ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมการรู้จำอักขระพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีการดึงลักษณะสำคัญ

THAI PRINTED OPTICAL CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE EXTRACTION

H006364

โดย

ชยากร อาจาริยะ

CHAYAKORN ARJARIYA

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ภัทรชัย ลลิตโรจน์วงศ์

เลขหมู่.......
เลขทะเบียน 06364
วัน เดือน ปี 14 ส.ค. 2554
b.......
i.......

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THAI PRINTED OPTICAL CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE EXTRACTION

CHAYAKORN ARJARIYA

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/ 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองโครงการพัฒนาระบบงาน (SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT)

เรื่อง

โปรแกรมการรู้จำอักขระพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีการดึงลักษณะสำคัญ
THAI PRINTED OPTICAL CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE EXTRACTION

นายชยากร อาจาริยะ
รหัสประจำตัว 51066540

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552

....**อาจารย์ที่ปรึกษา**
(ผศ.ดร.ภัทรชัย ลลิตโรจน์วงศ์)

....**กรรมการสอบ**
(รศ.ดร.นพพร โชติกกำธร)

....**กรรมการสอบ**
(ดร. นล เปรมัษเฐียร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	โปรแกรมการรู้จำอักขระพิมพ์ภาษาไทยโดย วิธีการดึงลักษณะสำคัญ
นักศึกษา	นายชยากร อาจาริยะ
รหัสนักศึกษา	51066540
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทรชัย ลลิตโรจน์วงศ์

บทคัดย่อ

ในประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาการรู้จำอักขระภาษาไทยมานานกว่า 10 ปีแล้ว เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญต่อกระบวนการประมวลผลข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมากแขนงหนึ่ง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานเอกสารต่างๆได้ แต่การรู้จำอักขระภาษาไทยนั้นยังมีความผิดพลาดสูงเมื่อเทียบกับการรู้จำในภาษาอื่นๆ เนื่องจากภาษาไทยมีอักษรเป็นจำนวนมาก รวมไปถึงประโยคที่มีอักขระถึง 4 ระดับ โดยในโครงงานนี้ได้นำเสนอถึงกระบวนการทำงานภาพรวมของการรู้จำอักขระภาษาไทย และมุ่งเน้นในการพัฒนาขั้นตอนการรู้จำอักขระโดยได้นำเทคนิคการดึงลักษณะสำคัญมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะสำคัญเฉพาะของอักขระแต่ละตัว แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อนำมาใช้ในการรู้จำอักขระต่อไป โดยมีเป้าหมายคือ การนำเอกสารรูปภาพที่มีอักษรพิมพ์ภาษาไทยมาประมวลผลเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในรูปแบบแฟ้มข้อความและมีความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Thai Printed Optical Character Recognition Using Feature Extraction.
Student	Mr. Chayakorn Arjariya
Student ID.	51066540
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2009
Advisor	Asst. Prof. Dr. Pattarachai Lalitrojwon

ABSTRACT

In Thailand, Thai Optical Character Recognition has been researched and developed for more than 10 years. However, there are still many errors in output because Thai characters have too many characters and have four levels divided in the sentences. This Project is intentionally presented the overview of Character Recognition System, and focused on the development of recognition step by using Feature Extraction Technique. This technique has been applied to extract data from image file, which is contained Thai printed characters, and then train the Neural Network to process the most accuracy text file.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร. ภัทรชัย ลลิตโรจน์วงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพัฒนาระบบงานซึ่งคอยให้คำปรึกษาและให้คำชี้แนะข้าพเจ้าเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ และน้อง ในคุณเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกๆคน สำหรับคำปรึกษาและคอยเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกๆเรื่องเสมอมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการพัฒนาระบบงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ชยากร อาจาริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..II
กิตติกรรมประกาศ..III
สารบัญ...IV
สารบัญรูป...VI
บทที่ 1 บทนำ...1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.......................................1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..............................1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา....................................2
1.4 ขอบเขตการศึกษา...2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา..2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง...4
2.1 กระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทย..4
2.2 โครงข่ายประสาทเทียม..7

บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา...11
3.1 กำหนดรูปแบบการดึงลักษณะสำคัญจากอักขระภาษาไทย.................11
3.2 จัดเตรียมข้อมูลลักษณะสำคัญ...16
3.3 กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม...................................17
3.4 ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม..19
3.5 พัฒนาโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย..21
3.6 เทคนิคและวิธีการตัดแยกอักขระ..22

บทที่ 4 ผลการทดลอง...25
4.1 ข้อมูลอินพุต...25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดสอบ....27
4.3 วิเคราะห์ความผิดพลาด....31

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....34
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน....34
5.2 ปัญหาและอุปสรรค....34
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อและข้อเสนอแนะ....35

บรรณานุกรม....38

ภาคผนวก....39
การติดตั้งโปรแกรมรู้จำอักขระภาษาไทย....39
การใช้งานโปรแกรมรู้จำอักขระภาษาไทย....39

ประวัติผู้เขียน....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนในกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทย....3
2.2 ค่าฮีสโตแกรมแนวนอน.... 6
2.3 ค่าฮีสโตแกรมแนวตั้ง....6
2.4 ภาพที่ได้จากการตัดอักขระด้วยฮีสโตแกรม....6
2.5 ส่วนประกอบของเซลล์ประสาท....7
2.6 นิวรอนของโครงข่ายประสาทเทียม.... 8
2.7 ฟังก์ชันซิกมอยด์....9
3.1 การเติมน้ำบนรูปอักขระและพื้นที่น้ำขังในแต่ละส่วนของอักขระ....12
3.2 เส้นตัดบนตัวอักขระเพื่อหาส่วนหางและจำนวนครั้งที่วิ่งผ่านจุดสีดำ....12
3.3 เส้นตัดบนตัวอักขระเพื่อหาค่าฮีสโตแกรมของขอบซ้ายและขวา....13
3.4 การไล่ขอบล่างด้วยวิธี Chain Code และทิศทางของ Chain Code.... 13
3.5 ชุดข้อมูลอินพุตทั้ง 6 รูปแบบ....19
3.6 ข้อมูลลักษณะสำคัญทั้ง 6 รูปแบบของอักขระ 'ข' 19
3.7 ตัวอย่างจอเฝ้าคุมของโปรแกรมฝึกสอนการรู้จำอักขระ....21
3.8 หน้าจอโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย.... 22
3.9 การตัดบรรทัดด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง....23
3.10 การตัดแยกส่วนตัวอักขระด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน....23
3.11 การตัดแยกอักขระ 3 ชั้นด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง....23
3.12 การตัดแยกอักขระขั้นตอนสุดท้ายด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน....23
4.1 หน้าจอโปรแกรมสำหรับทดสอบการรู้จำ....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรู้จำอักขระภาษาไทยเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่มีความสำคัญในการประมวลผลข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานในหลายๆด้านเพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วได้ เช่น งานเอกสาร งานบรรณารักษ์ห้องสมุด เป็นต้น เพื่อใช้รวบรวมเอกสารต่างๆและจัดเก็บในรูปแบบแฟ้มข้อมูลในคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำอักขระภาษาไทยกันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลานานแล้ว โดยมีการนำเสนอวิธีการทำด้วยเทคนิคการรู้จำประเภทต่างๆหลากหลายวิธี เช่น การรู้จำแบบเชิงสถิติ (Statistical Pattern Recognition) การรู้จำแบบวากยสัมพันธ์ (Syntactic Pattern Recognition) การรู้จำแบบหารหัสควอซีโทโปโลยี (Quasi-Topological Code) การรู้จำแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Pattern Recognition) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากการรู้จำอักขระยังคงมีความผิดพลาดอยู่ในระดับหนึ่ง เนื่องจากภาษาไทยนั้นจัดเป็นภาษาที่มีความซับซ้อนสูง มีการแบ่งตัวอักขระออกเป็นหลายประเภท คือ พยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ ซึ่งตัวอักขระเหล่านี้มีตำแหน่งการจัดวางตัวอักขระแบ่งเป็นหลายระดับถึง 4 ระดับด้วยกัน ทำให้การตัดแยก การวิเคราะห์อักขระและการรู้จำจำอักขระภาษาไทยมีความซับซ้อนมากกว่าภาษาอื่นๆ นอกจากนั้น เอกสารส่วนใหญ่ในปัจจุบันมักจะมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ในเอกสารเดียวกัน ดังนั้น ในการพัฒนาการรู้จำอักขระบนเอกสารจึงควรมีการรองรับทั้งอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษบนเอกสารเดียวกันด้วย

นอกจากนี้ ขั้นตอนในกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยในปัจจุบัน ถูกแบ่งออกเป็นหลายขั้นตอนด้วยกัน เช่น ขั้นตอนการเตรียมเอกสารและวิเคราะห์หน้ากระดาษ ขั้นตอนการตัดแยกอักขระ ขั้นตอนการรู้จำ ขั้นตอนวิเคราะห์รูปแบบอักขระหลังการรู้จำ เป็นต้น ซึ่งความผิดพลาดในการรู้จำที่ยังคงเกิดขึ้นนั้นอาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในหลายๆขั้นตอนของกระบวนการรู้จำ จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อหาข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอน และนำมาพิจารณาเพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้กระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

โครงการศึกษาและพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทย มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาถึงที่มาของความผิดพลาดในกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยและแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงระบบการรู้จำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางและวิธีการใหม่ๆในการพัฒนาระบบการรู้จำเพื่อเป็นอีกทางเลือกในการพัฒนาความถูกต้องแม่นยำในการรู้จำ รวมถึงสามารถรองรับรูปแบบอักขระต่างๆได้เป็นอย่างดี

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทย มีดังนี้

1. กระบวนการการรู้จำอักขระภาษาไทยในปัจจุบัน
2. การจัดเตรียมข้อมูลอักขระด้วยวิธีการดึงลักษณะสำคัญจากตัวอักขระ
3. การรู้จำข้อมูลและแยกแยะข้อมูลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาโครงงานนี้ได้กำหนดขอบเขตในการศึกษา ดังนี้

1. มุ่งเน้นการปรับปรุงเฉพาะขั้นตอนการรู้จำอักขระ โดยนำเทคนิควิธีการดึงลักษณะสำคัญจากตัวอักขระและเทคนิคการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้
2. ขั้นตอนการรู้จำอักขระภาษาไทยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ การรู้จำอักขระภาษาไทยอย่างเดียว การรู้จำอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษแบบผสมกัน
3. วิเคราะห์ลักษณะสำคัญของอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมและใช้ในการทดลอง
4. ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธีแพร่กลับค่าความผิดพลาด เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการรู้จำอักขระ

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ จึงได้มีการกำหนดขั้นตอนของการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาที่มาของของปัญหาในกระบวนการการรู้จำอักขระภาษาไทยในปัจจุบัน
2. ศึกษาเทคนิคการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับความผิดพลาด
3. ศึกษาการแยกแยะอักขระด้วยวิธีการดึงลักษณะสำคัญ
4. วิเคราะห์ตัวอักขระและพัฒนาอัลกอริทึมในการดึงลักษณะสำคัญจากตัวอักขระ
5. พัฒนาโปรแกรมเพื่อจำลองการรู้จำอักขระภาษาไทย
6. ทดสอบการใช้งาน
7. วิเคราะห์ผลลัพธ์และแนวทางในการพัฒนาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาโครงงานพัฒนาระบบ มีผลที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. เข้าใจถึงหลักการและกระบวนการทำงานของระบบการรู้จำอักขระภาษาไทยด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับความผิดพลาด
2. ได้แนวคิดและวิธีการในการพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทยด้วยวิธีการดึงลักษณะสำคัญร่วมกับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม
3. เข้าใจถึงการทำงานในขั้นตอนต่างๆของกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

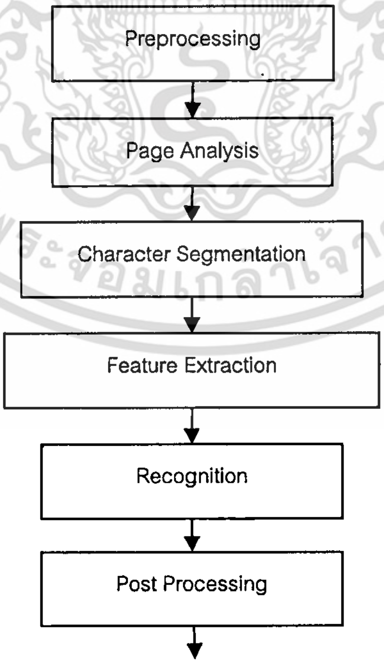
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การรู้จำอักขระภาษาไทยในปัจจุบันมีเป้าหมายเพื่อแปลงเอกสารรูปภาพให้อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลอักขระและจัดเก็บบนคอมพิวเตอร์เพื่อความสะดวกในการบริหารจัดการเอกสารสำคัญ โดยกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยจะประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นด้วยกัน ตั้งแต่การรับเอาแฟ้มข้อมูลรูปภาพที่มีตัวอักขระอยู่เข้ามาเป็นอินพุต ทำการปรับปรุงรูปภาพในเบื้องต้น วิเคราะห์หาตัวอักขระ ตัดแยกอักขระออกจากกัน รู้จำอักขระ จัดเรียงข้อมูลอักขระ ไปจนถึงการเขียนลงแฟ้มข้อมูลอักขระในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อบันทึกข้อมูลลงบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว ส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากขั้นตอนหนึ่งก็คือขั้นตอนการรู้จำอักขระ ซึ่งในโครงงานพัฒนาระบบนี้ได้นำเอาเทคนิคการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้

