรู้จำทั้งสิ้น 5 ตัว คือ ก ข ค ฆ ง ดังนั้นตัวอักษรแต่ละตัวมีรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายที่คงที่ตามลำดับที่ใช้ในการทดลองดังตาราง 5.3

3. ส่วนของการกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทดังรายละเอียดในตารางที่ 5.4

4. ส่วนของการสอนข่ายงานประสาท

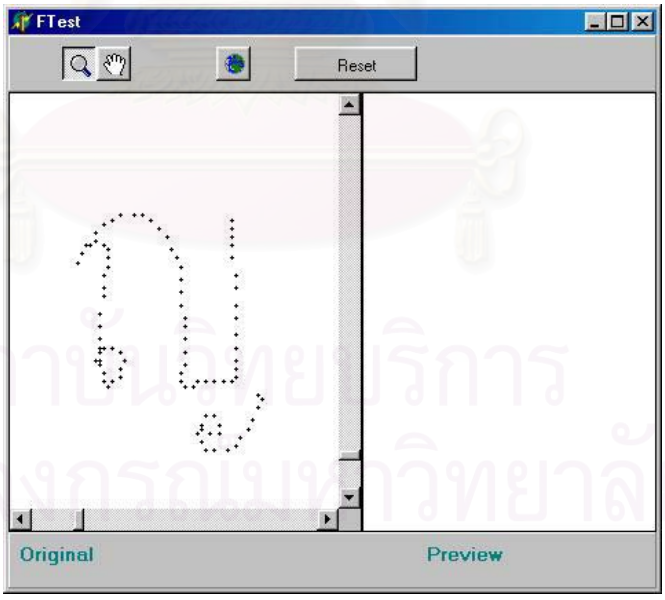
ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีจำนวนรอบในการสอนทั้งสิ้นจำนวน 1000 รอบ และความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้เท่ากับ 0.0001 ข้อมูลที่ใช้ในการสอนหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าข้อมูลที่ข่ายงานประสาทเคยเห็นแล้ว (Seen data) ซึ่งหลังจากทำการเริ่มสอนข่ายงานประสาทได้ทำการหยุดการสอนที่จำนวนรอบทั้งสิ้น 195 รอบเนื่องจากความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้มีค่าต่ำกว่า 0.0001 ซึ่งการสอนข่ายงานประสาทเป็นการทำการประมวลผลแบบกลุ่ม (Batch processing) ใช้เวลาในการสอนข่ายงานประสาทประมาณ 20 ชั่วโมง

5. ส่วนของการทดสอบข่ายงานประสาท

หลังจากทำการสอนข่ายงานประสาทเรียบร้อยแล้วได้ทำการทดสอบข่ายงานประสาทกับข้อมูลลายมือเขียนจำนวน 15 ชุด ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าข้อมูลที่ข่ายงานประสาทไม่เคยเห็น (Unseen data) ซึ่งเป็นข้อมูลคนละชุดกันกับข้อมูลที่ใช้ในการสอน ได้ผลการรู้จำของข่ายงานประสาทดังตารางที่ 5.5

การนำข่ายงานประสาทมาใช้ในการรู้จำแบบออนไลน์ เวลาในการรู้จำลายมือเขียนจะขึ้นอยู่กับกระบวนการในการเข้ารหัสตัวอักษรที่สร้างจากไพธอนสคริปต์ และโครงสร้างของข่ายงานประสาทด้วย ในงานวิจัยนี้ได้นำข่ายงานประสาทที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่องมือนี้มาใช้ในการรับข้อมูลลายมือเขียนแบบออนไลน์ซึ่งใช้เวลาในการรู้จำประมาณ 2 วินาที สำหรับการป้อนข้อมูลลายมือเขียนแต่ละตัว

นอกจากนี้ได้มีการนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในโครงงานเพื่อทดลองหาวิธีการเข้ารหัสตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยในโครงงานการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการเข้ารหัสตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยเพื่อระบบการรู้จำโดยใช้ข่ายงานประสาท [13] อีกด้วย



รูปที่ 5.12 แสดงรูปตัวอักษร ญ ที่ใช้ในการเข้ารหัส

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างของข้อมูลที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทของตัวอักษร ญ

โหนดที่	ตัวอย่างค่าของข้อมูล										หมายเหตุ
1	2										จำนวนสโตรค
2	2										จำนวนหัวตัวอักษร
3-10	0	0	0	0	1	-1	1	1			คู่ลำดับระหว่างรหัสโซนกับหัวตัวอักษร
11-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-29	4	4	26	17	6	5	19	7	7		เปอร์เซ็นต์ของจุดในแต่ละโซน
30	1										เวคเตอร์ของจุดเด่นซึ่งประกอบไปด้วยทิศทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด รหัสโซนของจุดเริ่มต้นและรหัสโซนของจุดสิ้นสุด
31-40	3	3	6	3	0	2	0	6	4	6	
41-50	6	0	6	6	6	6	1	1	1	8	
51-60	5	8	2	2	2	2	6	2	2	1	
61-70	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
71-80	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
81-86	-1	-1	-1	-1	-1	-1					
87-90	3	3	3	3							รหัสโซนของแต่ละจุด
91-100	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3	
101-110	3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	
111-120	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
121-130	6	6	7	7	7	7	7	7	7	4	
131-140	4	4	4	4	4	1	1	1	1	2	
141-150	2	2	2	2	5	5	5	5	5	8	
151-160	8	8	8	8	8	8	2	2	2	2	
161-170	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
171-180	2	2	2	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	
181-186	-1	-1	-1	-1	-1	-1					

ตาราง 5.3 แสดงรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายของตัวอักษรที่ใช้ในการรู้จำ

ลำดับ	ตัวอักษร	เอาท์พุตเป้าหมาย
1	ก	1 0 0 0 0
2	ข	0 1 0 0 0
3	ค	0 0 1 0 0
4	ฆ	0 0 0 1 0
5	ง	0 0 0 0 1

ตารางที่ 5.4 โครงสร้างของข่ายงานประสาท

รูปแบบของข่ายงานประสาท	ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ
จำนวนชั้น	5
จำนวนโหนดในชั้นนำเข้าข้อมูล	186
จำนวนโหนดในชั้นซ่อนชั้นที่ 1	500
จำนวนโหนดในชั้นซ่อนชั้นที่ 2	300
จำนวนโหนดในชั้นซ่อนชั้นที่ 3	200
จำนวนโหนดในชั้นผลลัพธ์	67
จำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาท	3015

ตารางที่ 5.5 ผลการรู้จำของข่ายงานประสาทกับตัวอักษร 1005 ตัว

อัตราการรู้จำที่ถูกต้อง	อัตราการรู้จำที่ไม่ถูกต้อง	อัตราการรู้จำไม่ได้
77.11%	7.86%	15.02%

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

เครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการทดลองวิธีการในการเข้ารหัส และทดสอบโครงสร้างข่ายงานประสาทที่เหมาะสมในการเรียนรู้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการวิจัยทางด้านนี้ต่อไป นอกจากนี้ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมให้กับผู้ทำงานวิจัยด้านนี้อีกด้วย โดยเครื่องมือนี้ประกอบด้วยส่วนรับและจัดเก็บข้อมูลตัวอักษรในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถรองรับลายมือเขียนจากผู้เขียนหลาย ๆ คนได้ ส่วนกำหนดกระบวนการประมวลผลลายมือเขียนซึ่งผู้ใช้เครื่องมือสามารถเพิ่มหรือแก้ไขฟังก์ชันในการประมวลผลตัวอักษรได้ด้วยภาษาไพธอนสคริปต์ ส่วนต่อประสานกับโปรแกรมข่ายงานประสาทเพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของข่ายงานประสาทได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และสุดท้ายคือส่วนแสดงผลที่ได้จากการรู้จำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเครื่องมือด้วยกัน 2 ส่วน คือ ทดสอบฟังก์ชันในการประมวลผลตัวอักษรที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสคริปต์ และทดสอบการทำงานของเครื่องมือทั้งหมด ผลจากการทดสอบพบว่าฟังก์ชันต่าง ๆ เหล่านี้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และระบบนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

6.2 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ได้นำเสนอนี้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **ข้อดี**

- เครื่องมือนี้สามารถจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียนไว้ในฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือใช้ในการทดลองได้โดยไม่จำเป็นต้องจัดเก็บใหม่ทุกครั้ง ทำให้ประหยัดเวลาในการทำงานวิจัย นอกจากนี้การนำฐานข้อมูลมา

ใช้ทำให้สามารถจัดเก็บข้อมูลลายมือเขียนจากผู้เขียนหลาย ๆ คนได้ และช่วยลดความสับสนในการจัดเก็บข้อมูลได้ดีกว่าระบบที่ใช้แฟ้มข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูล

- เครื่องมือนี้สามารถเพิ่มและแก้ไขฟังก์ชันที่จะใช้ในการประมวลผลตัวอักษรได้โดยไม่ต้องทำการคอมไพล์โปรแกรมทั้งหมดใหม่ทุกครั้ง
- มีการแสดงผลภาพตัวอักษรในรูปแบบของภาพทั้งก่อนและหลังจากผ่านการประมวลผลสคริปต์ได้เพื่อใช้ในการปรับปรุงสคริปต์ที่สร้างขึ้น
- อำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้เครื่องมือให้สามารถทำการทดลองกับโครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเครื่องมือนี้ได้จัดเตรียมส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เครื่องมือเพื่อให้กำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับได้ง่ายยิ่งขึ้น
- เครื่องมือนี้ยังได้จัดเตรียมวิธีการในการแยกข่ายงานประสาทเพื่อนำไปใช้ในการรู้จำ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูล
- เครื่องมือนี้มีการติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิก ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและง่ายขึ้น

2. **ข้อจำกัด**

- ฟังก์ชันที่ใช้จะต้องอยู่ในรูปแบบของภาษาไพธอนสคริปต์ ทำให้ผู้ใช้เครื่องมือต้องทำการศึกษารูปแบบของไพธอนสคริปต์เพิ่มเติมก่อนใช้เครื่องมือ
- รูปแบบของเอาท์พุตของตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากกำหนดให้มีรูปแบบตายตัวให้เท่ากับจำนวนตัวอักษรที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง

6.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยพบว่ายังมีข้อเสนอแนะบางประการที่น่าจะเป็นประโยชน์ และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป ดังนี้

1. เครื่องมือควรเพิ่มความยืดหยุ่นในการกำหนดรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายของตัวอักษรที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากระบบในปัจจุบันได้กำหนดให้มีรูปแบบของเอาท์พุตเป้าหมายที่ตายตัวไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้
2. เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทแต่ละข่ายงานใช้ระยะเวลานาน ดังนั้นเครื่องมือควรจัดเตรียมให้ผู้ใช้เครื่องมือสามารถกำหนดให้มีการสอนข่ายงานประสาทได้หลาย ๆ ข่ายงานประสาทต่อเนื่อง

กันได้ เมื่อหยุดสอนข่ายงานประสาทหนึ่งแล้วสามารถนำข่ายงานประสาทถัดไปมาสอนต่อได้ทันที เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้เครื่องมือ

3. ควรมีส่วนในการแสดงผลข้อมูลที่เกิดจากการสอนซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกส่งมาจากข่ายงานประสาทในรูปแบบของกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างรอบของการสอนกับค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือได้เห็นแนวโน้มของการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

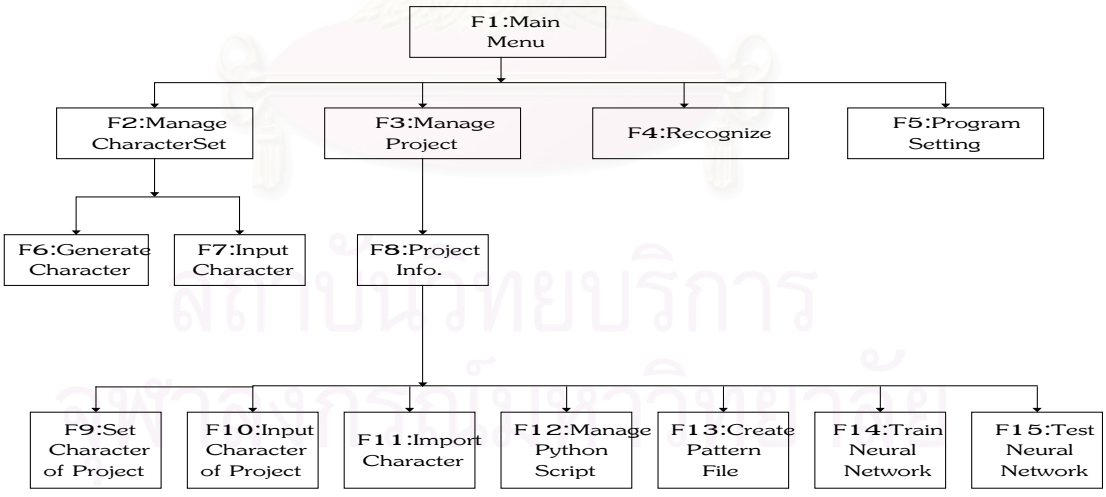
ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

ในภาคผนวก ก นี้เป็นการอธิบายการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ ซึ่งเครื่องมือนี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองกระบวนการเข้ารหัส และกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการรู้จำลายมือเขียน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างของหน้าจอ การใช้เครื่องมือ

ก.1 โครงสร้างหน้าจอของระบบ

แผนภาพแสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ แสดงไว้ดังรูปที่ ก.1



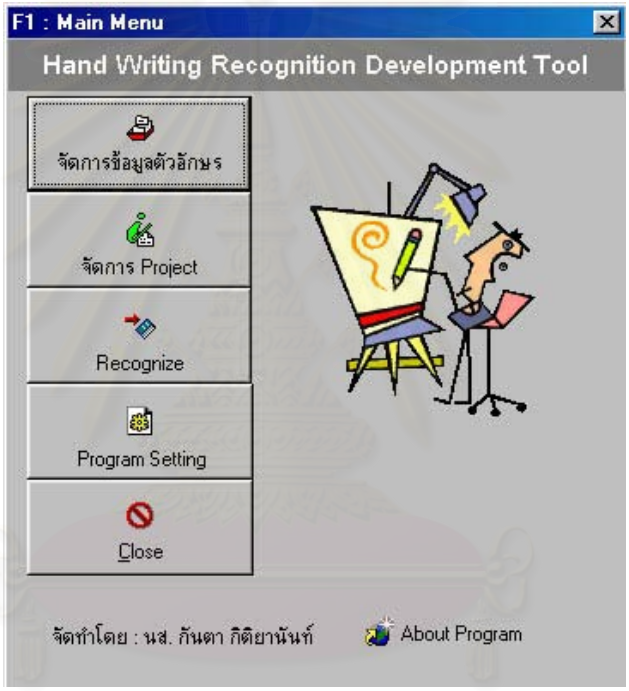
รูปที่ ก.1 แผนผังหน้าจอของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

ตารางที่ ก.1 แสดงเลขที่ ชื่อ และวัตถุประสงค์ของหน้าจอทั้งหมดในระบบ

เลขที่	ชื่อ	วัตถุประสงค์
F1	Main Menu	แสดงเมนูการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยงานเลือกการทำงานที่ต้องการ
F2	Manage CharacterSet	สร้างชุดตัวอักษร และกำหนดตัวอักษรในแต่ละชุดตัวอักษร
F3	Manage Project	ใช้ในการจัดการกับโครงการ เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยกำหนดรายละเอียดภายในโครงการ
F4	Recognize	เพื่อใช้ในการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์
F5	Program Setting	ใช้ในการกำหนดค่าไดเร็กทอรีต่าง ๆ และในการเลือกฐานข้อมูล ที่ใช้ในระบบ
F6	Generate Character	ใช้ในการกำหนดตัวอักษรแอสกี (ASCII) เริ่มต้น และจำนวนตัวอักษรในชุดตัวอักษรนั้น
F7	Input Character	เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยป้อนข้อมูลลายมือเขียน และจัดเก็บลงในฐานข้อมูล
F8	Project Info.	เพื่อแสดงรายละเอียดในโครงการทั้งหมด
F9	Set Character of Project	เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยสามารถกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ
F10	Input Character of Project	เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยป้อนข้อมูลลายมือเขียน สำหรับใช้ในเฉพาะโครงการที่สร้างขึ้น
F11	Import Character	เพื่อนให้ผู้ทำงานวิจัยสามารถเลือกนำเข้าข้อมูลตัวอักษรที่มีการจัดเก็บไว้แล้วในฐานข้อมูลส่วนกลางมาใช้ในโครงการ
F12	Manage Python Script	เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลตัวอักษรลายมือเขียน
F13	Create Pattern File	เพื่อเป็นการกำหนดค่าให้กับนิวรอลเน็ตเวิร์ก ว่าจะใช้สคริปต์ใดในการสร้างไฟล์ในการสอน และการทดสอบข่ายงานประสาท
F14	Train Neural Network	ใช้ในการแสดงผลการสอน ที่ได้รับจาก SNNS
F15	Test Neural Network	เพื่อแสดงรายละเอียดของการทดสอบโดยใช้ Test Pattern กับข่ายงานประสาท

ก.2 ขั้นตอนการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายขั้นตอนการใช้เครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ โดยมีลักษณะหน้าจอหลักดังรูปที่ ก.2 ซึ่งเป็นหน้าจอแรกที่จะแสดงเมื่อผู้ใช้งานเริ่มเรียกใช้งานโปรแกรม ซึ่งจะมีตัวเลือกให้เรียกเข้าไปทำงานในฟังก์ชันต่างสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ ก.2 หน้าจอหลักของเครื่องมือสำหรับการทดลองวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

หน้าจอรายการหลัก (Main Menu)

ประกอบด้วยเมนูย่อยต่าง ๆ ดังนี้

- **เมนูจัดการข้อมูลตัวอักษร** เป็นเมนูที่ใช้ในการกำหนดชุดตัวอักษร และระบุว่าภายในชุดตัวอักษรนั้นจะมีตัวอักษรใดบ้าง รวมถึงการรับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้เขียนและจัดเก็บลงในฐานข้อมูล ซึ่งเป็นฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง ที่สามารถส่งออกไปใช้ยังการทดลองในโครงการต่าง ๆ ภายหลังได้

- **เมนูจัดการโครงการ** เป็นเมนูเกี่ยวกับการทดลองกับชุดลายมือเขียนที่ต้องการ โดยเริ่มจากการกำหนดชุดลายมือเขียนที่ต้องการใช้ในการรู้จำ การสร้างสคริปต์ การสร้างข่ายงานประสาท การสอนข่ายงานประสาท และการทดสอบข่ายงานประสาท

- **เมนูการรู้จำตัวอักษร** เป็นเมนูที่ใช้ในการทำหน้าที่ในการประมวลผลลายมือเขียนแบบออนไลน์ โดยการรับข้อมูลลายมือเขียนแล้วทำการประมวลผลสคริปต์ เพื่อให้ได้ข้อมูลนำเข้าข่ายงานประสาท และทำการประมวลผลเพื่อแปลงลายมือเขียนให้เป็นตัวพิมพ์ตามรหัสแอสกี