2.1 กระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทย

2.1.1 ภาพรวมของกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยในปัจจุบัน

ในปัจจุบันกระบวนการทำงานของการรู้จำอักขระภาษาไทย แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.1 (Dubey. 2009)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนในกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทำงานในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Preprocessing เป็นขั้นตอนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพที่รับเข้ามาในเบื้องต้น เช่น มีการปรับรูปภาพสีให้เป็นรูปภาพขาวดำ มีการใช้การประมวลผลรูปภาพเพื่อลดสิ่งรบกวน รวมไปถึงปรับความเข้มของรูปภาพเพื่อเพิ่มความชัดเจนของรูปอักขระ เป็นต้น
2. Page Analysis เป็นการวิเคราะห์หน้าเอกสารและตรวจสอบความเอียงของหน้าเอกสาร แนวบรรทัด ส่วนของย่อหน้า เพื่อทำการปรับปรุงโดยทำการหมุนรูปภาพให้แนวบรรทัดสามารถจัดเรียงได้ตรงกันมากยิ่งขึ้น
3. Character Segmentation ขั้นตอนการตัดแยกตัวอักขระออกจากกัน โดยใช้วิธีฮีสโตแกรมประกอบกับการไล่ขอบจุดสีดำ รวมไปถึงมีการนำค่าความกว้างและขนาดของตัวอักขระมาใช้ในการพิจารณาร่วมด้วยในระดับหนึ่ง
4. Feature Extraction คือการดึงเอาลักษณะสำคัญของตัวอักขระออกมาเพื่อนำเอาลักษณะสำคัญดังกล่าวไปใช้ต่อในขั้นตอนการรู้จำ โดยข้อมูลของลักษณะสำคัญอย่างเช่น ทำการแบ่งพื้นที่ของตัวอักขระแล้วหาตำแหน่งพื้นที่ที่เป็นส่วนหัวของตัวอักขระ ปริมาณขาของตัวอักขระ อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของตัวอักขระ เป็นต้น
5. Recognition รับข้อมูลลักษณะสำคัญของอักขระเข้ามาเพื่อผ่านกระบวนการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและส่งข้อมูลออกในอีกรูปแบบหนึ่ง แล้วจึงนำรูปแบบดังกล่าวไปจับคู่กับข้อมูลตัวอักขระอีกครั้ง
6. Post Processing หลังจากได้ตัวอักขระแต่ละตัวแล้วจะทำการจัดเรียงตัวอักขระทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยมีการพิจารณาอักขระบางตัวว่าควรจะอยู่ในตำแหน่งใดหรือว่าควรจะเป็นอักขระอะไร เช่น อักขระ "." อาจจะเป็นสระอำ จุดไข่ปลา หรือ มหัพภาพก็ได้ ขึ้นอยู่กับอักขระข้างเคียงเพื่อจะนำมาพิจารณาว่าอักขระตัวดังกล่าวควรจะเป็นตัวใด แล้วจึงเริ่มทำการจัดเรียงตัวอักขระดังกล่าวแล้วเขียนลงในไฟล์เอกสารหรือแสดงผลผ่านหน้าต่างซอฟต์แวร์ เป็นต้น

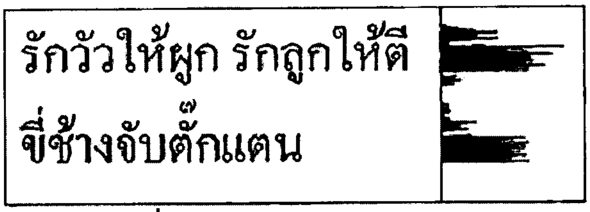
2.1.2 การตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรม

ในขั้นตอนการตัดแยกอักขระ เมื่อได้รับข้อมูลเข้ามาเป็นแฟ้มข้อมูลรูปภาพแล้ว จะต้องผ่านการแยกตัวอักขระออกจากกันด้วยฮีสโตแกรม (บรรจง ปิยศทิพย์. 2548) โดยต้องทำการแยกบรรทัดของอักขระก่อน ต่อมาจึงจะทำการแยกอักขระในแต่ละบรรทัดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการแยกอักขระนั้นเราจะนำการหาค่าฮีสโต แกรมเข้ามาช่วย โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. การแยกบรรทัด จะใช้ฮีสโตแกรมในแนวนอนเข้ามาช่วย โดยค่าฮีสโตแกรมจะเป็นตัวบอกได้ว่าแถวไหนเป็นอักขระ และแถวไหนเป็นช่องว่างระหว่างบรรทัด โดยแถวที่มีตัวอักขระปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ค่าฮีสโตแกรมจะมีค่ามากกว่า 0 ส่วนแถวที่เป็นช่องว่างระหว่างบรรทัดจะมีค่าฮีสโตแกรมเป็น 0 โดยมีตัวอย่างดังรูปที่ 2.2



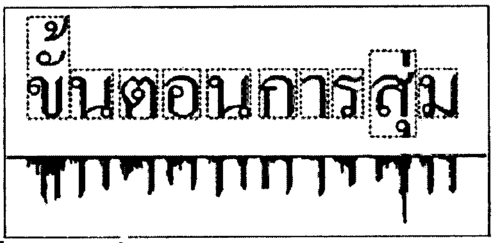
รูปที่ 2.2 ค่าฮีสโตแกรมแนวนอน

จากค่าฮีสโตแกรมที่หาได้ จะทำให้สามารถหาค่าขอบบนและขอบล่างของบรรทัดต่างๆได้อีกด้วย

2. การแยกอักขระแต่ละตัวออกจากกัน จะใช้ฮีสโตแกรมในแนวตั้งเข้ามาช่วย ซึ่งค่าฮีสโตแกรมที่ได้จะช่วยบอกว่าบริเวณไหนที่เป็นตัวอักขระ และบริเวณไหนที่เป็นช่องว่างระหว่างตัวอักขระ ซึ่งลักษณะการทำนั้นจะคล้ายคลึงกับการตัดบรรทัดออกจากภาพนั้นเอง ค่าฮีสโตแกรมในแนวตั้งแสดงดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ค่าฮีสโตแกรมแนวตั้ง

ซึ่งการหาฮีสโตแกรมแนวตั้งนั้น ทำให้เราสามารถทราบขอบซ้ายและขอบขวาของตัวอักขระที่เราสนใจได้เช่นเดียวกับฮีสโตแกรมแนวแนวนอนที่ทำให้เราทราบขอบบนและขอบล่างของอักขระ โดยเมื่อเราทราบตำแหน่งขอบบน ขอบล่าง ขอบซ้ายและขอบขวาของแต่ละอักขระแล้วจะได้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพที่ได้จากการตัดอักขระด้วยฮีสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

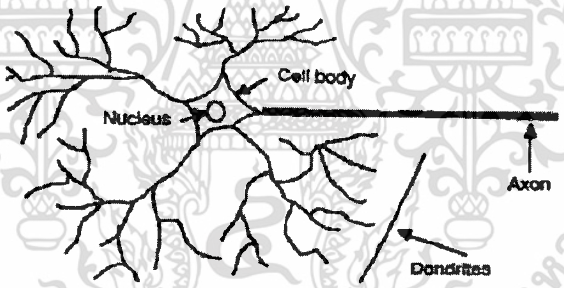
ซึ่งการตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรมนั้นเป็นการตัดแยกอักขระแบบพื้นฐาน โดยยังไม่สามารถรองรับอักขระมีการการเหลื่อมล้ำกันในแนวบรรทัด หรืออักขระซ้อนทับกันได้ ซึ่งในโครงงานพัฒนาระบบนี้ได้นำเอาการตัดแยกอักขระแบบพื้นฐานในลักษณะดังกล่าวมาประยุกต์ใช้

2.2 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (รุจิพันธุ์ โกษารัตน์. 2551) มีแนวคิดที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ โดยพัฒนาให้คอมพิวเตอร์มีการเรียนรู้และสามารถตัดสินใจได้เอง โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.2.1 โครงข่ายเซลล์ประสาทมนุษย์

เซลล์ประสาทของมนุษย์นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เดนไดรต์ ตัวเซลล์หรือโซมา และแอกซอน ดังรูปที่ 2.5 โดยเดนไดรต์จะเป็นตัวรับกระแสประสาท ซึ่งเป็นสัญญาณกระตุ้นทางไฟฟ้ามาจากเซลล์ประสาทอื่น แล้วส่งให้ตัวเซลล์เพื่อทำการประมวลผล โดยตัวเซลล์จะมีนิวเคลียสทำหน้าที่ประมวลสัญญาณ แล้วส่งสัญญาณออกไปทางแอกซอน เพื่อส่งไปยังเซลล์ประสาทตัวอื่นๆต่อไป



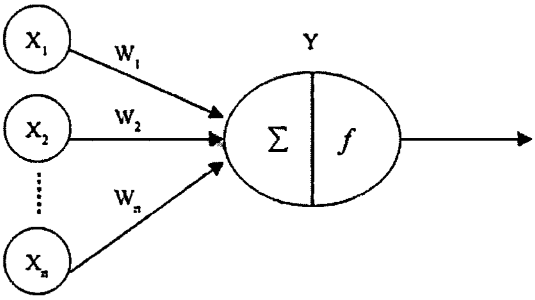
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเซลล์ประสาท

2.2.2 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผล เรียกว่านิวรอน ซึ่งเชื่อมต่อถึงกันหลายๆตัวผ่านลิงค์ ซึ่งแต่ละลิงค์จะมีค่าน้ำหนัก แต่ละนิวรอนจะมีค่าสถานะภายในที่เรียกว่าระดับการกระตุ้น สัญญาณเอาต์พุตของนิวรอนที่จะส่งไปยังนิวรอนตัวถัดไปจะได้มาจากการพิจารณาผลรวมของค่าน้ำหนักคูณกับค่าระดับการกระตุ้น ดังรูปที่ 2.6

จากรูปที่ 2.6 สัญญาณอินพุตคือ $X_1, X_2, \ldots X_n$ ถูกป้อนให้กับนิวรอน Y สัญญาณอินพุตนี้จะถูกนำไปคูณกับค่าน้ำหนักคือ $W_1, W_2, \ldots W_n$ เมื่อรวมค่าที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง (Threshold) โดยอาศัยฟังก์ชันกระตุ้น ก็จะได้สัญญาณเอาต์พุตของนิวรอนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 นิวรอนของโครงข่ายประสาทเทียม

ค่าผลรวมสัญญาณอินพุตคูณกับน้ำหนักได้จากสมการ

$$Y = X_1W_1+X_2W_2+\ldots+X_nW_n \tag{2.1}$$

ค่าสัญญาณเอาต์พุตของนิวรอน Y ได้จากสมการ

$$Output = f(Y) \tag{2.2}$$

โดยที่ f คือฟังก์ชันกระตุ้น ซึ่งกำหนดได้ดังนี้

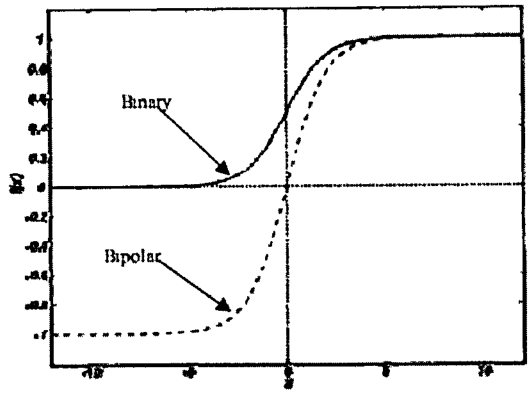
$$f(Y) = \frac{1}{1+e^{-Y}} \tag{2.3}$$

ฟังก์ชันกระตุ้นถูกใช้เป็นระดับการตัดสินใจของเซลล์ประสาทเทียมแต่ละเซลล์ เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่จะส่งไปให้เซลล์ประสาทเทียมอื่นๆ โดยฟังก์ชันการกระตุ้นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) ซึ่งในกรณีนี้โครงข่ายประสาทเทียมมีช่วงของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 จะใช้ฟังก์ชันไบนารีซิกมอยด์ (Binary Sigmoid Function) ดังรูปที่ 2.7 และฟังก์ชันไบนารีซิกมอยด์จะมีสมการดังสมการที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.2.3 โครงข่ายประสาทเทียมชนิดการเรียนรู้แบบแพร่กลับ

การเรียนรู้แบบแพร่กลับนั้นใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น โดยขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดการเรียนรู้แบบแพร่กลับ จะเริ่มจากการป้อนอินพุตให้แต่ละโหนดและเริ่มกระจายสัญญาณไปตามชั้นซ่อนต่างๆ โหนดในชั้นซ่อนจะคำนวณผลรวมของสัญญาณและส่งต่อไปยังชั้นซ่อนถัดๆไปจนถึงชั้นเอาต์พุต และได้เอาต์พุตออกมา ขั้นตอนนี้เรียกว่าการป้อนไปข้างหน้า ขั้นตอนต่อไปคือการนำเอาเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ และนำค่าความผิดพลาดส่งย้อนกลับไป ตั้งแต่ชั้นเอาต์พุต จนถึงอินพุตขั้นตอนนี้เรียกว่าการแพร่กลับค่าความผิดพลาด ขั้นตอนต่อมา แต่ละโหนดจะนำค่าความผิดพลาดที่ได้มาคำนวณและทำการปรับน้ำหนัก โครงข่ายประสาทเทียมจะทำขั้นตอนต่างๆนี้ซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าค่าความผิดพลาดจะน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ฟังก์ชันซิกมอยด์

1. การป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Propagation)

กำหนดให้ชั้นอินพุต (Xi) ได้รับสัญญาณและการจายไปยังโหนดต่างๆในชั้นซ่อน (Yj) โหนดในชั้นซ่อนจะคำนวนผลรวม ดังนี้

$$net_j = \sum_{i=1}^{n} X_i W_{ij} \qquad (2.4)$$

เมื่อ net_j คือผลรวมของสัญญาณโหนดที่ j

X_i คืออินพุตโหนดที่ i

W_{ij} คือค่าน้ำหนักที่เชื่อมโยงอินพุตโหนดที่ i กับโหนดที่ j ของชั้นซ่อน

n คือจำนวนโหนดในชั้นอินพุต

จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งจะเป็นค่าที่นำไปกระตุ้นนิวรอนในชั้นถัดไป โดยฟังก์ชันการกระตุ้นที่ใช้คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์

$$Y_j = f(net_j) = \frac{1}{1+e^{-net_j}} \qquad (2.5)$$

เมื่อ Y_j คือสัญญาณเอาต์พุตของชั้นซ่อนโหนดที่ j

โดยจะมีการทำการประมาลสัญญาณดังวิธีที่กล่าวมาในชั้นซ่อนทุกๆชั้น จนไปถึงชั้นเอาต์พุต (Zk) และได้สัญญาณเอาต์พุตสุดท้ายออกมา

2. การแพร่กลับค่าความผิดพลาด (Error Backpropagation)

ค่าความผิดพลาดจะเป็นผลต่างของค่าเป้าหมายและค่าเอาต์พุต ซึ่งค่าความผิดพลาดของชั้นเอาต์พุตสามารถคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\delta_k = (T_k - Z_k)Z_k(1 - Z_k) \tag{2.6}$$

เมื่อ T_k คือค่าเป้าหมายโหนดที่ k

Z_k คือสัญญาณเอาต์พุตของโหนด k

ค่าความผิดพลาดที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังแต่ละโหนดในชั้นซ่อนและทำการคำนวณค่าความผิดพลาดของชั้นซ่อน ดังนี้

$$\delta_j = Y_j(1 - Y_j)\sum_{k=1}^{r}\delta_k V_{jk} \tag{2.7}$$

โดย V_{jk} คือค่าน้ำหนักที่เชื่อมโยงชั้นซ่อน โหนดที่j กับโหนดที่ k ของชั้นเอาต์พุต

r คือจำนวนโหนดในชั้นเอาต์พุต

3. การปรับค่าน้ำหนัก

เมื่อแต่ละโหนดได้รับค่าความผิดพลาดแล้วจะทำการปรับค่าน้ำหนักตามค่าความผิดพลาดที่ได้รับ โดยเริ่มจากโหนดในชั้นเอาต์พุต ซึ่งคำนวณดังนี้

$$V'_{jk} = V_{jk} + \eta\delta_k Y_j \tag{2.8}$$

เมื่อ V'_{jk} คือน้ำหนักที่เชื่อมระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุตที่ปรับใหม่

η คืออัตราการเรียนรู้

โดยการปรับค่าน้ำหนักนั้น จะใช้สมการดังกล่าวปรับค่าน้ำหนักตามค่าความผิดพลาดที่ได้รับกลับมา โดยจะทำการปรับค่าน้ำหนักเช่นนี้ในทุกๆชั้นไปจนถึงชั้นอินพุต

4. การสิ้นสุดการเรียนรู้

การเรียนรู้จะสิ้นสุดลงเมื่อค่าความผิดพลาดโดยรวมต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ การคำนวนหาค่าความผิดพลาดรวมทุกโหนดสามารถคำนวนได้ดังนี้

$$E_p = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{r}(T_k - Z_k)^2 \tag{2.9}$$

เมื่อ E_p คือความผิดพลาดรวมทุกโหนดของตัวอย่างที่ p

จากทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้กล่าวมาได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในโครงงานการรู้จำอักขระภาษาไทย โดยเป็นหัวใจสำคัญที่ใช้ในการกระบวนการรู้จำร่วมกับข้อมูลลักษณะสำคัญเพื่อให้การแยกแยะตัวอักขระให้เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการรู้จำอักขระภาษาไทยด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูลของตัวอักขระแต่ละตัวเพื่อใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยข้อมูลของตัวอักขระเหล่านั้นจะถูกแทนด้วยข้อมูลลักษณะสำคัญของตัวอักขระที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมและกำหนดเป็นชุดตัวเลขข้อมูลเฉพาะอักขระแต่ละตัวเพื่อนำมาใช้ในการแยกแยะตัวอักขระต่อไป ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนการดำเนินงานในการพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทยได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดรูปแบบการดึงลักษณะสำคัญจากอักขระภาษาไทย
2. จัดเตรียมข้อมูลลักษณะสำคัญ
3. กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม
4. ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม
5. พัฒนาโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย

3.1 กำหนดรูปแบบการดึงลักษณะสำคัญจากอักขระภาษาไทย

การดึงหรือสกัดลักษณะสำคัญออกจากตัวอักขระนั้นถูกทำเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะของตัวอักขระ เพื่อนำข้อมูลลักษณะสำคัญดังกล่าวไปทำการแยกแยะและรู้จำอักขระต่อไป

3.1.1 เทคนิคในการดึงลักษณะสำคัญ

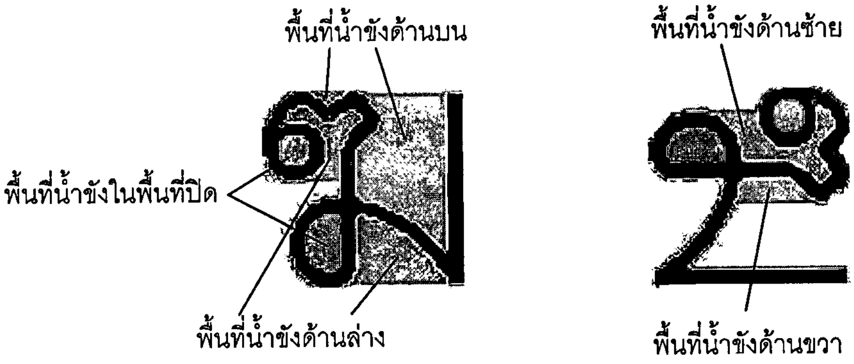
การดึงลักษณะสำคัญจากตัวอักขระนั้นมีการใช้หลายวิธีร่วมกัน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ด้วยการเติมน้ำบนรูปอักขระและวัดระดับพื้นที่น้ำขัง

โดยจะทำการเติมน้ำเข้าสู่แต่ละด้านของอักขระคือ ด้านซ้าย ด้านขวา ด้านล่าง และด้านบน รวมไปถึงในพื้นที่ปิดของตัวอักขระด้วย แล้วทำการวัดปริมาณน้ำขังในแต่ละด้าน แล้วนำมาเก็บเป็นข้อมูลลักษณะสำคัญ โดยการทำการเติมน้ำบนรูปอักขระนั้นมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.1

จากการวิเคราะห์ด้วยการเติมน้ำบนรูปอักขระจะทำให้ได้ลักษณะสำคัญ 6 ชนิดคือ พื้นที่น้ำขังด้านซ้าย พื้นที่น้ำขังด้านขวา พื้นที่น้ำขังด้านบน พื้นที่น้ำขังด้านล่าง พื้นที่น้ำขังบนพื้นที่ปิด และอัตราส่วนพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



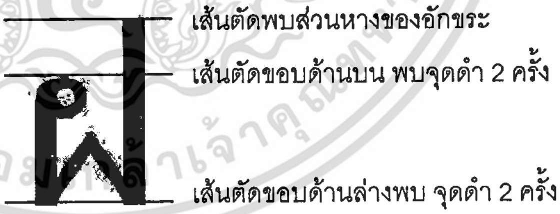
รูปที่ 3.1 การเติมน้ำบนรูปอักขระและพื้นที่น้ำขังในแต่ละส่วนของอักขระ

2. **วิเคราะห์ลักษณะขอบนอกของตัวอักขระ**

การวิเคราะห์ลักษณะขอบนอกของตัวอักขระ มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ทำการลากเส้นตัดผ่านที่ขอบบนสุดและล่างสุดของตัวอักขระ เพื่อหาหางของตัวอักขระด้านบนขวา เช่น ตัว ป ฟ เป็นต้น

2.2 หากไม่มีหางของตัวอักขระบริเวณด้านบนขวา จะทำการนับจำนวนครั้งที่วิ่งผ่านจุดดำบนตัวอักขระ ทั้งขอบบนและขอบล่าง เก็บเป็นข้อมูลลักษณะสำคัญ แต่ถ้าหากมีการพบหางของตัวอักขระด้านบนขวา จะทำการตัดหางออก ก่อนจึงจะลากเส้นตัดผ่านจากด้านบนโดยไม่นับส่วนที่เป็นหากเพื่อทำการนับจำนวนครั้งที่วิ่งผ่านจุดดำบนตัวอักขระต่อไป ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เส้นตัดบนตัวอักขระเพื่อหาส่วนหางและจำนวนครั้งที่วิ่งผ่านจุดสีดำ

2.3 ทำการหาฮีสโตแกรมบนขอบซ้ายสุดและขวาสุดของตัวอักขระ ดังรูปที่ 3.3

จากการวิเคราะห์ลักษณะขอบนอกของตัวอักขระ จะทำให้ได้ลักษณะสำคัญทั้งหมด 5 ค่า คือ พบหางอักขระบริเวณบนขวาหรือไม่ จำนวนครั้งที่พบจุดดำบนเส้นตัดที่ขอบบน จำนวนครั้งที่พบจุดดำบนเส้นตัดที่ขอบล่าง ค่าฮีสโตแกรมที่ขอบซ้าย และค่าฮีสโตแกรมที่ขอบขวาของตัวอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 เส้นตัดบนตัวอักขระเพื่อหาค่าฮีสโตแกรมของขอบซ้ายและขวา

3. **วิเคราะห์หาอัตราส่วนผลต่างความกว้างและความสูงของตัวอักขระ**

การหาอัตราส่วนผลต่างความกว้างและความสูงของตัวอักขระจะใช้สูตร ดังนี้

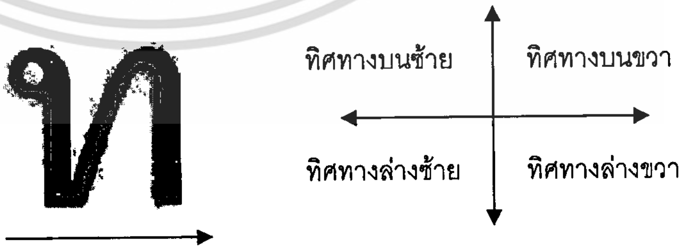
ร้อยละของอัตราส่วน = (ความสูง – ความกว้าง) *100 / ความกว้าง

4. **การวิเคราะห์ด้วยวิธี Chain Code**

โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Chain Code นั้นจะทำการวิ่งไล่ขอบของตัวอักขระจากทางด้านล่างซ้ายสุดไปจนสิ้นสุดที่ด้านขวาสุดของตัวอักขระ โดยระหว่างการวิ่งไล่ขอบ จะทำการนับจำนวนครั้งในแต่ละทิศทางที่ไล่ผ่านไว้ โดยจะนับเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางเท่านั้น ทิศทางการวิ่งจะมีอยู่ทั้งหมด 4 ทิศทางตามแกนทางคณิตศาสตร์

ในการทำ Chain Code นั้นจะทำเฉพาะขอบด้านล่างของตัวอักขระเท่านั้น เนื่องจากขอบล่างของตัวอักขระภาษาไทยมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยซึ่งยากแก่การแยกแยะทำให้มีการนำวิธีนี้มาใช้เฉพาะกับส่วนล่างของตัวอักขระเท่านั้น

ด้วยวิธี Chain Code จะทำให้ได้ลักษณะสำคัญทั้งหมด 4 ค่า คือ จำนวนครั้งที่วิ่งในทิศทางบนขวา จำนวนครั้งที่วิ่งในทิศทางล่างขวา จำนวนครั้งที่วิ่งในทิศทางซ้ายล่าง และจำนวนครั้งที่วิ่งในทิศทางซ้ายบน



รูปที่ 3.4 การไล่ขอบล่างด้วยวิธี Chain Code และทิศทางของ Chain Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การนอร์มัลไลซ์ข้อมูลลักษณะสำคัญ

เนื่องจากข้อมูลลักษณะสำคัญที่ได้จากรูปอักขระแต่ละตัวบนรูปแบบที่แตกต่างกันยังคงมีความแตกต่างกันอยู่มากจึงต้องมีการปรับโครงสร้างข้อมูลเพื่อให้อักขระตัวเดียวกันในแต่ละรูปแบบได้ข้อมูลลักษณะสำคัญที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้การรู้จำอักขระเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โดยข้อมูลลักษณะสำคัญที่จำเป็นต้องผ่านการนอร์มัลไลซ์มีอยู่ 3 ประเภท และมีวิธีการทำดังต่อไปนี้

1. **ข้อมูลลักษณะสำคัญจากเทคนิคการเติมน้ำบนตัวอักขระ**

สามารถนอร์มัลไลซ์ได้โดยพิจารณาจากข้อมูลลักษณะสำคัญ 6 ชนิด ดังนี้

1. พื้นที่น้ำขังด้านซ้าย
2. พื้นที่น้ำขังด้านขวา
3. พื้นที่น้ำขังด้านบน
4. พื้นที่น้ำขังด้านซ้ายล่าง
5. พื้นที่น้ำขังบนพื้นที่ปิด
6. อัตราส่วนพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ

วิธีการนอร์มัลไลซ์

1. หาผลรวมของพื้นที่น้ำขังทั้งหมดจากสมการ

พื้นที่น้ำขังรวม = พื้นที่น้ำขังด้านซ้าย + ด้านขวา + ด้านบน + ด้านล่าง + พื้นที่ปิด

2. นำข้อมูลลักษณะสำคัญพื้นที่น้ำขัง 5 ชนิด มาแปลงเป็นร้อยละ(โดยเทียบกับพื้นที่น้ำขังรวม) ตัวอย่างเช่น

ร้อยละพื้นที่น้ำขังด้ายซ้าย = พื้นที่น้ำขังด้านซ้าย * 100 / พื้นที่น้ำขังรวม

3. แปลงอัตราส่วนพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพให้เป็นร้อยละ

= (พื้นที่น้ำขังรวม * 100) / พื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ

เมื่อ พื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ = ความกว้าง * ความสูงของรูปอักขระ

4. นำข้อมูลร้อยละของพื้นที่น้ำขังทั้ง 5 ชนิดมาจัดแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับที่ 0 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังมากกว่าหรือเท่ากับ 0 แต่น้อยกว่า 12.5

ระดับที่ 1 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังมากกว่าหรือเท่ากับ 12.5 แต่น้อยกว่า 37.5

ระดับที่ 2 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังมากกว่าหรือเท่ากับ 37.5 แต่น้อยกว่า 62.5

ระดับที่ 3 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังมากกว่าหรือเท่ากับ 62.5 แต่น้อยกว่า 87.5

ระดับที่ 4 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังมากกว่า 87.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำข้อมูลร้อยละของพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมด มาแบ่งเป็น 4 ระดับ โดยใช้วิธีนำข้อมูลร้อยละมาหารด้วย 33 จะได้ข้อมูลแบ่งเป็นแต่ละระดับ ดังนี้

ระดับที่ 0 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับ 0 แต่น้อยกว่า 33

ระดับที่ 1 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับ 34 แต่น้อยกว่า 66

ระดับที่ 2 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับ 67 แต่น้อยกว่า 99

ระดับที่ 3 คือ ร้อยละของพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับ 99

ตัวอย่างการนอร์มัลไลซ์

ตัวอย่างการนอร์มัลไลซ์ข้อมูลลักษณะสำคัญของตัวอักขระภาษาไทย 'น' ทดสอบบนรูปภาพของอักขระขนาด 100*100 พิกเซล

1. พื้นที่น้ำขังด้านบน 2268 พิกเซล ข้อมูลที่ได้ 3
2. พื้นที่น้ำขังด้านล่าง 747 พิกเซล ข้อมูลที่ได้ 1
3. พื้นที่น้ำขังด้านซ้าย 0 พิกเซล ข้อมูลที่ได้ 0
4. พื้นที่น้ำขังด้านขวา 2 พิกเซล ข้อมูลที่ได้ 0
5. พื้นที่น้ำขังบนพื้นที่ปิด 416 พิกเซล ข้อมูลที่ได้ 1
6. อัตราส่วนพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ
   ร้อยละ 34 ข้อมูลที่ได้ 1

ดังนั้นข้อมูลลักษณะสำคัญที่ได้จากเทคนิคการเติมน้ำบนตัวอักขระ 'น' มีทั้งหมด 6 ค่า คือ 3 1 0 0 1 1

2. **ข้อมูลลักษณะสำคัญของฮีสโตแกรมที่ขอบซ้ายและขอบขวา**

ข้อมูลลักษณะสำคัญของฮีสโตแกรมที่ขอบซ้ายและขอบขวานั้นใช้เพียงเพื่อระบุว่า ที่ขอบซ้ายและขวาของตัวอักขระมีเนื้อของตัวอักขระอยู่มากน้อยเท่านั้น ดังนั้น จึงแบ่งระดับของฮีสโตแกรมเป็นเพียง 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 0 เมื่อค่าฮีสโตแกรมที่ขอบมีค่าน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความสูงของอักขระ

ระดับที่ 1 เมื่อค่าฮีสโตแกรมที่ขอบมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของความสูงของอักขระ

3. **ข้อมูลลักษณะสำคัญอัตราส่วนผลต่างความกว้างและความสูงของตัวอักขระ**

จากข้อมูลลักษณะสำคัญร้อยละของอัตราส่วนผลต่างความกว้างและความสูงของตัวอักขระจะถูกนำมาปรับโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับที่ 0 มีร้อยละของอัตราส่วนที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ -20

ระดับที่ 1 มีร้อยละของอัตราส่วนอยู่ระหว่าง -19 ถึง 20

ระดับที่ 2 มีร้อยละของอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 21 ถึง 40