- **เมนูกำหนดค่าของโปรแกรม** เพื่อกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ระบบจำเป็นต้องมีเพื่อใช้ในการทำงาน เช่น ไดเร็กทอรีต่าง ๆ และใช้ในการเลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบ

โดยที่แต่ละฟังก์ชันมีรายละเอียดดังนี้

1. เมนูจัดการข้อมูลชุดตัวอักษร

เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลส่วนกลาง ที่สามารถส่งออกไปใช้ยังการทดลองต่าง ๆ ภายหลังได้ โดยจะมีการกำหนดชุดตัวอักษร และระบุว่าภายในชุดตัวอักษรนั้นจะมีตัวอักษรใดบ้าง รวมถึงการรับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้เขียนอีกด้วย โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

1.1 การกำหนดชุดตัวอักษร

ขั้นตอนการกำหนดชุดตัวอักษร และตัวอักษรที่จะให้มีในแต่ละชุดตัวอักษร

1. เรียกเมนูจัดการข้อมูลตัวอักษรจากหน้าจอเมนูหลัก ดังรูปที่ ก.2 จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.3
2. คลิกที่ปุ่มเพิ่ม ตัวชี้ตำแหน่งจะไปอยู่ที่ช่อง Character Set เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนรหัสชุดตัวอักษรซึ่งมีความยาวๆไม่เกิน 5 ตัวอักษร โดยโปรแกรมจะกำหนดให้ Charater Set เป็นคีย์ และสำหรับช่องคำอธิบายใช้ในการอธิบายรหัสที่สร้างขึ้น
3. คลิกที่ปุ่มเก็บข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 การกำหนดตัวอักษรให้กับชุดตัวอักษร

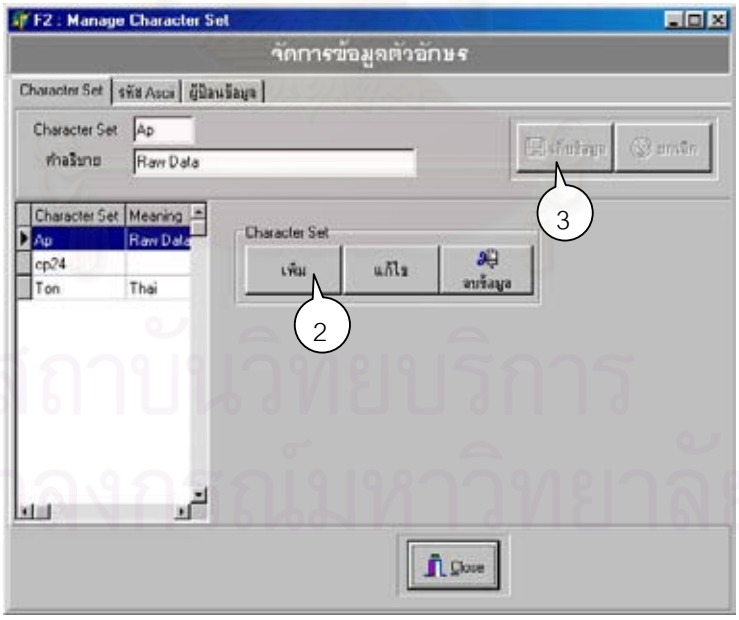
ใช้ในการกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในแต่ละชุดตัวอักษร ซึ่งวิธีในการกำหนดตัวอักษรมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกแถบ (tab) เครื่องมือรหัสแอสกี ดังรูป ก.4
2. คลิกที่ปุ่ม AutoGenerate เพื่อกำหนดตัวอักษรให้กับแต่ละชุดตัวอักษร ซึ่งจะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.5

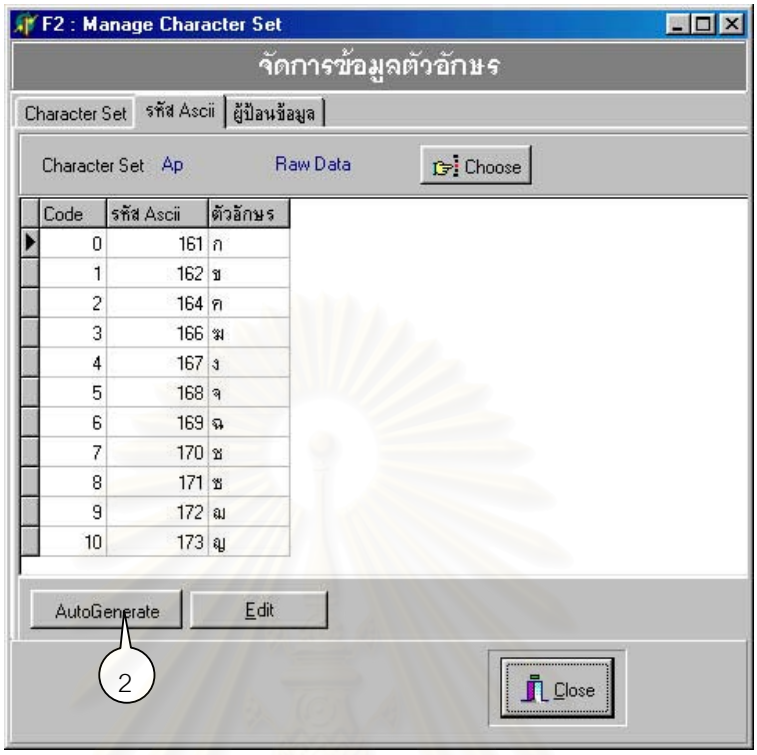
-ช่องรหัสแอสกีเริ่มต้น เป็นการกำหนดว่าจะให้ตัวอักษรใดเป็นตัวอักษรเริ่มต้นในชุดตัวอักษรนี้ โดยให้ผู้ใช้ป้อนตัวอักษรที่ต้องการ หรือใช้เครื่องมือช่วยในการกำหนด โดยคลิกที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.6 จากนั้นคลิกเลือกตัวอักษรที่ต้องการให้เป็นตัวอักษรเริ่มต้น และจะปรากฏตัวอักษรที่ผู้ใช้เลือกในช่องแสดงตัวอักษร เมื่อได้ตัวอักษรที่ต้องการแล้วให้กดปุ่ม OK

- ช่องกำหนดจำนวนตัวอักษร เป็นช่องที่ใส่ตัวเลขเพื่อกำหนดจำนวนตัวอักษรให้กับชุดตัวอักษร

3. ผู้ใช้กดปุ่ม ดังแสดงในรูปที่ ก.5 จากนั้นในรูป ก.4 จะปรากฏ ตัวอักษรที่ได้กำหนดให้กับชุดตัวอักษรนั้น



รูปที่ ก.3 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบเครื่องมือชุดตัวอักษร



รูปที่ ก.4 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบเครื่องมือกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในชุดตัวอักษร

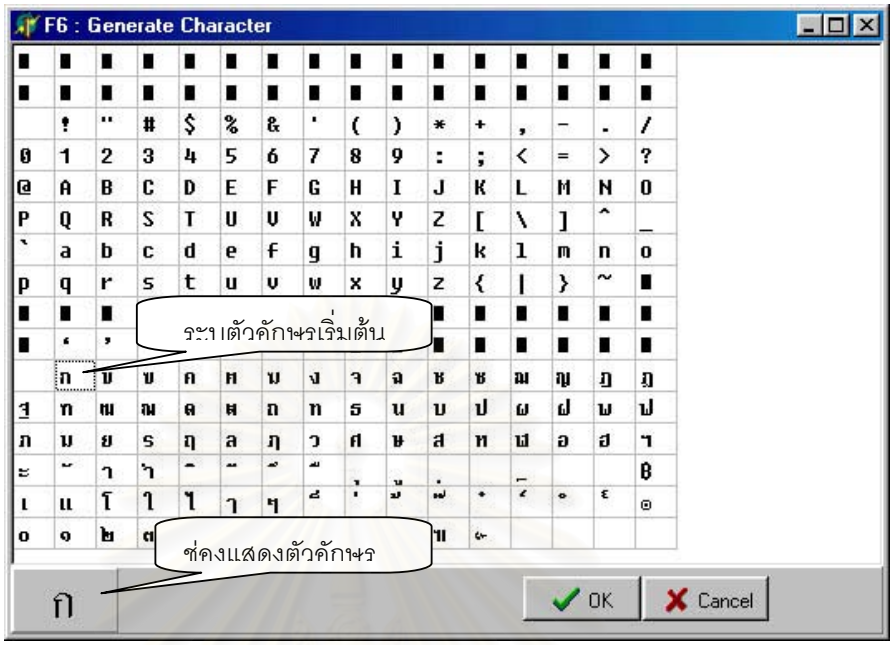
รูปที่ ก.5 หน้าจอกำหนดตัวอักษรให้กับชุดตัวอักษร

1.3 การป้อนข้อมูลส่วนกลาง

เป็นขั้นตอนการป้อนข้อมูลลายมือเขียนเพื่อเก็บในฐานข้อมูลส่วนกลาง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกแถบผู้ป้อนข้อมูล ดังรูป ก.7

2. คลิกปุ่มรับข้อมูลใหม่เพื่อป้อนข้อมูล ในกรณีที่ต้องการแก้ไขข้อมูลที่มีอยู่แล้วให้เลือก GroupID ที่ต้องการแก้ไขจากช่องแสดงรายละเอียดของผู้ป้อนข้อมูลตัวอักษร แล้วคลิกปุ่มแก้ไขข้อมูล ซึ่งจะแสดงหน้าจอป้อนข้อมูลดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.6 หน้าจอกำหนดรหัสแอสกีเริ่มต้นให้กับชุดตัวอักษร

3. ให้ทำการป้อนชื่อผู้ป้อน และลายมือเขียน โดยมีรายละเอียดของหน้าจอรูปที่ ก.8 มีดังนี้

3.1 ช่องผู้เขียนให้กรอกชื่อของผู้ป้อนข้อมูล

3.2 ปุ่มในการจัดการกับการป้อนข้อมูลลายมือเขียน

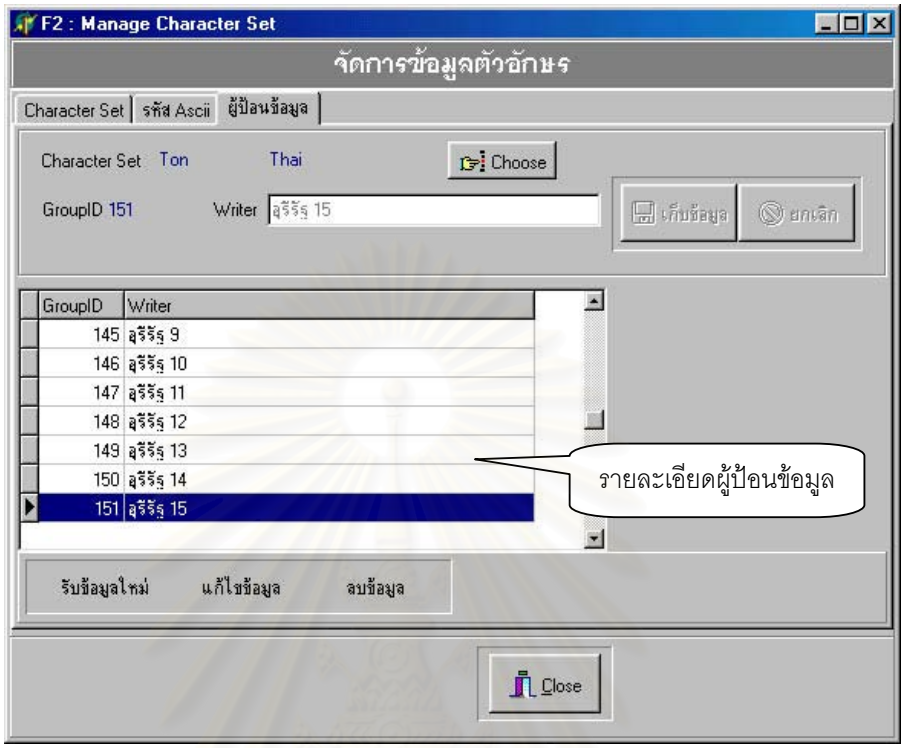
- ปุ่ม Add หรือปุ่มตัวอักษร A เพื่อเข้าสู่การป้อนข้อมูล
- ปุ่ม Delete หรือปุ่มตัวอักษร D เพื่อลบข้อมูลที่ป้อนไปแล้ว
- ปุ่ม Edit หรือปุ่มตัวอักษร E เพื่อแก้ไขข้อมูลที่ป้อนไปแล้ว ซึ่งปุ่มนี้จะเปลี่ยนเป็น ปุ่ม Save ในกรณีที่อยู่ในโหมดการป้อนข้อมูล
- ปุ่ม Cancel หรือปุ่มตัวอักษร C ใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการป้อนข้อมูลในขณะที่กำลังอยู่ในโหมดป้อนข้อมูล

3.3 ช่องแสดงลำดับตัวอักษรทั้งหมด โดยจะเป็นสีขาวในกรณีที่ไม่มีข้อมูล และเป็นสีเหลืองในกรณีที่มีข้อมูลแล้ว

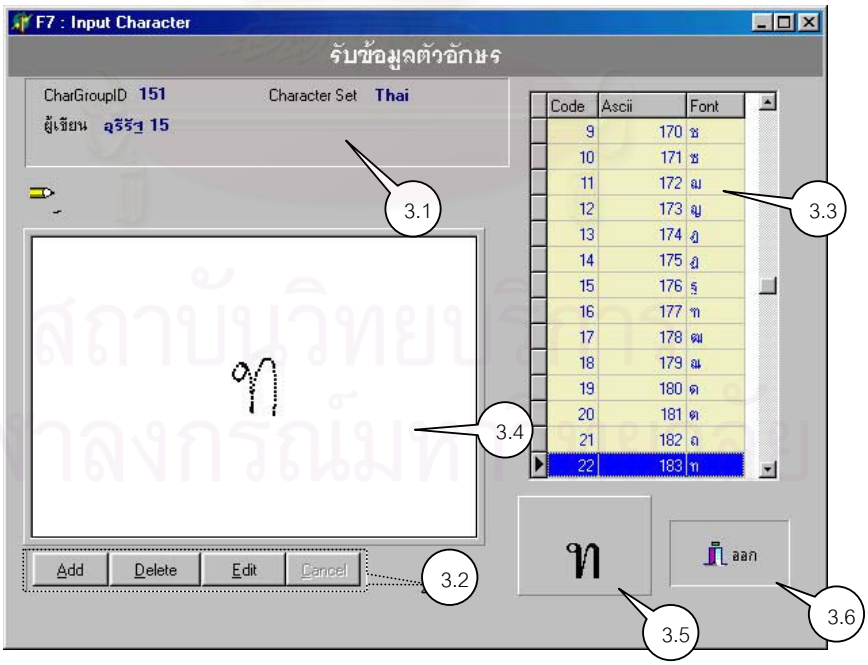
3.4 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลลายมือเขียนจากดิจิไตเซอร์

3.5 ช่องแสดงตัวอักษรที่ผู้ป้อนจะต้องป้อน

3.6 ปุ่มออก ใช้เพื่อทำการปิดหน้าจอรับข้อมูลตัวอักษร



รูปที่ ก.7 หน้าจอจัดการข้อมูลตัวอักษรแถบผู้ป้อนข้อมูล



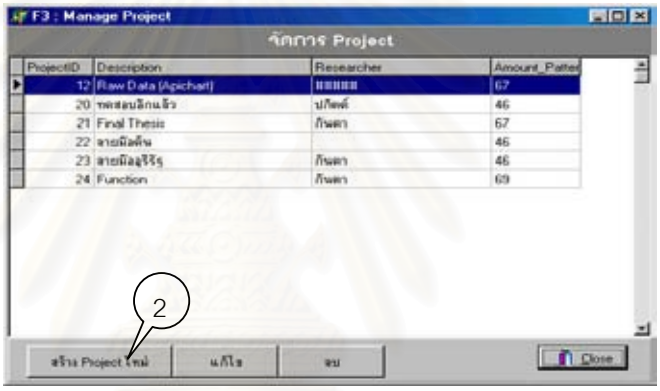
รูปที่ ก.8 หน้าจอสำหรับป้อนลายมือเขียน

2. เมนูจัดการโครงการ

การจัดการโครงการมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ทำงานวิจัยทำการทดลองกับชุดลายมือเขียนที่ต้องการ โดยเริ่มจากการกำหนดชุดลายมือเขียนที่ต้องการใช้ในการทดลองวิธีการรู้จำ การกำหนดสคริปต์ การสร้างข่ายงานประสาท การสอนข่ายงานประสาท และการทดสอบข่ายงานประสาท โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

2.1 การสร้างโครงการใหม่

1. เรียกเมนูจัดการโครงการจากหน้าจอเมนูหลัก จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.9
2. คลิกปุ่มสร้างโครงการใหม่ จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.10 ซึ่งรายละเอียดภายในหน้าจอของโครงการซึ่งมีความซับซ้อน จึงได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.2 รายละเอียดของหน้าจอโครงการ ต่อไป



รูปที่ ก.9 หน้าจอจัดการโครงการ

2.2 รายละเอียดของหน้าจอโครงการ

2.2.1 จากรูป ก.10 บริเวณที่ 1 จะแสดงรายละเอียดของโครงงานที่กำลังทำงานอยู่ โดยแสดงรายละเอียดของลำดับของโครงงาน คำอธิบายเกี่ยวกับโครงงาน ชื่อผู้ทำงานวิจัย

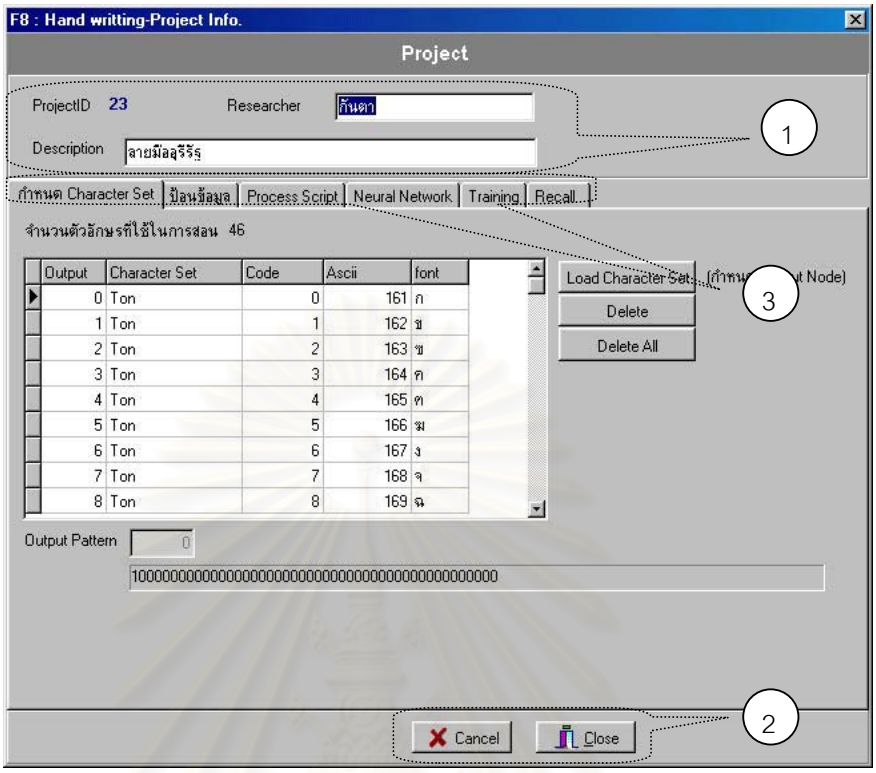
2.2.2 จากรูป ก.10 บริเวณที่ 2 คือพื้นที่แสดงปุ่ม โดยการทำงานของปุ่มทั้ง 2 มีดังนี้