ระดับที่ 3 มีร้อยละของอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 41 ถึง 60

ระดับที่ 4 มีร้อยละของอัตราส่วนที่มากกว่า 61 ขึ้นไป

เช่น อักขระ 'น' ซึ่งมีความกว้างความสูงใกล้เคียงกัน ร้อยละของอัตราส่วนผลต่างของความกว้างและความสูงจะอยู่ใกล้เคียง 0 ที่ประมาณ -10 ถึง 10 ดังนั้นลักษณะสำคัญที่ผ่านการนอร์มัลไลซ์ของตัว 'น' คือ 1 เป็นต้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนอร์มัลไลซ์ลักษณะสำคัญ จะทำให้ได้ลักษณะสำคัญในรูปแบบของตัวเลขแสดงระดับของลักษณะสำคัญดังกล่าว ซึ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมากขึ้นบนอักขระตัวเดียวกันแต่มีรูปแบบอักขระที่แตกต่างกัน

3.2 จัดเตรียมข้อมูลลักษณะสำคัญ

ข้อมูลลักษณะสำคัญซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของตัวอักขระแต่ละตัว จะถูกนำไปใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม รวมไปถึงใช้ในกระบวนการรู้จำเพื่อแยกแยะตัวอักขระต่อไป โดยลักษณะสำคัญทั้งหมดที่ใช้ในโครงงานนี้แบ่งเป็น 16 ลักษณะสำคัญโดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระดับของพื้นที่น้ำขังด้านบน
2. ระดับของพื้นที่น้ำขังด้านล่าง
3. ระดับของพื้นที่น้ำขังด้านซ้าย
4. ระดับของพื้นที่น้ำขังด้านขวา
5. ระดับของพื้นที่น้ำขังบนพื้นที่ปิด
6. ระดับของอัตราส่วนพื้นที่น้ำขังต่อพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ
7. จำนวนครั้งที่พบจุดดำบนเส้นตัดที่ขอบบน
8. พบหางของตัวอักขระที่บริเวณพื้นที่บนขวาหรือไม่ 1 คือพบ, 0 คือไม่พบ
9. จำนวนครั้งที่พบจุดดำบนเส้นตัดที่ขอบล่าง
10. ค่าฮีสโตแกรมที่ขอบซ้าย ของตัวอักขระ
11. ค่าฮีสโตแกรมที่ขอบขวาของตัวอักขระ
12. ระดับของร้อยละของอัตราส่วนผลต่างความกว้างและความสูงของตัวอักขระ
13. จำนวนครั้งของ Chain Codeที่วิ่งในทิศทางบนขวา
14. จำนวนครั้งของ Chain Codeที่วิ่งในทิศทางล่างขวา
15. จำนวนครั้งของ Chain Codeที่วิ่งในทิศทางซ้ายล่าง
16. จำนวนครั้งของ Chain Codeที่วิ่งในทิศทางซ้ายบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยข้อมูลลักษณะสำคัญ 1 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย 16 ลักษณะสำคัญ สามารถใช้ในการระบุตัวอักขระได้ 1 ตัวอักขระ ซึ่งในการเตรียมข้อมูลลักษณะสำคัญเพื่อใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้ชุดข้อมูลดังกล่าวตามจำนวนอักขระที่ต้องการฝึกสอน

การนำลักษณะสำคัญของตัวอักขระมาใช้ในการฝึกสอนและรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ตัวโครงข่ายประสาทเทียมจำเป็นต้องมีการเตรียมโครงข่าย โดยมีการกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อรองรับการฝึกสอนให้เป็นอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ แล้วจึงทำการฝึกสอนด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้แบบแพร่กลับ จนได้ความผิดพลาดที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้แล้วจึงนำโครงข่ายประสาทเทียมที่พร้อมสำหรับการรู้จำไปทำการทดสอบต่อไป

3.3 กำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

ในโครงงานพัฒนาระบบได้มีการแบ่งโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมออกเป็น 2 ประเภท คือแบบที่รองรับเฉพาะอักขระภาษาไทยและแบบที่มีอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษผสมกัน โครงข่ายประสาทเทียมมีการกำหนดรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับรองรับเฉพาะอักขระภาษาไทย

1. โครงสร้าง ถูกออกแบบโดยให้มีทั้งหมด 3 เลเยอร์ โดยแบ่งเป็น
   - ชั้นอินพุต 16 นิวรอน ตามจำนวนลักษณะสำคัญที่ใช้ในการฝึกสอนและรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งมีทั้งหมด 16 ลักษณะสำคัญ
   - ชั้นซ่อน 16 นิวรอน
   - ชั้นเอาท์พุต 65 นิวรอน ตามจำนวนอักขระในภาษาไทยโดยมีสระ พยัญชนะและวรรณยุกต์ โดยไม่นับรวมถึงอักขระที่มีรูปแบบซ้ำซ้อนกัน เช่น สระเอ(เ) กับ สระแอ(แ) ซึ่งสามารถพิจารณาเป็นสระเอสองครั้งได้ เป็นต้น โดยมีทั้งหมด 65 ตัวอักขระ
2. กำหนดอัตราการเรียนรู้ที่ 0.1
3. กำหนดฟังก์ชันการกระตุ้นด้วยซิกมอยด์ฟังก์ชัน

3.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับรองรับอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษผสมกัน

1. โครงสร้าง ถูกออกแบบโดยให้มีทั้งหมด 3 เลเยอร์ โดยแบ่งเป็น
   - ชั้นอินพุต 16 นิวรอน
   - ชั้นซ่อน 16 นิวรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง 06364 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชั้นเอาท์พุต 104 นิวรอน ตามจำนวนอักขระในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (ทั้งตัวอักษรใหญ่และอักษรเล็ก) โดยไม่นับรวมถึงอักขระที่มีความซ้ำซ้อนกัน ทั้งในภาษาเดียวกันและต่างภาษา เช่น สระอำในภาษาไทยและตัวโอในภาษาอังกฤษ เป็นต้น โดยมีทั้งหมด 104 ตัวอักขระ

2. กำหนดอัตราการเรียนรู้ที่ 0.1
3. กำหนดฟังก์ชันการกระตุ้นด้วยซิกมอยด์ฟังก์ชัน

3.3.3 การจัดเก็บและบันทึกข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียม

ในการทดลองและพัฒนาโปรแกรมการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องทำการบันทึกข้อมูลของการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมประเภทต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบและเป็นการเก็บผลของการฝึกสอนโครงข่าย รวมไปถึงนำไปใช้ในโปรแกรมการรู้จำจริงเมื่อผลการทดสอบเสร็จสมบูรณ์

การเก็บข้อมูลของโครงข่ายจะถูกบันทึกลงแฟ้มอักขระในรูปแบบแฟ้มข้อความ โดยมีตัวอย่างและรายละเอียดดังนี้

```
0.100000 3 16 16 101
4.000000 0.000000 0.000000
-12.604113 3.029709 1.510907 2.949461 13.613565 3.580436
-7.999524 4.069849 0.880850 6.041026 -9.611767 5.777868 -
2.889148 0.755991 -1.139551 2.838875
0.000000 0.000000 0.000000
-9.136001 -1.561991 0.758483 -3.923653 -3.238296 -
7.937521 -1.984178 -2.878726 -0.033743 -3.973699 4.560481
1.012357 0.713059 0.435894 -2.495135 6.440185
```

บรรทัดแรกจัดเก็บ อัตราการเรียนรู้ จำนวนชั้นของนิวรอน จำนวนนิวรอนในแต่ละชั้นที่เหลือวนลูปตามจำนวนนิวรอนทั้งหมด ดังตัวอย่างมีทั้งหมด 16+16+101 นิวรอน โดยเก็บรายละเอียดนิวรอนละ 2 บรรทัด คือ

- บรรทัดแรกของนิวรอนจัดเก็บ ค่าในนิวรอน bias และ delta ตามลำดับ
- บรรทัดที่สองของนิวรอนจัดเก็บ ค่าน้ำหนักบนแต่ละเดนไดรต์ที่เชื่อมต่อไปยังนิวรอนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยลักษณะสำคัญของอักขระมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 ชุดข้อมูลอินพุต

ในโครงงานพัฒนาระบบนี้ได้นำข้อมูลอักขระทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษมาใช้ในการทดสอบโดยเป็นตัวอักขระภาษาไทย 65 ตัว ภาษาอังกฤษ 39 ตัว โดยไม่นับอักขระที่มีลักษณะเหมือนกันหรือมีความซ้ำซ้อนกัน โดยทำการทดสอบรูปแบบตัวอักขระที่มีความแตกต่างๆกันถึง 6 รูปแบบ มาใช้ในการฝึกสอน คือ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma Eucrosia UPC และ Browallia UPC โดยชุดข้อมูลรูปภาพที่นำมาทดสอบเป็นดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ชุดข้อมูลอินพุตทั้ง 6 รูปแบบ

โดยจะมีการนำชุดข้อมูลมาผ่านขั้นตอนการตัดแยกอักขระออกจากกัน แล้วนำเข้าสู่ขั้นตอนการดึงลักษณะสำคัญทำให้ได้ลักษณะสำคัญของอักขระทั้ง 6 ตัว ดังตัวอย่างข้อมูลลักษณะสำคัญของตัวอักขระ ‘ข’ ดังรูปที่ 3.6 แล้วจึงนำข้อมูลลักษณะสำคัญเพื่อเตรียมเข้าสู่การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป

2	0	1	0	1	1	2	0	1	1	0	1	3	3	1	1
3	0	1	0	1	1	2	0	1	1	0	1	3	3	1	1
2	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0	2	3	1	1
3	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1	3	2	1	2
3	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	1	3	2	1	2
2	0	1	0	1	1	2	0	1	1	0	1	2	3	1	1

รูปที่ 3.6 ข้อมูลลักษณะสำคัญทั้ง 6 รูปแบบของอักขระ ‘ข’

3.4.2 ข้อมูลเป้าหมาย

ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องมีการจับคู่ข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอาท์พุตซึ่งเป็นข้อมูลเป้าหมายที่ใช้ในการฝึกสอนเข้าด้วยกัน โดยในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้โครงข่ายประสาทเทียมชั้นเอาท์พุตมีจำนวนนิวรอนตามจำนวนอักขระผลลัพธ์ที่ต้องการรู้จำ ซึ่งนิวรอนแต่ละตัวจะเป็นตัวระบุว่าเป็นตัวอักขระตัวใน เช่น ในการฝึกสอนอักขระ ‘ข’ บนโครงข่ายชนิดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักขระภาษาไทยเพียงอย่างเดียว จะมีการกำหนดค่าข้อมูลเป้าหมายในการฝึกสอนโดยให้นิวรอนตัวที่ 2 ซึ่งเป็นตัวระบุว่าเป็นอักขระ ‘ข’ มีค่าเป็น 1 นิวรอนอื่นๆ นอกจากนี้ จะมีค่าเป็น 0 ดังตัวอย่างค่าเป้าหมายของอักขระ ‘ข’ 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

3.4.3 ขั้นตอนการฝึกสอน

เมื่อมีการกำหนดคู่ข้อมูลอินพุตและข้อมูลเป้าหมายแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยสามารถกำหนดรอบการเรียนรู้ที่ต้องการได้ เมื่อเริ่มการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะทำกระบวนการป้อนข้อมูลไปข้างหน้าและแพร่กลับความผิดพลาดเพื่อปรับค่าน้ำหนักบนโครงข่าย และจะทำไปเรื่อยๆจนครบรอบการเรียนรู้ ก็จะได้โครงข่ายประสาทเทียมที่พร้อมสำหรับทดสอบการรู้จำ

3.4.4 ขั้นตอนการทดสอบการรู้จำ

ในการทดสอบการรู้จำสามารถนำข้อมูลลักษณะสำคัญที่เตรียมไว้สำหรับฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการทดสอบได้ โดยนำข้อมูลลักษณะสำคัญดังกล่าวมาผ่านเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม แล้วนำผลลัพธ์ในชั้นเอาท์พุตมาวิเคราะห์ว่าควรเป็นอักขระตัวใด โดยให้พิจารณาจากค่าเอาท์พุตจากนิวรอนที่มีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด แสดงว่าเป็นอักขระตัวดังกล่าว

3.4.5 การพัฒนาโปรแกรมฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ในการพัฒนาโปรแกรมฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้เลือกใช้โปรแกรม Visual Studio C++ 2005 มาใช้ในการพัฒนา โดยพัฒนาในรูปแบบของ Console Application เนื่องจากมีความสะดวกในการพัฒนาปรับแก้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงมีความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล

โปรแกรมฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1. ส่วนการตัดแยกและดึงลักษณะสำคัญจากรูปภาพอักขระ

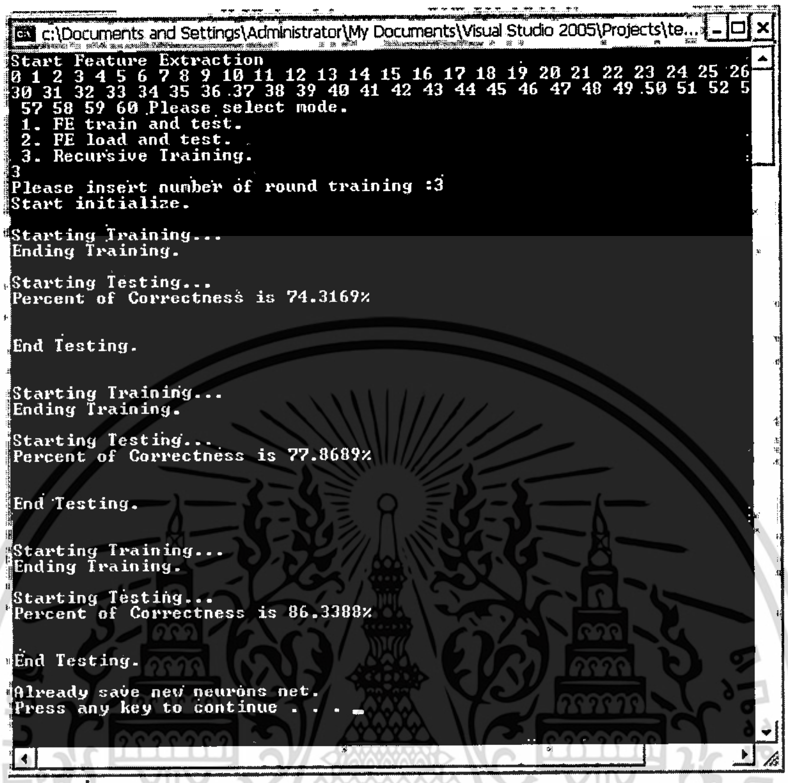
ส่วนนี้จะรับชุดข้อมูลรูปภาพของแต่ละอักขระเข้ามา เพื่อตัดแยกและดึงลักษณะสำคัญของตัวอักขระ มาจัดเก็บไว้เป็นข้อมูลอินพุตสำหรับฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป โดยในส่วนนี้ได้นำไลบรารี OpenCV มาช่วยในส่วนการประมวลผลรูปภาพ

2. ส่วนการจัดเตรียมและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ส่วนนี้จะทำการเตรียมโครงข่ายประสาทเทียม รวมถึงตัวแปรต่างๆของโครงข่ายประสาทเทียม ตามรูปแบบที่ต้องการฝึกสอน แล้วนำข้อมูลอินพุตและค่าเป้าหมายเข้ามา เพื่อทำการฝึกสอนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ ตามจำนวนรอบการฝึกสอนที่ต้องการได้ แล้วทำการวิเคราะห์หา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดที่ได้จากการฝึกสอน โดยนำค่าอินพุตชุดเดิม มาผ่านกระบวนการรู้จำเพื่อทำการทดสอบความผิดพลาด



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างจอเฝ้าคุมของโปรแกรมฝึกสอนการรู้จำอักขระ

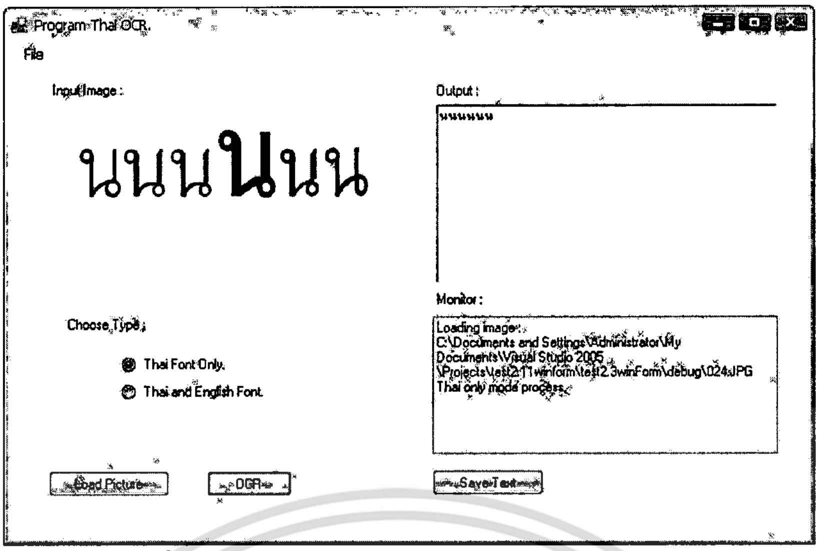
หลังจากได้ผลความถูกต้องในการฝึกสอนที่น่าพอใจแล้ว สามารถทำการจัดเก็บโครงข่ายประสาทเทียมไว้ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .net ได้ เพื่อนำมาโหลดและใช้งานในการรู้จำได้ทันทีในครั้งต่อๆ ไป

3.5 พัฒนาโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย

เพื่อเป็นการจำลองและทดสอบผลจากวิธีการดึงลักษณะสำคัญและการเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้แบบแพร่กลับความผิดพลาด จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ขึ้น โดยในการพัฒนาได้เลือกใช้โปรแกรม Visual Studio C++ .Net 2005 มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม โดยโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทยมีหน้าจอดังรูปที่ 3.8

ในการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถทำการโหลดแฟ้มข้อมูลรูปภาพที่ต้องการ โดยจะมีการแสดงผลรูปที่บนพื้นที่ Input Image แล้วจึงเลือกรูปแบบการรู้จำที่ต้องการโดยมีทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ แบบมีอักขระภาษาไทยเท่านั้น และแบบมีอักขระภาษาไทยและอังกฤษผสมกัน โดยหากเลือกเป็นรูปแบบอักขระภาษาไทยเท่านั้น ระบบจะสามารถรู้จำได้แต่เพียงตัวอักขระภาษาไทย แต่จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าจอโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย

ความถูกต้องในการรู้จำอักขระภาษาไทยที่สูงกว่ารูปแบบรู้จำอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

เมื่อทำการกำหนดข้อมูลอินพุตบนหน้าจอด้านซ้ายเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถกดปุ่ม OCR เพื่อให้โปรแกรมทำการรู้จำได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการรู้จำจะปรากฏอยู่บนหน้าต่าง Output ทางด้านขวามือ

การทำงานของโปรแกรมในส่วนการรู้จำอักขระจากข้อมูลรูปภาพจะมีขั้นตอนดังนี้

1. รับข้อมูลรูปภาพจากหน้าต่าง Input Image
2. ทำการตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรม แล้วทำการดึงลักษณะสำคัญจากตัวอักขระ
3. รับรูปแบบการรู้จำจากหน้าจอ เช่น การรู้จำรูปแบบมีแต่อักขระภาษาไทยเท่านั้น
4. จัดเตรียมโครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนแล้วตามรูปแบบที่ถูกกำหนด
5. นำข้อมูลลักษณะสำคัญในข้อ 2 เข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการรู้จำ
6. นำข้อมูลที่ได้จากการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมาจับคู่กับอักขระเพื่อแสดงผล

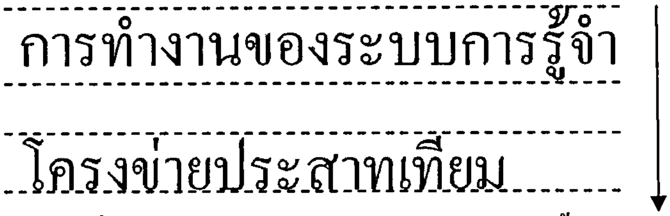
3.6 เทคนิคและวิธีการตัดแยกอักขระ

เนื่องจากในการทำงานของโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทย จำเป็นต้องมีส่วนที่ทำงานเกี่ยวกับการตัดแยกอักขระด้วย ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำวิธีการตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรมมาประยุกต์ใช้ โดยสามารถแบ่งการทำงานได้เป็นหลายขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การตัดแยกบรรทัดออกจากกัน ด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง

โดยใช้วิธีสแกนหาแถวที่มีพื้นที่เป็นสีขาวทั้งแถวหมดหรือมีค่าสเกลสีเทา รวมทั้งแถวสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ก็จะทำการตัดบรรทัดตรงส่วนดังกล่าว ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การตัดบรรทัดด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง

2. การตัดแยกส่วนของตัวอักขระ ด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน

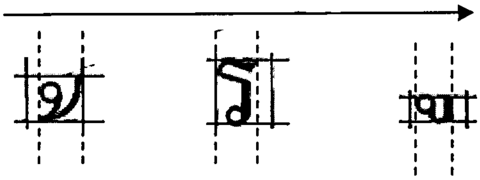
โดยใช้วิธีสแกนหาคอลัมน์ที่มีพื้นที่เป็นสีขาวทั้งหมดหรือมีค่าสเกลสีเทา รวมทั้งแถวสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ก็จะทำการตัดส่วนของตัวอักขระที่บรรทัดตรงส่วนดังกล่าวดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การตัดแยกส่วนตัวอักขระด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน

3. นำส่วนของตัวอักขระมาตัดแยกอักขระออกเป็น 3 ระดับ ด้วยการตัดแยกด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง ซึ่งในอักขระไทยจริงๆแล้ว สามารถมีอักขระได้ถึง 4 ระดับ แต่เนื่องจากมีความยุ่งยากในการจัดเรียงลำดับ ดังนั้น ในโครงงานนี้จึงรองรับเพียง 3 ระดับ โดยมีการตัดแยกอักขระดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การตัดแยกอักขระ 3 ชั้นด้วยฮีสโตแกรมแนวตั้ง

4. ทำการตัดอักขระอีกครั้งด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน เพื่อแยกตัวอักขระให้มีพื้นที่เต็มรูปภาพพอดี ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การตัดแยกอักขระขั้นตอนสุดท้ายด้วยฮีสโตแกรมแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำรูปอักขระที่ได้มาทำการจัดเรียงตามลำดับด้วยอัลกอริทึม เมื่ออักขระส่วนบนถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ 0 อักขระส่วนกลางถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ 1 และอักขระส่วนล่างถูกกำหนดให้เป็นส่วนที่ 2 ตามลำดับ โดยมีวิธีจัดเรียง ดังนี้

- ถ้าพบว่ารูปอักขระแบ่งเป็น 3 ระดับ
ให้จัดเรียงลำดับดังนี้ รูปอักขระส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 0
- ถ้าพบว่ารูปอักขระแบ่งเป็น 2 ระดับ
ให้จัดเรียงลำดับดังนี้ รูปอักขระส่วนที่ 0 และส่วนที่ 1
- นอกจากนี้ให้ถือว่ามีเพียงส่วนเดียวคือ ส่วนที่ 0

จากขั้นตอนการตัดแยกจะเห็นว่าการตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรมนั้น ถูกแบ่งออกเป็นหลายขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งการตัดแยกด้วยฮีสโตแกรมนั้นยังคงพบปัญหาหรือความผิดพลาดในการตัดแยกอยู่ในบางกรณี เช่น กรณีที่มีสระส่วนบนโดดออกนอกบรรทัด อาจทำให้ถูกตัดแยกออกไปอีกบรรทัดหนึ่ง การรองรับอักขระ 4 ระดับ และการวิเคราะห์เพื่อจัดเรียงลำดับของตัวอักขระ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรู้จำในภาพรวมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการวิจัยและพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทยด้วยวิธีการดึงลักษณะสำคัญและโครงข่ายประสาทเทียม สามารถนำอินพุตมาทดสอบผลการทำงานบนโปรแกรมทดสอบการรู้จำได้ โดยมีขอบเขตของอินพุตที่ใช้ในการทดสอบ วิธีการทดสอบและผลจากการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลอินพุต

4.1.1 ข้อมูลอักขระที่ระบบสามารถรองรับ

เป็นข้อมูลชุดอักขระที่โครงข่ายประสาทเทียมผ่านการฝึกสอนด้วยอักขระดังกล่าวมาแล้ว จึงสามารถรองรับการรู้จำบนตัวอักขระ ดังต่อไปนี้ได้

อักขระภาษาไทย

พยัญชนะ 44 รูป

ก ข ฃ ค ฅ ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท ธ น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ ม ย ร ล ว ศ ษ ส ห ฬ อ ฮ

สระ 17 รูป

อิ อี อึ อื อัว อุ อู อ็ อ์ อำ เอ อา ใอ ไอ โอ ฤ ๆ

วรรณยุกต์ 4 รูป

อ่ อ้ อ๊ อ๋

อักขระภาษาอังกฤษ

อักษรตัวเล็ก 23 ตัว

a b c d e f g h j k m n p q r s t u v w x y z

อักษรตัวใหญ่ 16 ตัว

A B D E F G H K L M N Q R T U Y

รวมอักขระที่รอบรับบนแต่ละรูปแบบการรู้จำ สามารถแบ่งได้เป็น

รูปแบบการรู้จำอักขระภาษาไทยอย่างเดียวเป็น 65 ตัวอักขระ

รูปแบบการรู้จำอักขระภาษาไทยปนภาษาอังกฤษรองรับทั้งหมด 104 ตัวอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ อักขระบางตัวที่มีความซ้ำซ้อนหรือมีลักษณะคล้ายคลึงกับอักขระตัวอื่นๆจะถูกฝึกสอนให้ได้เอาท์พุตเป็นรูปแบบเดียวกัน ส่วนการทำงานที่จะทำการแยกแยะว่าควรเป็นอักขระตัวใดจะมีการพิจารณาร่วมกับสิ่งแวดล้อม เช่น ตัวอักขระข้างเคียง เป็นต้น ซึ่งการทำงานในส่วนนี้เป็นในส่วนของ Post Processing ซึ่งไม่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยและพัฒนาระบบของโครงงานนี้ ดังนั้น ในโครงงานนี้จึงได้มีการตัดอักขระที่มีความซ้ำซ้อนกัน หรืออักขระที่มีความคล้ายคลึงกันออกจากการนำมาฝึกสอนและการทำการทดลอง

ตัวอย่างอักขระที่มีความซ้ำซ้อนกัน เช่น สระเอ (เ) กับ สระแอ (แ) เป็นต้น ตัวอย่างอักขระที่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น สระอำ กับตัวโอในภาษาอังกฤษ หรือ ไม้เอกกับตัวไอในภาษาอังกฤษ เป็นต้น

4.1.2 ขอบเขตของข้อมูลอินพุต

ข้อมูลอินพุตที่นำเข้ามาใช้ในการทดสอบ จะต้องเป็นข้อมูลรูปภาพของอักขระในภาษาไทยและภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยมีขอบเขตและข้อกำหนดของอินพุตที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

1. ข้อมูลรูปภาพอักขระ จะต้องเป็นภาพขาวดำ โดยมีพื้นสีขาว ส่วนตัวอักขระเป็นสีดำ โดยจะต้องไม่มีสิ่งรบกวนบนรูปภาพ เนื่องจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรู้จำ

2. ข้อมูลรูปภาพอักขระ สามารถมีอักขระได้หลายตัวโดยจัดเรียงต่อกัน รวมถึงสามารถมีได้หลายบรรทัดได้ แต่เนื่องจากกระบวนการตัดแยกอักขระในโครงนี้เป็นการตัดแยกพื้นฐานด้วยฮีสโตแกรม ดังนั้น จึงไม่รองรับอักขระซ้อนทับ อักขระที่มีการเหลื่อมกันของพยัญชนะและสระส่วนบนหรือส่วนล่างในแนวตั้งได้

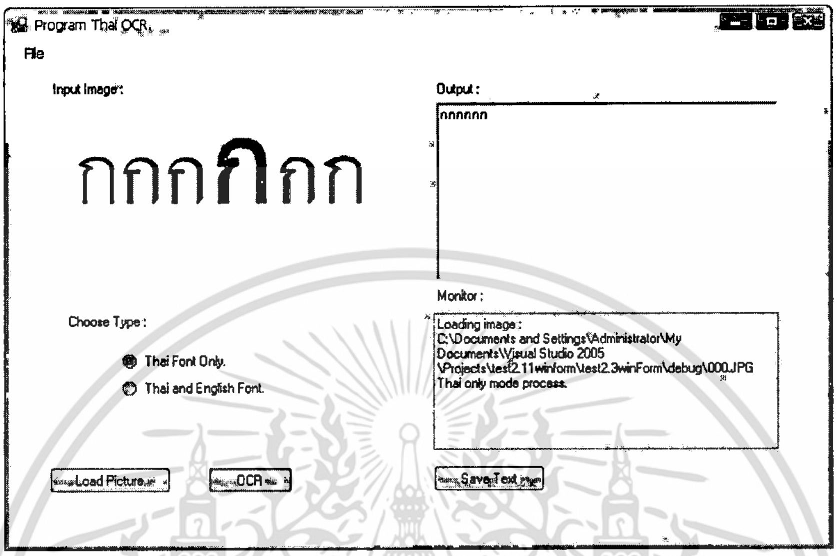
3. ข้อมูลอินพุตที่เป็นอักขระซ้ำซ้อนกันหรือมีลักษณะคล้ายคลึงกับอักขระตัวอื่นๆ อย่างเช่น สระอะ กับ ไม้หันอากาศ หรือ สระอำ กับ ตัวโอในภาษาอังกฤษ อาจได้ผลการรู้จำที่ไม่ตรงกับตัวอักขระได้ เนื่องจากในโครงนี้ได้ทำการวิเคราะห์แยกอักขระเป็นแต่ละตัว ผลที่ได้จากการรู้จำอักขระที่คล้ายคลึงกันจะได้ผลการรู้เดียวกันได้ ดังนั้นข้อมูลอินพุตจึงไม่ควรนำอักขระประเภทดังกล่าวบางตัวอักขระเข้ามาร่วมในการทดสอบ