- ปุ่ม

จะใช้ในการยกเลิกการสร้างโครงการทดลอง ในกรณีที่อยู่ในโหมดการสร้างโครงการใหม่

ปุ่ม

จะใช้ในการออกจากหน้าจอ F8 และทำการเก็บข้อมูลให้โดยอัตโนมัติในการณีที่อยู่ในโหมดสร้างโครงการใหม่

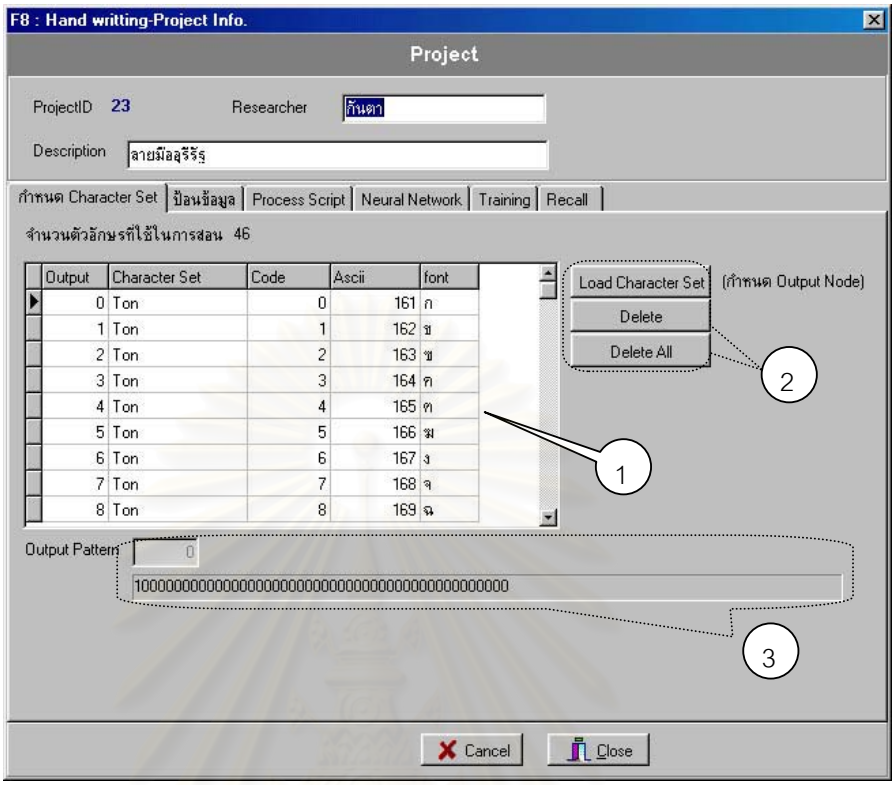


รูปที่ ก.10 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการ

2.2.3 จากรูป ก.10 บริเวณที่ 3 แบ่งออกเป็น 6 ส่วนย่อยโดยใช้แถบเลือกดังนี้

- ส่วนแสดงการกำหนดชุดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ (กำหนด Character Set)
- ส่วนแสดงการป้อนข้อมูล (ป้อนข้อมูล)
- ส่วนแสดงการกำหนดขั้นตอนการประมวลผลตัวอักษร (Process Script)
- ส่วนแสดงรายละเอียดของข่ายงานประสาท (Neural Network)
- ส่วนแสดงรายละเอียดในการสอนข่ายงานประสาท (Training)
- ส่วนแสดงการทดสอบข่ายงานประสาท (Recall)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.11 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดชุดตัวอักษร

2.2.3.1 ส่วนแสดงการกำหนดชุดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ (กำหนด Character Set)

ทำหน้าที่ในการกำหนดว่าโครงการนี้จะมีตัวอักษรจำนวนเท่าใด และมีตัวอักษรใดบ้าง หน้าจอแสดงดังรูปที่ ก.11 โดยมีรายละเอียดดังนี้

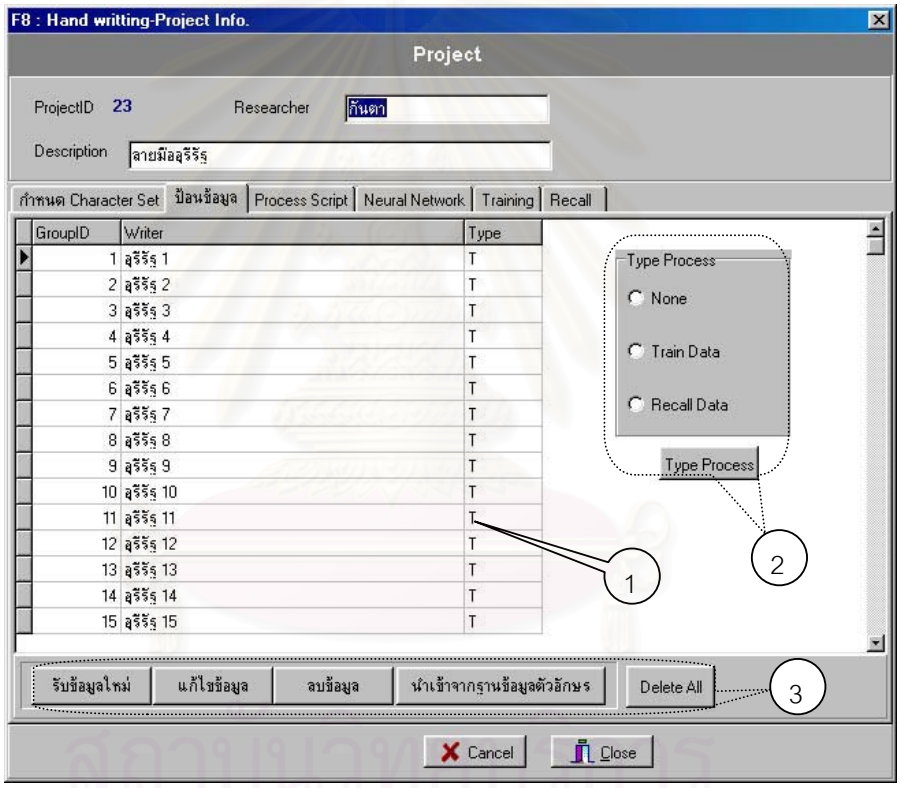
1. ตารางแสดงรายละเอียดของตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ โดยแต่ละแถวแสดงรายละเอียดของตัวอักษรแต่ละตัวที่ใช้ในโครงการ มีรายละเอียดของดังนี้

- Output คือลำดับของตัวอักษรในโครงการนี้
- Character Set ใช้ในการอธิบายว่าตัวอักษรนี้อยู่ในชุดตัวอักษรส่วนกลางใด ซึ่งใช้ในการอ้างอิงถึง Code และรหัสแอสกี ต่อไป
- Code คือลำดับของตัวอักษรในแต่ละชุดตัวอักษรใช้ในการอ้างถึง แอสกี และ ตัวอักษร (Font)
- แอสกี คือค่ารหัสแอสกี
- ตัวอักษร คือตัวอักษรตามค่ารหัสแอสกี

2. ปุ่มที่ใช้ในการกำหนดตัวอักษร มีรายละเอียดดังนี้

- Load Character Set เป็นปุ่มที่ให้ผู้ทำงานวิจัยกำหนดตัวอักษรที่จะให้มีในโครงงาน โดยสามารถเลือกข้อมูลตัวอักษรที่ได้ทำการเก็บข้อมูลไว้ก่อนแล้วได้ เพียงระบุว่าตัวอักษรนั้นจะมาจากชุดตัวอักษรใด ซึ่ง
- Delete ทำหน้าที่ลบตัวอักษรที่ผู้ทำงานวิจัยไม่ต้องการให้มีในโครงการออก โดยจะลบตัวอักษรที่ถูกเลือกจากส่วนที่ 1 ในรูป ก.11
- Delete All ทำหน้าที่ลบตัวอักษรที่มีทั้งหมดในโครงการ

3. Outputpattern เป็นช่องที่แสดงรายละเอียดว่าตัวอักษรแต่ละตัวมีลำดับที่เท่าใดในโครงการนี้ และมี Target output เป็นอย่างไรเมื่อนำไปใช้ในการสอนข่ายงานประสาท



รูปที่ ก.12 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบป้อนข้อมูล

2.2.3.2 ส่วนแสดงการป้อนข้อมูล (ป้อนข้อมูล)

ทำหน้าที่รับข้อมูลที่จะใช้ในโครงการ หน้าจอแสดงดังรูปที่ ก.12 โดยผู้ทำงานวิจัยสามารถเลือกที่จะนำเข้าข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากฐานข้อมูลส่วนกลาง หรือป้อนข้อมูลใหม่เพื่อใช้เฉพาะในโครงการนี้

1. ตารางแสดงรายละเอียดของการป้อนข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

- GroupID คือลำดับของการป้อนชุดตัวอักษรในโครงการ
- Writer คือชื่อผู้ป้อนข้อมูล
- Type คือ ชนิดที่ใช้ในการระบุว่าชุดข้อมูลนี้จะเป็นชนิดใด ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิดคือ N คือไม่ระบุชนิด ,T คือข้อมูลที่นำไปใช้ในการสอนข่ายงานประสาท และ R คือข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบข่ายงานประสาท โดยสามารถระบุชนิดได้จากส่วน 4.2

2. ส่วนของการกำหนดชนิดของกลุ่มตัวอักษร ใช้ในการระบุว่า GroupID แต่ละอันจะมีชนิดของการทำงานเป็นชนิดใดดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.1 โดยผู้ทำงานวิจัยจะต้องทำการเลือก GroupID ที่ต้องการก่อนจึงเลือก ชนิดในช่องเรดิโอกรุ๊ป แล้วจึงกดปุ่ม Type Process

3. ปุ่มจัดการการป้อนข้อมูลที่ใช้ในโครงการ เป็นปุ่มที่ทำหน้าที่ตามลักษณะการทำงานของฐานข้อมูล คือ เพิ่ม ลบ แก้ไข โดยรายละเอียดของแต่ละปุ่มมีดังนี้

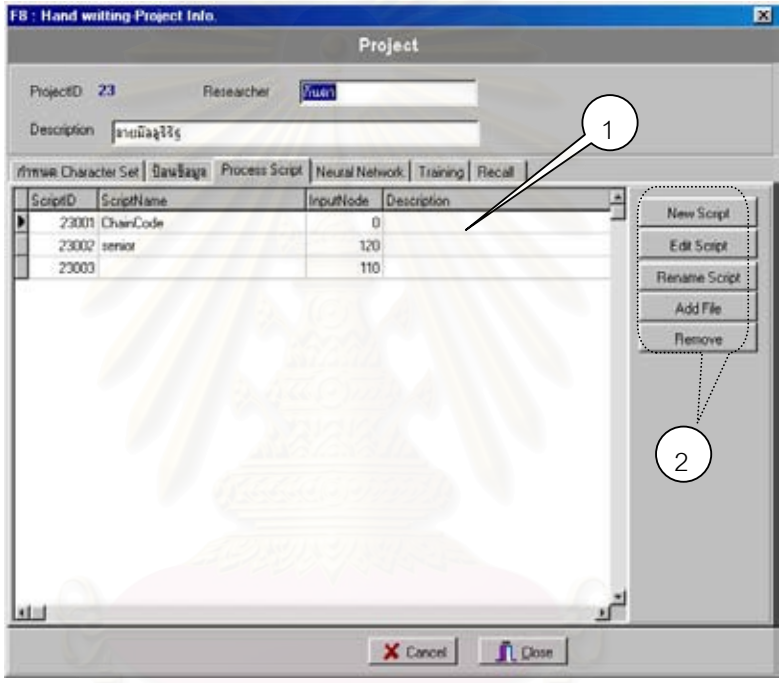
- ปุ่มรับข้อมูลใหม่ ทำหน้าที่ในการรับชุดข้อมูลใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดภายในเช่นเดียวกับที่ได้อธิบายไปแล้วในหน้าจอรับข้อมูลตัวอักษร ก.8
- ปุ่มแก้ไขข้อมูล ทำหน้าที่ในการแก้ไขชุดข้อมูลที่มีอยู่แล้วในโครงการ
- ปุ่มลบข้อมูล ทำหน้าที่ในการลบข้อมูลชุดตัวอักษรที่อยู่ภายใน GroupID ที่ระบุทั้งหมด
- Delete all ทำหน้าที่ในการลบข้อมูลชุดตัวอักษรทั้งหมดที่มีภายในโครการ
- ปุ่มนำเข้าจากฐานข้อมูลตัวอักษร เป็นปุ่มที่ใช้ในการเลือกข้อมูลลายมือเขียนที่ได้ทำการจัดเก็บไว้แล้วมาใช้ในโครงงาน

2.2.3.3 ส่วนแสดงการกำหนดขั้นตอนการประมวลผลตัวอักษร (Process Script)

แถบการกำหนดขั้นตอนการประมวลผลตัวอักษร ดังรูป ก.13 ทำหน้าที่ในการนำข้อมูลลายมือเขียนที่ยังไม่ได้ผ่านการประมวลผล มาทำการทดสอบเพื่อหาวิธีการในการเข้ารหัส ซึ่งเป็นข้อมูลให้กับข่ายงานประสาท โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ตารางแสดงรายละเอียดของแต่ละสคริปต์ประกอบไปด้วย
   - ลำดับของสคริปต์ (ScriptID)
   - ชื่อสคริปต์ (ScriptName)
   - จำนวนโหนดนำเข้าในชั้นนำเข้าข้อมูล (InputNode) เป็นข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลสคริปต์กับลายมือเขียน ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาทต่อไป
   - คำอธิบายสคริปต์ (Description) ใช้ในการอธิบายสคริปต์เพื่อเตือนความจำ
2. ปุ่มการทำงานเกี่ยวกับสคริปต์ มีรายละเอียดดังนี้

- ปุ่มในการสร้างสคริปต์ใหม่ (New Script)
- ปุ่มในการแก้ไขสคริปต์ (Edit Script) เมื่อทำการเลือกสคริปต์ที่ต้องการแก้ไขแล้วเลือกปุ่มแก้ไข ระบบจะนำสคริปต์ที่ผู้ทำงานวิจัยต้องการมาแสดงเพื่อให้ทำการแก้ไข
- ปุ่มเปลี่ยนชื่อสคริปต์ (Rename Script) ใช้ในการเปลี่ยนชื่อสคริปต์ที่มีอยู่แล้ว
- ปุ่มเพิ่มสคริปต์จากไฟล์ (Add File)ทำหน้าที่ในการนำสคริปต์ที่อยู่ในรูปของไฟล์มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล
- ปุ่มลบสคริปต์ (Remove) ทำหน้าที่ในการลบสคริปต์ที่ผู้ทำงานวิจัยไม่ต้องการออกจากฐานข้อมูล



รูปที่ ก.13 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดสคริปต์

2.2.3.4 ส่วนแสดงรายละเอียดของข่ายงานประสาท (Neural Network)

ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของไฟล์ที่ใช้เป็นข่ายงานประสาทที่จะใช้ในการสอน เพื่อให้ได้ไฟล์น้ำหนักที่จะนำไปใช้ในการรู้จำในขั้นตอนสุดท้าย โดยมีรายละเอียดแสดงไว้ดังรูปที่ ก.14 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มของปุ่มที่ใช้ในการจัดการกับข่ายงานประสาท

- ปุ่มเลือก (Choose) ใช้ในการเลือกข่ายงานประสาทที่มีอยู่แล้วในโครงการ
- ปุ่มสร้าง (New) ใช้ในการสร้างข่ายงานประสาทใหม่ โดยผู้ทำงานวิจัยจะต้องกรอกรายละเอียดของข่ายงานประสาทที่ต้องการให้กับระบบ

- ปุ่มแก้ไข (Edit) ใช้ในการแก้ไขรายละเอียดของข่ายงานประสาทที่ได้สร้างขึ้นแล้ว
- ปุ่มลบ (Delete) ใช้ในการลบข่ายงานประสาทที่ไม่ต้องการออกจากโครงการที่ทดลอง

2.