4. รูปแบบอักขระที่รองรับและผ่านการฝึกสอนแล้ว สำหรับรูปแบบอักขระภาษาไทย คือ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma , Eucrosia UPC , Browallia UPC และรูปแบบอักขระภาษาอังกฤษ คือ Cordia New , Angsana New , Arial , Tahoma , Times New Roman และ Calibri

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบ

ในการทดสอบจะใช้โปรแกรมสำหรับทดสอบการรู้จำ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าจอโปรแกรมสำหรับทดสอบการรู้จำ

4.2.1 การทดสอบแบบทดสอบทีละตัวอักขระ

โดยจะนำรูปอักขระของแต่ละตัวอักขระเข้าทำการทดสอบบนโปรแกรมทีละตัวเพื่อทดสอบความถูกต้องในการรู้จำ โดยข้อมูลอินพุตจะเป็นอักขระเพียงตัวเดียวแต่แบ่งเป็นหลายรูปแบบของอักขระเพื่อใช้ทดสอบ ดังตัวอย่างอักขระ ‘ก’ ในรูปที่ 4.1 โดยวิธีการทดสอบแบบทดสอบทีละตัวอักขระจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การทดสอบด้วยรูปอักขระในอุดมคติ

ข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการทดสอบจะได้มาจากการจับภาพตัวอักขระผ่านหน้าจอบนคอมพิวเตอร์ ผ่านโปรแกรม Microsoft Word ซึ่งรูปภาพอักขระจะอยู่บนพื้นสีขาวและรูปภาพมีความชัดเจนมากที่สุด

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยอย่างเดียวด้วยอักขระที่ผ่านการฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 65 ตัว (ตัวละ 6 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma , Eucrosia UPC , Browallia UPC

ความถูกต้องในการรู้จำ 96.6 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาด

- ผลการรู้จำผิดพลาดเป็นอักขระที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น

  ฎ เป็น ฏ บนรูปแบบ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC

  ธ เป็น ฐ บนรูปแบบ Eucrosia UPC

  ส เป็น ศ บนรูปแบบ Tahoma

  ห เป็น ผ บนรูปแบบ Tahoma

  ฤ เป็น ฎ บนรูปแบบ Cordia New

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษปนกันด้วยอักขระที่ผ่านการฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 65 ตัว (ตัวละ 6 รูปแบบอักขระ)

ภาษาอังกฤษ 39 ตัว (ตัวละ 6 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma , Eucrosia UPC , Browallia UPC สำหรับภาษาไทย

Cordia New , Angsana New , Arial , Tahoma , Times New Roman , Calibri สำหรับภาษาอังกฤษ

ความถูกต้องในการรู้จำ 91.1 %

ความผิดพลาด

- ผลการรู้จำผิดพลาดเป็นอักขระที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น

  ใ เป็น f บนรูปแบบ Angsana New , Angsana UPC , Tahoma

  a เป็น ฉ บนรูปแบบ Angsana New

  r เป็น ร บนรูปแบบ Angsana New , Times New Roman

  u เป็น บ บนรูปแบบ Times New Roman

  ถ เป็น ล บนรูปแบบ Cordia New , Angsana New

  B เป็น D บนรูปแบบ Cordia New , Angsana New , Arial , Times New Roman

  H เป็น N บนรูปแบบ Arial , Tahoma , Calibri

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยอย่างเดียวด้วยอักขระที่ไม่เคยฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 65 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Arial Unicode MS , DilleniaUPC , FreesiaUPC , IrisUPC

ความถูกต้องในการรู้จำ 77.31 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาด

- ผลการรู้จำผิดพลาดเป็นอักขระที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น

ข เป็น ฃ บนรูปแบบ Arial Unicode MS , DilleniaUPC

ถ เป็น ภ บนรูปแบบ IrisUPC

จ เป็น อ บนรูปแบบ FreesiaUPC

พ เป็น ผ บนรูปแบบ IrisUPC

ๆ เป็น ฤ บนรูปแบบ DilleniaUPC

สระอึ เป็น สระอี บนรูปแบบ FreesiaUPC , IrisUPC

- ผลการรู้จำผิดพลาดไปอย่างสิ้นเชิง เช่น

ฎ เป็น ง บนรูปแบบ IrisUPC

ฐ เป็น ฉ บนรูปแบบ DilleniaUPC , FreesiaUPC

ถ เป็น ค บนรูปแบบ DilleniaUPC , FreesiaUPC

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษปนกันด้วยอักขระที่ไม่เคยฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 65 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

ภาษาอังกฤษ 39 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Arial Unicode MS , DilleniaUPC , FreesiaUPC , IrisUPC

สำหรับภาษาไทย

Arial Unicode MS , Verdana , Arial , Times New Roman

สำหรับภาษาอังกฤษ

ความถูกต้องในการรู้จำ 72.44%

ความผิดพลาด

- ผลการรู้จำผิดพลาดเป็นอักขระที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น

ฉ เป็น a บนรูปแบบ IrisUPC

ย เป็น u บนรูปแบบ Arial Unicode MS

B เป็น D บนทุกรูปแบบ

P เป็น D บนรูปแบบ Arial Unicode MS , Arial

w เป็น พ บนรูปแบบ Arial Unicode MS , Arial

Y เป็น V บนทุกรูปแบบ

- ผลการรู้จำผิดพลาดไปอย่างสิ้นเชิง เช่น

ท เป็น ไ บนรูปแบบ IrisUPC

x เป็น ฆ บนรูปแบบ Times New Roman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบด้วยรูปอักขระที่ผ่านการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์

ข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการทดสอบจะได้มาจากการพิมพ์รูปอักขระที่ใช้ในการทดสอบออกมาเป็นเอกสารแล้วนำเอกสารที่ได้มาผ่านการสแกนที่ความละเอียดต่างๆเพื่อเป็นการทดสอบผลในการรู้จำจากเอกสารกระดาษจริง โดยในการทดสอบได้ทดสอบการสแกนเอกสารเข้ามาด้วยความละเอียด 2 ระดับ คือ 300 dpi และ 600 dpi โดยมีผลการทดลอง ดังนี้

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยอย่างเดียวด้วยอักขระที่ผ่านการฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 44 ตัว (ตัวละ 6 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma , Eucrosia UPC , Browallia UPC

ความถูกต้องในการรู้จำ 61.8 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 300 dpi
69.0 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 600 dpi

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษปนกันด้วยอักขระที่ผ่านการฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 44 ตัว (ตัวละ 6 รูปแบบอักขระ)
อักขระภาษาอังกฤษ 39 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Cordia New , Angsana New , Angsana UPC , Tahoma , Eucrosia UPC , Browallia UPC สำหรับภาษาไทย
Cordia New , Angsana New , Arial , Tahoma สำหรับภาษาอังกฤษ

ความถูกต้องในการรู้จำ 50.1 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 300 dpi
56.3 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 600 dpi

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยอย่างเดียวด้วยอักขระที่ไม่เคยฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 44 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

รูปแบบอักขระ Arial Unicode MS , DilleniaUPC , FreesiaUPC , IrisUPC

ความถูกต้องในการรู้จำ 56.3 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 300 dpi
60.0 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 600 dpi

การทดสอบด้วยรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษปนกันด้วยอักขระที่ไม่เคยฝึกสอน

ข้อมูลอินพุต อักขระภาษาไทย 44 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)
อักขระภาษาอังกฤษ 39 ตัว (ตัวละ 4 รูปแบบอักขระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบอักขระ Arial Unicode MS , DilleniaUPC , FreesiaUPC , IrisUPC
สำหรับภาษาไทย
Arial Unicode MS , Verdana , Arial , Times New Roman
สำหรับภาษาอังกฤษ

ความถูกต้องในการรู้จำ 52.5 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 300 dpi
53.1 % ด้วยความละเอียดในการรับข้อมูลที่ 600 dpi

4.2.2 การทดสอบอักขระเป็นคำต่อเนื่องหรือเป็นประโยค

การทดสอบอักขระเป็นคำต่อเนื่องหรือเป็นประโยคเป็นการทดลองโดยนำเอาอักขระมาจัดเรียงเป็นคำหรือประโยคเพื่อใช้ในทดสอบประสิทธิภาพ ความต่อเนื่องและความถูกต้องของการรู้จำ จากการทดสอบพบว่ามีปัญหาดังต่อไปนี้

1. การตัดแยกสระส่วนบนหรือส่วนล่างไปเป็นอีกบรรทัดหนึ่ง สาเหตุเนื่องจากในการตัดแยกจะใช้ฮีสโตแกรมในการตัดบรรทัด ทำให้บางครั้งสระส่วนบนหรือล่างที่ลอยออกมานอกบรรทัดจึงถูกตัดแยกเป็นบรรทัดอื่นได้

2. ความผิดพลาดกรณีที่มีสระหรือวรรณยุกต์ส่วนบนหรือล่างของตัวอักขระ โดยเฉพาะกรณีที่มีอักขระส่วนบนหรือล่างวางเหลื่อมกับพยัญชนะ เช่น ล้น กอล์ฟ เป็นต้น ซึ่งสาเหตุเกิดจากการตัดแยกยังทำได้ไม่ดี ทำให้ได้ภาพอักขระที่ยังไม่ถูกต้อง

3. การจัดเรียงอักขระกรณีที่มีอักขระหลายระดับ ซึ่งยังมีการจัดเรียงลำดับของอักขระยังไม่ถูกต้องเสมอ ทำให้เมื่อแสดงผลลัพธ์จึงเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

4.3 วิเคราะห์ความผิดพลาด

จากความผิดพลาดที่พบในระบบการรู้จำอักขระด้วยเทคนิคการดึงลักษณะสำคัญและโครงข่ายประสาทเทียมสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การรู้จำผิดพลาดบนอักขระที่มีความใกล้เคียงกัน

จากการดึงลักษณะสำคัญซึ่งถูกออกแบบมาใช้งานบนอักขระภาษาไทยเป็นหลัก แต่ยังพบว่าบนบางรูปแบบของตัวอักขระ ซึ่งข้อมูลลักษณะสำคัญที่นำมาใช้อาจยังไม่มีความละเอียดเพียงพอที่จะใช้ในการแยกแยะอักขระที่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เช่น ฎ และ ฏ ซึ่งแตกต่างกันเพียงส่วนหยักที่ส่วนล่างของตัวอักขระเท่านั้น ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกใช้วิธี Chain Code เข้ามาช่วยในการแยกแยะ แต่พบว่า 3 ใน 6 รูปแบบอักขระที่ใช้ในการทดสอบยังคงพบความผิดพลาดอยู่เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การรู้จำผิดพลาดโดยไม่สามารถแยะแยะอักขระได้ หรือผิดไปอย่างสิ้นเชิง

อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ข้อมูลลักษณะสำคัญที่ดึงได้จากตัวอักขระดังกล่าว มีความใกล้เคียงกับลักษณะสำคัญของอักขระตัวอื่นๆในบางรูปแบบ ทำให้การรู้จำผิดพลาดไป ซึ่งสาเหตุหลักน่าจะมาจากอัลกอริทึมที่ใช้ในการดึงลักษณะสำคัญหรือการนอร์มัลไลซ์ข้อมูลยังไม่ละเอียดเพียงพอ ทำให้ข้อมูลลักษณะสำคัญที่ได้จากอักขระทั้งหมดมีลักษณะเหมือนกันเป็นบางตัว หรืออักขระบางรูปแบบ อาจให้ข้อมูลลักษณะที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับของอักขระตัวอื่นๆมากเกินไปเมื่อนำมาแยกแยะด้วยโครงข่ายประสาทเทียมจึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

3. การรู้จำผิดพลาดบนอักขระต่อเนื่องหรือเป็นประโยค

จากการทดลองพบว่า อักขระต่อเนื่องหรือเป็นประโยคในลักษณะที่มีแต่พยัญชนะจะไม่พบความผิดพลาดมากนัก ซึ่งความผิดพลาดส่วนใหญ่จะเกิดจากกรณีที่มีอักขระหลายระดับ มีอักขระส่วนบนหรือส่วนล่างโดดออกนอกบรรทัด หรือมีการเหลื่อมของอักขระเกิดขึ้น ซึ่งสาเหตุเกิดจากขั้นตอนการตัดแยกรูปอักขระ เนื่องจากเป็นการตัดแยกด้วยฮีสโตแกรมซึ่งเป็นเทคนิคที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการตัดแยกอักขระให้เป็นไปอย่างถูกต้องในหลายกรณี เช่น อักขระโดดออกนอกบรรทัด อักขระที่วางเหลื่อมกัน อักขระที่มีส่วนที่ติดกัน เป็นต้น

4. การรองรับอักขระที่ไม่เคยผ่านการฝึกสอน

จากการทดลองพบว่ากรณีที่ทำการทดลองด้วยข้อมูลที่ไม่เคยผ่านการฝึกสอน ค่าความถูกต้องจะลดลงในระดับหนึ่งโดยเหลืออยู่ที่ 77.31% สำหรับอักขระภาษาไทยอย่างเดียวและ 72.44% สำหรับอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษปนกัน ซึ่งสาเหตุเกิดจากรูปแบบอักขระที่ไม่เคยฝึกสอนนั้นยังคงมีความแตกต่างจากรูปอักขระต้นแบบที่ฝึกสอนไปแล้ว เช่น ขนาดส่วนหัวของตัวอักขระความหนาบางของเนื้ออักขระ รูปร่างของตัวอักขระ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลลักษณะสำคัญที่ได้มีความแตกต่างจากอักขระต้นแบบออกไปได้ แต่ทั้งนี้รูปแบบการดึงลักษณะสำคัญก็ยังคงมีความยืดหยุ่นในระดับหนึ่ง จึงยังให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องในระดับดังกล่าว

5. การรู้จำอักขระผ่านเครื่องสแกนเนอร์

จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าความถูกต้องที่ได้ลดลงไปมากในระดับหนึ่งเมื่อเทียบกับรูปอักขระในอุดมคติ จึงได้ทดลองดึงค่าลักษณะสำคัญของอักขระที่ได้จากการสแกนด้วยสแกนเนอร์เปรียบเทียบกับค่าลักษณะสำคัญของอักขระต้นแบบที่ใช้ในการฝึกสอน พบว่าส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันในส่วนของลักษณะสำคัญที่ได้จาก Chain Code ซึ่งค่า Chain Code ที่ได้มักจะมีค่าสูงกว่าค่าลักษณะสำคัญของอักขระต้นแบบเสมอ ซึ่งจากการตรวจสอบรูปอักขระที่ได้จากสแกนเนอร์จะพบว่ารายละเอียดที่ได้ของเนื้อตัวอักขระไม่เรียบเสมอกันเหมือนรูปอักขระต้นแบบที่ใช้ฝึกสอน ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้การดึงลักษณะสำคัญด้วย Chain Code มีค่าที่ไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้การรู้จำมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ จากการทดลองด้วยสแกนเนอร์ ยังพบว่าหากทดลองรับข้อมูลเข้ามาที่ความละเอียด 600 dpi นั้นให้ความถูกต้องสูงกว่าแบบ 300 dpi ส่วนนี้อาจจะเนื่องมาจากการรับข้อมูลที่ความละเอียด 600 dpi นั้นเก็บรายละเอียดของข้อมูลได้ดีกว่า เนื่องจากในโครงพัฒนาระบบนี้ ได้ใช้การดึงลักษณะสำคัญจากรูปอักขระที่มีขนาด 80*80 พิกเซล ซึ่งหากเป็นการรับข้อมูลเข้าที่ 300 dpi จะได้รูปอักขระที่มีขนาดประมาณ 60 พิกเซล ซึ่งต้องมีการนำมาขยายเพิ่มเติมอีก ทำให้รายละเอียดที่ได้อาจไม่มีความละเอียดเพียงพอ ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานผู้พัฒนาได้พยายามนำเสนอการพัฒนากระบวนการรู้จำอักขระโดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการดึงลักษณะสำคัญแบบใหม่ๆ เพื่อให้ได้วิธีการดึงลักษณะสำคัญที่มีความเหมาะสมกับตัวอักขระในภาษาไทยให้มากที่สุด นอกจากนี้ ยังได้นำเอาวิธีการดังกล่าวมาใช้ร่วมกับตัวอักขระภาษาอังกฤษด้วยเช่นกัน ซึ่งผลที่ได้เมื่อนำชุดข้อมูลดังกล่าวเข้ามาฝึกสอนร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมและทำการทดสอบผลการทดลองแล้วพบว่า บนอักขระที่ผ่านการฝึกสอนแล้วเมื่อใช้การรู้จำบนอักขระภาษาไทยอย่างเดียวมีความถูกต้องสูงถึง 96.6% และรูปแบบที่รองรับอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษร่วมกันมีความถูกต้องอยู่ที่ 91.1% ส่วนรูปแบบอักขระอื่นๆที่ไม่เคยผ่านการฝึกสอน พบว่าการรู้จำบนอักขระภาษาไทยอย่างเดียวมีความถูกต้องอยู่ที่ 77.31% และรูปแบบที่รองรับอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษร่วมกันอยู่ที่ 72.44% ซึ่งถือว่ายังสามารถรองรับอักขระที่ไม่เคยฝึกสอนมาก่อนได้ดีในระดับหนึ่ง

อย่างไรก็ตาม ผลความถูกต้องที่ได้จากการรู้จำนับว่าใกล้เคียงกับระดับความถูกต้องที่มีในปัจจุบัน แต่เนื่องจากใช้วิธีที่แตกต่างออกไป ปัญหาจากความผิดพลาดที่ได้จึงได้ผลที่ไม่เหมือนกันและมีความแตกต่างออกไป อย่างเช่นในโครงงานพัฒนาระบบนี้ได้มีการแก้ไขความผิดพลาดบางอย่างที่มักเกิดขึ้นบ่อยๆ เช่น การแยกแยะอักขระ ‘ด’ กับ ‘ค’ ซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อยเพียงแค่ส่วนหัวของตัวพยัญชนะเท่านั้น หรือ ‘ฎ’ และ ‘ฏ’ ที่มีความแตกต่างกันเพียงหยักด้านล่างเล็กน้อยเท่านั้น เป็นต้น แต่ทั้งนี้ก็ยังคงพบปัญหาในการแยกอักขระดังกล่าวอยู่บ้างบนบางรูปแบบ

ส่วนการนำระบบการรู้จำมาใช้จริงกับเอกสารข้อความที่รับเข้ามาผ่านเครื่องสแกนเนอร์ยังคงพบปัญหาเรื่องความถูกต้องอยู่ เนื่องจากปัญหาเรื่องรายละเอียดของเนื้อตัวอักขระที่รับเข้ามาซึ่งส่งผลต่อวิธีการดึงลักษณะสำคัญอย่างวิธี Chain Code ซึ่งทำให้ได้ค่าลักษณะสำคัญที่ไม่ถูกต้องและส่งผลต่อความถูกต้องในการรู้จำรวมด้วย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการศึกษาและพัฒนาโครงงาน พบว่ามีปัญหาและอุปสรรคดังต่อไปนี้

1. การทำงานของโปรแกรมการรู้จำอักขระยังคงทำงานได้ช้า เนื่องจากในขั้นตอนการดึงลักษณะสำคัญต้องมีการประมวลผลรูปภาพร่วมด้วย ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการตัดแยกตัวอักขระและทำการปรับขนาดเป็นขนาด 80*80 พิกเซล เพื่อนำมาวิเคราะห์และดึงลักษณะสำคัญ ซึ่งอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขนาด 80*80 พิกเซลนั้นถือว่าเป็นรูปอักขระที่มีขนาดใหญ่จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการประมวลผล ซึ่งในการพัฒนาต่ออาจมีการปรับลดขนาดของรูปอักขระที่ใช้ในการดึงลักษณะสำคัญลงเพื่อประสิทธิภาพด้านความเร็วในการประมวลผลที่ดีขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงเรื่องรายละเอียดของรูปอักขระ เพื่อหาขนาดของรูปอักขระที่มีความเหมาะสมในการใช้งานต่อไป

2. การทำงานของโปรแกรมการรู้จำบนโครงข่ายประสาทเทียม บางครั้งอาจเกิดอาการค้างหรือความผิดพลาดขึ้นได้ ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากเรื่องการบริหารหน่วยความจำที่อาจจะคืนค่าตัวแปรต่างๆได้ไม่ครบ ทำให้เมื่อใช้งานไปในระดับหนึ่ง จึงอาจเกิดปัญหาดังกล่าวได้ ปัจจุบันยังไม่พบที่มาว่าเกิดจากตัวแปรตัวใด

3. ปัญหาในการวิเคราะห์และพัฒนาอัลกอริทึมที่จะนำมาใช้ในการดึงลักษณะสำคัญ เนื่องจากอักขระมีหลายประเภทและหลายตัวอักขระ ทำให้ในการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญว่า วิธีการดึงลักษณะสำคัญต่างๆที่มีอยู่ สามารถดึงลักษณะสำคัญได้โดยไม่เกิดความซ้ำซ้อน และมีความเหมาะสมในการแยกตัวอักขระนั้น สามารถทำได้ยาก ซึ่งต้องใช้วิธีการดึงเอาค่าลักษณะสำคัญของทุกอักขระบนทุกรูปแบบมาดูและวิเคราะห์ด้วยตนเอง จึงจะทราบว่าเกิดความบกพร่องขึ้นที่จุดไหนหรืออักขระตัวใด เพื่อหาอัลกอริทึมใหม่ๆมาช่วยในการแยกแยะต่อไป

4. การทดสอบผลด้วยโปรแกรมการรู้จำ จำเป็นต้องมีการทดสอบการรู้จำรูปอักขระแบบเป็นประโยคหรือเป็นคำต่อเนื่องด้วย ซึ่งยังพบปัญหาในการตัดแยกอักขระอยู่ ซึ่งให้การตัดแยกที่ไม่ถูกต้องซึ่งส่งผลต่อการรู้จำในภาพรวมด้วย

5. การวิเคราะห์ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม สามารถทำได้ยากซึ่งต้องอาศัยการทดลองเท่านั้น เช่น การกำหนดจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน อัตราการเรียนรู้ต่างๆ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน จำเป็นต้องมีการทดลองบนหลายๆรูปแบบเพื่อให้ได้ความถูกต้องของข้อมูลให้สูงที่สุด

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบการรู้จำอักขระภาษาไทย มีข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาต่อดังต่อไปนี้

1. พัฒนาขั้นตอนการดึงลักษณะสำคัญ

เพื่อเป็นการปรับแก้และพัฒนาประสิทธิภาพในการรู้จำอักขระ ให้มีประสิทธิภาพในการรู้จำมากยิ่งขึ้น โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1.1 ปรับปรุงการดึงลักษณะสำคัญด้วย Chain Code

การดึงลักษณะสำคัญแบบ Chain Code ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้นั้น เนื่องจากต้องการนำมาใช้ในการแยกแยะอักขระที่มีความแตกต่างในส่วนขอบล่างของตัวอักขระเพียงเล็กน้อย อย่างเช่น อักขระ ด กับ ค หรือ ฎ กับ ฏ เป็นต้น แต่จากการทดลองพบว่า การแยกแยะอักขระด้วย Chain Code นั้น จะมีประสิทธิภาพดีในกรณีที่อักขระมีความชัดเจนสูงเท่านั้น ซึ่งในกรณีที่รับข้อมูลรูปภาพผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสแกนเนอร์นั้น ยังคงพบปัญหาในเรื่องรายละเอียดของรูปอักขระอยู่ อย่างเช่นรายละเอียดของรูปภาพที่มีส่วนที่เป็นเหลี่ยม หรือมีพิกเซลไม่เรียบเสมอกันอยู่บ้าง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการดึงลักษณะสำคัญด้วยวิธี Chain Code ทำให้การนับทิศทางในการวิ่งของขอบล่างของตัวอักขระนับได้ผิดพลาดไปได้

ในการปรับปรุงแก้ไขอาจต้องมีการปรับแก้อัลกอริทึมของ Chain Code ให้มีความทนทานยิ่งขึ้นในกรณีที่รายละเอียดของเนื้อตัวอักขระไม่ชัดเจนหรือไม่เรียบเสมอกัน อย่างเช่นในการนับ Chain Code อาจตั้งให้มีการนับไประยะหนึ่งก่อนให้แน่นอนว่าจะมีการไล่ขอบไปยังทิศทางนี้จริงๆ แล้วจึงจะนับ Chain Code ไปยังทิศทางนี้ ซึ่งน่าจะช่วยให้การดึงลักษณะสำคัญด้วย Chain Code มีความทนทานต่อรูปอักขระที่ขาดความชัดเจนมากยิ่งขึ้นได้

1.2 พัฒนาวิธีการดึงลักษณะสำคัญด้วยวิธีการเติมน้ำบนรูปอักขระ

วิธีการเติมน้ำบนรูปอักขระนั้นเป็นการดึงข้อมูลที่บ่งบอกถึงส่วนประกอบของรูปร่างของตัวอักขระในแต่ละด้านว่าสามารถรองรับพื้นที่น้ำขังได้มากน้อยเท่าใด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแยกแยะอักขระได้ในระดับหนึ่ง แต่เพื่อเป็นการใช้เทคนิคการเติมน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดอาจมีการพัฒนาโดยเพิ่มลักษณะสำคัญจากวิธีการดังกล่าวเข้าไปได้ ดังนี้

- การนับจำนวนพื้นที่น้ำขัง

    โดยเมื่อทำการเติมน้ำเพื่อวัดระดับพื้นที่น้ำขังแล้ว นอกจากจะนับพิกเซลของพื้นที่น้ำขังในด้านที่เติมไปแล้ว จะมีการนับจำนวนพื้นที่ที่มีน้ำขังของด้านดังกล่าวเก็บเป็นลักษณะสำคัญเพิ่มเข้าไปด้วย เช่น อักขระ ‘ฌ’ มีจำนวนพื้นที่น้ำขังของพื้นที่ปิดทั้งหมด 2 แห่ง คือ ส่วนหัวของตัวอักขระและพื้นที่ปิดส่วนล่างขวา ซึ่งสามารถเก็บลักษณะสำคัญจำนวนพื้นที่น้ำขังของพื้นที่ปิดได้เป็นค่า 2 เป็นต้น

- การระบุตำแหน่งพื้นที่น้ำขัง

    จากการเติมน้ำบนตัวอักขระจะเห็นว่า พื้นที่น้ำขังบนตัวอักขระแต่ละตัว จะอยู่ในตำแหน่งพื้นที่ที่ไม่เหมือนกันเสมอ ดังนั้น หากมีการกำหนดข้อมูลลักษณะสำคัญที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของพื้นที่น้ำขังเพิ่มเติมได้ น่าจะเป็นเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเทคนิคการเติมน้ำบนรูปอักขระ เช่น แบ่งส่วนของรูปอักขระเป็น 5 ส่วน คือ บนซ้าย บนขวา ล่างซ้าย ล่างขวา และตรงกลาง โดยพิจารณาว่าการเติมพื้นที่น้ำขังในด้านดังกล่าวมีพิกเซลส่วนใหญ่อยู่บริเวณพื้นที่ตำแหน่งใดมากที่สุด นำมาเก็บเป็นข้อมูลลักษณะสำคัญ เป็นต้น

2. พัฒนาส่วนประกอบในขั้นตอนอื่นๆของกระบวนการรู้จำ

เพื่อเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพในการรู้จำของเอกสารหรือรูปภาพอักขระในลักษณะที่เป็นประโยคหรือบทความให้มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 พัฒนาส่วนการตัดแยกอักขระ

เนื่องมาจากระบบการตัดแยกอักขระด้วยฮีสโตแกรมยังไม่มีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพอในการนำมาใช้ตัดแยกอักขระเนื่องจากปัญหาที่ได้เคยกล่าวมา เช่น สระส่วนบนส่วนล่างที่โดดออกจากบรรทัดจะถูกตัดไปเป็นบรรทัดใหม่ อักขระที่มีการเหลื่อมกันหรือมีส่วนที่สัมผัสกันจะไม่สามารถตัดแยกออกจากกันได้ ซึ่งส่งผลให้การรู้จำอักขระในลักษณะข้อความยังคงพบความผิดพลาดอยู่

2.2 พัฒนาส่วน Post Processing หรือการประมวลผลหลังการรู้จำ

เนื่องจากมีอักขระหลายชนิดที่มีความใกล้เคียงหรือมีลักษณะเหมือนกัน ทำให้การแยกแยะด้วยการรู้จำเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ จึงต้องมีการวิเคราะห์รูปแบบอักขระหลังจากการรู้จำเพื่อหาตัวอักขระที่มีความเหมาะสมมากที่สุดด้วย เช่น พบอักขระที่มีลักษณะเป็นวงกลม (O) ซึ่งอาจทำการวิเคราะห์ร่วมกับสภาพแวดล้อมข้างเคียง หากพบว่าอักขระข้างเคียงเป็นอักขระภาษาอังกฤษก็อาจตีความได้เป็นตัวโอได้ เป็นต้น หรืออาจมีการตรวจสอบความถูกต้องในการสะกดคำจากพจนานุกรมออนไลน์เพื่อเพิ่มความถูกต้องในกรณีที่มีความผิดพลาดหรือเกิดความกำกวมขึ้นเป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่า ในกระบวนการรู้จำอักขระภาษาไทยนั้นจะประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญหลายๆขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งในการพัฒนากระบวนการรู้จำอักขระให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพได้นั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาส่วนการทำงานต่างๆควบคู่กันไปทุกส่วนจึงจะทำให้กระบวนการรู้จำอักขระทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ขนิษฐา รบไพรี และคณะ. 2552. "การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยด้วยอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยตัวเอง." **3rd National CS & ICT Conference 2009.** มหาสารคาม: คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บรรจง ปิยศทิพย์. 2548. "การรู้จำอักขระไทยด้วยแสงโดยวิธีวัดระยะทางแบบเฮาส์ดอฟฟ์และโครงข่ายประสาทเทียม." รายงานวิชาการค้นคว้าแบบอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุจิพันธุ์ โกษารัตน์. 2551. "การรู้จำตัวอักขระภาษาไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม." รายงานวิชาการค้นคว้าแบบอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2552. **อ่านไทย 2.5.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://arnthai.nectec.or.th/.