ปุ่มสร้างไฟล์ต้นแบบที่ใช้ในการสอน (Create Pattern File) ใช้ในการเลือก สคริปต์ที่จะใช้ในการเข้ารหัส เพื่อสร้างไฟล์ที่ใช้ในการสอนและทดสอบข่ายงานประสาท โดยจะนำข้อมูลของสคริปต์ที่ถูกเลือกจากคอมโบบอกซ์ (combo box) ในบริเวณที่ 3 ของหน้าจอรูปที่ ก.14 มาทำการประมวลผล

3. คอมโบบอกซ์สำหรับเลือกสคริปต์ที่ใช้ในการสร้างไฟล์ต้นแบบ จะแสดงสคริปต์ที่สร้างขึ้นแล้วในโครงการนี้ เพื่อให้ผู้ใช้เลือกสคริปต์ที่ต้องการ

4. ส่วนกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท (Network architecture) เป็นรายละเอียดของการกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาททั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ชื่อของข่ายงานประสาท (Network name)
- อินพุตโหนด (Input node) เป็นข้อมูลที่กำหนดว่าข่ายงานประสาทนี้มีจำนวนโหนดในชั้นนำเข้าข้อมูลเท่าใด ซึ่งจะสอดคล้องตามสคริปต์ที่ได้เลือก โดยข้อมูลนี้จะถูกสร้างขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อผู้ทำงานวิจัยเลือกสคริปต์
- แอคติเวชันฟังก์ชัน (Activation function) เป็นฟังก์ชันในข่ายงานประสาทที่ใช้ในการพิจารณาค่าของข้อมูลส่งออก ที่จะส่งออกไปยังนิวรอนอื่น
- จำนวนชั้นของชั้นแอบแฝง มีได้ไม่เกิน 6 ชั้น
- จำนวนโหนดในแต่ละชั้นแอบแฝง ไม่ควรเกิน 1500 โหนด เนื่องจากจะทำให้การทำงานช้ามากเกินไป

5. ปุ่มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลข่ายงานประสาทที่สร้างขึ้น

-

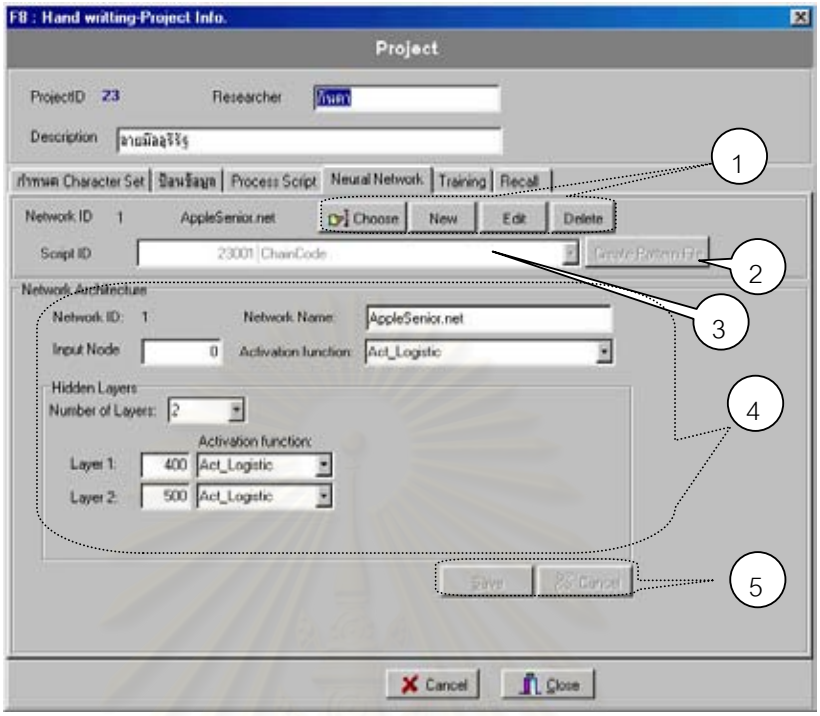
ปุ่มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของข่ายงานประสาทที่สร้างขึ้น หรือเลือก S บนแป้นพิมพ์เพื่อบันทึกข้อมูล
-

ปุ่มยกเลิกการเก็บข้อมูล

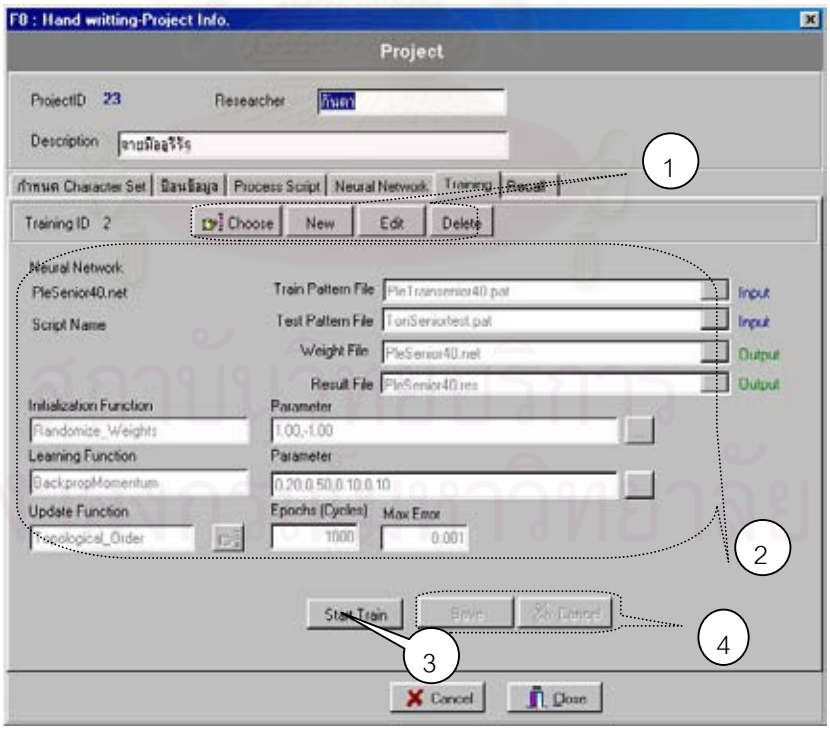
2.2.3.5 ส่วนแสดงรายละเอียดในการสอนข่ายงานประสาท (Training)

แถบรายละเอียดในการสอนข่ายงานประสาท หน้าจอแสดงดังรูปที่ ก.15 ใช้ในกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทที่สร้างขึ้น เพื่อให้ได้ไฟล์น้ำหนักที่จะนำไปใช้ในการรู้จำในขั้นตอนสุดท้าย ข่ายงานประสาท 1 ข่ายงานประสาทจะมีรายละเอียดในการสอน 1 ชุด (ความสัมพันธ์แบบ1:1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กลุ่มของปุ่มที่ใช้ในการจัดการกับการสอนข่ายงานประสาท ซึ่งมีลักษณะเดียวกับกลุ่มของปุ่มที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ ก.14 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบแสดงรายละเอียดของข่ายงานประสาท



รูปที่ ก.15 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบแสดงรายละเอียดในการสอนข่ายงานประสาท

- ปุ่มสร้าง (New) ใช้ในการกำหนดการสอนใหม่
- ปุ่มแก้ไข (Edit) ใช้ในการแก้ไขรายละเอียดของการสอนที่มีอยู่แล้ว
- ปุ่มลบ (Delete) ใช้ในการลบการสอนที่ไม่ต้องการออกจากโครงการ

2. ข้อมูลที่ใช้ในการสอน เป็นข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดรายละเอียดที่ใช้ในการสอน

- ชื่อของโครงสร้างข่ายงานประสาทที่กำลังทำงานอยู่ (Neural network) ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นไฟล์เดียวกับไฟล์น้ำหนักแต่ถ้าเป็นไฟล์เดียวกันรายละเอียดในไฟล์นี้จะถูกเขียนทับในกรณีที่มีการสอนแล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่เกิดขึ้น
- ชื่อของสคริปต์ที่ใช้ในการสร้างไฟล์ต้นแบบ (Script name)
- ไฟล์ที่ใช้ในการสอน (Train pattern file) เป็นอินพุตไฟล์ที่สร้างขึ้นในแถบกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท
- ไฟล์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test pattern file) เป็นอินพุตไฟล์ที่สร้างขึ้นในแถบกำหนดโครงสร้างของข่ายงานประสาท เช่นกัน
- ไฟล์น้ำหนัก (Weight file) เป็นไฟล์ส่งออก ที่เกิดจากการสอนข่ายงานประสาท
- ไฟล์ผลลัพธ์ (Result file) เป็นไฟล์ผลลัพธ์ที่เกิดจากการบันทึกผลที่ได้จากการนำเอาไฟล์ที่ใช้ในการทดสอบมาผ่านการคำนวณกับไฟล์น้ำหนัก
- ฟังก์ชันในการกำหนดค่าเริ่มต้น (Initialization function)
- ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้กับฟังก์ชันกำหนดค่าเริ่มต้น (Initialize parameter)
- ฟังก์ชันการเรียนรู้ (Learning function) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดวิธีการในการเรียนรู้ให้กับข่ายงานประสาท
- ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดให้กับฟังก์ชันในการเรียนรู้ (Learning parameter)
- ฟังก์ชันที่ใช้ในการปรับปรุงค่าน้ำหนักให้กับข่ายงานประสาท(Update function)
- จำนวนรอบในการสอน (Epoch or cycle) เป็นการกำหนดจำนวนรอบสูงสุดที่ใช้ในการสอน
- ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ MSE (Mean squared error) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองที่น้อยที่สุด ใช้ในการกำหนดค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ เพื่อใช้ในการหยุดสอน

2.2.3.6 ส่วนแสดงการทดสอบข่ายงานประสาท (Recall)

แถบเครื่องมือในการทดสอบข่ายงานประสาท แสดงหน้าจอดังรูปที่ ก.16 ใช้ในการทดสอบข่ายงานประสาทที่ผ่านการสอนแล้ว โดยมีข้อมูลนำเข้าซึ่งได้กำหนดไว้แล้วในแถบแสดงรายละเอียดของข่ายงานประสาท แถบเครื่องมือนี้มีรายละเอียดดังนี้

1. ชื่อของไฟล์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- ข่ายงานประสาทไฟล์ (Neural network file)ในที่นี้หมายถึงไฟล์น้ำหนัก
- ไฟล์ที่ใช้ในการทดสอบ (Recall pattern file)
- ไฟล์ผลลัพธ์ (Result file)

2. ปุ่มประมวลผล (Recall button) ใช้ในการอ่านไฟล์ที่ใช้ในการทดสอบ แล้วประมวลผลกับข่ายงานประสาทไฟล์ แล้วบันทึกผลลัพธ์ซึ่งเป็นคู่ลำดับระหว่างเอาท์พุตที่แท้จริงที่คำนวณได้ และเอาท์พุตที่ถูกต้องไว้ในไฟล์ผลลัพธ์ แล้วนำผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากไฟล์ผลลัพธ์มาแสดงในส่วนที่ 3

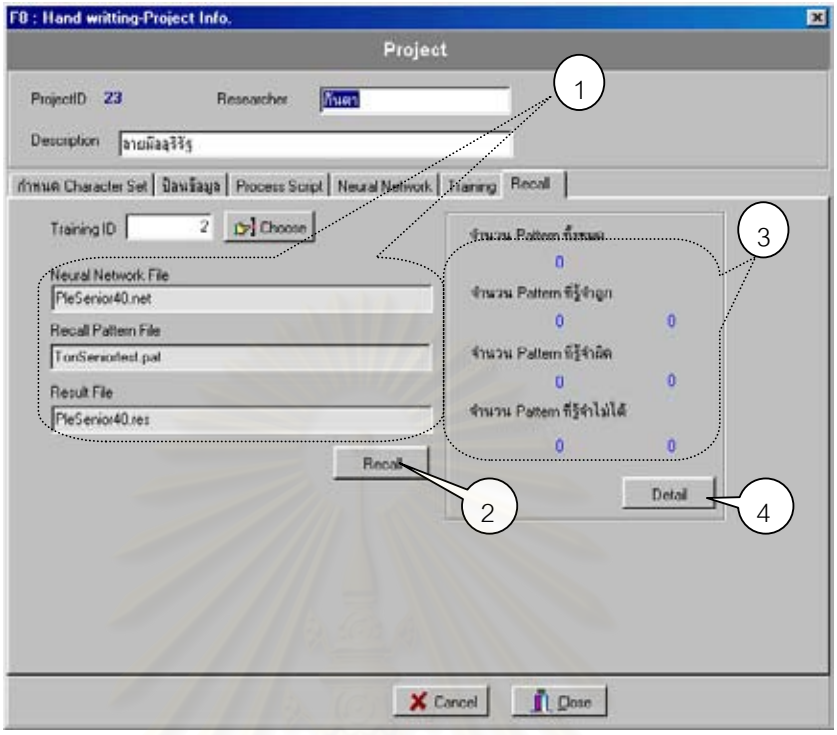
3. ส่วนที่ใช้แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่อ่านได้จากไฟล์ผลลัพธ์

3. ปุ่มแสดงรายละเอียด (Detail button) ใช้ในการแสดงรายละเอียดของตัวอักษรแต่ละตัวว่ามีผลการรู้จำเป็นอย่างไร

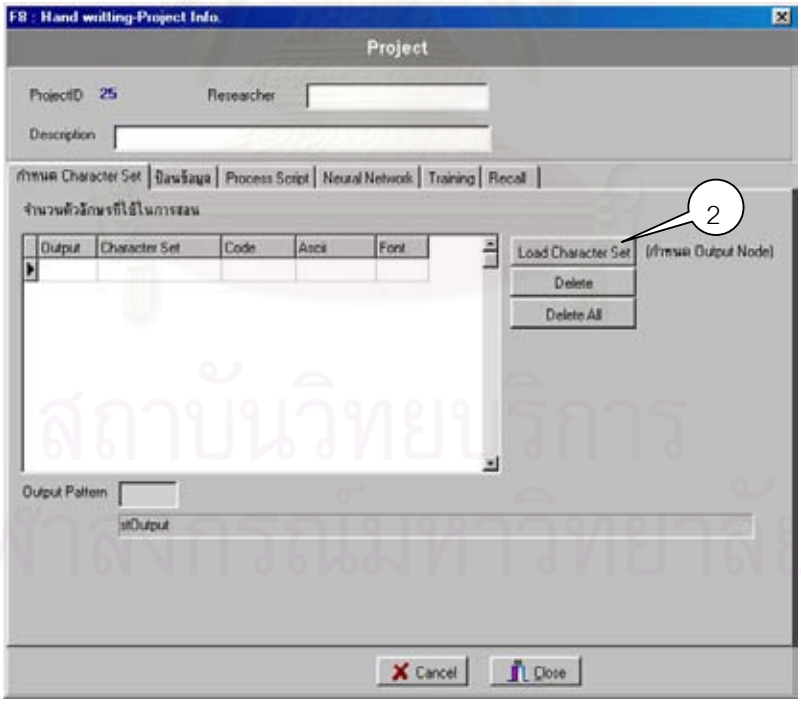
2.3 วิธีการในการกำหนดตัวอักษรให้กับโครงการทดลอง

1. เรียกเมนูจัดการโครงการจากหน้าจอเมนูหลัก จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.9
2. เลือกปุ่ม Load Character Set ดังรูป ก.17 ซึ่งจะปรากฏหน้าจอดังรูป ก.18
3. เลือกปุ่ม เพื่อใช้เลือกชุดตัวอักษรจากฐานข้อมูลส่วนกลาง ซึ่งจะปรากฏหน้าจอดังรูป ก.19 ให้เลือกชุดตัวอักษรที่ต้องการ
4. เลือกตัวอักษรที่จะใช้ในการทดลองจากหน้าจอดังรูป ก.18
5. เลือกปุ่มตกลงเพื่อยืนยันการเลือกชุดตัวอักษร

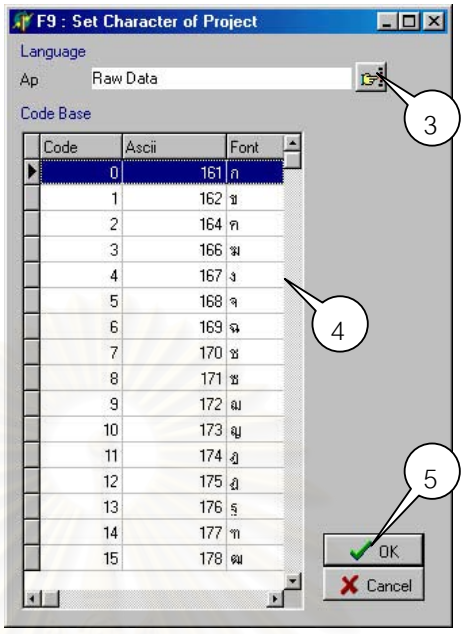
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



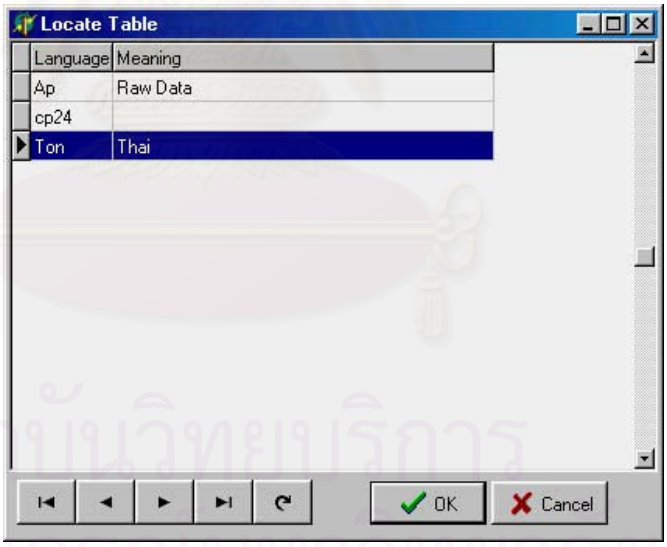
รูปที่ ก.16 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบการทดสอบข่ายงานประสาท



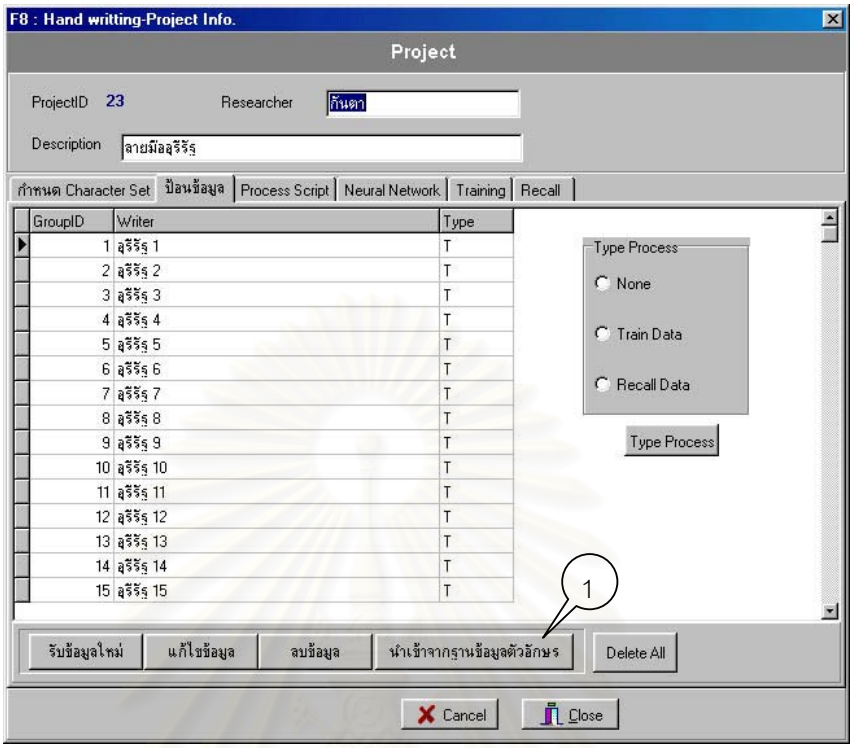
รูปที่ ก.17 หน้าจอแสดงการกำหนดตัวอักษรให้กับโครงการ