สุรชัย สงวนวงษ์ทอง. 2543. "การรู้จำอักขระภาษาไทย." บทความวิชาสัมมนา 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โอซีอาร์. 2552. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/โอซีอาร์.

Kawtrakul, A. and Waewsawangwong, P. 2000. "Multi-Feature Extraction for Printed Thai Character Recognition". **Natural Language Processing and Intelligent Information System Technology Research Laboratory (NAiST),** Ph.D.Thesis Of Kasetsart University.

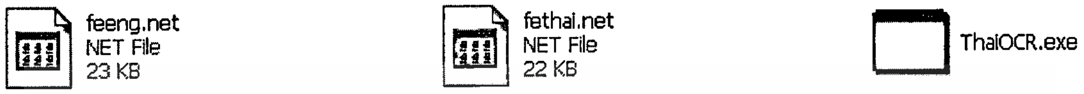
Dubey, P. 2009. **Optical Character Recognition An Overview.** [Slide]. Bangkok : National Electronics and Computer Technology Center.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คู่มือการใช้โปรแกรม

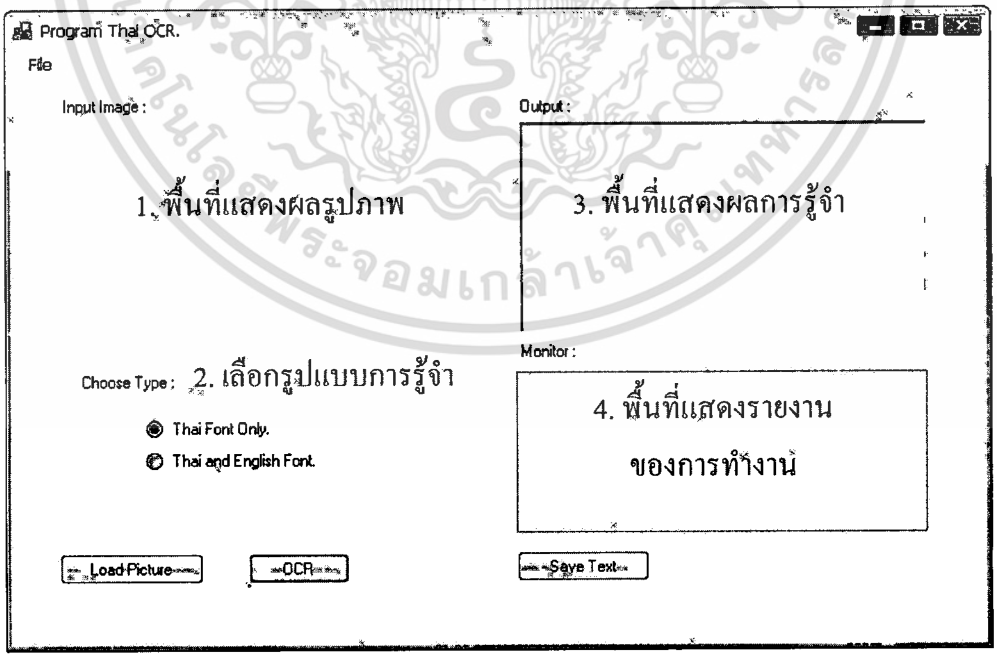
การติดตั้งโปรแกรมรู้จำอักขระภาษาไทย



รูปที่ 1 แฟ้มข้อมูลสำหรับติดตั้งการทำงาน

การติดตั้งโปรแกรมการรู้จำอักขระภาษาไทยสามารถทำได้โดยการนำไฟล์ประมวลผลคือ ThaiOCR.exe และไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลโครงข่ายประสาทเทียมทั้งสองรูปแบบ คือ feeng.net และ fethai.net นำมาไว้บนแฟ้มข้อมูลเดียวกัน ก็สามารถเรียกการทำงานของโปรแกรมผ่านไฟล์ ThaiOCR.exe ได้ทันที

การใช้งานโปรแกรมรู้จำอักขระภาษาไทย



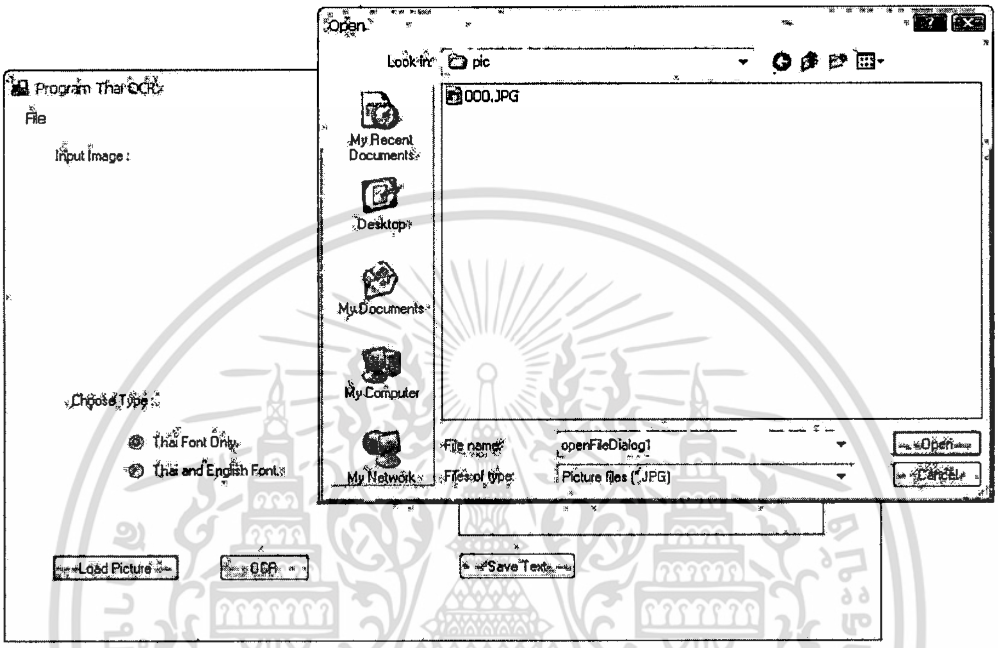
รูปที่ 2 พื้นที่การทำงานบนหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนแสดงผลรูปภาพ ส่วนเลือกรูปแบบการรู้จำ ส่วนแสดงผลการรู้จำ และส่วนแสดงรายงานของการทำงาน ดังรูปที่ 2

โดยการใช้งานโปรแกรมการรู้จำสามารถทำได้ตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

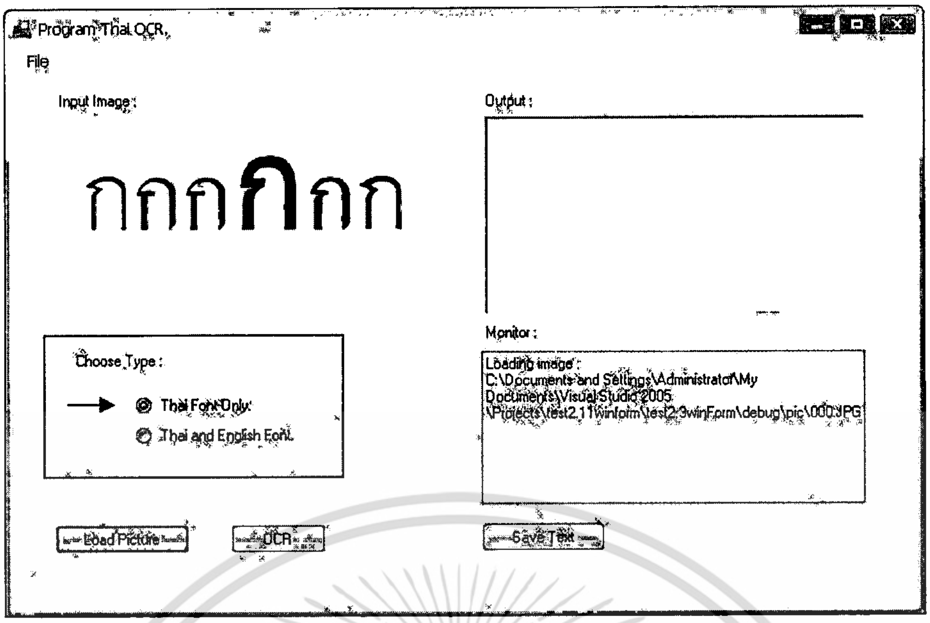
1. เลือกปุ่ม Load Picture เพื่อทำการเลือกแฟ้มข้อมูลรูปภาพที่ต้องการทำการรู้จำ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการเลือกไฟล์เพื่อแสดงผล

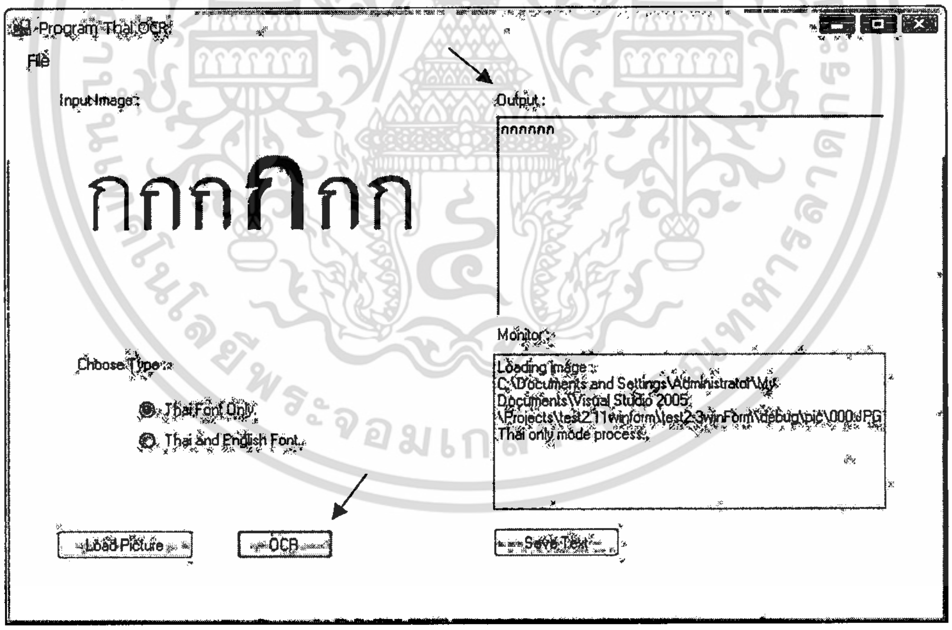
2. รูปภาพจะถูกแสดงผลขึ้นมา โดยรูปภาพจะถูกย่อส่วนให้มีขนาดเท่ากับหน้าต่างของส่วนแสดงผลรูปภาพ หลังจากนั้น สามารถเลือกรูปแบบการรู้จำได้โดยมี 2 รูปคือ รูปแบบการรู้จำรูปภาพอักขระมีเฉพาะอักขระภาษาไทยเท่านั้น และรูปแบบรูปภาพอักขระมีอักขระภาษาไทยและภาษาอังกฤษผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การเลือกรูปแบบการรู้จำ

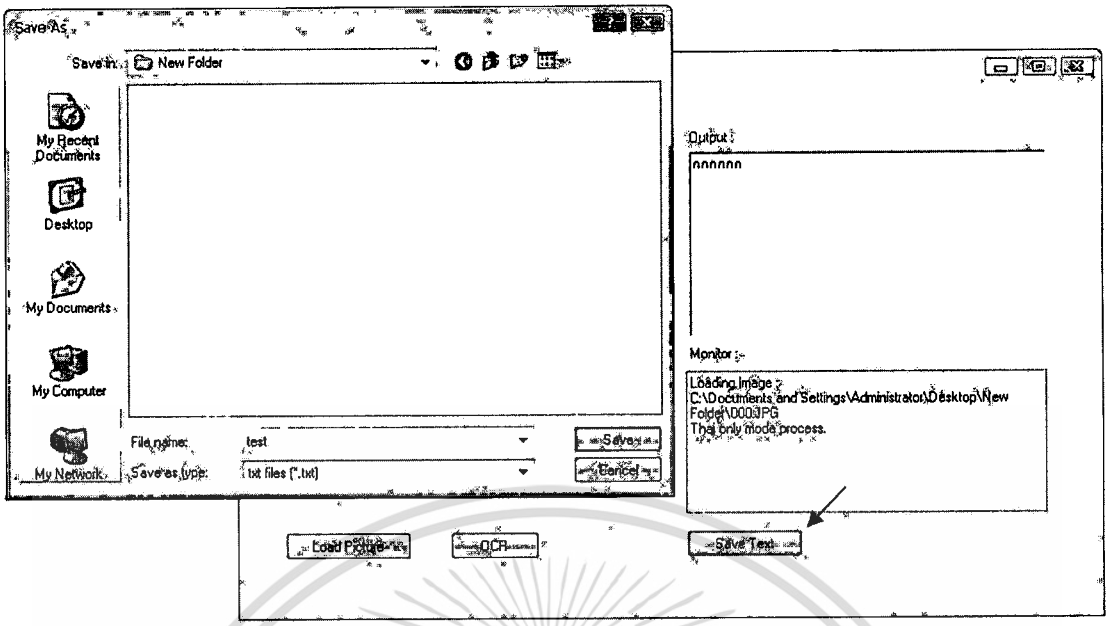
3. ทำการรู้จำโดยกดที่ปุ่ม OCR โปรแกรมจะเริ่มการทำงาน โดยเมื่อเสร็จการประมวลผลลัพธ์จะปรากฏบนหน้าต่างของส่วนแสดงผลการรู้จำ



รูปที่ 5 การแสดงผลการรู้จำ

4. กรณีที่ต้องการที่ต้องการบันทึกผลของชุดข้อมูลอักขระที่ได้จากการรู้จำลงบนแฟ้มข้อมูลอักขระ (ไฟล์นามสกุล txt) สามารถทำการบันทึกได้โดยเลือกที่ปุ่ม Save Text และเลือกแฟ้มข้อมูลที่ต้องการบันทึก ข้อมูลอักขระจะถูกบันทึกลงไฟล์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 การบันทึกข้อมูล

5. กรณีที่ต้องการสิ้นสุดการทำงานสามารถเลือก File แล้วตามด้วย Exit เพื่อจบการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายชยากร อาจาริยะ
วัน เดือน ปี เกิด	21 กรกฎาคม พ.ศ. 2528
ที่อยู่	99/1111 หมู่บ้านธารารมณ์ ซอย A4/3 เขตสะพานสูง แขวงสะพานสูง กรุงเทพมหานคร 10240
E-mail Address	oatamanoob@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	
ปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2549

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้