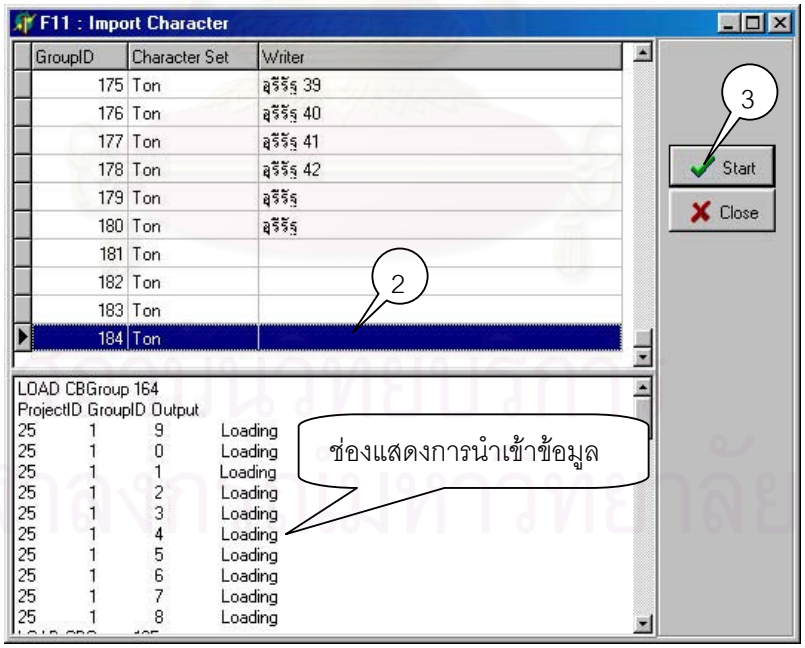
รูปที่ ก.18 หน้าจอกำหนดตัวอักษรให้กับโครงการ



รูปที่ ก.19 หน้าจอสำหรับเลือกชุดตัวอักษรที่ใช้ในโครงการ



รูปที่ ก.20 หน้าจอในการจัดการข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ในโครงการ



รูปที่ ก.21 หน้าจอนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูล

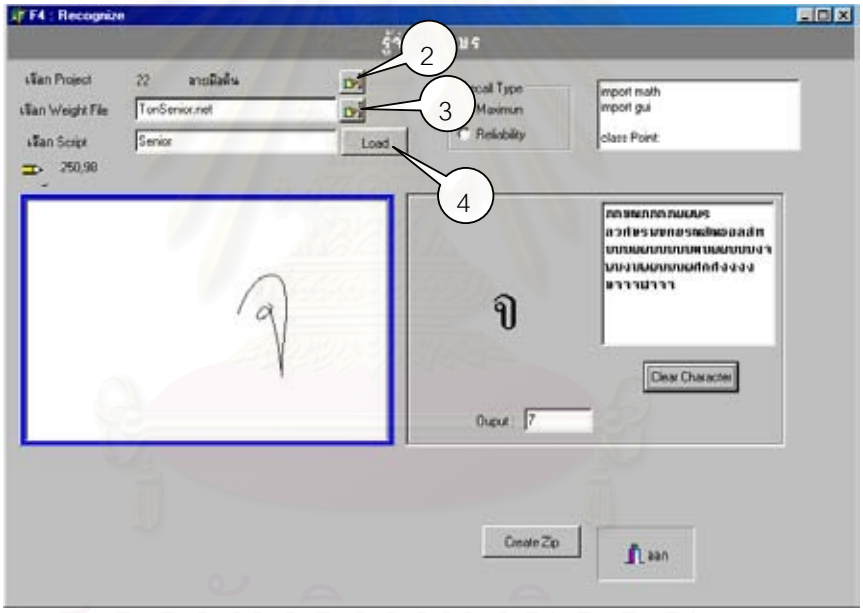
2.4 วิธีการป้อนข้อมูลในโครงการทดลอง

การป้อนข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้ในโครงการทดลองสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- ป้อนข้อมูลที่จะใช้ในโครงการโดยตรง ซึ่งวิธีการจะเหมือนกับการป้อนข้อมูลให้กับฐานข้อมูลส่วนกลาง (ดูในหัวข้อ 1.3)

- นำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลส่วนกลางมาใช้ในโครงการ โดยมีวิธีการดังนี้

1. เลือกปุ่มนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลตัวอักษร ดังรูป ก.20 จะปรากฏหน้าจอดังรูป ก.21
2. เลือกชุดลายมือที่ต้องการใช้ในโครงการ
3. เลือกปุ่ม Start เพื่อเริ่มการนำเข้าข้อมูล โดยระบบจะแสดงรายละเอียดการนำเข้าข้อมูลในช่องแสดงการนำเข้าข้อมูล



รูปที่ ก.22 หน้าจอการรู้จำตัวอักษร

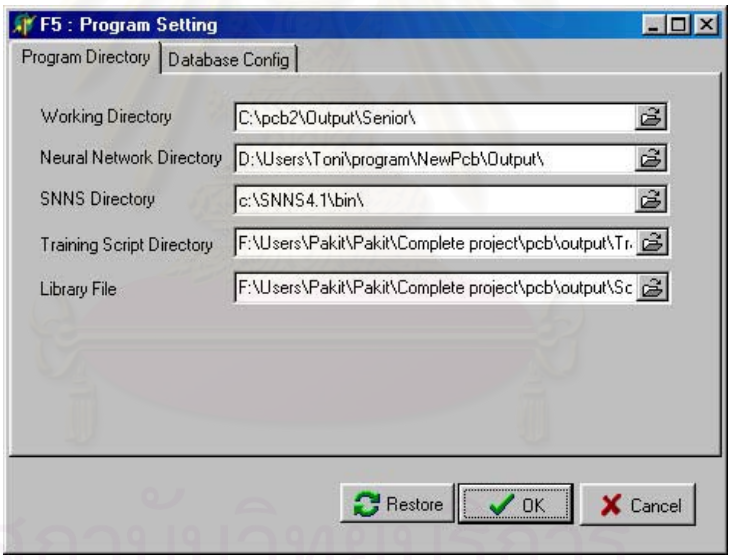
3. ขั้นตอนในการรู้จำตัวอักษร (Recognize)

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไฟล์น้ำหนักที่ได้จากการทดสอบไปใช้งานจริง โดยการรับข้อมูลจากปากกาดิจิไตเซอร์จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลผ่านสคริปต์เพื่อให้ได้เข้ามูลนำเข้าสู่ไฟล์น้ำหนัก แล้วจึงคำนวณหาผลลัพธ์ซึ่งเป็นตัวพิมพ์ตามรหัสแอสกี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ รู้จำได้ ,รู้จำไม่ได้ และรู้จำผิด ดังนั้นขั้นตอนในการใช้งานมีดังนี้

1. เลือกเมนูการรู้จำจากหน้าจอเมนูหลัก จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.22
2. คลิกปุ่ม ตามหมายเลข 2 เพื่อเลือกโครงการทดลองที่ต้องการ
3. คลิกปุ่ม ตามหมายเลข 3 เพื่อเลือกไฟล์น้ำหนักที่ต้องการ
4. คลิกปุ่ม Load เพื่อให้ระบบทำการนำข้อมูลที่กำหนดมาใช้งาน
5. ป้อนตัวอักษรที่ต้องการ ทางกรอบสีน้ำเงินด้านซ้ายมือ หลังจากนั้นระบบจะทำการประมวลผลเพื่อคำนวณหาตัวพิมพ์ในรหัสแอสกี

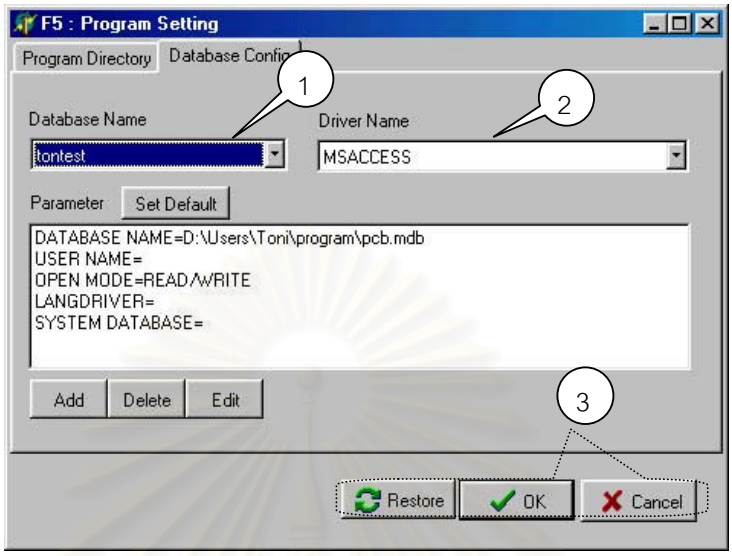
3.1 รายละเอียดของหน้าจอการรู้จำตัวอักษรเพิ่มเติม

1. ปุ่ม Clear Character ใช้ในการลบตัวอักษรในช่องแสดงผลข้อมูลตัวพิมพ์ที่รู้จำได้เมื่อผู้ใช้ต้อง
2. ปุ่ม Create Zip ใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำ 3 ไฟล์ คือ ไฟล์ตัวอักษรที่ใช้ไฟล์สคริปต์ และไฟล์น้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการรู้จำโดยไม่ต้องใช้ฐานข้อมูล



รูปที่ ก.23 หน้าจอกำหนดค่าให้กับระบบแถบโปรแกรมไดเร็กทอรี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.24 หน้าจอกำหนดค่าให้กับระบบแถบกำหนดฐานข้อมูล

4. การกำหนดค่าให้กับระบบ (Program Setting)

เป็นการกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ระบบจำเป็นต้องใช้ เช่น ค่าไดเร็กทอรีต่าง ๆ, ฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การกำหนดค่าในแถบโปรแกรมไดเร็กทอรี (Program Directory)

เลือกเมนูกำหนดค่าของโปรแกรมจากหน้าจอเมนูหลัก จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.23 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- (Working Directory) เป็นไดเร็กทอรีที่เก็บโปรแกรมไว้
- (Neural Network Directory) เป็นไดเร็กทอรีที่เก็บไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับข่ายงานประสาทต่าง ๆ
- (SNNS Directory) เป็นไดเร็กทอรีที่ใช้เก็บโปรแกรมภายนอก SNNS V4.1
- (Training Script Directory) เป็นสคริปต์ไฟล์ ที่อยู่ในรูปแบบที่ SNNS กำหนด ซึ่งใช้ในการสอนข่ายงานประสาท
- (Library File) เป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นด้วยภาษาสคริปต์ไพธอน

4.2 การกำหนดค่าในแถบกำหนดฐานข้อมูล (Database Config)

เลือกเมนูกำหนดค่าของโปรแกรมจากหน้าจอเมนูหลัก จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ ก.24 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ชื่อของฐานข้อมูลที่จะใช้กับโปรแกรม ซึ่งต้องถูกกำหนดล่วงหน้าไว้ใน BDE (Borland Database Engine) แล้ว

2. ชื่อของ Driver ของฐานข้อมูลที่ใช้ ในที่นี้ใช้ Microsoft Access เป็นฐานข้อมูล

3. ปุ่มที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

- ปุ่ม (Restore) ใช้ในการดึงค่าของข้อมูลที่เป็นค่า Default
- ปุ่มตกลง (OK) ใช้ในการยืนยันค่าที่กำหนดไว้
- ปุ่มยกเลิก (Cancel) ใช้ในการยกเลิกค่าที่กำหนดไว้

5. การกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลผ่านสคริปต์

การกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลผ่านสคริปต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสคริปต์เพื่อนำข้อมูลที่ยังไม่ได้ผ่านการประมวลผลมาทำการเข้ารหัสเพื่อเป็นอินพุตในการสอนข่ายงานประสาทต่อไป โดยก่อนการทำการประมวลผลสคริปต์นั้นต้องเลือกตัวอักษรลายมือเขียนตัวอย่างที่ต้องการก่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการประมวลผลกับสคริปต์ที่สร้างขึ้น ซึ่งการกำหนดขั้นตอนในการประมวลผลผ่านสคริปต์มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกปุ่ม New Script สร้างสคริปต์ใหม่ หรือ Edit Script แก้ไขสคริปต์ ในแถบเครื่องมือ Process script จากหน้าจอรายละเอียดภายในโครงการ ดังรูปที่ ก.25

2. เลือกแถบ Input Data จากหน้าจอการเขียนสคริปต์แถบ Input Data ดังรูปที่ ก.26

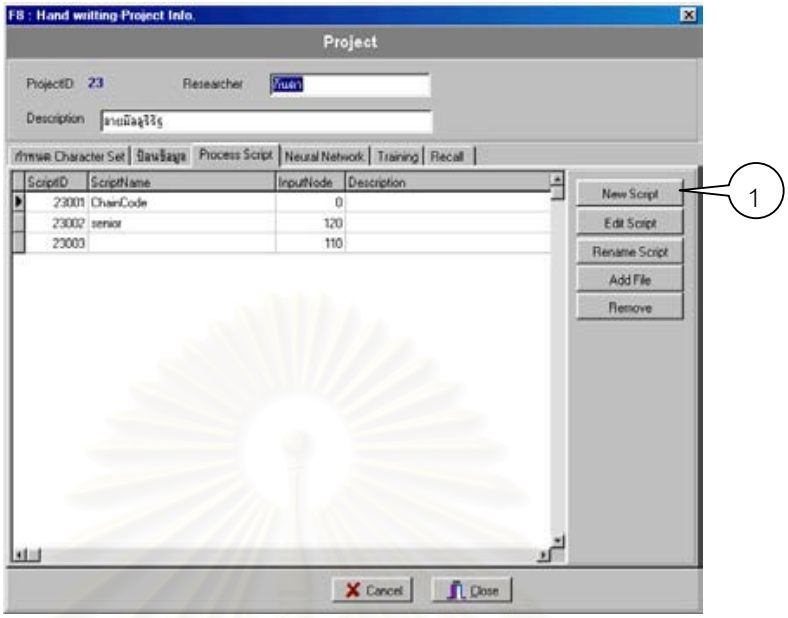
3. ทำการเลือกตัวอักษรที่ต้องการโดยการคลิก ปุ่ม ทั้งสองปุ่ม โดยที่ปุ่มแรกใช้ในการเลือกชุดตัวอักษร ปุ่มที่ 2 ใช้ในการเลือกตัวอักษรที่ต้องการ

4. คลิกปุ่ม Load Input Data

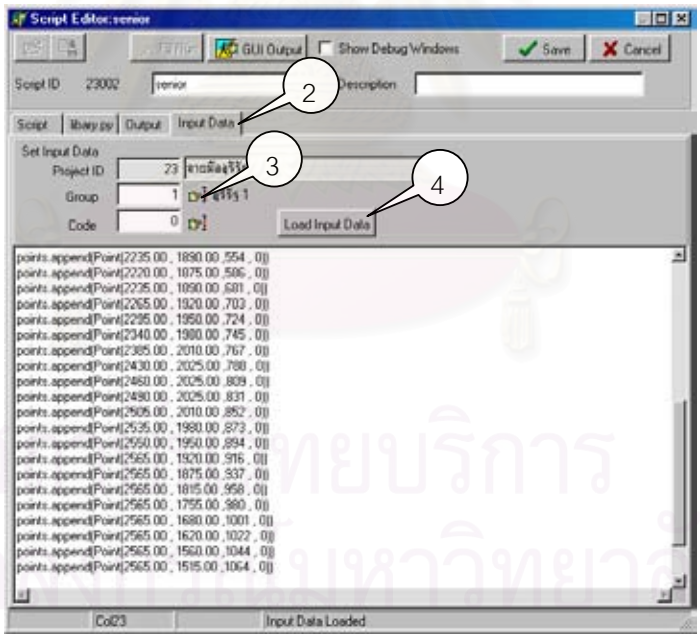
5. เลือกแถบ Script เพื่อเขียนสคริปต์ที่ต้องการ ดังรูปที่ ก.27

6. คลิกปุ่ม F9 Run หรือเลือกปุ่ม F9 จากแป้นพิมพ์เพื่อประมวลผลสคริปต์ที่เขียนขึ้น

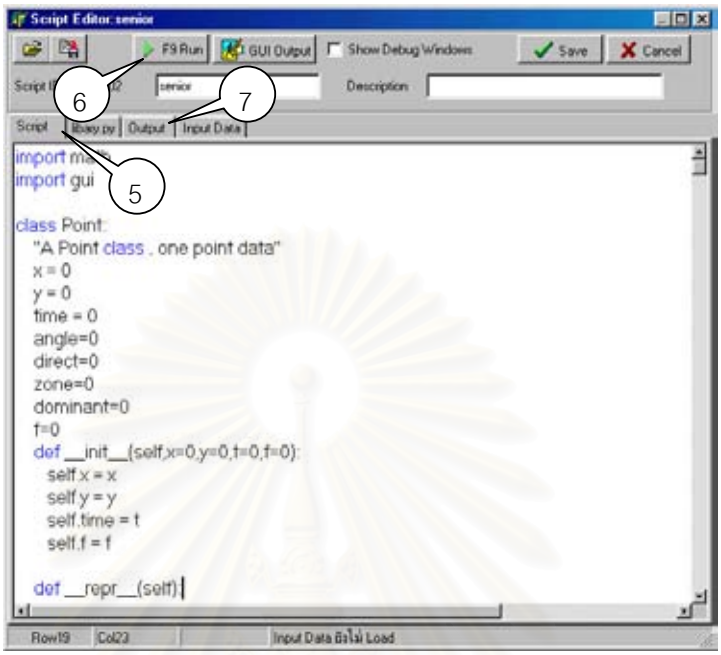
7. สามารถดูผลลัพธ์ที่สั่งจากคำสั่ง print โดยการเลือกแถบ Output ดังรูปที่ ก.28 และสามารถดูผลลัพธ์ที่สั่งจากคำสั่ง drawall ได้โดยการคลิกปุ่ม Gui Output ซึ่งจะปรากฏผลลัพธ์ดังรูปที่ ก.29



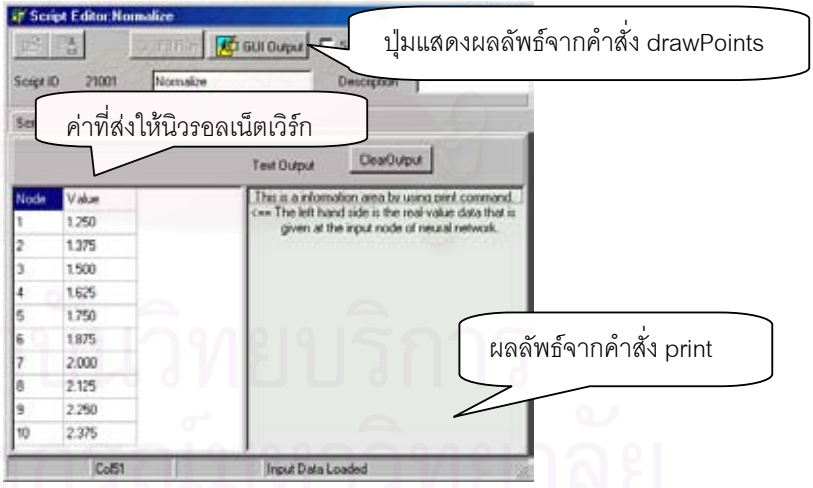
รูปที่ ก.25 หน้าจอรายละเอียดภายในโครงการแถบกำหนดสคริปต์



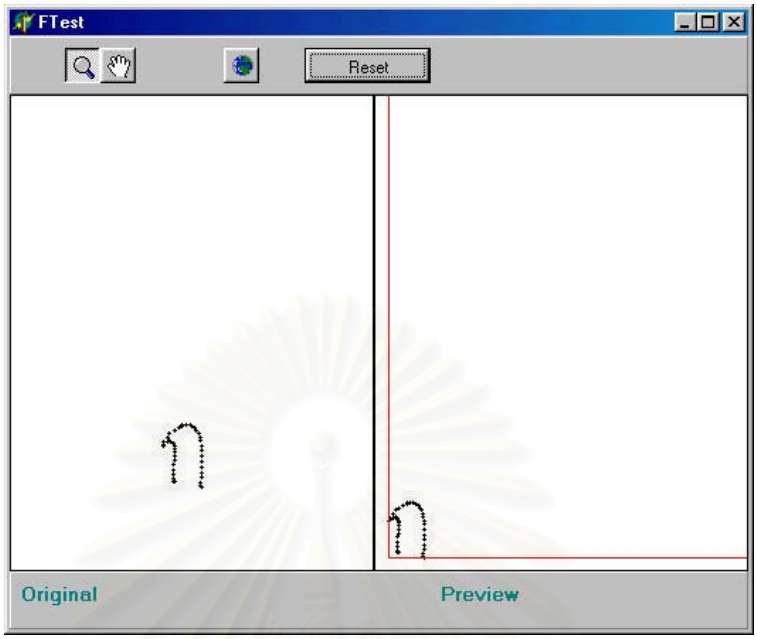
รูปที่ ก.26 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบนำเข้าข้อมูล



รูปที่ ก.27 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบกำหนดสคริปต์



รูปที่ ก.28 หน้าจอการเขียนสคริปต์แถบเอาท์พุต



รูปที่ ก.29 หน้าจอแสดงภาพตัวอักษรก่อนและหลังการประมวลผลสคริปต์

หมายเหตุ

- ค่าที่ส่งให้ข่ายงานประสาท สดมภ์แรกแสดงถึงโหนดในอินพุตโหนด สดมภ์ที่ 2 คือค่าที่ส่งให้กับข่ายงานประสาท
- ผลลัพธ์ในรูปของตัวอักษร คือ ผลลัพธ์ที่สคริปต์สั่งให้ระบบพิมพ์
- ผลลัพธ์ในรูปของกราฟิก คือ ผลลัพธ์ที่สคริปต์สั่งให้ระบบนำจุดที่ได้จากการประมวลผลมาวาด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

พจนานุกรมข้อมูล

เอกสารส่วนนี้เป็นคำอธิบายส่วนย่อย (Element) ต่าง ๆ ในแผนภาพกระแสข้อมูลที่อยู่ในบทที่ 3 โดยแบ่งเป็นรายละเอียดของเอนทิตีภายนอก การประมวลผล (Process) ซึ่งอธิบายการทำงานต่าง ๆ ในแผนภาพกระแสข้อมูล แฟ้มข้อมูล (Data store) กระแสข้อมูล (Data flow) ส่วนย่อยของข้อมูล (Data element) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข.1 พจนานุกรมของเอนทิตีภายนอก

ระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ เกี่ยวข้องกับเอนทิตีภายนอกดังต่อไปนี้

ชื่อ: ผู้ใช้เครื่องมือ
คำอธิบาย: เป็นผู้ทำการทดลองทั้งหมด และต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ทางด้านการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอน เพื่อกำหนดกระบวนการในการเข้ารหัสที่ใช้เป็นอินพุตให้กับข่ายงานประสาท

ชื่อ: โปรแกรม SNNS
คำอธิบาย: เป็นโปรแกรมภายนอกระบบที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาท โดยจะรับข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำและส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการสอนในรูปของไฟล์น้ำหนัก (Weight file) ให้กับระบบ

ข.2 พจนานุกรมของการประมวลผล (Process)

ระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับประกอบด้วยส่วนของการประมวลผลของระบบ 7 การประมวลผลด้วยกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาท 6 การประมวลผล และส่วนที่ใช้ในการรู้จำ 1 การประมวลผล สามารถอธิบายได้ดังนี้

หมายเลข: 1	**ชื่อ**: รับชุดข้อมูลตัวอักษร
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่ในการรับ D1.ข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือแล้วจัดเก็บฐานข้อมูลลายมือเขียน (S1: ข้อมูลลายมือเขียน)	

หมายเลข: 2	**ชื่อ**: ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษรโดยเริ่มจากรับ D9.กระบวนการเข้ารหัสที่ต้องการจากผู้ใช้เครื่องมือ เพื่อดึง D2.กระบวนการเข้ารหัสจากฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน (S2: กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน) และรับข้อมูล D14.รหัสตัวอักษรตัวอย่างจากผู้ใช้เครื่องมือแล้วจึงดึงข้อมูล D4.ตัวอักษรตัวอย่างจากฐานข้อมูลลายมือเขียน (S1: ข้อมูลลายมือเขียน) เพื่อทำการทดสอบกับกระบวนการเข้ารหัส หลังจากนั้นรายงาน D11.ผลการทดสอบกระบวนการเข้ารหัสกลับไปยังผู้ใช้เครื่องมือ	

หมายเลข: 3	**ชื่อ**: จัดการกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่ในการเพิ่ม แก้ไข และลบกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน โดยจะทำการรับ D3.กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชันของไพธอนสคริปต์จากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อแล้วพิจารณาว่าข้อมูลที่ส่งมานี้ใช้ในการ เพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลในฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน (S2: กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน)	

หมายเลข: 4	**ชื่อ**: สร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบ
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่ในการสร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบโดยดึงข้อมูลลายมือเขียน (S1: ข้อมูลลายมือเขียน) มาทำการประมวลผลกับกระบวนการเข้ารหัส (S2: กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน) เพื่อสร้างเป็นไฟล์ข้อมูลต้นแบบ (S3: ข้อมูลต้นแบบ)	

หมายเลข: 5	**ชื่อ**: รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่ในการติดต่อกับเอนทิตีภายนอกเพื่อส่งข้อมูล โดยรับ D8.ค่าพารามิเตอร์สำหรับสอนและโครงสร้างของข่ายงานประสาทจากผู้ใช้เครื่องมือ แล้วดึง D6.ข้อมูลต้นแบบจากฐานข้อมูลต้นแบบ (S3: ข้อมูลต้นแบบ) แล้วส่ง D7.ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำเพื่อส่งให้โปรแกรม SNNS ทำการสอนข่ายงานประสาท	

หมายเลข: 6	**ชื่อ**: จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: ทำหน้าที่รับข้อมูลจากโปรแกรม SNNS เพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อการรู้จำ เริ่มจากรับ D7.ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำจากการประมวลผลที่ 5 และรับข้อมูล D15.ไฟล์น้ำหนักจากโปรแกรม SNNS แล้วจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดลงฐานข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ (S4: ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ) เพื่อใช้ในส่วนของการรู้จำต่อไป	

หมายเลข: 7	**ชื่อ**: ทดสอบการรู้จำ
ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม: เป็นส่วนที่นำเอาข่ายงานประสาทที่ทำการสอนเรียบร้อยแล้วมาใช้งาน เริ่มจากรับ D12.ข้อมูลไฟล์น้ำหนักที่ต้องการจากผู้ใช้เครื่องมือ แล้วดึง D13.ไฟล์ข้อมูลน้ำหนักและรหัสสคริปต์จากฐานข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ (S4: ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ) นำข้อมูลที่ได้นี้ไปดึงข้อมูล D2.กระบวนการเข้ารหัสจากฐานข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน (S2: กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน) รอรับ D1.ข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือแบบออนไลน์ เพื่อทำการประมวลผลลายมือเขียนแล้วรายงาน D10.ผลการรู้จำที่ได้ในรูปแบบของตัวพิมพ์แก่ผู้ใช้เครื่องมือ	

ข.3 พจนานุกรมของที่เก็บข้อมูล (Data store)

จากแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบสามารถอธิบายที่เก็บข้อมูลได้ดังนี้

หมายเลข: S1	**ชื่อ**: ข้อมูลลายมือเขียน
คำอธิบาย: ข้อมูลลายมือเขียนของผู้เขียนแต่ละคน **ลักษณะประจำ**: ชุดตัวอักษร ตัวอักษร 10 ชื่อผู้เขียน ตัวอักษร 40 หมายเลขตัวอักษร Long Integer 4 ตัวอักษรลายมือเขียน	

หมายเลข: S2	**ชื่อ**: ข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน
คำอธิบาย: ข้อมูลกระบวนการประมวลผลตัวอักษรแต่ละวิธี **ลักษณะประจำ**: หมายเลขการประมวลผล Long Integer 4 ชื่อการประมวลผล ตัวอักษร 40 คำอธิบายการประมวลผล ตัวอักษร 100 ข้อมูลกระบวนการประมวลผล	

หมายเลข: S3	**ชื่อ**: ข้อมูลต้นแบบ
คำอธิบาย: ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลตัวอักษรลายมือเขียนกับกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร **ลักษณะประจำ**: หมายเลขไฟล์ข้อมูลต้นแบบ Long Integer 4 หมายเลขการประมวลผล Long Integer 4 ชื่อไฟล์ข้อมูลต้นแบบ ตัวอักษร 40 ข้อมูลไฟล์ข้อมูลต้นแบบ	

หมายเลข: S4	**ชื่อ**: ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ	
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำตัวอักษร		
ลักษณะประจำ:	หมายเลขไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก	Long Integer 4
	ชื่อไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก	ตัวอักษร 40
	คำอธิบายไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก	ตัวอักษร 100
	โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก	ตัวอักษร 200
	ข้อมูลไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก	
	หมายเลขการประมวลผล	Long Integer 4
	ชื่อไฟล์ต้นแบบสำหรับสอน	ตัวอักษร 40
	ไฟล์ต้นแบบสำหรับสอน	
	ชื่อไฟล์ต้นแบบสำหรับทดสอบ	ตัวอักษร 40
	ไฟล์ต้นแบบสำหรับทดสอบ	
	ฟังก์ชันในการกำหนดค่าเริ่มต้น	ตัวอักษร 100
	ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันกำหนดค่าเริ่มต้น	ตัวอักษร 100
	ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้	ตัวอักษร 100
	ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันในการเรียนรู้	ตัวอักษร 100
	ฟังก์ชันการกระตุ้น	ตัวอักษร 100
	จำนวนรอบสูงสุดในการสอน	Long Integer 4
	ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้	ทศนิยม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.4 พจนานุกรมของกระแสข้อมูล (Data flow)

จากแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 0 ของระบบสามารถอธิบายกระแสข้อมูลได้ดังนี้

หมายเลข: D1	**ชื่อ**: ข้อมูลลายมือเขียน
คำอธิบาย: ข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ชุดตัวอักษร+ชื่อผู้เขียน+ $\{$ คู่ลำดับ x,y +ประเภทของจุด+เวลาในการเก็บจุดแต่ละจุด $\}_1^n$ **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ 1.รับชุดข้อมูลตัวอักษร S1:ข้อมูลลายมือเขียน **จุดปลายของข้อมูล**: 1:รับชุดข้อมูลตัวอักษร S1:ข้อมูลลายมือเขียน 2.ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร และ 6.ทดสอบการรู้จำ	

หมายเลข: D2	**ชื่อ**: กระบวนการเข้ารหัส
คำอธิบาย: ข้อมูลของกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษรซึ่งอยู่ในรูปแบบของภาษาไพธอนสคิปต์ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: หมายเลขการประมวลผล+ข้อมูลกระบวนการประมวลผล **แหล่งข้อมูล**: S2:ข้อมูลกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน **จุดปลายของข้อมูล**: 2:ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร และ 4.สร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบ	

หมายเลข: D3	**ชื่อ**: กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชันของไพธอนสคริปต์
คำอธิบาย: ข้อมูลของกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษรและฟังก์ชันของไพธอนสคริปต์ที่ผู้ใช้เครื่องมือสร้างขึ้น **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ชื่อการประมวลผล+คำอธิบายการประมวลผล+ข้อมูลกระบวนการประมวลผล **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ 3.จัดการกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน และS2:กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน **จุดปลายของข้อมูล**: 3.จัดการกระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน และ S2:กระบวนการเข้ารหัสและฟังก์ชัน	

หมายเลข: D4	**ชื่อ**: ตัวอักษรตัวอย่าง
คำอธิบาย: ข้อมูลตัวอักษรตัวอย่างซึ่งเป็นตัวอักษรเพียงตัวเดียวที่ดึงมาจากฐานข้อมูล **ส่วนย่อยของข้อมูล**: คู่ลำดับ x,y +ประเภทของจุด+เวลาในการเก็บจุดแต่ละจุด **แหล่งข้อมูล**: S1:ข้อมูลลายมือเขียน **จุดปลายของข้อมูล**: 2:ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร	

หมายเลข: D5	**ชื่อ**: ชุดตัวอักษรสำหรับสอนและทดสอบ
คำอธิบาย: ข้อมูลลายมือเขียนที่กำหนดว่าจะใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบสำหรับสอนหรือทดสอบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: $\{ D1 \}_1^n$ **แหล่งข้อมูล**: S1:ข้อมูลลายมือเขียน **จุดปลายของข้อมูล**: 4.สร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบ	

หมายเลข: D6	**ชื่อ**: ข้อมูลต้นแบบ
คำอธิบาย: ข้อมูลของไฟล์ข้อมูลต้นแบบใช้บอกรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟล์ข้อมูลต้นแบบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: หมายเลขไฟล์ข้อมูลต้นแบบ+หมายเลขการประมวลผล+ชื่อไฟล์ข้อมูลต้นแบบ+ไฟล์ข้อมูลต้นแบบ **แหล่งข้อมูล**: 4.การสร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบ S3:ข้อมูลต้นแบบ และ 5.รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ **จุดปลายของข้อมูล**: S3:ข้อมูลต้นแบบ 5.รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ และโปรแกรม SNNS	

หมายเลข: D7	**ชื่อ**: ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลเกี่ยวข้องกับการรู้จำตัวอักษร **ส่วนย่อยของข้อมูล**: D6.ข้อมูลต้นแบบ+D8.ค่าพารามิเตอร์สำหรับสอนและโครงสร้างของข่ายงานประสาท+ชื่อไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก+ไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก **แหล่งข้อมูล**: 5.รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ โปรแกรมSNNS และ 6.จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ **จุดปลายของข้อมูล**: โปรแกรม SNNS และ 6.จัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ และ S4.ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ	

หมายเลข: D8	**ชื่อ**: ค่าพารามิเตอร์สำหรับสอน และโครงสร้างของข่ายงานประสาท
คำอธิบาย: ข้อมูลของค่าพารามิเตอร์และโครงสร้างสำหรับสอนข่ายงานประสาท **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ฟังก์ชันในการกำหนดค่าเริ่มต้น+ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันกำหนดค่าเริ่มต้น+ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้+ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันในการเรียนรู้+ฟังก์ชันการกระตุ้น+จำนวนรอบสูงสุดในการสอน+ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้+โครงสร้างของข่ายงานประสาท **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ **จุดปลายของข้อมูล**: 5.รับส่งข้อมูลเพื่อการรู้จำ	

หมายเลข: D9	**ชื่อ**: กระบวนการเข้ารหัสที่ต้องการ
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลที่ผู้ใช้เครื่องมือส่งมาให้กับระบบเพื่อเลือกกระบวนการเข้ารหัสที่ต้องการนำไปทดสอบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: หมายเลขการประมวลผล **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ **จุดปลายของข้อมูล**: 2.ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร	

หมายเลข: D10	**ชื่อ**: ผลการรู้จำ
คำอธิบาย: ข้อมูลที่เป็นตัวพิมพ์ที่สามารถรู้จำได้จากระบบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ตัวอักษรที่รู้จำได้ **แหล่งข้อมูล**: 7.ทดสอบการรู้จำ **จุดปลายของข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ	

หมายเลข: D11	**ชื่อ**: ผลการทดสอบกระบวนการเข้ารหัส
คำอธิบาย: แสดงผลการทดสอบกระบวนการเข้ารหัสให้กับผู้ใช้เครื่องมือทราบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: อินพุตโหนด **แหล่งข้อมูล**: 2.ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร **จุดปลายของข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ	

หมายเลข: D12	**ชื่อ**: ข้อมูลน้ำหนักที่ต้องการ
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลที่ผู้ใช้เครื่องมือส่งมาให้กับระบบเพื่อเลือกไฟล์ข้อมูลน้ำหนักที่ต้องการนำไปทดสอบ **ส่วนย่อยของข้อมูล**: หมายเลขไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ **จุดปลายของข้อมูล**: 7.ทดสอบการรู้จำ	

หมายเลข: D13	**ชื่อ**: ไฟล์ข้อมูลน้ำหนักและรหัสสคริปต์
คำอธิบาย: ประกอบไปด้วยไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก และรหัสสคริปต์ ซึ่งรหัสสคริปต์นี้จะใช้ในการดึงสคริปต์ใน S2 **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ข้อมูลไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก + หมายเลขการประมวลผล **แหล่งข้อมูล**: S4.ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ **จุดปลายของข้อมูล**: 7.ทดสอบการรู้จำ	

หมายเลข: D14	**ชื่อ**: รหัสตัวอักษรตัวอย่าง
คำอธิบาย: รหัสตัวอักษรตัวอย่างใช้ในการดึงข้อมูลจาก S2. **ส่วนย่อยของข้อมูล**: ชุดตัวอักษร+หมายเลขตัวอักษร **แหล่งข้อมูล**: ผู้ใช้เครื่องมือ **จุดปลายของข้อมูล**: 2.ทดสอบกระบวนการเข้ารหัสตัวอักษร	

ข.5 พจนานุกรมของส่วนย่อยของข้อมูล (Data element)

รายละเอียดต่อไปนี้คือคำอธิบายส่วนย่อยของข้อมูล

หมายเลข: 1	**ชื่อ**: ชุดตัวอักษร
คำอธิบาย: เป็นรหัสสำหรับชุดตัวอักษรแต่ละชุด แต่ละชุดประกอบไปด้วยตัวอักษรหลาย ๆ ตัวที่ใช้ในการทดลอง **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 2	**ชื่อ**: หมายเลขตัวอักษร
คำอธิบาย: เป็นตัวเลขที่แสดงว่าตัวอักษรแต่ละตัวมีหมายเลขอะไรในแต่ละชุดตัวอักษร **รูปแบบ**: 3 digits	

หมายเลข: 3	**ชื่อ**: คู่ลำดับ x,y
คำอธิบาย: คือค่าของคู่ลำดับ x,y ที่ได้จากการลากเส้นตัวอักษร **รูปแบบ**: x = 4 digits, y = 4 digits	

หมายเลข: 4	**ชื่อ**: ประเภทของจุด
คำอธิบาย: ประเภทของจุดแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ1 จุดในการวางปากกา 0 จุดปกติ และ 2 จุดในการยกปากกา **รูปแบบ**: 1 digits	

หมายเลข: 5	**ชื่อ**: เวลาในการเก็บจุดแต่ละจุด
คำอธิบาย: เป็นค่าที่เริ่มนับเวลาตั้งแต่วางปากกาจนสิ้นสุดมีหน่วยเป็นวินาที **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 6	**ชื่อ**: ชื่อผู้เขียน
คำอธิบาย: ชื่อและนามสกุลของผู้ป้อนข้อมูล **รูปแบบ**: { x }^{40}	

หมายเลข: 7	**ชื่อ**: หมายเลขการประมวลผล
คำอธิบาย: เป็นตัวเลขสำหรับการประมวลผลแต่ละอันซึ่งจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 8	**ชื่อ**: ข้อมูลกระบวนการประมวลผล
คำอธิบาย: เป็นรายละเอียดของกระบวนการประมวลผลตัวอักษร **รูปแบบ**: **ไฟล์ข้อมูลตัวอักษรที่บอกถึงการประมวลผล**	

หมายเลข: 9	**ชื่อ**: ชื่อการประมวลผล
คำอธิบาย: ชื่อที่ใช้เรียกวิธีการประมวลผลนั้น **รูปแบบ**: { x }^{40}	

หมายเลข: 10	**ชื่อ**: คำอธิบายการประมวลผล
คำอธิบาย: เป็นคำอธิบายรายละเอียดของการประมวลผล **รูปแบบ**: { x }^{100}	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลข: 11	**ชื่อ**: หมายเลขไฟล์ข้อมูลต้นแบบ
คำอธิบาย: เป็นตัวเลขสำหรับไฟล์ข้อมูลต้นแบบแต่ละอันซึ่งจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 12	**ชื่อ**: ชื่อไฟล์ข้อมูลต้นแบบ
คำอธิบาย: เป็นชื่อของไฟล์ข้อมูลต้นแบบ **รูปแบบ**: { x }^{20}	

หมายเลข: 13	**ชื่อ**: ข้อมูลไฟล์ข้อมูลต้นแบบ
คำอธิบาย: เป็นไฟล์ข้อมูลตัวอักษรที่อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรม SNNS สามารถอ่านเข้าใจได้โดยมีลักษณะเป็นคู่ลำดับของ ข้อมูลอินพุตของข่ายงานประสาทกับเอาท์พุตเป้าหมาย **รูปแบบ**: **ไฟล์ข้อมูลตัวอักษร**	

หมายเลข: 14	**ชื่อ**: ชื่อไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก
คำอธิบาย: เป็นชื่อของไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก **รูปแบบ**: { x }^{20}	

หมายเลข: 15	**ชื่อ**: ข้อมูลไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก
คำอธิบาย: เป็นไฟล์ข้อมูลตัวอักษรที่อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรม SNNS สามารถอ่านเข้าใจได้ **รูปแบบ**: **ไฟล์ข้อมูลตัวอักษร**	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลข: 16	**ชื่อ**: ฟังก์ชันในการกำหนดค่าเริ่มต้น
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลตัวอักษรที่บอกถึงชนิดของฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อส่งให้กับโปรแกรม SNNS **รูปแบบ**: { x }^{20}	

หมายเลข: 17	**ชื่อ**: ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันกำหนดค่าเริ่มต้น
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลตัวเลขที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันกำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อส่งให้กับโปรแกรม SNNS **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 18	**ชื่อ**: ฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลตัวอักษรที่บอกถึงชนิดของฟังก์ชันที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อส่งให้กับโปรแกรม SNNS **รูปแบบ**: { x }^{20}	

หมายเลข: 19	**ชื่อ**: ค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันในการเรียนรู้
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลตัวเลขที่ใช้เป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันการเรียนรู้เพื่อส่งให้กับโปรแกรม SNNS **รูปแบบ**: 4 digits	

หมายเลข: 20	**ชื่อ**: ฟังก์ชันการกระตุ้น
คำอธิบาย: เป็นข้อมูลตัวอักษรที่บอกถึงชนิดของฟังก์ชันที่ใช้ในการกระตุ้นเพื่อส่งให้กับโปรแกรม SNNS **รูปแบบ**: { x }^{20}	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเลข: 21	**ชื่อ**: จำนวนรอบสูงสุดในการสอน
คำอธิบาย: ตัวเลขจำนวนรอบสูงสุดที่ใช้ในการบอกโปรแกรม SNNS เพื่อหยุดการสอน **รูปแบบ**: 5 digits	

หมายเลข: 22	**ชื่อ**: ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้
คำอธิบาย: เป็นค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ที่ส่งให้ระบบเพื่อใช้ในการหยุดการสอน **รูปแบบ**: 1 digits+'.'+ 5 digits	

หมายเลข: 23	**ชื่อ**: โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลน้ำหนัก
คำอธิบาย: เป็นรายละเอียดของโครงสร้างของข่ายงานประสาทแต่ละชั้น **รูปแบบ**: { x }^{100}	

หมายเลข: 24	**ชื่อ**: ตัวอักษรที่รู้จำได้
คำอธิบาย: เป็นผลลัพธ์ของตัวอักษรตัวพิมพ์ที่สามารถรู้จำได้ **รูปแบบ**: x	

หมายเลข: 25	**ชื่อ**: อินพุตโหนด
คำอธิบาย: เป็นผลจากการประมวลผลการเข้ารหัสกับตัวอักษรตัวอย่าง **รูปแบบ**: 4 digits	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

คำอธิบายการทำงานของแต่ละโมดูล

ภาคผนวก ค นี้จะเป็นการอธิบายการทำงานของแต่ละโมดูลโดยใช้รหัสเทียม ซึ่งแต่ละโมดูลจะสัมพันธ์กับโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูลในบทที่ 4 โดยในรูปที่ 4.8 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล จะถูกแปลงเป็นรูปที่ ค.1 เพื่อให้สะดวกในการเรียกชื่อแต่ละโมดูล ซึ่งประกอบไปด้วย 27 โมดูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Module : 1 Name : MainController

Purpose : **แสดงตัวเลือกการใช้งานให้ผู้ใช้เครื่องมือเรียกใช้**

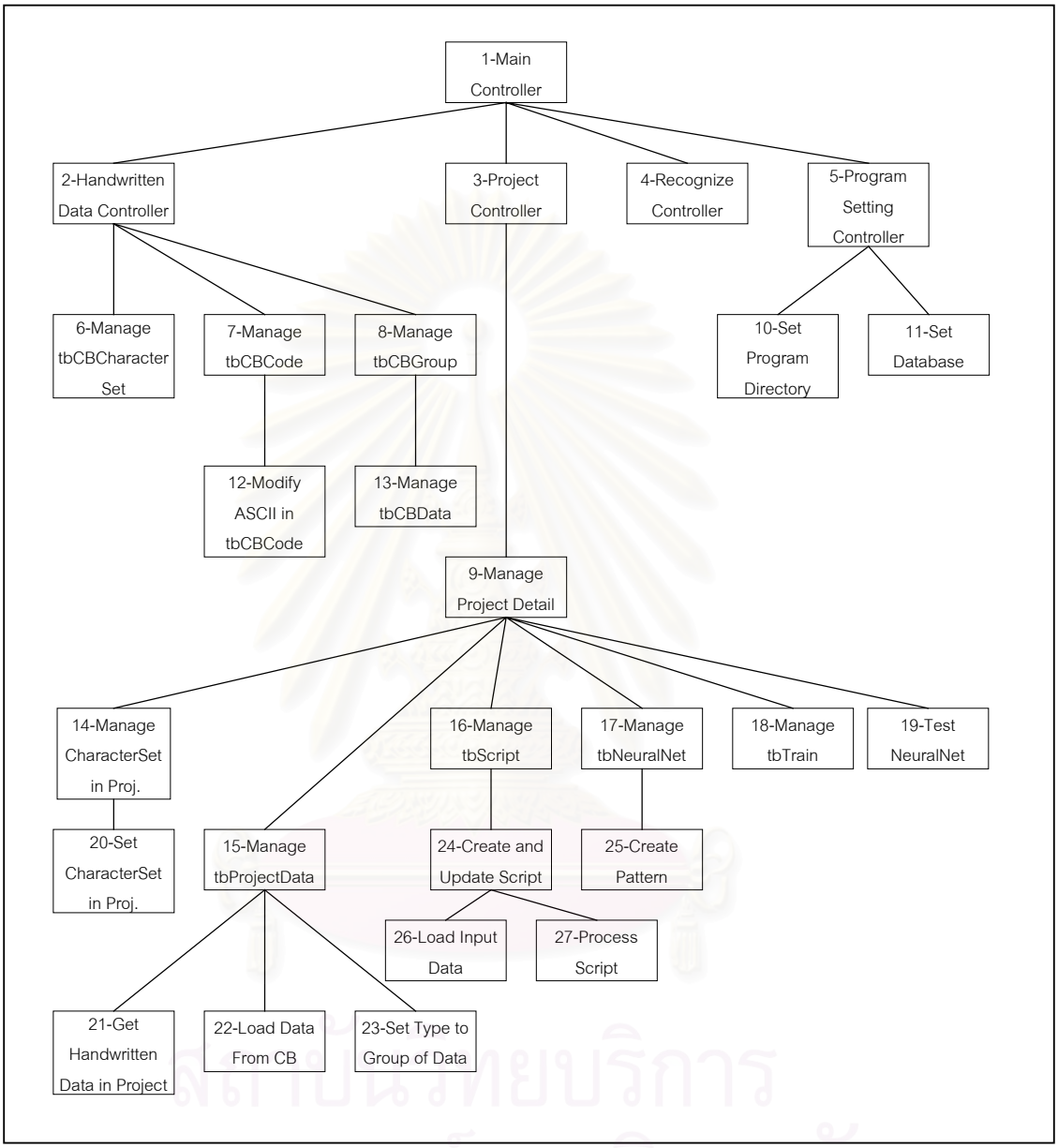
Modifies : -

Is-Called-By : -

Calls : HandwrittenDataController, ProjectController, RecognizeController, ProgramSettingController

Procedure :

Name : MainController Parameter : - Return : -
Display F1: Form Main Menu On button Manage_Character_ Set click Call HandwrittenDataController On button Manage_Project click Call ProjectController On button Recognize click Call RecognizeController On button Program_Setting click Call ProgramSettingController



รูปที่ ค.1 แสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมดูล

Module : 2 Name : HandwrittenDataController

Purpose : ใช้ในการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง

Modifies : -

Is-Called-By : MainController

Calls : ManagetbCBCharacterSet, ManagetbCBCode, ManagetbCBGroup

Procedure :

Name : HandwrittenDataController Parameter : - Return : -
Display F2: Form Manage CharacterSet Switch Case user selected Case selected TabManageCharacterSet Call ManagetbCBCharacterSet Case selected TabManageASCIICode Call ManagetbCBCode Case selected TabManageCBGroup Call ManagetbCBGroup EndSwitch

Module : 3 Name : ProjectController

Purpose : ใช้ในจัดการกับรายละเอียดในตาราง tbProject

Modifies : tbProject

Is-Called-By : MainController

Calls : ManageProjectDetail

Procedure :

Name : ProjectController Parameter : - Return:-

Display F3: Form Manage Project
Get Mode from user
If Mode = ‘New’ or ‘Edit’ then
If Mode = ’New’
Select Max(tbProject.ProjectID) From tbProject
Set ProjectID = Max(tbProject.ProjectID)+1
Else
Get ProjectID from user
EndIf
Call ManageProjectDetail(Mode,ProjectID)
Else

```
        Get ProjectID from user
        Display message "ต้องการลบ ProjectID นี้จริงหรือไม่"
        If user confirm
            Delete from tbProject  Where tbProject.ProjectID = ProjectID
        EndIf
EndIf
```

Module : 4 Name : RecognizeController

Purpose : ใช้ในการรู้จำตัวอักษรแบบออนไลน์

Modifies : -

Is-Called-By : MainController

Calls : -

Procedure :

```
Name : RecognizeController
Parameter : -
Return : -
```

```
Display F4: Form Recognize
Get ProjectID from user
Get NeuralID from user
Select tbNeuralNet.NeuralName, tbNeuralNet.ScriptID, tbScript.Script
        From tbNeuralNet,tbScript
        Where tbNeuralNet.ScriptID = tbScript.ScriptID and tbNeuralNet.ProjectID = ProjectID
                and tbNeuralNet.NeuralID = NeuralID
Script = tbScript.Script
Read NeuralNet from NeuralDir and tbNeuralNet.NeuralName # NeuralDir is system variable
On write character
        Calculate InputNode from Script and character
        Calculate OutputPattern from NeuralNet and InputNode
```

Module : 5 Name : ProgramSettingController

Purpose : ควบคุมการเลือกเพื่อที่จะกำหนดค่าพารามิเตอร์ และฐานข้อมูลที่ใช้ในเครื่องมือ

Modifies : -

Is-Called-By : MainController

Calls : -

Procedure :

Name : ProgramSettingController Parameter : - Return : -
Display F5: Form Program Setting Switch Case user selected Case selected TabProgramDirectory Call SetProgramDirectory Case selected TabDatabaseSetting Call SetDatabase EndSwitch

Module : 6 Name : ManagetbCBCharacterSet

Purpose : **เพื่อทำการจัดการกับรายละเอียดในตาราง** tbCBCharacterSet

Modifies : tbCBCharacterSet

Is-Called-By : HandwrittenDataController

Calls : -

Procedure :

Name : ManagetbCBCharacterSet Parameter : - Return : -

Display F2: Form Manage CharacterSet tab ManagetbCBCharacterSet
Get Mode from user
If Mode = 'New' or 'Edit'
Get CharacterSet from user
Get Meaning from user
If Mode = 'New' and On button Save click
Insert into tbCBCharacterSet(CharacterSet,Meaning) Values(CharacterSet, Meaning)
Else If Mode = 'Edit' and On button Save click
Update tbCBCharacterSet Set Meaning = Meaning Where CharacterSet = CharacterSet
EndIf
Else
Get CharacterSet from user
Display message "**ต้องการลบ** CharacterSet **นี้จริงหรือไม่**"
If user confirm
Delete from tbCBCharacterSet Where tbCBCharacterSet.CBCharacterSet = CharacterSet
EndIf
EndIf

Module : 7 Name : ManagetbCBCode

Purpose : **เพื่อทำการจัดการกับรายละเอียดในตาราง** tbCBCode

Modifies : tbCBCode

Is-Called-By : HandwrittenDataController

Calls : ModifyASCIIintbCBCode

Procedure :

Name : ManagetbCBCode Parameter : - Return : -

Display F2: Form Manage CharacterSet tab ManagetbCBCode
Get CharacterSet from user
Get Mode from user
If Mode = 'New'
Get StartASCII from user
Get CharactersAmount from user
Set i=0
Do While i < CharactersAmount
Insert into tbCBCode(CharacterSet,Code,ASCII) Values(CharacterSet,i,StartASCII)
Increase i and StartASCII by 1
EndDo
Else If Mode = 'Edit'
Call ModifyASCIIintbCBCode(CharacterSet)
EndIf

Module : 8 Name : ManagetbCBGroup

Purpose : **เพื่อทำการจัดการกับรายละเอียดในตาราง** tbCBGroup **และเรียกใช้** Module 13 **เพื่อป้อนข้อมูลต่อไป**

Modifies : tbCBGroup

Is-Called-By : HandwrittenDataController

Calls : ManagetbCBData

Procedure :

Name : ManagetbCBGroup Parameter : - Return : -
Display F2: Form Manage CharacterSet tab ManagetbCBGroup Get CharacterSet and Mode from user

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
If Mode = 'New'
        Get Writer from user
        If On button Save click
            Insert into tbCBGroup(CharacterSet,GroupID,Writer)
                    Values(CharacterSet,Max(GroupID)+1,Writer)
            Call ManagetbCBData(CharacterSet,Max(GroupID)+1)
        EndIf
Else If Mode = 'Edit'
        Get GroupID and Writer from user
        If On button Save click
            Update tbCBGroup Set Writer = Meaning Where GroupID = GroupID
            Call ManagetbCBData(CharacterSet,GroupID)
        Endif
Else
        Get GroupID from user
        Display message "ต้องการลบ GroupID นี้จริงหรือไม่"
        If user confirm
            Delete from tbCBGroup Where tbCBGroup.CBCharacterSet = CharacterSet and
                    tbCBGroup.GroupID = GroupID
        EndIf
EndIf
```

Module : 9 Name : ManageProjectDetail

Purpose : **ใช้ในแสดงรายละเอียดทั้งหมดในแต่ละการทดลอง เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องมือเลือกเพื่อจัดการกับรายละเอียด แต่ละประเภท**

Modifies : -

Is-Called-By : Project Controller

Calls : ManageCharacterSetinProj, ManagetbProjectData, ManagetbScript, ManagetbNeuralNet, ManagetbTrain, TestNeuralNet

Procedure :

```
Name : ManageProjectDetail
Parameter : Mode, ProjectID
Return : -
```

```
Display F8: Form Project Info.
Switch Case user selected
        Case selected TabSetCharacterSetinProj      Call ManageCharacterSetinProj(ProjectID,Mode)
```

Case selected TabManageProjData	Call ManagetbProjectData(ProjectID)
Case selected TabManageScript	Call ManagetbScript(ProjectID)
Case selected TabManageNeuralNet	Call ManagetbNeuralNet(ProjectID)
Case selected TabManageTrain	Call ManagetbTrain(ProjectID)
Case selected TabTestNeuralNet	Call TestNeuralNet(ProjectID)
EndSwitch	

Module : 10 Name : SetProgramDirectory

Purpose : **กำหนดค่าตัวแปรที่ใช้ในระบบ**

Modifies : WorkingDir, NeuralDir, SNNSDir, Libraryfile, ScriptDir

Is-Called-By : ProgramSettingController

Calls : -

Procedure :

Name : SetProgramDirectory Parameter : Return : -
Set WorkingDir = Directory of program Get NeuralDir from user Get SNNSDir from user Get Libraryfile from user Get ScriptDir from user Save All fields to thissystem.ini

Module : 11 Name : SetDatabase

Purpose : **ใช้ในการเลือกฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบ**

Modifies :

Is-Called-By : ProgramSettingController

Calls : -

Procedure :

Name : SetDatabase Parameter : - Return : -
Get DatabaseName in list from user On button Restore click Load DatabaseName from thissystem.ini On button Ok click

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        Save DatabaseName to thissystem.ini
        Close this Form
On button Cancel click
        Close this Form
```

Module : 12 Name : ModifyASCIIintbCBCode

Purpose : ใช้ในการแก้ไขรหัสแอสกีที่มีในฐานข้อมูลส่วนกลางหลังจากที่ได้กำหนดแล้วใน Module 7

Modifies : tbCBCode

Is-Called-By : ManagetbCBCode

Calls : -

Procedure :

```
Name : ModifyASCIIintbCBCode
Parameter : CharacterSet
Return : -
Do while user updates field ASCII
        Get code and NewASCII from user
        Update tbCBCode Set ASCII = NewASCII
                Where CBCharacterSet=CharacterSet and code= code
EndDo
```

Module : 13 Name : ManagetbCBData

Purpose : รับข้อมูลลายมือเขียนจากผู้ใช้เครื่องมือเพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูล

Modifies : tbCBData

Is-Called-By : ManagetbCBGroup

Calls : -

Procedure :

```
Name : ManagetbCBData
Parameter : CharacterSet,GroupID
Return : -
Display F7: Form Input Character
Get Record from Select Code,ASCII from tbCode Where CharacterSet = CharacterSet
Get Mode and Code form user
If Mode = 'New' or 'Edit'
        Do While Record not Empty
            Find Reocrd.Code = Code
        EndDo
```

```
        Display Record.ASCII in DBText # เพื่อบอกผู้ป้อนข้อมูลว่าจะต้องป้อนตัวอักษรใด
        Get Data from user
        If Mode = 'New'
            Insert into tbCBData(CharacterSet,GroupID,Code,Data)
                    Values(CharacterSet,GroupID,Code,Data)
        Else  # Mode = 'Edit'
            Update tbCBData Set Data = Data
                    Where CharacterSet = CharacterSet and GroupID = GroupID and Code = Code
        EndIf
Else  # Mode = 'Delete'
            Delete from tbCBData  Where CharacterSet = CharacterSet and GroupID = GroupID
                    and Code = Code
EndIf
```

Module : 14 Name : SetCharacterSetinProj

Purpose : ใช้ในการลบตัวอักษรที่ไม่ต้องการใช้ในการทดลองออก และเรียก Module 20 เพื่อกำหนดตัวอักษรที่ใช้ในการทดลอง

Modifies : tbProjectOutput

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : SetCharacterSetinProj

Procedure :

```
Name : SetCharacterSetinProj
Parameter : ProjectID, Mode
Return : -
```

```
Display F8: Form Project Info. tab SetCharacterSetinProj
Get Researcher and Description from user
Get Record in DBGrid from user # กรณีที่ user ต้องการลบ
On button LoadCharacteSet click
        Call SetCharacterSetinProj(Mode,ProjectID,Researcher,Description)
On button Delete click
        Delete from tbProjectOutput Where Output = Record.Output
        Set i = Record.Output
        Set RecordMax = Select Max(Output) From tbProjectOutput Where ProjectID = ProjectID
```

```
        Do while I < RecordMax – 1  # Output begin at 0
            Update tbProjectOutput  Set Output = i  Where ProjectID = ProjectID and Output = i + 1
            Increase i by 1
        EndDo
On button DeleteAll click
        Delete from tbProjectOutput Where ProjectID = ProjectID
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Module : 15 Name : ManagetbProjectData

Purpose : ใช้ในการจัดการกับรายละเอียดของการเก็บข้อมูลลายมือเขียนภายในแต่ละการทดลอง โดยจะไปเรียกใช้งาน Module 21 เพื่อทำการรับข้อมูล Module ที่ 22 เพื่อดึงข้อมูลที่มีอยู่แล้วในฐานข้อมูลส่วนกลาง และ Module 23 เพื่อทำการกำหนดชนิดของกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล

Modifies : tbProjectData

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : GetHandwrittenDatainProject, LoadDataFromCB, SetTypetoGroupofData

Procedure :

```
Name : ManagetbProjectData
Parameter : ProjectID
Return : -
```

```
Display F8: Form Project Info. tab ManagetbProjectData
Get Mode from user  # when user click button New, Update or Delete
If Mode = 'New' or 'Edit' then
        If Mode = 'New'
            Select Max(GroupID) From tbProjectGroup
            Set GroupID = Max(GroupID)+1
        Else
            Get GroupID from user
        EndIf
        Call GetHandwrittenDatainProject (Mode,ProjectID,GroupID)
Else
        Get GroupID in DBGrid from user
        Display message "ต้องการลบ GroupID นี้จริงหรือไม่"
        If user confirm
            Delete from tbProjectGroup  Where ProjectID = ProjectID and GroupID = GroupID
        EndIf
EndIf
On button LoadCharacterSet click
        Call LoadDataFromCB
On button TypeProcess Click
        Call SetTypetoGroupofData
```

Module : 16 Name : ManagetbScript

Purpose : จัดการรายละเอียดที่เกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลไพธอนสคริปต์โดยเรียก Module 24 เมื่อเพิ่มหรือปรับปรุงไพธอนสคริปต์

Modifies : tbScript

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : CreateandUpdateScript

Procedure :

Name : ManagetbScript Parameter : ProjectID Return : -
Display F8: Form Project Info. tab ManageScript Get Mode from User Get ScriptID in DBGrid from user If Mode = 'New' or 'Edit' or 'AddfromFile' # AddfromFile is On button AddfromFile click If Mode = 'New' or 'AddfromFile' Get ScriptID from Select Max(ScriptID) From tbScript Where ProjectID = ProjectID EndIf Call CreateandUpdateScript(Mode,ProjectID,ScriptID) Else If Mode = 'Delete' Delete from tbScript Where ProjectID = ProjectID and ScriptID = ScriptID EndIf On button Rename click Display RenameDialog and Get NewScriptName from user Update tbScript Set ScriptName = NewScriptName Where ProjectID = ProjectID and ScriptID = ScriptID

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Module : 17 Name : ManagetbNeuralNet

Purpose : **จัดการรายละเอียดของการทดลองในส่วนของข่ายงานประสาท ซึ่งจะทำการ เพิ่ม ปรับปรุง ลบ ข้อมูลใน** tbNeuralNet

Modifies : tbNeuralNet

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : CreatePattern

Procedure :

Name : ManagetbNeuralNet Parameter : ProjectID Return :-
Display F8: Form Project Info. tab ManageNeuralNet Get Mode from user If Mode = 'New' Get All fields in Form Project Info (F8) tab ManageNeuralNet Insert into tbNeuralNet(All fields) Else If Mode = 'Edit' Get NeuralID and other fields from user Update tbNeuralNet Set fields that user update Where ProjectID = ProjectID and NeuralID = NeuralID Else # Mode = Delete Delete tbNeuralNet Where ProjectID = ProjectID and NeuralID = NeuralID EndIf On button CreatePattern click Select tbScript.Script From tbScript,tbNeuralNet Where tbScript.ProjectID = tbNeuralNet.ProjectID and tbScript.ScriptID = tbNeuralNet.ScriptID CreatePattern(ProjectID, tbScript.Script)

Module : 18 Name : ManagetbTrain

Purpose : จัดการรายละเอียดของการทดลองในส่วนของการสอนข่ายงานประสาท ซึ่งจะทำการ เพิ่ม ปรับปรุงลบข้อมูลใน tbTrain

Modifies : tbTrain

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : -

Procedure :

Name : ManagetbTrain Parameter : ProjectID Return : -

Display F8: Form Project Info. tab ManageTrain
Get Mode and NeuralID from user
If NeuralID is Empty
Display MessageDialog “ยังไม่มีรายละเอียดของ NeuralNet ไม่สามารถสร้างการสอนได้”
Else
If Mode = ‘New’
Get All fields in Form Project Info (F8) tab ManageTrain
Insert into tbTrain(All fields)
Else If Mode = ‘Edit’
Get NeuralID and other fields from user
Update tbTrain Set fields that user update
Where ProjectID = ProjectID and NeuralID = NeuralID
Else # Mode = Delete
Delete from tbTrain Where ProjectID = ProjectID and NeuralID = NeuralID
EndIf
On button StartTrain click
Switch to SNNS and Send Information of training
EndIf

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Module : 19 Name : TestNeuralNet

Purpose : **ทดสอบไฟล์น้ำหนักที่ได้กับข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ** (Test pattern file)

Modifies : -

Is-Called-By : ManageProjectDetail

Calls : -

Procedure :

Name : TestNeuralNet Parameter : ProjectID Return : -

Display F8: Form Project Info. tab TestNeuralNet
Get NeuralID from user
Display All fields from Select WeithtFile,TestFile,ResultFile Form tbTest
Where ProjectID = ProjectID and NeuralID = NeuralID
On button Recall click
Switch to SNNS and Send Info. of testing
On button Detail Click
Read Info. from NeuralDir + ResultFile # NeuralDir is system variable get value from Module 10
Allocate variable for keeping result = Select tbProject.Amountpattern From tbProject
Where ProjectID = ProjectID
Do While ResultFile not Eof
Get ActualOutput and TargetOutput
Translate TargetOutput to Output
Compare ActualOutput and TargetOutput
If ActualOutput = TargetOutput
rightResult[Output] = rightResult[Output]+1
Else If On bit of ActualOutput more than one
unknowResult[Output] = unknowResult[Output]+1
Else
wrongResult[Output] = wrongResult[Output]+1
EndIf
EndDo
Display F17: Form Result Detail

Module : 20 Name : SetCharacterSetinProj

Purpose : **กำหนดตัวอักษรที่จะใช้ในแต่ละการทดลอง**

Modifies : tbProject, tbProjectOutput

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Is-Called-By :

Calls :

Procedure :

Name : SetCharacterSetinProj Parameter : Mode, ProjectID, Researcher, Description Return

Display F9: Form Set Character of Project
Get CharacterSet from user
Display DBGrid from Select Code, ASCII From tbCBCode Where CharacterSet = CharacterSet
Get Records in DBGrid from user
Set i = 0
Do while Records is not Empty
Insert into tbProjectOutput(ProjectID,Output,CharacterSet,Code)
Values(ProjectID,i,CharacterSet,Records.Code)
Increase I by 1
EndDo
Set Amount_Pattern = Select Max(Output) From tbProjectOutput Where ProjectID = ProjectID
If Mode = 'New'
Insert into tbProject(ProjectID,CharacterSet,Description Researcher,Amount_Pattern)
Values(ProjectID,CharacterSet,Description,Researcher,Amount_Pattern)
Else # Mode = 'Edit'
Update tbProject
Set CharacterSet = CharacterSet, Description = Description, Researcher = Researcher,
Amount_Pattern = Amount_Pattern Where ProjectID = ProjectID
EndIf

Module : 21 Name : GetHandwrittenDatainProject

Purpose : **ใช้ในการรับข้อมูลลายมือเขียนที่ใช้เฉพาะในแต่ละการทดลอง**

Modifies : tbProjectGroup, tbProjectData

Is-Called-By : ManagetbProjectData

Calls :

Procedure :

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Name : GetHandwrittenDatainProject

Parameter : Mode, ProjectID, GroupID

Return :

```
Display F10: Form Input Character of Project
Get Writer from user
If Mode = 'New'
        Insert into tbProjectGroup(ProjectID,GroupID,Writer,Type) Values(ProjectID,GroupID,Writer,'N')
Else
        Update tbProjectGroup Set Writer = Writer
              Where ProjectID = ProjectID, GroupID = GroupID
EndIf
Get Records from Select tbProjectOutput.Output,tbCode.Code,tbCode.ASCII
                              From tbCode,tbProjectOutput
                              Where tbProjectOutput.CharacterSet = tbCode.CharacterSet
                                    and tbProjectOutput.ProjectID = ProjectID
Get InputMode and Code form user
If InputMode = 'New' or 'Edit'
        Do While Records not Empty
            Find Reocrds.Code = Code
        EndDo
        Display Record.ASCII in DBText # เพื่อบอกผู้ป้อนข้อมูลว่าจะต้องป้อนตัวอักษรใด
        Get Data from user
        If InputMode = 'New'
            Insert into tbProjectData(ProjectID,GroupID,Output,Data)
                  Values(ProjectID,GroupID,Records.Output,Data)
        Else  # Mode = 'Edit'
            Update tbProjectData Set Data = Data
                  Where ProjectID = ProjectID and GroupID = GroupID and Output = Records.Output
        EndIf
Else  # InputMode = 'Delete'
          Delete from tbProjectData  Where ProjectID = ProjectID and GroupID = GroupID
                    and Output = Records.Output
EndIf
```

Module : 22 Name : LoadDataFromCB

Purpose : ใช้ในการดึงข้อมูลที่มีในฐานข้อมูลลายมือเขียนส่วนกลาง

Modifies : tbProjectData

Is-Called-By : ManagetbProjectData

Calls : -

Procedure :

Name : LoadDataFromCB Parameter : ProjectID Return : -
Display F11: Form Import Character Get Records from Select tbCBGroup.CharacterSet, tbCBGroup.GroupID, tbCBGroup.Writer From tbCBGroup,tbProject Where tbCBGroup.CharacterSet = tbProject.CharacterSet Display Records in DBGrid Get UserSelectRecords from user # **ข้อมูลที่ผู้ใช้เครื่องมือต้องการนำมาทดลองโดยเลือกจาก** DBGrid Do while USRecords not Empty # USRecords = UserSelectedRecords Get DataRecord from Select tbProjectOutput.Output,tbCBData.Data From tbCBData,tbProjectOutput Where CharacterSet = USRecords.CharacterSet and GroupID = USRecords.GroupID and tbCBData.Code = tbProjectOutput.Code Do while DataRecord not Empty Insert into tbProjectData(ProjectID,GroupID,Output,Data) Values(ProjectID,Max(GroupID)+1,DataRecord.Output,DataRecords.Data) EndDo EndDo

Module : 23 Name : SetTypetoGroupofData

Purpose : **กำหนดการใช้งานชุดข้อมูลในการทดลองเพื่อใช้ในการสอนข่ายงานประสาท หรือใช้ในการทดสอบ**

Modifies : tbProjectGroup

Is-Called-By : ManagetbProjectData

Calls : -

Procedure :

Name : SetTypetoGroupofData Parameter : ProjectID Return : -
Display F8: Form Project Info. tab ManagetbProjectData

```
Get Type from user
Get GroupRecords in DBGrid from user
Do while GroupRecords not Empty
        Update tbProjectGroup Set Type = Type
              Where ProjectID = ProjectID and GroupID = GroupRecords.GroupID
EndDo
```

Module : 24 Name : CreateandUpdateScript

Purpose : **เพื่อสร้าง และปรับปรุงรายละเอียดของสคริปต์ซึ่งได้จากผู้ใช้เครื่องมือ**

Modifies : tbScript

Is-Called-By : ManagetbScript

Calls : -

Procedure :

```
Name : CreateandUpdateScript
Parameter : Mode, ProjectID, ScriptID
Return : -
```

```
Display F12: Manage Python Script
Load file library.py from Libraryfile   # Libraryfile is system variable
Display library.py in tab library.py
Get ScriptName,Description,Script from user
Switch Case user selected
        Case selected tab InputData     Get ExampleData Call LoadInputData(ProjectID)
        Case selected button Run        Set InputNode by Call ProcessScript(Script,ExampleData)
EndSwitch
If button Save click
        If Mode = 'New'
            Insert into tbScript(ProjectID,ScriptID,ScriptName,Description,Script,InputNode)
                  Values(ProjectID,ScriptID,ScriptName,Description,Script,InputNode)
        Else If Mode = 'AddfromFile'
            Get Directory and filename from user
            Load Script from File
            Insert into tbScript(ProjectID,ScriptID,ScriptName,Description,Script,InputNode)
                  Values(ProjectID,ScriptID,ScriptName,Description,Script,InputNode)
        Else  # Edit Mode
            Updat tbScript Set Script = Script , InputNode = InputNode
                    Where ProjectID = ProjectID and ScriptID = ScriptID
```

```
        EndIf
Else if button Cancel click
        Close this Form
EndIf
```

Module : 25 Name : CreatePattern

Purpose : **สร้างไฟล์ข้อมูลต้นแบบสำหรับสอน และทดสอบข่ายงานประสาท**

Modifies : -

Is-Called-By : ManagetbNeuralNet

Calls : -

Procedure :

```
Name : CreatePattern
Parameter : ProjectID, Script
Return : -
Display F13: Form Create Pattern File
Get FileName and FileType from user
Get Data from Select tbProjectData.Output,tbProjectData.Data From tbProjectGroup,tbProjectData
                Where tbProjectGroup.ProjectID = ProjectID and tbProjectData.ProjectID =
ProjectID                                       and tbProjectGroup.Type = FileType
Get Amount_Pattern from Select Amount_Pattern From tbProject Where ProjectID = ProjectID
Do while Data is not Empty
        Set Count to 0
        Do while  # Calculate TargetOutput
            If Count = Data.Output
                    TargetOutput = TargetOutput  + 1
            Else
                    TargetOutput = TargetOutput  + 0
            EndIf
            Increase Count by 1
        EndDo
        Calculate inputNode from processing Data.Data with Script
        Add (inputNode,TagetOutput) to Info
EndDo
Save Info to NeuralDir+FileName  #  Save to file, NeuralDir is system variable
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Module : 26 Name : LoadInputData

Purpose : **ให้ผู้ใช้เครื่องมือเลือกตัวอักษรตัวอย่างเพื่อใช้ในการประมวลผลไพธอนสคริปต์**

Modifies : -

Is-Called-By : CreateandUpdateScript

Calls : -

Procedure :

Name : LoadInputData Parameter : ProjectID Return : ExampleData
Get GroupID,Output from user Get ExampleData from Select Data From tbProjectData Where ProjectID = ProjectID and GroupID = GroupID and Output = Output Return ExampleData

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Module : 27 Name : ProcessScript

Purpose : **ประมวลผลไพธอนสคริปต์กับข้อมูลลายมือเขียนตัวอย่าง**

Modifies : -

Is-Called-By : CreateandUpdateScript

Calls : -

Procedure :

Name : ProcessScript Parameter : Script, ExampleData Return : InputNode
Process Script with ExampleData Set InputNode = result from Script Display text output information on F12 tab Output Display graphic information on F16 Return InputNode

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. C.C. Tappert, C.Y. Suen and T. Wakahara. The State of The Art in Online Handwriting Recognition. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 128, (1990): 787-808.
2. P. Lekhachaivorakul, P. Kortungsap, and S. Madarasmi. A Performance Comparison of Various Input Features to a Feedforward Neural Network for On-line Handwriting Recognition. Proceedings of EECON 22, (1999).
3. อภิชาต สัจจพงษ์. การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
4. Python language. Available from: <http://www.python.org>.
5. Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS). Available from: <http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de/SNNS/>.
6. A. Nair and C.G. Leedham. Preprocessing of Line Codes for Online Recognition Purposes. Electronics Letters, vol. 27, (1991): 1-2.
7. I. Pitas. Digital Image Processing Algorithms. U.K.: Prentice Hall, 1993.
8. X. Li and D. Yeung. On-line Handwritten Alphanumeric Character Recognition using Dominant Points in Strokes. Hong Kong, 1996.
9. E. Rich and K. Knight. Artificial Intelligence. Singapore: Prentice-Hill, 1991.
10. T. M. Michell. Machine Learning. NY: McGraw-Hill, Inc, 1997.
11. K. F. Chan and D.Y. Yeung. Elastic Structural Matching for Recognition On-line Handwritten Alphanumeric Character. Technical Report HKUST-CS98-07, 1998.
12. A. Kawamura, and others. On-line Recognition of Freely Handwritten Japanese Characters Using Directional Feature Densities. IEEE, (1992): 83-186.
13. โชติ ศิริวงศ์วิเชียร และ ปกิตต์ นิธิวิบูลย์. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการเข้ารหัสตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยเพื่อระบบการรู้จำโดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ก. โครงงานทางวิศวกรรมปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกันตา กิติยานันท์ เกิดวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดกาญจนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้า ในปี พ.ศ. 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย